Université Cheikh Anta Diop **L1PCSM**
Faculté des Sciences et Techniques **2023/2024**
Département de Chimie – Dakar

Chapitre III Modèles classiques de l'atome
TD - Série 3

Exercice 1 : Modèles de Rutherford et de Bohr.

1-a) Définir un modèle atomique en général et celui de Rutherford en particulier. Donner les principales caractéristiques de ce modèle.
1-b) Quelles sont les principales propriétés atomiques tirées de ce modèle
1-c) Définir un hydrogénoïde, donner l'expression générale d'un hydrogénoïde et montrer que l'énergie totale du système électron-noyau dans celui-ci est $\boldsymbol{E = -\frac{1}{2} \cdot \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r}}$.
1-d) Expliquer les contradictions de ce modèle avec la réalité et les hypothèses de Bohr pour lever ces contradictions.
2-a) Le modèle de Bohr de l'atome repose sur une condition de quantification du moment cinétique. Énoncer cette condition et donner la relation mathématique qui la sous-tend.
2-b) Donner l'expression générale de l'énergie de l'électron sur son orbite et déduire celles du rayon et de la vitesse. Exprimer chacune de ces grandeurs G_n en fonction d'une constante G_0 que l'on explicitera et calculera. Montrer que toutes ces grandeurs sont quantifiées.
2-c) Calculer les énergies et les rayons des trois premiers niveaux de H et la vitesse de l'électron sur le niveau n =1

Exercice 2: Énergies des niveaux et énergie de transition

On considère l'hydrogénoïde associe $_8$O.
1) Calculer en eV et en joules, l'énergie des quatre premiers niveaux de cet ion
2) Quelle énergie doit absorber l'ion pour que l'électron passe du niveau fondamental au 2ème niveau excité.
3) Si cette énergie est fournie sous forme lumineuse, quelle est la longueur d'onde λ du rayonnement capable de provoquer cette transition ?
4) A partir du troisième niveau, l'ion absorbe un photon qui l'amène au niveau n= 10, calculer l'énergie de ce photon.
5) Calculer l'énergie minimale pour extraire l'électron à partir de ce niveau.

Exercice 3 : Spectres atomiques *(L1PCSM juillet 2010)*

1)- Définir une série et donner les transitions caractérisant les longueurs d'onde limites
2) Calculer les longueurs d'onde extrêmes ($\lambda_{(n+1),H}$ *et* $\lambda_{\infty,H}$) des radiations de la série de Balmer de l'atome d'hydrogène.
3) Calculer les longueurs d'onde des mêmes transitions pour l'hydrogénoïde associé à $_3$Li
4) L'étude du spectre de la lumière solaire révèle l'existence d'une série dite de Pickering (niveau d'arrivée n=4) dont l'une des longueurs d'onde extrêmes (la plus courte) vaut $\lambda_{\infty,H}$=364,55 nm. Déterminer Z et dire à quel élément ionisé $_ZX^+$ présent dans le soleil cette série peut-elle être attribuée ?

Exercice 4 : Énergies d'excitation et d'ionisation

1°)- Rappeler ce qu'est un ion hydrogénoïde. Quel est l'ion hydrogénoïde associé à l'élément néon Ne (Z=10) ; Il sera noté Ne^{x+} dans la suite de l'exercice.

2°)- Donner (sans démonstration (voir exercice 1)) pour de tels ions les expressions donnant dans l'approximation du noyau fixe r_n, E_n, v_n en fonction de n.

3°)- Définir les énergies d'excitation, d'ionisation, une transition électronique. Quelle est la plus petite quantité d'énergie que Ne^{x+} doit absorber pour :

3-a)- passer de l'état fondamental au troisième état excité;

3-b)- passer du deuxième état excité à l'état ionisé.

4°)- Si la durée de vie moyenne d'un état excité de Ne^{x+} est de $\tau = 2{,}7\ ns$, calculer le nombre de révolutions que fait un électron quand il est sur le troisième état excité avant d'effectuer une transition vers le niveau fondamental. Même question pour le 11ème état excité.

5°)- On considère l'ion Ne^{x+} dans son quatrième état excité. Que se passe t-il si l'on envoie sur cet ion un photon de longueur d'onde dans les trois cas suivants : Justifier vos réponses. S'il y a ionisation, calculer la vitesse de l'électron éjecté. S'il y a absorption, préciser les niveaux intervenant dans la transition.

$$i)\ \lambda_a = 18{,}813\ nm \qquad ii)\ \lambda_b = 30{,}392\ nm \qquad iii)\ \lambda_c = 46{,}538\ nm$$

6°)- Quelle est la valeur de la constante de Rydberg R_{Ne} associée à Ne^{x+}

Exercice 5 : Effet d'entrainement du noyau

Les expressions de l'énergie et du rayon de l'exercice 1 sont obtenues en supposant un noyau atomique immobile. Dans la pratique on doit tenir compte du déplacement du noyau de masse M et de charge Z (effet d'entrainement). Dans ce cas les expressions de E_n et de r_n dites corrigées sont respectivement : $E_n(Z,M) = -E_0.\frac{Z^2}{n^2}\left(1-\frac{m_e}{M}\right)$ et $r_n = a_0\frac{n^2}{Z}\left(1+\frac{m_e}{M}\right)$

1) Que représentent $1-\frac{m_e}{M}$ et $1+\frac{m_e}{M}$ dans ces expressions ?

2) Calculer les énergies et les rayons corrigés et non corrigés de l'hydrogène et l'hydrogénoïde associé à l'oxygène sachant que $m_p = 1836\ m_e$ et $m_n = 1838\ m_e$

3) Calculer en pourcentage les écarts entre les valeurs corrigées et non corrigées. Conclure

Données : $E_0 = 13{,}6\ eV$ et $a_0 = 0{,}53$ Å