

TEST DE COURS : Chapitre 14 Partie 2

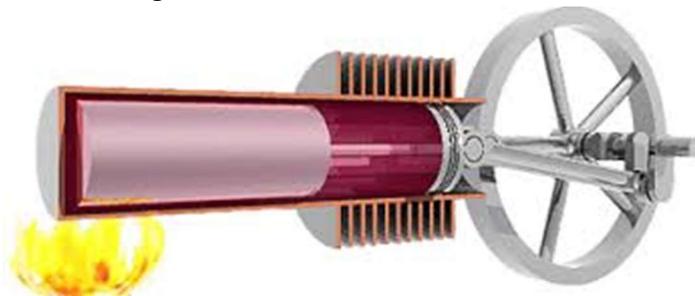
<https://forms.gle/tS8bohrpGNwh2Ch59>

EXERCICE DE PHYSIQUE : Moteur Stirling de sous-marin

Le moteur Stirling a été développé au XIXe siècle et a rapidement été délaissé au profit des moteurs à combustion interne (à essence et diesel) mais il présente entre autres des avantages en matière de protection de l'environnement.

<https://www.youtube.com/watch?v=2lgTqPbsLjQ>

Par exemple, le sous-marin civil SAGA développé dans les années 80 et destiné à l'industrie pétrolière offshore est équipé d'un moteur Stirling.



On étudie $n = 0,50$ mol d'air (gaz parfait diatomique) en évolution dans un moteur Stirling où le gaz reste confiné et aucune combustion n'a lieu. Le gaz échange du travail W avec le milieu extérieur et par conduction thermique de l'énergie thermique avec les sources chaudes et froides.

Le fonctionnement de ce moteur peut être modélisé par un cycle comportant quatre étapes :

1→2 : Compression isotherme à la température $T_f = 300$ K de la source froide. On passe du volume $V_1 = 13$ L au volume $V_2 = V_1/2 = 6,5$ L.

2→3 : Chauffage isochore jusqu'à la température $T_c = 600$ K de la source chaude.

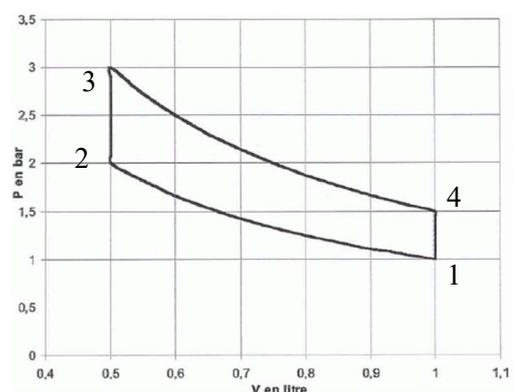
3→4 : Détente isotherme à la température T_c jusqu'au volume initial V_1 .

4→1 Refroidissement isochore jusqu'à la température T_f .

On donne $R = 8,31$ J K⁻¹ mol⁻¹

- 1) On représente qualitativement le cycle des 4 étapes effectuées dans un diagramme de Clapeyron $P(V)$.
Donner le signe du travail reçu à chaque étape :

- W_{12}
- W_{23}
- W_{34}
- W_{41}



Pourrait-on prévoir le signe du travail total ?

- 2) Calculer C_v pour le gaz étudié.
- 3) Déterminer les expressions et valeurs numériques des travaux et transferts thermiques reçus par le gaz à chaque étape:
 - W_{12}
 - W_{23}
 - W_{34}
 - W_{41}
 - Q_{12}
 - Q_{23}
 - Q_{34}
 - Q_{41}
- 4) En déduire l'expression du travail total W reçu par le gaz sur un cycle.
- 5) Calculer la puissance mécanique développée par un des moteurs Stirling du sous-marin SAGA vaut sachant qu'il effectue 5000 cycles par minute.

EXERCICE DE CHIMIE : pH de précipitation de l'hydroxyde d'aluminium

- 1) On donne $Z(\text{Al}) = 13$. Proposer une formule pour l'ion stable de l'aluminium.
L'ion aluminium forme avec l'ion hydroxyde HO^- un solide ionique dont le produit de solubilité vaut $K_s = 10^{-33,6}$
- 2) Donner la formule de l'hydroxyde d'aluminium

On possède une solution comportant des ions Al^{n+} à la concentration $[\text{Al}^{n+}] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On ajoute sans variation de volume des ions HO^- progressivement dans la solution.

- 3) Ecrire l'inégalité de condition d'existence du solide hydroxyde d'aluminium. En déduire la concentration minimale $[\text{HO}^-]_{\text{min}}$ pour qu'il y ait précipitation.
- 4) En déduire la concentration maximale en $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{max}}$ associée à la précipitation.
- 5) En déduire le pH minimal de précipitation.
- 6) Le solide est-il présent à $\text{pH} = 7$?

REVISIONS AUTONOMES DE CHIMIE : Décharge partielle d'une pile zinc-nickel

On réalise une pile formée à partir des couples Ni^{2+}/Ni et Zn^{2+}/Zn . Chaque solution a pour volume $V = 100 \text{ mL}$ et la concentration initiale des ions positifs est $C = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$ Constante de Faraday: $F = 96500 \text{ C}$
 $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$ $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$

1. Réalisation de la pile

1.1. Donner le nombre d'oxydation du zinc dans Zn et Zn^{2+} .

1.2. Déterminer grâce à la formule de Nernst la polarité de cette pile. Donner le schéma de la pile en précisant le sens du courant et celui du parcours des électrons.

1.3. Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes. Préciser à chaque électrode s'il s'agit de la cathode ou l'anode. Écrire l'équation de la réaction globale qui intervient quand la pile débite.

2. Décharge partielle de la pile

On fait débiter la pile dans un conducteur ohmique. On la laisse fonctionner pendant une heure. On supposera que l'intensité reste constante. On constate une augmentation de masse de l'électrode de nickel de $\Delta m = 100$ mg.

2.1. Calculer la quantité de matière d'ions Ni^{2+} disparus notée $n_{\text{disp}}(\text{Ni}^{2+})$ pendant cette durée.

2.2 Déterminer la quantité d'électricité correspondante notée Q . En déduire la valeur de l'intensité du courant.

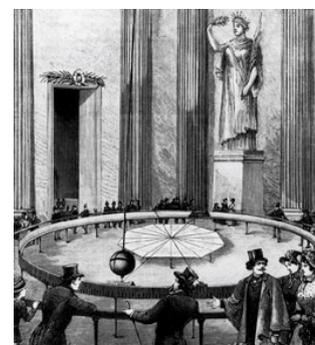
REVISIONS AUTONOMES DE MECANIQUE : 3 exercices-type

Pendule de Foucault

Depuis 1996, au Panthéon à Paris, on peut observer la reconstitution de l'expérience menée par Léon Foucault en 1851. Celle-ci avait permis de confirmer, sans observation du ciel, la rotation de la Terre sur elle-même.

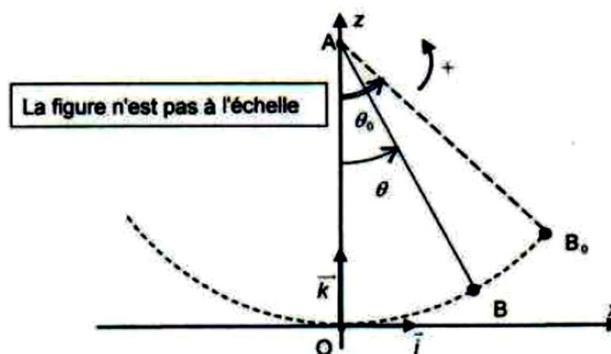
Une sphère en plomb, de 20 cm de diamètre, de masse 47 kg, est suspendue sous le dôme de l'édifice par un fil en acier très fin d'une longueur de 67 m. Le pendule ainsi constitué oscille librement.

On constate qu'au cours de la journée le plan d'oscillation tourne lentement dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un axe vertical.



Dans le cadre de cet exercice, les amplitudes angulaires θ_{max} des oscillations sont inférieures à 10° , soit $0,17$ rad. On considère qu'on est dans le cadre des petites oscillations.

Etablir par une méthode énergétique ou grâce à la 2^e loi de Newton l'équation différentielle satisfaite par l'abscisse angulaire θ . En déduire la période des oscillations, ainsi que le nombre de périodes en 24h.



Chute avec frottements

Un amateur de chute libre de masse $m = 90$ kg (avec son parachute) s'élance d'un avion à une altitude $h_1 = 1000$ m avec une vitesse négligeable. A l'altitude $h_2 = 500$ m, il ouvre son parachute. Il arrive au sol avec une vitesse $v_F = 10 \text{ km.h}^{-1}$. Donnée : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$)

- 1) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer et calculer la vitesse v' juste avant l'ouverture du parachute en négligeant le frottement de l'air. La vitesse réelle vaut 240 km.h^{-1} . Commenter l'écart observé.
- 2) Déterminer le travail des forces de frottement entre le début de la chute et l'ouverture du parachute.
- 3) Combien vaut le travail des forces de frottement sur la deuxième partie de la chute ?
- 4) Comparer les deux travaux et commenter.

Oscillations forcées d'un dispositif masse-ressort

Dans un dispositif masse-ressort horizontal où la masse est constituée d'un aimant actionné par un électro-aimant externe, la 2^e loi de Newton projetée sur l'axe du mouvement devient :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx(t) - h \frac{dx}{dt} + F_m \cos(\omega t)$$

Déterminer l'amplitude X_{\max} et le déphasage φ des oscillations forcées par rapport à celle du dispositif exciteur.

Question supplémentaire : Comment trouver la nature et la durée du régime transitoire ?