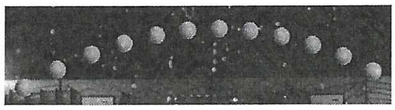
PHYSIQUE-CHIMIE Jour 1

Exercice 1 : Un « jet de 7 mètres » au handball (11 pts)

A. Étude du mouvement d'un ballon lors du tir au-dessus du gardien

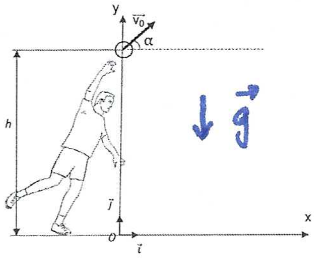
Q.1. Nommer le référentiel dans lequel la trajectoire du ballon est observée sur la chronophotographie.



Le référentiel est terrestre

0,25

Q.2. En précisant certaines hypothèses, établir l'expression du vecteur accélération du centre de masse du ballon lors du tir. Établir les coordonnées de ce vecteur dans le repère $R\,(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath})$.



Système : ballon
Référentiel terreste supposé galiléen
Bilan des $\vec{F}_{ext}$: $\vec{P}$ seulement (frott avec air négligés) $\downarrow \vec{g}$
2e Loi de Newton : $\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$
$\vec{P} = m\vec{a}$
avec $\vec{P} = -mg\vec{\jmath}$, on a : $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

1

Q.3. Parmi les expressions proposées pour l'intensité du champ de pesanteur terrestre, déterminer par analyse dimensionnelle celle qui est homogène (on note M_T la masse de la Terre et R_T son rayon) :

a) $g = \frac{G \cdot {M_T}^2}{R_T}$ b) $g = \frac{G \cdot M_T}{{R_T}^2}$ c) $g = \frac{G + M_T}{{R_T}^2}$

$\left[\frac{G M_T^2}{R_T}\right] = \frac{m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2} \times kg^2}{m} = m^2 \times kg \times s^{-2}$

$\left[\frac{G M_T}{R_T^2}\right] = \frac{m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2} \times kg}{m^2} = m \times s^{-2}$ ok

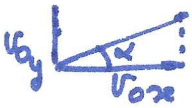
$\left[\frac{G + M_T}{R_T^2}\right]$ impossible $m^3 \times kg^{-1} \times s^{-2} \neq kg$

0,5

Q.4. Montrer que les expressions des coordonnées du vecteur vitesse du centre de masse du ballon lors du tir sont :

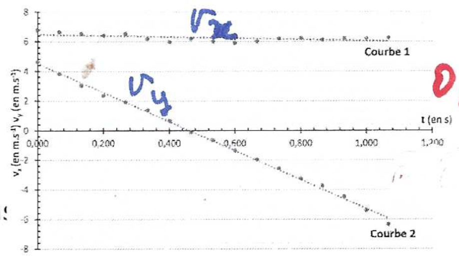
$$v_x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \quad ; \quad v_y(t) = -g \cdot t + v_0 \cdot \sin(\alpha)$$

On intègre $\vec{v} \begin{cases} v_x = cste \\ v_y = -gt + cste \end{cases}$ or à $t = 0$ $\vec{v_0} \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin\alpha \end{cases}$ donc $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos\alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin\alpha \end{cases}$



0,75

Q.5. Sur le graphique représentant l'évolution des coordonnées du vecteur vitesse au cours du temps, identifier la courbe correspondant à v_x et celle correspondant à v_y. Justifier.



$v_x(t)$ est cste ($= v_0 \cos\alpha$)
$v_y(t)$ dte affine de coefficient $v_y(t) = -gt + v_0 \sin\alpha$

0,5

Q.6. Calculer à partir de ces courbes la norme v_0 du vecteur vitesse initiale, ains

à $t = 0$, $v_y(0) = v_0 \sin\alpha = 4,6\ m/s$ $v_x = v_0 \cos\alpha = 6,8\ m/s$ 1

$\tan\alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = \frac{4,6}{6,8} = 0,676$ Soit $\alpha = 34°$

$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_{0y}^2} = 8,2\ m/s$

1

Q.7. Établir les équations horaires *x*(*t*) et *y*(*t*) du mouvement lors du tir.

On intègre $\vec{OG}\begin{cases} x(t) = v_0 \cos\alpha . t + \text{cste} \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin\alpha\, t + \text{cste} \end{cases}$ avec à $t=0$ $\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases}$

On obtient $\vec{OG}\begin{cases} x(t) = v_0 \cos\alpha\, t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin\alpha\, t + h \end{cases}$

1

Q.8. En déduire que l'équation *y*(*x*) de la trajectoire s'écrit :

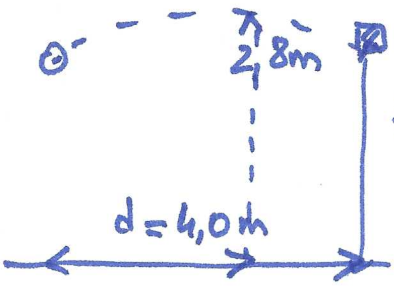
$$y(x) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{{v_0}^2 \cdot \cos^2(\alpha)} + \tan(\alpha) \cdot x + h$$

0,5

$t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$ $\quad y(x) = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x^2}{v_0^2 \cos^2\alpha}\right) + v_0 \sin\alpha \left(\frac{x}{v_0 \cos\alpha}\right) + h$

$+ \tan\alpha . x + h$

Q.9. Le gardien étant situé à 4,0 m du tireur, déterminer si le « jet de 7 mètres » étudié permet de marquer un but. On considère que le gardien peut atteindre avec son bras levé une hauteur maximale de 2,8 m en plein saut.



barre but

$H = 2{,}0$ m

qd $x = 4{,}0$ m , y ?

$y = -\frac{1}{2}\, 9{,}81 \times \frac{4{,}0^2}{8{,}2^2 \times \cos^2 34°} + \tan 34° \times 4{,}0 + 2{,}34$

$= 3{,}3 > 2{,}8$ m donc BUT!

1

~~6,5~~

B. Étude des ondes sonores produites par le sifflet de l'arbitre

Q.10. Au cours d'un match, l'arbitre donne environ 200 coups de sifflet. La durée moyenne du coup de sifflet étant de 0,3 s, indiquer si l'arbitre encourt un risque auditif. Justifier.

Durée d'exposition $\Delta t = 200 \times 0{,}3 = 60$ s $= 1$ min

Le tableau indique $L = 107$ dB pour 1 min / jour

or $L = 115$ dB donc oui, il y a danger.

0,5

Q.11. Proposer une solution simple que l'arbitre pourrait envisager pour se protéger. Nommer le type d'atténuation correspondant.

Bouchons d'oreille (atténuation par absorption)

+0,25 bonus

0,25

Q.12. Calculer l'intensité sonore *I* perçue par l'arbitre sans protection lors du coup de sifflet.

$L = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ soit $\frac{L}{10} = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ soit $I = I_0 \times 10^{L/10}$

$10^{L/10} = \frac{I}{I_0}$ $\quad = 1{,}0 \times 10^{-12} \times 10^{115/10}$

$= 1{,}0 \times 10^{-0{,}5} = 3{,}2 \times 10^{-1}$ W/m^2

1

Q.13. Montrer que la puissance de la source sonore constituée par le sifflet est égale à $P = 8{,}9 \times 10^{-2}$ W.

$P = 4\pi d^2 \times I = 4\pi (15.10^{-2})^2 \times 3{,}2 \times 10^{-1} = 8{,}9 \times 10^{-2}$ W

1

/2

Q.14. Déterminer le niveau d'intensité sonore que ce spectateur perçoit.

$d_{spect} = 5,0 \text{ m}$

$L_S = 10 \log\left(\frac{I_S}{I_0}\right)$ avec $I_S = \frac{P}{4\pi^2 d_S^2}$

$= 10 \log\left(\frac{\frac{8,9 \times 10^{-2}}{4\pi^2\, 5,0^2}}{1,0 \times 10^{-12}}\right) = 85 \text{ dB}$

0,75

Q.15. Déterminer la valeur de l'atténuation correspondant à la différence de niveau d'intensité sonore perçue entre l'arbitre et le spectateur à 5,0 m. Quel nom donne-t-on à ce type d'atténuation ?

$A = L - L_S = 115 - 85 = 30 \text{ dB}$

(atténuation géométrique) (liée à la distance de la source)

+0,25 bonus

0,25

Q.16. Déterminer le niveau d'intensité sonore global perçu par un spectateur à cette distance.

$L_1 = 75 \text{ dB}$ (bruit ambiant)

$L_2 = 75 \text{ dB}$ (sifflet)

$I = I_1 + I_2$
$= 2 \times I_1$

$I_1 = I_0\, 10^{L_1/10} = I_2$

$L = 10 \log \frac{2 I_1}{I_0} = 10 \log \frac{2 \cdot \cancel{I_0}\, 10^{L_1/10}}{\cancel{I_0}}$

$= 10 \log(2 \times 10^{75/10}) = 78 \text{ dB}$

0,75

Exercice 2 : Un assouplissant « fait maison » (5 pts)

A. Vinaigre commercial

Q.1. Indiquer la verrerie nécessaire pour préparer 50,0 mL de solution S par dilution du vinaigre commercial.

Dilution facteur 10 : 5,0 mL pipette jaugée (+ propipette)
dans 50,0 mL fiole jaugée
+ bécher pour solution mère.

0,5

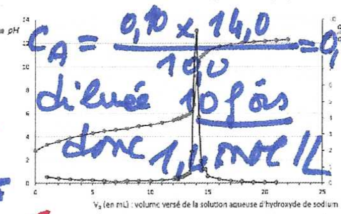
Q.2. Écrire l'équation de la réaction support du titrage entre l'ion hydroxyde et l'acide éthanoïque.

$CH_3COOH(aq) + HO^-(aq) \xrightarrow[\text{totale}]{} CH_3COO^-(aq) + H_2O(l)$

0,5

Q.3. À l'aide de la figure 1, montrer que la concentration C_{com} en quantité de matière d'acide éthanoïque apportée dans le vinaigre commercial est égale à 1,4 mol·L⁻¹.

méthode $\frac{dpH}{dV}$



$C_A = \frac{0,10 \times 14,0}{100} = 0,14 \text{ mol/L}$

dilué 10 fois

donc 1,4 mol/L

$V_{BE} = 14,0 \text{ mL}$

D'après l'éq-éq : $n_A = n_B$ soit $C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}$

1

Q.4. En déduire le pourcentage massique en acide éthanoïque obtenu expérimentalement et le comparer à la valeur annoncée par le fabricant, sachant que l'incertitude-type du titrage sur le pourcentage massique vaut $u(\%) = 0,2$ %.

$P = \frac{m_{ac.éth\ pesée}}{m_{ac.éth\ total}} = \frac{n \times M}{m_{tot}} = \frac{C_{com} \cdot V_{(100g)} \times M}{m_{tot}}$ dans 100 g de solution

$\rho = \frac{m}{V_{100}}$ soit $V_{100} = \frac{m_{100}}{\rho} = \frac{100}{1,01}$

0,75

$P = \frac{1,4 \times \frac{100}{1,01} \times (2 \times 12 + 4 + 32)}{1000} = 0,083 = 8,3\%$ $\pm 0,2\%$

$8,1\% < P < 8,5\%$

8 % annoncé

(z-score) $z = \frac{|P_{exp} - P_{an}|}{u(P)} = \frac{8,3 - 8,2}{0,2} = 1,5 < 2$ donc bon.

/3

Q.5. En utilisant éventuellement un tableau d'avancement, montrer qu'à l'équilibre la constante d'acidité du couple $CH_3COOH(aq)$ / $CH_3COO^-(aq)$ peut s'exprimer de la manière suivante :

$$\text{relation 1 : } K_A = \frac{[H_3O^+]_{éq}^{\,2}}{(C_S - [H_3O^+]_{éq}) \times c^\circ} \qquad \text{avec } c^\circ = 1 \text{ mol·L}^{-1}.$$

La relation 1 peut aussi s'écrire : $[H_3O^+]_{éq}^{\,2} + K_A \times c^\circ \times [H_3O^+]_{éq} - K_A \times C_S \times c^\circ = 0$

	CH_3COOH +	H_2O ⇌	CH_3COO^- +	H_3O^+
ini $x=0$	C_SV	solvant	0	0
int x	$C_SV - x$	/	x	x
final $x_{éq}$	$C_SV - x_{éq}$	.	$x_{éq}$	$x_{éq}$

$$K_A = \frac{[H_3O^+][CH_3COO^-]_{éq}}{[CH_3COOH]_{éq}}$$

et $a(H_2O)$ solvant $= 1$ $c^\circ = 1$ mol/L

$$K_A = \frac{[H_3O^+]^2}{(CH_3COOH)_{éq}}$$

0,5

$$K_A = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{\frac{C_SV - x_{éq}}{V}} = \frac{[H_3O^+]_{éq}^2}{C_S - [H_3O^+]_{éq}}$$

Q.6. En déduire la valeur du *pH* de la solution diluée S et montrer qu'elle est cohérente avec celle lue sur la courbe de titrage.

$[H_3O^+]^2 - K_A \cdot C_S + K_A [H_3O^+]_{éq} = 0$

0,5

$ax^2 + bx + c = 0$

$a = 1$ $\quad b = K_A$ $\quad c = -K_A \times C_S = -2{,}2 \times 10^{-6}$

$10^{-4,8} = 1{,}6 \times 10^{-5}$

$x_2 < 0$ donc non $\quad \boxed{x_1 = 1{,}4 \times 10^{-3}}$ $\quad [H_3O^+] = 1{,}4 \times 10^{-3}$ mol/L $\quad pH = -\log[H_3O^+]$

$pH = 2,$

B. Bicarbonate de soude

Q.7. Expliquer l'effervescence observée après l'ajout du vinaigre. Une équation de réaction est attendue.

$$\underset{\text{vinaigre}}{CH_3COOH(aq)} + HCO_3^-(aq) \longrightarrow \underbrace{CO_2(g)}_{\text{effervescence}} + CH_3COO^- + H_2O$$

0,5

Q.8. Indiquer l'espèce chimique prédominante parmi celles des couples $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$ et $CO_2(g)$, $H_2O(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$ dans l'eau de rinçage. Indiquer également celle qui prédomine au sein du couple $CH_3COOH(aq)$ / $CH_3COO^-(aq)$. Justifier.

CH_3COOH | 4,8 | CH_3COO^- → pH

CO_2, H_2O | 6,4 | HCO_3^- | 10,3 | CO_3^{2-} → pH

pH = 8 donc prédominant CH_3COO^- et HCO_3^-

0,5

Q.9. En déduire comment l'assouplissant joue son rôle.

pH ↗ un peu HCO_3^- présents et captent ions calcium mais pas CO_3^{2-} → calcaire

0,25

/4

Exercice 3 : Stockage dangereux du peroxyde d'hydrogène (4 pts)

A. **Conditions optimales de stockage**

Q.1. Le stockage des solutions de peroxyde d'hydrogène s'effectue dans des conteneurs en acier inoxydable. Justifier qu'il est impératif que ces conteneurs soient opaques à la lumière et entreposés dans des endroits réfrigérés.

décomposition H_2O_2 avec lumière..

Si $T \nearrow$ également

0,25

Q.2. Une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène pour laquelle la concentration en ions oxonium est mesurée à $5{,}0\times10^{-5}$ mol·L^{-1} se situe-t-elle dans le domaine de stabilité maximale ? Justifier par un calcul.

$3{,}5 < pH < 4{,}5$? stabilité ? $c^0 = 1$ mol/L donc Bon

$pH = -\log[H_3O^+] = -\log(5{,}0\times10^{-5}) = 4{,}3$

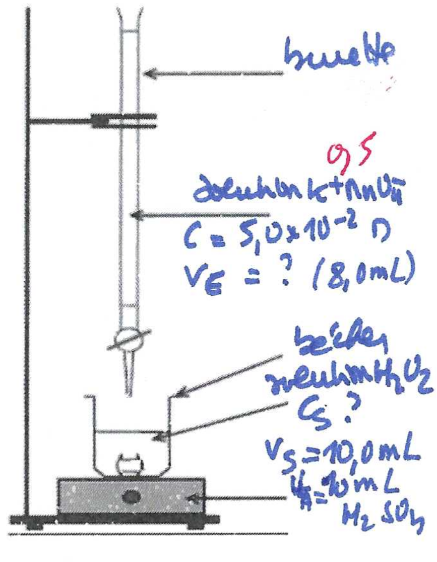
0,5

B. **Étude de la vitesse de décomposition du peroxyde d'hydrogène**

Q.3. Expliquer l'intérêt de l'ajout d'acide sulfurique à la solution S.

ds éq(2) $\underline{+ 6\,H^+}$ donc apport acide conseillé.

0,25



Q.4. Légender le schéma du montage de titrage donné sur la figure 1 en **annexe**.

Q.5. En exploitant l'équation 2, déterminer la concentration C_S de la solution S.

$$\frac{n_{MnO_4^-}}{2} = \frac{n_{H_2O_2}}{5} \quad \text{soit} \quad \frac{C\times V_E}{2} = \frac{C_S\times V_S}{5}$$

$$C_S = \frac{5\,C\,V_E}{2V_S} = \frac{5\times5.10^{-2}\times8{,}0}{2\times10} = 0{,}10 \text{ mol/L}$$

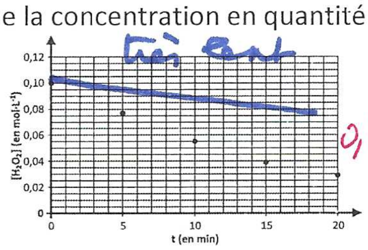
0,75

Q.6. Indiquer le rôle des ions Fe^{3+} dans la décomposition du peroxyde d'hydrogène.

catalyseur (pas ds l'éq.)

0,25

Q.7. Compléter la figure 2 en **annexe** en traçant ce que serait l'évolution temporelle de la concentration en quantité de matière de H_2O_2 en absence d'ions Fe^{3+}.



0,25

C. **Étude d'un accident industriel**

Q.8. Déterminer la quantité de matière d'air, notée n_{air}, qui occupe la partie supérieure du réservoir.

air : $V_{gaz} = 150$ L

$V = 1{,}0$ m^3 H_2O_2

Loi des GP $PV = nRT$

$$n_{air} = \frac{PV}{RT} = \frac{1{,}0\times10^5\times150\times10^{-3}}{8{,}314\times293} = 6{,}2 \text{ mol d'air}$$

0,5

Q.9. Calculer la pression finale atteinte dans le réservoir, notée P_{tot}, si le peroxyde d'hydrogène de la solution aqueuse se décompose totalement en considérant que la température est maintenue constante. Commenter.

$H_2O_2 \rightarrow H_2O(\ell) + \frac{1}{2}O_2(g)$

0,75

$n_{H_2O_2} = [H_2O_2]\times V = 1{,}2\times1{,}0\times10^3 = 1{,}2\times10^3$ mol

D'après l'éq-bilan $\frac{n_{H_2O_2}}{1} = \frac{n_{O_2}}{1/2}$ donc $n_{O_2} = \frac{1}{2}\times n_{H_2O_2} = 0{,}6\times10^3$ mol

Soit $P_{tot} = \frac{nRT}{V_{gaz}} = \frac{(6{,}2+0{,}6\times10^3)\times8{,}314\times293}{0{,}150} = 9{,}8\times10^6$ Pa (× 98 .)

/5