UNIVERSITE PIERRE & MARIE CURIE
LA SCIENCE A PARIS

2006-2007

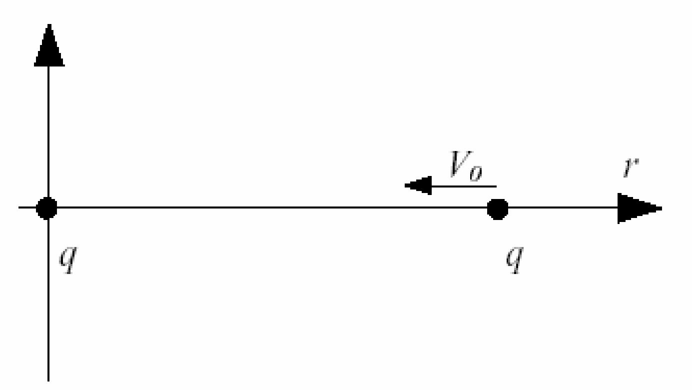
Section BGPC 11, LP104
CC n°2

Durée de l'épreuve : 2^h *seules les calculatrices de type collège sont autorisées*

Exercice 1 : Dynamique, condition de fusion thermonucléaire

La source d'énergie qui permet au soleil de briller est la fusion thermonucléaire de l'hydrogène ionisé dans son coeur. La réaction de fusion transforme 2 protons en 2 neutrons plus 2 positrons. Pour que cette réaction puisse se produire, il faut que les protons s'approchent l'un de l'autre à une distance $r_0 = 10^{-15}$ m, de l'ordre de taille des noyaux des atomes. Nous allons établir les conditions physique pour que ceci puisse se produire.

On considère 2 protons, de charge identique q et de masse identique m. Ils se situent à une distance r l'un de l'autre. Pour simplifier le problème, on considère que l'un des protons reste immobile, on ne prend en compte que le mouvement de l'autre.



On négligera les interactions gravitationnelles entre les 2 protons.

1) Donner, sous forme littérale, l'expression du vecteur force électrostatique exercé par le proton central (celui qui reste immobile en r =0) sur le proton situé à une distance r du proton central.
2) La force électrostatique est une force conservative. Montrer que l'énergie potentielle du proton mobile peut alors s'écrire:

$$E_p(r) = \frac{qq}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

On supposera que Ep(r→∞) = 0.

3) Le proton mobile se situe initialement à une distance D du proton central, et possède une vitesse V_0 dirigée vers le proton central. En appliquant le théorème de l'énergie mécanique, calculer la distance minimale r_0 à laquelle le proton mobile s'approche du proton central avant d'être repoussé pour la force électrostatique. Exprimer r_0 en fonction de q, m, D, V_0 et $4\pi\varepsilon_0$.
4) On se place maintenant dans la limite $D \to \infty$. Donner l'expression de V_0 en fonction de r_0, q, m et $4\pi\varepsilon_0$. Faire l'application numérique pour les valeurs suivantes: $r_0 = 10^{-15}$ m, $q = 1.6\ 10^{-19}$ C, $m = 1{,}67\ 10^{-27}$ kg et $1/4\pi\varepsilon_0 = 9.10^9\ SI$

Exercice 2 : Chocs

Deux corps de masse identique m se déplacent sur un axe $0x$. Avant le choc, le corps A est situé à gauche du corps B et possède une vitesse $V_A = 4\ V$, le corps B possède une vitesse $V_B = V$. On mesure la vitesse du corps B après le choc: $V'_B = 3\ V$. Toute les vitesses sont données en valeur algébrique.
1) Sans faire d'hypothèse sur la nature du choc, donner la vitesse V'_A du corps A après le choc.
2) Démontrer qu'il s'agit d'un choc inélastique. On suppose que l'énergie dissipée lors du choc est entièrement transformée en chaleur dont la moitié va au corps A et l'autre au corps B. Les deux corps sont en fer. On donne la capacité thermique massique du fer: c_{fer} = 444 SI.
3) Donner la dimension de c_{fer} en justifiant votre réponse.
4) Calculer l'élévation de température ΔT des corps A et B lors du choc. Faire l'application numérique pour V = 5 m.s^{-1}.

Exercice 3 : Une machine thermique possible

n moles d'un gaz parfait diatomique sont contenues dans un cylindre fermé par un piston mobile. Le gaz est initialement à l'équilibre dans un état A de volume V_A, de température T_A, et de pression p_A.

On considère un *cycle* (succession de transformations subies par un gaz) dont toutes les transformations sont réalisées de manière quasi-statique. Partant de l'état A, le gaz est détendu à température constante jusqu'à un état B de volume V_B et de pression p_B. Cette détente isotherme est suivie d'une transformation isobare qui amène le gaz à un état C caractérisé par V_C, T_C et p_C. Une troisième transformation, isochore cette fois, ramène le système à l'état initial.

1) Tracer le diagramme de Clapeyron (p, V) de ce cycle.
2) Déterminer et calculer n le nombre de moles de gaz ($T_A = 300\ K$, $V_A = 4$m^3, $p_A = 3$atm sachant que 1 atm ~ 10^5 Pa et que R = 25/3 J.mol^{-1}.K^{-1})
3) Exprimer, en fonction uniquement de V_A, p_A, T_A et V_B, les paramètres pour chaque état B et C du gaz. Faire les applications numériques avec $V_B = 4V_A = 16$m^3.
4) En précisant leur signe, déterminer pour chacune des transformations AB, BC et CA les quantités de chaleur Q et de travail W échangées par le gaz avec l'extérieur. Faire les applications numériques.
5) Quel est le travail total échangé pendant ce cycle ? Faire l'application numérique.
6) Calculer la variation d'énergie interne ΔU_{cycle} du gaz sur l'ensemble du cycle.

Exercice 4 *(Bonus)*

On laisse un gaz parfait monoatomique se dilater lentement jusqu'à ce que sa pression soit réduite à exactement la moitié de sa valeur initiale. Par quel facteur son volume varie-t-il s'il s'agit d'un processus *(a)* isotherme , *(b)* adiabatique ?
On rappelle que $\gamma = C_p / C_v$