



**PHYSICS.
OLYMPIAD.CH**

PHYSIK-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE PHYSIQUE
OLIMPIADI DELLA FISICA

Olympiades de Physique

Deuxième tour

online, 19 janvier 2021

Partie 1 : 3 problèmes

Durée : 120 minutes

Total : 48 points (3×16)

Moyens autorisés : Calculatrice sans base de données
Matériel pour écrire et dessiner
Une feuille de notes A4 manuscrite
écrite des deux côtés

Bonne chance !

Supported by :



Constantes fondamentales

Fréquence hyperfine du césium	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9.192 631 770	$\times 10^9$	s^{-1}
Vitesse de la lumière dans le vide	c	2.997 924 58	$\times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Constante de Planck	h	6.626 070 15	$\times 10^{-34}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Charge élémentaire	e	1.602 176 634	$\times 10^{-19}$	$\text{A} \cdot \text{s}$
Constante de Boltzmann	k_{B}	1.380 649	$\times 10^{-23}$	$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Constante d'Avogadro	N_{A}	6.022 140 76	$\times 10^{23}$	mol^{-1}
Efficacité lumineuse d'un rayonnement	K_{cd}	6.83	$\times 10^2$	$\text{cd} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{sr}$
Constante magnétique	μ_0	1.256 637 062 12(19)	$\times 10^{-7}$	$\text{A}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Constante électrique	ε_0	8.854 187 812 8(13)	$\times 10^{-12}$	$\text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^4$
Constante des gaz	R	8.314 462 618...		$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	5.670 374 419...	$\times 10^{-8}$	$\text{K}^{-4} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Constante gravitationnelle	G	6.674 30(15)	$\times 10^{-11}$	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
Masse de l'électron	m_e	9.109 383 701 5(28)	$\times 10^{-31}$	kg
Masse du proton	m_{n}	1.674 927 498 04(95)	$\times 10^{-27}$	kg
Masse du neutron	m_{p}	1.672 621 923 69(51)	$\times 10^{-27}$	kg
Accélération normale de la pesanteur	g_{n}	9.806 65		$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Problèmes théoriques

Durée : 120 minutes

Cotation : 48 points (3 × 16)

Commencez chaque problème sur une nouvelle feuille afin de faciliter la correction.
Inscrivez votre nom et le numéro de problème sur les feuilles. Numérotez-les également.

Remarque générale : les problèmes sont composés de parties partiellement indépendantes. En cas de blocage, il est conseillé de continuer à lire et de faire les parties plus faciles.

Problème 1.1 : Modèle de collision inélastique (16 points)

Dans ce problème, nous allons considérer un modèle d'une collision inélastique. Le système (montré dans la figure 1.1.1) consiste en trois corps A (de masse M), B et C (les deux de masse m), où B et C sont reliés par un ressort de constante de ressort k . Le corps A va initialement bouger avec la vitesse V et va finalement entrer en collision avec le système B+C initialement stationnaire.

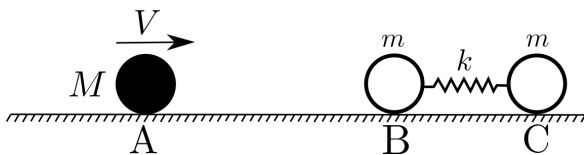


Fig. 1.1.1 : Configuration du problème.

Partie A. Premier contact (5 points)

Nous examinons d'abord la collision *élastique* entre les corps A et B.

- i. (1 pt.) Quelles quantités conservées sont pertinentes pour une telle collision ?
- ii. (3 pt.) Quelle est la vitesse instantanée V' du corps A juste après la collision ?
- iii. (1 pt.) Quelle est la vitesse instantanée v_1 du corps B juste après la collision ?

Partie B. Dans le référentiel du centre de masse (5 points)

À partir d'ici, vous pouvez admettre que le corps A n'a plus d'autre interaction avec les corps B et C.

Maintenant nous allons analyser le mouvement du système B+C. Ce système aura à la fois un mouvement translationnel et un mouvement oscillatoire. Ainsi, il est le plus facile d'examiner le système B+C dans le référentiel du centre de masse.

i. (1 pt.) Trouvez la vitesse v_{CM} du centre de masse du système B+C juste après que A et B sont entrés en contact. Cette vitesse du centre de masse ne changera pas dans le mouvement qui suit. Exprimez votre réponse en termes de v_1 et m .

ii. (1 pt.) Quelles sont les vitesses instantanées v_B^{CM} et v_C^{CM} des corps B et C dans le référentiel du centre de masse au moment où A et B entrent en contact ? Exprimez votre réponse en termes de v_1 et m .

iii. (3 pt.) Au moment du contact entre A et B, le ressort est dans sa position d'équilibre. Quelles sont l'énergie E^{CM} et l'amplitude A (voir figure 1.1.2) des oscillations qui s'ensuivent dans le référentiel du centre de masse ? Exprimez votre réponse en termes de v_1 , m et k .

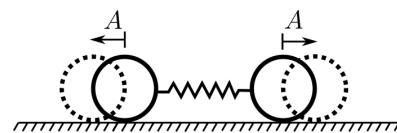


Fig. 1.1.2 : Définition de l'amplitude des oscillations.

Partie C. Énergie perdue (6 points)

En retournant au référentiel fixé au sol, nous examinons la collision entre le corps A et le système composite B+C de masse $2m$ et vitesse v_{CM} . L'énergie cinétique totale est la somme de l'énergie cinétique

du corps A et de l'énergie cinétique du système composite.

i. (2.5 pt.) Quelle est la différence Q de l'énergie cinétique totale entre avant et après la collision ? Exprimez votre réponse en termes de V , m , et M .

ii. (1 pt.) Prouvez que l'énergie « perdue » Q est égale à l'énergie du mouvement interne du système B+C dans le système du centre de masse de B+C.

iii. (1 pt.) Nous définissons q comme le ratio entre l'énergie « perdue » Q et l'énergie cinétique initiale de A. Exprimez q en termes du ratio $\alpha = \frac{M}{m}$.

iv. (1.5 pt.) Pour quelle valeur de α la fraction q est-elle la plus grande ?

Problème 1.2: Vapeur d'eau condensée (16 points)

On considère deux récipients de 17.5 L remplis chacun de $n_0 = 1$ mol de vapeur d'eau sous une pression de 2 bar. On veut maintenant savoir comment on peut condenser la vapeur d'eau en la refroidissant, pour obtenir de l'eau liquide. Pour effectuer les calculs, on considère dès à présent que la vapeur d'eau est un gaz idéal avec trois degrés de liberté. De plus, les mesures suivantes, effectuées pour la vapeur d'eau, vous sont données :

- Masse molaire de l'eau : $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pour simplifier les calculs, on admet que la masse volumique de l'eau ne change pas en fonction de la pression et de la température à l'échelle de ce problème. Un document séparé où une partie du diagramme de phase p - T est tracée vous est également remis.

Partie A. Refroidissement (8 points)

i. (2 pt.) Quelle est la température de la vapeur d'eau dans les récipients? Dessinez cet état initial sur le diagramme p - T .

On veut maintenant faire condenser la vapeur d'eau dans les récipients. Pour ce faire, on refroidit un récipient de manière isochore et l'autre de manière isobare jusqu'à ce que la condensation commence.

ii. (3 pt.) Dessinez ces deux processus sur le diagramme p - T .

iii. (1 pt.) À quelle pression et quelle température la vapeur d'eau commence-t-elle à se condenser ?

iv. (2 pt.) Calculez quelle quantité de chaleur a été extraite de la vapeur d'eau dans chaque processus. De quel processus a été extrait le moins de chaleur ?

Partie B. Transition de phase (6 points)

Pour la suite, nous allons nous concentrer seulement sur le récipient refroidi de manière isobare. On continue à le refroidir de manière isobare pour laisser l'eau se condenser. Cela veut dire que la pression p_t reste constante et la température T_t est ainsi fixée par la courbe de pression de vapeur durant la transition de phase. Durant la transition de phase, l'état liquide et l'état gazeux coexistent. On note les volumes respectifs V_{liq} et V_{gaz} . La transition de phase s'achève quand toute la vapeur est condensée en eau liquide.

i. (0.5 pt.) Soit n_0 le nombre de molécules de gaz avant le début de la transition de phase et soit n_{gaz} le nombre de molécules de gaz durant la transition de phase. Quel est le nombre de molécules dans la phase liquide ?

ii. (1.5 pt.) Quels sont les volumes V_{liq} et V_{gaz} au début de la transition de phase ?

iii. (1.5 pt.) Quels sont les volumes V_{liq} et V_{gaz} lorsque la transition de phase est achevée ?

iv. (1 pt.) Calculez le travail mécanique exercé sur le gaz durant la transition de phase.

Maintenant, on veut étudier plus en détail ce qui se passe durant la transition de phase.

v. (1.5 pt.) Trouvez une formule pour le volume du système durant la transition de phase en fonction du nombre de molécules de vapeur d'eau instantané $n_{\text{gaz}} < n_0$, le nombre de molécules de vapeur d'eau initial n_0 , la pression p_t et la température T_t .

Partie C. Transition de phase isochore (2 points)

i. (1 pt.) Décrivez qualitativement ce qui se passe durant la transition de phase, si on refroidit de manière isochore et non isobare.

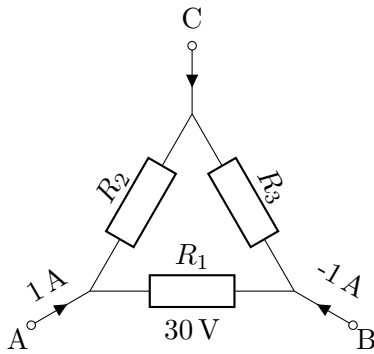
ii. (1 pt.) Dessinez cette transition de phase sur le diagramme p - T .

Problème 1.3: Amplificateur électronique (16 points)

Dans beaucoup de circuits électroniques, les signaux doivent être amplifiés. Que ce soit un signal faible provenant d'une antenne ou pour mettre la musique plus fort. Dans ce problème, nous voulons voir comment on peut fixer le gain de certains amplificateurs électroniques à une valeur donnée.

Partie A. Problème d'échauffement (2 points)

En guise de préparation pour les parties suivantes, revenons sur les deux lois de Kirchhoff. Pour cela, nous analysons le circuit suivant, avec les trois contacts A, B et C :



D'après des mesures, nous savons qu'un courant de 1 A entre dans le circuit au contact A, qu'un courant de 1 A sort du circuit au contact B, et que la tension aux bornes de R_1 est de 30 V.

i. (2 pt.) Si la résistance R_3 est deux fois plus grande que R_2 , quelle est la tension aux bornes de R_2 ?

Partie B. Réglage du gain (8 points)

Dans ce problème nous considérons un amplificateur inverseur (voir fig. 1.3.1) et nous faisons les suppositions suivantes :

- La tension d'entrée et la tension de sortie sont de signe différent (d'où le nom d'« amplificateur inverseur »).
- La tension d'entrée U_{in} est amplifiée d'un facteur $k_0 = -10^6$.
- L'amplificateur est connecté à une source de tension de 12 V et -12 V (ne figure pas sur le schéma) et ne peut que générer des tensions dans cet intervalle.

- La résistance d'entrée (résistance interne entre l'entrée et la masse) de l'amplificateur est très grande avec $R_i = 10 \text{ M}\Omega$.

i. (1 pt.) Quel est le plus grand intervalle de tension ΔU qu'on peut appliquer à l'entrée permettant à l'amplificateur de fonctionner correctement ?

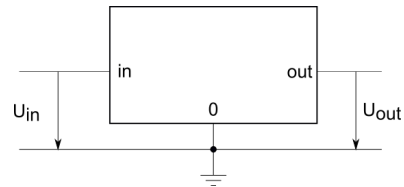


Fig. 1.3.1: Le rectangle représente l'amplificateur, la tension de sortie U_{out} est la tension d'entrée U_{in} amplifiée par k_0 .

ii. (1 pt.) Si on applique une tension $U_{in} = 1 \mu\text{V}$ à l'entrée, quelle est l'amplitude du courant à l'entrée (in) ?

iii. (2 pt.) En ajoutant deux résistances $R_1, R_2 \ll R_i$, l'amplification peut être fixée à n'importe quelle valeur $k < k_0$, voir fig. 1.3.2. Quelle relation (approximative) existe entre les courants I_1 et I_2 ?

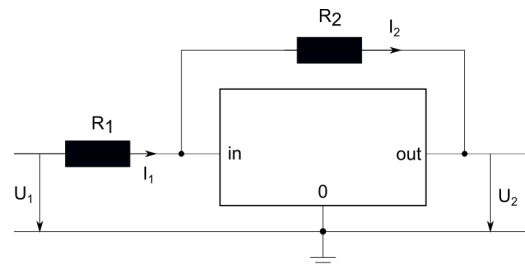


Fig. 1.3.2: L'amplificateur avec deux résistances additionnelles R_1 et R_2 . De plus, la tension U_1 appliquée à R_1 et le courant I_1 à travers R_1 sont dessinés, tout comme de façon analogue la tension U_2 appliquée à R_2 et le courant I_2 .

iv. (1.5 pt.) Si nous voulons atteindre un gain $k \ll k_0$, quel est le rapport entre U_1 et U_2 , resp. quel est le gain résultant en termes de R_1 et R_2 ?

v. (1 pt.) Quelle est la tension U_{in} appliquée à l'amplificateur ?

vi. (1.5 pt.) Supposons que vous souhaitez amplifier un signal faible avec une tension d'entrée $U_1 = 20 \text{ mV}$ par un facteur $k = 100$ afin que le signal ait un courant maximal de $10 \mu\text{A}$, quelles valeurs R_1 et R_2 doivent être choisies ? La supposition $R_1, R_2 \ll R_i$ est-elle toujours valable ?

Partie C. Vitesse de balayage (6 points)

Nous retournons à notre amplificateur sans résistance additionnelle, comme sur la fig. 1.3.1. En règle générale, les amplificateurs ne peuvent pas augmenter la tension d'entrée à une vitesse arbitraire, mais ont besoin d'un certain temps pour agir. La vitesse de balayage indique la rapidité maximale avec la-

quelle la tension à la sortie (out) de l'amplificateur peut augmenter.

i. (2 pt.) Supposons que la vitesse de balayage est de $10 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. Quelle est la fréquence maximale pouvant être amplifiée ? Indice : supposez que l'amplitude du signal sortant est de 1 V , et que le signal entrant a une forme sinusoïdale.

ii. (4 pt.) Supposons qu'à $t = 0$ on change instantanément la tension à l'entrée (in) de 0 V à $10 \mu\text{V}$. Comment se comporte la tension de sortie (utilisez les données numériques du problème) ? Dessinez un graphe.

Problèmes théoriques : solutions

Problème 1.1 : Modèle de collision inélastique

16 pt.

Dans ce problème, nous allons considérer un modèle d'une collision inélastique. Le système (montré dans la figure 1.1.1) consiste en trois corps A (de masse M), B et C (les deux de masse m), où B et C sont reliés par un ressort de constante de ressort k . Le corps A va initialement bouger avec la vitesse V et va finalement entrer en collision avec le système B+C initialement stationnaire.

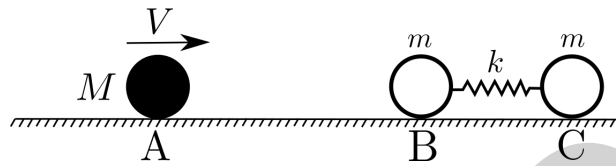


Fig. 1.1.1 : Configuration du problème.

Partie A. Premier contact

5 pt.

Nous examinons d'abord la collision *élastique* entre les corps A et B.

i. Quelles quantités conservées sont pertinentes pour une telle collision ?

1 pt.

The conserved quantities relevant for an elastic collision are

conservation of (linear) momentum and

0.5 pt.

conservation of *kinetic* energy.

0.5 pt.

No points should be given if it is only stated that the energy (instead of kinetic energy) is conserved, except if the equation for conservation of kinetic energy is written in Part Aii.

ii. Quelle est la vitesse instantanée V' du corps A juste après la collision ?

3 pt.

As mentioned in the text, between the bodies A and B we have an elastic collision. This means that we have conservation of momentum

$$MV = MV' + mv_1, \tag{1.1.2}$$

1 pt.

and we also have conservation of energy

$$\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}MV'^2 + \frac{1}{2}mv_1^2. \tag{1.1.3}$$

1 pt.

We can write this system of equations as

$$\begin{aligned} M(V - V')(V + V') &= mv_1^2 \\ M(V - V') &= mv_1 \end{aligned} \tag{1.1.4}$$

which then gives

$$v_1 = V + V'. \quad (1.1.5)$$

Plugging back into momentum conservation we have

$$V' = \frac{M - m}{M + m}V. \quad (1.1.6)$$

iii. Quelle est la vitesse instantanée v_1 du corps B juste après la collision ?

1 pt.

1 pt.

Using the result of the previous section,

$$v_1 = V + V' = V + \frac{M - m}{M + m}V = \frac{2M}{M + m}V. \quad (1.1.7)$$

1 pt.

Partie B. Dans le référentiel du centre de masse

5 pt.

À partir d'ici, vous pouvez admettre que le corps A n'a plus d'autre interaction avec les corps B et C. Maintenant nous allons analyser le mouvement du système B+C. Ce système aura à la fois un mouvement translationnel et un mouvement oscillatoire. Ainsi, il est le plus facile d'examiner le système B+C dans le référentiel du centre de masse.

i. Trouvez la vitesse v_{CM} du centre de masse du système B+C juste après que A et B sont entrés en contact. Cette vitesse du centre de masse ne changera pas dans le mouvement qui suit. Exprimez votre réponse en termes de v_1 et m .

1 pt.

In the frame fixed to the ground the instantaneous velocity of B is v_1 and that of C is 0, so

$$v_{\text{CM}} = \frac{mv_1 + m \cdot 0}{m + m} = \frac{v_1}{2}. \quad (1.1.8)$$

1 pt.

ii. Quelles sont les vitesses instantanées v_B^{CM} et v_C^{CM} des corps B et C dans le référentiel du centre de masse au moment où A et B entrent en contact ? Exprimez votre réponse en termes de v_1 et m .

1 pt.

Since the velocity in the reference frame fixed to the ground of B is v_1 and that of C is 0 the velocities in the reference frame fixed to their center of mass have to be

$$v_B^{\text{CM}} = v_1 - v_{\text{CM}} = \frac{v_1}{2}, \quad (1.1.9)$$

0.5 pt.

$$v_C^{\text{CM}} = 0 - v_{\text{CM}} = -\frac{v_1}{2}. \quad (1.1.10)$$

0.5 pt.

iii. Au moment du contact entre A et B, le ressort est dans sa position d'équilibre. Quelles sont l'énergie E^{CM} et l'amplitude A (voir figure 1.1.11) des oscillations qui s'ensuivent dans le référentiel du centre de masse ? Exprimez votre réponse en termes de v_1 , m et k .

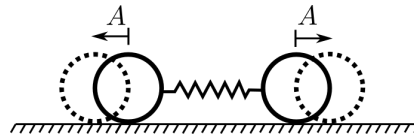


Fig. 1.1.11: Définition de l'amplitude des oscillations.

3 pt.

After the collision the system B+C is isolated from A and thus its total energy has to be conserved. In the center of mass frame all the energy is in the oscillatory motion of the bodies B and C. This is because by being in the center of mass frame we have gotten rid of the translational motion.

1 pt.

Since we know the velocities of B and C at the moment after the collision, this gives us the energy as

$$E^{CM} = \frac{m}{2} \left(\left(\frac{v_1}{2}\right)^2 + \left(-\frac{v_1}{2}\right)^2 \right) = \frac{mv_1^2}{4}. \tag{1.1.12}$$

0.5 pt.

The fact that at the moment of collision the spring is at equilibrium means that at this moment the full energy is kinetic. At the point in the oscillation cycle where the bodies reach the amplitude the full energy will be stored in the spring. With the given definition of amplitude we have

$$\frac{mv_1^2}{4} = \frac{1}{2}k(2A)^2. \tag{1.1.13}$$

1 pt.

Solving for A gives

$$A = \sqrt{\frac{mv_1^2}{8k}}. \tag{1.1.14}$$

0.5 pt.

Partie C. Énergie perdue

6 pt.

En retournant au référentiel fixé au sol, nous examinons la collision entre le corps A et le système composite B+C de masse 2m et vitesse v_{CM}. L'énergie cinétique totale est la somme de l'énergie cinétique du corps A et de l'énergie cinétique du système composite.

i. Quelle est la différence Q de l'énergie cinétique totale entre avant et après la collision? Exprimez votre réponse en termes de V, m, et M.

2.5 pt

From the perspective of the collision of A and B+C in the reference frame fixed to the ground initially we have the energy

$$E_i = \frac{1}{2}MV^2, \tag{1.1.15}$$

0.5 pt.

while after the collision we have the energy

$$E_f = \frac{1}{2}MV'^2 + \frac{1}{2}(2m)v_{CM}^2 + Q, \tag{1.1.16}$$

where Q denotes the energy lost to the internal motion of the B+C composite system. 0.5 pt.

Including Q , as we did above, means that $E_f - E_i = 0$, from which we can find a formula for Q as

$$Q = \frac{MV^2}{2} - \frac{MV'^2}{2} - mv_{CM}^2. \tag{1.1.17}$$

Using the formulas we found in previous parts 0.5 pt.

$$V' = \frac{M - m}{M + m}V, \quad v_{CM} = \frac{v_1}{2} = \frac{MV}{M + m}, \tag{1.1.18}$$

we get

$$Q = \frac{MV^2}{2} \left(1 - \frac{2mM}{(M + m)^2} - \left(\frac{M - m}{M + m} \right)^2 \right) = \frac{MV^2}{2} \frac{2Mm}{(M + m)^2}. \tag{1.1.19}$$

ii. Prouvez que l'énergie « perdue » Q est égale à l'énergie du mouvement interne du système B+C dans le système du centre de masse de B+C. 1 pt.

We express E^{CM} in terms of V , M and m and get 1 pt.

$$E^{CM} = \frac{M^2mV^2}{(M + m)^2} = Q. \tag{1.1.20}$$

iii. Nous définissons q comme le ratio entre l'énergie « perdue » Q et l'énergie cinétique initiale de A. Exprimez q en termes du ratio $\alpha = \frac{M}{m}$. 1 pt.

From the other subtasks we have

$$q = \frac{Q}{E_i} = \frac{2Mm}{(M + m)^2}, \tag{1.1.21}$$

which we can express in terms of α 0.5 pt.

$$q = \frac{2\alpha}{(1 + \alpha)^2}. \tag{1.1.22}$$

iv. Pour quelle valeur de α la fraction q est-elle la plus grande ? 0.5 pt.

We notice that the "lost" energy Q is equal to the translational energy of the composite system. Consequently, the largest loss in energy is observed for the largest possible energy transfer with respect to the initial kinetic energy, which is the case when all kinetic energy goes from A to B, i.e. $M = m$. 1.5 pt.

Alternatively we can calculate the derivative of q with respect to α :

$$\frac{dq}{d\alpha} = \frac{2}{(1 + \alpha)^2} - \frac{4\alpha}{(1 + \alpha)^3} = 0. \tag{1.1.23}$$

Solving for α we get

$$\alpha = 1. \tag{1.1.24}$$

Problème 1.2: Vapeur d'eau condensée**16 pt.**

On considère deux récipients de 17.5 L remplis chacun de $n_0 = 1$ mol de vapeur d'eau sous une pression de 2 bar. On veut maintenant savoir comment on peut condenser la vapeur d'eau en la refroidissant, pour obtenir de l'eau liquide. Pour effectuer les calculs, on considère dès à présent que la vapeur d'eau est un gaz idéal avec trois degrés de liberté. De plus, les mesures suivantes, effectuées pour la vapeur d'eau, vous sont données :

- Masse molaire de l'eau : $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau : $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Pour simplifier les calculs, on admet que la masse volumique de l'eau ne change pas en fonction de la pression et de la température à l'échelle de ce problème. Un document séparé où une partie du diagramme de phase p - T est tracée vous est également remis.

Partie A. Refroidissement**8 pt.**

i. Quelle est la température de la vapeur d'eau dans les récipients ? Dessinez cet état initial sur le diagramme p - T .

2 pt.

From the ideal gas law we have

$$T = \frac{pV}{nR}$$

1 pt.

The numerical value is $T = 147.8^\circ\text{C}$.

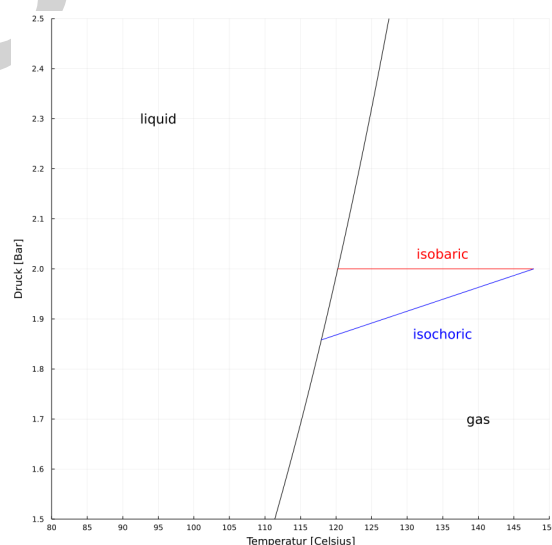
0.5 pt.

The point is correctly drawn in the diagram.

0.5 pt.

On veut maintenant faire condenser la vapeur d'eau dans les récipients. Pour ce faire, on refroidit un récipient de manière isochore et l'autre de manière isobare jusqu'à ce que la condensation commence.

ii. Dessinez ces deux processus sur le diagramme p - T .

3 pt.

For the isobaric process, we have a horizontal line until it crosses the saturation curve.

1 pt.

The isochoric process is a straight line with slope $\frac{nR}{V}$.

1 pt.

The isochoric process is correctly drawn in the p - T diagram. It is easiest to calculate another point at T_1 with

$$p_1 = T_1 \frac{p_0}{T_0},$$

where T_0, p_0 are the initial points. Then the data points (T_0, p_0) and (T_1, p_1) can be connected.

1 pt.

iii. À quelle pression et quelle température la vapeur d'eau commence-t-elle à se condenser ?

1 pt.

We take the intersection of the processes with the saturation curve and read off the corresponding temperature and pressure.

We get $T_{t,V} = 118^\circ\text{C}$, $p_{t,V} = 1.86$ bar for the isochoric process. $T_{t,p}$ has to be within $\pm 1^\circ\text{C}$ of the correct value and $p_{t,V}$ has to be within ± 0.03 bar.

0.5 pt.

And $T_{t,p} = 120^\circ\text{C}$, $p_{t,p} = 2$ bar for the isobaric process. $T_{t,p}$ has to be within $\pm 1^\circ\text{C}$ of the correct value.

0.5 pt.

iv. Calculez quelle quantité de chaleur a été extraite de la vapeur d'eau dans chaque processus. De quel processus a été extrait le moins de chaleur ?

2 pt.

For the isochoric process we have

$$Q_V = C_V \Delta T = \frac{3}{2} nR(T_0 - T_{t,V}).$$

0.5 pt.

Numerical application gives $Q_V = 373$ J.

0.5 pt.

For the isobaric process we have

$$Q_p = C_p \Delta T = \frac{5}{2} nR(T_0 - T_{t,p}).$$

0.5 pt.

Numerical application gives $Q_p = 573$ J.

0.5 pt.

Partie B. Transition de phase

6 pt.

Pour la suite, nous allons nous concentrer seulement sur le récipient refroidi de manière isobare. On continue à le refroidir de manière isobare pour laisser l'eau se condenser. Cela veut dire que la pression p_t reste constante et la température T_t est ainsi fixée par la courbe de pression de vapeur durant la transition de phase. Durant la transition de phase, l'état liquide et l'état gazeux coexistent. On note les volumes respectifs V_{liq} et V_{gaz} . La transition de phase s'achève quand toute la vapeur est condensée en eau liquide.

i. Soit n_0 le nombre de molécules de gaz avant le début de la transition de phase et soit n_{gaz} le nombre de molécules de gaz durant la transition de phase. Quel est le nombre de molécules dans la phase liquide ?

0.5 pt.

We cannot exchange any particles with the environment therefore the amount of particles is conserved. So we have $n_0 - n_{\text{gas}}$ mole molecules in the liquid phase.

0.5 pt.

ii. Quels sont les volumes V_{liq} et V_{gaz} au début de la transition de phase ?

1.5 pt.

There is no water at the beginning,

$$V_{\text{li},i} = 0.$$

0.5 pt.

From the ideal gas law,

$$V_{\text{gas},i} = \frac{nRT_t}{p_t}.$$

0.5 pt.

The numerical result is

$$V_{\text{gas},i} = 16.4 \text{ L}.$$

0.5 pt.

iii. Quels sont les volumes V_{liq} et V_{gaz} lorsque la transition de phase est achevée ?

1.5 pt.

We have

$$V_{\text{gas},f} = 0.$$

0.5 pt.

We have n_0 mole particles in water. Therefore

$$V_{\text{li},f} = \frac{n_0 M_{\text{water}}}{\rho}.$$

where ρ is the density.

0.5 pt.

The numerical result is

$$V_{\text{li},f} = 18 \text{ mL}.$$

0.5 pt.

iv. Calculez le travail mécanique exercé sur le gaz durant la transition de phase.

1 pt.

Since the phase transition is isobaric the mechanical work is

$$W = p\Delta V = p(V_{\text{gas},i} - V_{\text{li},f}) \approx pV_{\text{gas},i}.$$

0.5 pt.

The numerical value is

$$W = 3271 \text{ J}.$$

0.5 pt.

Maintenant, on veut étudier plus en détail ce qui se passe durant la transition de phase.

v. Trouvez une formule pour le volume du système durant la transition de phase en fonction du nombre de molécules de vapeur d'eau instantané $n_{\text{gaz}} < n_0$, le nombre de molécules de vapeur d'eau initial n_0 , la pression p_t et la température T_t .

1.5 pt.

The volume of the gaseous part is by ideal gas law

$$V_{\text{gas},t} = \frac{n_{\text{gas}}RT_t}{p_t}.$$

0.5 pt.

The volume of the liquid part is

$$V_{\text{li},t} = \frac{(n_0 - n_{\text{gas}})M}{\rho}.$$

0.5 pt.

We therefore get

$$V_t = \frac{T_t}{p_t} \left(n_{\text{gas}}R + \frac{p_t}{T_t} M(n_0 - n_{\text{gas}}) \right).$$

0.5 pt.

Partie C. Transition de phase isochore

2 pt.

i. Décrivez qualitativement ce qui se passe durant la transition de phase, si on refroidit de manière isochore et non isobare.

1 pt.

The ratio between vapor and water will decrease by extracting more heat, but since we have fixed volume there will always be some gas left filling out the container. This is possible, because the pressure decreases as well and therefore the gaseous phase is less dense.

1 pt.

ii. Dessinez cette transition de phase sur le diagramme p - T .

1 pt.

Since we have coexistence of water and vapor we have to be on the water vapor curve. This means the process will follow the water vapor curve.

1 pt.

Problème 1.3 : Amplificateur électronique

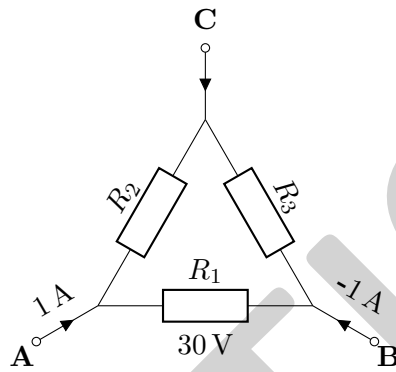
16 pt.

Dans beaucoup de circuits électroniques, les signaux doivent être amplifiés. Que ce soit un signal faible provenant d’une antenne ou pour mettre la musique plus fort. Dans ce problème, nous voulons voir comment on peut fixer le gain de certains amplificateurs électroniques à une valeur donnée.

Partie A. Problème d’échauffement

2 pt.

En guise de préparation pour les parties suivantes, revenons sur les deux lois de Kirchhoff. Pour cela, nous analysons le circuit suivant, avec les trois contacts A, B et C :



D’après des mesures, nous savons qu’un courant de 1 A entre dans le circuit au contact A, qu’un courant de 1 A sort du circuit au contact B, et que la tension aux bornes de R_1 est de 30 V.

i. Si la résistance R_3 est deux fois plus grande que R_2 , quelle est la tension aux bornes de R_2 ?

2 pt.

We can look at the whole circuit as one knot. Therefore we can deduce that there is no current at point C, from the first Kirchhoff rule. This means the current through R_2 and R_3 is the same.

0.5 pt.

From the second Kirchhoff rule we know that the combined voltage over R_2 and R_3 is equal to the voltage over R_1 .

0.5 pt.

Since there is no current flowing out in point C, R_2 and R_3 split the voltage with a ratio one to two.

0.5 pt.

Therefore the voltage over R_2 is 10 V.

0.5 pt.

Partie B. Réglage du gain

8 pt.

Dans ce problème nous considérons un amplificateur inverseur (voir fig. 1.3.1) et nous faisons les suppositions suivantes :

- La tension d’entrée et la tension de sortie sont de signe différent (d’où le nom d’« amplificateur inverseur »).
- La tension d’entrée U_{in} est amplifiée d’un facteur $k_0 = -10^6$.
- L’amplificateur est connecté à une source de tension de 12 V et -12 V (ne figure pas sur le schéma) et ne peut que générer des tensions dans cet intervalle.

- La résistance d'entrée (résistance interne entre l'entrée et la masse) de l'amplificateur est très grande avec $R_i = 10\text{ M}\Omega$.

i. Quel est le plus grand intervalle de tension ΔU qu'on peut appliquer à l'entrée permettant à l'amplificateur de fonctionner correctement ?

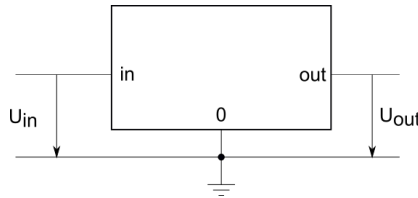


Fig. 1.3.1: Le rectangle représente l'amplificateur, la tension de sortie U_{out} est la tension d'entrée U_{in} amplifiée par k_0 .

1 pt.

The maximal output range is 24 V. Taking the magnification k into account, the maximal input range is $\Delta U = 24\text{ V}/k_0 = 24\text{ }\mu\text{V}$.

1 pt.

If only taking the output range as 12 V, only reward half the points.

ii. Si on applique une tension $U_{in} = 1\text{ }\mu\text{V}$ à l'entrée, quelle est l'amplitude du courant à l'entrée (in) ?

1 pt.

Since the input impedance is $R_i = 10\text{ M}\Omega$, the current is $I = \frac{U}{R} = 10\text{ fA} = 1 \times 10^{-13}\text{ A}$.

1 pt.

iii. En ajoutant deux résistances $R_1, R_2 \ll R_i$, l'amplification peut être fixée à n'importe quelle valeur $k < k_0$, voir fig. 1.3.2. Quelle relation (approximative) existe entre les courants I_1 et I_2 ?

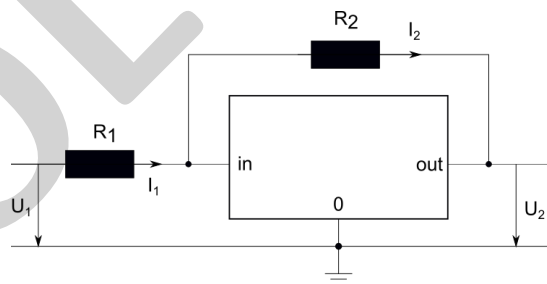


Fig. 1.3.2: L'amplificateur avec deux résistances additionnelles R_1 et R_2 . De plus, la tension U_1 appliquée à R_1 et le courant I_1 à travers R_1 sont dessinés, tout comme de façon analogue la tension U_2 appliquée à R_2 et le courant I_2 .

2 pt.

Since the resistance $R_1, R_2 \ll R_i$, we can neglect R_i for current considerations, i.e. no current flows into the input.

0.5 pt.

Then applying Kirchoff's current law, the current I_1 flowing into the amplifier has to be the same as the one flowing away, i.e. I_2 .

1 pt.

Therefore $I_1 = I_2$ (give this point also if it is obvious from the explanation).

Applying Kirchoff as a sum, one might also find that $I_1 = -I_2$, which is considered here as equivalent.

iv. Si nous voulons atteindre un gain $k \ll k_0$, quel est le rapport entre U_1 et U_2 , resp. quel est le gain résultant en termes de R_1 et R_2 ?

Making use of the currents being equal ($I_1 = I_2 = I$), we get $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{IR_2}{IR_1} = -\frac{R_2}{R_1}$.

The amplification is therefore $k = -\frac{R_2}{R_1}$.

Note the minus sign : On one hand this is due to the inverting amplification. On the other hand it is due to the definition of I_1 and I_2 , i.e. to apply Kirchoffs law.

v. Quelle est la tension U_{in} appliquée à l'amplificateur ?

There are two approaches, both are equivalent :

From a controller point of view, one can imply that the amplifier sets the output voltage given by U_1 , R_1 and R_2 always such that the voltage at the input U_{in} is zero. Alternatively from the above calculation (with right signs, i.e. $\text{sgn}(U_1) = -\text{sgn}(U_2)$) one sees that the voltage between the two resistors (i.e. the input energy of the amplifier) is always zero.

vi. Supposons que vous souhaitez amplifier un signal faible avec une tension d'entrée $U_1 = 20 \text{ mV}$ par un facteur $k = 100$ afin que le signal ait un courant maximal de $10 \mu\text{A}$, quelles valeurs R_1 et R_2 doivent être choisies ? La supposition $R_1, R_2 \ll R_i$ est-elle toujours valable ?

In order not to exceed the input current of $10 \mu\text{A}$, we have to chose $R_1 > \frac{U_1}{I} = 2000 \Omega$.

On the other hand the output resistor is given by $R_2 = kR_1$.

Since $R_1 \ll R_2 \ll R_i$, the approximation is still valid.

Partie C. Vitesse de balayage

Nous retournons à notre amplificateur sans résistance additionnelle, comme sur la fig. 1.3.1. En règle générale, les amplificateurs ne peuvent pas augmenter la tension d'entrée à une vitesse arbitraire, mais ont besoin d'un certain temps pour agir. La vitesse de balayage indique la rapidité maximale avec laquelle la tension à la sortie (out) de l'amplificateur peut augmenter.

i. Supposons que la vitesse de balayage est de $10 \text{ V} \cdot \mu\text{s}^{-1}$. Quelle est la fréquence maximale pouvant être amplifiée ? Indice : supposez que l'amplitude du signal sortant est de 1 V , et que le signal entrant a une forme sinusoïdale.

The maximal slope of a sinusoidal oscillation with angular frequency ω and amplitude 1 V is $1\omega \text{ V}$.

Equating this with the given raising time leads to the maximal frequency : $\omega = 10 \mu\text{s}^{-1} = 1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$.

Therefore the frequency is of about $f = 1.6 \text{ MHz}$.

Note that in the end the order of magnitude is important. So if there is a good reasoning for a different frequency close to $f = 1.6 \text{ MHz}$, it is also fine.

ii. Supposons qu'à $t = 0$ on change instantanément la tension à l'entrée (in) de 0 V à $10 \mu\text{V}$. Comment se comporte la tension de sortie (utilisez les données numériques du problème) ? Dessinez un graphe.

The maximal output voltage is 10 V . So for big times, it should converge to there.

Before $t = 0$, the output voltage is zero.

The raise of the voltage has to happen within about $1 \mu\text{s}$. Whether the change is given by an exponential or a straight line does not matter.

Labelling of x-axis

Labelling of y-axis

X-axis scaled

Y-axis scaled



**PHYSICS.
OLYMPIAD.CH**

PHYSIK-OLYMPIADE
OLYMPIADES DE PHYSIQUE
OLIMPIADI DELLA FISICA

Olympiades de Physique

Deuxième tour

online, 19 janvier 2021

Partie 2 : 20 questions à choix multiple

Durée : 60 minutes

Total : 20 points (20×1)

Moyens autorisés : Calculatrice sans base de données

Matériel pour écrire et dessiner

Une feuille de notes A4 manuscrite
écrite des deux côtés

Bonne chance !

Supported by :



Constantes fondamentales

Fréquence hyperfine du césium	$\Delta\nu_{\text{Cs}}$	9.192 631 770	$\times 10^9$	s^{-1}
Vitesse de la lumière dans le vide	c	2.997 924 58	$\times 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Constante de Planck	h	6.626 070 15	$\times 10^{-34}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Charge élémentaire	e	1.602 176 634	$\times 10^{-19}$	$\text{A} \cdot \text{s}$
Constante de Boltzmann	k_{B}	1.380 649	$\times 10^{-23}$	$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Constante d'Avogadro	N_{A}	6.022 140 76	$\times 10^{23}$	mol^{-1}
Efficacité lumineuse d'un rayonnement	K_{cd}	6.83	$\times 10^2$	$\text{cd} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{sr}$
Constante magnétique	μ_0	1.256 637 062 12(19)	$\times 10^{-7}$	$\text{A}^{-2} \cdot \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Constante électrique	ε_0	8.854 187 812 8(13)	$\times 10^{-12}$	$\text{A}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^4$
Constante des gaz	R	8.314 462 618...		$\text{K}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Constante de Stefan-Boltzmann	σ	5.670 374 419...	$\times 10^{-8}$	$\text{K}^{-4} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3}$
Constante gravitationnelle	G	6.674 30(15)	$\times 10^{-11}$	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$
Masse de l'électron	m_e	9.109 383 701 5(28)	$\times 10^{-31}$	kg
Masse du proton	m_{n}	1.674 927 498 04(95)	$\times 10^{-27}$	kg
Masse du neutron	m_{p}	1.672 621 923 69(51)	$\times 10^{-27}$	kg
Accélération normale de la pesanteur	g_{n}	9.806 65		$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

Multiple Choice : feuille-réponse

Durée : 60 minutes

Cotation : 20 points (1 point par réponse correcte)

Donnez vos réponses dans les cases prévues à cet effet sur cette page.

Inscrivez votre nom et le numéro de problème sur les feuilles. Numérotez-les également.

- Les questions à choix multiple (**MC**) comportent plusieurs réponses, dont **une seule** est correcte. Si vous sélectionnez la bonne réponse (et seulement celle-là) sur la feuille-réponse, vous obtenez un point, sinon zéro.

Nom :	Prénom :	Total :
--------------	-----------------	----------------

	A)	B)	C)	D)	E)	F)
Question 2.1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Question 2.13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Question 2.20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Multiple Choice : questions

Question 2.1 (MC)

Combien d'œufs sont consommés par année par l'ensemble de l'humanité ?

- A) 7.67×10^7 t B) 7.67×10^8 t
C) 7.67×10^9 t D) 7.67×10^{10} t

Question 2.2 (MC)

Quelle est la puissance moyenne maximale d'un-e cycliste (sur une courte durée) ?

- A) 10 W B) 100 W C) 1000 W
D) 10 000 W E) 100 000 W

Question 2.3 (MC)

On peut essentiellement exprimer la température T d'un trou noir (ce qu'on appelle la température de radiation de Hawking) en fonction de sa masse M et des constantes fondamentales h (constante de Planck), c (vitesse de la lumière), k_B (constante de Boltzmann) et G (constante gravitationnelle). Sans considérer d'éventuelles constantes numériques, T est alors proportionnelle à :

- A) $\frac{hcG}{k_B M}$ B) $\frac{hc^6}{G^2 M^2}$ C) $\frac{hc^2}{G^2 k_B}$ D) $\frac{k_B c^2}{GMh}$ E) $\frac{hc^3}{Gk_B M}$

Question 2.4 (MC)

Sabrina n'aime pas du tout repasser le linge. C'est pourquoi elle demande de l'aide à Maurice. Sachant qu'elle a besoin de 1h30 et Maurice de 3h pour repasser le linge toute seule, combien de temps leur faut-il ensemble ?

- A) 50 min B) 60 min C) 70 min D) 80 min

Question 2.5 (MC)

Une banquise (masse volumique $920 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) flottant dans l'eau (masse volumique $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) a la forme d'un cylindre vertical. En un jour, elle fond tellement qu'elle dépasse de 10 cm de moins la surface de l'eau (mais a toujours la forme d'un cylindre). De combien a-t-elle fondu sous la surface de l'eau ?

- A) 10 cm B) 85 cm C) 115 cm D) 230 cm

Question 2.6 (MC)

De quelles grandeurs dépend l'accélération de pesanteur de la Terre (g) ?

- A) De rien, c'est une constante fondamentale.
B) De la distance Terre-Soleil.
C) De la masse du Soleil.
D) De l'altitude.
E) De la pression atmosphérique.

Question 2.7 (MC)

On souhaite mettre en place une digue pour se protéger d'une crue du lac de Bièvre (superficie 39 km^2 , périmètre 45 km). À quelle pression la digue doit-elle résister pour contenir un débordement de 10 cm ?

- A) 9.8 hPa B) 8.5 MPa C) 61 MPa
D) 440 MPa E) 3.8 TPa

Question 2.8 (MC)

En dînant paisiblement, vous entendez de la table d'en face qu'une baleine bleue peut mesurer jusqu'à 33 m de long et peser 200 t. Quel est le diamètre de la baleine ? Pour simplifier, supposez que la baleine est composée d'eau et a la forme d'un cylindre.

- A) 0.75 m B) 1.5 m C) 3 m D) 5 m E) 10 m

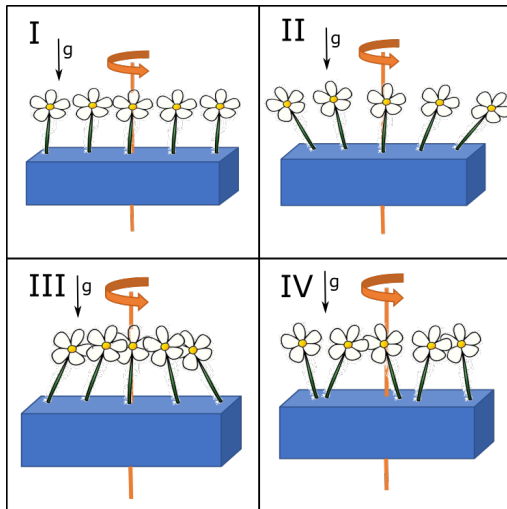
Question 2.9 (MC)

Le cœur de notre baleine bleue pompe jusqu'à 5000 L de sang par minute avec environ 5 battements de cœur. L'aorte a un diamètre de 20 cm. Quelle doit être la vitesse du flux sanguin (supposons que la vitesse du flux soit constante sur toute la coupe transversale) ?

- A) $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ B) $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ C) $5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
D) $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ E) $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Question 2.10 (MC)

Comme vous l’avez certainement déjà observé, les fleurs poussent normalement verticalement vers le haut, peu importe qu’elles poussent au plat ou sur une pente. En termes physiques, on peut formuler cela de la manière suivante : elles poussent toujours à l’opposé de la moyenne temporelle de la force résultante qui leur est appliquée. Plaçons maintenant un pot de fleurs sur une plaque tournante. Quelle est la forme de croissance des nouvelles fleurs (elles étaient encore très petites lorsqu’elles ont été placées sur la plaque tournante) ?



- A) I B) II C) III D) IV

Question 2.11 (MC)

Barbara a une lentille optique avec une longueur focale de 30 cm. Elle veut allumer un feu. À quelle distance du bois doit-elle tenir la lentille ?

- A) Le plus proche possible.
 B) 15 cm
 C) 30 cm
 D) 60 cm
 E) Le plus loin possible.

Question 2.12 (MC)

L’astronaute Gabriel a emmené un Rivella sur la Lune pour se rafraîchir. Pendant le voyage, le Rivella a été fortement secoué. Gabriel a été informé que sur Terre, les bouteilles ont une pression de rupture d’environ 5 bar. Le gaz carbonique libéré par les secousses augmente la pression partielle du CO₂ dans la bouteille de 3.5 bar. Gabriel peut-il sortir le Rivella du vaisseau spatial par le sas et prendre un selfie avec sans salir sa combinaison spatiale (de l’extérieur) ?

- A) Non, la bouteille va exploser.
 B) Oui, aucun problème.
 C) Non, la bouteille va imploser.

Question 2.13 (MC)

Un physicien distrait a commandé 2 dm³ de pain à la boulangerie. Le boulanger sait que vous vous y connaissez en thermodynamique et vous demande de l’aide pour faire le pain.

Il se souvient que sa pâte a doublé de volume en levant et qu’elle avait un volume initial de 0.8 L. À quelle température faut-il cuire le pain pour qu’il atteigne le plus exactement possible le volume souhaité ? Supposez que le pain adopte instantanément la température du four et que la pression dans le pain est toujours de 1 bar. Supposez que tout le gaz initial reste dans le pain. Ignorez la dilatation thermique des solides.

- A) 125 °C B) 175 °C C) 225 °C
 D) 275 °C E) 325 °C

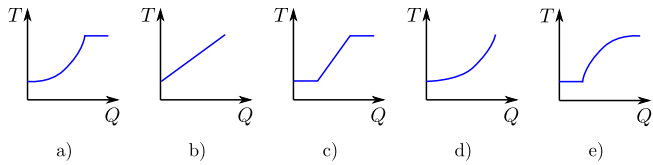
Question 2.14 (MC)

Un récipient ouvert contient 1 kg d’eau en ébullition. On ajoute dans l’eau un morceau de plomb de masse 0.5 kg et de température initiale 250 °C. Que peut-on dire à propos des températures T_w de l’eau et T_l du plomb juste après avoir ajouté le plomb dans l’eau ?

- A) T_w diminue et T_l reste constante.
 B) T_w augmente et T_l reste constante.
 C) T_w augmente et T_l diminue.
 D) T_w reste constante et T_l diminue.
 E) T_w reste constante et T_l augmente.

Question 2.15 (MC)

Quel graphe décrit le mieux la relation entre l'énergie cinétique moyenne E_k d'une molécule de gaz parfait et sa température T ?



- A) a B) b C) c D) d E) e

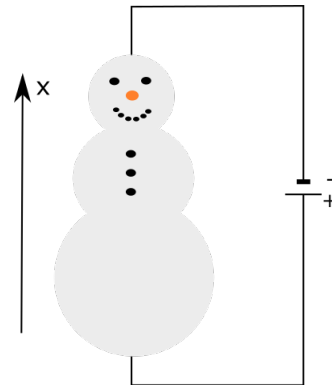
Question 2.16 (MC)

Mathilde construit un petit circuit électrique pour amplifier un signal. Elle a besoin d'une résistance d'exactly $72 \text{ m}\Omega$. Comme elle n'en a pas trouvé, elle décide de la fabriquer avec du fil de cuivre de 0.5 mm de diamètre. Sachant que la conductivité du cuivre est $\sigma = 5.95 \times 10^7 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, de quelle longueur de fil a-t-elle besoin ?

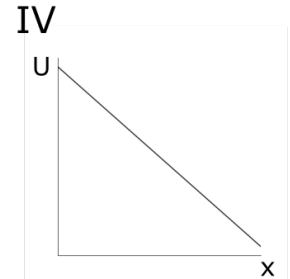
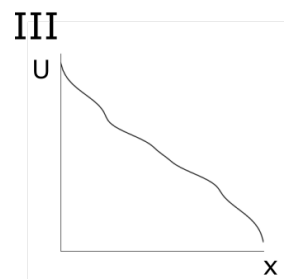
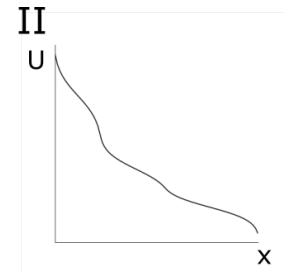
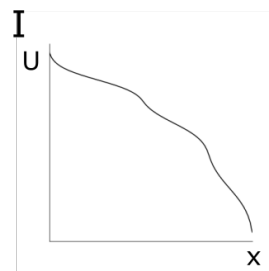
- A) $5.90 \times 10^{-1} \text{ m}$ B) $8.40 \times 10^{-1} \text{ m}$
 C) 1.19 m D) 1.69 m

Question 2.17 (MC)

Vous avez une résistance en forme de bonhomme de neige.



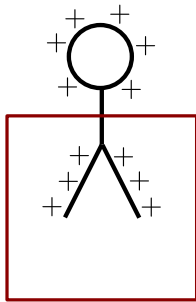
À quoi ressemble la chute de tension en fonction de la distance ?



- A) I B) II C) III D) IV

Question 2.18 (MC)

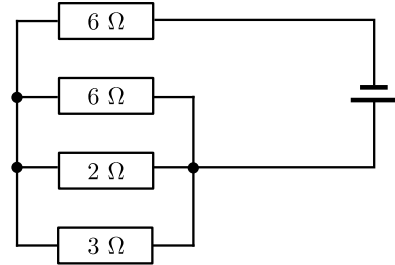
Un électroscope à feuilles est un appareil utilisé pour détecter la présence de charges électriques. Il est composé d'une boule métallique et de deux petites feuilles métalliques placées dans une chambre à vide (en rouge). Les feuilles sont connectées à la boule par une barre métallique et peuvent bouger librement. L'image montre un électroscope chargé *positivement*. Supposons à présent qu'on approche une baguette de verre chargée *positivement* de la boule de cet électroscope, mais sans la toucher. Que peut-on dire à propos de la charge de la boule et de la distance entre les feuilles ?



- A) La charge de la boule diminue et la distance entre les feuilles diminue.
- B) La charge de la boule diminue mais la distance entre les feuilles augmente.
- C) La charge de la boule augmente et la distance entre les feuilles augmente.
- D) La charge de la boule augmente mais la distance entre les feuilles diminue.
- E) Aucun changement.

Question 2.19 (MC)

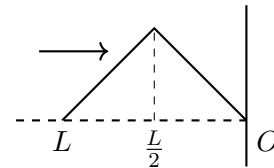
Dans le circuit suivant, on sait qu'un courant de 3 A passe dans la résistance de 2 Ω. Quelle est la tension délivrée par la source de tension ?



- A) $U = 12 \text{ V}$ B) $U = 21 \text{ V}$ C) $U = 24 \text{ V}$
- D) $U = 30 \text{ V}$ E) $U = 42 \text{ V}$ F) $U = 51 \text{ V}$

Question 2.20 (MC)

Une impulsion triangulaire de longueur L est complètement réfléctée à l'extrémité fixe de la ficelle sur laquelle elle se déplace. Quelle sera la forme de cette impulsion après qu'une longueur $\frac{3L}{4}$ de l'impulsion aura été réfléctée ?



- A)
- B)
- C)
- D)

Multiple Choice : solutions

	A)	B)	C)	D)	E)	F)
Question 2.1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Question 2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.9	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Question 2.13	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.15	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.17	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Question 2.18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Question 2.19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Question 2.20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

SOLV