Métropole 2010 EXERCICE I : DES ÉCRITS D'ILLUSTRES SCIENTIFIQUES (6,5 points)
Correction © http://labolycee.org

En cas d'erreur, merci de nous écrire labolycee@labolycee.org

1. Texte de Marcellin Berthelot

1.1. Étude des quantités de matière des réactifs

1.1.1. Quantité initiale d'acide éthanoïque : $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\rho_1.V_1}{M_1}$ soit $n_1 = \frac{1{,}05 \times 57}{60{,}0}$ = **1,0 mol**

(avec deux chiffres significatifs)

1.1.2. Quantité initiale d'éthanol: $n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{\rho_2.V_2}{M_2}$ soit $n_2 = \frac{0{,}79 \times 58}{46{,}0}$ = **1,0 mol**

Comme $n_1 = n_2$, les quantités initiales d'acide et d'alcool sont égales : le mélange est équimolaire.

1.2. Étude du milieu réactionnel au bout de six mois

1.2.1. Équation d'estérification :

Acide éthanoïque éthanol éthanoate d'éthyle eau

1.2.2. Équation de dosage de l'acide restant : $CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

1.2.3. A l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques de l'équation de dosage :
$n_R = n(HO^-)_{\text{versée à l'équivalence}}$
$\mathbf{n_R} = C_B \,.\, V_E$
$n_R = 1{,}00 \times 12{,}0\times10^{-3}$ = $\mathbf{1{,}20\times10^{-2}}$ **mol**
Ainsi V = 2,0 mL du mélange réactionnel contient $n_R = 1{,}20\times10^{-2}$ mol d'acide.

1.2.4. Le mélange réactionnel a un volume total : $\mathbf{V_{tot}} = V_1 + V_2 = 57 + 58 =$ **115 mL**.
En supposant le volume constant :
V = 2,0 mL ⇔ $n_R = 1{,}20\times10^{-2}$ mol
V_{tot} = 115 mL ⇔ n_R' = ?

$n_R' = \frac{1{,}20\times10^{-2}\times115}{2{,}0}$ = **0,69 mol**

1.2.5. tableau d'avancement simplifié :

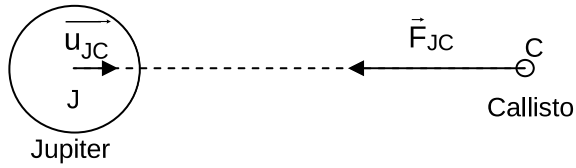
	avancement	acide +	alcool =	ester +	eau
EI	x = 0	$n_1 = 1{,}0$	$n_2 = 1{,}0$	0	0
En cours	x	1,0 - x	1,0 - x	x	x
t = 6mois	x_{6m}	1,0 - x_{6m}	1,0 – x_{6m}	x_{6m}	x_{6m}

Quantité d'acide au bout de six mois $\mathbf{n_R'}$ **= 0,69 mol**
$n_R' = n_1 - x_{6m}$, ainsi $x_{6m} = n_1 - n_R'$
$\mathbf{x_{6m}}$ **= 1,0 – 0,69 = 0,31 mol**
Quantité d'éthanol au bout de six mois : **n(ol) =** $\mathbf{n_R'}$ **= 1,0 –** $\mathbf{x_{6m}}$ **= 0,69 mol**
Quantités d'ester et d'eau formés : **n(ester) = n(eau)** = x_{6m} = **0,31 mol**.

1.2.6. Ainsi la connaisance des quantités initiales des réactifs et de la quantité d'acide restant à un instant de la transformation, permet de déterminer l'avancement x et donc les quantités des trois autres espèces chimiques au même instant.
La quantité de matière étant liée à la masse, « **il suffit de déterminer exactement la masse d'un seul d'entre eux, à un moment quelconque des expériences, pour en déduire toutes les autres, pourvu que l'on connaisse les masses des matières primitivement mélangées ».**

2. Texte d'Issac Newton

2.1. Force $\vec{F}_{JC}$ exercée par Jupiter sur Callisto :



2.2. La force exercée par Jupiter sur Callisto est orientée vers le centre de Jupiter (« tend au centre de Jupiter ») et est inversement proportionnelle au carré de la distance entre le centre de Jupiter et celui de Callisto (« est en raison réciproque des carrés de leurs distances à ce centre »).

2.3. $\vec{F}_{JC} = -G.\frac{M_J.M_C}{r^2}.\vec{u}_{JC}$

2.4. Le système est Callisto et son mouvement est étudié dans le référentiel « jovicentrique » supposé galiéen.

La deuxième de Newton donne : $\vec{F}_{JC} = M_C.\vec{a}_C$

Donc : $-G.\frac{M_J.M_C}{r^2}.\vec{u}_{JC} = M_C.\vec{a}_C$

soit finalement : $\boxed{\vec{a}_C = -G.\frac{M_J}{r^2}.\vec{u}_{JC}}$

2.5. Le mouvement est circulaire (de rayon r) et uniforme (vitesse v_C) donc : $\boxed{a_C = \frac{v_C^2}{r}}$

2.6. La norme du vecteur accélération de la question 2.4 est : $a_C = G.\frac{M_J}{r^2}$.

En utilsant la relation obtenue à la question 2.5 il vient : $G.\frac{M_J}{r^2} = \frac{v_C^2}{r}$ soit $v_C^2 = G.\frac{M_J}{r}$

Soit finalement, en ne conservant que la solution positive : $\boxed{v_C = \sqrt{G.\frac{M_J}{r}}}$.

2.7. Étude de la période de révolution du satellite Callisto autour de Jupiter

2.7.1. Le périmètre 2.π.r de la trajectoire circulaire est parcouru pendant la période de révolution T_C à la vitesse v_C telle que : $v_C = \frac{2.\pi.r}{T_C}$ soit, en élevant au carré : $v_C^2 = \frac{4.\pi^2.r^2}{T_C^2}$.

Avec la relation obtenue au 2.6 : $v_C^2 = G.\frac{M_J}{r}$ il vient : $\frac{4.\pi^2.r^2}{T_C^2} = G.\frac{M_J}{r}$ soit : $T_C^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{G.M_J}$

Soit finalement, en ne conservant que la solution positive : $T_C = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{G.M_J}} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M_J}}$.

2.7.2. $T_C = 2\pi\sqrt{\frac{\left(1{,}88\times10^6\times10^3\right)^3}{6{,}67\times10^{-11}\times1{,}90\times10^{27}}}$ = 1,44 × 10^6 s = 16,65 j = 16 j 16 h.

3. Texte de Galilée

3.1. Étude de la trajectoire des satellites de Jupiter observés par Galilée.

3.1.1. Le figure 1 correspond au croquis (a) :

- on ne voit que trois des quatre satellites
- deux satellites sont à gauche de Jupiter (Callisto et Europe) et un autre est à droite (Ganymède).

3.1.2. Lorsqu'un satellite passe derrière Jupiter, Galilée ne peut pas l'apercevoir dans sa lunette. C'est la raison pour laquelle, selon la configuration des satellites, il ne les observe pas tous en même temps.

3.1.3. Vue par Galilée, la trajectoire des satellites est un segment de droite.

3.2. Étude de la période de révolution de Callisto autour de Jupiter.

3.2.1. D'après la figure 1, le satellite Callisto est celui qui a le plus grand rayon orbital, c'est pourquoi à certaines dates, Callisto apparaît le plus éloigné de Jupiter pour Galilée.

3.2.2.a. Callisto est à nouveau le plus éloigné à l'est de Jupiter, le 27 février 1610.

3.2.2.b. La période de révolution est donc de 27 – 11 = 16 jours.

Cela est compatible avec la valeur trouvée à la question 2.7.2. (16 j 16 h).