

COLLÈGE ALFRED SAKER

Année scolaire 2006 / 2007

3^{ème} Séquence / Devoir surveillé N°1 du 2^{ème} trimestre

Tle C	ÉPREUVE DE PHYSIQUE	Durée : 4H
		Coeff. :

Exercice 1 6 points

Une méthode de dépistage du dopage fondée sur la spectrométrie de masse.

A l'occasion des Jeux Olympiques de l'été 1996, une revue scientifique faisait état des dernières méthodes de dépistage du dopage. On y décrivait une nouvelle méthode en voie d'homologation, mettant en jeu la spectrométrie de masse, dont le principe est donné ci-après : Le dopage par les stéroïdes anabolisants administrés aux sportifs pour que leurs muscles se développent serait assez facile à dépister. Pourtant des stéroïdes anabolisants, notamment la testostérone, l'hormone mâle, sont naturellement présents dans l'organisme : comment faire la différence entre l'hormone naturelle et l'anabolisant interdit ?

On propose une méthode fondée sur la spectrométrie de masse isotopique, où l'on détermine le rapport des concentrations en carbone 13 (¹³C) et en un de ses isotopes, le carbone 12 (¹²C). En effet, les rapports qui caractérisent les matières premières utilisées pour la préparation de la testostérone de synthèse et les molécules biosynthétisées par l'homme à partir de son alimentation, sont différents.

On propose dans cette méthode de mesurer le rapport des concentrations en ¹³C et en ¹²C du dioxyde de carbone provenant de la combustion de l'hormone extraite d'un prélèvement d'urine de l'athlète contrôlé, par la technique de la spectrométrie de masse. Le déplacement des particules dans les chambres d'accélération et de déviation s'effectue dans le vide (voir annexe).

1.1. ACCÉLÉRATION

La chambre d'ionisation (1) produit des ions ¹²CO₂⁺ de masse m₁ et des ions ¹³CO₂⁺ de masse m₂. On néglige les forces de pesanteur dans la suite de l'exercice : le mouvement des ions est rapporté au référentiel du laboratoire considéré galiléen. Les deux types d'ions pénètrent dans la chambre d'accélération en O avec une vitesse initiale nulle ; Ils sont soumis à un champ électrique uniforme \vec{E}_0 entre les plaques P et P' et sortent de la chambre en O' avec respectivement des vitesses de valeurs V₁ et V₂.

- 1.1.1. Représenter sur le schéma le vecteur \vec{E}_0 et justifier sa réponse. 0,25 pt
- 1.1.2. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ion ¹²CO₂⁺, exprimer V₁ en fonction de sa masse m₁, de la charge élémentaire e et de la tension U₀ = V_p - V_{p'}. 0,5 pt
- 1.1.3. Montrer qu'en O', V₁ et V₂ vérifient la relation : m₁V₁² = m₂V₂². 0,25 pt
- 1.1.4. Calculer les valeurs numériques de V₁ et V₂. 0,5 pt

Données : |U₀| = 4,00.10³ V ; m₁ = 7,31.10⁻²⁶ Kg ; m₂ = 7,47.10⁻²⁶ Kg ; e = 1,6.10⁻¹⁹ C.

1.2. DEVIATION

Les ions ¹²CO₂⁺ et ¹³CO₂⁺ pénètrent en O' dans une zone où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire au plan de la figure, permettant d'atteindre la plaque détectrice (4).

- 1.2.1. Représenter sur le schéma le vecteur champ magnétique \vec{B} permettant le mouvement circulaire uniforme des ions dans la direction attendue. Justifier sa réponse. 0,5 pt

1.2.2. Montrer que pour la particule chargée de masse m , animée de la vitesse V , de charge e dans le champ magnétique \vec{B} défini précédemment, le rapport $\frac{mV}{eB}$ donnant le rayon r de la trajectoire est homogène à une longueur.
On admettra : $[tesla] = [kg][S]^{-1}[C]^{-1}$.

0,25 pt

1.2.3. Exprimer le rayon r en fonction de m , e , U_0 et B . En déduire le rapport $\frac{r_1}{r_2}$ des rayons des trajectoires des ions ci-dessus en fonction de leurs masses m_1 et m_2 et les positions I_1 et I_2 des points d'impact des ions. Les placer sur le schéma.

1 pt

1.2.4. Exprimer la distance I_1I_2 en fonction de m_1 , m_2 , e , U_0 et B .

1.2.5. Calculer I_1I_2 sachant que $B = 0,250$ T.

1 pt

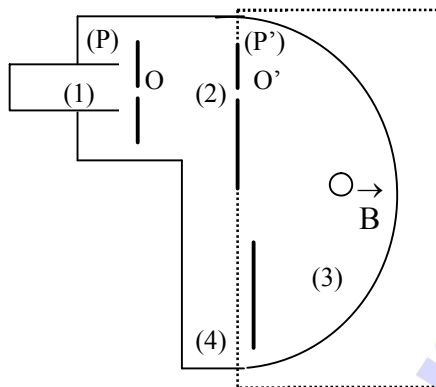
1.2.6. Résultat d'un contrôle.

L'analyse des impacts a permis de dénombrer les atomes ^{12}C et ^{13}C contenus dans les ions arrivés sur le détecteur pendant une certaine durée. Les résultats des comptages effectués à partir des échantillons d'urine de deux athlètes A et B sont rassemblés dans le tableau fourni avec le schéma à compléter. On y fait figurer également les comptages réalisés à partir d'un étalon standard international. Les résultats des équipes de recherche sur la méthode font référence ç un coefficient δ défini par la relation :

$$\delta = \frac{R - R_{standard}}{R_{standard}} \cdot 10^3 \text{ avec } R = \frac{N_2}{N_1}$$

Les nombres d'atomes de carbone 12 et 13, respectivement N_1 et N_2 , donnés dans le tableau, tiennent compte de corrections dues, en particulier, à la présence d'isotopes de l'oxygène. On considère que l'athlète s'est dopé si la valeur δ est notablement inférieure à -27. A partir des données du tableau, déterminer s'il y a eu dopage pour les athlètes A et B.

0,75 pt



Spectromètre de masse
(1) Chambre d'ionisation
(2) Chambre d'accélération
(3) Chambre de déviation
(4) Détecteur ou compteur lié à l'interface de l'ordinateur

	$N_1(^{12}C)$	$N_2(^{13}C)$	$R = \frac{N_2}{N_1}$	$\delta = \frac{R - R_{standard}}{R_{standard}} \cdot 10^3$	Dopage	
Athlète A	2 231	24			Oui	Non
Athlète B	2 575	27			Oui	Non
Étalon Standard	2 307	25	$R_{standard} =$			

Exercice 2 4 points

A l'aide d'un projectile lancé avec une vitesse \vec{V}_0 , on veut atteindre une cible située dans le plan horizontal du point de lancement, à une distance d de ce dernier.

- Montrer qu'il existe deux angles de tir possibles pour certaines valeurs de d . 1,5 pt
- Le projectile est alors lancé à la vitesse de $250 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. La cible à atteindre est située à 5 km du canon.

- 2.1. Quels sont les deux angles de tir possibles ? 1,5 pt
 2.2. Quelles sont les flèches correspondantes ? Prendre $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$. 1 pt

Exercice 3 3 points

Sur un disque noir est peint un rayon blanc. La fréquence de rotation du disque est $N = 28 \text{ tr.s}^{-1}$. Ce disque est éclairé par des éclairs dont la fréquence N_e peut varier de 10Hz à 100Hz.

1. Déterminer pour quelles fréquences des éclairs : 0,5 pt
 - Le disque paraît immobile avec un rayon blanc ; 1,75 pt
 - Le disque paraît immobile avec trois rayons blancs. 0,75 pt
2. Qu'observe-t-on quand la fréquence des éclairs $N_e = 13,5 \text{ Hz}$?

Exercice 4 3 points

1. Une bille A de masse m est suspendue en un point C d'un axe vertical (Δ) par un fil de longueur ℓ de masse négligeable. La bille est lancée de sorte que le pendule ainsi réalisé tourne autour de l'axe (Δ) et décrive un cône de révolution de demi-angle au sommet β égal à 60° .

1.1. Avec quelle vitesse angulaire la bille A tourne-t-elle autour de (Δ) ?

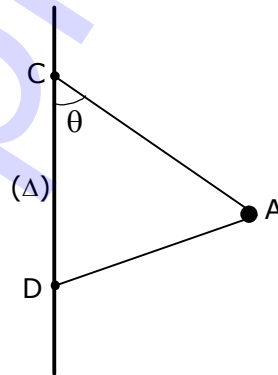
A.N.: $\ell = 40 \text{ cm}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$. 1,25 pt

1.2. Calculer la tension du fil AC. A.N. $m = 300 \text{ g}$. 0,25 pt

2. La bille A restant fixée au point C de l'axe (Δ) par le fil précédent, est en plus reliée en un autre point D de (Δ) par un autre fil AD de même longueur ℓ que le premier fil AC de masse négligeable ; En outre $DC = \ell$.

2.1. Quelle valeur minimale la vitesse angulaire de A doit-elle avoir pour que le fil AD soit tendu à son tour ? 0,25 pt

2.2. En supposant que la vitesse angulaire soit le double de celle que l'on vient de calculer, déterminer 1,25 pt

**Exercice 5** 5,5 points

Une poulie de rayon r , de masse m supposée uniformément répartie sur sa jante, peut tourner sans frottement autour de son axe O horizontal. Elle est solidaire d'une barre AB de masse négligeable, passant par un diamètre de la poulie, portant en ses extrémités A et B une masse ponctuelle m . Un fil inextensible, de masse négligeable est enroulé sur la gorge de la poulie, son extrémité libre supporte une masse m_0 . $OA = OB = r$.

1. Déterminer le moment d'inertie J , par rapport à l'axe O, du système S constitué par la poulie, La barre AB munie de ses surcharges. 1 pt
2. L'ensemble $(S + m_0)$ est abandonné sans vitesse initiale. 1,5 pt
- 2.1. Déterminer l'accélération de la masse m_0 , en déduire la nature du mouvement de celle-ci ainsi que celle du mouvement de S. 1,5 pt
- 2.2. Déterminer la vitesse V de la masse m_0 en fonction de sa hauteur de chute x . Calculer V quand le système S a effectué n_1 tours. Déterminer de plus, la vitesse linéaire des masses A et B à cette même date. 1,5 pt
3. 3.1. Après n_1 tours, le fil se rompt. Quelles sont, en l'absence de frottements, la nature et l'accélération du mouvement ultérieur : 1 pt
- ▶ de la masse m_0 ?
- ▶ du système S ? Déterminer, en particulier, l'accélération des masses m .

3.2. En réalité, les frottements ne sont pas négligeables ; aussi le système S s'arrête-t-il après avoir effectué n_2 tours après la rupture du fil. En déduire le moment du couple de frottement.

0,75 pt

A.N. $M = 100 \text{ g}$; $l = 15 \text{ cm}$; $n_1 = 4$; $m = 200 \text{ g}$; $r = 3 \text{ cm}$; $n_2 = 20$
 $m_0 = 50 \text{ g}$; $g \# 10 \text{ m.s}^{-2}$.

