NOM et Prénom : Classe :

DS DEVOIR DE SCIENCES-PHYSIQUES

Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et à la rédaction.
Le sujet comporte trois exercices. Le barème est sur 40 points.

A. pH d'un mélange (/14)

Le pH d'une solution aqueuse d'acide nitreux HNO_2, de concentration $C_1 = 0{,}20 mol.L^{-1}$ est égal à : $pH_1 = 2{,}0$.
Le pH d'une solution aqueuse de méthanoate de sodium, ($HCO_2^- + Na^+$), de concentration $C_2 = 0{,}40 mol.L^{-1}$ est égal à : $pH_2 = 8{,}7$.

Données à 25 °C : pK_{A1} (HNO_2/NO_2^-) = 3,3 pK_{A2} (HCO_2H/HCO_2^-) = 3,8

Étude des deux solutions

1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux HNO_2 et l'eau.
2. Donner l'expression de la constante d'acidité K_{A1} en fonction des concentrations $[HNO_2]_{éq}$ et $[NO_2^-]_{éq}$.
3. Sur un axe horizontal de pH, placer les domaines de prédominance des deux couples acide/base mis en jeu.
4. Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions.

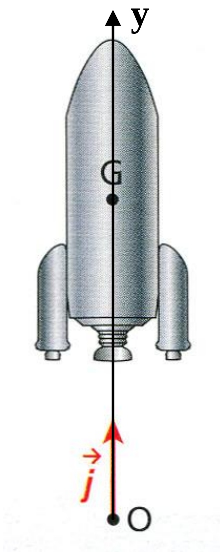
Étude du mélange des deux solutions
On mélange un même volume V = 200mL de chacune des deux solutions précédentes.
On note n_1 et n_2 respectivement les quantités d'acide nitreux et de méthanoate de sodium introduites dans le mélange réactionnel.

5. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux HNO_2 et l'ion méthanoate HCO_2^-.
6. Calculer les quantités initiales n_1 et n_2 de ces deux réactifs.
7. Compléter le tableau d'avancement de la réaction :

		$\rightleftharpoons$		
État initial (x = 0)				
État intermédiaire (x)				
État final (x_f)				

8. Le système chimique atteint rapidement un état d'équilibre dont l'avancement final est égal à : $x_f = 3{,}3.10^{-2}$mol.
   Calculer les concentrations des espèces HNO_2 et NO_2^- à l'équilibre.
9. En exploitant la valeur de pK_{A1} vérifier que la valeur du pH du mélange est proche de 4,0.

B. Ariane V (/14)



Décollage d'Ariane V

La fusée Ariane V permet de mettre en orbite divers satellites, dont les satellites météo.
Lors du décollage, la poussée des moteurs est modélisée par une force verticale de valeur constante F.
Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur g est constante. La masse totale de la fusée est notée m.
Dans le référentiel terrestre supposé galiléen, on étudie le mouvement du centre de gravité G de la fusée.
On choisit un repère orthonormé dans lequel l'axe vertical (Oy) est dirigé vers le haut.
À l'instant $t_0 = 0$s, Ariane V est immobile au sol et son centre de gravité G est confondu avec l'origine O du repère orthonormé.
Pendant la phase de décollage, on suppose que seuls le poids $\vec{P}$ et la force de poussée $\vec{F}$ agissent sur la fusée.
On néglige l'action de l'air sur la fusée et on considère que la masse m de la fusée reste constante.

Données : $m = 7{,}30.10^5$kg $F = 1{,}16.10^7$N $g = 9{,}81 m.s^{-2}$

1. Représenter sur le schéma ci-contre, les forces s'exerçant sur la fusée pendant le décollage quand elle a quitté le sol.
2. En appliquant la deuxième loi de Newton à la fusée, justifier que la coordonnée a_y de l'accélération de la fusée est : $a_y = \frac{F}{m} - g$
   Calculer la valeur de cette accélération qui sera notée a_0.
3. Pendant la suite du lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante.
   Déterminer l'équation horaire de la coordonnée $v_y(t)$ de la vitesse.
4. En déduire l'équation horaire de la coordonnée y(t) de la position.

Orbite basse d'un satellite

Dans la suite de l'exercice, on considère que la Terre est une sphère de centre T, de masse M_T, de rayon R_T.
On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie S.
L'étude de son mouvement se fait dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :
- masse de la Terre : $M_T = 6{,}0.10^{24}$kg
- rayon de la Terre : $R_T = 6{,}4.10^{3}$ km
- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$kg^{-1}.m^3.s^{-2}

Dans un premier temps, le satellite de masse $m_S = 2{,}0.10^3$kg est placé sur une orbite circulaire à basse altitude $h = 6{,}0.10^2$km autour de la Terre où il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.

On définit la base de Frenet $(S, \vec{t}, \vec{n})$ dans lequel :
- $\vec{t}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement,
- et $\vec{n}$ un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.

5. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\overrightarrow{F_{T/S}}$ exercée par la Terre sur le satellite dans la base de Frenet.
6. En appliquant la deuxième loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre d'inertie du satellite.
7. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, le repère $(S, \vec{t}, \vec{n})$ ainsi que le vecteur accélération $\vec{a}$.
8. Montrer que l'expression de la vitesse v du centre d'inertie du satellite a pour expression : $v = \sqrt{\dfrac{G.M_T}{R_T + h}}$

   Calculer cette vitesse.

C. Volley-ball (/12)

Au volley-ball, le service smashé est le type de service pratiqué le plus fréquemment par les professionnels : le serveur doit se placer un peu après la limite du terrain, lancer très haut son ballon, effectuer une petite course d'élan puis sauter pour frapper la balle.
Après la course d'élan, le serveur saute de façon à frapper le ballon en un point B_0 situé à la hauteur h au-dessus de la ligne de fond du terrain. La hauteur h désigne alors l'altitude initiale du centre du ballon.

Le vecteur initiale $\vec{v_0}$ du ballon est horizontal et perpendiculaire à la ligne de fond du terrain (voir **figure 1**.).

Le mouvement du ballon est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen muni du repère (Ox, Oy) et l'instant de la frappe est choisi comme origine des temps : t = 0 s. Le mouvement a lieu dans le plan (Oxy).

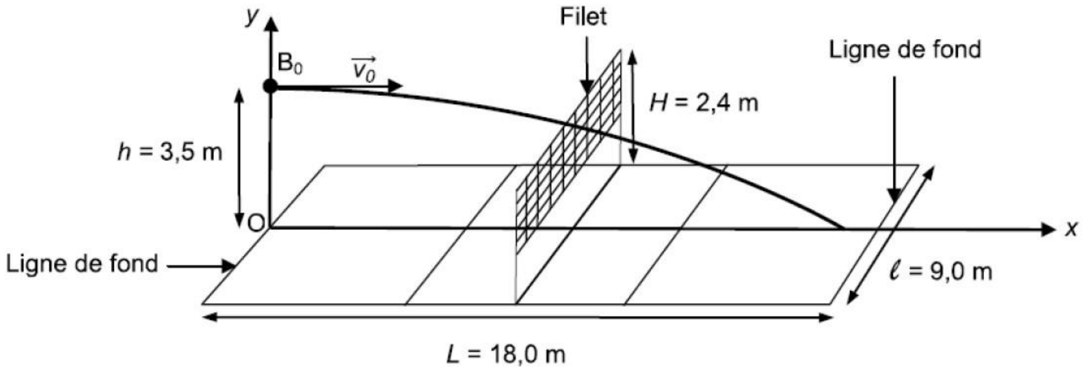


figure 1 :

dimensions du terrain de volley-ball et allure de la trajectoire du ballon

Données :
- le ballon de volley-ball a une masse m = 260g et un rayon r = 10cm ;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9{,}81$m.s^{-2}

Le service est effectué depuis le point B_0 à la vitesse $v_0 = 21{,}0$m.s^{-1}
Le service sera considéré comme valide à condition que le ballon franchisse le filet et qu'il retombe dans le terrain adverse.

1. On néglige l'action de l'air. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération du centre du ballon après la frappe.
2. Établir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement du centre du ballon.
3. En déduire que l'équation de la trajectoire reliant x et y s'écrit :

$$y = -\frac{g}{2.v_0^2}x^2 + h$$

4. En admettant que le ballon franchisse le filet, vérifier qu'il touche le sol avant la ligne de fond.
5. Le graphe de la figure ci-contre représente l'évolution en fonction du temps des énergies cinétique E_c, potentielle de pesanteur E_{pp} et mécanique E_m. Associer chaque courbe 1, 2, 3 à l'une des trois énergies E_m, E_{pp}, E_c. Justifier.