Planche d'exercices n°1

Exercice 1 : Pertes d'un moteur réel *CCinP*

Q.1 Pour augmenter au mieux l'efficacité d'un moteur de Carnot, vaut-il mieux diminuer T_f de 10 °C ou augmenter T_c de 10 °C ?

Q.2 Un moteur thermique avec un rendement égal à la moitié du rendement de Carnot, fonctionne avec deux sources à 280 °C et 520 °C. Il produit une puissance de 850 kW. Déterminer les pertes subies pendant 1 heure.

Exercice 2 : Reflexion sur un conducteur parfait *CCinP*

Une onde électromagnétique plane progressive harmonique polarisée suivant le vecteur $\vec{u}_y$ se propage dans le vide suivant la direction (Ox) vers les x croissants en direction d'un conducteur parfait occupant le demi-espace $x > 0$.

Q.1 Donner la forme du champ électromagnétique incident.

Q.2 Que vaut le champ électromagnétique dans le conducteur parfait ?

Q.3 Exprimer alors les champs électrique et magnétique associés à l'onde réfléchie.

Q.4 En déduire le champ électromagnétique $(\vec{E}(M,t); \vec{B}(M,t))$ en un point M tel que $x < 0$.

Q.5 Exprimer le vecteur de Poynting et sa moyenne temporelle.

Exercice 3 : La corvée d'eau *CCinP*

On considère un puits de profondeur $h = 9\,\text{m}$ au dessus duquel se trouve une poulie de rayon $R = 0{,}2\,\text{m}$ et de masse $M = 6\,\text{kg}$, munie d'une manivelle de rayon $4R$. L'ensemble poulie-manivelle permet de remonter un sceau d'eau par l'intermédiaire d'une corde inextensible, de masse et d'épaisseur négligeable. Le seau plein d'eau possède une masse $m = 3\,\text{kg}$ et le moment d'inertie de l'ensemble poulie-manivelle vaut $J = \frac{1}{2}MR^2$. Les frottements sont négligés.

Q.1 Quelle force minimale doit-on imposer sur la manivelle pour garder le seau à l'équilibre hors de l'eau ?

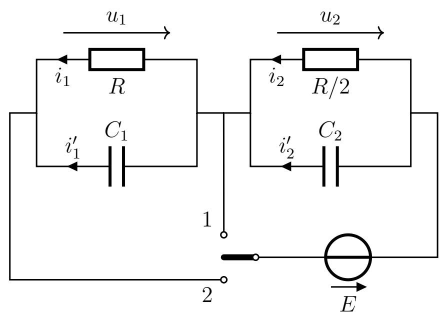
Q.2 Même question si on souhaite le remonter à la vitesse constante v.

Q.3 Arrivé en haut du puits, on lâche la manivelle. Exprimer l'accélération du seau.

Q.4 Quelle est sa vitesse en touchant l'eau ?

Exercice 4 : Double circuit RC *CCinP*

On considère le circuit suivant :



À $t = 0^-$, le condensateur C_1 est déchargé et le condensateur C_2 est chargé, on bascule alors l'interrupteur de 1 vers 2. On prendra $C_1 = C_2 = C$.

Q.1 Établir les équations différentielles auxquelles sont soumis u_1 et u_2.

Q.2 À l'aide des conditions initiales, trouver les expressions de u_1 et u_2.

Q.3 Tracer le graphe de u_1 et u_2.

Q.4 Tracer sur le même graphe les énergies stockées par C_1 et C_2.

Exercice 5 : Autour du facteur de Boltzmann *CCinP*

Q.1 On cherche à retrouver la formule de Boltzmann : $p = Ae^{-\beta E_j}$.

a) Déterminer l'expression donnant l'évolution de la pression dans le cas d'une atmosphère isotherme en considérant l'air comme un gaz parfait. On l'exprimera en fonction de l'altitude z, de la pression au niveau du sol p_0, de la masse volumique de l'air M, de la constante des gaz parfait R et de la température T.

b) Retrouver le facteur de Boltzmann à partir de cette expression.

Q.2 On considère maintenant un système à deux niveaux d'énergie où les particules peuvent avoir une énergie $\pm\varepsilon$.

a) Donner un exemple concret de cette situation.

b) Calculer l'énergie moyenne d'une particule $\langle \mathcal{E} \rangle$.

c) Étudier la valeur de $\dfrac{\langle \mathcal{E} \rangle}{\varepsilon}$ à très haute et à très basse température puis tracer l'évolution de cette grandeur en fonction de la température.

d) Interpréter physiquement ces résultats.

Exercice 6 : Équilibre de dissociation de l'iodure d'hydrogène *CCinP*

Dans une enceinte de volume $V = 6\,\mathrm{L}$, maintenue à $T_1 = 900\,\mathrm{K}$, initialement vide, on introduit 2 mol de HI gazeux. Il se produit l'équilibre :

$$2\,\mathrm{HI_{(g)}} = \mathrm{I_{2(g)}} + \mathrm{H_{2(g)}}$$

La pression en dihydrogène à l'équilibre vaut $P(\mathrm{H_2}) = 3{,}1\,\mathrm{bar}$.

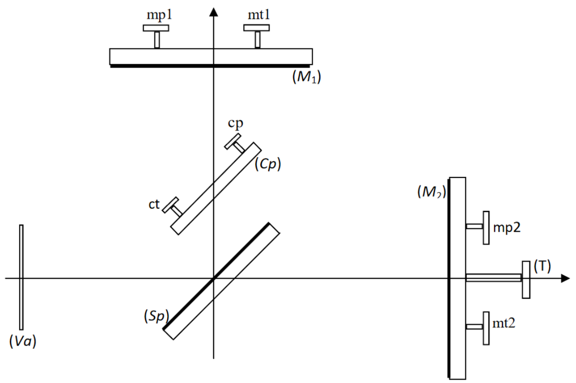
Q.1 Calculer la pression totale, le coefficient de dissociation de HI et la constante d'équilibre $K°$.

Q.2 On introduit dans l'enceinte à la température T_1 constante : 2 mol de HI, 1 mol de $\mathrm{H_2}$ et 1 mol de $\mathrm{I_2}$. Le système est-il à l'équilibre ? Sinon dans quel sens évolue-t-il ?

Q.3 Pour $T_2 = 769\,\mathrm{K}$, la constante d'équilibre vaut $K^0 = 2{,}18\times10^{-2}$. Quel est le signe de l'enthalpie standard de réaction ? Calculer sa valeur ainsi que celle de l'entropie standard de réaction.

Exercice 7 : Mesure de l'indice de l'air *CCinP*

Q.1 Expliquer succinctement le fonctionnement de l'interféromètre ci-dessous et donner rapidement l'utilité des différentes vis.



Q.2 À quoi sert la compensatrice (Cp) ? Indiquer les deux réglages possibles du Michelson.

Q.3 On règle le Michelson de telle sorte que l'angle entre M_1 et M_2 vaille $\frac{\pi}{2}$. Le dispositif est éclairé par un laser rouge de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 632{,}8\pm0{,}1\,\mathrm{nm}$ et fonctionne dans l'air d'indice de réfraction n. On intercale sur l'un des deux bras une cellule où l'on a fait un vide poussé, de longueur $\ell = 5{,}00 \pm 0{,}01\,\mathrm{cm}$. On place en un point fixe de la figure d'interférences un capteur et on trace la luminosité en fonction du temps pendant qu'on remplit la cellule d'air jusqu'à pression atmosphérique. On repère $N = 43$ pics.

a) Montrer que $n = 1 + \dfrac{\lambda_0}{\ell} f(N)$ avec $f(N)$ à définir.

b) Calculer n numériquement puis déterminer son incertitude Δn.

Exercice 8 : Vecteur de Runge-Lenz *CCinP*

On étudie une particule de masse m soumise à une force $\vec{f} = -\dfrac{k}{r^2}\vec{u}_r$. On note $\vec{\mathcal{L}}$ le moment cinétique de la particule par rapport au centre du champ de force.

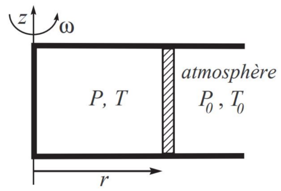
Q.1 Montrer que le mouvement est plan.

Q.2 Soit $\vec{A} = \vec{v} \wedge \vec{\mathcal{L}} - k\vec{u}_r$. Montrer que ce vecteur est constant et qu'il appartient au plan du mouvement.

Q.3 On pose $\theta = (\vec{A}, \vec{u}_r)$. Montrer que l'équation polaire de la trajectoire peut se mettre sous la forme : $r(\theta) = \dfrac{p}{1 + e\cos\theta}$ et donner les expressions de p (paramètre) et e (exentricité) en fonction de $A = \|\vec{A}\|$, $\mathcal{L} = \|\vec{\mathcal{L}}\|$, m et k.

Exercice 9 : Cylindre tournant *CCinP*

Un cylindre calorifugé est mis en rotation de manière progressive à partir de la vitesse nulle jusqu'à la vitesse angulaire ω (qui restera constante) autour d'un axe vertical. Un piston mobile de masse m et de section S glisse sans frottement à l'intérieur du cylindre et emprisonne une quantité d'air initialement caractérisée par les conditions $\{P_0, T_0, V_0\}$. L'air sera considéré comme un gaz parfait.



Données : $P_0 = 1013\,\mathrm{hPa}$; $S = 10\,\mathrm{cm^2}$; $r_0 = 10\,\mathrm{cm}$; $r_f = 12\,\mathrm{cm}$; $m = 1\,\mathrm{kg}$; $T_0 = 293\,\mathrm{K}$ et $\gamma = 1{,}4$.

Q.1 Déterminer la pression finale P_f du gaz si l'on admet qu'il a subi une transformation quasi-statique réversible lorsque le piston s'est déplacé de sa position initiale r_0 vers sa position d'équilibre r_f.

Q.2 En déduire la vitesse angulaire ω et la température finale T_f du gaz en fonction des données.

Q.3 Calculer numériquement P_f, T_f et ω.

Exercice 10 : Sphère radioactive *CCinP*

On considère une sphère radioactive de rayon a, placée en O, qui émet des charges de manière isotrope. On note $Q(r,t)$ la charge contenue dans une sphère de centre O et de rayon r, avec $r > a$.

Q.1 a) Déterminer la direction de $\vec{E}(M,t)$ et celle de $\vec{j}(M,t)$.

b) Déterminer l'expression de $\vec{B}(M,t)$.

Q.2 a) Calculer $\vec{E}(M,t)$ en tout point à l'extérieur de la sphère puis $\vec{j}(M,t)$ (utiliser la loi de conservation de la charge).

b) Déterminer également $\vec{j}_D(M,t)$, vecteur courant de déplacement.

Q.3 Montrer que l'équation de Maxwell-Ampère est vérifiée.