CEJEF
DIVISION LYCÉENNE
LYCÉE CANTONAL

2, place Blarer-de-Wartensee
Case postale 152
CH-2900 Porrentruy

t +41 32 420 36 80
f +41 32 420 36 81
lycee.cantonal@jura.ch

EXAMEN DE BACCALAUREAT – 2023

Option spécifique Physique – Application des mathématiques

Examen écrit de Physique

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

Nombre de points par problème

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

La note maximale de 6 correspond à 70 points.

Consignes pour l'examen de maturité OS physique

1. Mettre ses noms, prénoms et numéroter les exercices sur chaque double page.
2. Faire un seul exercice par double page.
3. Ecrire à l'encre ou un stylo similaire.
4. Donner les développements ainsi que les réponses littérales.
5. Rendre tous les documents.

1) Entre 2001 et 2010, un peu moins de deux cents astéroïdes ont été découverts à l'Observatoire astronomique jurassien à Vicques. Une bonne partie d'entre eux portent d'ailleurs des noms jurassiens.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques orbitales de huit d'entre eux. La distance Soleil-astéroïde X est donnée par le demi-grand axe **a** de la trajectoire elliptique, exprimé en unités astronomiques (1 UA = distance moyenne Soleil-Terre = 150.10^6 km). La période **T** est exprimée en années.

Astéroïdes	**demi-grand axe a**	**période T**
(77755) Delemont	3.06	5.35
(129137) Hippolochos	5.12	11.6
(223566) Petignat	2.28	3.45
(248183) Peisandros	5.16	11.7
(28266) Erguel	2.34	3.59
(314040) Tavannes	2.31	3.53
(318412) Tramelan	2.65	4.27
(339486) Raimeux	2.84	4.80

a) Représentez sur une feuille de papier millimétré le graphique log a = f (log T). Que constate-t-on ?

b) A l'aide de la méthode des moindres carrés, établissez la fonction a = f (T).

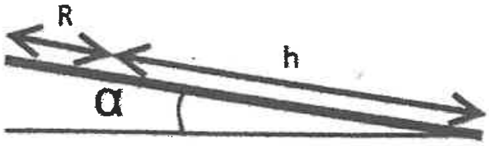
c) En août 2008, une comète périodique provisoirement nommée P/2008 Q2 (Ory) a même été repérée à Vicques. Déterminer le demi-grand axe de son orbite, sachant que sa période vaut 5,59 années.

d) En fait, tous les astéroïdes du tableau ci-dessus ont des orbites quasi circulaires. Etablissez théoriquement - avec des lois de la mécanique - la relation qui lie le rayon R de leur orbite (ici R = a) à la période T. En déduire la masse du Soleil.

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) Le plateau d'un flipper est incliné d'un angle α. Un ressort de constante **k** est utilisé pour propulser une balle vers le haut du plateau. La balle est en acier et a un rayon **r**.

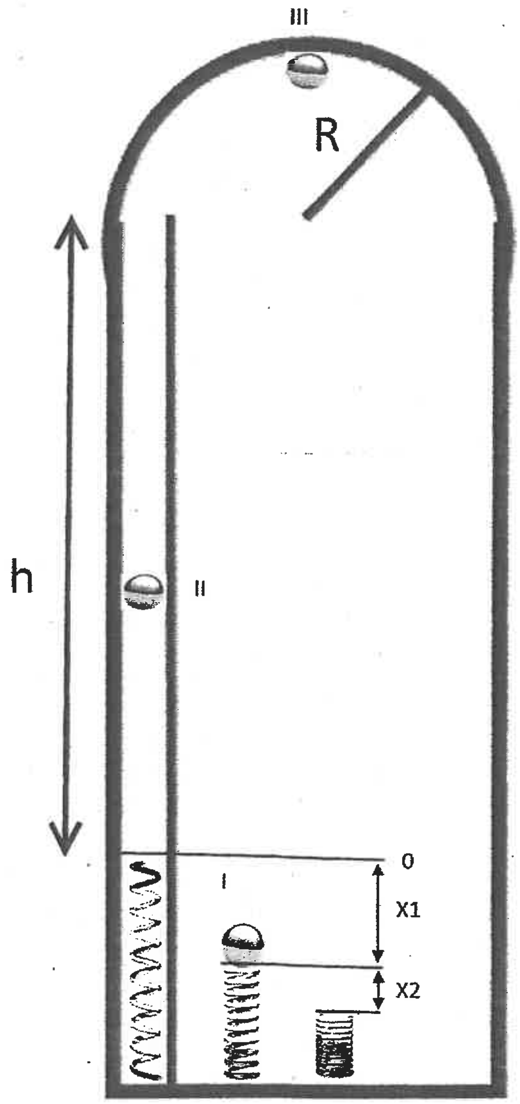


a) De quelle distance x_1, le ressort (cf. partie I dans le dessin ci-contre) se comprime-t-il, lorsque l'on pose la balle dessus ?

b) On comprime alors le ressort d'une distance supplémentaire x_2. En relâchant, à quelle vitesse la balle roule-t-elle en quittant le ressort (au niveau 0) ?

c) La balle monte jusqu'à l'arrondi. Quelle est son accélération sur la ligne droite (II) ?

d) Si la balle passe au point culminant de la trajectoire (III) avec une vitesse v_3, déterminer la valeur et la direction, ainsi que le sens des forces qui agissent sur la balle au point culminant ? (La bordure est perpendiculaire au plateau.)

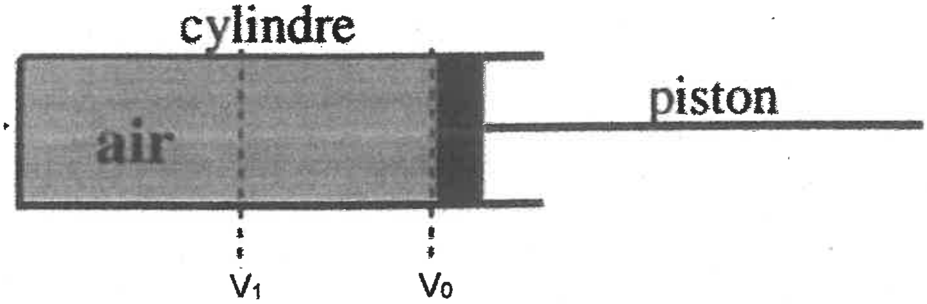


Applications numériques :

α = 11,3° **k = 140 N/m** **r = 1,4 cm** **ρ_{Acier} = 7850 kg/m³**

x_2 = 5 cm **v_3 = 1,2 m/s** **R = 28 cm**

3) Pour construire un frigo, on prend un cylindre avec un piston de diamètre **d**. La pression à l'intérieur du cylindre vaut la pression atmosphérique **p_0**. Au début de l'expérience, la pièce a une température **θ_0**.



a) Au départ, le volume du cylindre vaut **V_0**. Combien de moles **n** de gaz contient le cylindre ?

b) On comprime l'air dans le piston, le volume passe alors de **V_0** à **V_1**. On exerce une force **F** sur le piston (processus adiabatique). Que vaut le volume **V_1** (I) ?

c) Ensuite, on attend que le cylindre refroidisse jusqu'à revenir à la température initiale en maintenant le piston en place. Quelle chaleur **Q** est perdue durant ce refroidissement (II) ?

d) Lorsque le cylindre a atteint la température initiale, on libère alors le piston et le refixe en position d'origine (**V_0**). Si on estime que le processus est adiabatique (III), quelle température **θ_3** atteint alors l'air dans le piston ?

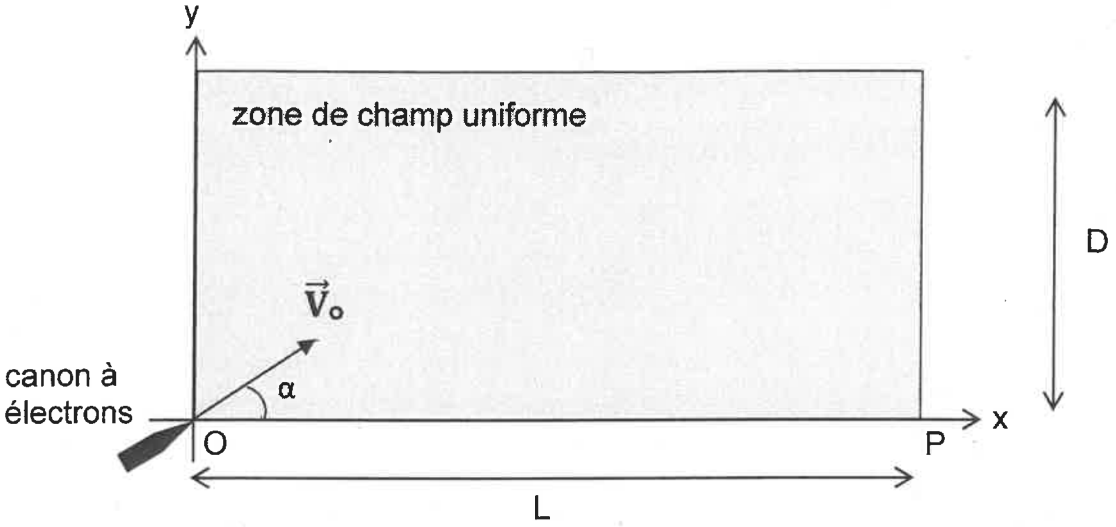
e) On place alors immédiatement le cylindre dans une boîte, qui est à température ambiante, et on attend que la température entre la boîte et le cylindre s'équilibre (IV). Si l'efficacité du transfert d'énergie à la boîte est de η et que la capacité thermique de la boîte est de **C**, de combien de degrés la boîte se refroidit-elle ?

f) A l'équilibre thermique, on retire le cylindre de la boîte et on laisse le cylindre retrouver les conditions originales (V). Dessiner le diagramme PV théorique du processus complet en nommant les différentes étapes I à V.

Applications numériques :

$\gamma_{air} = 1,4$	**$p_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Pa**	**d = 3,2 cm**	**$\theta_0 = 20$ °C**	**$V_0 = 128$ cm³**
F = 195N	**$C_v = 2,5$ J/(molK)**	**$\eta = 60\%$**	**C = 1,2 J/K**	

4) Soit une zone de champ uniforme de longueur L et de largeur D. Dans le système d'axes Oxy, les coordonnées du point P sont (L ; 0 m). Un canon à électrons est placé à l'origine O. Il éjecte des électrons avec une énergie $\mathcal{E}_o$ et dans une direction donnée par l'angle α (voir le dessin ci-dessous). La situation est non relativiste et D est suffisamment grand pour que les électrons ne sortent jamais de la zone de champ.



a) Calculer la vitesse $\mathbf{V_o}$ des électrons à la sortie du canon.

Premier tir :
Pour le premier tir, on génère dans la zone un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1$.

b) Quel doivent être la direction, le sens et l'intensité de ce champ magnétique $\vec{B}_1$ si on veut que les électrons percutent une cible fixe placée au point P ?

c) Déterminer la durée de passage de chaque électron dans la zone de champ.

Second tir :
Pour le second tir, on remplace le champ magnétique par un champ électrique $\vec{E}_2$ parallèle à Oy dans la zone de champ. Et à nouveau, on veut que les électrons arrivent en P.

d) Déterminer le sens puis l'intensité de ce champ $\vec{E}_2$.

e) Déterminer la durée de passage de chaque électron dans la zone de champ.

f) Enfin déterminer la variation en pourcent de la durée du second tir par rapport au premier tir.

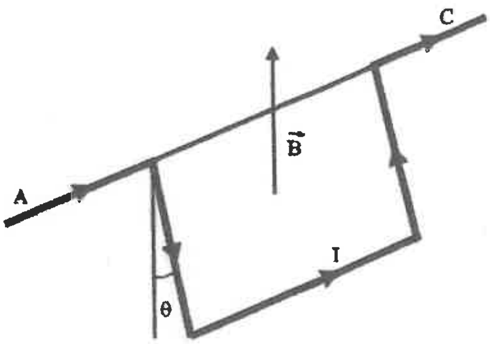
Application numérique :

L = 60 mm **$\mathcal{E}_o$ = 0.1 keV** **α = 30°**

e = $1.6 \cdot 10^{-19}$ C **$m_{e-} = m_{proton} / 2000 = 1.6 \cdot 10^{-27}$ kg / 2000**

5) a) Pour vérifier une arme à feu, la police tire sur la masse d'un pendule accroché au plafond. La vitesse de la balle à la sortie du canon vaut **v = 450 km/h**. La masse de la balle est de **m = 19 g**. La masse du pendule est accrochée à une corde de **l = 1,2 m** de long. Après l'impact, choc mou, le pendule va osciller. Quelle doit être la masse minimale du pendule pour que l'angle maximal d'oscillation reste inférieur à **α = 35°** ?

b) Un courant **I = 1,48 A** traverse un cadre carré mobile, pivotant sans frottement autour de l'axe AC. Le côté du carré vaut **a = 20 cm** et la masse du conducteur (la partie du cadre en U) est de **m= 16 g**. Le cadre est placé dans un champ magnétique vertical : **B = 0,1 T**. Il va alors prendre une position d'équilibre définie par l'angle **θ**. Calculer **θ**.



c) Démontrer à l'aide de la loi des gaz parfaits, de la définition de **C_V** et **C_P** et du premier principe de la thermodynamique, que **$C_p - C_v = R$**.