Correction National SM 2021

Chimie (7pts)

session normal

Partie I : à propos de l'acide formique

Type your text

1. Quantité de matière d'acide méthanoique :
$n_i = \dfrac{m}{M(HCOOH)} = \dfrac{\rho.0,5.V_i}{M(HCCOH)} \Rightarrow \boxed{n_i \simeq 7,96.10^{-2}\,mmol}$
2. L'hydrogénocarbonate de sodium.
   2.1 Equation de la réaction avec l'acide méthanoique (Réaction totale) :
$$HCO_3^- + HCOOH \longrightarrow CO_2 + H_2O + HCOO^-$$
   2.2 Masse d'hydrogénocarbonate de sodium nécessaire pour réagir complétement avec n_i de la acide :
$n(HCO3-) = n_i \Rightarrow m = n(HCO_3^-).M(NaHCO_3) = n_i.M(NaHCO_3) \Rightarrow \boxed{m \simeq 6,69\,mg}$
3. Solution S_2
   3.1 ⋆ Pourcentage de molécules d'acide méthanoique (taux d'avancement final) :
$\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}} = \dfrac{10^{-pH}}{C_i}$ or $C_i = \dfrac{n_i}{V} = \dfrac{7,96.10^{-5}}{10^{-3}} \Rightarrow \boxed{\tau = 4,67\%}$
⋆ Equation de la réaction : $HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$
   3.2 pK_A du couple $HCOOH/HCOO^-$:
On a : $pH = pK_A + \log\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \Rightarrow pK_A = pH - \log\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \Rightarrow \boxed{pK_A = pH - \log\dfrac{10^{-pH}}{C_i - 10^{-pH}}}$
$\boxed{pK_A \simeq 3,74}$
4. Solution S_3
   4.1 pH de la solution obtenue :
On a : $K_A = \dfrac{[HCOO^-].[H_3O^+]}{[HCOOH]} = \dfrac{[H_3O^+]^2}{C_3 - [H_3O^+]} \Rightarrow \boxed{[H_3O^+]^2 + K_A.[H_3O^+] - C_3.K_A = 0}$
or $C_i.V = C_3.V_3$ avec : $\begin{cases} C_i = 7,96.10^{-2}\,mol.L^{-1} \\ V = 25\,mL \\ V_3 = 75\,mL \end{cases} \Rightarrow C_3 = \dfrac{C_i.V}{V_3} = 2,65.10^{-2}\,mol.L^{-1}$
$\Delta = K_A^2 + 4.C_3.K_A \Rightarrow [H_3O^+] = \dfrac{-K_A + \sqrt{\Delta}}{2} = 2,1.10^{-3}\,mol.L^{-1} \Rightarrow \boxed{pH = -\log[H_3O^+] \simeq 2,68}$
   4.2 Réaction de la solution S_3 et l'hydroxyde de sodium
      4.2.1 Equation de la réaction : $HCOOH + HO^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$
$C_A.V_A - x \quad C_B.V_B - x \quad x$
      4.2.2 pH du mélange : $pH = pK_A + \log\dfrac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = pK_A + \log\dfrac{C_B.V_B}{C_A.V_A - C_B.V_B}$
avec : HO^- réactif limitant et $\begin{cases} C_A = C_i \ , \ V_A = 10\,mL \\ V_B = 7,5\,mL \ , \ C_B = 0,1\,mol.L^{-1} \end{cases} \Rightarrow \boxed{pH \simeq 4,95}$

Partie II : Etude de la pile plomb-fer

1. 4 affirmations fausses.
2. Equation bilan : $Pb^{2+} + Fe \longrightarrow Pb + Fe^{2+}$
3. Quotient de réaction à l'instant t_1 : $Q_r = \dfrac{[Fe^{2+}]}{[Pb^{2+}]} = \dfrac{[Fe^{2+}]_i.V + x}{[Pb^{2+}]_i.V - x}$
On calcule x : $\Delta m = m_f - m_i = (n_f - n_i).M(Pb) = x.M(Pb) \Rightarrow x = \dfrac{\Delta m}{M(Pb)} \Rightarrow \boxed{x = 10^{-5}\,mol}$
$\boxed{Q_r \simeq 44,55}$
4. La valeur de l'instant t_1 : $n(e^-).\mathscr{F} = I_0.t_1 \Rightarrow t_1 = \dfrac{n(e^-).\mathscr{F}}{I_0} \Rightarrow t_1 = \dfrac{2.x.\mathscr{F}}{I_0} \Rightarrow \boxed{t_1 = 965\,s}$

Physique (13pts)

Ondes

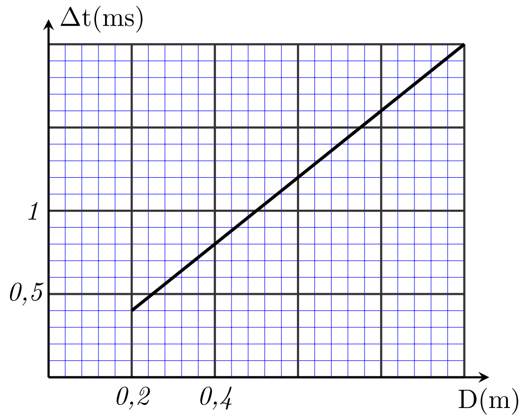
1. Les ondes ultrasonores sont des ondes **longitudinales** car la direction de propagation est **parallèle** à la direction de la perturbation.
2. Distance parcourue pendant une période : $\lambda = \dfrac{V_a}{\nu} \Rightarrow \boxed{\lambda = 8,5\,\text{mm}}$
3. Expression de Δt : $\Delta t = t_{air} - t_h = \dfrac{D}{V_a} - \dfrac{D}{V_h}$

   $\Rightarrow \boxed{\Delta t = D\left(\dfrac{1}{V_a} - \dfrac{1}{V_h}\right)}$
4. Pureté de l'huile :

   On a : $\Delta t = k.D + b$ avec $k = \dfrac{(0,8-0,4).10^{-3}}{0,4-0,2}$

   $\Rightarrow \dfrac{1}{V_a} - \dfrac{1}{V_h} = 2.10^{-3} \Rightarrow \boxed{V_h = 1062,5\,\text{m.s}^{-1}}$

   $\Rightarrow$ L'huile **n'est pas** pure.



Nucléaire

1. Les affirmations justes : 3
2. Fission nucléaire

   2.1 Equation de la réaction nucléaire : ${}^{238}_{94}P + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}Li$

   D'après les lois de conservation de Soddy : $\begin{cases} 10+1 = 4+A \\ 5+0 = 2+Z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 7 \\ Z = 3 \end{cases}$

   D'où : ${}^{238}_{94}P + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{7}_{3}Li$

   2.2 Stabilité : $\star\ \mathscr{E}(\alpha) = \dfrac{E_\ell(\alpha)}{A} = 7,23\,\text{MeV/nucléon}$

   $\star\ E_\ell = [3.m_p + 4.m_n - m(Li)].c^2 \Rightarrow \mathscr{E}(Li) = \dfrac{E_\ell(Li)}{A} = 5,39\,\text{MeV/nucléon}$

   On a : $\mathscr{E}(\alpha) > \mathscr{E}(Li) \Rightarrow$ He est plus stable que Li

   2.3 Energie libérée : $|\Delta E| = |m(\alpha) + m(Li) - m(B) - m_n|.c^2 \Rightarrow \boxed{|\Delta E| \simeq 3,812\,\text{MeV}}$

Electricité

Charge d'un condensateur et sa décharge dans une bobine.

1. Energie emmagasinée dans le condensateur : $E_e = \dfrac{1}{2}.C_0.u_c^2$

   $\Rightarrow \boxed{E_e = \dfrac{1}{2}.\dfrac{q^2}{C_0}}$ $\quad (u_c = \dfrac{q}{C_0})$
2. Valeur de C_0 :

   On a : $\sqrt{E} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}.\dfrac{q}{\sqrt{C_0}}$ et $q = I_0.t$

   donc : $\sqrt{E} = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}.\sqrt{C_0}}.t$ et $\sqrt{E} = \alpha.t$ $\quad \alpha$: la pente

   Par identification : $\alpha = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}.\sqrt{C_0}} \Rightarrow C_0 = \dfrac{I_0^2}{2.\alpha} \Rightarrow \boxed{C_0 = 2\,\mu F}$

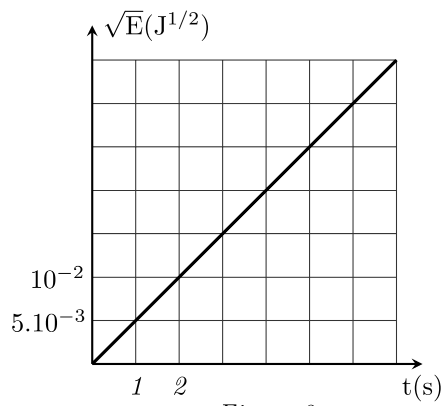


Figure 2

3. RLC

   3.1 Energie dissipée par effet Joule dans le circuit $t = 0$ et t_1 :

   $\star\ \boxed{E(0) = \dfrac{1}{2}.C_0.u_{AB}^2}$ $\quad (i(0) = 0)$

$\star$ $E(t_1) = \frac{1}{2}.L.i_1^2 + \frac{1}{2}.C_0.u_c^2$ or $u_c + u_L = 0 \Rightarrow u_c = -u_L$ et $u_L(t_1) = r_1.i_1$

Donc : $\boxed{E(t_1) = \frac{1}{2}.L.i_1^2 + \frac{1}{2}.C_0.r^2.i_1^2} \Rightarrow \Delta E = E(t_1) - E(0) \Rightarrow \boxed{\Delta E \simeq 8,9.10^{-4}\,J}$

3.2 D'après la courbe, le courant s'éloigne de zéro, c'est à dire que l'énergie emmagasinée dans la bobine augmente (énergie emmagasinée dans le condensateur diminue). Donc le condensateur **se décharge**.

Modulation et démodulation d'amplitude d'une onde électromagnétique.

1. $\star$ La courbe (a) : signal modulant $u_1(t)$
   $\star$ La courbe (b) : signal modulé $u_s(t)$
2. Graphiquement :

   2.1 Fréquence du signal informatif : $T_s = 5 \times 40\,\mu s \Rightarrow \boxed{f_s = \frac{1}{T_s} = 5\,kHz}$

   Fréquence de la porteuse : $36.T_p = T_s \Rightarrow T_p = \frac{T_s}{36} \Rightarrow \boxed{F_p = \frac{1}{T_p} = 180\,kHz}$

   2.2 Taux de modulation : $m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}} = \frac{2 - 0,4}{2 + 0,4} \simeq 0,67$ ou bien $m = \frac{S_m}{U_0} = \frac{2}{3} \simeq 0,67$
3. Démodulation.

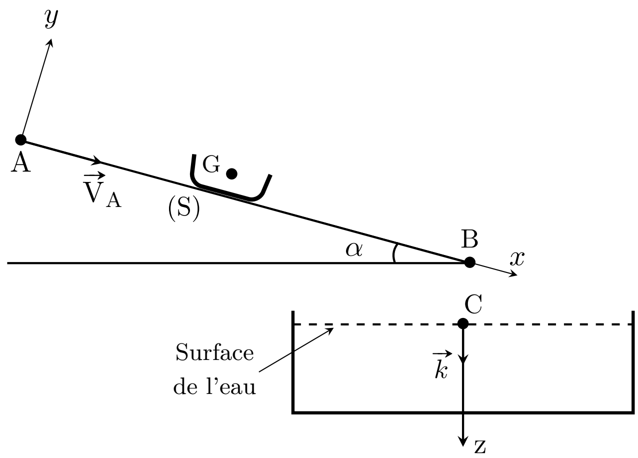
   3.1 Valeur de la capacité C :
   On a : $N_0 = \frac{1}{2\pi.\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{N_0^2.4.\pi^2.L} \Rightarrow \boxed{C = 8,97.10^{-11}\,F \simeq 90\,pF}$

   3.2 Détection d'enveloppe : $\frac{1}{F} << R'C' < \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F.R'} << R'C' < \frac{1}{f.R'} \Rightarrow \boxed{0,05\,nF << C' < 2\,nF}$

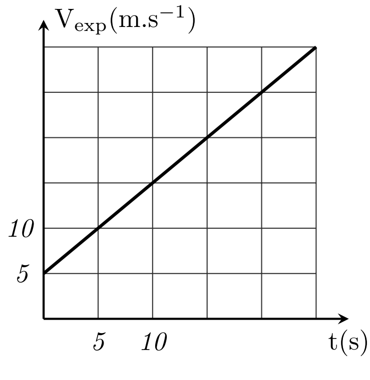
Mécanique

Partie I : Mouvement d'une luge

Mouvement de la luge sur un plan incliné



1. $2^{ème}$ Loi de Newton pour la luge : $m.\vec{a} = \vec{P} + \vec{R}$
   On projette par rapport à l'axe $(A, \vec{i})$:
   $\Rightarrow \boxed{a_{th} = g.\sin\alpha} \Rightarrow \boxed{a_{th} = 2\,m.s^{-2}}$
2. Distance parcourue lorsque la vitesse de la luge est $V_1 = 25\,m.s^{-1}$:
   On a : $V_1 = a_{th}.t_1 + V_A \Rightarrow t_1 = \frac{V_1 - V_A}{a_{th}} = 10\,s$
   Equation horaire : $x_1 = d = \frac{1}{2}.a_{th}.t_1^2 + V_A.t_1 \Rightarrow \boxed{d = 150\,m}$



3. accélération expérimentale :

3.1 Graphiquement : $a_{exp} = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} = \dfrac{10-5}{5-0} \Rightarrow \boxed{a_{exp} == 1\,m.s^{-2}}$

3.2 Coefficient de frottement :

On a : $m.\vec{a} = \vec{P} + \vec{R}$

Projection par rapport aux axes : $\begin{cases} m.a_{exp} = m.g.\sin\alpha - R_T \\ m.a_y = -m.g.\cos\alpha + R_N = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_{exp} = g.\sin\alpha - \dfrac{R_T}{m} \\ R_N = m.g.\cos\alpha \end{cases}$

d'après la question 1 : $a_{th} = g.\sin\alpha$ et $R_T = \mu.R_N$, on remplace dans l'expression de a_{exp} :

$a_{exp} = a_{th} - \mu.g.\cos\alpha \Rightarrow \boxed{\mu = \dfrac{a_{th} - a_{exp}}{g.\cos\alpha}} \Rightarrow \boxed{\mu \simeq 0,1}$

Chute verticale de (S) dans l'eau.

1. Système étudié : La luge

   Bilan des forces : $\star\ \vec{P}$: Poids de la luge $\qquad \star\ \vec{f}$: force de frottement fluide

   $2^{ème}$ Loi de Newton : $m.\vec{a} = \vec{P} + \vec{f}$. Projection par rapport à l'axe (Cz) :

   $m.a_z = m.g - k.v_z \Rightarrow \dfrac{dv_z}{dt} = g - \dfrac{k}{m}.v_z \Rightarrow \boxed{\dfrac{dv_z}{dt} + \dfrac{k}{m}.v_z = g} \quad \boxed{\dfrac{dv_z}{dt} + \dfrac{1}{\tau}.v_z = \dfrac{v_\ell}{\tau}}$

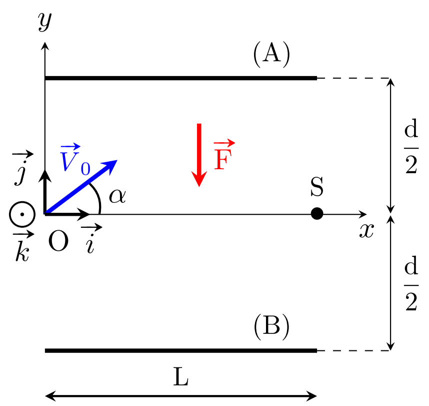
   Par identification : $\boxed{\tau = \dfrac{m}{k}}$ et $\dfrac{v_\ell}{\tau} = g \Rightarrow \boxed{v_\ell = \dfrac{m.g}{k}}$

2. Profondeur atteinte par la luge depuis le point C :

   On a : $v_z(t) = v_\ell(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ Pour $t = 41.\tau \Rightarrow v_z(t) = v_\ell(1 - e^{-41}) \Rightarrow v_z(t) \simeq v_\ell$ $\qquad (e^{-41} \to 0)$

   Donc : $H = z(t) = v_\ell.t \Rightarrow \boxed{H = v_\ell.41.\tau}$ avec $\begin{cases} v_\ell = \frac{20.10}{200} = 1\,m.s^{-1} \\ \tau = \frac{20}{200} = 0,1\,kg.s^{-1} \end{cases} \Rightarrow \boxed{H = 4,1\,m}$

Partie II : Mouvement d'un faisceau de protons dans un champ électrostatique uniforme.



1. $2^{ème}$ Loi de Newton pour le proton : $m_p.\vec{a} = \vec{F} = e.\vec{E}$ (Poids négligeable car la masse du proton est faible)

   Projection par rapport à l'axe (Oy) :

   $\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\dfrac{e.E}{m_p} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_x = V_0.\cos\alpha \\ V_y = -\dfrac{e.E}{m_p}.t + V_0.\sin\alpha \end{cases}$

   Equations horaires : $\boxed{\begin{cases} x(t) = V_0.\cos\alpha.t \\ y(t) = -\dfrac{e.U_0}{2.d.m_p}.t^2 + V_0.\sin\alpha.t \end{cases}} \quad (E = \dfrac{U_0}{d})$

2. Equation de la trajectoire : $t = \dfrac{x}{V_0.\cos\alpha}$, On remplace dans l'expression de y(t) :

$$\boxed{y(x) = -\frac{e.U_0}{2.d.m_p.V_0^2.\cos^2\alpha}.x^2 + \tan\alpha.x}$$

3. Valeur de la tension U_0 : Au point S : $\begin{cases} x_S = L \\ y_S = 0 \end{cases}$ On remplace dans l'équation de la trajectoire :

   $\boxed{U_0 = \dfrac{d.V_0^2.m_p.\sin2\alpha}{e.L}} \Rightarrow \boxed{U_0 \simeq 640,6\,V}$ $\qquad$ (Rappel : $\sin2\alpha = 2.\sin\alpha.\cos\alpha$)

4. Distance minimale de la plaque supérieure : $d_{min} = \dfrac{d}{2} - y_{sommet}$

   Au sommet on a : $V_y = 0$ et $t = t_{sommet}$ On remplace dans V_y, on trouve : $\boxed{t_{sommet} = \dfrac{V_0.\sin\alpha.d.m_p}{e.U_0}}$

   $\Rightarrow \boxed{t_{sommet} = 2,56.10^{-7}\,s}$ On remplace dans y(t), on trouve : $\boxed{y_{sommet} \simeq 2,887\,cm}$

   Donc : $\boxed{d_{min} = \dfrac{7}{2} - 2,887 \simeq 0,61\,cm}$