

Devoir n°2 de Sciences Physiques – 2 heures

Exercice n°1 : (8 points)

Données : masse volumique de l'aniline : $\rho_1 = 1,02 \text{ kg.L}^{-1}$.

Masses atomiques molaires g /mol : $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{N}) = 14$.

Les acides carboxyliques présentent une grande importance industrielle. Pour certains leurs sels de sodium ou de potassium constituent les savons courants. Par contre d'autres sont employés en parfumerie, en pharmacie...

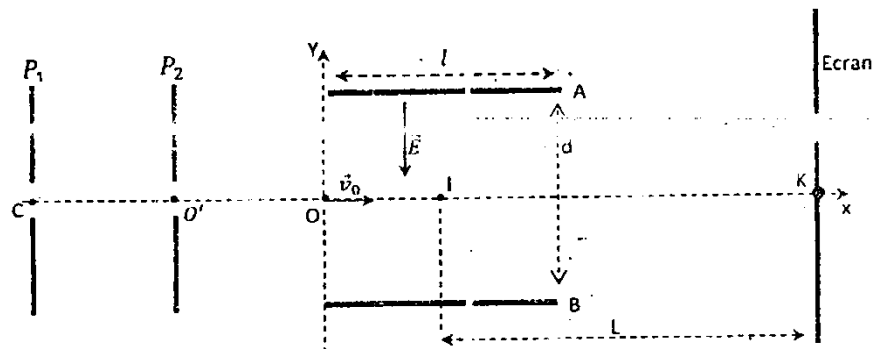
On considère une solution A d'acide 2,3-diméthylbutanoïque.

- Donner la formule développée de cet acide.
- Par décarboxylation en présence d'alumine, on obtient un produit B qui donne une réaction de précipitation avec la DNPH et ne réduit pas le réactif de Schiff. Donner la fonction chimique, la formule semi-développée et le nom de B.
- Sur la solution A on fait agir une solution de chlorure de thionyle (SOCl_2) et on obtient, entre autres, un produit organique D.
 - Donner la formule semi-développée de D puis le nommer.
 - Ecrire l'équation de la réaction chimique correspondante.
- Lorsqu'on fait agir une solution de D sur du méthanol, on obtient entre autres, un composé organique E.
 - Ecrire l'équation chimique correspondante et préciser la fonction chimique et le nom du composé organique E.
 - Comparer cette réaction à celle de A sur le méthanol.
- On chauffe un mélange équimolaire de A avec de l'oxyde de phosphore P_4O_{10} . Donner la formule semi-développée et le nom du composé F obtenu.
- Au cours d'une expérience, on introduit dans un ballon sec, un volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ d'aniline (phénylamine) pure ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-NH}_2$) dans un solvant approprié et on ajoute une masse $m_2 = 10,7 \text{ g}$ du composé F. On chauffe à reflux pendant quelques minutes. Après refroidissement, on verse dans l'eau froide ; des cristaux apparaissent progressivement. Après filtration, lavage et séchage, le produit organique azoté noté G obtenu a une masse de $5,73 \text{ g}$.
 - Ecrire l'équation-bilan de la réaction de synthèse de G (on considère que le second produit obtenu en même temps que G ne réagit pas avec l'aniline dans les conditions de l'expérience). Nommer G.
 - Calculer les quantités de matières de réactifs utilisées. Préciser le réactif limitant.
 - Calculer le rendement de la synthèse du composé organique G.

Exercice n°2 : (6 points)

Une particule α (noyau d'hélium He^{2+}) de masse m , émise en C avec une vitesse nulle est accélérée entre deux plaques P_1 et P_2 par une tension $U_0 = V_{P_2} - V_{P_1} = -4000 \text{ V}$.

- Représenter le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ entre les plaques P_1 et P_2 . Justifier votre réponse.
 - Etablir l'expression de la vitesse v_0 de la particule en O' en fonction de m , U_0 et e . Calculer sa valeur.
 - Indiquer en justifiant votre réponse, la nature du mouvement de la particule entre O' et O .
- La particule pénètre en O , avec un vecteur vitesse horizontale de valeur $v_0 = 6,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$, entre les armatures horizontales A et B d'un condensateur. Les armatures de longueur ℓ sont distantes de d . On établit entre elles une tension positive $U = V_A - V_B$.
 - Etablir les équations horaires du mouvement dans le champ électrostatique uniforme $\vec{E}$.

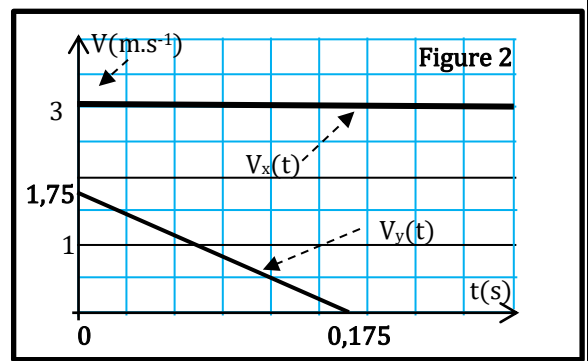
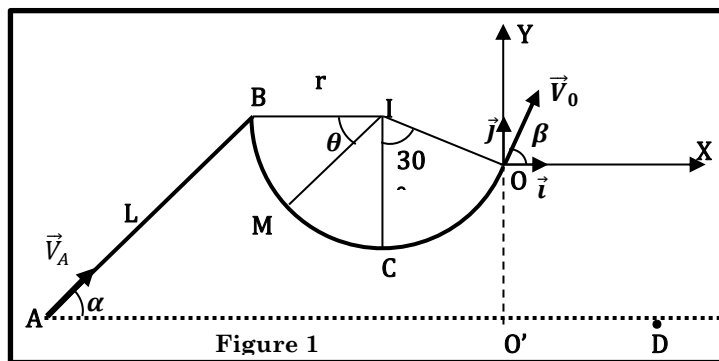


- b) En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire sous la forme $y = k x^2$, où k est une constante fonction de U_0 , U et d .
- c) Donner la condition sur la tension U pour que la particule sorte du champ $\vec{E}$ sans heurter l'une des plaques.
- d) La tension positive entre les plaques A et B est $U = 1500 \text{ V}$
La particule sort elle du champ $\vec{E}$? Si non pourquoi ? Si oui déterminer l'ordonnée y_S du point S à la sortie des armatures ainsi que l'ordonnée y_M du point d'impact sur l'écran.
- Données : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $m = 6,68 \times 10^{-27} \text{ kg}$; $\ell = 4 \text{ cm}$; $d = 2 \text{ cm}$ et $L = l \text{ K} = 40 \text{ cm}$.

Exercice n°3 : (6 points)

Un solide S assimilable à un point matériel de masse $m = 50 \text{ g}$ est en mouvement sur une piste constituée d'une partie rectiligne AB de longueur L , inclinée d'un angle $\alpha = 60^\circ$ par rapport à l'horizontale ; d'une partie circulaire BCO de centre I et de rayon $r = 0,7 \text{ m}$. (voir figure 1).

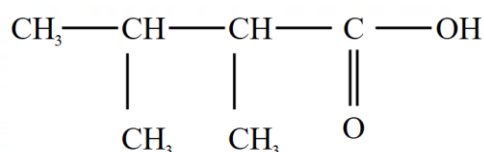
- Le solide S est lancé du point A avec une vitesse $V_A = 6 \text{ m.s}^{-1}$. Il arrive au point B avec une vitesse nulle.
 - Calculer L sachant que l'intensité de la force de frottement s'exerçant sur le solide S est $f = 10^{-2} \text{ N}$.
 - Établir l'expression de l'accélération du solide sur le plan incliné AB en fonction de g , f , m et α puis la calculer.
 - Trouver la durée que met le solide entre A et B.
- Le solide aborde sans vitesse initiale la partie circulaire BCO. Sur cette partie de la piste les frottements sont négligeables et on repère le solide par son abscisse angulaire $\theta = (\widehat{BIM})$.
 - Établir en fonction de r , θ et g (intensité de la pesanteur), l'expression de la vitesse V_M du solide au point M.
 - Établir l'expression de l'intensité de la réaction $\vec{R}$ de la piste sur le solide au point M en fonction de m , θ et g .
 - En déduire la valeur de la vitesse du solide au point O ainsi que celle de la réaction de la piste au point O.
- A la date $t = 0 \text{ s}$, le solide S quitte la piste au point O avec le vecteur vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle β avec l'horizontale. Un traitement informatique de la vidéo avec un logiciel convenable a permis d'obtenir les courbes représentées sur la figure 2. Les courbes $V_x(t)$ et $V_y(t)$ représentent les variations des composantes du vecteur vitesse du ballon dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.
 - Par application de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de $V_x(t)$ en fonction de V_0 et β , puis l'expression de $V_y(t)$ en fonction de V_0 , β , g et t .
 - En exploitant les deux courbes de la figure 2, montrer que $V_0 = 3,5 \text{ m.s}^{-1}$ et $\beta = 30^\circ$.
 - Établir, dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, les équations horaires du mouvement du solide.
 - En déduire l'équation cartésienne de sa trajectoire.
- Le solide passe par le point D appartenant à l'horizontale passant par A.
 - Déterminer l'intensité du vecteur vitesse $\vec{V}_D$ du solide au point D.
 - Calculer la distance O'D



Exercice 1 (8 pts) – Chimie organique

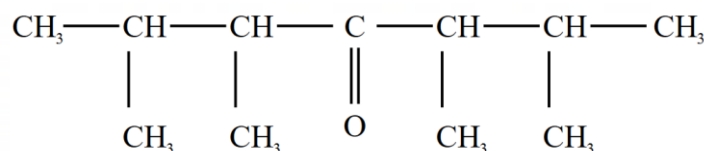
On considère l'acide 2,3-diméthylbutanoïque.

1) Formule développée de l'acide (0,5 pt) :



2) Décarboxylation → composé B (1,5 pts)

- Fonction chimique : cétone 0,5 pt
- Formule semi-développée : 0,5 pt
- Nom: 2,3,5,6-tetraméthylheptan-4-one 0,5 pt



3) Action de SOCl₂ sur A : D (1,5 pt)

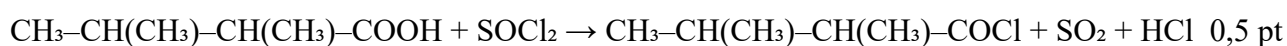
a) Formule de D et nom :

A : CH₃-CH(CH₃)-CH(CH₃)-COOH

D : CH₃-CH(CH₃)-CH(CH₃)-COCl 0,5 pt

Nom : chlorure de 2,3-diméthylbutanoyle. 0,5 pt

b) Équation :



4) Estérification de D par le méthanol → E (1,5 pt)

a) Équation et nature de E :



Fonction de E : **ester**. 0,25 pt

Nom : méthyle 2,3-diméthylbutanoate. 0,25 pt

b) Comparaison avec réaction de A et méthanol : 0,5 pt

- A (acide carboxylique) + méthanol → ester + eau, en milieu acide, réaction lente et limitée (équilibre).
- D (chlorure d'acyle) + méthanol → ester + HCl, réaction rapide et totale (irréversible).

5) Action de P₄O₁₀ sur A → F (0,75 pt)

F : anhydride symétrique de l'acide 2,3-diméthylbutanoïque :

Formule semi-développée : CH₃-CH(CH₃)-CH(CH₃)-CO-O-CO-CH(CH₃)-CH(CH₃)-CH₃. 0,5 pt

Nom : anhydride 2,3-diméthylbutanoïque. 0,25 pt

6) Synthèse de G avec aniline et F (2,25 pts)

Données :

- V₁ (aniline) = 10 mL, ρ = 1,02 kg·L⁻¹ → m = 1,02 × 10⁻² kg = 10,2 g.
- Masse molaire aniline C₆H₅NH₂ : M = 6×12 + 7×1 + 14 = 93 g·mol⁻¹.
- m(F) = 10,7 g.

a) Équation-bilan et nom de G



Formule simplifiée de G: CH₃-CH(CH₃)-CH(CH₃)-CONHC₆H₅.

Nom de G : N-phényl-2,3-diméthylbutanamide 0,25 pt

b) Quantités de matière et réactif limitant

- Aniline : $n(\text{aniline}) = \frac{10,2}{93} \approx 0,11 \text{ mol}$ 0,25 pt
- F : $n(\text{F}) = \frac{10,7}{214} \approx 0,050 \text{ mol}$ 0,25 pt



c) Rendement

Donc $n_{th}(G) = n(F) = 0,050 \text{ mol}$; $M(G) \approx 191 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse théorique de G : $m_{th}(G) = n_{th} \times M(G) \approx 0,050 \times 191 = 9,55 \text{ g}$.

Masse expérimentale : 5,73 g.

Rendement :

$$\eta = \frac{m_{exp}}{m_{th}} \times 100 \approx \frac{5,73}{9,55} \times 100 \approx 60\% \quad 0,5 \text{ pt.}$$

Exercice 2 (6 pts) – Particule α et condensateur

On considère une particule α (He^{2+}) de charge $q = +2e$ et masse $m = 6,68 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

1) Accélération entre P₁ et P₂ (2 pts)

$$U_0 = V_{P2} - V_{P1} = -4000 \text{ V}$$

a) Sens du champ $\vec{E}$

- Sens de $\vec{E}$: $\vec{E}$ est orienté de P₁ vers P₂. 0,5 pt
- Justification avec U_0 et la définition de $\vec{E}$: 0,25 pt

b) Expression et valeur de v'_0

$$\text{Énergie : } qU_0 = \frac{1}{2}mv_0'^2 \Rightarrow v'_0 = \sqrt{\frac{2q|U_0|}{m}}. \quad 0,5 \text{ pt}$$

Avec $q = 2e = 2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $|U_0| = 4000 \text{ V}$:

$$v'_0 = \sqrt{\frac{2 \times 2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 4000}{6,68 \times 10^{-27}}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow v'_0 \approx 6,2 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}. \quad 0,25 \text{ pt}$$

c) Nature du mouvement entre O' et O

$\Delta E_c = 0$ donc le mouvement est **rectiligne uniforme**. 0,25 pt

2) Mouvement entre plaques A et B (4 pts)

a) Équations horaires 1 pt

- $x(t) = v_0 t$.
- $y(t) = \frac{1}{2}a_y t^2 = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2$.

b) Equation trajectoire 1 pt

$$\text{Élimination de } t : t = \frac{x}{v_0} \Rightarrow y = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = \left(-\frac{qU}{2mdv_0^2}\right) x^2 \text{ donc } y = kx^2 \text{ avec } k = -\frac{qU}{2mdv_0^2} = -\frac{eU}{mdv_0^2}.$$

c) Condition pour ne pas heurter une plaque 1,5pt

$$\text{La particule traverse la longueur } \ell \text{ de plaques : } x = \ell \text{ l'ordonnée en sortie : } y_s = k\ell^2 = -\frac{qU}{2mdv_0^2} \ell^2.$$

$$\text{Pour qu'elle ne touche pas B, il faut } y_s \geq -\frac{d}{2} \Rightarrow \frac{qU}{2mdv_0^2} \ell^2 \leq \frac{d}{2} \rightarrow U \leq \frac{md^2v_0^2}{q\ell^2} = \frac{2d^2|U_0|}{\ell^2} = 2000 \text{ V}.$$

d) Cas $U = 1500 \text{ V} < 2000 \text{ V}$ donc elle sort du champ 0,5 pt

$$y_s = k\ell^2 = -\frac{qU}{2mdv_0^2} \ell^2 = -75 \cdot 10^{-4} \text{ m}. \quad 0,5 \text{ pt}$$

$$y_M = \frac{2Ly_s}{\ell} = -15 \cdot 10^{-2} \text{ m}. \quad 0,5 \text{ pt}$$

Exercice 3 (6 pts) – Mécanique sur piste puis projectile

On a $m = 50 \text{ g} = 0,050 \text{ kg}$, plan incliné d'angle $\alpha = 60^\circ$, rayon $r = 0,7 \text{ m}$.

1) Mouvement sur AB avec frottement (2 pts)

a) Calcul de L



$$-\frac{1}{2}mv_A^2 = -mgL\sin\alpha - fL \Rightarrow L = \frac{mv_A^2}{2(mg\sin\alpha + f)} = 2m \quad 1 \text{ pt}$$

b) Accélération sur AB

Sur le plan incliné, $\sum \vec{F} = m\vec{a}$.

Composante suivant le plan :

$$-mg\sin\alpha - f = ma \text{ donc } a = -g\sin\alpha - \frac{f}{m} = -8,86 \text{ m.s}^{-2} \quad 0,5 \text{ pt}$$

c) Durée de descente entre A et B

Mouvement uniformément décéléré (car v diminue jusqu'à 0).

$$\text{Relation : } v_B = v_A + at, \text{ avec } v_B = 0 \Rightarrow t = -\frac{v_A}{a} = -\frac{6}{-8,86} = 0,68s \quad 0,5 \text{ pt}$$

2) Partie circulaire BCO (2 pts)

a) Vitesse au point M

$$\frac{1}{2}mv_M^2 = +mgr\sin\theta, \text{ on obtient : } v_M^2 = 2gr.\sin\theta. \quad 0,5 \text{ pt}$$

b) Réaction de la piste au point M

$$R - mg\sin\theta = m\frac{v_M^2}{r}. \text{ En remplaçant } v_M^2 \text{ trouvé plus haut, on peut obtenir donc } R = 3mg\sin\theta. \quad 1 \text{ pt}$$

c) Au point O ($\theta = 120^\circ$)

- $R_0 = 3mg\sin(120) = 1,3N \quad 0,25 \text{ pt}$
- Vitesse : $v_0 = \sqrt{2gr.\sin(120)} = 3,5 \text{ m/s}. \quad 0,25 \text{ pt}$

3) Mouvement de projectile après O (1,5 pt)

a) Expressions de $V_x(t)$ et $V_y(t)$

- Direction x : pas d'accélération $\rightarrow V_x(t) = v_0\cos\beta. \quad 0,25 \text{ pt}$
- Direction y : $a_y = -g \rightarrow V_y(t) = v_0\sin\beta - gt. \quad 0,25 \text{ pt}$

b) Exploitation des courbes (figure 2)

Le graphe $V_x(t)$ constant permet de lire $v_0\cos\beta = 3 \text{ m.s}^{-1}$.

Le graphe $V_y(t)$ linéaire donne l'ordonnée à l'origine $v_0\sin\beta = 1,75 \text{ m.s}^{-1}$ et la pente $-g$

$$\text{On en déduit } \tan\beta = \frac{1,75}{3} \Rightarrow \beta \approx 30^\circ \text{ et } v_0 \approx 3,5 \text{ m.s}^{-1} \quad 0,25 \text{ pt}$$

c) Équations horaires

On pose O comme origine, $t = 0$ à la sortie.

- $x(t) = v_0\cos\beta t. \quad 0,25 \text{ pt}$
- $y(t) = v_0\sin\beta t - \frac{1}{2}gt^2. \quad 0,25 \text{ pt}$

d) Équation cartésienne de la trajectoire

$$\text{Élimination du temps : } t = \frac{x}{v_0\cos\beta} \Rightarrow y = x\tan\beta - \frac{g}{2v_0^2\cos^2\beta}x^2. \quad 0,25 \text{ pt}$$

4) Passage par D (0,5 pt)

a) Calcul de V_D

$$\frac{1}{2}mV_D^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = mg(L\sin\alpha - r\cos 30) \Rightarrow V_D = \sqrt{V_0^2 + 2g(L\sin\alpha - r\cos 30)} = 5,8 \text{ m/s} \quad 0,25 \text{ pt}$$

b) distance O'D

$$y_D = -(L\sin\alpha - r\cos 30) = x_D\tan\beta - g\frac{x_D^2}{2V_0^2\cos^2\beta} \Rightarrow x_D = O'D = 2,06 \text{ m} \quad 0,25 \text{ pt}$$

