

**Consignes
de rédaction :**

- Chaque réponse doit être précédée de sa justification
- Aucun raisonnement, aucun point.
- Ne surtout pas oublier les unités dans les applications numériques !
- les résultats devront être encadrés à la règle, chaque copie numérotée, portant votre nom et votre **code copie** en haut à gauche.
- La calculatrice est autorisée.

Chimie

I Structure électronique de l'atome

1) Un photon est associé à l'onde électromagnétique de longueur d'onde λ . Exprimer l'énergie \mathcal{E} de ce photon en fonction de λ , de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière c .

2) $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ et $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer l'énergie d'un photon associé à un rayonnement infrarouge de longueur d'onde $\lambda = 0,1 \text{ mm}$.

3) Au niveau n , l'énergie propre de l'atome d'hydrogène est $\mathcal{E} = -\frac{13,6}{n^2} \text{ (eV)}$.

Calculer la longueur d'onde correspondant à la raie correspondant à la transition $3 \rightarrow 2$?

4) Calculer l'énergie d'ionisation \mathcal{E}_i de l'atome d'hydrogène dans l'état excité $3d$.

- (A) $\mathcal{E}_i = 0,661 \text{ eV}$ (B) $\mathcal{E}_i = 1,51 \text{ eV}$ (C) $\mathcal{E}_i = 13,6 \text{ eV}$ (D) $\mathcal{E}_i = -4,53 \text{ eV}$

5) Rappeler (en trois phrases) les trois règles qui permettent d'établir la configuration électronique d'un atome.

6) Donner la configuration électronique de l'atome de nickel (Ni) de numéro atomique $Z = 28$ dans son état fondamental.

7) Combien cette configuration possède-t-elle d'électrons célibataires ?

8) Déterminer la composition (nombres de protons, d'électrons, de neutrons) de l'ion $^{58}\text{Ni}^{2+}$

9) L'oxygène a pour numéro atomique $Z = 8$. Combien possède-t-il d'électrons de valence et d'électrons de cœur ?

10) Parmi les quatre affirmations suivantes, lesquelles sont correctes ?

Pour un électron d'un atome polyélectronique :

- (A) Il n'existe que 3 niveaux d'énergie distincts ayant même valeur de nombre quantique principal $n = 4$.
- (B) Il existe 16 orbitales atomiques ayant même valeur de nombre quantique principal $n = 4$.
- (C) Il peut exister au maximum 16 électrons ayant même valeur de nombre quantique principal $n = 4$.
- (D) Il existe 3 niveaux d'énergie distincts dégénérés ayant même valeur de nombre quantique principal $n = 4$.

11) Déterminer les quadruplets de nombres quantiques des 4 électrons de l'atome de béryllium ($Z = 4$) dans son état fondamental.

- (A) $\left(1, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(1, 1, 0, \frac{1}{2}\right); \left(2, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(2, 1, 0, \frac{1}{2}\right)$.
- (B) $\left(1, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(1, 0, 0, -\frac{1}{2}\right); \left(2, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(2, 0, 0, -\frac{1}{2}\right)$.
- (C) $\left(1, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(1, 0, 0, -\frac{1}{2}\right); \left(2, 1, 1, \frac{1}{2}\right); \left(2, 1, 1, -\frac{1}{2}\right)$.
- (D) $\left(1, 0, 0, \frac{1}{2}\right); \left(2, 1, 0, \frac{1}{2}\right); \left(2, 1, 1, \frac{1}{2}\right); \left(2, 1, -1, -\frac{1}{2}\right)$.

12) Déterminer la(les) distribution(s) des électrons qui est(sont) possible(s) dans une configuration électronique en nd^6 .

- (A)

↑↓	↑↓	↑	↑		
----	----	---	---	--	--

 (B)

↑↓	↑↓	↑↓			
----	----	----	--	--	--
- (C)

↑↑	↑	↑	↑	↑	↑
----	---	---	---	---	---

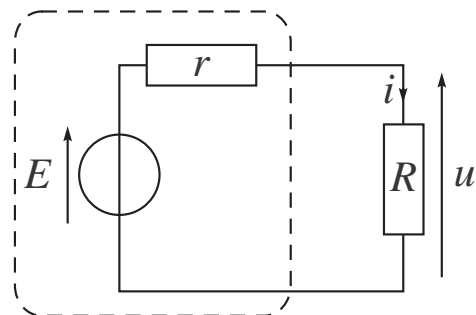
 (D)

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑
----	---	---	---	---	---

Physique

II Puissance maximale reçue par une résistance

Soit le circuit ci-contre dans lequel on a branché un générateur modélisé par le dipôle $\{E, r\}$ sur une résistance R .



- 1) Quel est le modèle du générateur ici représenté ?
- 2) Exprimer l'intensité i et la tension u en fonction des seules données du problème, la force électromotrice E , la résistance interne r et la résistance R .
- 3) Exprimer la puissance \mathcal{P} reçue par la résistance en fonction des seules données du problème.
- 4) Pour un générateur donnée, déterminer la valeur particulière R_m de la résistance R telle que la puissance reçue soit maximale.
- 5) Exprimer la puissance \mathcal{P}_g fournie par la force électromotrice E aux résistances du circuit en fonction des données du problème.

6) Déterminer le rendement en puissance du montage : $\eta = \frac{\mathcal{P}}{\mathcal{P}_g}$.

En déduire la valeur η_m de η lorsque la résistance R reçoit une puissance maximale.

III Comportement récepteur ou générateur d'un dipôle

On considère le circuit ci-dessous, dans lequel R est une résistance variable.

On cherche à déterminer dans quels cas les dipôles $\{E_1, R_1\}$ et $\{E_2, R_2\}$ se comportent comme des dipôles générateurs ou récepteurs.

1) Montrer que :

$$I_1 = \frac{R_2 E_1 - R(E_2 - E_1)}{R_1 R_2 + R.(R_1 + R_2)}$$

en appliquant seulement les lois de Kirchoff et la loi d'Ohm.

2) Retrouver ce résultat en appliquant une autre méthode de votre choix.

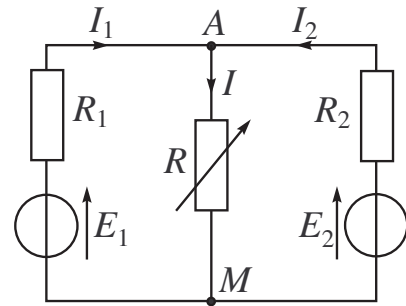
3) En déduire par symétrie l'expression de I_2 .

4) En déduire l'expression de I puis celle de U_{AM} .

On suppose E_1 et E_2 positives et $E_2 > E_1$

5) À quelle condition sur R le dipôle $\{E_1, R_1\}$ se comporte-t-il comme un récepteur ?

6) Que peut-on dire alors du comportement du dipôle $\{E_2, R_2\}$?



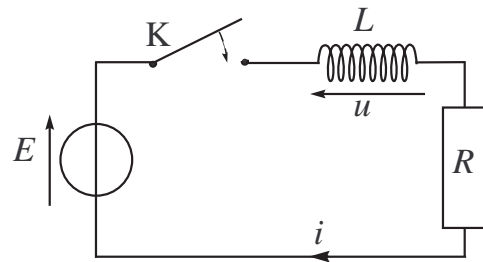
IV Circuit RL série

On considère le circuit ci-contre.

À $t = 0$ on ferme l'interrupteur.

1) Déterminer $i(0^-)$ valeur de l'intensité i juste avant la fermeture.

2) Déterminer $u(0^+)$ valeur de la tension u et $i(0^+)$ valeur de l'intensité i juste après la fermeture.



3) Déterminer $u(\infty)$ valeur de la tension u et $i(\infty)$ valeur de l'intensité i au bout d'un temps très long.

4) On pose $\tau = \frac{L}{R}$. Quelle est l'unité de τ dans le système international ? Démontrer le résultat. Quel est le nom donné à cette constante ?

5) Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par $i(t)$.

6) Trouver à partir de cette expression la valeur de $i(t)$ pour un temps très long. Vérifier que cette valeur correspond au comportement du condensateur prévu dans la question 3).

7) Tracer l'allure de la courbe représentative de l'intensité $i(t)$ en précisant son asymptote. Calculer la valeur de la pente de la courbe à $t = 0^+$. Tracer la tangente à l'origine et calculer les coordonnées du point d'intersection de cette tangente avec l'asymptote.

8) Déterminer, en fonction de τ , l'expression du temps t_1 , au bout duquel 99% de la charge a été effectuée. On donne : $\ln(10) \simeq 2,3$.

9) Déterminer l'expression de $u(t)$.

10) Établir pour ce circuit le bilan de puissance à l'instant t .

11) Lorsque le régime permanent est établi, exprimer :

- l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en fonction de L , E et R .
- la puissance dissipée par effet Joule en fonction de E et R .

12) Lorsque le régime permanent est établi, que devient l'énergie électrique fournie au circuit par le générateur ?

V Physique quantique

Données :

Masse de l'électron : $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Charge élémentaire : $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Vitesse de la lumière : $c = 2,999 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

■ Seuil photoélectrique du potassium :

On éclaire la cathode d'une cellule photoélectrique avec une lumière monochromatique, de longueur d'onde $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ (raie verte du mercure).

La photocatode est en potassium et son travail de sortie est $W_s = 2,24 \text{ eV}$.

1) Calculer la longueur d'onde du seuil photoélectrique et l'énergie cinétique maximale des électrons que peut extraire un tel rayonnement de la cathode. En déduire la vitesse maximale des électrons arrachés.

■ Longueur d'onde broglie λ_{DB} des neutrons :

2) Calculer la longueur d'onde λ_{DB} de neutrons provenant de trois sources différentes, de températures respectives 25 K , 300 K et 2000 K .

On donne la relation : $\frac{p^2}{2m} = \frac{3}{2}k_B T$.

3) En déduire quelle source parmi les trois proposées est la mieux adaptée pour l'étude de la diffraction de ces neutrons par des cristaux, sachant que la dimension d'une maille cristalline vaut typiquement $0,2 \text{ nm}$.

■ Électron de l'atome d'hydrogène :

L'électron de l'atome d'hydrogène est modélisé très simplement par une particule de masse m astreinte à se déplacer librement sur un axe Ox dans un puits d'énergie potentielle infiniment profond, unidimensionnel, de largeur L .

4) Déduire des conditions aux limites que l'état associé à la particule est une superposition d'ondes stationnaires ; quelle analogie est-il possible d'invoquer ?

5) Déterminer l'énergie \mathcal{E}_n du mode propre (niveau) n en fonction de h , L , m et n .

■ Taille de l'atome d'hydrogène :

Dans le spectre de l'atome d'hydrogène, la radiation lumineuse α de la série de Lyman, qui correspond à la transition du niveau $n = 2$ au niveau $n = 1$, a pour longueur d'onde $\lambda = 121,60 \text{ nm}$.

6) En utilisant le résultat de 4) trouver un ordre de grandeur du diamètre de l'atome d'hydrogène. Comparer à la valeur connue du diamètre de l'atome de Bohr ($d = 2a_0 = 0,11 \text{ nm}$).