CPF

Collège Protestant Français

Laboratoires de sciences physiques et chimiques

Baccalauréat blanc 2011

Sujet obligatoire - Corrigé

EXERCICE N°1 : « On a marché sur la Lune » (11 points)

A. Première partie : « Les Dupond(t) coupent le moteur »

1. Donner l'expression de la force de gravitation $\vec{F}$ qui s'exerce sur le système. Définir tous les termes utilisés et représenter cette force sur le schéma de l'annexe n°1.

$$\boxed{\vec{F} = -G.\frac{m_p.M_T}{(R_T+h)^2}.\vec{u}}$$

avec :

G : constante de gravitation universelle (S.I)

m_P : masse du système (en kg)

M_T : masse de la Terre (en kg)

R_T : rayon de la Terre (en m)

h : altitude (en m)

$\vec{u}$: vecteur unitaire orienté de T vers P

Cette force, appliquée en P, est de direction verticale et orientée vers le bas.

2. Dans le cas où le <u>moteur est coupé</u> (impesanteur), appliquer la deuxième loi de Newton au système et en déduire l'expression littérale de la valeur a_P du vecteur accélération du système.

Deuxième loi de Newton appliquée au professeur Tournesol : $\vec{F} = m_P.\vec{a_P} = -G.\frac{m_p.M_T}{(R_T+h)^2}.\vec{u}$.

En valeur : $\boxed{a_P = G.\frac{M_T}{(R_T+h)^2}}$

3. a) Représenter la force $\vec{R}$ sur le schéma de l'annexe n°1.

Cette force, appliquée en P, est de direction verticale et orientée vers le haut.

b) Appliquer la deuxième loi de Newton au système et en déduire l'expression littérale de la valeur a'_P du vecteur accélération du système.

Deuxième loi de Newton appliquée au professeur tournesol : $\vec{F} + \vec{R} = m_P.\vec{a'_P} = -G.\frac{m_p.M_T}{(R_T+h)^2}.\vec{u} + m_P.g_0.\vec{u}$

En valeur : $\boxed{a'_P = g_0 - G.\frac{m_p.M_T}{(R_T+h)^2}}$ (car $\vec{F}$ et $\vec{R}$ ont la même direction et des sens contraires).

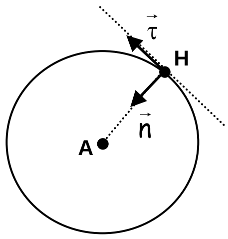
B. Deuxième partie : « Le Capitaine Haddock se prend pour un oiseau »

Expliquer pourquoi le capitaine Haddock avance à la même vitesse que la fusée.

La fusée ne subit aucune action extérieure : d'après le principe d'inertie, elle est animée d'un mouvement rectiligne uniforme. Quand le capitaine Haddock quitte la fusée, son vecteur vitesse est celui de la fusée et il se trouve, lui aussi, animé du même mouvement rectiligne uniforme.

C. Troisième partie : « Le satellite Haddock »

1. a) Dans le référentiel choisi, définir une base de Frenet et la représenter sur un schéma.



Une base de Frenet est un repère mobile constitué d'une origine et de deux vecteurs unitaires :

- l'origine est la position du centre d'inertie H du système à une date t,
- le vecteur unitaire $\vec{\tau}$ est tangent à la trajectoire au point H et dirigé dans le sens du mouvement,
- le vecteur unitaire $\vec{n}$ est normal à la trajectoire au point H et dirigé vers le centre de cette trajectoire.

b) Dans cette base de Frenet, donner l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_H$ du système.

$\vec{a}_H = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ soit $\boxed{\vec{a}_H = \frac{dv}{dt}.\vec{\tau} + \frac{v^2}{r}\vec{n}}$ (v : valeur de la vitesse du capitaine Haddock).

2. Exprimer et calculer la valeur v_H du vecteur vitesse du capitaine Haddock sur son orbite.

Deuxième loi de Newton appliquée au capitaine Haddock : $\vec{f} = m_H.\vec{a}_H$ (avec $\vec{f}$ la force de gravitation exercée par Adonis sur le capitaine Haddock).

Cette force de gravitation est radiale centripète donc : $m_H.\vec{a}_H = G.\frac{M_A.m_H}{r^2}.\vec{n}$ et $\vec{a}_H = G.\frac{M_A}{r^2}.\vec{n}$

Par identification avec l'expression de la question 1.b : $\frac{v_H^2}{r} = \frac{G.M_A}{r^2}$ => $\boxed{v_H = \sqrt{G.\frac{M_A}{r}}}$

Soit : $\mathbf{v_H} = \sqrt{6,67\times10^{-11}\times\frac{1,0\times10^{12}}{2,0\times10^{3}}}$ = **$1,8 \times 10^{-1}$ m.s^{-1}**

3. Exprimer et calculer la période de révolution T_H du capitaine Haddock autour d'Adonis.

Le mouvement du capitaine haddock étant circulaire uniforme, la période de révolution est donnée par : $T_H = \frac{2\pi}{\omega}$ et $T_H = \frac{2\pi.r}{v_H}$ (avec ω vitesse angulaire : $\omega = \frac{v}{r}$) => $\boxed{T_H = 2\pi.\sqrt{\frac{r^3}{G.M_A}}}$

Soit : $\mathbf{T_H} = 2\pi\times\sqrt{\frac{(2,0\times10^3)^3}{6,67\times10^{-11}\times1,0\times10^{12}}}$ = **$6,9 \times 10^4$ s**

D. Quatrième partie : « Quelle est la longueur de la barbe des Dupond(t) ? »

1. Exploitation du graphe en annexe n°2

a) Quelle est la nature des oscillations de Milou ?

Les oscillations de Milou sont périodiques et sinusoïdales. L'oscillateur ainsi constitué est un oscillateur harmonique car il n'y a pas d'amortissement.

b) Quelle est l'élongation angulaire initiale θ_0 des oscillations du pendule ?

Le graphe montre qu'à t = 0, $\theta_0 = 0$ (Milou se trouve alors à la position d'équilibre).

c) Déterminer sans calcul, la direction et le sens du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ de Milou.

Peu après la date t = 0, l'élongation angulaire est négative. Milou se déplace donc de droite à gauche et le vecteur vitesse initiale est horizontale et dirigé vers la gauche.

d) Déterminer graphiquement la période T_0 des oscillations.

Graphiquement, on trouve : **T_0 = 7,0 s**

e) On suppose que $T_0 = 2.\pi.\ \ell^{\alpha}.m_M^{\beta}.g_L^{\gamma}$. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'expression de T_0.

Si on suppose que $T_0 = 2.\pi.\ \ell^{\alpha}.m_M^{\beta}.g_L^{\gamma}$ on doit avoir $[T_0] = T = [2.\pi.L^{\alpha}.m_M^{\beta}.g_L^{\gamma}]$

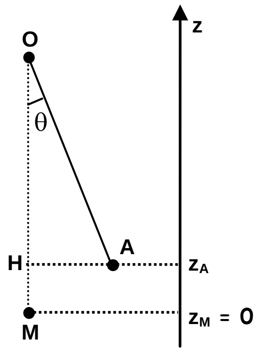
$[2\pi] = 1$; $[L^{\alpha}] = L^{\alpha}$; $[m_M^{\beta}] = M^{\beta}$; $[g_L] = L.T^{-2}$ => $[g_L]^{\gamma} = L^{\gamma}.T^{-2\gamma}$. Donc : $[2.\pi.L^{\alpha}.m_M^{\beta}.g_L^{\gamma}] = 1.L^{\alpha+\gamma}.M^{\beta}.T^{-2\gamma}$

On cherche α, β et γ tels que $L^{\alpha+\gamma}.M^{\beta}.T^{-2\gamma} = T$, soit : $\alpha + \gamma = 0$; $\beta = 0$; $-2\gamma = 1$

On a alors : $\beta = 0$ et $\gamma = -\dfrac{1}{2}$ => $\alpha = \dfrac{1}{2}$. Finalement : $T_0 = 2.\pi.L^{\alpha}.m_M^{\beta}.g_L^{\gamma} = 2.\pi.\ell^{\frac{1}{2}}.g_L^{-\frac{1}{2}}$ => $\boxed{T_0 = 2\pi.\sqrt{\dfrac{l}{g_L}}}$

f) En déduire la valeur de la longueur ℓ de la barbe des Dupondt.

$T_0 = 2\pi.\sqrt{\dfrac{l}{g_L}}$ => $T_0^2 = 4\pi^2.\dfrac{l}{g_L}$ et $\boxed{\ell = \dfrac{T_0^2.g_L}{4\pi^2}}$ soit : $\ell = \dfrac{(7,0)^2 \mathrm{x} 1,6}{4\pi^2}$ = **2,0 m**



2. <u>Exploitation du graphe en annexe n°3</u>

a) Démontrer que l'énergie potentielle de pesanteur s'exprime par : $E_p = m_M.g_L.\ell.(1 - \cos\theta)$.

$E_p = m_M.g_L.z_A = m_M.g_L.(OM - OH)$

Or : $OM = \ell$ et $OH = \ell.\cos\theta$ => $\boxed{E_P = m_M.g_L.\ell.(1 - \cos\theta)}$

b) Identifier les trois courbes.

Courbe 2 : l'énergie représentée est constante. Il s'agit de l'énergie mécanique E. En effet, le système est conservatif (pas d'amortissement dû à des frottements). La vitesse initiale n'est pas nulle et $\theta_0 = 0$: on en déduit que l'énergie cinétique initiale est non nulle et que l'énergie potentielle de pesanteur initiale est nulle.

Courbe 1 : l'énergie représentée est nulle à l'instant initial. Il s'agit de l'énergie potentielle de pesanteur.

Courbe 3 : l'énergie représentée est maximal à l'instant initial. Il s'agit de l'énergie cinétique.

c) Déterminer la valeur maximale v_{max} de la vitesse de Milou.

La vitesse de Milou est maximale lorsque son énergie cinétique est maximale.

On a alors : $E_c = E = \dfrac{1}{2}m_M.v_{max}^2$ => $\boxed{v_{max} = \sqrt{\dfrac{2E}{m_M}}}$

On lit E = 0,24 J sur la courbe n°1, soit : $\mathbf{v_{max}} = \sqrt{\dfrac{2 \times 0,24}{5,0}}$ = **3,1 x 10^{-1} m.s^{-1}**

d) En utilisant l'expression de la question a, déterminer la valeur de l'amplitude θ_m des oscillations. Le résultat est-il en cohérence avec le graphe de l'annexe n°2 ?

La valeur de θ est maximale lorque l'énergie potentielle de pesanteur est maximale.

On a alors : $E_p = E = m_M.g_L.\ell.(1 - \cos\theta_{max})$ => $\boxed{\cos\theta_{max} = 1 - \dfrac{E}{m_M.g_L.l}}$

Soit : $\cos\theta_{max} = 1 - \dfrac{0,24}{5,0 \times 1,6 \times 2,0}$ = 0,985 et $\boldsymbol{\theta_{max}}$ = **10°** ou 0,175 rad (valeur que l'on peut lire sur le graphe de l'annexe n°2… donc le résultat est cohérent).

e) Quelle est la période T de l'évolution des énergies cinétique et potentielle ? Le résultat est-il en cohérence avec la valeur de T_0 ?

La période de l'évolution des énergies potentielle et cinétique est **T = 3,5 s**, soit $T = \dfrac{T_0}{2}$.

C'est cohérent dans la mesure où le mouvement se fait de part et d'autre de la verticale : à ce titre, Milou passe deux fois par période T_0 par sa position d'équilibre ($E_c = E$ et $E_p = 0$) et en des points tels que $\theta = \pm\,\theta_{max}$ ($E_c = 0$ et $E_p = E$).

<u>EXERCICE N°2</u> : « Dosage de la vitamine C » (4 points)

1. Faire l'inventaire de la <u>verrerie</u> et des <u>appareils</u> nécessaires au dosage.

Verrerie : un bécher, 1 burette graduée, une pipette jaugée de 10,0 mL

Appareils : pH-mètre, agitateur magnétique.

2. a) Exprimer la constante d'acidité K_A du couple de la vitamine C (noté $HA_{(aq)}/A^-_{(aq)}$) et en déduire une relation liant le pH, les concentrations des deux espèces conjuguées et le pK_A du couple.

Par définition, la constante d'acidité K_A est la constante d'équilibre de la réaction de mise en solution de l'acide dans l'eau : $AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = A^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$ soit $\boxed{K_A = \dfrac{[H_3O^+]_{éq}[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}}$

Alors : $-\log K_A = -\log[H_3O^+]_{éq} - \log\dfrac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ => $pK_A = pH - \log\dfrac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}$ et $\boxed{pH = pK_A + \log\dfrac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}}}$

b) En déduire la nature de l'espèce prédominante dans le jus de poivron.

Le graphe de l'annexe n°4 permet d'obtenir le pH du jus de poivron frais (point de la courbe correspondant à un volume de soude versé nul). On trouve : pH = 3,1.

Soit le diagramme de prédominance des espèces pour le couple de l'acide ascorbique :

AH prédomine | **A^- prédomine** → **pH**

pK_A = 4,1

Pour un pH = 3,1 la forme prédominante est l'acide ascorbique AH.

3. a) Écrire l'équation chimique de la réaction du dosage. Quel est le nom de la base conjuguée de l'acide ascorbique ?

$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ $A^-_{(aq)}$ est l'ion ascorbiate.

b) Déterminer puis calculer la constante d'équilibre de la réaction. Que peut-on déduire de la valeur obtenue ?

$K = \dfrac{[A^-]_{éq}}{[AH]_{éq}[HO^-]_{éq}}$ => $K = \dfrac{[A^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq}[HO^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}} = \dfrac{K_A}{K_e} = \dfrac{10^{-pK_A}}{10^{-pK_e}}$ soit $\boxed{K = 10^{pK_e - pK_A}}$

Soit : **K** = $10^{14-4,1} = 10^{9,9}$ = $\mathbf{7{,}9 \times 10^9}$.

Cette constante d'équilibre est très grande (supérieure à 10+4,0) : on peut donc supposer que la réaction étudiée est totale.

4. En considérant le système chimique défini par le point de coordonnées (V_B = 13 mL ; pH = 4,5), montrer que la réaction de dosage est quasi-totale.

On étudie l'équilibre chimique atteint lorsqu'on a ajouté une quantité de matière : $n(HO^-)_0 = c_B.V_B$

Soit : $n(HO^-)_0 = 6{,}0 \times 10^{-3} \times 13 \times 10^{-3} = 78 \times 10^{-6}$ mol ou 78 μmol d'ions hydroxyde (réactif limitant).

A l'équilibre : $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ et $K_e = [HO^-]_{éq}[H_3O^+]_{éq}$ Alors : $[HO^-]_{éq} = \dfrac{K_e}{[H_3O^+]_{éq}} = \dfrac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pK_e}$

La quantité de matière d'ions hydroxyde à l'équilibre est donc :

$n(HO^-)_{éq} = [HO^-]_{éq}.(V_A + V_B) = 10^{pH-pKe}.(V_A + V_B)$ soit : $n(HO^-)_{éq} = 10^{4,5-14} \times 23 \times 10^{-3} = 7{,}3 \times 10^{-12}$ mol

Cette quantité de matière est négligeable : $n(HO^-)_{éq} \ll n(HO^-)_0$. Tous les ions hydroxyde ont été consommés et on peut considérer que la réaction est totale.

5. a) <u>Graphiquement</u>, déterminer les coordonnées du point d'équivalence E. Sans autre justification, donner le nom de la méthode utilisée.

On utilise la méthode des tangentes parallèles. On trouve $\mathbf{V_{BE}}$ **= 18,3 mL** et $\mathbf{pH_E}$ **= 7,9**

b) Quelle est le nom de la solution dans le milieu réactionnel à l'équivalence ? La valeur obtenue pour pH_E est-elle en cohérence avec la nature de cette solution ?

A l'équivalence, les espèces majoritaires sont les ions ascorbiate et les ions sodium : il s'agit donc d'une solution d'ascorbiate de sodium.

c) En déduire la concentration massique t_A (en $g.L^{-1}$) en vitamine C du jus de poivron.

A l'équivalence, la quantité de matière d'ions hydroxyde apportés par la solution titrante est égale à la quantité de matière de molécules d'acide ascorbique initialement placées dans le bécher :

$n(AH)_0 = n(HO^-)_E \Rightarrow c_A.V_A = c_B.V_{BE} \Rightarrow c_A = \dfrac{c_B.V_{BE}}{V_A}$

La concentration massique t_A s'exprime par : $t_A = c_A.M \Rightarrow \boxed{t_A = \dfrac{c_B.V_{BE}}{V_A}.M}$

Soit : $\mathbf{t_A} = \dfrac{6,0\times10^{-3}\times18,3}{10,0} \times 176 = \mathbf{1,9\ g.L^{-1}}$

d) Calculer la masse m_c de vitamine C contenue dans une masse m_p = 100g de poivron. La valeur trouvée est-elle compatible avec les teneurs annoncées dans le texte ?

$m_c = t.V_{jus} = t.\dfrac{m_{jus}}{\rho}$. Or, le jus ne représente que 90% de la masse du poivron : $m_{jus} = 0,90.m_p$

Donc : $\boxed{m_c = \dfrac{0,90.t.m_p}{\rho}}$ soit : $\mathbf{m_c} = \dfrac{0,90\times1,9\times100}{1,0\times10^3} = \mathbf{0,17\ g}$

Le texte parle de teneur moyenne en vitamine C comprise entre 160 mg et 200 mg, ce qui est cohérent avec la valeur trouvée.

EXERCICE N°3 : « Etude cinétique de la dégradation de la vitamine C » (5 points)

A. Première partie : préparation de la solution de diiode

1. a) Exprimer la concentration c_0 en diiode de la solution S_0 en fonction de la masse m = 5,0 g de diiode utilisé, de la masse molaire M_2 du diiode, de ρ_0 et de m_0.

Par définition : $c_0 = \dfrac{n(I_2)}{V_0}$ avec $n(I_2) = \dfrac{m}{M_2}$ et $V_0 = \dfrac{m_0}{\rho_0}$ $\Rightarrow$ $\boxed{c_0 = \dfrac{m.\rho_0}{M_2.m_0}}$

b) Calculer la concentration c_0.

D'où $\mathbf{c_0} = \dfrac{5,0\times888}{254\times100} = \mathbf{1,7\times10^{-1}\ mol.L^{-1}}$ (avec : m_0 = 5,0 + 3,0 + 85 + 7,0 = 100 g)

2. a) Calculer le volume V'_0 du prélèvement de solution S_0 nécessaire à la préparation de la solution S.

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve : $n(I_2)_{S_0} = n(I_2)_S$

$\Rightarrow c_0.V'_0 = c.V = \dfrac{c_0}{50}.V$ et $\boxed{V'_0 = \dfrac{V}{50}}$ soit : $\mathbf{V'_0} = \dfrac{200}{50} = \mathbf{4,0\ mL}$

b) Dans le tableau en annexe, cocher les cases de la verrerie <u>indispensable</u> à la dilution (ne pas justifier).

On doit utiliser une pipette graduée de 5,0 mL et une fiole jaugée de 200 mL.

B Deuxième partie : suivi cinétique de la dégradation de la vitamine C dans les jus de fruits

1. Écrire les demi-équations correspondant aux couples mis en jeu. En déduire l'équation de la réaction de titrage.

Les demi-équations électroniques sont :

Couple I_2/I^- : $I_2 + 2e^- = 2\ I^-$

Couple : $C_6H_6O_6/C_6H_8O_6$: $C_6H_6O_6 + 2\ H^+ + 2\ e^- = C_6H_8O_6$

Equation de la réaction du titrage : $\mathbf{C_6H_8O_{6(aq)} + I_{2\,(aq)} = C_6H_6O_{6\,(aq)} + 2\ H^+_{(aq)} + 2\ I^-_{(aq)}}$

2. *a) Quel est le rôle de l'empois d'amidon ?*

L'empois d'amidon est l'indicateur de fin de dosage. En effet, à l'équivalence du dosage, le mélange réactionnel ne contient plus d'acide ascorbique et lempois d'amidon se colore en bleu du fait de l'excès de diiode.

b) Définir la vitesse volumique de réaction.

La vitesse volumique v de la réaction à la date t, est le rapport entre la dérivée de l'avancement par rapport au temps à cette date, et le volume V_1 de la solution. Ainsi : $\boxed{v = \dfrac{1}{V_1}\left(\dfrac{dx}{dt}\right)_t}$

c) Après avoir justifié graphiquement l'évolution de la vitesse, interpréter cette évolution en terme de facteurs cinétiques.

La vitesse v est proportionnelle à $\left(\frac{dx}{dt}\right)_t$, coefficient directeur de la tangente à la courbe x(t). Au cours du temps, ce coefficient directeur diminue jusqu'à s'annuler lorsque la réaction est terminée.
La concentration en réactifs étant un facteur cinétique, cette évolution s'explique par une diminution de la concentration en réactifs, ceux-ci étant consommés lors de la réaction.

d) Définir et déterminer le temps $t_{1/2}$ de demi-réaction.

Par définition, le temps de demi réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement a atteint la moitié de sa valeur finale.
D'après le graphe donné en annexe n°6, on constate qu'après 500 minutes l'avancement n'évolue plus. On en déduit que la valeur finale de l'avancement est x_f = 35 µmol. Le temps de demi-réaction est donc l'abscisse du point de la courbe x(t) d'ordonnée $\frac{x_f}{2} = 17,5 \mu mol$.

Graphiquement on trouve : $\mathbf{t_{1/2}}$ **= 70 min**

e) Sachant que le taux d'avancement final de la dégradation de la vitamine C est identique pour les trois jus de fruits, indiquer pour quel jus de fruit la fin de la réaction sera atteinte le plus rapidement.

La concentration en réactifs étant un facteur cinétique, la fin de la réaction sera atteinte le plus rapidement pour le jus de fruits qui contient le plus d'acide ascorbique par unité de volume de boisson, c'est-à-dire pour le jus d'orange.

C. Troisième partie : influence de certains facteurs cinétiques

1. Certaines de ces réactions sont-elles photochimiques ?

Le texte indique que la vitamine C se dégrade facilement à la lumière. La dégradation de la vitamine C peut donc faire intervenir des réactions photochimiques.

2. Expliquer pour quelle raison il convient de conserver les jus de fruits à très basse température.

La température est un facteur cinétique. Plus elle est faible, plus la réaction de dégradation de la vitamine C sera lente. En conservant les jus de fruit à basse température, on en préserve la vitamine C plus longtemps.

3. Comment le modèle microscopique d'une réaction chimique permet-il de justifier cette précaution ?

La température dans un système est directement liée à l'agitation des corpuscules qui constituent ce système. Plus la température est élevée, plus l'agitation est importante et plus la vitesse moyenne de déplacement des réactifs est grande. Cela augmente la probabilité d'avoir des chocs efficaces entre les réactifs. La réaction est alors plus rapide.

4. Tracer, sur le graphe de l'annexe n°6, l'allure des courbes 2 et 3 obtenues lors de la dégradation de la vitamine C dans le jus de pamplemousse pour des températures respectives θ_2 = 5°C et θ_3 = 70°C.

La température étant un facteur cinétique, plus celle-ci est élevée et plus la limite de la réaction est atteinte rapidement.