Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

EXERCICE 1. LA PHYSIQUE DE LA PLONGÉE (10 points)

1. Équilibre dynamique du plongeur

Q1. Identifier les deux forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le système {plongeur + équipement} en équilibre.

Dans le référentiel terrestre, le système subit la force poids $\vec{P}$ et la poussée d'Archimède $\vec{P_A}$.

Q2. À l'aide de la deuxième loi de Newton, représenter, sans souci d'échelle, les forces exercées sur le système sachant qu'il est en équilibre.

D'après la deuxième loi de Newton, $\Sigma\vec{F_{ext.}} = m.\vec{a}$

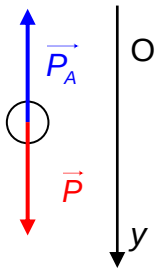
$\vec{P} + \vec{P_A} = m.\vec{a}$

$\vec{P} + \vec{P_A} = m.\frac{d\vec{v}}{dt}$

Le système est à l'équilibre donc immobile ainsi $\vec{v} = \overrightarrow{Cte}$;

$\vec{P} + \vec{P_A} = 0$.

$\vec{P} = -\vec{P_A}$ donc $P = P_A$.



Lorsque le plongeur inspire, le volume de ses poumons augmente.

Q3. Expliquer les conséquences de cette inspiration sur le mouvement du plongeur initialement immobile en justifiant, notamment, la direction et le sens du vecteur accélération.

$\vec{P} + \vec{P_A} = m.\vec{a}$

Par projection suivant un axe Oy vertical orienté vers le BAS

$P_y + P_{Ay} = m.a_y$

$P - P_A = m.a_y$

La norme de la poussée d'Archimède a pour expression $P_A = \rho \cdot V \cdot g$ où g et ρ sont constantes.

En inspirant le plongeur augmente son volume V ainsi la poussée d'Archimède devient plus forte.

Ainsi $P_A > P$,

$m.a_y < 0$

donc $a_y < 0$ le vecteur accélération est orienté vers le haut et il est vertical.

2. Durée de la plongée

Q4. Montrer que la quantité de matière initiale d'air comprimé contenue dans les bouteilles de plongée à la pression de 230 bar et à la température de 283 K vaut n = 293 mol.

D'après la loi des gaz parfaits, $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$.

Donc $n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$, avec V en m^3.

$n = \frac{230 \times 1 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8{,}31 \times 283}$ = 293 mol



Q5. Déterminer graphiquement la valeur de la pression de l'eau à une profondeur de 35 m.

On lit P_{eau} = 4,5 bar.

Un détendeur permet de diminuer la pression de l'air en sortie des bouteilles. Ainsi, la pression de l'air respiré par le plongeur est égale à la pression de l'eau à la profondeur à laquelle il évolue. Dans ces conditions le plongeur consomme pour sa respiration 20,0 L d'air par minute. Le plongeur prévoit d'utiliser la moitié de l'air à sa disposition pour son exploration à 35 m et l'autre moitié pour la descente et la remontée.

Q6. Estimer la valeur de la durée pendant laquelle le plongeur pourra effectuer son exploration à une profondeur de 35 m.

Grâce au détendeur, on a $P_{eau} = P_{air}$.

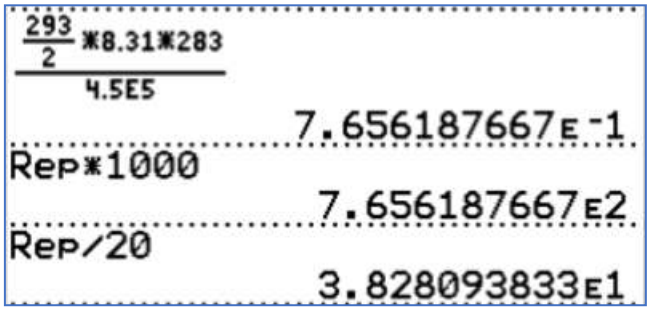
Le plongeur utilise la moitié de l'air à sa disposition, donc n = 293/2 = 146,7 mol (résultat intermédiaire non arrondi).

Déterminons le volume qui correspond à cette quantité de matière.

$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

$$V = \frac{\frac{293}{2} \times 8{,}31 \times 283}{4{,}5 \times 1 \times 10^5} = 0{,}77 \text{ m}^3 = 7{,}7 \times 10^2 \text{ L}$$



Le plongeur consomme 20,0 L par minute.

La durée d'exploration est donc de $\frac{7{,}7 \times 10^2}{20{,}0}$ = 38 min

3. Intérêt de la combinaison

$$Q = \underbrace{P_m \times \Delta t}_{①} + \underbrace{\frac{T_{eau} - T(t)}{R_{eq}} \times \Delta t}_{②}$$

Q7. Indiquer quels phénomènes correspondent aux transferts thermiques associés respectivement aux termes ① et ②.

Le terme ① correspond à l'énergie fournie au corps par son métabolisme.

Le terme ② correspond au transfert thermique entre le corps et l'eau.

Q8. Pendant cette durée Δ*t*, la température du plongeur varie de Δ*T*. Exprimer la variation d'énergie interne Δ*U* du plongeur en fonction de m_p, c_h et Δ*T*.

$\Delta U = m_p \cdot c_h \cdot \Delta T$.

Q9. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la température *T*(*t*) du plongeur peut s'écrire sous la forme : $\tau \cdot \frac{dT(t)}{dt} + T(t) = T_f$ avec $\tau = m_p \cdot c_h \cdot R_{eq}$ et $T_f = P_m \cdot R_{eq} + T_{eau}$.

ATTENTION CETTE PARTIE N'EST PLUS AU PROGRAMME DES ÉCRITS DE MARS DEPUIS LA SESSION 2023.

D'après le premier principe de la thermodynamique, Le système étant au repos, $\Delta U = W + Q$.

Le système n'échange pas de travail avec le milieu extérieur donc ΔU = Q.

$$m_p \cdot c_h \cdot \Delta T = P_m \cdot \Delta t + \frac{T_{eau} - T(t)}{R_{eq}} \cdot \Delta t$$

$$m_p . c_h . \frac{\Delta T}{\Delta t} = P_m + \frac{T_{eau} - T(t)}{R_{eq}}$$

$$m_p . c_h . R_{eq} . \frac{\Delta T}{\Delta t} = P_m . R_{eq} + T_{eau} - T(t)$$

$m_p.c_h.R_{eq}.\frac{\Delta T}{\Delta t}+T(t)=P_m.R_{eq}+T_{eau}$

Si $\Delta t \rightarrow 0$ alors on obtient $m_p.c_h.R_{eq}.\frac{dT}{dt}+T(t)=P_m.R_{eq}+T_{eau}$,

avec $\tau = m_p \cdot c_h \cdot R_{eq}$ et $T_f = P_m \cdot R_{eq} + T_{eau}$ on retrouve l'équation différentielle proposée

$\tau \cdot \frac{dT(t)}{dt}+T(t)=T_f$

Q10. Préciser la signification physique du terme T_f.

Lorsque la température du système atteint sa valeur finale et constante alors $\frac{dT(t)}{dt}=0$

et $T(t) = T_f$.

T_f est la température finale du système.

Q11. Parmi les deux représentations de la figure 2, choisir, en justifiant la réponse, celle qui correspond à l'évolution de la température du plongeur avec sa combinaison et sans sa combinaison. Vérifier la cohérence de votre choix avec les expressions des grandeurs T_f et τ données dans la question 9.

On connaît la valeur de R_{eq} uniquement pour le plongeur avec combinaison.

$T_f = P_m \cdot R_{eq} + T_{eau}$

$T_f = 200 \times 5{,}0 \times 10^{-2} + 283 = 293$ K

Cette valeur correspond à la courbe 2.

La courbe 2 correspond à l'évolution de la température avec combinaison.

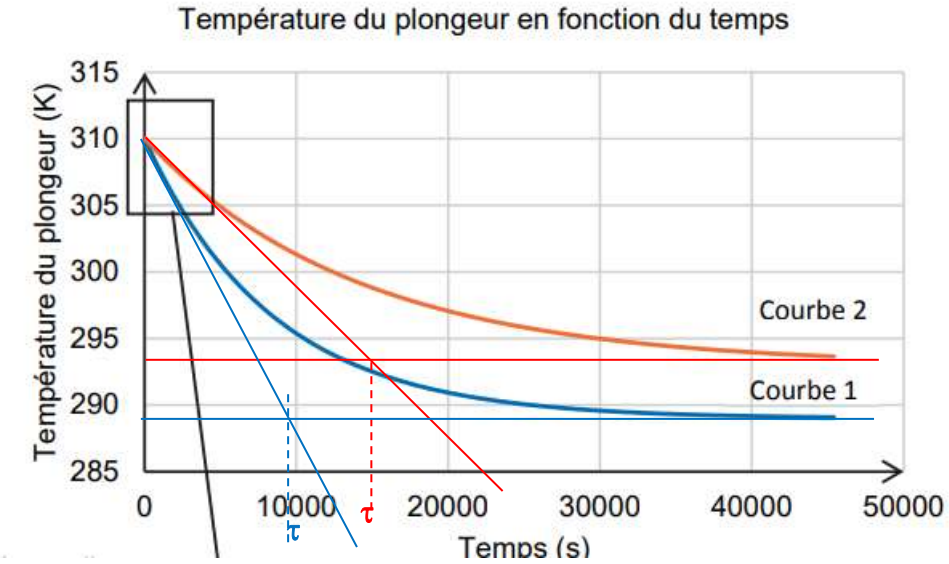
$\tau = m_p \cdot c_h \cdot R_{eq}$

$\tau = 80 \times 3{,}5 \times 10^3 \times 5{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}4 \times 10^4$ s

À la date $t = \tau$, l'asymptote horizontale $T = T_f$ coupe la tangente, à la date t = 0, à la courbe représentative de T.

On retrouve graphiquement environ la bonne valeur de τ avec la courbe2.

La courbe 1 donne une valeur de τ trop faible.



Le plongeur prévoit une sortie d'une durée totale de 60 minutes.

Q12. Déterminer la durée au bout de laquelle le plongeur muni de sa combinaison risquerait, dans le cadre de ce modèle, l'hypothermie. Commenter le résultat.

Un homme est en hypothermie légère lorsque la valeur de la température intérieure de son corps est inférieure à 35 °C, soit inférieure à 35+273 = 308 K.

Utilisons l'agrandissement de la courbe 2, il montre que la température de 308 K est atteinte entre 1500 et 2000 s, donc bien avant 3600 s.

Le plongeur ne doit pas rester 60 minutes à cette profondeur, il risque une hypothermie.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.