DEVOIR COMMUN N°1

ÉCOLE ALSACIENNE

DÉCEMBRE 2014

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'EPREUVE : **2 h 00**

Ce sujet ***<u>À RENDRE AVEC LA COPIE</u>*** comporte deux exercices.

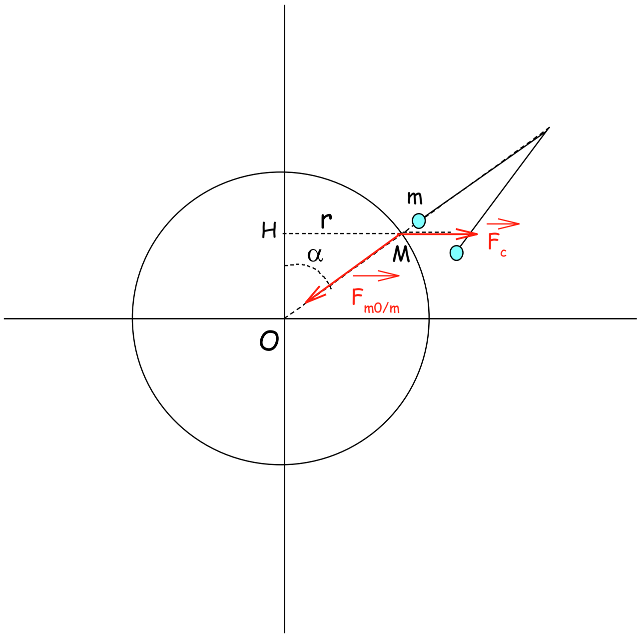
7 pages.

CORRECTION

PHYSIQUE

Travail à effectuer :

PARTIE 1 : QUELLE EST L'INFLUENCE DE LA ROTATION DE LA TERRE ?



1. Représenter la force de gravitation sur le schéma ci-dessus en justifiant à partir de son expression.

Voir ci-contre.

2. À l'aide de votre calculatrice, donner l'équation du modèle mathématique reliant les valeurs de g en fonction de la longueur L du pendule dans le tableau du **DOCUMENT 3.**. Vous justifierez le choix du modèle.

Revoir l'utilisation de la calculatrice pour rentrer des données. Choisir le mode STAT. On obtient :

y = 9,987554553 x – 0,1171773931 soit en remplaçant y par g et x par L :

g = 9,987554553 x L – 0,1171773931

Justification du choix du modèle : les points expérimentaux placés dans un graphique sont alignés avec l'origine du repère donc on modélise cet ensemble de points par une fonction linéaire d'où le choix de la régression linéaire.

3. Justifier l'équation : $g = \pi^2 \times L$.

Dans l'énoncé, il est dit :

- ces résultats sont obtenus pour une période T = 2 s,
- On sait que $T = 2\pi \times \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Soit $T^2 = \left(2\pi \times \sqrt{\frac{L}{g}}\right)^2 = 4 \times \pi^2 \times \frac{L}{g}$ donc : $T^2 = 4 \times \pi^2 \times \frac{L}{g}$ soit $g = 4 \times \pi^2 \times \frac{L}{T^2}$

d'où : $g = \frac{4 \times \pi^2}{4} \times L = \pi^2 \times L$

Remarque : la valeur π^2 a une unité dans ce cas car elle a été obtenue par g/L soit s^{-2} en unité SI.

4. Sous Excel, on obtient : **g = 9,8695 x L** et **R² = 0,9998** ; est-ce que l'équation du modèle obtenu est en accord avec l'équation : $g = \pi^2 \times L$ donnée dans le **DOCUMENT 2.** ?

L'équation théorique obtenue relie les grandeurs g et L par un coefficient de proportionnalité π^2.

Or l'étude sous Excel, donne g = p x L avec la pente p = **9,8695**

On compare le coefficient de proportionnalité π^2 avec p en calculant l'écart relatif :

$$\frac{|\pi^2 - p|}{\pi^2} \times 100 = 1 .10^{-3}\ \%$$

Remarque : le coefficient de proportionnalité obtenu par modélisation a généralement une unité. Dans notre cas, g est en $m.s^{-2}$ et L en m donc le coefficient de proportionnalité est en $m.s^{-2}/m$ soit s^{-2}. Si vous ne trouvez pas l'unité, noter S.I. pour unité du Système International.

5. Montrer que ω la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même est égale à :
$\omega = 7{,}29 \times 10^{-5}$ rad.s^{-1} sachant que 180° = π rad.

La Terre tourne sur elle-même en environ 24h ; elle parcourt donc un angle de 360° en 24h.
360° correspond à 2π rad et 24h = 24 x 60 x 60 s donc $\omega = 2\pi/(24 \times 60 \times 60) = 7{,}3 \times 10^{-5}$ rad.s^{-1}

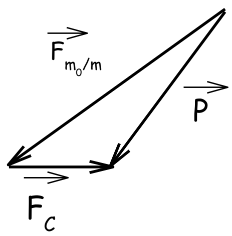
6. On donne l'expression de la force d'inertie centrifuge due à la rotation de la Terre sur elle-même : $\vec{F_c} = m \cdot \omega^2 \cdot \overrightarrow{HM}$ avec ω la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même. Représenter la force d'inertie sur le schéma ci-dessus.

Voir schéma ci-dessus.

7. Montrer que l'expression de la force d'inertie est donnée par : $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot R_T \cdot \sin\alpha$.

Dans le triangle OHM : sin α = HM/R_T soit HM = R_T x sin α.

8. À l'aide des questions précédentes et de vos connaissances, vous expliquerez la différence entre champ de gravitation $\vec{\mathcal{G}}$ et champ de pesanteur $\vec{g}$. Vous représenterez ces deux vecteurs avec un 3ème vecteur que vous définirez, en vous aidant de la représentation suivante :



Sachant que $\vec{P} = \overrightarrow{F_{m_0/m}} + \vec{F_c}$ en divisant par m, on obtient : $\vec{\mathcal{G}} + \omega^2 \times \overrightarrow{HM} = \vec{g}$

Le champ de pesanteur n'a pas la direction le centre de la Terre.

PARTIE 2 : ETUDE DU PENDULE

1. Montrer, en utilisant le **DOCUMENT 4.**, que :

$$\begin{cases} -P + F \times \cos(\theta) = 0 \\ F_c - F \times \sin(\theta) = 0 \end{cases}$$

Le pendule étant à l'équilibre, on peut appliquer le principe d'inertie dans le référentiel terrestre supposé galiléen :

$$\vec{P} + \vec{F_c} + \vec{F} = \vec{0}$$

On projette suivant $\overrightarrow{u_x}$:

$$P_x \quad + \quad F_{cx} \quad + \quad F_x \quad = 0$$

Soit en faisant intervenir les normes, les angles, et en tenant compte des orientations :

$$0 \quad + \quad Fc \quad - \quad F \,.\, \sin\theta \quad = 0$$

On projette suivant $\overrightarrow{u_y}$:

$$P_y \quad + \quad F_{cy} \quad + \quad F_y \quad = 0$$

Soit en faisant intervenir les normes ,les angles, et en tenant compte des orientations

$$-P \quad + \quad 0 \quad + \; F \,.\, \cos\theta \quad = \; 0$$

2. Résoudre le système afin de déterminer l'expression de F et de P en fonction de m, R, θ, ω et g.

On en déduit $F = F_c/\sin\theta = m \times R \times \omega^2/\sin\theta$

$P = F \times \cos\theta = m \times R \times \omega^2 \times \cos\theta/\sin\theta$

3. Montrer que vous pouvez déterminer g connaissant m, L, R, θ, ω.

$P = m \times g$ donc $g = P/m$ soit : $g = R \times \omega^2 \times \cos\theta/\sin\theta$

Complément sur l'écart entre la verticale et le rayon local de la Terre (ML) :

le poids est, par définition, la force de gravitation terrestre, mesuré dans le référentiel terrestre

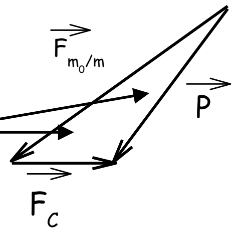
CAS SIMPLE DU COURS

- référentiel terrestre = galiléen
- poids = force de gravitation due à la terre mesurée dans le repère terrestre => $\vec{P} = m_G \,.\, \vec{g}$

En première approximation : on peut considérer que $\vec{P} = \vec{f}_{\text{Terre/objet}}$ => $\vec{g} = -\mathcal{G}\,\dfrac{m_{Terre}}{r^2}\,\vec{u}$ avec $\vec{u} = \dfrac{\vec{OI}}{r}$

(*avec O : centre –d'inertie !- de la Terre et I : centre d'inertie de l'objet)*

CAS REEL : limitation : ***le référentiel terrestre n'est pas galiléen***, parce que le référentiel tourne dans le référentiel géocentrique, donc le poids est la somme vectorielle de la force de gravitation et de la force centrifuge



Cette force centrifuge : $F_c = m\,\omega^2.\,r$

avec $r = R_T.\cos\lambda$ (λ= latitude du lieu)

$\omega = \dfrac{2.\pi}{T}$ $T = 24\text{ h} = 86400\text{ s}$

calculons α = écart angulaire de la verticale au rayon :

dans le triangle construit sur P, F_c et F_g on a la relation :

$$\frac{\sin\alpha}{\omega^2.\,R_T.\cos\lambda} = \frac{\sin\lambda}{g}$$ (voir loi des sinus)

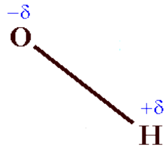
$$\Rightarrow \sin\alpha = \frac{\omega^2.\,R_T.}{2.g}\sin(2\lambda) = 2\left(\frac{\pi}{T}\right)^2\frac{R_T}{g}\sin(2\lambda) = 1{,}76.10^{-4}\sin(2\lambda)\ (\text{rad}) = 5{,}9'.\sin(2\lambda)\ (\text{degré})$$

donc $\alpha = 0$ pour $\lambda = 0$ (équateur) et $\dfrac{\pi}{2}$ (pôle) et est maximum pour $\pm\dfrac{\pi}{4}$

CHIMIE

Exercice 2

PARTIE 1

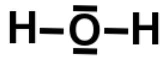


1. **Déterminer la représentation de Lewis de la molécule d'eau. Justifier.**

H : Z = 1 ⇒ K^1 et O : Z = 8 ⇒ K^2L^6

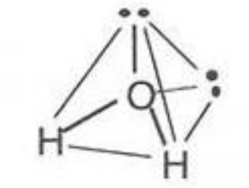
Nombre d'électrons externes de la molécule = 6 + 2 = 8

Nombre de doublets liants et non liants à répartir dans la molécule = 8/2 = 4



Représentation de Lewis :

On a bien la règle du duet respectée pour les 2 atomes d'hydrogène et la règle de l'octet vérifié pour l'atome d'oxygène.



2. **Déterminer la géométrie de la molécule d'eau. Justifier.**

Les 4 doublets sur l'atome central O de la molécule pointent vers les 4 sommets d'un tétraèdre pour minimiser la répulsion électrique. On a une molécule plane et coudée.

3. **La liaison O-H est-elle polarisée ? Justifier.**

La liaison OH est polarisée parce que les 2 atomes O et H ont une électronégativité différente.

L'atome d'oxygène est plus électronégatif que l'atome d'hydrogène.

4. **Préciser si la molécule d'eau est polaire. Justifier.**

La molécule H_2O est polaire parce que ses deux liaisons sont polaires et que sa géométrie plane coudée le permet :

Chaque atome H porte une charge excédentaire δ+ et l'atome O porte une charge excédentaire 2δ-. On peut modéliser la répartition des charges dans la molécule en considérant uniquement les charges 2δ+ et 2δ-. En tenant compte de la géométrie plane coudée de la molécule, la charge 2δ+ se trouve au milieu des deux atomes H. Les charges 2δ + et 2δ – ne sont pas confondues. La molécule se comporte comme un dipôle électrique.

5. Lorsque l'on verse du chlorure de césium dans l'eau ou lorsqu'on verse de l'alcool de formule C_2H_5OH dans l'eau, quelle est la nature des interactions entre les molécules d'eau et les espèces présentes dans l'eau ? Préciser les interactions existantes dans chacun des deux cas.

Les interactions entre les molécules d'eau et le solide ionique OU les molécules d'eau et les molécules d'alcool sont de nature électrique.

Interactions de type : dipôle ⟺ ion

Interactions de type : force de Van der Waals + surtout liaison hydrogène

PARTIE 2

6. Le césium est un alcalin. Donner en la justifiant la formule de l'ion césium.

Les alcalins sont dans la 1ère colonne avec 1 seul électron externe. Pour s'entourer d'un octet d'électrons externes, (règle de l'octet) l'atome de Cs doit perdre un électron et devenir l'ion Cs^+

7. Le chlore est un halogène. Donner en la justifiant la formule de l'ion chlorure.

Les halogènes sont dans l'avant dernière colonne avec 7 électrons externes. Pour s'entourer d'un octet d'électrons externes (règle de l'octet) l'atome de chlore doit gagner un électron et devenir ion chlorure de formule Cl-

8. Donner en la justifiant la formule statistique du chlorure de césium.

CsCl d'abord le cation puis l'anion. Les charges n'apparaissent pas mais les proportions sont 1 pour 1 afin d'assurer la neutralité du cristal.

9. Établir l'expression de l'intensité de la force F s'exerçant entre un ion chlorure et un ion césium en contact, assurant la cohésion de ce solide ionique, en fonction de a et de e charge élémentaire.

$$F = \frac{K \times |q_{Na^+}| \times |q_{Cl^-}|}{r^2} = \frac{K \times e \times e}{\left(\frac{a \times \sqrt{3}}{2}\right)^2} = \frac{4 \times K \times e^2}{3 \times a^2}$$

10. En fonction de sa position dans la maille, un ion peut « se partager » avec les mailles voisines : Compter le nombre d'ions chlorure et le nombre d'ions césium dans une maille.

Il y a 8 ions chlorure sur chacun des 8 sommets de la maille mais chaque ion chlorure appartient à 8 mailles à la fois : par maille, chaque ion chlorure compte pour 1/8.

On a donc 8 x 1/8 = 1 ion chlorure par maille. Un seul ion césium par maille, au centre de la maille.

11. Expliquer pourquoi la réponse précédente est en accord avec la réponse de la question 3.

On a bien une maille électriquement neutre car il y a autant d'ions chlorure que d'ions césium.

12. Calculer la masse m des ions présents dans une maille de chlorure de césium.

$m = [M (Cl) + M (Cs)] / N_A = (132,9 + 35,5) / 6,02 \times 10^{23} = 2,80 \times 10^{-22}$ g

13. En déduire la valeur de la masse volumique ρ en g.cm^{-3} du chlorure de césium.

Masse volumique du sel : $\rho = m / a^3 = 2,80 \times 10^{-22} / (412 \times 10^{-10})^3 = 4,00$ g.cm^3

PARTIE 3 : SOLUBILITE DU CHLORURE DE CESIUM DANS L'EAU

14. On désire préparer V = 250 mL d'une solution de chlorure de césium de concentration molaire c = 0,050 mol.L^{-1}. Quelle masse de chlorure de césium faut-il peser et dissoudre ?

m = c x M x V = 0,050 x 168,5 x 0,250 = 2,1 g

15. Indiquer le protocole (avec la verrerie à utiliser) pour préparer cette solution.

Peser les cristaux

Verser les cristaux dans une fiole de 250 mL en récupérant l'eau de rinçage de la coupelle ayant servi à peser les cristaux. Remplir la fiole à 2/3 , boucher et agiter pour dissoudre. Remplir jusqu'au trait de jauge boucher, boucher et agiter à nouveau pour homogénéiser la solution. C'est prêt !

16. Quelle est la concentration molaire en ions chlorure de la solution ? Justifier.

$[Cl^-]$ = c parce que équation de dissolution : CsCl (s) ==) 1 Cs^+ (aq) + 1 Cl^- (aq)

avec 1 mole de CsCl qui libère 1 mole d'ions chlorure et 1 mole d'ions césium.