

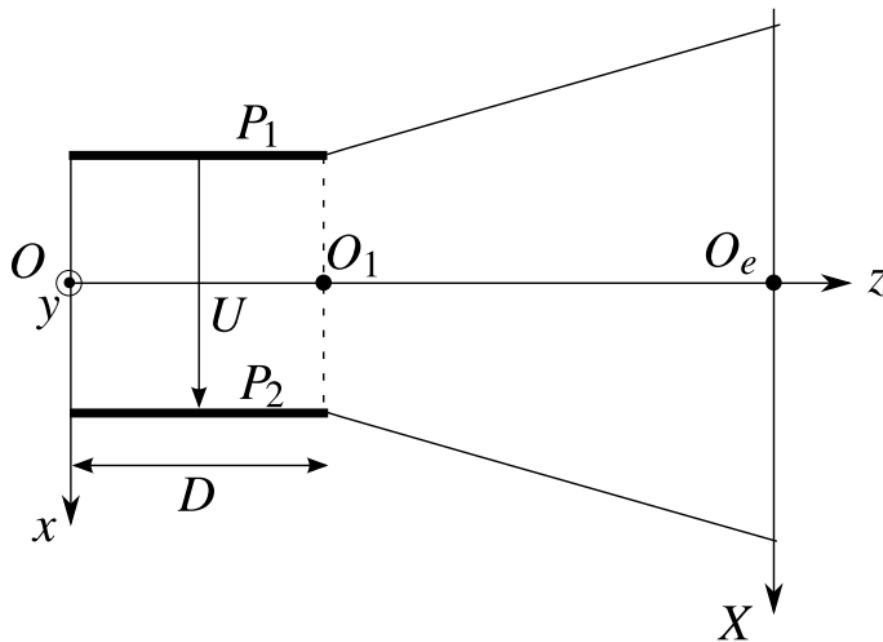
Sujet 1 – corrigé

I Question de cours

Savoir construire les 4 premières lignes du tableau en y plaçant les blocs s, p et d. Ajouter les 4 familles. Préciser la position métaux/non-métaux. Placer le germanium ($Z = 32$), établir sa configuration électronique et son schéma de LEWIS. Le manganèse Mn est période 4 colonne 7 : donner son numéro atomique. Définir l'électronégativité d'un élément et indiquer et expliquer son évolution dans le tableau.

II Oscilloscope analogique

Dans tout l'exercice on se place dans un référentiel galiléen, associé à un repère cartésien $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$. Une zone de champ électrique uniforme (voir figure) est établie entre les plaques P_1 et P_2 (le champ est supposé nul en dehors et on néglige les effets de bord) ; la distance entre les plaques est d , la longueur des plaques D et la différence de potentiel est $U = V_{P_2} - V_{P_1}$ positive. Des électrons (charge $q = -e$, masse m) pénètrent en O dans la zone de champ électrique uniforme avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_z$ selon l'axe Oz .



1. Etablir l'expression de la force subie par les électrons en fonction de U , q , d et \vec{u}_x .

Réponse :

On néglige le poids. Les électrons ne sont soumis qu'à la force électrique. Le potentiel de la plaque P_2 est supérieur à celui de la plaque P_1 puisque $U = V_{P_2} - V_{P_1} > 0$. \vec{E} est de norme U/d (d'après le cours car il est uniforme d'après l'énoncé) et dirigé selon les potentiels décroissants donc selon $-\vec{u}_x$. On en déduit, avec $q = -e$ la charge de l'électron :

$$\vec{E} = -\frac{U}{d} \vec{u}_x \quad \text{d'où} \quad \vec{F} = q\vec{E} = -q \frac{U}{d} \vec{u}_x = +e \frac{U}{d} \vec{u}_x$$

Etude du mouvement des électrons

2. Déterminer l'expression de la trajectoire $x = f(z)$ de l'électron dans la zone du champ en fonction de d , U et v_0 .

Réponse :

On applique le principe fondamental de la dynamique à l'électron dans le référentiel de l'oscilloscope supposé galiléen :

$$m\vec{a} = \vec{F}$$

La force n'a pas de composante sur Oy et comme la vitesse initiale n'a pas de composante non plus sur Oy on en déduit que le mouvement est dans le plan xOz . La projection de la relation fondamentale donne

$$m\ddot{x} = e\frac{U}{d} \quad \text{et} \quad m\ddot{z} = 0$$

et les intégrations successives donnent :

$$\dot{x} = \frac{eU}{md}t + \alpha_1 \quad \text{et} \quad \dot{z} = \alpha_2$$

$$x = \frac{eU}{2md}t^2 + \alpha_1 t + \alpha_3 \quad \text{et} \quad z = \alpha_2 t + \alpha_4$$

Finalement, par utilisation des conditions initiales, les constantes d'intégration α_i peuvent être déterminées et il vient

$$x = \frac{eU}{2md}t^2 \quad \text{et} \quad z = v_0 t$$

En éliminant t dans les équations précédentes, on obtient

$$x = \frac{eU}{2mdv_0^2} z^2$$

Il s'agit de l'équation d'une parabole. Une telle trajectoire est attendue dans le cas d'un mouvement uniformément accéléré comme ici.

3. Déterminer le point de sortie K de la zone de champ ainsi que les composantes de la vitesse en ce point.

Réponse :

Le point de sortie correspond à $z_K = D$, soit dans l'équation précédente

$$x_K = \frac{eU}{2mdv_0^2} D^2$$

D'après les équations paramétriques obtenues à la question 2, l'instant de passage en K est $t_K = z_K/v_0$ soit D/v_0 . Les composantes de la vitesse en K sont obtenues en reportant t_K dans les expressions de \dot{x} et \dot{z} , soit :

$$v_x(t_K) = \dot{x}(t_K) = \frac{eUD}{mdv_0} \quad \text{et} \quad v_z(t_K) = \dot{z}(t_K) = v_0$$

4. Montrer que dans la zone en dehors des plaques, le mouvement est rectiligne uniforme.

Réponse :

En dehors des plaques, puisqu'on néglige l'effet du champ de pesanteur et que l'on suppose le champ électrique nul, aucune force ne s'exerce sur l'électron : il est isolé. D'après le principe d'inertie, sa trajectoire est rectiligne uniforme.

5. On note L la distance O_1O_e (voir figure introductive). Déterminer l'abscisse X_P du point d'impact P de l'électron sur l'écran en fonction de U , v_0 , D , d et L . Que dire de la relation entre U et X_P ? En quoi est-ce important pour l'utilisation du dispositif en tant qu'oscilloscope ?

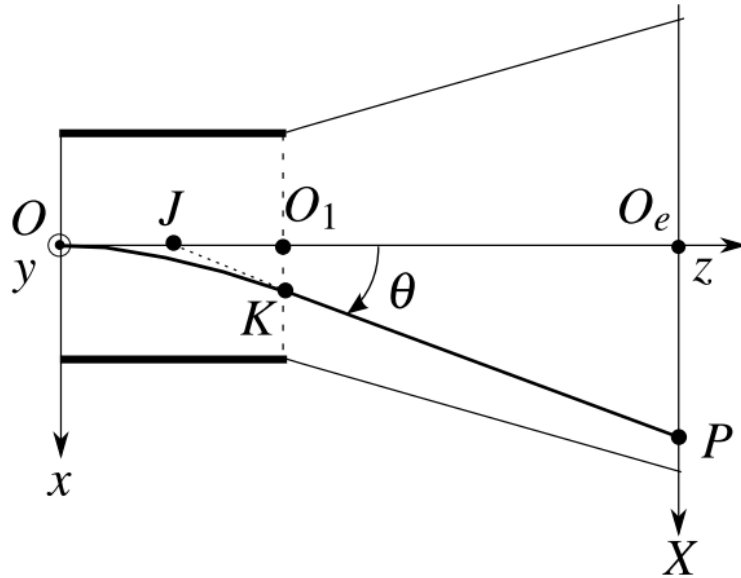
Réponse :

Dans le triangle O_eJP (figure ci-dessous), $X_P = O_eP = (JO_1 + L) \tan \theta$. Il faut donc exprimer $\tan \theta$ et JO_1 sachant que le segment JP est tangent à la trajectoire en K . On peut écrire :

$$\tan \theta = \frac{O_1K}{JO_1} = \frac{x_K}{JO_1} = \frac{eUD^2}{2mdv_0^2 JO_1}$$

et

$$\tan \theta = \left(\frac{dx}{dz} \right)_K = \left(\frac{\dot{x}}{\dot{z}} \right)_K = \frac{eUD}{mdv_0^2}$$



En combinant les deux équations précédentes, on obtient $JO_1 = D/2$. Ainsi,

$$X_P = \left(\frac{D}{2} + L \right) \frac{eD}{mdv_0^2} U$$

La déviation X_P est **proportionnelle** à la tension U . La mesure de X_P est donc pertinente pour suivre la tension et il suffit de connaître le coefficient $\left(\frac{D}{2} + L \right) \frac{eD}{mdv_0^2}$ qui est fixe et ne dépend que des caractéristiques de l'oscilloscope.

Sujet 2 – corrigé

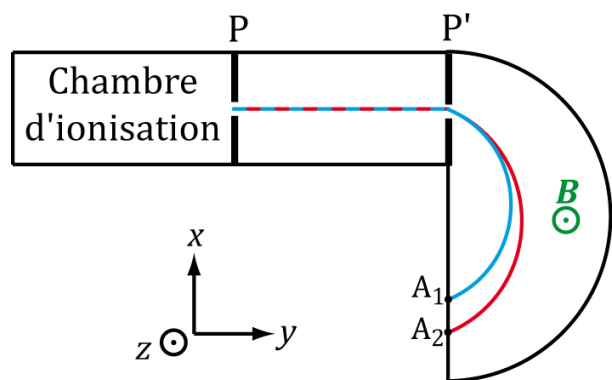
I Question de cours

Pour les molécules de HCl , CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 : dessiner leur schéma de LEWIS. Donner leur forme géométrique liée à la méthode VSEPR et l'ordre de grandeurs des angles, savoir les dessiner correctement. Dire si elles sont polaires et dessiner leur moment dipolaire s'il existe. On donne : ${}_1\text{H}$, ${}_6\text{C}$, ${}_7\text{N}$, ${}_8\text{O}$, ${}_{17}\text{Cl}$.

II Spectromètre de Dempster

Dans le spectromètre de Dempster, des ions sortent de la chambre d'ionisation avec une vitesse négligeable. Ils sont accélérés par une tension U , appliquée entre les deux plaques P et P' : $V_{P'} - V_P = U < 0$. Les ions traversent ensuite une zone de l'espace (appelée zone de déviation) où règne un champ magnétique transversal uniforme : $\vec{B} = B\vec{u}_z$.

Dans tout l'exercice, on considère deux types d'ions, de même charge q et de masses respectives m_1 et m_2 , arrivant dans la zone de déviation avec les vitesses respectives $\vec{v}_1 = v_1\vec{u}_y$ et $\vec{v}_2 = v_2\vec{u}_y$.



1. Quel est le signe de q pour que les ions soient effectivement accélérés entre P et P' ?

Réponse :

D'après l'énoncé, $V_{P'} - V_P < 0$, donc $V(P') < V(P)$. Les particules de charge positive vont être attirées vers la zone de potentiel le plus faible.

On peut aussi raisonner à partir de la force exercée sur la particule de charge q . On veut que la force soit dirigée selon $+\vec{u}_y$. Or $\vec{F} = q\vec{E}$ et le champ électrique dirigé vers les potentiels décroissants. Donc \vec{E} est selon \vec{u}_y , donc la charge q doit être positive.

2. Exprimer les vitesses v_1 et v_2 .

Réponse :

L'ion, assimilable à un point matériel M_i , de masse m_i , est soumis dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen à la force électrique qui est conservative. Donc le système est conservatif : $E_m(P) = E_m(P')$. L'énergie potentielle électrique s'écrit $E_p = qV$ (on prend la constante nulle).

$$qV(P) = \frac{1}{2}m_i v_i^2 + qV(P') \Rightarrow \boxed{v_i = \sqrt{-2qU/m_i}}$$

Le terme sous la racine est bien positif car $q > 0$ et $U < 0$.

3. Exprimer les rayons R_1 et R_2 des trajectoires des ions dans le champ magnétique.

Réponse :

cf cours : $R_i = \frac{mv_i}{qB}$, donc $R_i = \frac{\sqrt{-2Um_i}}{B\sqrt{q}}$

4. En déduire la distance $d = A_1 A_2$ entre les impacts des deux types d'ions.

Réponse :

Graphiquement, on a $d = 2(R_2 - R_1)$. Donc

$$d = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{-2U}{q}} (\sqrt{m_2} - \sqrt{m_1})$$

5. Donner la position du lithium ($Z = 3$) dans la classification périodique. À quelle famille d'éléments chimiques appartient-il ? Quel est l'ion stable formé par le lithium ?

Réponse :

Le lithium est situé sur la première colonne et sur la seconde période de la classification. Il appartient à la famille des alcalins et donne l'ion Li^+ .

6. Calculer numériquement d si on utilise ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ de masses molaires respectives $6,0 \text{ g mol}^{-1}$ et $7,0 \text{ g mol}^{-1}$.

Données : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $\mathcal{N}_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $|U| = 1,0 \times 10^1 \text{ kV}$ et $B = 0,10 \text{ T}$.

Réponse :

La masse de l'ion s'écrit $m = M/\mathcal{N}_A$. On en déduit, après calcul : $d = 1,8 \text{ m}$

Sujet 3 – corrigé

I Question de cours

Action d'un champ magnétique uniforme sur une particule chargée dans le vas où $\vec{v}_0 \perp \vec{B}$. Déterminer le rayon de la trajectoire en utilisant la base de FRENET.

II Le moment dipolaire de l'eau

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. Les deux liaisons OH font un angle de $104,45^\circ$, et la distance entre les atomes et H vaut $0,96 \text{ \AA}$. L'atome d'oxygène comporte 8 électrons, 8 protons et 8 neutrons, alors que l'atome d'hydrogène est constitué d'un électron et d'un proton. Pour calculer le barycentre des charges positives et négatives de cette molécule, on considère une hypothèse simplificatrice : les électrons des atomes d'hydrogènes sont capturés par l'atome d'oxygène : tout se passe comme si l'atome d'oxygène avait deux électrons de plus.

1. Avec cette hypothèse, déterminer la position des barycentres des charges positives et négatives et en déduire le moment dipolaire de la molécule d'eau. On exprimera le résultat en debye.

Réponse :

$$\mu = 2e \times OP = 2e \times OH \times \cos(\alpha/2) = 1,89 \times 10^{-29} Cm = 5,67 \text{ D}$$

On donne la valeur des moments dipolaires des liaisons OH : $1,51 \text{ D}$.

2. En considérant que le moment dipolaire de la molécule d'eau est la somme vectorielle des moments dipolaires des deux liaisons OH, calculer la valeur du moment dipolaire de l'eau.

Réponse :

On trouve alors $1,85 \text{ D}$ qui est la bonne valeur

3. Comparer ces deux résultats et expliquer la différence.

Réponse :

La surestimation dans le premier calcul vient du fait que les électrons des deux atomes de H sont en fait plus proche des atomes H et cela va diminuer la distance entre les barycentres des charges positives et négatives. On peut du coup, en utilisant la bonne valeur du moment dipolaire retrouver la réelle position du barycentre des charges négatives.

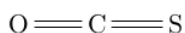
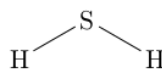
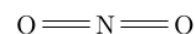
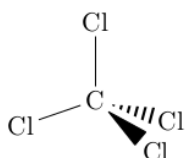
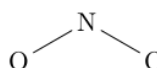
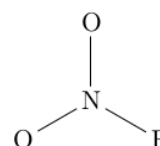
Sujet 4 – corrigé

I Molécules polaires

1. Préciser la direction et le sens du moment dipolaire de chacun des édifices chimiques suivants. Pour schématiser la géométrie de la molécule, seuls les doublets liants ont été représentés (représentation de Cram), en omettant les éventuels doublets non liants et lacunes électroniques. Le tableau donne les électronégativités dans l'échelle de Pauling.

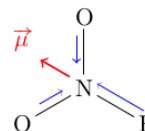
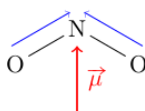
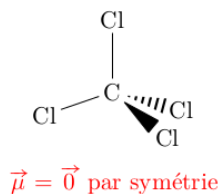
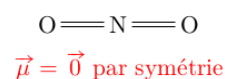
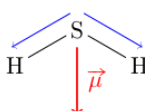
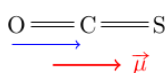
Élément	H	C	N	O	F	S	Cl
χ	2,2	2,6	3,0	3,4	4,0	2,6	3,2

1 - OCS

2 - H₂S3 - NO₂⁺4 - CCl₄5 - NO₂⁻6 - NO₂F

Réponse :

Les moments dipolaires des liaisons sont représentés en bleu, le moment dipolaire de la molécule est représenté en rouge. Version couleur sur le site de la classe.



1. Donner le schéma de LEWIS des espèces suivantes :



2. L'ozone O₃ est une molécule non cyclique. Proposer une structure.

3. Formule de LEWIS de l'acide sulfurique

- (a) Donner le schéma de LEWIS de l'acide sulfurique H₂SO₄. Dans cette molécule, les quatre atomes d'oxygène sont reliés à l'atome de soufre.
 (b) En déduire celles des ions HSO₄⁻ et SO₄²⁻.

4. Donner le schéma de LEWIS des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et carbonate CO_3^{2-} .
5. Donner le schéma de LEWIS du benzène C_6H_6 , qui est une molécule cyclique.