Devoir commun – correction PS

Exercice 1 : Déflexion électrostatique d'un faisceau d'électrons dans un tube cathodique (/11)

1. On sait que la valeur du champ entre les plaques d'un condensateur plan est donnée par $E=\frac{U_d}{d}$, soit $E=\frac{2{,}80\,kV}{5{,}00\,cm}$. Dans les unités du système international, on obtient $E=\frac{2{,}80\times10^3 V}{5{,}00\times10^{-2}m}$ donc E = $5{,}60\times10^4$ V.m^{-1}. (/1,5)

2. Le vecteur $\vec{E}$ est perpendiculaire aux plaques, de la plaque positive vers la plaque négative. (/0,5)

3. La force électrique exercée sur l'électron de charge -*e* plongé dans le champ $\vec{E}$ est $\vec{F_{él}}=-e\vec{E}$.
   - sa **direction** est donc verticale comme $\vec{E}$
   - son **sens vers le haut** car l'électron a une charge négative
   - son **intensité** est $F_{él} = 1{,}60\times10^{-19}$ C × $5{,}60\times10^4$ V.m^{-1} soit $F_{él} = 8{,}96\times10^{-15}$ N,
   - son **point d'application** est le centre de l'électron donc le point O. (/3)

4. Le vecteur $\vec{F_{él}}$ est représenté par une longueur de 9 mm, il est de même direction que le vecteur $\vec{E}$ mais de sens contraire, on l'applique au point O. (/1,5)

5. L'ordre de grandeur de la force électrique est $F_{él} \approx 10^{-14}$ N.
Le poids de l'électron a pour intensité P = m×g, son ordre de grandeur est donc :
$P \approx 10\times10^{-31}$ kg × 10 N.kg^{-1} $\approx 10^{-29}$ N.
On a donc un rapport de $\frac{F_{él}}{P}\approx\frac{10^{-14}N}{10^{-29}N}\approx10^{15}$: le **poids** est **négligeable** devant la force électrique. (/2,5)

6. Entre les deux plaques, l'électron sera donc dévié **vers le haut**, sa trajectoire s'incurve vers le haut. D'où le terme de déflexion. (/1)

7. Pour dévier l'électron vers le bas, il faut changer le sens du champ électrique, donc de la tension U_d. (/1)

Exercice 2 : Météorite (/9)

Pour tout l'exercice, on étudiera le système {météorite} dans le référentiel terrestre.

1. D'après le document 1, lors de son entrée dans l'atmosphère, la météorite a une vitesse égale à **v = 19,2 km.s^{-1}** (/0,5) = $19{,}2\times10^3$ m.s^{-1} et une masse égale à **m = 10 000 tonnes** (/0,5) = 10 000×10^3 kg = $1{,}0000\times10^7$ kg.

2. Lors de son entrée dans l'atmosphère, la météorite possède une énergie cinétique égale à $E_{c\text{ entrée atmosphère}}=\frac{1}{2}mv^2$ (/0,5)
avec v = $19{,}2\times10^3$ m.s^{-1} et m = 10000×10^7 kg (/0,25)
A.N. : $E_{c\text{ entrée atmosphère}}$ = 0,5×1,0000.10^7×(19,2.10^3)^2 = **1,84.10^{15} J.** (/0,5)

3. Lors de son entrée dans l'atmosphère, la météorite possède une énergie potentielle de pesanteur égale à **$E_{pp\text{ entrée atmosphère}}$ = m.g.z** (/0,5)
avec m = 1,0000.10^7 kg et z = 100 km = 100.10^3 m en choisissant la surface de la Terre comme origine pour z et E_{pp}(doc. 2). (/0,25)
A.N. : $E_{pp\text{ entrée atmosphère}}$ = 1,0000.10^7×9,81×100.10^3= **9,81.10^{12} J**. (/0,5)

4. Lors de la traversée de l'atmosphère, la météorite est en chute. Ainsi, l'altitude de la météorite diminue, donc son énergie potentielle de pesanteur diminue (/0,25).
Sa vitesse augmente, donc son énergie cinétique augmente (/0,25).
L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur (/0,25).
On en déduit que :
   - la courbe 1 correspond à l'énergie mécanique (somme des deux autres courbes) (/0,25)
   - la courbe 2 correspond à l'énergie cinétique (/0,25)
   - la courbe 3 correspond à l'énergie potentielle de pesanteur. (/0,25)

5. D'après le document 3, l'énergie mécanique de la météorite diminue au cours de sa chute, elle n'est pas constante donc elle ne se conserve pas. (/0,5)
La diminution de l'énergie mécanique est due au fait que la météorite transfère de l'énergie sous forme thermique à son environnement à cause des frottements avec l'air. (/0,5)

6. On suppose que l'énergie mécanique de la météorite se conserve lors de sa traversée dans l'atmosphère. On applique donc la conservation de l'énergie mécanique de la météorite entre son entrée dans l'atmosphère (point A) et lorsqu'elle atteint 30 km d'altitude (point B) (/0,25) : $E_m(B) = E_m(A)$ (/0,25)
Or $E_m = E_{pp} + E_c$, ce qui donne $E_{pp}(B) + E_c(B) = E_{pp}(A) + E_c(A)$ (relation 1) (/0,25)
avec $E_c(A)=\frac{1}{2}mv_A^2$ et $E_c(B)=\frac{1}{2}mv_B^2$ dans le référentiel terrestre.
$E_{pp}(B) = mgz_B$ et $E_{pp}(A) = mgz_A$, en prenant la surface de la Terre comme origine pour des altitudes et des énergies potentielles de pesanteur.
La relation (1) s'écrit alors $mgz_B+\frac{1}{2}mv_B^2=mgz_A+\frac{1}{2}mv_A^2$ (/0,5)
En simplifiant par m, on a $gz_B+\frac{1}{2}v_B^2=gz_A+\frac{1}{2}v_A^2$.
En multipliant chaque membre par 2, on peut écrire $2gz_B+v_B^2=2gz_A+v_A^2$,
soit $v_B^2=v_A^2+2gz_A-2gz_B=v_A^2+2g(z_A-z_B)$ (/0,5)
D'où $v_B=\sqrt{v_A^2+2g(z_A-z_B)}$ (/0,5)
avec v_A = v = 19,2.10^3 m.s^{-1} ; z_A = 100 km = 100.10^3 m ; z_B = 30 km = 30.10^3 m (/0,25)
A.N. : $v_B=\sqrt{(19{,}2\times10^3)^2+2\times9{,}81(100.10^3-30.10^3)}=19{,}23.10^3\ m.s^{-1}=19{,}23\ km.s^{-1}$ (/0,5)

Autre rédaction possible en raison du fait que l'énergie cinétique et l'énergie potentielle à l'entrée dans l'atmosphère ont déjà été déterminées.

On applique donc la conservation de l'énergie mécanique de la météorite entre son entrée dans l'atmosphère (point A) et lorsqu'elle atteint 30 km d'altitude (point B) (/0,25) : $E_m(B) = E_m(A)$ (/0,25)

Or $E_m = E_p + E_c$ ce qui donne $E_p(B) + E_c(B) = E_m(A)$ (relation 1) (/0,25)

avec $E_c(B)=\frac{1}{2}mv_B^2$ dans le référentiel terrestre, et $E_{pp}(B) = mgz_B$ en prenant la surface de la Terre comme origine des altitudes et des énergies potentielles de pesanteur.

La relation (1) s'écrit alors $mgz_B+\frac{1}{2}mv_B^2=E_m(A)$ (/0,5)

soit $\frac{1}{2}mv_B^2=E_m(A)-mgz_B$.

En multipliant chaque membre par 2, on peut écrire $mv_B^2=2\,E_m(A)-2\,mgz_B$.

En divisant par m, on a $v_B^2=\frac{2\,E_m(A)-2\,mgz_B}{m}=\frac{2\,E_m(A)}{m}-2\,gz_B$ (/0,5).

D'où $v_B=\sqrt{\frac{2\,E_m(A)}{m}-2\,gz_B}=\sqrt{\frac{2\left(E_c(A)+E_{pp}(A)\right)}{m}-2\,gz_B}$ (/0,5)

avec $E_c(A) = 1{,}84.10^{15}$ J (Q2) ; $E_{pp}(A) = 9{,}81.10^{12}$ J (Q3) ;

$z_B = 30$ km $= 30.10^3$ m et $m = 1{,}00.10^7$ kg (/0,25)

<u>A.N. :</u>

$$v_B=\sqrt{\frac{2\left(1{,}84\,.10^{15}+9{,}81.10^{12}\right)}{1{,}0000\,.10^7}-2\times 9{,}81\times 30.10^3}=19{,}22.10^3\ \text{m.s}^{-1}=19{,}22\ \text{km.s}^{-1}\quad (0,5)$$

Remarques : on a gardé deux chiffres après la virgule pour la vitesse, afin de montrer que la variation de la vitesse se fait sur le deuxième chiffre après la virgule. En effet, l'énergie potentielle est 10^3 fois plus faible que l'énergie cinétique, c'est pourquoi la vitesse ne varie presque pas.

La différence de valeur (sur le deuxième chiffre après la virgule) entre les deux rédactions proposées s'explique par l'arrondi sur la valeur de l'énergie cinétique E_c.

Exercice 3 : Préparation d'une solution de permanganate (/4)

1. (2,25)

Il faut faire une dilution.

<u>Solution mère</u> : $C_0 = 1{,}6$ mol.L^{-1} V_0 = ? (pipette jaugée)

<u>Solution fille</u> : $C_f = 0{,}800$ mol.L^{-1} $V_f = 100$ mL (fiole jaugée)

Au cours d'une dilution la quantité de matière ne change pas (/0,25) soit $n_0 = n_f$ (/0,5)

Alors $C_0.V_0 = C_f.V_f$ (/0,25) soit $V_0=\frac{C_f.V_f}{C_0}$ (/0,75)

<u>A.N. :</u> $V_0=\frac{0{,}800\times 100.10^{-2}}{1{,}6}=50.10^{-3}\,\text{L}=50\,\text{mL}$ (/0,5)

2. (/1,75)

Bécher avec solution à diluer (pour le prélèvement), pipette jaugée (/0,25) de 50 mL (/0,25), poire à pipeter (/0,25), fiole jaugée (/0,25) de 100 mL (/0,25), pissette d'eau distillée (/0,25), pipette simple (/0,25)

Exercice 4 : Synthèse d'un arôme : la menthone (/16)

1. a. (/0,25) Le menthol est un alcool secondaire. (/0,25)

b. (/0,5) La menthone porte un groupe carbonyle (C=O). (/0,25)

Elle appartient à la famille des cétones. (/0,25)

2. (/1) 20°C < Température de fusion (43°C) (/0,25), donc le menthol est à l'état solide (/0,25) à 20°C.

Température de fusion (− 6,5°C) < 20°C < Température d'ébullition (209°C)) (/0,25), la menthone est à l'état liquide (/0,25) à 20°C.

<u>**Étude de l'étape 1 :**</u>

3. a. (/1)

$MnO_4^-{}_{(aq)} / Mn^{2+}{}_{(aq)}$: $MnO_4^-{}_{(aq)} + 8\,H^+{}_{(aq)} + 5\,e^- = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4\,H_2O_{(\ell)}$ (/0,5)

$C_9H_{18}CO_{(\ell)} / C_9H_{18}CHOH_{(\ell)}$: $C_9H_{18}CO_{(\ell)} + 2\,H^+{}_{(aq)} + 2\,e^- = C_9H_{18}CHOH_{(aq)}$ (1) (/0,5)

b. (/0,5) Le menthol subit une oxydation (/0,25), puisque d'après la demi-équation (1), il gagne (/0,25) des électrons pour donner la menthone.

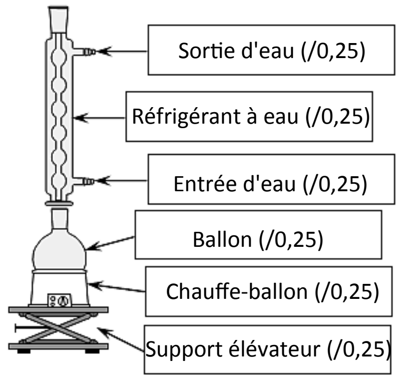
c. (/1) Pour équilibrer les deux demi-équations, on multiplie la première par 2 et la deuxième par 5 :

$2\,MnO_4^-{}_{(aq)} + 16\,H^+{}_{(aq)} + 5\,C_4H_9CHO_{(\ell)} \rightarrow 2\,Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8\,H_2O_{(\ell)} + 5\,C_4H_9COOH_{(aq)} + 10\,H^+{}_{(aq)}$ soit

$2\,MnO_4^-{}_{(aq)} + 6\,H^+{}_{(aq)} + 5\,C_4H_9CHO_{(\ell)} \rightarrow 2\,Mn^{2+}{}_{(aq)} + 8\,H_2O_{(\ell)} + 5\,C_4H_9COOH_{(aq)}$

4. a. Il faut atteindre 55°C (> température fusion) pour que le menthol soit liquide. (/0,25)

b. (/1,5)



c. Un chauffage à reflux permet de chauffer pour accélérer la réaction sans perdre de matière. (/0,5)

(Les gaz formés sous l'effet du chauffage se condensent dans le réfrigérant et retombent sous forme de gouttelettes dans le ballon = c'est le reflux.)

5. a. On introduit une masse m_1 = 15,6 g de menthol.

Et donc une quantité de matière $n_1 = \frac{m_1}{M_{menthol}}$ (/0,5)

A.N. : $n_1 = \frac{15,6}{156} = 0,100\ mol$ (/0,25)

On introduit un volume V_2 = 100 mL de solution de concentration C_2 = 0,80 mol.L^{-1} en permanganate, donc une quantité de matière $\mathbf{n_2 = C_2.V_2}$ (/0,5)

A.N. : $n_2 = 0,80 \times 100,0.10^{-3}$ (/0,25) = 0,080 = $8,0.10^{-2}$ mol.

b. (4)

Equation		$5\ C_9H_{18}CHOH_{(\ell)}$ +	$2\ MnO_4^-{}_{(aq)}$ +	$6\ H^+_{(aq)} \rightarrow$	$5\ C_9H_{18}CO_{(\ell)}$ +	$2\ Mn^{2+}_{(aq)}$ +	$8\ H_2O_{(\ell)}$
Etat initial	x = 0 (0,25)	n_1	n_2 (0,25)	Excès	0	0 (0,25)	Excès
Etat final	x_{max} (0,25)	$n_1 - 5\ x_{max}$ (0,25)	$n_2 - 2\ x_{max}$ (0,25)	Excès	$5\ x_{max}$ (0,25)	$2\ x_{max}$ (0,25)	Excès

Si le menthol est le réactif limitant, alors sa quantité de matière finale est nulle :

$n_1 - 5\ x_{max1} = 0$ (/0,25) soit $x_{max1} = \frac{n_1}{5}$. (/0,25)

A.N. : $x_{max1} = \frac{0,10}{5} = 2,0.10^{-2} mol$ (/0,25)

Si l'ion permanganate est le réactif limitant, alors sa quantité de matière finale est nulle :

$n_2 - 2\ x_{max2} = 0$ (/0,25), soit $x_{max2} = \frac{n_2}{2}$ (/0,25)

A.N. : $x_{max2} = \frac{8,0.10^{-2}}{2} = 4,0.10^{-2} mol$ (/0,25)

Comme $x_{max1} < x_{max2}$ (/0,25), alors x_{max}= $2,0.10^{-2}$ mol et le **menthol est le réactif limitant**. (/0,25)

c. Comme les ions permanganate sont **en excès** (/0,25) et qu'ils sont la seule espèce colorée du mélange, ce sont eux qui donnent sa **couleur violette** (/0,25) au mélange réactionnel finalement obtenu.

d. D'après le tableau d'avancement : n_{max} (menthone) = 5 x_{max} (/0,25)

A.N. : n_{max} (menthone) = 5 × $2,0.10^{-2}$ = **0,10 mol** (/0,25)

e. Par définition, le rendement est $r = \frac{n_{exp}}{n_{th}}$ (/0,25)

Ici on a $r = \frac{n_{exp,menthone}}{n_{th,\ menthone}}$ (/0,25).

On a alors, d'après la réponse **d**, $n_{th,\ menthone} = n_{max,\ menthone}$ = **0,10 mol** (/0,25)

D'après l'énoncé, expérimentalement, on a obtenu $m_{exp,\ menthone}$ = 11,2 g de menthone,

soit $n_{exp,menthone} = \frac{m_{exp,menthone}}{M_{menthone}}$ (/0,5)

A.N. : $n_{exp,menthone} = \frac{11,2}{154} = 7,3.10^{-2} mol$ (/0,25)

Par conséquent, $r = \frac{n_{exp,menthone}}{n_{th,\ menthone}} = \frac{7,3.10^{-2}}{0,10} = 0,73$ soit **un rendement de 73 %.** (/0,5)

Étude de l'étape 2 :

6. L'éthanol n'est pas adapté pour cette extraction car il est miscible avec l'eau (/0,25) (il n'y aura donc pas deux phases dans l'ampoule à décanter).

Le **cyclohexane** n'est **pas miscible avec l'eau (/0,25)** ce qui permet d'avoir deux phases. De plus, il **solubilise mieux la menthone que l'eau** (/0,5), ce qui permet de l'extraire de la phase aqueuse.

7. ETAPE 1 : synthèse **(/0,25)** à l'aide d'un montage à reflux **(/0,25)**

ETAPE 2 : séparation**(/0,25)** en utilisant une extraction par solvant **(/0,25)**

ETAPE 3 : purification **(/0,25)** en utilisant une distillation **(/0,25)**