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 – 2021

Option spécifique Physique – Application des mathématiques

Examen écrit de Physique

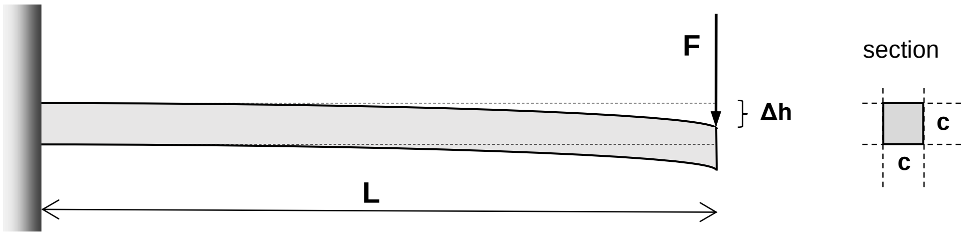
Temps à disposition : 4 heures.
Matériel autorisé : formulaire et machine à calculer non programmable.

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.

1) Des poutres en acier, de section carré – de côté c – et de longueur L, sont fixées de manière rigide à un mur par l'une de leurs extrémités (voir le dessin ci-dessous). À l'autre extrémité, on exerce une force verticale F qui va les faire fléchir. On mesure alors le déplacement Δh de l'extrémité libre des poutres en fonction de F, de c et de L.



<u>Dans une première expérience</u>, on fixe au mur une barre ayant c = 12 mm et L = 55 cm. Puis on fait varier l'intensité de la force F. On reporte les mesures de Δh dans le Tableau n°1.

Tableau n°1

F [N]	25	43	76	86	101	130
Δh [mm]	4.1	6.9	12.1	13.2	16.0	20.9

a) En observant attentivement le Tableau n° 1, déterminer la relation entre Δh et F (justifier brièvement).

<u>Dans une deuxième expérience</u>, on prend un jeu de barres de sections différentes ayant toutes L = 55 cm. On leur applique une force F = 86 N et on mesure Δh (voir le Tableau n°2).

Tableau n°2

c [mm]	11	12	13	15	18	20
Δh [mm]	18.6	13.2	9.7	5.2	2.5	1.7

b) Représenter sur une feuille de papier millimétré fournie en annexe, le Graphique n°1 log(Δh) = log(c). À l'aide des moindres carrés, en déduire la fonction Δh = f(c).

<u>Dans une troisième expérience</u>, on prend six barres de longueurs différentes ayant toutes c = 12 mm. Lorsqu'on leur applique une force F = 86 N, on mesure les Δh (Tableau n°3).

Tableau n°3

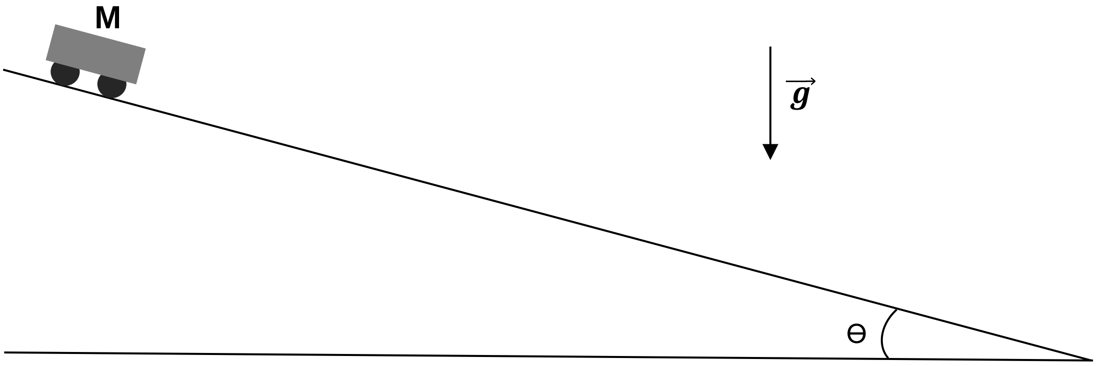
L [cm]	43	48	55	61	69	73
Δh [mm]	6.3	8.7	13.2	17.8	25.8	30.8

c) Représenter sur une feuille de papier millimétré fournie en annexe, le Graphique n° 2 log(Δh) = log(L). À l'aide des moindres carrés, en déduire la fonction Δh = f(L).

d) Sachant que le module de Young de l'acier E = 210.GPa, déterminer la relation exacte entre Δh et F, c, L et E.

<u>Consignes</u> : 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 chariot de masse totale **M** est doté de quatre roues cylindriques (**m**, **r**). Il est placé sur un plan incliné de longueur **L** et d'inclinaison **Θ**.

1ère descente :

Pour la première descente, on lâche le chariot en haut du plan incliné.

a) Déterminer la vitesse du chariot au bas du plan incliné.

b) Déterminer l'accélération du chariot et la durée de la descente.

2ème descente :

Pour la seconde descente, on lâche à nouveau le chariot du haut du plan incliné, mais sur le parcours, les roues de celui-ci se bloquent instantanément et le chariot finit son trajet en glissant. Le coefficient de frottement cinétique entre les roues bloquées et le plan incliné vaut **μ**. On constate alors que le chariot arrive au fond du plan incliné avec une vitesse **V'**.

c) Déterminer l'endroit où les roues se sont bloquées.

d) Déterminer la durée de la seconde descente.

Applications numériques :

M = 2 kg **m = 0,1 kg** **L = 15 m** **Θ = 10°** **g = 10 m/s^2** **μ = 0,2**

V' = 3,5 m/s

3) On fabrique une machine thermique selon les spécifications suivantes :

- La machine est initialisée à pression normale $\mathbf{P_A}$ et à une température $\mathbf{T_A}$ en y introduisant un volume $\mathbf{V_A}$ de gaz carbonique (CO_2).
- On augmente la pression de 5% entre $\mathbf{P_A}$ et $\mathbf{P_B}$ à température constante. ($\mathbf{T_A}$=$\mathbf{T_B}$)
- On atteint alors un volume minimal $\mathbf{V_B}$=$\mathbf{V_C}$ dans lequel, on augmente la température à $\mathbf{T_C}$
- Puis par un processus isotherme, on retourne à la pression normale. ($\mathbf{T_C}$=$\mathbf{T_D}$ et $\mathbf{P_D}$=$\mathbf{P_A}$)
- Enfin, on laisse refroidir à pression normale jusqu'aux conditions initiales.

a) De quelle masse de gaz a-t-on besoin pour faire fonctionner la machine ?

b) Combien valent $\mathbf{C_v}$ et $\mathbf{C_p}$ du gaz ?

c) Calculer les grandeurs d'état (**V**, **P**, **T**) à chaque changement de processus de la machine (Points B, C et D).

d) Dessiner le diagramme PV d'un cycle complet.

e) Calculer les quantités de chaleur mises en jeu lors de chaque étapes AB, BC, CD et DA. Indiquer clairement, si le gaz reçoit ou cède cette chaleur.

f) Quel est le travail fourni par la machine durant un cycle complet ?

g) Quel est le rendement **η** de la machine ?

Applications numériques :

$\mathbf{P_A = 1}$ **atm** $\mathbf{T_A = 20\ ^{O}C}$ $\mathbf{V_A = 1{,}2\ l}$ $\mathbf{T_C = 99\ ^{O}C}$

a) PV=nRT et $\underline{\underline{m}}$=nM=MPV/RT=44*1.01*$10^5$*1,2*$10^{-3}$/(8,31*293)=$\underline{\underline{2,2g}}$

b) i du gaz =6 (3 atomes) donc $\underline{\underline{Cv}}$=i/2*R=$\underline{\underline{24,93J/mol}}$ et $\underline{\underline{Cp}}$=Cv+R=$\underline{\underline{33,24J/mol}}$

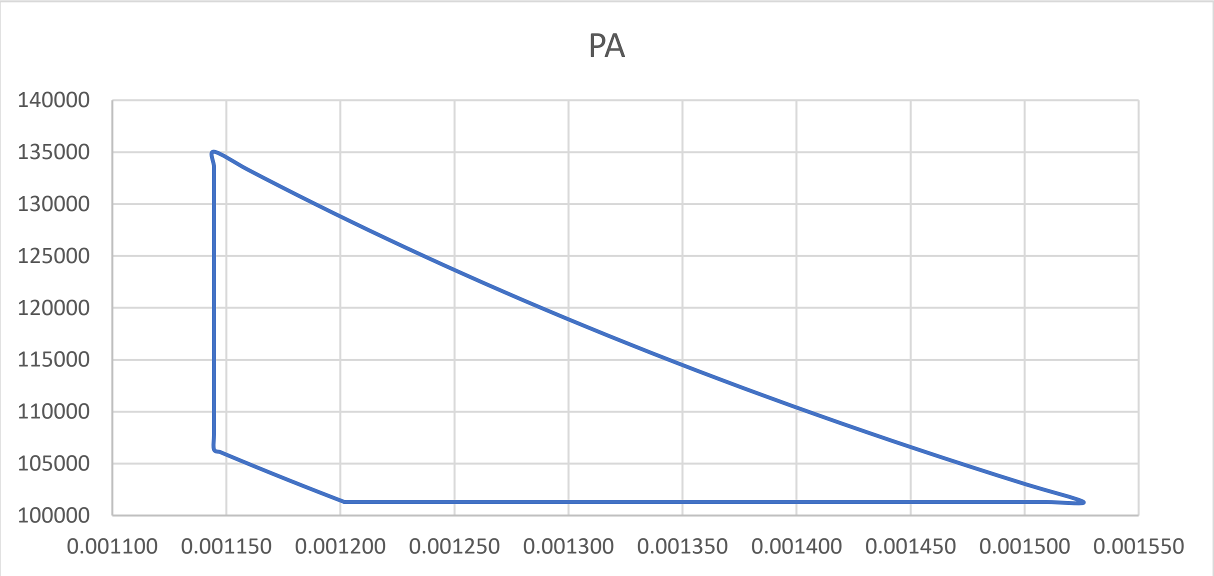
c) **P_A=1 atm T_A=20^{O}C V_A=1,2l**

isotherme : T_B= T_A=20^{O}C et **P_B=1,05*P_A=1,06365 bar** donc V_B=n*R*T/P=1,145l

isochore : V_C=1,145l et **T_C=99 ^{O}C** donc P_B= n*R*T/V=1,35044 bar

isotherme : T_D= T_C=99^{O}C et **P_D= P_A=1 atm** donc V_D= n*R*T/P=1,526l

d)



e) isotherme=> W_{AB}=Q_{AB}= nRTln(V_B/V_A)=-5,9398J

isochore : Q_{BC}= nCv(T_C-T_B)= 98,4735J

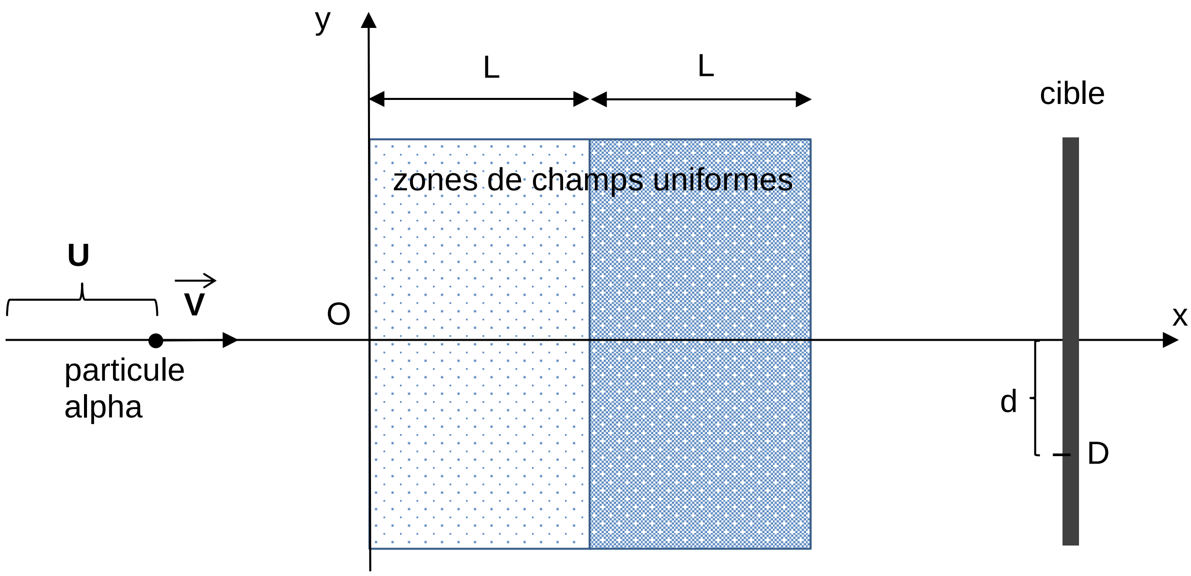
isotherme : W_{CD}=Q_{CD}= nRTln(V_D/V_C)=44,4395J

isobar : Q_{DA}= nCp(T_A-T_D)=-131,298J

f) W_{total}=Q_{total}=somme(Q)=5,675J

g) rendement=W/Q+=4,0%

4) Des particules alpha (noyau d'He 4) initialement au repos sont accélérées dans un champ électrique uniforme, généré grâce à une tension **U**. Puis elles entrent successivement dans deux zones de champs magnétiques uniformes d'intensités égales $\mathbf{B_1} = \mathbf{B_2}$ mais de sens opposés.



a) Calculer la vitesse **V** des particules alpha à l'entrée des zones de champs magnétiques et leur énergie cinétique en électronVolt.

b) Sachant que les vecteurs champ magnétique sont perpendiculaires au plan Oxy, et sachant que les particules alpha percutent la cible en D, déterminer le sens des deux champs magnétiques $\overrightarrow{\mathbf{B1}}$ et $\overrightarrow{\mathbf{B2}}$.

c) Les électrons percutent la cible à une distance **d** de l'axe Ox. Déterminer l'intensité des champs magnétiques $\mathbf{B1}$ et $\mathbf{B2}$.

d) Déterminer la durée du trajet des particules alpha dans chacune des zones de champs magnétiques.

Applications numériques :

U = 20 kV **L = 6 cm** **d = 3.6 cm**

5) Répondre aux questions suivantes en justifiant les réponses.

5.1. Soit une sphère de 3 kg qui entre en collision parfaitement inélastique avec une deuxième sphère initialement au repos. Le système composé se déplace à une vitesse égale au tiers de la vitesse originale de la sphère de 3 kg. Quelle est la masse de la deuxième sphère ?

5.2. Dans un tube cathodique, on accélère des électrons. Ceux-ci partent de la cathode avec une vitesse négligeable et arrivent sur une plaquette en platine avec la vitesse $V = 5 \cdot 10^6$ m/s. Cette plaquette a une aire $S = 10^{-4}$ m^2 et une épaisseur $a = 5.10^{-4}$ m. Un courant $I = 10^{-3}$ A traverse le tube. On suppose que toute l'énergie cinétique des électrons est transformée en chaleur sur la plaquette, dont la température initiale est $\Theta_0 = 20°$.

1) Déterminer la valeur de la tension qui a accéléré les électrons.

2) Après combien de temps la plaquette atteint-elle sa température de fusion ?

5.3. Un ballon à air chaud a un volume de $V = 1200$ m^3. La température de l'air ambiant vaut $\Theta_0 = 15°C$ et la pression $p_0 = 1$ atm. Quelle valeur doit atteindre la température de l'air dans le ballon pour que celui-ci parvienne tout juste à soulever une masse $m = 200$ kg (y compris le ballon) ? On suppose que la masse molaire de l'air est égale à 29 g/mol.

5.4. Une sphère isolante de rayon R a une densité volumique de charges égale à ρ. Déterminer comment varie le champ électrique sur un axe radial r, et ce, de zéro à l'infini.

Remarques : **Temps à disposition :** **4 heures.**
Matériel à disposition : **formulaire, machine à calculer non programmable.**