LYCEE CANTONAL
DE PORRENTRUY

EXAMEN DE BACCALAUREAT – 2007

Option spécifique
Physique - Application des mathématiques

Examen écrit de Physique

Temps à disposion	:	4 heures.
Matériel autorisé	:	formulaire et machine à calculer non programmable.

Nombre de points par problème

Problème 1	:	20 pts
Problème 2	:	20 pts
Problème 3	:	15 pts
Problème 4	:	15 pts
Problème 5	:	15 pts

La note maximale de 6 correspond à 75 points.

1) En 1931, les Américains Edwin Hubble et Milton Humason publièrent l'un des articles fondateurs de la cosmologie observationnelle, en montrant qu'il y avait une relation entre la vitesse de fuite des galaxies V et leur distance d.

Voici cette *loi de Hubble* : $V = H_o \times d$ (i) avec H_o = *constante de Hubble*

a) Pour comprendre cet article, il faut d'abord s'intéresser à une grandeur physique inhabituelle, la *magnitude apparente m*. La magnitudes est une échelle logarithmique exprimant la luminosité d'un astre. A noter que les étoiles les plus brillantes du ciel ont m=1, les moins brillantes m=6 et le Soleil m_{Soleil} = -26,9 (m est sans unité). Les astronomes utilisent également la magnitude dite *absolue*, notée M, qui exprime la luminosité des astres positionnées à une distance de 10 parsec.

Relation entre m et M: $m - M = 5 \log d_{pc} - 5$ (ii)

Sachant que $m_{Soleil} = -26{,}9$ et $d_{Soleil} = 1{,}49.10^8\ km$, déterminer sa magnitude absolue M.

b) Revenons à Hubble et Humason. Ils ont déterminé m et V (en km/s) pour huit galaxies appartenant à différents amas lointains de galaxies.

Amas hôtes	m	V (km/s)
Virgo	12.5	890
Pegasus	15.5	3810
Pisces	15.4	4630
Cancer	16.0	4820
Perseus	16.4	5230
Coma	17.0	7500
Ursa Majoris	18.0	11800
Leo I	19.0	19600

Reporter, sur une feuille de papier millimétrée fournie en annexe, le $\log V$ en fonction de m (graphique 1).

c) La fonction $\log V = f(m)$ est du type $\log V = a.m + b$. A l'aide de la « méthode des moindres carrés » (c.f. ci-dessous), montrer que $a=0{,}20$. Puis calculer b et construire cette droite sur votre graphique 1.

d) Hubble et Humason savent que leurs galaxies ont toute la même brillance intrinsèque, donc même M. Dans leur article, ils affirment : $M = -13{,}8$ (iii).
A l'aide de (i), (ii), (iii) et c) avec $a=0.20$, trouver la valeur de H en km/s.Mpc.

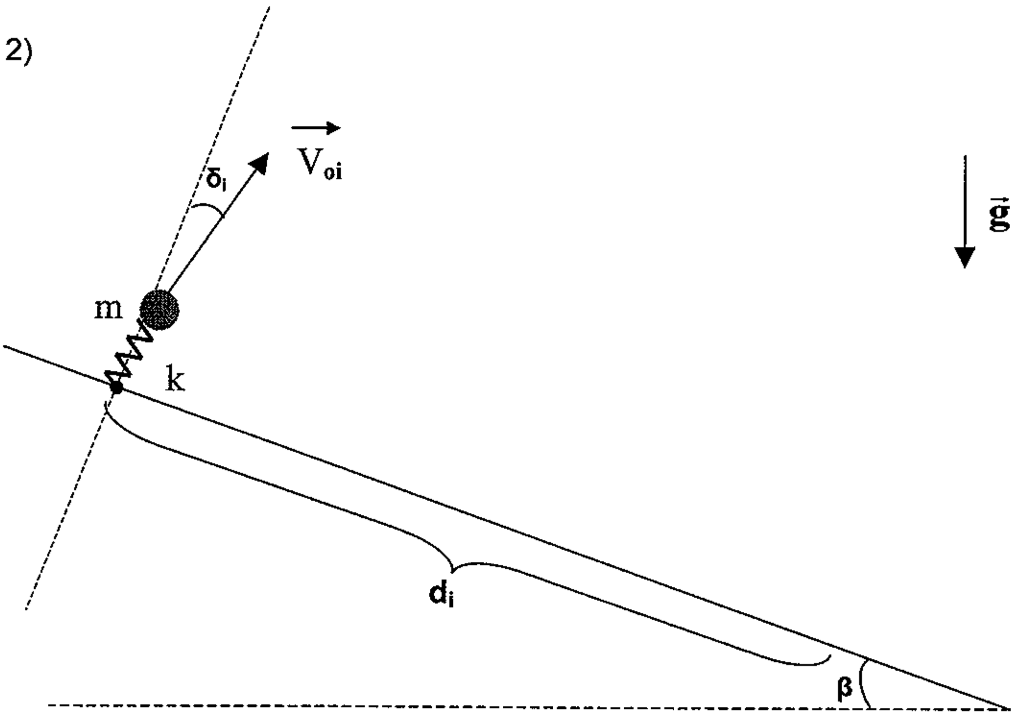
e) Exprimer le pourcentage relatif d'erreur entre la valeur trouvée en d) et celle trouvée par Hubble/Humason en 1931, soit H_o = 558 km/s.Mpc.

Indication : 1 parsec = 1pc = 3,09.10^{13} km et 1 Mégaparsec = 1Mpc = 10^6 pc

Consignes : Pour les alignements, employer la méthode des moindres carrés.

La droite d'équation $y = a \cdot x + b$ telle que la somme $\sum_{k=1}^{n}(a \cdot x_k + b - y_k)^2$ soit minimale est appelée droite de régression de y en x. Ses coefficients sont $a = \dfrac{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k \cdot y_k - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_k^2 - \bar{x}^2}$ et $b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$

2)



Un système de propulsion de petites balles de masse **m** est constitué par un ressort articulé à sa base et de constante d'allongement **k**. Ce système est fixé au sommet d'un plan incliné (inclinaison sur l'horizontale = **β**).

Lors d'un premier lancer, on règle la compression du ressort à la valeur $\mathbf{\Delta l_1}$ et l'angle de tir à la valeur $\boldsymbol{\delta_1}$.
Remarque : on considère que la balle est éjectée au niveau du plan incliné et donc on néglige la longueur du ressort.

a) Déterminer la vitesse d'éjection $\mathbf{V_{01}}$ de la balle.
b) Déterminer la distance $\mathbf{d_1}$ où va retomber la balle.
c) Déterminer également la vitesse de la balle au sommet de sa trajectoire.

Lors d'un second lancer, on veut envoyer le plus loin possible la balle et donc on va comprimer le ressort à sa valeur maximale $\mathbf{\Delta l_2}$.

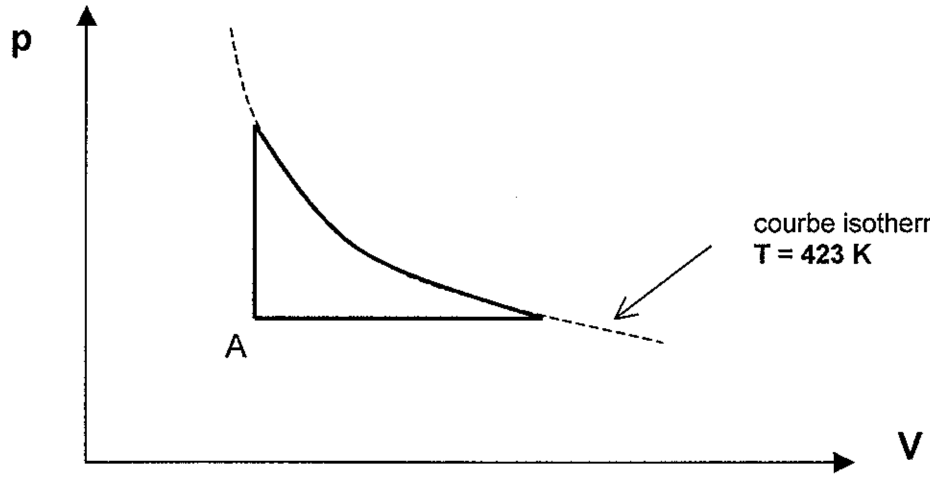
d) Dans un système d'axes Oxy horizontal et vertical, déterminer la fonction y = f(x), appelée la *frontière du domaine de tir*, au-delà de laquelle la balle ne pourra pas se trouver. Dans ce point d), V_{02} est considérée comme fixe et l'angle δ_2 peut varier.

e) Déterminer à quelle distance maximale $\mathbf{d_2}$ on peut envoyer la balle vers le fond du plan incliné.

Applications numériques :

k = 4 N/cm	**m = 10 g**	$\boldsymbol{\delta_1}$ **= 25,8°**	**β = 37°**
$\mathbf{\Delta l_1}$ **= 5 cm**	$\mathbf{\Delta l_2}$ **= 8 cm**	**g = 10 m/s²**	

3) La figure ci-dessous représente un diagramme de la pression en fonction du volume pour un moteur thermique à fonctionnement réversible dans lequel **1 mole** d'Argon, un gaz monoatomique et supposé parfait, se trouve initialement à $\mathbf{p_A}$ et $\mathbf{T_A}$. Les points B et C se trouve sur la courbe isotherme.



a) Déterminer la masse d'Argon mise en jeu dans ce moteur.

b) Dans quel sens s'accomplit un cycle ? Justifier votre réponse. Puis placer les points B et C sur le graphique.

c) Déterminer les pressions et les volumes du gaz aux points B et C.

d) Calculer les quantités de chaleur mises en jeu pendant les transformations AB, BC et CA. Indiquer clairement si le gaz reçoit ou cède de la chaleur.

e) Calculer le travail fournit par le gaz durant un cycle ABC.

f) Déterminer le rendement η de ce moteur.

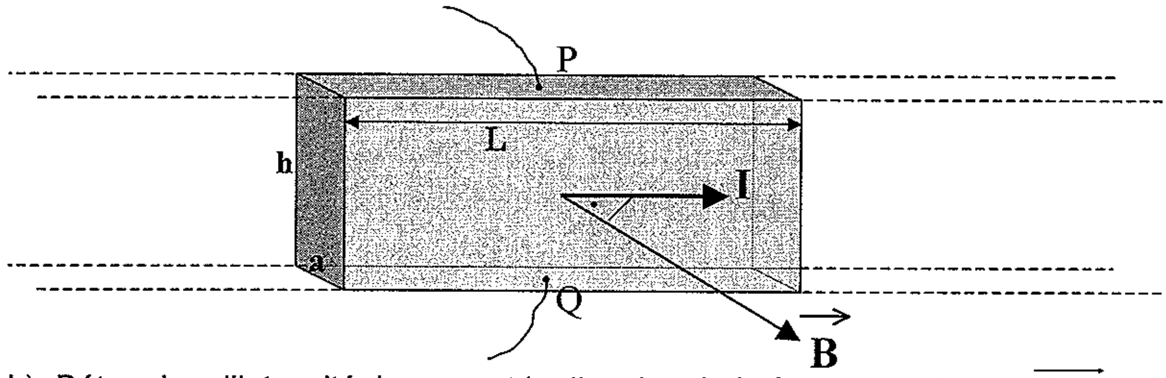
Applications numériques :

$\mathbf{p_A = 10^5}$ **Pa** $\mathbf{T_A = 273}$ **K**

4) Une plaquette de cuivre de section S = **a. h** et de densité homogène est parcourue par un courant **I** (voir le dessin ci-dessous).

a) Démontrer, à partir de la définition du courant, que la vitesse moyenne $\overline{\mathbf{V}} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{n.e.a.h}}$ où n est le nombre d'électrons de conduction par unité de volume et e la charge élémentaire. Puis calculer sa valeur pour les valeurs numériques de n, a et h données.

Situation 1 : On applique alors un champ magnétique uniforme d'intensité **B** et de direction perpendiculaire aux grands côtés de la plaquette.



b) Déterminer l'intensité, le sens et la direction de la force magnétique $\overrightarrow{\mathbf{F_{mag}}}$, qui agit sur tous les électrons de conduction de la plaquette lors de l'établissement du champ magnétique.

c) Quel devra être l'intensité, la direction et le sens d'un champ électrique $\overrightarrow{\mathbf{E_0}}$ qui permettrait de contrebalancer l'effet du champ magnétique ?

d) Donner alors l'expression littérale de la tension $\mathbf{U_{PQ}}$ à appliquer entre les côtés P et Q de la plaquette pour créer ce champ $\overrightarrow{\mathbf{E_0}}$. Puis calculer sa valeur.

e) Que vaut le courant **I'** sortant du générateur qui fournit la tension $\mathbf{U_{PQ}}$?

Situation 2 : On coupe la tension $\mathbf{U_{PQ}}$, mais pas le champ magnétique perpendiculaire. Les électrons vont alors progressivement s'accumuler vers un côté de la plaquette, ce qui donne lieu à un « *champ électrique de Hall* » $\overrightarrow{\mathbf{E_H}}$. Un état stationnaire est atteint lorsque le champ électrique de Hall produit des forces électrostatiques qui équilibrent les forces magnétiques.

f) Déterminer ce champ électrique de Hall $\overrightarrow{\mathbf{E_H}}$.

g) Démontrer que le rapport du champ électrique de Hall $\mathrm{E_H}$ au champ électrique $\mathrm{E_I}$ qui produit le courant I est donnée par :

$$\frac{\mathbf{E_H}}{\mathbf{E_I}} = \frac{\mathbf{B}}{\mathbf{ne\rho}}$$

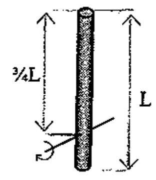
Applications numériques :

n = 8,5.10^{28} électrons/m^3 **L = 10 cm** **h = 1,5 cm** **a = 0,1 cm** **I = 15 A**

B = 2 T **ρ = résistivité du cuivre = 1,7.10^{-8} Ωm**

5) Répondre aux questions suivantes en justifiant brièvement vos réponses.

5.1. Une tige mince, de longueur L et de masse m peut pivoter librement autour d'un axe se trouvant au quart de sa hauteur. La tige est initialement en position verticale. Tout à coup, elle bascule. Calculer la vitesse des deux extrémités de la tige lorsque cette dernière est horizontale.



5.2. On dispose de trois lampes L_1, L_2 et L_3, sur lesquelles ont peut lire les indications suivantes :

L_1 : 220 V / 88 W L_2 : 100 V / 100 W L_3 : 120 V / 75 W

On dispose également d'un ensemble de résistances de toutes valeurs et d'une source de tension idéale de 220 V.

a) Dessiner le schéma d'un montage tel que l'intensité lumineuse de toutes les lampes soit maximale. Calculer la valeur des résistances que vous utilisez.

b) Quelle sera alors la puissance électrique fournie par la source, et que voudra le rendement de l'installation ?

5.3. Soit Q_1 la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 0,5% la surface d'un solide plein et Q_2 la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 0,5% le volume du même solide. La masse du solide est m et son coefficient de dilatation linéique α. Que vaut le rapport Q_1/Q_2 ?