Physique Générale A

Série d'exercices 5: Énergie et Fluides - corrigé - 04 novembre 2025

1.) **Lancer de disque**

Réponse D. Voici pourquoi il en est ainsi :

A. Faux. Au départ (hauteur $h_{\text{in}} = 0\,\text{m}$ et par hypothèse $E_{\text{potentielle}} = 0\,\text{J}$), on a seulement en jeu les énergies cinétique de translation et de rotation :

$$E_{\text{mécanique}} = E^{\text{rotation}}_{\text{cinétique}} + E^{\text{translation}}_{\text{cinétique, depart}} + E_{\text{potentielle}} = \frac{1}{2}\, I_\omega\, \omega^2 + \frac{1}{2}\, m\, v^2 + 0 = 101\,\text{J}$$

B. Faux. La seule force appliquée est le poids appliqué au centre de masse. Ainsi, son moment de force est nul, le moment cinétique de rotation est conservé. Ceci implique que la rotation reste inchangée et donc l'énergie cinétique de rotation est conservée avec le valeur de :

$$E^{\text{rotation}}_{\text{cinétique}} = \frac{1}{2}\, I_\omega\, \omega^2 = 1\,\text{J}$$

C. Faux. La composante horizontale de la vitesse au depart est nulle, donc au sommet la vitesse de translation est nulle et donc l'énergie cinétique de translation est nulle. Mais la rotation ne change pas : au sommet l'énergie cinétique totale se réduit à l'énergie cinétique de rotation qui est non nulle.

D. Vrai. L'énergie mécanique est conservée et l'énergie cinétique de rotation ne change pas. Au sommet toute l'énergie cinétique de translation du depart s'est transformée en énergie potentielle :

$$E^{\text{rotation}}_{\text{cinétique}} + E^{\text{translation}}_{\text{cinétique, depart}} + m\, g\, h_{\text{in}} = E^{\text{rotation}}_{\text{cinétique}} + E^{\text{translation}}_{\text{cinétique, sommet}} + m\, g\, h_{\text{max}}$$

Au sommet de la trajectoire :

$$E^{\text{translation}}_{\text{cinétique, sommet}} = 0\,\text{J}$$

Donc :

$$h_{\text{max}} = \frac{E^{\text{translation}}_{\text{cinétique, depart}}}{m\, g} = \frac{v^2}{2g} = 5\,\text{m}$$

E. Faux. Comme vu au point B, en l'absence de moment de force, il n'y a pas d'accélération angulaire qui pourrait augmenter la vitesse angulaire. La vitesse de rotation reste constante pendant tout le vol du disque.

2.) **Vendanges Vaudoises**

On rappelle la formule du produit scalaire: $\vec{a} \cdot \vec{b} = \|a\| \cdot \|b\| \cdot cos(\theta)$. Quand les deux vecteurs $\vec{a}$ et $\vec{b}$ sont parallèles, alors $\theta = 0°$, et $\vec{a} \cdot \vec{b} = \|a\| \cdot \|b\|$.

A. Vrai. D'après le cours on sait que $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = \|F\| \cdot \|s\| \cdot cos(\theta) = \|F\| \cdot \|s\|$, vu que force et déplacement sont parallèles. On doit trouver la norme de $\vec{s}$; on remarque que $\vec{s}$ forme un triangle rectangle avec le dénivelé et l'horizontal, on peut donc utiliser la relation trigonométrique : $\|s\| \cdot sin(\alpha) = \Delta x$ et on en déduit que $\|s\| = 20\,\mathrm{m}$. En remplaçant dans la formule de W on obtient donc $W = 5000\,\mathrm{J}$.

B. Faux. D'après le cours on sait que $P = \vec{F} \cdot \vec{v} = \|F\| \cdot \|v\| \cdot cos(\theta) = \|F\| \cdot \|v\| = 75\,\mathrm{W}$, vu que force et vitesse sont paralleles.

C. Vrai. Ici la force et la vitesse sont constantes donc la puissance instantanée est égale à chaque instant à la puissance moyenne.

D. Vrai. Dans l'énoncé, on indique que la vitesse est constante ce qui implique que la force de traction est égale et opposée à la composante de la force de gravité parallèle au rail. Si on augmente la pente, la composante de la pesanteur parallèle au rail va aussi augmenter, ainsi que la force du treuil. Comme la puissance est constante et $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$, si F augmente, v va diminuer.

3.) **Ressort**

On rappelle les deux formules suivantes pour un ressort allongé de $\vec{x}$:

- Force exercée par un ressort: $\vec{F} = -k\vec{x}$
- Énergie potentielle d'un ressort: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$

A. Vrai. On a allongé le ressort de 20 cm, soit 0.2 m. La norme de la force exercée par le ressort à ce point vaut : $\|\vec{F}\| = \| - k\vec{x}\| = k\|\vec{x}\| = 0.1$ N

B. Vrai. Le maximum de l'énergie potentielle correspond au maximum de l'élongation, soit 0.2 m. Ainsi : $E_p = \frac{1}{2}kx^2 = 0.01$ J

C. Faux. L'énergie potentielle est maximale quand l'élongation du ressort est maximale. Comme il y a conservation d'énergie mécanique en l'absence de frottements, toute l'énergie potentielle sera transformée en cinétique lorsque l'objet de masse M est à la position d'équilibre du ressort. Ainsi l'énergie cinétique est maximale à la position correspondant à la position d'équilibre du ressort, soit le minimum de déformation.

D. Vrai. Au point B on a calculé que le maximum de l'énergie potentielle est de 0.01 J, et au point C on a établi que la valeur maximale de l'énergie potentielle est totalement transformée en énergie cinétique quand le ressort est au point d'équilibre. À ce moment, l'énergie cinétique sera maximum et égal à l'énergie potentielle maximale.

4.) **Énergie dans un lancer**

A. Faux. L'énergie potentielle gravitationnelle est proportionnelle à la hauteur: $E_p = m\,g\,h$, avec g la pesanteur terrestre et m la masse de la balle. Comme la balle va tomber après avoir été lancée, la hauteur h va progressivement diminuer et ainsi E_p va diminuer. Donc, E_p est maximale au début du problème.

B. Faux. Voir ci-dessus: l'énergie potentielle diminue et ne reste pas constante.

C. Faux. En tombant, la balle va accélérer verticalement, sous l'effet de la pesanteur terrestre. Ainsi la vitesse n'est pas constante, et donc l'énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}\,m\,v^2$ augmente.

D. Faux. Notons d'abord que les frottement de l'air tendent à freiner la balle, et donc il impose une force dirigée dans le sens contraire de la trajectoire de la balle (pour le frottement de l'air, on suppose généralement que : $F = -k\,v$ ou $F = -k\,v^2$).

   Le travail d'une force d'un point A à un point B est défini comme $W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s}$. On reconnaît dans l'expression un produit scalaire entre la force $\vec{F}$ et le déplacement $d\vec{s}$. Comme ces deux vecteurs ont une direction opposée, alors le résultat est négatif.

   On peut aussi le voir sous l'hypothèse d'une force de frottement constante vers l'arrière. Dans ce cas, le travail devient $W = \vec{F} \cdot \vec{d} = F\,d\,\cos(\alpha)$ où α est l'angle entre la force $\vec{F}$ et le déplacement $\vec{d}$. Comme $\alpha = 180°$ et $\cos(180°) = -1$, alors $W \leq 0$.

5.) **Plongeur**

Réponse C. La pression subie par le plongeur est la somme de la pression atmosphérique et de la pression hydrostatique :

$$P = P_{\text{atm}} + \rho_{\text{eau}}\,g\,h = 2 \times 10^5\,\text{Pa}$$

6.) **Poche de perfusion**

A. Vrai. La pression hydrostatique est donnée par $P = h\rho g$, où h est la hauteur de fluide. Pour l'application numérique, on doit convertir les grandeurs en unités SI. La masse volumique du fluide est $\rho = 1000\,\text{mg/ml} = 1000\,\text{kg/m}^3$. La pression hydrostatique au niveau de l'aiguille est donc $P = h\rho g = 14.7\,\text{kPa}$.

B. Vrai. Le liquide coulera dans la veine si sa pression hydrostatique est supérieure à la pression dans la veine. Pour comparer, il faut se ramener aux mêmes unités. Comme $1\,\text{mmHg} = 133\,\text{Pa}$, la pression dans la veine est :

$$P_v = 18\,\text{mmHg} \times \frac{133\,\text{Pa}}{1\,\text{mmHg}} = 2394\,\text{Pa} < P$$

   donc la perfusion coule dans la veine.

C. Faux. La pression hydrostatique ne dépend que de la hauteur de la colonne de fluide, pas de la forme de la colonne. Donc, le trajet du tube de perfusion n'a pas d'impact. C'est vrai tant qu'il ne vient pas passer au-dessus de la poche : sinon, la colonne de liquide irait jusqu'au point le plus haut du tube, et la pression au niveau de l'aiguille serait supérieure.

D. Faux. Les pressions discutées dans cet exercice sont des pressions de jauge. Si l'on veut obtenir les pressions absolues, on doit y ajouter la pression atmosphérique. Mais dans la mesure où l'on s'intéresse à la différence de pression entre la perfusion et la veine, cette différence n'est pas affectée par la pression atmosphérique, qui s'ajoute de part et d'autre de la comparaison. Donc, ni l'altitude ni l'étage n'ont d'influence sur le résultat.

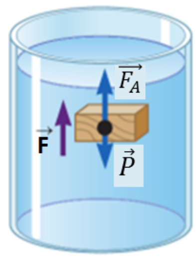
7.) **Objets submergés**

A. Faux. La force d'Archimède est exercée par le fluide. Son amplitude est égale au poids de fluide déplacé par l'objet: $\|F_A\| = m_{\text{dep}}\,g = \rho_{\text{fluide}}\,V_{\text{dep}} g$. Le volume du fluide déplacé V_{dep} dépend seulement du volume de l'objet. Donc à volume égal, la poussée d'Archimède est la même pour les deux objets.

B. Vrai. Si l'objet a une masse $m = \rho_\mathrm{A}\, V_\mathrm{A}$ et est entièrement submergé dans le fluide, le volume du fluide déplacé est égal au volume de l'objet $V_\mathrm{dep} = V_\mathrm{A}$. Le poids est $\|P\| = \rho_\mathrm{A}\, V_\mathrm{A}\, g$. On trouve donc une force totale dirigée vers le haut :

$$\|F\| = \|F_A\| - \|P\| = (\rho_\mathrm{fluide} - \rho_\mathrm{A})\, g\, V_\mathrm{A}$$

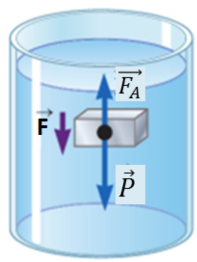
Si $\rho_\mathrm{A} < \rho_\mathrm{fluide}$ alors la force nette $\|F\|$ pointe vers le haut, l'objet remonte à la surface.



C. Vrai. Si $\rho_\mathrm{B} > \rho_A > \rho_\mathrm{fluide}$, la force $\|F\|$ nette (difference entre le poids et la force d'Archimede) sera négative pour les deux objets et donc dirigé vers le bas: ils coulent.

$$\|F\| = \|P\| - \|F_A\| = (\rho_\mathrm{object} - \rho_\mathrm{fluide})\, g\, V$$

Puisque $\rho_\mathrm{B} > \rho_\mathrm{A}$, l'amplitude de la force nette sur B sera plus grande que celle sur A. L'objet B coulera donc plus vite que l'objet A.



D. Vrai. L'iceberg flotte si la norme de la poussée d'Archimède est égale à son poids. V_dep est égal au volume immergé de l'iceberg, et m_dep est la masse de l'eau de mer correspondante. On a donc :

$$F_A = m_\mathrm{dep}\, g = \rho_\text{eau de mer}\, V_\mathrm{dep}\, g = P = \rho_\mathrm{iceberg}\, V_\mathrm{iceberg}\, g$$

La fraction de l'iceberg sous l'eau est:

$$\frac{V_\mathrm{dep}}{V_\mathrm{iceberg}} = \frac{\rho_\mathrm{iceberg}}{\rho_\text{eau de mer}} = \frac{917\ \mathrm{kg/m^3}}{1030\ \mathrm{kg/m^3}} = 89\%$$

8.) **Baromètres**

La hauteur de la colonne de fluide est donné par:

$$h = \frac{P_\mathrm{atm}}{\rho_\mathrm{fluide}\, g}.$$

A. Faux. La hauteur de la colonne de fluide est inversement proportionnelle à la masse volumique du fluide présent dans le baromètre. C'est l'éthanol qui a la masse volumique la plus petite. C'est donc pour ce fluide que l'on observe une colonne de fluide la plus haute.

B. Faux. D'après l'équation, la hauteur ne dépend pas du diamètre du tube. Cela provient du faite que la force due à la pression atmosphérique et le poids sont tous les deux proportionnels à la surface de fluide, S. On a:

$$F_{\text{pression}} = P_{\text{atm}}\, S$$

$$F_{\text{fluide}} = m_{\text{fluide}}\, g = \rho_{\text{fluide}}\, V_{\text{fluide}}\, g = \rho_{\text{fluide}}\, h\, S\, g$$

A l'équilibre la force exercée par l'air à pression atmosphérique sur le fluide est compensée par le poids de fluide surélevé dans le tube. En égalisant les deux équations, on trouve:

$$P_{\text{atm}}\, S = \rho_{\text{fluide}}\, h\, S\, g$$

On observe dans l'équation ci-dessus que le facteur surface est présent des deux côtés de l'équation et donc s'élimine. On retrouve ainsi la premiére équation et on conclut que la hauteur ne dépend pas du diamètre du tube.

C. Vrai. La hauteur du fluide h dépend bien de la pression atmosphérique.

D. Vrai. Selon l'équation $P_{\text{atm}} = \rho_{\text{fluide}}\, h\, g$, une pression plus faible signifie une hauteur de colonne plus faible.

9.) **Approfondissement : Autoporteur**

A. Pour calculer la valeur de l'énergie cinétique en A, on utilise la formule suivante:

$$E_{\text{A}} = \frac{1}{2}\, m\, v_{\text{A}}^2 = 10.8\,\text{J}$$

B. Pour trouver le travail total reçu par l'autoporteur, on doit calculer le travail fourni par la force de gravité et la force de réaction au plan. Vu que la force de réaction au plan est perpendiculaire au plan, la valeur du travail vaut 0. En ce qui concerne le travail de la force gravité on peut le calculer:

$$\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{s} = m\, g\, d_{B\rightarrow C}\, cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = m\, g\, d_{B\rightarrow C}\, sin(\alpha) = -3.0\,\text{J}$$

C. Pour calculer la valeur de la vitesse au point C, on vient utiliser le théorème de l'énergie cinétique :

$$E_C - E_B = W_{\text{totale}}$$

On développe chaque partie de l'équation :

$$\frac{1}{2}\, m\, v_{\text{C}}^2 - \frac{1}{2}\, m\, v_{\text{B}}^2 = -m\, g\, sin(\alpha)\, d_{B\rightarrow C}$$

On simplifie :

$$v_{\text{C}}^2 - v_{\text{B}}^2 = -2\, g\, sin(\alpha)\, d_{B\rightarrow C}$$

On isole la vitesse au point C:

$$v_{\text{C}} = \sqrt{v_{\text{B}}^2 - 2\, g\, \sin(\alpha)\, d_{B\rightarrow C}} = 5.1\,\text{m/s}$$

D. On utilise encore une fois le théorème de l'énergie cinétique :

$$E_E - E_B = W_{\text{totale}}$$

On développe chaque partie de l'équation :

$$\frac{1}{2}\, m\, v_{\text{E}}^2 - \frac{1}{2}\, m\, v_{\text{B}}^2 = -m\, g\, sin(\alpha)\, d_{B\rightarrow E}$$

On simplifie, compte tenu du fait que la vitesse au point E est nulle :

$$-v_{\text{B}}^2 = -2\, g\, sin(\alpha)\, d_{B\rightarrow E}$$

On isole la distance entre B et E :

$$d_{B\rightarrow E} = \frac{v_{\text{B}}^2}{2\, g\, sin(\alpha)} = 3.6\,\text{m}$$

10.) **Eureka!**

Comme indiqué sur le schéma de l'énoncé, la couronne est soumise à trois forces : la tension T du ressort de la balance, la poussée d'Archimède F_{A}, et son poids. On est au repos, donc la somme (vectorielle) des forces est nulle.

A. Dans l'air, la balance indique le vrai poids de la couronne $T_{\text{air}} = P$ (on néglige la poussée d'Archimède due à l'air). Si l'on oriente l'axe vertical vers le haut, quand la couronne est immergée dans l'eau, la somme des forces est $\sum F = T_{\text{eau}} - P + F_{\text{A}}$, où T_{eau} est le "poids" indiqué par la balance. Au repos, cette somme est nulle donc

$$F_{\text{A}} = P - T_{\text{eau}} = 100\,\text{N}$$

B. La poussée d'Archimède est égale au poids de l'eau déplacé :

$$F_{\text{A}} = \rho_{\text{eau}}\, V_{\text{déplacé}}\, g$$

Si la couronne est entièrement submergée, alors $V_{\text{déplacé}} = V_{\text{c}}$, où V_{c} est le volume de la couronne. On a donc :

$$F_{\text{A}} = \rho_{\text{eau}}\, V_{\text{c}}\, g$$

soit :

$$V_{\text{c}} = \frac{F_{\text{A}}}{\rho_{\text{eau}}\, g} = 0.01\,\text{m}^3$$

C. La masse volumique de la couronne est sa masse divisée par son volume, soit :

$$\rho_{\text{c}} = \frac{m_{\text{c}}}{V_{\text{c}}} = \frac{m_{\text{c}}\, g\, \rho_{\text{eau}}}{F_{\text{A}}} = \frac{P\, \rho_{\text{eau}}}{F_{\text{A}}} = 7.84 \times 10^3\,\text{kg/m}^3$$

D. Non. La masse volumique de la couronne est inférieure à celle de l'or pur ($19.3 \times 10^3\,\text{kg/m}^3$). Elle contient donc forcément un autre matériau.