

DS n°4 de Sciences physiques

Calculatrices autorisées

Aucune sortie avant 11H

Pensez à rendre le document ANNEXE.

Durée : 4 heures

Pour chaque exercice, vous prendrez soin :

- de rappeler les lois de la physique utilisées ou de donner la formule littérale pour chaque calcul,
- d'utiliser les notations proposées dans l'énoncé,
- d'associer à chaque résultat son unité et de réfléchir attentivement au nombre de chiffres significatifs.

Les résultats doivent être encadrés et la copie soignée (propreté, qualité de l'écriture et orthographe).

Les étudiants bénéficiant d'un tiers-temps peuvent ne pas faire les exercices suivants :

- Exercice 2 : Étude de la voie B
- Exercice 3

CHIMIE

Exercice 1 : Solution commerciale d'acide chlorhydrique

(durée : 45 min)

Données : $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(Cl) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(Fe) = 56,0 \text{ g.mol}^{-1}$

L'étiquette d'une bouteille d'un litre 1,0 L de solution d'acide chlorhydrique $H^+ + Cl^-$ porte les indications suivantes :

- masse volumique : $\rho = 1,19 \text{ kg.L}^{-1}$
- pourcentage en masse d'acide chlorhydrique : 37%

1. Quelle est la masse d'acide chlorhydrique contenue dans la bouteille ?
2. En déduire la concentration molaire c en acide chlorhydrique de cette solution commerciale.

Pour la suite, on considérera que la concentration de la solution est égale à 12 mol.L^{-1} .

Pour une séance de travaux pratiques, on doit préparer au laboratoire $V_1 = 200 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 1,5 \text{ mol.L}^{-1}$.

3. Quel volume de solution commerciale faut-il prélever ?
4. Quelle verrerie (liste précise du matériel) faut-il employer pour réaliser cette dilution ? Illustrer les étapes de la dilution par quelques schémas légendés soignés.

Au collège, on étudie la réaction de l'acide chlorhydrique avec le fer dans laquelle les ions H^+ réagissent avec le fer Fe pour former du dihydrogène gazeux H_2 et des ions fer II Fe^{2+} (voir document 1).

Pour cela, on verse 5 mL de solution d'acide chlorhydrique à la concentration $C' = 1,5 \text{ mol.L}^{-1}$ sur 1,0 g de copeaux de fer.

5. Écrire et équilibrer l'équation de la réaction.
6. Établir un tableau d'avancement de la réaction
7. Calculer l'avancement maximal de la réaction.
8. La réaction étant totale, effectuer le bilan de matière à l'état final.

BONUS !

9. L'observation faite au collège concernant le pH est-elle vérifiée ?

Document 1 : Extrait du site internet pccollege.fr

▪ Expérience :

Dans un tube à essais grand modèle, mettre environ 2 pointes de spatule de Fer (Fe) en poudre; puis ajouter environ 5 cm d'acide chlorhydrique et boucher.

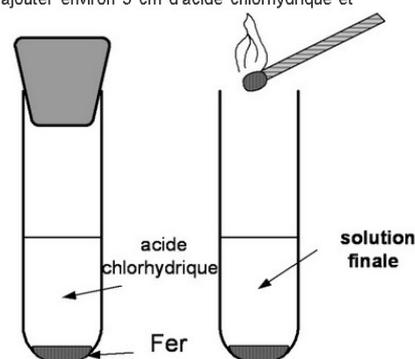
Quand la pression est forte approcher une flamme.

▪ Observations :

Pendant, la réaction, on observe une vive effervescence.

En présentant la flamme, on entend « un pop » qui caractérise la présence du gaz dihydrogène.

On observe aussi la disparition d'une partie du fer et que le pH augmente au cours de la réaction.



Exercice 2 : Synthèse d'un ester

(durée : 45 min)

Données : masses volumiques en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$:

anhydride éthanóique	$\rho_A = 1,08$
alcool isoamylique	$\rho_L = 0,81$
acétate d'isoamyle	$\rho_E = 0,88$
acide éthanóique glacial	$\rho_{A'} = 1,05$

L'acétate d'isoamyle est une phéromone d'alerte chez les abeilles. Cette espèce peut être synthétisée dans l'industrie alimentaire, comme agent de saveur pour parfumer des yaourts (arôme banane). Deux voies de synthèse sont envisageables.

Etude de la voie A

Deux prélèvements, l'un de volume $V_A = 10,0$ mL d'anhydride éthanóique (de formule $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$), et l'autre de volume $V_L = 5,0$ mL d'alcool isoamylique (de formule $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$), sont introduits dans un ballon, avec quelques grains de pierre ponce.

Après un chauffage à reflux de 30 minutes, 6,7 mL d'un liquide très odorant, l'acétate d'isoamyle (de formule $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$) sont récupérés.

1. Ecrire l'équation de la réaction modélisant la transformation réalisée lors de la voie de synthèse A, sachant qu'il y a formation d'un produit supplémentaire : l'acide éthanóique (de formule $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$).
2. Dresser le tableau d'avancement de la réaction.
3. Déterminer l'avancement maximal.
4. Calculer la valeur de l'avancement final (à partir du volume d'ester récupéré).
5. Calculer le taux d'avancement final de la réaction et conclure sur le caractère total ou non de la transformation.

Etude de la voie B

Deux prélèvements, l'un de volume $V'_A = 10,0$ mL d'acide éthanóique pur (de formule $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), et l'autre de volume $V'_L = 5,0$ mL d'alcool isoamylique (de formule $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$), sont introduits dans un ballon, avec quelques grains de pierre ponce (et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, catalyseur n'intervenant pas dans la réaction).

Après un chauffage à reflux pendant 1 heure, 4,8 mL d'un liquide très odorant, l'acétate d'isoamyle (de formule $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$) sont récupérés.

6. Ecrire l'équation de la réaction modélisant la transformation réalisée lors de la voie de synthèse B, sachant qu'il y a formation d'un produit supplémentaire : l'eau.
7. Calculer le taux d'avancement final de la réaction et conclure sur le caractère total ou non de la transformation.

PHYSIQUE

Exercice 3 : Affichage tête haute

(durée : 45 min)

Le dispositif d'Affichage Tête Haute (ATH) est principalement utilisé dans les avions de chasse et certaines voitures. Il consiste à projeter des informations (valeur de la vitesse instantanée, indication sur la route à suivre ...), devant le pare-brise d'un véhicule, dans le bas du champ de vision du conducteur. Ces images se superposent au paysage et permettent donc au conducteur de voir les informations fournies sans quitter la route des yeux (figure 1).



Figure 1. Vue du tableau de bord d'un véhicule muni de l'affichage tête haute

La première partie de cet exercice montre l'intérêt de ce dispositif d'affichage du point de vue de la sécurité et la deuxième partie en étudie le principe simplifié.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

PARTIE A. Intérêt du dispositif ATH

On étudie, au préalable, la lecture de la vitesse affichée au compteur par un conducteur dans un véhicule qui n'est pas équipé du dispositif d'affichage ATH.

L'œil du conducteur est modélisé par l'ensemble constitué de :

- une lentille mince convergente, de centre O , de foyer image $F'_{\text{œil}}$ et de distance focale $f'_{\text{œil}}$ réglable, qui représente le système optique convergent de l'œil ;
- un écran plat vertical représentant la rétine, sur laquelle se forme l'image.

L'orbite de l'œil n'étant pas déformable, la distance entre l'écran et la lentille est fixe et vaut 16 mm.

Le schéma de ce modèle se trouve en figure 2 de l'ANNEXE.

Le conducteur voit net un objet AB situé à l'infini.

1. Sur la figure 2 de l'ANNEXE, tracer l'image $A'B'$ de l'objet AB situé à l'infini.
2. Indiquer, sur la figure 2 de l'ANNEXE, les positions du foyer objet $F_{\text{œil}}$ et du foyer image $F'_{\text{œil}}$ de la lentille modélisant l'œil du conducteur.
3. Calculer la vergence de la lentille dans cette situation.

Pour contrôler sa vitesse, le conducteur regarde maintenant le compteur de vitesse situé à une distance d'environ un mètre de son œil.

4. La valeur de la vergence de la lentille qui modélise l'œil doit-elle augmenter ou diminuer par rapport à sa valeur au repos pour voir nettement le compteur de vitesse ? Justifier sans calcul.
5. Déterminer par le calcul la vergence de la lentille dans cette situation et vérifier la réponse faite à la question précédente.

La notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce donne les informations suivantes :

« En disposant d'informations dans son champ de vision, le conducteur évite ainsi des allers et des retours du regard entre le tableau de bord et la route. L'effet d'éloignement des images projetées lui évite également de réadapter constamment sa vue à des changements de distance. Dispensé de ces deux actions, le conducteur gagne alors environ une seconde d'attention ... »

D'après la notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce

6. En supposant une vitesse moyenne de 120 km/h, quel est l'intérêt principal, en termes de sécurité, de l'affichage tête haute ? Justifier la réponse à l'aide d'un calcul.

PARTIE B. Principe de l'affichage tête haute

Les 2 parties sont indépendantes : on ne s'intéresse plus à la modélisation de l'œil du conducteur dans cette partie.

« La technologie embarquée sur les automobiles actuelles fonctionne avec un dispositif optique situé derrière le tableau de bord qui projette des informations au-delà du pare-brise, le conducteur ayant l'illusion que ces dernières se trouvent à l'extérieur de la voiture, à environ 1 mètre par rapport au bas du pare-brise. »

Principe de l'affichage tête haute, d'après un site Internet

L'ensemble du dispositif optique installé dans le tableau de bord est constitué :

- d'une source lumineuse à diodes affichant la valeur de la vitesse, considérée dans l'exercice comme l'objet lumineux AB ;
- d'une lentille mince convergente de distance focale f' .

Sur la figure 3 de l'**ANNEXE** schématisant le dispositif, on a représenté l'image A_1B_1 , de l'objet AB donnée par la lentille.

7. Sur la figure 3 de l'**ANNEXE**, tracer la marche de deux rayons issus de B permettant de construire l'image B_1 .
8. Définir le grandissement γ de la lentille. Sa valeur algébrique est-elle positive ou négative ? Sa valeur absolue est-elle supérieure ou inférieure à 1 ?

L'image A_1B_1 de la partie précédente est ensuite réfléchiée par le pare-brise. Pour simplifier le problème, on peut considérer que le pare-brise se comporte pour A_1B_1 comme un miroir plan, incliné de 45° par rapport à la verticale Oz (figure 3).

9. Sur la figure 3 de l'**ANNEXE**, placer l'image A'B' de A_1B_1 , donnée par le miroir plan. Justifier.
10. On voudrait faire en sorte que les indications de l'affichage tête haute soient plus grandes. Sans faire de calcul, quelle solution proposeriez-vous ?

Exercice 4 : Satellite géostationnaire

(durée : 45 min)

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
rayon de la Terre : $R_T = 6400 \text{ km}$
masse de la Terre : $m_T = 6,00 \times 10^{24} \text{ kg}$

Un satellite géostationnaire de masse $m = 300 \text{ kg}$ tourne autour de la Terre à une altitude $h = 35\,786 \text{ km}$. Le mouvement est schématisé en annexe.

1. Donner l'expression de la distance entre le centre de la Terre et le centre de gravité du satellite.
2. Donner l'expression de l'intensité de la force exercée par la Terre sur le satellite, en fonction des données de l'exercice.
3. Calculer l'intensité de cette force.
4. Représenter cette force sur le schéma en **ANNEXE à rendre avec la copie**.
5. Peut-on dire que la Terre est attirée par le satellite ? Justifier la réponse et illustrer la réponse sur le schéma.

Le satellite tourne à vitesse constante autour de la Terre, avec une période de rotation de 24h.

6. Caractériser le mouvement du satellite.
7. Son accélération est-elle nulle ? Justifier.
8. Calculer la vitesse de rotation v du satellite en km.h^{-1} .
9. Calculer par 2 méthodes, la valeur de sa vitesse angulaire ω en rad.s^{-1} .

Pour la suite, on prendra $v = 3,1 \text{ km/s}$.

10. Représenter sur l'**ANNEXE** le vecteur vitesse du satellite aux points A, B et C.
On prendra comme échelle de vitesse 1 cm pour $0,5 \text{ km.s}^{-1}$.
11. Tracer sur l' **ANNEXE** le vecteur variation de vitesse au point B.
12. Comparer la direction du vecteur variation de vitesse au point B avec la résultante des forces auxquelles est soumis le satellite. Le résultat est-il conforme à la deuxième loi de Newton ?

On donne l'expression de la valeur de l'accélération $a = v^2 / R$ avec R le rayon de la trajectoire du satellite et v sa vitesse.

13. Calculer l'accélération du satellite.
14. Cette valeur est-elle conforme à la deuxième loi de Newton ? Justifier soigneusement.

Exercice 5 : Escalade d'une paroi

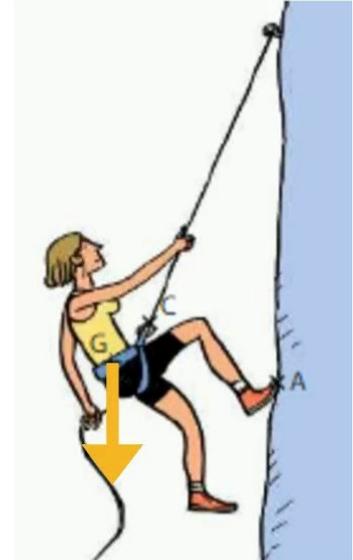
(durée : 30 min)

Donnée : pesanteur $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Un alpiniste escalade une paroi verticale. Il est maintenu à la paroi à l'aide d'une corde fixée à un point d'ancrage et qui forme un angle de 20° avec la verticale. La tension de la corde vaut 550 N. Son pied prend appui sur la paroi en un point A : cet appui peut être modélisé par un contact avec frottements.

On donne la masse de l'alpiniste et de son baudrier : $m = 70 \text{ kg}$.

Déterminer les intensités de chacune des forces auquel est soumis l'alpiniste.



Exercice 6 : Ballon immergé

(durée : 20 min)

Données : pesanteur $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$
densité de l'eau de mer : $d_{\text{mer}} = 1,026$

Un ballon en caoutchouc de 24 L et de masse 2,6 kg flotte à la surface de l'eau.

1. Déterminer la valeur du volume immergé.
2. En déduire la proportion (pourcentage) du ballon qui est sous l'eau en volume.

On le maintient immobile sous l'eau.

3. Quelles sont les caractéristiques de la force de maintien exercée (direction, sens et intensité) ?

BONUS !

4. Pour naviguer en toute sécurité, le volume immergé maximum d'un navire de haute mer ne peut pas dépasser $10\,000 \text{ m}^3$. Si sa masse à vide est de 2 000 tonnes, quel poids maximal peut-il emporter ?