

PHYSIQUE - MP2I - EXERCICES INTERROGATIONS ORALES

Table des matières

1 Electrocinétique

Leçons E0 à E12 : exercices 1 à 53 pages 2 à 12

2 Optique

Leçons O1 à O3 : exercices 1 à 14 pages 12 à 14

3 Mécanique

Leçons M1 à M12 : exercices 1 à 49 pages 15 à 25

4 Propagation

Leçons P1 à P5 : exercices 1 à 18 pages 25 à 31

5 Induction

Leçons I1 à I5 : exercices 1 à 24 pages 31 à 39

6 Thermodynamique

Leçons T1 à T8 : exercices 1 à 39 pages 40 à 48

Corrigés

La quasi-totalité des corrigés se trouvent sur le site <http://physique-mp2i.fr> dans l'onglet EXERCICES ou dans l'onglet COURS s'il s'agit d'exercices incorporés au cours. Les exercices sont classés par difficulté croissante et certains sont des problèmes ouverts qui peuvent demander une certaine initiative personnelle. N'hésitez pas à toujours faire un schéma avant de démarrer votre exercice afin de bien vous approprier le problème posé. Les trois premiers exercices de chaque leçon seront systématiquement posés en début d'interrogation orale ainsi qu'en travaux dirigés. Ils doivent donc être connus pour les interrogations orales et séances de TD.

1

1. Rappeler la définition d'un angle comme rapport de deux longueurs que l'on définira à partir d'un schéma.
2. Définir le nombre π comme rapport de deux longueurs.
3. Donner l'équivalence en degré puis en radian d'un tour complet.
4. Définir le cosinus puis le sinus d'un angle à partir d'un schéma.
5. Enoncer le théorème de Pythagore.
6. Tracer un triangle rectangle dont les côtés font 3 et 4 cm. Déterminer alors la longueur de l'hypothénuse. Vérifier le théorème de Pythagore. Indiquer la précision absolue en cm puis relative en pourcentage de votre vérification.
7. Quelle profession utilise le théorème de Pythagore et dans quel but ?
8. Dans notre enseignement moderne de la géométrie, le "théorème de Pythagore" est-il un théorème ?
9. Quelle démonstration du théorème de Pythagore proposaient les grecs à l'époque d'Euclide ?
<https://www.youtube.com/watch?v=K6qjemwNH6o>

2

1. Enoncer les propriétés de parité du cosinus et du sinus.
2. Définir la tangente et la cotangente. Donner sa propriété de parité.
3. Démontrer à l'aide d'un schéma la relation $\cos(\pi/2 - \alpha) = \sin(\alpha)$.
4. Démontrer à l'aide d'un schéma la relation $\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$.
5. En déduire les formules donnant $\cos(a + b)$, $\sin(a + b)$, $\sin(a - b)$.
6. Enoncer puis démontrer les formules de tangente associées.

<http://josephlaffineur.free.fr/masquillier/d%C3%A9mos-trigo.pdf>

3

1. Mettre sous forme $A \cos(\omega t + \phi)$ le signal $u(t) = \cos \omega t + \sin \omega t$. Déterminer A et ϕ et tracer le signal $u(t)$ en fonction du temps.
2. Rappeler les valeurs des sinus et cosinus des angles π , $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{3}$, $\frac{\pi}{6}$ et zéro. Reprendre alors la question précédente pour le signal $u(t) = \frac{1}{2} \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \omega t$.
3. Exprimer en degré les angles $\frac{\pi}{6}$, $\frac{2\pi}{3}$ et $\frac{3\pi}{2}$. Exprimer en radian les angles $30^\circ 00' 00''$ et $53^\circ 23'$.

4

Montrer que la dérivée de la fonction $f : t \mapsto t^2$ est $\dot{f} : t \mapsto 2t$. Donner la dérivée des fonctions $g : t \mapsto t^n$; $h : t \mapsto \cos \omega t$; $k : t \mapsto \ln \alpha t$ et $p : t \mapsto \exp(\beta t)$ où ω , α et β sont des constantes.

5

Déterminer la dérivée de la fonction sinus et de la fonction $f : t \mapsto t^3$. On demande une démonstration.

6

Tracer en fonction du temps (mode balayage) deux courbes sinusoïdales $u(t)$ et $v(t)$ de même pulsation ω , d'amplitudes différentes notées U et V dans les trois cas suivants: en phase, en opposition de phase et en quadrature. Tracer ensuite le mode XY dans les trois cas. Définir l'amplitude crête à crête U_{cc} sur la courbe. Relier l'amplitude crête à crête U_{cc} à l'amplitude U .

E1: CIRCUITS LINEAIRES

7

1. Donner la définition - constituée d'un schéma et d'une égalité entre deux grandeurs physiques - d'un conducteur ohmique, d'un condensateur et d'une bobine.
2. Donner toutes les unités du Système International associées aux grandeurs physiques introduites précédemment.
3. En régime permanent continu, une charge de $10C$ circule à travers une résistance pendant l'intervalle de temps de $2,0s$. Calculer l'intensité à travers la résistance.

8

1. En régime permanent continu, un conducteur ohmique est soumis à une tension de $2,00V$ et est parcouru par une intensité de $1,00mA$. Calculer sa résistance.
2. Enoncer oralement les lois d'association (série et parallèle) pour deux conducteurs ohmiques, deux condensateurs, deux bobines. Démonstration.

9

1. Donner la définition (schéma et égalité) d'un coupe-circuit puis d'un court-circuit.
2. Associer deux résistances R et R' en série puis en parallèle et calcules la résistance R_e équivalente puis la conductance G_e équivalente. Faire un schéma. On ajoute en série à R_e une autre résistance R . Faire un nouveau schéma. Déterminer la résistance équivalente R'_e . Faire une application numérique pour $R = 1,00k\Omega$ et $R' = 500\Omega$.

10

1. Quelle différence existe entre conducteur ohmique et résistance R ?
2. On remplace résistances R et R' par condensateurs C et C' dans l'exercice qui précède. Faire un schéma. Calculer alors les capacités équivalentes C_e et C'_e . Même question pour des bobines L et L' . Faire un schéma. On calculera alors les inductances équivalentes L_e et L'_e .

11

1. Quelle différence existe entre condensateur et capacité C ?
2. Un condensateur en convention récepteur voit sa tension se mettre sous la forme $u(t) = \alpha t$ et $i(t) = \beta$ avec α et β constants. Faire un schéma et déterminer sa capacité en fonction de α et β .

12

1. Quelle différence existe entre bobine et inductance L ?
2. Déterminer la résistance équivalente à trois résistances R_1 , R_2 et R_3 placées en parallèles.

13

Déterminer le générateur de Norton équivalent à deux générateurs de Thévenin (E_1, R_1) et (E_2, R_2) placés en parallèles. Déterminer ensuite le générateur de Thévenin équivalent.

14

Déterminer le générateur de Thévenin équivalent à deux générateurs de Norton (I_1, G_1) et (I_2, G_2) placés en série.

E2: GRANDEURS PHYSIQUES ET CONSEQUENCES
--

15

1. Les résultats suivants sont-ils justes sachant que U est une tension, I une intensité et R une résistance.

$U = R^2 I$; $U = 1mA$; $I = 3k\Omega$; $I = I$; $R = \frac{I}{U}$ On justifiera les réponses.

2. Réaliser les opérations suivantes sans machine à calculer : $a = 243,59 - 556,74$; $b = 243 * 59$.

3. Les épreuves de physique du concours Mines-Ponts nécessitent de savoir calculer sans machine et avec deux chiffres significatifs. On demande donc de réaliser les opérations suivantes à la main suivant ce principe : $c = 54/89$; $d = 34 * 58$.
4. On charge un condensateur de capacité $C = 2,0nF$ à l'aide d'un générateur de Thévenin de résistance interne $R = 50\Omega$. Donner le temps de charge τ par analyse dimensionnelle.

16

1. Déterminer la résistance d'un conducteur ohmique soumis à une tension continue de $3,0V$ et parcouru par un courant de $5,1C/\mu s$.
2. A l'oral, il est indispensable de savoir calculer un ordre de grandeur sous la forme d'une puissance de dix. On donne alors le résultat sous la forme $x = 10^n$ où n est un entier relatif. Calculer l'ordre de grandeur de la constante de structure fine $\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c}$ où $e = 10^{-19}C$ est la charge élémentaire, $\epsilon_0 = 10^{-10}F.m^{-1}$ la permittivité du vide, $\hbar = 10^{-34}J.s$ la constante de Planck et c la célérité de la lumière dans le vide.
3. On réalise un oscillateur sinusoïdal à l'aide d'une bobine d'inductance $L = 2mH$ et d'un condensateur de capacité $C = 4\mu F$. Donner la période T de l'oscillateur par analyse dimensionnelle.

17

1. Calculer l'énergie consommée par un appareil de $10kW$ pendant $3,0heures$. On exprimera cette énergie en kilowattheures (kWh) et en joules.
2. On place trois condensateurs en série : $C_1 = 10nF$, $C_2 = 5nF$ et $C_3 = 20nF$. Caractériser entièrement le dipôle équivalent à cette association.
3. Une onde sonore se propage dans un milieu matériel (par exemple l'air) de masse volumique ρ à la pression P_0 . Donner la célérité c de l'onde. Faire une application numérique dans le cas de l'air.

E3: REGIME PERMANENT CONTINU

18

1. Qu'appelle-t-on régime permanent continu.
2. Faire le circuit suivant

$\{\{E \text{ série } R_3\} \text{ parallèle } R_1 \text{ parallèle } R_2\}$

Déterminer la tension u aux bornes de la résistance R_2 .

19

1. Donner l'équivalence en régime permanent continu d'un condensateur.
2. Faire le schéma du circuit

$$\{\{E_1 \text{ série } R_1\} \text{ parallèle } R_3 \text{ parallèle } \{E_2 \text{ série } R_2\}\}$$

On note u la tension aux bornes de R_3 . Déterminer u . Faire une application numérique avec les valeurs suivantes: $R_1 = 1,5k\Omega$, $R_2 = 2,0k\Omega$, $R_3 = 3,0k\Omega$, $E = E_1 = E_2 = 1,0V$.

20

1. Donner l'équivalence en régime permanent continu d'une bobine.
2. Faire le schéma du circuit

$$\{\{E \text{ série } R_5\} \text{ parallèle } R_4 \text{ parallèle } \{R_3 \text{ série } \{R_2 \text{ parallèle } R_1\}\}\}$$

Déterminer le courant i à travers la résistance R_1 .

21

Faire le schéma du circuit

$$\{I \text{ parallèle } G_1 \text{ parallèle } \{G_2 \text{ série } \{G_3 \text{ parallèle } G_4\}\}\}$$

On note i le courant à travers la conductance G_4 . Déterminer i .

22

Faire le schéma suivant

$$\{I \text{ parallèle } G \text{ parallèle } \{E \text{ série } R \text{ série } R'\}\}$$

Déterminer la tension u aux bornes de la résistance R' .

23

Faire le schéma suivant

$$\{E \text{ parallèle } R_1 \text{ parallèle } \{R_2 \text{ série } R_3\}\}$$

Déterminer la tension u aux bornes de R_3 .

24

Faire le schéma suivant

$$\{\{I \text{ série } G_1\} \text{ parallèle } G_2 \text{ parallèle } G_3\}$$

Déterminer le courant i à travers la conductance G_3 .

25

Faire le schéma suivant

$$\{I_1 \text{ parallèle } G_1 \text{ parallèle } \{G \text{ série } \{G_2 \text{ parallèle } I_2\}\}\}$$

Déterminer le courant i à travers la conductance G .

E4: CIRCUITS DU PREMIER ORDRE EN REGIME LIBRE

26

Reprendre les exercices circuit RC et circuit RL de la leçon E4.

27

Placer une résistance R_f en parallèle avec une capacité C . On note $u(t)$ la tension aux bornes de la capacité C . Calculer R_f sachant qu'à $t = 0$, $u(t = 0) = U_0$ et qu'à $t = t_1$, $u(t = t_1) = U_1$. On exprimera R_f en fonction de t_1 , C , U_0 et U_1 .

28

Placer une bobine L en parallèle avec une conductance G . Noter $i(t)$ le courant traversant la bobine. Calculer la date t_1 pour laquelle $i(t_1) = \frac{i_0}{1000}$ sachant que $i_0 = i(t = 0)$.

E5: CIRCUITS DU PREMIER ORDRE EN REGIME TRANSITOIRE

29

Refaire les six exercices de la leçon E5.

30

Faire le schéma suivant

$$\{\text{c.e.m.} \eta(t) \text{ parallèle } R \text{ parallèle } L\}$$

Placer sur le schéma puis calculer i_R le courant à travers la résistance et i_L le courant à travers l'inductance. Tracer les courbes représentatives lorsque le générateur de courant délivre un échelon de courant d'intensité $\eta(t) = I\Upsilon(t)$. On supposera la bobine initialement parcourue par aucun courant.

31

Faire le schéma suivant

$$\{\text{f.e.m. } e(t) \text{ parallèle } \{R \text{ série } C\}\}$$

On note $q(t)$ la charge de l'une des plaques du condensateur. Placer cette charge sur le schéma. Déterminer la charge de l'autre plaque. Indiquer alors le courant $i(t) = \dot{q}(t)$ traversant le condensateur C sur le schéma. On suppose que $e(t)$ est un signal crête d'amplitude E et de période T . Tracer $e(t)$. Déterminer $q(t)$ et $i(t)$ pour t compris entre zéro et T . On suppose la capacité déchargée pour t négatif. Tracer les courbes représentatives. On distinguera deux cas en fonction des valeurs respectives des paramètres caractéristiques du problème.

32

Placer en série un GBF, une résistance R et une capacité C . Faire un schéma. Montrer que le temps mis pour passer de 10% de charge de la capacité à 90% s'écrit $t_2 - t_1 = 2 \ln 3RC$.

E6: CIRCUITS DU SECOND ORDRE EN REGIME LIBRE

33

Faire le schéma constitué d'un circuit fermé composé d'une résistance R en série avec une inductance L en série avec une capacité C . Note $u(t)$ la tension aux bornes de la capacité C . Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$. On distinguera trois cas et on tracera pour chaque cas $u(t)$ sachant que $u(t=0) = u_0 \neq 0$ et que $i(t=0) = 0$.

34

Enoncer et résoudre l'exercice dual de l'exercice précédent.

35

Faire le schéma suivant

$$\{\{L \text{ série } R\} \text{ parallèle } R \text{ parallèle } C\}$$

On note $u(t)$ la tension aux bornes de la capacité C . Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $u(t)$. On mettra l'équation sous forme canonique en introduisant des paramètres réduits judicieusement choisis.

36

Enoncer et résoudre l'exercice dual de l'exercice précédent.

E7: CIRCUITS DU SECOND ORDRE EN REGIME TRANSITOIRE

37

Faire le schéma suivant

$$\{\{\text{f.e.m. } e(t) \text{ série } L \text{ série } R\} \text{ parallèle } R' \text{ parallèle } C\}$$

On note $i(t)$ le courant à travers l'inductance L . Déterminer l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$ lorsque le générateur délivre un échelon de tension d'amplitude E . On supposera la capacité et la bobine "déchargées" pour t négatif. A quelles conditions le régime est-il critique, apériodique, pseudo-périodique? Tracer l'allure de $i(t)$ pour chaque cas.

38

Faire le circuit dual de l'exercice précédent et donner l'équation différentielle qui régit la tension aux bornes du circuit.

39

Faire le schéma suivant

$$\{E \text{ série } \{\text{interrupteur } K\} \text{ série } R \text{ série } \{C \text{ parallèle } L\}\}$$

On ferme l'interrupteur K à l'instant $t = 0$ sachant qu'à cette date, le condensateur est déchargé et la bobine n'est parcourue par aucun courant. Etablir l'expression de l'intensité $i(t)$ à travers la bobine dans le cas d'un régime pseudo-périodique.

E8: PUISSANCE ET ENERGIE

40

Faire le schéma suivant

$$\{\text{c.e.m. } \eta(t) \text{ parallèle } G \text{ parallèle } L\}$$

Le générateur de courant délivre un échelon de courant $\eta(t) = I\Upsilon(t)$ et on suppose que la bobine n'est parcourue par aucun courant à $t = 0$.

1. Déterminer l'énergie W_J dissipée sous forme d'effet Joule à travers la conductance entre $t = 0$ et $t = \infty$.
2. Déterminer l'énergie W_L emmagasinée dans la bobine et l'énergie W_G fournie par le générateur entre $t = 0$ et $t = \infty$.

3. Vérifier la conservation de l'énergie.
4. La quantité d'énergie emmagasinée dans la bobine dépend-elle de la valeur de la conductance?

41

Enoncer et résoudre l'exercice dual de l'exercice précédent.

42

Faire le schéma suivant

$\{C \text{ parallèle } \{\{\text{interrupteur } K\} \text{ série } R \text{ série } C'\}$

On note $u(t)$ la tension aux bornes de C et $u'(t)$ la tension aux bornes de C' . On note $i(t)$ le courant à travers R . Le condensateur de capacité C est chargé sous une différence de potentiel E puis à l'instant $t = 0$, il est relié par fermeture de l'interrupteur K à au circuit $\{R \text{ série } C'\}$ pour lequel le condensateur C' est initialement déchargé.

1. Déterminer $i(t)$, $u(t)$ et $u'(t)$ puis tracer les courbes respectives.
2. Calculer l'énergie W_R dissipée à travers la résistance R entre $t = 0$ et $t = \infty$.
3. Déterminer les énergies $\mathcal{E}_0$ et $\mathcal{E}'_0$ emmagasinée à $t = 0$ dans les condensateurs C et C' .
4. Déterminer les énergies $\mathcal{E}_\infty$ et $\mathcal{E}'_\infty$ emmagasinée à $t = \infty$ dans les condensateurs C et C' .
5. Vérifier la conservation de l'énergie.
6. Enoncer l'exercice dual.

E 9: REGIME FORCE

43

Refaire les exercices 5.2, 6.1 et 6.2.

44

On place une inductance L en série avec une capacité C , suivie d'une résistance R . Faire un schéma. On note $e(t)$ la tension aux bornes de l'ensemble du dipôle ainsi constitué. Déterminer la tension $s(t)$ aux bornes de la résistance R en régime sinusoïdal forcé. On suppose $e(t) = E \cos \omega t$, déterminer $s(t)$.

45

Faire le schéma électrique d'un dipôle AB $\{\{R \text{ parallèle } C\} \text{ série } R'\}$. On note $e(t)$ la tension aux bornes du dipôle AB . Déterminer la tension notée $s(t)$ aux bornes de la résistance R' en régime sinusoïdal forcé. On suppose $e(t) = E \sin \omega t$. Déterminer $s(t)$.

E10: FILTRES**46**

Refaire les exercices 2.1, 2.2, 5.1 et 5.2.

47

Faire le schéma électrique de deux résistances R_1 et R_2 en série. On note e la tension (d'entrée) sur l'ensemble du dipôle et s la tension (de sortie) aux bornes de la résistance R_2 . Déterminer la fonction de transfert H du circuit et tracer son diagramme de Bode.

48

On s'intéresse au dipôle $\{R \text{ série } \{C \text{ parallèle } \{R \text{ série } C'\}\}\}$. Faire un schéma du dipôle. On note e la tension (d'entrée) aux bornes de l'ensemble du dipôle et s la tension (de sortie) aux bornes de la capacité C' . On prendra $C' = C$ pour simplifier les écritures. Déterminer la fonction de transfert H du circuit et tracer son diagramme de Bode. On suppose $e(t) = E \cos \omega t + E \cos 3\omega t$. Déterminer $s(t)$.

49

On s'intéresse au dipôle $\{R \text{ série } C \text{ série } \{R \text{ parallèle } C\}\}$. Faire un schéma du dipôle correspondant. On note e la tension aux bornes de l'ensemble du dipôle et s la tension aux bornes du composant $\{R \text{ parallèle } C\}$. Déterminer la fonction de transfert H du circuit en la mettant sous la forme canonique $H = \frac{H_0}{1+jQ(x-\frac{1}{x})}$. Déterminer H_0 , x et Q en fonction des données de l'énoncé.

E11: ANALYSE SPECTRALE**50**

Faire la décomposition spectrale des signaux suivants:

$$u(t) = \sin \omega t \mid v(t) = \cos^2 \omega t \mid w(t) = \sin^3 \omega t$$

51

Définir puis tracer un signal créneau $c(t)$ de période T et d'amplitude U . A partir de votre cours, écrire la décomposition en série de Fourier du signal $c(t)$. Tracer son diagramme en bâton comprenant les trois premières harmoniques. Reprendre les mêmes questions pour un signal triangulaire de période T .

E12: OSCILLATEUR EN REGIME FORCE

52

On considère un circuit RLC série excité par un générateur de tension $e(t)$ sinusoïdal de pulsation ω et d'amplitude E . Faire un schéma du circuit. Déterminer en formalisme complexe la tension u_c aux bornes de la capacité et la tension u_R aux bornes de la résistance. Tracer les courbes donnant en fonction de la pulsation ω l'amplitude de ces deux tensions et leur déphasage par rapport à l'excitation $e(t)$.

53

Présenter un dispositif mécanique permettant d'obtenir les mêmes phénomènes de résonance de position et de vitesse. Faire l'analogie entre les grandeurs mécaniques et électriques.

O1: LOIS ELEMENTAIRES

1

On note T la période temporelle d'une onde lumineuse se propageant dans le vide. Donner sa fréquence temporelle, sa pulsation, sa longueur d'onde, sa fréquence spatiale et son ondulation. Donner les longueurs d'onde typiques des rayons γ , X , $U.V.$, visibles, $I.R.$, micro-ondes et des ondes radios. Donner l'intervalle du domaine visible ainsi qu'une valeur typique pour le rouge, jaune et bleu.

2

Donner l'expression de la célérité V d'une onde électromagnétique dans un M.L.H.I. d'indice n . Donner sa valeur dans le vide et dans l'air ainsi qu'un ordre de grandeur pour l'eau et le verre.

3

Donner la relation qui existe entre un photon d'énergie E et l'onde électromagnétique associée de pulsation ω . Donner l'énergie E en joule et la pulsation ω de l'onde associée à un photon d'énergie $E = 1,0 \text{ keV}$.

4

Définir la mesure d'un angle orienté α . Faire un schéma. Convertir l'angle $\alpha = 2,5362 \text{ rad}$ puis $\beta = 7,0000 \text{ rad}$ en degré, minutes et secondes d'arc.

5

Enoncer les lois de Descartes pour la réflexion et la réfraction. Faire des schémas.

6

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'une âme faite d'un cylindre de révolution de rayon r_1 et d'indice n_1 entourée par une gaine de rayon r_2 et d'indice n_2 . Faire un schéma et modéliser la propagation d'une onde lumineuse à l'intérieur de la fibre optique. Quelles conditions doivent vérifier les indices lumineux n_1 et n_2 ? Peut-on courber la fibre autant qu'on le souhaite? Pour quelle raison? Quelles longueurs d'ondes typiques utilise-t-on? Quel est l'intérêt d'une fibre optique par rapport à un câble coaxial ou une ligne bifilaire? Qu'appelle-t-on propagation guidée? Définir l'intérêt de la propagation guidée par rapport à la propagation libre? Les inconvénients?

O2: LENTILLES MINCES

7

1. Pour une lentille convergente puis divergente, construire l'émergent correspondant à un incident quelconque.
2. Pour une lentille convergente puis divergente, construire l'incident correspondant à un émergent quelconque.
3. Construire l'image d'un objet réel puis virtuel pour une lentille convergente puis divergente.
4. Construire l'antécédent d'une image réelle puis virtuelle pour une lentille convergente puis divergente.
5. Construire l'image d'un bi-point à l'infini puis l'antécédent d'un bi-point à l'infini pour une lentille convergente puis divergente.

8

On veut projeter sur un mur, l'image d'une diapositive, $24mm * 36mm$, à l'aide d'une lentille sphérique mince $|f'| = 5cm$.

1. Préciser sa nature convergente ou divergente.
2. Si l'écran est à $5m$ de la lentille, préciser la position de la diapositive et les dimensions de l'image.
3. En ne touchant plus à la distance D de la diapositive à l'écran, montrer qu'il existe une autre position de la lentille où l'image est nette. Calculer le nouveau grandissement.

9

Une source ponctuelle S est placée sur l'axe d'une lentille convergente de distance focale f' . Le rayon d'ouverture de la lentille est R .

Calculer dans l'approximation de Gauss le rayon de la tache lumineuse qui se forme sur un écran confondu avec le plan focal image, $R = 5,0mm$; $f' = 10cm$; $\overline{SF} = 5,0cm$.

10

Les distances focales des lentilles L_1 et L_2 sont $f'_1 = 4,0cm$ et $f'_2 = -5,0cm$. On note O_i le centre optique de la lentille L_i . La distance $d = O_1O_2$ est telle que l'image d'un point objet à l'infini à travers les deux lentilles soit nette sur l'écran placé à une distance $D = 7,5cm$ de la seconde lentille. On place un objet à $p = 2,0m$ en avant de L_1 .

De quelle quantité x faut-il déplacer l'écran pour obtenir sur celui-ci une image nette?

O3: OPTIQUE INSTRUMENTALE

11

Faire un schéma indiquant l'intérêt d'utiliser une loupe par rapport à l'oeil nu pour l'observation d'objets situés à distance finie. Que doit-on faire pour observer des objets à l'infini?

12

Un homme dont les yeux se situent à $h = 2,0m$ du sol observe une marre gelée (équivalente à un miroir plan) de largeur $l = 5,0m$ et située à $d = 3,0m$ de lui.

1. Peut-il voir sa propre image?
2. Quelle est la hauteur maximale H d'un arbuste située de l'autre côté de la marre (à la distance $l + d = 8,0m$ de l'homme) qu'il peut voir par réflexion dans la marre?

13

Une lunette astronomique est constituée d'un objectif que l'on assimilera à une lentille mince convergente de distance focale f_1 et d'un oculaire que l'on assimilera à une lentille convergente de distance focale f_2 de même axe optique que l'oculaire.

1. Faire un schéma explicitant les conditions d'utilisation de la lunette astronomique et son intérêt par rapport à l'observation à l'oeil nu.
2. L'objectif forme dans son plan focal des images réelles très réduites d'objets immenses situés à de très grandes distances. Par exemple, la Lune est vue depuis la Terre sous un diamètre angulaire moyen $\alpha = 31,5'$ et la distance moyenne Terre-Lune est de $D = 382.10^3km$. Calculer le diamètre d de l'image réelle de la Lune dans plan focal d'un objectif de distance focale $|f_1| = 1,78m$. Calculer le grandissement γ de l'objet.
3. Définir à l'aide d'un schéma et donner l'expression du grandissement angulaire G de la lunette astronomique pour $|f_2| = 75mm, 28mm, 12mm, 5mm$.

14

Donner toutes les possibilités de réaliser un système afocal à l'aide de deux lentilles.

M1: OSCILLATEUR HARMONIQUE

1

Exercices 2.3, 2.4 et 3.4.

2

On accroche deux ressorts identiques de raideur k et de longueur à vide l_0 à la suite l'un de l'autre sur un axe horizontal noté Ox . L'extrémité gauche du premier ressort est accrochée sur l'origine O de l'axe Ox et on accroche une masse m sur l'extrémité droite du deuxième ressort. Déterminer l'équation vérifiée par l'abscisse $x(t)$ de la masse m . Résoudre pour des conditions initiales $x_O = 2l_0$ et $\dot{x}_0 = v_0$ non nul. Tracer la courbe $x(t)$ en fonction du temps.

3

Reprendre l'exercice précédent si on suspend l'extrémité gauche du premier ressort dans le champ de pesanteur $\vec{g} = g\vec{u}_z$.

M2: CINEMATIQUE DU POINT MATERIEL

4

Donner l'expression du vecteur position, vitesse, accélération en coordonnées cartésiennes et dans sa base $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ associé.

5

On repère un point P par ses coordonnées cylindro-polaires (r, θ, z) . Faire un schéma représentatif. Introduire la base locale associée et donner l'expression du vecteur position, vitesse et accélération.

6

On s'intéresse à un mouvement plan dont on connaît la trajectoire. On décide alors de repérer le point matériel sur sa trajectoire à l'aide de son abscisse curviligne $s(t)$.

1. Faire un schéma.
2. Définir le vecteur tangent $\vec{t}$ ainsi que le vecteur normal $\vec{n}$.
3. Définir le rayon de courbure R de la trajectoire.
4. Comment place-t-on le centre de courbure C de la trajectoire ?
5. Quelle propriété possède le centre de courbure pour une trajectoire circulaire ?
6. Cette propriété est-elle toujours vraie ? Illustrer par un exemple graphique.

7

Un point se déplace sur une hélice circulaire représentée dans le repère orthonormé $Oxyz$ par

$$\begin{aligned}x &= a \cos \omega t \\ y &= a \sin \omega t \\ z &= bt\end{aligned}$$

Montrer que le vecteur vitesse fait un angle constant θ avec l'axe Oz .
Déterminer les composantes de l'accélération.

8

Une particule P décrit une orbite circulaire de centre O , d'un mouvement uniformément varié de vitesse de norme $v = kt$ où t est le temps et k une constante.
Déterminer son accélération, exprimée dans la base locale associée aux coordonnées polaires, en fonction de l'angle θ dont a tourné P et en supposant $\theta(t = 0) = 0$.

9

Les coordonnées cylindro-polaires d'une particule mobile sont

$$\begin{aligned}r &= R \\ \theta &= \omega t \\ z &= \alpha t\end{aligned}$$

où R , ω , et α sont des constantes.

La trajectoire est une hélice tracée sur un cylindre de révolution, calculer son pas h .
Déterminer les vecteurs vitesse et accélération.

10

Dans la plan Oxy , un mobile part de O et parcourt Ox avec une vitesse $u = 8m.s^{-1}$. Au même instant, un second mobile part de $B(0, 100m)$ en direction de O avec une vitesse $v = 11m.s^{-1}$.
A quel moment seront-ils au plus près l'un de l'autre? Quelle est cette distance?

11

Un mouvement est défini en coordonnées polaires par $r = A(1 + \cos \theta)$ où $\theta = \omega t$. La trajectoire est une cardioïde. Calculer le module de sa vitesse. En déduire la longueur de la trajectoire sur une période.

12

Une particule se déplace dans le plan Oxy de sorte que $\vec{V} = a\vec{j} + b\vec{u}_\theta$ où a et b sont des constantes.

Déterminer l'équation de la trajectoire en coordonnées polaires. Cas particulier $b = 0$.

Montrer que $r^2\dot{\theta}$ est une constante du mouvement.

Pour $a = \frac{b}{2}$ et sachant que la particule rencontre l'axe des y au point de coordonnées $(0, y_0 = 2)$, écrire l'équation du mouvement de la particule.

Déterminer alors en fonction de b sa vitesse aux points A et A' où la trajectoire rencontre l'axe Ox . On suppose qu'à $t = 0$, $\theta = 0$ et $r = r_0$.

M3: DYNAMIQUE DU POINT MATERIEL
--

13

Donnez un énoncé des concepts suivants: système fermé, système isolé, référentiel galiléen, principe d'inertie, résultante cinétique d'un point matériel, théorème de la résultante cinétique, principe des interactions réciproques.

14

Déterminer la vitesse et la position à chaque instant d'une particule de masse m plongée dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ et animée de la vitesse initiale $\vec{V}_0$ en un point M_0 .

Même question pour une particule chargée q plongée dans le champ électrique $\vec{E}$ avec les mêmes conditions initiales.

15

Déterminer l'équation différentielle qui régit le mouvement d'un pendule de longueur l plongé dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ pour de faibles oscillations. Résoudre l'équation obtenue en fonction de conditions initiales non nulles sur la position et sur la vitesse angulaire.

16

Donnez les deux équations scalaires obtenues pour une particule de masse m glissant sans frottement à l'intérieur d'une sphère.

17

Un esquimau part du sommet de son igloo et glisse sans frottement sur celui-ci. Pour quel angle va-t-il décoller?

18

Un point matériel de masse m est accroché à l'extrémité libre d'un ressort de raideur k et de longueur à vide l_0 . L'autre extrémité est fixé au mur. Le tout est placé sur un plan horizontal en l'absence de frottement. Déterminer la position à chaque instant du point matériel puis l'écart à la position d'équilibre de ce dernier. Même question si l'on place le système étudié verticalement et dans le champ de pesanteur $\vec{g}$.

19

Un point matériel de masse m est abandonné sans vitesse initiale dans un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$. Déterminer sa vitesse $\vec{V}$ et sa position à chaque instant, en tenant compte d'une force de frottement due à la résistance de l'air $\vec{F} = -\lambda\vec{V}$.

20

Une particule de masse m est lancée au point P_0 de côte $z_0 = r \cos \theta_0$ à l'extérieure d'une sphère de rayon r avec une vitesse $\vec{V}_0$ tangente à la sphère et contenue dans le plan vertical passant par l'origine de la sphère. Elle glisse sans frottement sur la sphère puis décolle et quitte la sphère en un point P_1 .

1. Calculer la réaction du support sur la particule en fonction de sa côte z .
2. Montrer que si $V_0 > V_1$ où V_1 est une vitesse à déterminer, la particule quitte la sphère dès le départ en P_0 . Calculer la valeur numérique de V_1 si $r = 90cm$ et $\theta_0 = 0$.
3. Calculer le chemin parcouru sur la sphère si $V_0 = \frac{V_1}{2}$ et si $\theta_0 = 0$.

M4: THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

21

Définir l'énergie cinétique d'une particule ponctuelle de masse m et de vitesse $\vec{V}$.
Définir le travail infinitésimal δW de la force $\vec{f}$ s'appliquant sur un point P se déplaçant de $d\vec{OP}$.

On suppose une force $\vec{f}$ constante $\vec{f} = f\vec{u}_x$ s'appliquant sur un point P se déplaçant de O à A tel que $\vec{OA} = a\vec{u}_x$. Calculer le travail W exercé par la force $\vec{f}$ entre O et A .

22

Enoncer et démontrer le théorème de l'énergie cinétique pour une particule ponctuelle P .

23

Enoncer et démontrer le théorème de la puissance cinétique pour une particule ponctuelle P .

M5: PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP

24

Une particule chargée q est plongée dans un champ magnétique uniforme et indépendant du temps $\vec{B}$. A l'instant initial, elle se trouve à l'origine du repère avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ perpendiculaire au champ magnétique. Déterminer la position de la particule à chaque instant. Que peut-on dire sur le mouvement de la particule?

25

On plonge une particule de masse m et de charge q dans un champ électrique et magnétique $(\vec{E}, \vec{B})$ perpendiculaires entre eux, uniformes et constants. La particule est sans vitesse initiale. Décrire analytiquement son mouvement.

26

Une particule de masse m , de charge q est plongée dans un champ magnétique $\vec{B}$ et soumise à une force de frottement fluide $\vec{f} = -\lambda \vec{V}$. La vitesse initiale de la particule notée $\vec{V}_0$ est perpendiculaire à $\vec{B}$. Décrire analytiquement son mouvement.

M6: ENERGIE POTENTIELLE, ENERGIE MECANIQUE

27

A quelle condition une force $\vec{f}$ dérive-t-elle d'une énergie potentielle?

On considère une force $\vec{F} = F \vec{u}_x$ constante et uniforme. Déterminer l'énergie potentielle E_p dont dérive cette force. On supposera que l'énergie potentielle est nulle dans le plan $x = 0$.

28

On considère une particule ponctuelle en mouvement rectiligne sur l'axe Ox et soumise à la force $\vec{f}_1 = -kx \vec{u}_x$. Déterminer l'énergie potentielle E_p associée.

Même question pour une force $\vec{f}_2 = -kx^2 \vec{u}_x$ puis pour $\vec{f}_n = -kx^n \vec{u}_x$ où $n > 2$. On choisira judicieusement la référence d'énergie potentielle pour chacun des cas.

Exprimer la conservation de l'énergie mécanique dans ces trois cas.

29

Une particule ponctuelle de masse m en mouvement plan Oxy est soumise à la force $\vec{f} = -\frac{k}{r^2} \vec{u}_r$ en coordonnées polaires.

Déterminer l'énergie potentielle E_p dont dérive cette force. On supposera $E_p(r = \infty) = 0$.

Exprimer la conservation de l'énergie mécanique.

Montrer à l'aide du TRC exprimé en coordonnées polaires (r, θ) que $r^2 \dot{\theta}$ est une constante du mouvement que l'on exprimera en fonction des conditions initiales r_0 et $\dot{\theta}_0$.

Obtenir alors une équation différentielle du mouvement ne dépendant plus que de la variable r .

M7: OPERATEUR GRADIENT

30

1. Définir l'opérateur gradient d'un potentiel scalaire noté $V(M)$ à partir de sa variation infinitésimale notée $dV(M)$.
2. donner l'expression du gradient en coordonnées cartésiennes puis cylindro-polaires.

3. Calculer le gradient du potentiel scalaire $V(x, y, z) = 2x + 3xyz - \cos(y)$ exprimé en coordonnées cartésiennes.

31

1. Donner la relation qui existe entre le champ électrostatique $\vec{E}(M)$ et le potentiel électrostatique noté $V(M)$.
2. Définir les lignes de champ et les surfaces équipotentiellles. Propriétés?

32

1. Rappeler la relation entre une force conservative et son énergie potentielle.
2. Cas particulier du champ de pesanteur $\vec{g}$.
3. Cas particulier de la force exercée par un ressort.

33

1. Donner l'expression de la force de Lorentz exercée par un champ électrique et magnétique sur une charge animée d'une vitesse. Faire un schéma et nommer les grandeurs introduites.
2. Pour quelle raison qualifie-t-on le champ électrique ci-dessus de champ électrostatique en première année de C.P.G.E.? Quelle est la propriété du champ électrostatique ci-dessus?
3. Exprimer l'augmentation d'énergie cinétique subie par une charge q et de masse m en terme de différence de potentiel électrostatique V .
4. Quelle unité utilise-t-on en physique des particules pour caractériser l'énergie disponible par un accélérateur de particules? Est-ce une unité du Système international d'unités?
5. Propriété de la partie magnétique de la force de Lorentz? Intérêt au sein d'un accélérateur de particules?

M8: THEOREME DU MOMENT CINETIQUE

34

Enoncer puis démontrer le théorème du moment cinétique.

35

Appliquer le théorème du moment cinétique à l'exercice type "Esquimaux sur son igloo" en paramétrant avec soin le problème.

Linéariser l'équation différentielle obtenue en précisant bien les conditions de validité d'une telle opération et résoudre pour des conditions initiales données.

36

Un pendule pesant constitué d'une tige sans masse de longueur l et d'une masse m placée à son extrémité oscille dans le champ de pesanteur $\vec{g}$. Un ressort spirale est fixé sur sa tige et exerce un couple de rappel proportionnel (via une constante C) à l'écart angulaire que fait la tige avec la verticale dirigée vers le bas. La masse m baigne dans un liquide exerçant une force de frottement fluide proportionnelle (via une constante λ) à la vitesse de la masse m .

1. Déterminer l'équation qui régit l'écart à la position d'équilibre du pendule.
2. On lâche le pendule avec un écart à la position d'équilibre θ_0 et une vitesse initiale nulle. Déterminer la forme des diverses solutions pour de faibles amplitudes.
3. On souhaite voir osciller le pendule autour d'une nouvelle position d'équilibre faisant un angle faible (noté θ_e) non nul avec la verticale descendante. On rappelle que le couple de rappel du ressort spirale vaut $-C(\theta - \alpha)$ où α est la direction prise par la tige accrochée au ressort lorsque l'on retire la masse m de la tige. Que faut-il modifier dans le montage précédent?
4. Calculer alors θ_e en fonction de θ_0 , m , g , l et C .
5. Est-il possible de faire osciller le pendule autour de la position d'équilibre verticale ascendante? Si oui, déterminer la pulsation des oscillations de faibles amplitudes de la masse m en l'absence de frottement.
6. Comparer cette pulsation à celle obtenue "tige vers le bas".

M9: FORCES CENTRALES

37

Rappeler la définition d'une force centrale. En déduire une caractéristique du mouvement à force centrale. Quelles conséquences sur le mouvement?

38

On s'intéresse au mouvement plan d'une particule P de masse m soumise à une force centrale attractive d'intensité $\frac{k}{r^2}$ où k est une constante positive et r la distance du point P au centre de force pris pour origine du repère.

1. Faire un schéma.
2. Donner la dimension et l'unité du paramètre k dans le système international.
3. Donner deux exemples d'interactions fondamentales de ce type.
4. Montrer que la trajectoire du point matériel P est une conique dont on exprimera les paramètres (p et e en coordonnées polaires) en fonction des grandeurs physiques pertinentes.

M10: FORCES CENTRALES CONSERVATIVES ET ISOTROPES

39

La force $\vec{f} = -\frac{k}{r^2}(1 + \cos \theta)\vec{u}_r$ exprimée en coordonnées polaires et s'appliquant sur une particule ponctuelle $P(r, \theta)$ en mouvement plan est-elle une force centrale? Cette force est-elle isotrope?

40

La force $\vec{f} = -\frac{k}{r^2}\vec{u}_r + \frac{E_0}{r}\cos\theta\vec{u}_\theta$ exprimée en coordonnées polaires et s'appliquant sur une particule ponctuelle $P(r, \theta)$ en mouvement plan est-elle une force centrale? Cette force est-elle isotrope? Conservative?

41

Une particule P repérée en coordonnées polaires (r, θ) dans le plan d'équation $z = 0$ est soumise à la force $\vec{f} = -k(r - l_0)\vec{u}_r$.

1. Enoncer puis appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour la particule.
2. Définir une énergie potentielle efficace $E_{eff}(r)$ et tracer son allure.
3. A quelles conditions le mouvement est-il linéaire? Circulaire?
4. Discuter physiquement les autres possibilités de mouvement en fonction des conditions initiales.

M11: INTERACTION ELECTROSTATIQUE ET GRAVITATIONNELLE

42

A quelle condition une particule de masse m plongée dans un champ de force centrale en $-\frac{k}{r^2}$ décrit-elle une ellipse? Exprimer son énergie mécanique en fonction de k et d'un paramètre de l'ellipse.

43

Une particule P de masse m subit une interaction newtonienne en $\vec{f} = -\frac{k}{r^2}\vec{u}_r$ en coordonnées sphériques.

1. Montrer que le mouvement est plan.
2. Montrer que le mouvement de la particule suit la loi des aires.

3. On note C la constante des aires et $\vec{V}$ le vecteur vitesse de la particule. Dédurre du théorème de la résultante cinétique la relation

$$\vec{u}_\theta = \frac{\mu C}{k} \vec{V} + \vec{e}$$

où $\vec{e}$ un vecteur constant dépendant des conditions initiales.

4. En déduire par projection sur $\vec{u}_\theta$ l'équation en coordonnées polaires de la particule P .
5. On note e l'excentricité de la conique obtenue. Calculer e^2 en fonction de k , m , C et de l'énergie mécanique E de la particule.

M12: MECANIQUE DU SOLIDE EN ROTATION

44

Soit un disque de rayon R , de masse m et de densité surfacique de masse σ mis en rotation autour de son axe Oz à la vitesse angulaire ω .

1. Définir la masse surfacique σ du disque et déterminer son expression.
2. Définir la résultante cinétique de la masse élémentaire $dm(P)$ affectée d'une vitesse $\vec{v}(P, t)$.
3. Définir la résultante cinétique $\vec{P}$ du disque en rotation et calculer son expression.
4. Définir le moment cinétique élémentaire en O , $d\vec{L}_O$ associé à la masse $dm(P)$.
5. Définir le moment cinétique $\vec{L}_O$, en O du disque en rotation et calculer son expression.
6. Définir le moment d'inertie I du disque par rapport à son axe Oz .
7. Exprimer le moment cinétique en fonction du moment d'inertie et de la vitesse angulaire.
8. Montrer que le moment d'inertie est à la rotation ce que la masse est à la translation.
9. Déterminer l'énergie cinétique E_c du disque en rotation autour de l'axe Oz et l'exprimer en fonction du moment d'inertie I autour de l'axe Oz .

45

1. On exerce en deux points symétriques P_1 et P_2 du disque en rotation deux forces opposées $\vec{F}$ et $-\vec{F}$. Faire un schéma.
2. Définir et calculer le moment $\vec{M}_O$, en O des deux forces.
3. Définir et calculer la résultante des forces.
4. Par définition, lorsqu'un ensemble de forces exercées sur un disque en rotation est à résultante nulle, le moment en O , $\vec{M}_O$ des forces exercées sur le disque s'appelle un couple. On le note alors $\vec{C}$. Montrer que le couple $\vec{C}$ est indépendant du point O choisi pour le calculer.

46

Déterminer le mouvement d'un disque soumis à un couple nul et pour lequel la vitesse angulaire à l'instant initial vaut ω . Même question pour un couple constant $\vec{C} = C\vec{u}_z$.

47

1. On considère un disque circulaire de centre O , de rayon R , de masse M et dont l'axe de révolution Ox est placé perpendiculairement au champ $\vec{g}$. Le disque peut donc tourner autour de l'axe Ox . On fixe une masse m à la périphérie du disque en un point P . On repère la position du disque par l'angle $\theta(P) = (\vec{g}, \vec{OP})$. Faire un schéma. Déterminer le moment d'inertie du disque avec (I_a) et sans (I_s) la masse m .
2. On lance le disque sans la masse m avec une vitesse angulaire ω_0 . Déterminer entièrement l'angle $\theta(P, t)$ sachant que $\theta(P, t = 0) = 0$.
3. On fixe sur le disque un ressort spirale qui exerce un couple de rappel proportionnel (via une constante C) à l'écart angulaire que fait la direction $\vec{OP}$ avec la verticale dirigée vers le bas. Le disque baigne dans un liquide exerçant une force de frottement fluide proportionnelle (via une constante λ) à la vitesse de $\vec{v}$ du point P . Faire un schéma.
4. Déterminer l'équation qui régit l'angle $\theta(P, t)$.
5. On lâche le disque avec un écart à la position d'équilibre θ_0 et une vitesse angulaire initiale nulle. Déterminer la forme des diverses solutions.
6. Reprendre les deux dernières questions si on fixe la masse m au point P du disque.
7. On souhaite voir osciller le disque autour d'une nouvelle position d'équilibre faisant un angle faible (noté θ_e) non nul avec la verticale descendante. On rappelle que le couple de rappel du ressort spirale vaut $-C(\theta - \alpha)$ où α est la direction prise par la droite OP lorsque l'on retire la masse m du disque.
8. Que faut-il modifier dans le montage précédent?
9. Calculer alors θ_e en fonction de $\theta_0 = \theta(P, t = 0)$, m , g , M , R et C .
10. Est-il possible de faire osciller le disque autour de la position d'équilibre verticale ascendante?
11. Si oui, déterminer la pulsation des oscillations de faibles amplitudes du disque en l'absence de frottement.
12. Comparer cette pulsation à celle obtenue "masse m vers le bas".

48

1. Rappeler l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ reçue par une particule P animée d'une vitesse $\vec{v}$ et soumise à la force $\vec{f}$.
2. Donner alors par analogie l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ reçue par un disque en rotation à la vitesse angulaire $\Omega = \omega\vec{u}_z$ et soumis au couple $\vec{C}$.

3. Retrouver le TMC à partir du TEC pour un disque en rotation.

49

1. Le centre de la Terre décrit une trajectoire circulaire de rayon R et de période T autour du Soleil. Déterminer R et T .
2. Le solide Terre décrit un mouvement de rotation autour de son axe avec une vitesse angulaire ω . Déterminer ω ainsi qu'un ordre de grandeur du moment d'inertie I du solide Terre par rapport à son axe de rotation.
3. Justifier l'origine des saisons.

P1: ONDES PROGRESSIVES

1

On note $\Upsilon(t)$ la fonction de Heaviside.

1. Tracer $\Upsilon(t)$ et $\Upsilon(-t)$ en fonction du temps t .
2. On suppose $T > 0$. Tracer $\Upsilon(T - t)$ puis $\Upsilon(t) \times (\Upsilon(T - t))$ en fonction du temps t .
3. Tracer $f(t) = 1 - \cos(2\pi \frac{t}{T})$ en fonction du temps t .
4. Tracer $g(t) = \Upsilon(t) \times \Upsilon(T - t) \times f(t)$ en fonction du temps t .
5. Tracer $g(x)$ en fonction de l'abscisse x d'un axe Ox en remplaçant la grandeur temporelle T par une grandeur spatiale λ .
6. Tracer $h(x - ct)$ pour $t = 0$ puis pour $t = \tau > 0$ sur le même graphique en fonction de x . Que remarque-t-on? Définir la célérité de l'onde et donner son expression.

P2: MODES PROPRES

2

On s'intéresse à une corde horizontale tendue sous la tension T . On souhaite obtenir la tension T à l'aide d'un champ de pesanteur $\vec{g}$ et d'une masse m . La corde tendue a une longueur L et une masse linéique μ .

1. Faire un schéma du dispositif utilisé. Quelle relation lie T , m et g ? Quelle masse m utilise-t-on pour obtenir une tension de 100N?
2. Quels type d'ondes sont susceptibles de se propager le long de la corde? Donner par analyse dimensionnelle une expression de la célérité c de l'onde en fonction de la tension T et de la masse linéique μ . Analyser la pertinence de l'expression obtenue.

3. Donner les fréquences propres f_n de la corde en fonction de la célérité c , de la longueur L de la corde et d'un entier naturel non nul n . Faire une illustration représentant le mode propre fondamental et les trois premières harmoniques.
4. On souhaite une fréquence fondamentale d'une corde de guitare de $1m$ et de $10g$ à $440Hz$. Quelle tension T faut-il imposer à la corde?

P3: INTERFERENCES D'AMPLITUDES

3

On s'intéresse à un phénomène d'interférences à deux ondes de célérité c émises par deux sources S_1 et S_2 telles que $a(S_1, t) = a(S_2, t) = A \sin \omega t$.

1. Faire un schéma en paramétrant le problème et donner l'amplitude de vibration $a(M, t)$ en un point M quelconque de l'espace en fonction de la différence de marche $\delta(M) = S_2M - S_1M$.
2. Décrire la figure d'interférence obtenue à l'aide d'un schéma représentant en trait plein les franges d'interférences constructives et en pointillé les franges d'interférences destructives. Donner la propriété de ces franges.
3. Représenter l'évolution temporelle $a(M, t)$ pour des franges constructives puis destructives.

P4: INTERFERENCES LUMINEUSES

4

On s'intéresse à un dispositif type fentes d'Young permettant d'obtenir des interférences lumineuses cohérentes à deux ondes émises en S_1 et S_2 avec des amplitudes $a(S_i, t) = A \sin \omega t$ pour i valant 1 ou 2.

1. L'oeil est-il sensible à l'amplitude de la vibration lumineuse ou à la moyenne temporelle du carré de cette amplitude?
2. Donner la longueur d'onde λ dans le vide de l'onde lumineuse.
3. Faire un schéma de l'expérience des fentes d'Young et donner la figure d'interférence obtenue sur l'écran.
4. Donner l'amplitude lumineuse $a(M, t)$ en tout point M quelconque de l'espace en fonction de la différence de marche $\delta(M) = S_2M - S_1M$.
5. Déterminer l'intensité lumineuse au point M $I(M) = \langle a^2(M, t) \rangle$. Tracer la courbe donnant l'intensité $I(M)$ en fonction de la différence de marche $\delta(M)$.
6. Décrire la figure d'interférence obtenue dans tout l'espace. Retrouver alors la figure obtenue sur l'écran. Donner le nombre de franges brillantes.
7. Décrire l'influence de la distance S_1S_2 sur la figure d'interférence.

5

On dispose d'un réseau de pas a destiné à obtenir des interférences à l'infini à N ondes. Le réseau est éclairé sous incidence normale par une source monochromatique de longueur d'onde λ .

1. Quel dispositif utilise-t-on pour ramener le plan de l'infini à distance finie? Faire un schéma.
2. Quel dispositif utilise-t-on pour éclairer le réseau sous incidence normale? Faire un schéma.
3. Retrouver avec un schéma la condition sur la direction d'observation pour obtenir des franges brillantes.
4. On éclaire maintenant le réseau avec un triplet de longueur d'ondes rouge, jaune et bleu λ_R , λ_J et λ_B . Représenter la figure d'interférence obtenue sur l'écran. Qu'appelle-t-on mélange des ordres?

P5: PHYSIQUE QUANTIQUE

6

1. Deux fentes infiniment fines sont placées parallèles et à une distance a l'une de l'autre, l'une en S_1 et l'autre en S_2 . A la distance $D \gg a$, on place un écran parallèle aux fentes. On éclaire les deux fentes par une onde lumineuse plane monochromatique de longueur d'onde λ dont la direction de propagation est perpendiculaire aux plan des fentes. Faire un schéma de l'expérience des fentes d'Young.
2. Les fentes S_1 et S_2 se comportent alors comme deux sources secondaires qui réémettent dans toutes les directions (phénomène de diffraction) chacune une onde dont l'amplitude de vibration vaut

$$a_1(S_1, t) = A \cos \omega t$$

$$a_2(S_2, t) = A \cos \omega t$$

Relier la pulsation ω de l'onde lumineuse à sa longueur d'onde λ sachant que l'expérience s'effectue dans le vide.

3. On s'intéresse à un point M de l'écran. Déterminer l'amplitude de vibration au point M à l'instant t pour l'onde 1 notée $a_1(M, t)$. Même question pour $a_2(M, t)$. Que vaut l'amplitude résultante en M notée $a(M, t)$.
4. On note k l'ondulation, $k = \frac{\omega}{c}$ où c est la célérité de la lumière dans le vide. On note $\delta(M) = S_2M - S_1M$ la différence de marche en M des deux ondes. Visualiser la différence de marche sur votre schéma. Montrer que

$$a(M, t) = 2A \cos(\omega t - kD) \cos\left(\frac{k}{2}D\right)$$

- On rappelle que l'intensité $I(M)$ de l'onde au point M est la moyenne temporelle du carré de l'amplitude de vibration.

$$I(M) = \frac{1}{T} \int_0^T a^2(M, t) dt$$

Déterminer l'intensité au point M en fonction de la différence de marche δ .

- On note O l'origine de l'écran placée à l'intersection du plan de l'écran et du plan médian aux fentes lumineuses. On pose alors $\overrightarrow{OM} = x\vec{u}_x$ où l'axe Ox est contenu dans le plan de l'écran et parallèle à la droite S_1S_2 . Déterminer S_2M^2 et S_1M^2 en fonction de D , x et a .
- On rappelle que $D \gg a$ et on s'intéresse au cas où on a également $D \gg x$. Exprimer δ en fonction de D , x et a .
- On pose $i = \frac{\lambda D}{a}$. Exprimer l'intensité lumineuse en fonction de x . Tracer la courbe $I(x)$. Justifier l'appellation d'inter-frange pour la grandeur i .
- On reprend l'expérience en obturant S_2 . Qu'observe-t-on sur l'écran? Même question si on obture S_1 et qu'on ouvre S_2 .

7

Donner l'amplitude de probabilité de présence et les relations d'Einstein, Planck et De Broglie pour un quanton libre d'énergie E et de quantité de mouvement p se déplaçant dans la direction d'un axe Ox .

8

- Donner l'expression reliant l'énergie E et la quantité de mouvement p pour un photon. Donner un ordre de grandeur de E dans le visible, dans le domaine centimétrique, kilométrique, pour de l'infra-rouge, de l'ultra-violet, des rayons X et des rayons γ .
- Interpréter alors l'expérience des fentes d'Young en terme de probabilité de présence des particules de lumière, les photons. Que se passe-t-il si on bouche la fente S_1 et qu'on laisse S_2 ouvert. Donner la répartition lumineuse sur l'écran. Même question pour S_2 bouché et S_1 ouvert. Justifier l'appellation d'interférence lumineuse lorsque les deux fentes sont ouvertes.

9

- Donner l'expression reliant l'énergie E et la quantité de mouvement p d'un quanton libre de masse m non nulle.
- Utilisez les relations onde-particule pour calculer l'inter-frange i dans une expérience des fentes d'Young faite avec des électrons. Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel de $5,0 \cdot 10^4 V$ ($1 eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$). La masse de l'électron est $m = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$. On prendra $a = 1,0 \mu m$ et $D = 1,0 m$.

3. On réalise une expérience des fentes d'Young avec des atomes de néon ultra-froids. Le néon a une masse atomique de $20uma$ ($1uma = 1,6.10^{-27}kg$). Dans le dispositif expérimental, la distance des fentes à la platine où sont détectés les atomes est $D = 113mm$ et la distance entre les fentes est $a = 6,0\mu m$. Les atomes ont une vitesse moyenne $v = 1,0m.s^{-1}$ au niveau des fentes. Calculer l'inter-frange i observée.

10

On modélise un quanton libre, d'énergie E et de quantité de mouvement p , confiné dans une boîte à une dimension de longueur L (comprise entre les abscisses $x = -\frac{L}{2}$ et $x = \frac{L}{2}$), par la somme de deux amplitudes de probabilités dont la résultante en M et à l'instant t vaut

$$a(M, t) = A \cos(\omega t - kx) + A \cos(\omega t + kx)$$

1. Faire un schéma de la boîte à une dimension.
2. Relier les grandeurs ω et k aux grandeurs E et p .
3. Montrer que l'amplitude de probabilité peut se mettre sous la forme du produit d'une fonction du temps par une fonction d'espace.
4. Quelle doit être la valeur de l'amplitude en $x = -\frac{L}{2}$ et en $x = \frac{L}{2}$? Justifier.
5. Exprimer la longueur d'onde λ en fonction de l'ondulation k .
6. En déduire une relation entre la longueur de la boîte L et la longueur d'onde λ .
7. Reprendre les questions précédentes pour une amplitude

$$a'(M, t) = A \cos(\omega t - kx) - A \cos(\omega t + kx)$$

8. En déduire alors une relation générale entre la longueur d'onde λ du quanton et la longueur L de la boîte dans lequel on le confine.
9. Retrouver cette relation par analogie avec les modes propres d'une corde vibrante.
10. En déduire l'énergie E du quanton dans le cas d'un photon.
11. Noter le lien existant entre confinement spatial et quantification de l'énergie.
12. Rappeler les valeurs possibles de l'énergie pour un quanton libre non confiné.

11

Le spectre du visible s'étend entre $400nm$ (violet) et $800nm$ (rouge).
Donner les fréquences correspondantes.

12

Donner la pulsation qui correspond à une énergie de $10eV$.

On prendra $e = 1,6.10^{-19}C$ et $\hbar = 1,0.10^{-34}J.s$.

Dans quel domaine du spectre électromagnétique se situe-t-on, ultra-violet, visible ou infra-rouge?

13

Calculer la valeur numérique de la constante sans dimension $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c}$ en prenant $e = 10^{-19}C$, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 10^{10}m.F^{-1}$, $\hbar = 10^{-34}J.s$.
Que penser de cette valeur numérique?

14

Quelle est la dimension de la quantité $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar}$?
Calculer l'énergie cinétique au sens classique d'un électron en fonction de sa masse m et d'une vitesse définie à l'aide des constantes fondamentales de la physique incluant $\hbar$.
On donnera le résultat sous forme littérale puis on calculera sa valeur numérique en joule et en électron-volt.

15

Un atome se désexcite en passant du niveau d'énergie $-7,0eV$ au niveau d'énergie $-8,0eV$.
Calculer la pulsation de la radiation émise.
On donne $e = 1,6.10^{-19}J$ et $\hbar = 1,0.10^{-34}J.s$.

16

Quelle est la dimension de la constante $\hbar$?
Quelle est la dimension d'une résultante cinétique, d'un moment cinétique, d'une énergie?
Quelle est la valeur numérique de l'extension spatiale de l'atome d'hydrogène?

17

On note L le moment cinétique. Donner l'hypothèse de quantification du moment cinétique du modèle de Bohr. On indiquera la signification physique de chaque grandeur physique introduite.

1. Quelle est l'énergie d'interaction E entre deux charges q_1 et q_2 distantes de r ?
2. On suppose que l'atome d'hydrogène est constitué d'un noyau de charge $+e$ autour duquel gravite un électron de charge $-e$.
3. Que vaut l'intensité f de la force exercée par le noyau sur l'électron?
4. Montrer dans le cadre du modèle de Bohr et en appliquant le théorème de la résultante cinétique que pour un électron d'orbite n , le rayon de l'orbite n peut s'écrire $r = n^2a$. Donner une expression littérale puis numérique de a . On exprimera a en fonction de la masse de l'électron, de la charge élémentaire, de la permittivité du vide et de la constante de Planck réduite $\hbar$.
5. En déduire alors la valeur de l'énergie E de l'atome d'hydrogène en fonction de n et des constantes fondamentales de la physique.

18

Dans le cadre du modèle de Bohr, donner l'énergie d'une orbite n en fonction des constantes fondamentales de la physique, masse de l'électron, constante de Planck réduite, charge élémentaire, permittivité du vide. Que vaut l'énergie du niveau fondamental ($n = 1$). Donnez une expression littérale puis numérique.

I1: CHAMP MAGNETIQUE

1

Donner l'expression du champ magnétique $\vec{B}$ créé au centre d'une spire de rayon R parcourue par un courant I .

2

Donner l'expression du champ magnétique à l'intérieur et à l'extérieur d'une bobine infinie parcourue par un courant d'intensité I et bobinée n spires par unité de longueur. Faire un schéma.

3

Enoncer le théorème du flux pour un champ magnétique. Définir lignes et tubes de champ. Faire un schéma et montrer que le champ magnétique est à flux conservatif.

4

On s'intéresse à une spire carrée plane de côté a et parcourue par un courant d'intensité I . Définir son vecteur surface et donner son expression. Même question pour son moment magnétique.

5

Représenter un aimant droit, indiquer les lignes de champ magnétique créées par l'aimant et placer sur le schéma son moment magnétique $\vec{M}$.

I2: LOIS DE L'INDUCTION

6

1. Décrire l'expérience des rails de Laplace vue dans la leçon précédente et faire un schéma. On utilisera comme générateur une source de tension de f.e.m. E associée en série avec une résistance R .
2. Donner alors l'expression du courant I à travers le circuit.

- Donner l'expression de la force de Laplace subie par le barreau mobile de longueur L , de masse m , animé d'une vitesse $\vec{V}$, plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ extérieur et parcouru par le courant $i(t)$.

7

- Rappeler l'expression du flux ϕ du champ magnétique $\vec{B}$ à travers une surface modélisée par le vecteur surface $\vec{S}$ s'appuyant sur un contour fermé orienté $\mathcal{C}$. Faire un schéma.
- On s'intéresse au vecteur surface $\vec{S}(t)$ défini par le circuit correspondant aux rails de Laplace. Le contour $\mathcal{C}$ correspondant est nécessairement orienté dans le même sens que le courant $i(t)$ parcourant le circuit. Faire un schéma. Quelle est la propriété de ce vecteur surface.
- Quelle est la propriété du flux $\phi(t)$ du champ magnétique extérieur $\vec{B}$ à travers le circuit.
- Dériver le flux $\phi(t)$ par rapport au temps t et donner son expression en fonction du champ $\vec{B}$, de la vitesse V du barreau et de sa longueur L .

8

Un circuit électrique plan mobile est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ extérieur statique et uniforme. On note ϕ le flux du champ magnétique extérieur $\vec{B}$ à travers le circuit électrique.

- Donner l'expression de la force électromotrice induite $e(t)$, f.e.m. induite algébrique et orientée par le circuit électrique. Faire un schéma.
- Dans le cas des rails de Laplace, le flux du champ magnétique extérieur $\vec{B}$ à travers le circuit (noté ϕ) augmente et la f.e.m. induite $e(t)$ est négative. Cette f.e.m. vient s'ajouter à la f.e.m. E de départ et on observe alors une diminution du courant à travers le circuit. La force de Laplace diminue alors également et l'accélération en fait autant (conséquence du TRC) jusqu'à s'annuler. On en déduit alors une vitesse constante V_∞ du barreau lorsque t tend vers l'infini. Ce type de phénomène porte le nom de "loi de modération" ou "loi de Lenz" dans le cas de l'induction. Donner par analyse dimensionnelle, une expression possible de la vitesse V_∞ atteinte par le barreau. Faire un schéma.
- Mettre en équation les rails de Laplace. On donnera deux équations, une équation électrique concernant le circuit et une équation mécanique concernant le mouvement de la portion du circuit mobile, ici le barreau.
- Introduire un temps τ caractéristique et mettre en place une équation portant uniquement sur la vitesse $v(t)$ du barreau.
- Résoudre et tracer la courbe donnant $v(t)$ en fonction du temps. On supposera $v(t = 0) = 0$.
- Tacer les courbes donnant la f.e.m. induite $e(t)$ et le courant $i(t)$ à travers le circuit en fonction du temps.
- Reprendre les deux équations - électrique et mécanique - et mettre en place une équation bilan traduisant la conservation de l'énergie entre les instants t et $t + dt$.

9

1. On réalise un circuit électrique avec une f.e.m. E constante, une résistance R , une capacité C , un interrupteur et une barre conductrice de masse m pouvant glisser sur deux rails distants de a . Ces cinq éléments sont placés en série. Le tout est plongé dans un champ magnétostatique $\vec{B}$ uniforme perpendiculaire au circuit de manière à être dans la configuration des rails de Laplace. Faire un schéma.
2. L'interrupteur est initialement ouvert, la barre est immobile et le condensateur C est déchargé. A $t = 0$, on ferme l'interrupteur. Déterminer le charge $q(t)$ du condensateur et la vitesse $v(t)$ de la barre en fonction du temps.
3. Faire un bilan d'énergie entre les instants t et $t + dt$ à l'aide des deux équations, mécanique et électrique.

Solution:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC} + \frac{a^2 B^2}{mR}$$

$$q_{\infty} = \tau \frac{E}{R}$$

$$q(t) = q_{\infty} (1 - \exp(-\frac{t}{\tau}))$$

10

1. On réalise un circuit constitué de deux rails de Laplace distants de a , d'une barre conductrice de masse m pouvant glisser sur les deux rails et d'une résistance R , le tout en série est plongé dans un champ magnétostatique $\vec{B}$ uniforme perpendiculaire au plan des rails. Faire un schéma.
2. Mettre en place une équation électrique et une équation mécanique.
3. Résoudre le système d'équations de manière à déterminer la vitesse $v(t)$ de la barre lorsque celle-ci est lancée avec une vitesse initiale v_0 non nulle.
4. Tracer la courbe donnant $v(t)$. Justifier l'appellation de freinage par induction utilisé pour décrire ce type d'expérience.
5. On monte ce type de freins sur certains poids-lourds et certains trains. Est-il possible d'immobiliser un véhicule à l'arrêt avec ce type de frein? Justifier. Que fait-on alors pour immobiliser un véhicule à l'arrêt?
6. Les courants générés au sein du conducteur par la variation du flux et par la f.e.m. induite sont également appelés courants de Foucault. Donner une date approximative de la découverte de ces courants par Léon Foucault.
7. Donner la définition puis l'expression de la puissance P reçue par la barre de masse m ainsi que l'expression de l'énergie δW reçue entre les instants t et $t + dt$ par la barre. Vérifier la pertinence du signe de P .

8. Le signe de P est négatif. Cette puissance reçue est donc fournie au circuit. Montrer qu'elle est intégralement dissipée par effet Joule au sein du circuit.
9. Déterminer le courant $i(t)$ à travers le circuit. Vérifier alors la conservation de l'énergie par un bilan entre les instants $t = 0$ et t infini.
10. On constate qu'il est dommage de dissiper l'énergie fournie par la barre lors de la phase de freinage par induction et on souhaite la récupérer pour pouvoir l'utiliser par la suite sur une phase d'accélération. Quelle modification faut-il alors apporter au circuit?

11

Deux barres conductrices de résistance R , de longueur a et de masse m glissent sans frottement sur deux fils conducteurs parallèles distants de a situés dans le même plan horizontal. Ces deux barres sont reliées par un ressort de raideur k et de longueur à vide $2l_0$. Le système est plongé dans un champ magnétostatique $\vec{B}$ uniforme et perpendiculaire au plan des fils. A l'instant initial $t = 0$, les barres sont immobiles et le ressort à une longueur $l = 2(l_0 + b)$.

1. Faire un schéma du montage.
2. Montrer que le barycentre G du système matériel des deux barres est immobile et en déduire une relation entre les abscisses x_1 et x_2 des deux barres.
3. Ecrire l'équation électrique du système.
4. Ecrire une équation mécanique pour une seule barre.
5. En déduire une équation du mouvement valable pour les deux barres et décrire les divers mouvements possibles.

Solution:

$$\ddot{X} + 2\lambda\omega_0\dot{X} + \omega_0^2 X = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{2k}{m}$$

$$\lambda = \frac{a^2 B^2}{2\sqrt{2kmR}}$$

12

Une barre conductrice de masse m et de longueur a est suspendue à deux ressorts verticaux de raideur k . Les ressorts font également office de bobine avec une inductance égale à L pour chaque ressort. Faire un schéma et déterminer l'équation du mouvement de la barre repérée par son altitude z lorsqu'elle demeure dans l'espace des z positifs où règne un champ magnétostatique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire à la barre et au champ de pesanteur $\vec{g} = g\vec{u}_z$.

Solution:

$$\ddot{z} + \left(\frac{2k}{m} + \frac{a^2 B^2}{2mL}\right)z = 0$$

13

1. Faire un schéma à l'aide d'une roue de Barlow (1828), d'un aimant en U, d'un générateur de f.e.m. E et d'une résistance R permettant de mettre en œuvre un moteur à courant continu.
2. Décrire son principe de fonctionnement.
3. Pour quelle raison creuse-t-on des fentes parallèles au rayon d'une roue de Barlow?

14

1. On dispose d'un générateur sinusoïdal de pulsation ω et de f.e.m. E , d'une résistance R , d'une bobine d'auto-inductance L , d'un ressort de raideur k , d'un aimant permettant d'obtenir un champ $\vec{B}$ radial, d'un équipage mobile de masse m (la membrane reliée à la bobine) permettant de produire une onde sonore dans l'air dont on suppose qu'il réalise sur l'équipage en question une force de frottement $-\lambda v$ où v désigne la vitesse de la membrane. Faire un schéma du haut-parleur et décrire le principe de fonctionnement.
2. Faire un schéma du circuit électrique équivalent et mettre en place les deux équations, mécanique et électrique, associés au haut-parleur.
3. Faire un bilan d'énergie entre les instants t et $t + dt$.

I3: ACTIONS D'UN CHAMP MAGNETIQUE

15

Prendre un générateur de courant continu délivrant un courant électromoteur I à travers un circuit composé de deux "rails parallèles" et reliés par une tige métallique mobile. Placer cette tige dans un champ magnétique $\vec{B}$ extérieur uniforme et constant perpendiculaire à la tige. Observer alors le déplacement de la tige métallique. Faire un schéma.

16

Un élément conducteur infinitésimal $d\vec{OP}$ parcouru par un courant I est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$.

1. Donner l'expression de la force infinitésimale $d\vec{F}$ subit par l'élément de conducteur $d\vec{OP}$.
2. Faire un schéma.
3. Pour quelle raison qualifie-t-on le champ magnétique $\vec{B}$ de champ "extérieur".
4. Vérifier par analyse dimensionnelle (en utilisant la force exercée par un champ $\vec{B}$ sur une particule chargée q animée d'une vitesse $\vec{V}$) la cohérence de la définition de la force de Laplace.

5. On souhaite animer sur une durée τ une tige métallique – de masse m et de longueur L initialement immobile – d'une vitesse v à l'aide d'un champ magnétique B et d'un courant I . Donner les ordres de grandeur nécessaires à la réalisation de l'expérience correspondante au laboratoire de physique du lycée.
6. Donner la forme intégrale de la résultante $\vec{F}$ des forces de Laplace.

17

Une particule P animée d'une vitesse $\vec{V}$ est soumise à la force $\vec{F}$.

1. Donner l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ reçue par la particule.
2. Donner l'expression de l'énergie δW reçue entre les instants t et $t + dt$ par la particule.
3. Faire un schéma.
4. Rappeler l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ en terme d'énergie reçue par unité de temps. On note δW l'énergie reçue entre les instants t et $t + dt$.
5. Rappeler les unités associées dans le système international à l'énergie et à la puissance.
6. Donner l'expression de la puissance infinitésimale $d\mathcal{P}$ reçue par un élément de conducteur $Id\vec{OP}$ plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ et animé d'une vitesse $\vec{V}$.
7. En déduire l'expression de la puissance $\mathcal{P}$ reçue par la tige métallique de longueur L parcourue par I et plongée dans le champ magnétique $\vec{B}$.

18

On place une spire rectangulaire, de hauteur h et de largeur L , parcourue par un courant I , dans un champ magnétique $\vec{B}$ extérieur de manière à faire tourner la spire sur un axe Oz .

1. Faire un schéma.
2. Justifier le qualificatif "extérieur" du champ magnétique $\vec{B}$.
3. Déterminer la résultante des forces exercées sur chaque "brin" de la spire de courant.
4. Montrer que la résultante des forces exercées sur l'ensemble de la spire est nulle.
5. Déterminer le moment en O infinitésimal $d\vec{m}_O$ de la force de Laplace exercée sur la portion $Id\vec{OP}$ de la spire plongée dans le champ magnétique $\vec{B}$.
6. Calculer la somme $\vec{m}_O$ des moments en O exercées sur la spire.
7. Exprimer ce moment des forces $\vec{m}_O$ en fonction du moment magnétique $\vec{M}$ de la spire rectangulaire et du champ magnétique $\vec{B}$.
8. Rappeler l'expression du vecteur surface $\vec{S}$ de la spire rectangulaire.
9. Rappeler l'expression du moment magnétique $\vec{M}$ de la spire rectangulaire parcourue par un courant I .

10. Donner l'expression du couple $\vec{C}$ subit par un moment magnétique $\vec{M}$ plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$.
11. Définir la vitesse angulaire de rotation ω de la spire en fonction de sa période de rotation T .
12. Déterminer en fonction de la largeur L et de la vitesse angulaire de rotation ω , la vitesse v d'un brin vertical de la spire rectangulaire.
13. Exprimer alors la puissance $\mathcal{P}'$ reçue par un brin en fonction de I , L , B , h et ω .
14. Déterminer alors la puissance $\mathcal{P}$ reçue par la spire rectangulaire.
15. Définir un vecteur rotation $\vec{\Omega}$ associé au mouvement de la spire.
16. Exprimer la puissance $\mathcal{P}$ en fonction du couple $\vec{C}$ et du vecteur rotation $\vec{\Omega}$ de la spire. Vérifier la pertinence de cette expression et son homogénéité.

19

Un aimant droit de moment magnétique $\vec{M}$ est plongé dans un champ magnétique extérieur $\vec{B}$.

1. Donner l'expression du couple $\vec{C}$ subit par l'aimant droit.
2. Faire un schéma.
3. Discuter les positions d'équilibre de l'aimant et leur stabilité à l'aide de schémas en faisant intervenir les forces de Laplace.

20

1. Rappeler l'expression du champ magnétique $\vec{B}$ créé par une bobine parcourue par un courant d'intensité I et bobinée n spires par unité de longueur.
2. Faire un schéma.
3. Que devient ce champ magnétique pour un courant $i(t) = I \cos \omega t$.
4. Réaliser un champ magnétique "tournant"

$$\vec{B} = B_0(\cos \omega t \vec{u}_x + \sin \omega t \vec{u}_y)$$

à partir de deux bobines parcourues par des courants à déterminer. Faire un schéma.

5. Comment placer un aimant au sein du champ tournant afin de réaliser un moteur.

I4: INDUCTION PROPRE

21

On considère un circuit électrique immobile parcouru par un courant $i(t)$ dépendant du temps.

1. Quelle conséquence du point de vue magnétique peut-on affirmer à propos de ce circuit électrique?
2. Donner une définition du flux propre $\phi(t)$ créé par ce circuit électrique. Faire un schéma.
3. Définir l'inductance propre L de ce circuit électrique.
4. Rappeler les unités associées au flux ϕ , à l'inductance L et au courant i . Donner une valeur typique de ces grandeurs au laboratoire pour un circuit comprenant une bobine puis pour un circuit sans bobine.

22

1. Un générateur de f.e.m. $e_G(t)$ est placé en série avec une résistance R et une bobine de longueur l , de section S , bobinée n spires par unité de longueur. Faire un schéma.
2. Rappeler l'expression de la force électromotrice auto-induite e et en déduire le coefficient d'inductance propre L de la bobine.
3. Mettre en équation le circuit électrique.
4. Déterminer l'intensité $i(t)$ parcourant le circuit électrique pour un générateur délivrant un échelon de courant d'intensité I_0 .
5. Déterminer à nouveau le courant $i(t)$ si l'on supprime la bobine.
6. Est-il possible de supprimer complètement tout effet d'induction propre à travers le circuit en supprimant purement et simplement la bobine?

I5: INDUCTION MUTUELLE

23

1. Rappeler l'expression du champ magnétique $\vec{B}_1(M)$ créée en tout point de l'espace par une bobine 1 de grande longueur l , de section S , bobinée n_1 spires par unité de longueur, d'axe Oz et parcourue par un courant $i_1(t)$. Faire un schéma.
2. On place une seconde bobine notée 2 de même axe, de même longueur l et de même section S , que l'on superpose rigoureusement à la première, mais avec un bobinage différent noté n_2 spires par unité de longueur. Faire un schéma.
3. On note $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ le flux envoyé par la bobine 1 à travers la bobine 2 défini comme le flux à travers la bobine 2 du champ magnétique $\vec{B}_1$ créée par la bobine 1. Définir proprement $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ et calculer son expression.

4. Déterminer la force électromotrice e_{12} induite au sein de la bobine 2 par la bobine 1.
5. Définir le coefficient d'inductance mutuelle, ou coefficient de mutuelle-induction, M_{12} et donner son expression.
6. La bobine 2 est parcourue par un courant noté $i_2(t)$. Rappeler l'expression du champ électromagnétique $\vec{B}_2$ créé par la bobine 2.
7. Donner la définition du flux propre Φ_2 de la bobine 2. Calculer son expression.
8. Déterminer la force électromotrice auto-induite e_{22} au sein de la bobine 2.
9. Rappeler la définition du coefficient d'inductance propre, ou coefficient d'auto-induction, L_2 de la bobine 2 et donner son expression.
10. Donner l'expression, à partir des flux, de la force électromotrice totale e_2 induite dans le circuit secondaire, circuit correspondant à la bobine 2.
11. Exprimer e_2 en fonction des courants i_1 et i_2 .
12. De même qu'il existe un flux $\Phi_{1 \rightarrow 2}$ envoyé par le circuit 1 à travers le circuit 2, il existe un flux noté $\Phi_{2 \rightarrow 1}$ envoyé par le circuit 2 à travers le circuit 1. Reprendre les calculs qui précédent afin d'obtenir les coefficients d'inductance propre L_1 et d'inductance mutuelle M_{21} relatifs au circuit primaire.
13. Montrer les relations

$$M_{21} = M_{12} = M$$

$$M^2 = L_1 L_2$$
14. Faire un schéma électrique équivalent, en convention récepteur, en introduisant les tensions u_1 et u_2 aux bornes des deux bobines 1 et 2.
15. Etablir le système d'équations vérifiées par les tensions u_1 et u_2 et les courants i_1 et i_2 .

24

On considère un circuit primaire constitué d'une capacité C en série avec un interrupteur et une bobine d'auto-inductance L couplée par mutuelle-inductance M à une autre bobine L incluse dans un circuit secondaire où elle se trouve en série un interrupteur et une capacité C . A $t = 0$, on ferme les deux interrupteurs et l'on suppose la première capacité chargée initialement Q non nulle et la seconde capacité déchargée initialement.

1. Mettre en place les deux équations régissant le système.
2. On s'intéresse au régime de fonctionnement pour lequel les deux charges des capacités vibrent à la même pulsation. Déterminer les deux pulsations propres ω_+ et ω_- possibles pour le système considéré. Analyser l'homogénéité et la pertinence des résultats obtenus.
3. Montrer que si le couplage tend vers zéro, on retrouve deux oscillateurs indépendants de même pulsation propre.
4. Quelle est la conséquence du couplage sur les deux pulsations propres associées au système.

5. Qu'appelle-t-on mode propre du circuit électrique? Combien en dénombre-t-on sur ce circuit?
6. Relier les charges $q_1(t)$ et $q_2(t)$ des deux capacités pour les deux modes propres possibles, symétrique et anti-symétrique.

T1: LE MODELE DU GAZ PARFAIT

1

1. Donner la définition de la mole.
2. Définir le nombre d'Avogadro $\mathcal{N}_A$. Ordre de grandeur.
3. Une enceinte contient de l'hélium de masse molaire $M = 4,0g.mol^{-1}$ avec une densité molaire $c = 0,1mol.L^{-1}$ sous une pression $P = 2,5bar$. Quelle est la vitesse moyenne des molécules?

2

1. Donner la définition d'un gaz parfait.
2. Une enceinte de volume $V = 1,00L$ contient $n = 0,10$ mole d'hélium à la température $T = 300K$. Calculer la vitesse v des particules, la pression P , l'énergie cinétique K_p d'une particule. Calculer également l'énergie interne molaire U^* , l'énergie interne massique U_m et l'énergie interne U du système. La masse molaire de l'hélium est donnée dans l'exercice précédent. La constante des gaz parfait vaut $R = 8,31J.K^{-1}.mol^{-1}$.

3

1. Définir à l'aide d'un schéma un élément de surface infinitésimale $\vec{n}(M)dS(M)$.
2. Définir la pression $P(M)$ exercée par un gaz sur cet élément de surface.
3. On remplace l'hélium de l'exercice précédent par du dihydrogène avec les mêmes valeurs de n la quantité de matière, V le volume et T la température. On rappelle que la masse molaire de l'atome d'hydrogène vaut $1g$. Calculer la pression P , l'énergie interne molaire U^* , l'énergie interne massique U_m et l'énergie interne du système U .

4

1. Donner la définition de l'énergie interne U d'un gaz parfait.
2. Caractériser U pour un gaz parfait monoatomique, diatomique.
3. Définir la capacité thermique à volume constant notée C_V . Expression pour un GPM puis un GPD.
4. On considère deux ballons, l'un rempli d'hélium et l'autre de néon. Pour quelle raison le premier se dégonfle-t-il plus rapidement?

5

Une pluie frappe une fenêtre verticale de façon régulière sous un angle constant $\alpha = 30,0^\circ$ par rapport à la verticale. La concentration de la pluie est de $c = 800 \text{ gouttes.m}^{-3}$ et chaque goutte a une vitesse $v = 2,00 \text{ m.s}^{-1}$ et une masse $m = 0,10 \text{ g}$. On suppose le choc sur la vitre élastique. Calculer la pression créée par les gouttes sur la vitre.

T2: GAZ REELS, LE MODELE DE VAN DER WAALS

6

1. Donner les deux équations vérifiées par un gaz parfait de n moles qui font intervenir l'énergie interne, la pression, le volume et la température.
2. Rappeler les deux hypothèses fondamentales du gaz parfait.
3. En déduire une modification à apporter sur chaque équation afin de prendre en compte, d'une part le volume fini des particules caractérisé par un paramètre b dont on donnera la signification physique et l'unité, d'autre part les interactions entre particules caractérisées par un paramètre que l'on notera a dont on donnera l'unité dans le Système International.

7

On considère un gaz de Van der Waals d'équation d'état pour 1,00 mole $(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$

1. Justifier l'introduction des paramètres a et b dans l'équation du gaz parfait.
2. On admet que pour de faibles pressions ($\frac{a}{V^2} \ll P$ et $b \ll V$), on peut écrire $PV = RT + P(b - \frac{a}{RT})$. Calculer la température T_M (température de Mariotte) en fonction de a , b et R pour laquelle le gaz est parfait.
3. On s'intéresse à l'isotherme $20,0^\circ \text{C}$ pour H_2 et N_2 sachant que les températures de Mariotte de ces gaz valent respectivement 112K et 400K . Tracer les isothermes 20°C pour les deux gaz en diagramme PV en fonction de P .

8

Une mole de gaz de Van der Waals a pour équation d'état

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$$

1. Exprimer P en fonction de V et T et calculer les dérivées partielles $(\frac{\partial P}{\partial V})_T$ et $(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_T$.
2. Montrer qu'il existe un unique état C (pour critique) tel que les deux dérivées partielles précédentes soient nulles. Déterminer son volume molaire V_C , sa température T_C et sa pression P_C .
3. On pose $\theta = \frac{T}{T_C}$, $\nu = \frac{V}{V_C}$ et $\omega = \frac{P}{P_C}$. Montrer que l'équation d'état reliant θ , ν et ω ne fait plus intervenir de constantes dépendantes du gaz.

9

1. Indiquez parmi les grandeurs suivantes celles qui sont extensives et celles qui sont intensives:
quantité de matière, pression, énergie, volume, température, charge, entropie, capacité thermique, capacité thermique molaire.
2. Donner la définition d'un Etat d'Equilibre Interne (EEI).
3. donner la définition d'une Transformation Quasi-Statique (TQS).

10

Indiquez parmi les grandeurs suivantes celles qui sont des fonctions d'état d'équilibre thermodynamique:

énergie interne, volume, température, transfert thermique, transfert mécanique, pression, température, entropie, masse.

11

Deux barres identiques sont portées à la température T_1 et T_2 distinctes. On met les deux barres en contact thermique et on s'intéresse à la transformation associée. On suppose que chaque barre voit sa température évoluer de manière uniforme. Quels sont les systèmes en évolution quasi-statique. Quel système n'est pas en évolution quasi-statique.

12

Que vaut la variation d'énergie interne d'un système subissant une transformation cyclique.

13

Que vaut la variation d'entropie d'un système subissant une transformation cyclique mais irréversible.

14

Une mole d'un gaz parfait est enfermé dans une enceinte de volume V_0 aux parois diathermane et rigide, à la température T_1 . Le tout est en contact avec l'atmosphère à la température $T_0 < T_1$ et à la pression P_0 . Déterminer la température T_f , le volume V_f et la pression P_f du gaz une fois l'équilibre du système atteint. On suppose le gaz monoatomique. Calculer sa variation d'énergie interne au cours de la transformation.

15

Une mole de gaz réel d'équation d'état $P(V - b) = RT$ où R et b sont des constantes est comprimée très lentement du volume $2V_0$ au volume V_0 à température constante T_0 .

Exprimer le travail W des forces de pression reçu par le gaz.

16

Une mole de gaz d'équation d'état $PV = RT(1 - aP)$ subit une compression isotherme infiniment lente de P_0, T_0 à $2P_0, T_0$.

Quel est le travail reçu par le gaz?

17

1. Quelle différence faites-vous entre eau-liquide et eau-vapeur ?
2. On considère l'équation d'état $V(T, P)$. Exprimer la variation dV en fonction de dP et dT ainsi que des dérivées partielles.
3. Donner l'expression du travail reçu δW pour une transformation quasi-statique ?
4. Calculer le travail reçu pour une transformation isochore.

18

On considère n moles d'un gaz parfait d'équation $PV = nRT$. Un cylindre diatherme (qui laisse passer les transferts thermiques) vertical de section s , fermé par un piston diatherme de masse m , contient le gaz dans l'état d'équilibre T_0, V_0 et P_0 où T_0 et P_0 sont les température et pression de l'air extérieur. L'opérateur qui supportait le piston le relâche infiniment lentement.

1. Déterminer l'état final T_1, V_1 et P_1 du gaz.
2. Calculer le travail W reçu par le gaz, celui W_a reçu par l'atmosphère et celui W_o reçu par l'opérateur associé au piston.

19

Une mole d'un gaz parfait de capacité thermique à volume constant $C_v = \frac{5}{2}R$ est contenue dans un cylindre vertical calorifugé comportant un piston mobile de section S en contact avec une atmosphère extérieure P_0, T_0 . Le gaz est initialement en équilibre thermodynamique avec l'extérieur. $S = 10^{-2}m^2$, $g = 9,81m.s^{-2}$, $T_0 = 300K$, $R = 8,31J.mol^{-1}.K^{-1}$ et $M = 102kg$.

1. On pose sur le système une masse M et on laisse le système évoluer. Déterminer la température T_1 et la pression P_1 du nouvel équilibre thermodynamique.
2. Dans un deuxième temps, on supprime la masse M et on laisse le système évoluer. Déterminer la pression P_2 et la température T_2 du nouvel état d'équilibre thermodynamique.

20

Deux barres notées 1 et 2, de capacité thermique à volume constant C_1 et C_2 et de température initiale T_{10} et T_{20} sont mises en contact thermique. On isole l'ensemble des deux barres. On suppose la transformation à volume constant. On note T_f la température finale des deux barres. Exprimer la variation d'énergie interne des barres 1 et 2 et de l'ensemble des deux barres. Donner l'expression de la température finale T_f en fonction des données de l'énoncé.

21

Une barre de capacité thermique à volume constant C et de température initiale T_1 est plongée dans un lac à la température T_2 . On suppose la transformation à volume constant. Donner la température finale de la barre. Donner les variations d'énergie interne de la barre, de l'univers et du thermostat. Que vaut la capacité thermique d'un thermostat.

T5: ENTHALPIE

22

Deux barres 1 et 2 de masse m_1 et m_2 sont mises en contact thermique sous une atmosphère. On suppose les transferts thermiques uniquement entre les deux barres. On note C_1 et C_2 les capacités thermiques massiques à pression constante des deux barres. Le volume des barres peut-il varier? Les transferts mécaniques sont-ils possibles entre les barres et l'atmosphère? Donner leur expression en fonction des volumes et de la pression P_0 constante de l'atmosphère. Déterminer les variations d'enthalpie des deux barres et de l'ensemble des deux barres. Déterminer la température finale des deux barres. Déterminer l'ensemble des transferts thermiques.

23

Une barre de capacité thermique à pression constante C et de température initiale T_1 est plongée dans un lac à la température T_2 . L'ensemble est soumis à la pression atmosphérique. Déterminer la température finale de la barre et l'ensemble des transferts thermiques.

24

Un calorimètre est un vase calorifugé (parois adiabatiques) de capacité thermique négligeable où l'atmosphère maintient une pression constante. On le remplit d'eau de capacité thermique C à la température T_i . On plonge dans l'eau une résistance r parcourue par un courant I pendant la durée τ . Déterminer la température finale T_f de l'eau.

25

Un calorimètre est rempli d'eau liquide de capacité thermique C_1 à la température initiale T_1 . On plonge dans l'eau un solide de capacité thermique C_2 à la température initiale $T_2 > T_1$. La température finale de l'ensemble est T_f . Déterminer C_2 en fonction des données de l'énoncé.

26

On considère une mole de gaz réel pour lequel la différentielle de l'enthalpie s'écrit $dH = C_p dT + (b - \frac{2a}{RT})dP$ où a , b et R sont des constantes. On fait subir à ce gaz une détente de Joule-Kelvin.

1. Décrire un schéma de l'expérience et montrer que la détente est isenthalpe.
2. Calculer le coefficient de refroidissement molaire de la détente $(\frac{\partial T}{\partial P})_H$.
3. Montrer que pour une température T_i que l'on donnera, le gaz réel se comporte comme un gaz parfait.
4. Montrer que la température T_i représente une température d'inversion d'un phénomène que l'on décrira.
5. Que dire des gaz suivants pour lesquels on donne les températures d'inversions T_i .

gaz	hélium	dihydrogène	diazote	dioxygène
T_i en K	34	202	625	780

T6: TRANSFERTS THERMIQUES

Voir en fin de poly.

T7: ENTROPIE ET SECOND PRINCIPE

27

Un récipient de volume V_0 contient n moles de gaz parfait sous la pression P_0 à la température T_0 . On note $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ le rapport des capacités thermiques.

1. On fait subir à ce gaz une compression isotherme jusqu'à la pression P_1 . Quels sont les échanges d'énergie sous forme thermique et mécanique du gaz avec l'extérieur?
2. On ramène le gaz à sa pression initiale par une détente adiabatique réversible. Quelle est la température finale et le travail fourni par le gaz?
3. Le gaz est ramené à son état initial à pression constante. Quels sont les échanges d'énergie du gaz avec l'extérieur.

28

Une mole d'hélium est enfermée dans un cylindre dont les parois sont diathermes. L'ensemble est plongé dans un thermostat à température $T_0 = 273K$.

1. Initialement le gaz est à la température $T_1 = 300K$. On le laisse refroidir. Quelle est l'état d'équilibre? Calculer la variation d'entropie du gaz, du thermostat, de l'univers.
2. Partant de l'équilibre, on réduit de moitié le volume du gaz de manière isotherme et réversible. Calculer la variation d'entropie du gaz, du thermostat et de l'univers.

29

Un métal de masse $m = 1\text{kg}$, de chaleur massique à pression constante $C_p = 880\text{J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et de température $T = 27^\circ\text{C}$ est mis en contact avec un thermostat de température $T = 100^\circ\text{C}$. On attend l'équilibre. Calculer la variation d'entropie du métal et de l'univers.

30

Un cylindre vertical de hauteur h à parois adiabatiques contient un gaz parfait dont le rapport γ est une constante. Le cylindre est placé dans le vide, la pression du gaz est équilibrée par un piston de masse m_0 se déplaçant sans frottement. La température initiale est T_0 .

1. On pose brusquement une masse m sur le piston. Calculer la température et la hauteur à l'équilibre.
2. Même question si on pose successivement des petites masses jusqu'à obtenir une masse égale à m .

31

Un gaz parfait de n moles à la pression initiale P_1 et à la température initiale T_1 est enfermé dans un cylindre adiabatique, fermé par un piston initialement bloqué. On débloquent le piston retenu par un ressort de raideur k , initialement à sa longueur à vide. La seule force qui retient le piston est la force exercée par le ressort.

Déterminer l'allongement du ressort x , la pression finale P_2 , la température finale T_2 et la variation d'entropie du gaz en fonction de n , T_1 , P_1 et du rapport γ .

T8: MACHINES THERMIQUES

32

Un gaz parfait décrit un cycle de Carnot.

Décrire le cycle et tracer son diagramme en coordonnées PV puis TS .

Définir et calculer le rendement ou l'efficacité suivant si le cycle est moteur ou récepteur. Quel cas faut-il distinguer dans le cas d'un cycle récepteur lorsque l'on définit son efficacité.

33

Une turbine à gaz fonctionne suivant le cycle de Joule.

Compression adiabatique réversible de A à B .

Echauffement isobare de B à C .

Détente adiabatique réversible de C à D .

Refroidissement isobare de D à A .

Le cycle est décrit par n moles de gaz parfait.

Représenter le cycle en diagramme (P, V) puis (T, S) .

Calculer son rendement en fonction des quatre températures puis en fonction de $x = \frac{P_B}{P_A}$ et γ seuls.

34

Une pompe à chaleur est en liaison avec deux sources. L'une est constituée par un mètre-cube d'eau, de chaleur massique $c = 4185 J.K^{-1}.kg^{-1}$ initialement à la température $T_1' = 280K$. L'autre est constituée par l'atmosphère à la température $T_2 = 280K$ constante. La pompe à chaleur fonctionne réversiblement et reçoit un travail électrique W .

Calculer le travail W fourni à la pompe lorsque l'eau atteint la température $T_1'' = 320K$.

Calculer le coefficient d'efficacité de la pompe.

35

Dans un réfrigérateur à absorption, le fluide frigorigène décrit un cycle entre trois sources.

Une source froide T_1 à laquelle il prend le transfert thermique Q_1 .

Une source chaude T_2 de laquelle il reçoit Q_2 .

Une source intermédiaire T_e à laquelle il cède Q_e .

Montrer qu'un tel cycle est compatible avec les principes de la thermodynamique.

Définir son efficacité e et calculer la valeur maximale de e en fonction des températures.

36

Construire un cycle Diesel simplifié à partir d'une isochore, d'une isobare et d'une adiabatique.

Faire un diagramme PV du cycle. Orienter convenablement le cycle moteur et calculer son rendement en fonction du rapport volumique $\alpha = \frac{V_{max}}{V_{min}}$.

37

Dans le cycle réversible de Diesel, le premier temps AB est une compression adiabatique de l'air seul avec un rapport volumétrique assez élevé. Le carburant n'est injecté dans le cylindre qu'à partir de B . La température en B est suffisante pour que le mélange s'enflamme spontanément. Le taux d'injection est réglé de manière à ce que la pression reste constante pendant la phase BC de la détente. On arrête l'injection en C et on laisse le mélange se détendre adiabatiquement suivant CD . En D , le piston est alors au point mort bas. On suppose un refroidissement isochore DA .

Exprimer le rendement du cycle en fonction des rapports volumétriques $a = \frac{V_A}{V_B}$ et $b = \frac{V_D}{V_C}$ et de γ .

T6: TRANSFERTS THERMIQUES

38

Deux façades de même épaisseur e , de même conductivité thermique λ , de surfaces S_1 et S_2 sont placées l'une à la suite de l'autre pour former une unique façade. déterminer la résistance thermique notée R de l'unique façade de surface $S = S_1 + S_2$ ainsi réalisée. Que se passe-t-il si les deux façades n'ont pas la même conductivité thermique?

Un élève de MP2I conçoit un processeur cylindrique de rayon R et de hauteur h . Le processeur fonctionne à la température T_1 et le radiateur en forme de manchon qui doit s'adapter sur le processeur fonctionne à la température T_2 . Le processeur doit impérativement fonctionner en régime permanent.

1. Que doit vérifier le flux thermique ϕ au sein de la pâte thermique?
2. Quelle relation a-t-on entre le flux thermique ϕ et la densité de flux thermique j ?
3. Quelle épaisseur e de pâte thermique de conductivité λ doit-il disposer autour du processeur?
4. Quel rayon interne r faut-il donner au radiateur cylindrique destiné au processeur?