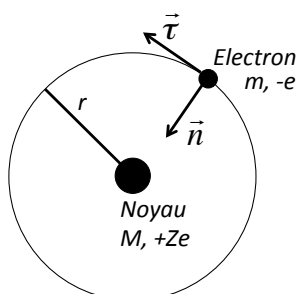


## Exercice 1. L'électron satellite (6 pt)

On considère le modèle planétaire d'un ion hydrogénoïde, dans lequel un électron de masse  $m$  se déplace autour d'un noyau comportant  $Z$  protons sur une orbite circulaire de rayon  $r$ . Sa trajectoire est définie par les vecteurs position  $\vec{r} = -r\vec{n}$  et quantité de mouvement  $\vec{p} = m v \vec{\tau}$  exprimés dans le repère de Frenet  $\{\vec{\tau}, \vec{n}\}$  schématisé ci-dessous ( $\vec{\tau}$  et  $\vec{n}$  sont des vecteurs unitaires).



L'équation de Newton relie la force électrostatique  $\vec{F}$  qui s'exerce sur l'électron à son accélération  $\vec{a}$  :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Ze^2}{r^2} \vec{n} = m\vec{a}$$

L'accélération peut se décomposer en une composante tangentielle et une composante normale, selon l'expression suivante :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{r} \vec{n}$$

L'énergie totale est une constante du mouvement et se décompose en une partie cinétique  $T$  et potentielle  $V$  :

$$E = T + V = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{Z e^2}{4 \pi \epsilon_0 r}$$

1) Démontrer que  $V = -2T$  dans le cas d'un mouvement circulaire uniforme.

2) En utilisant la relation  $V = -2T$ , l'énergie totale  $E$  peut s'exprimer soit en fonction de la vitesse  $v$ , soit en fonction du rayon  $r$ . Ecrire ces deux expressions alternatives de l'énergie totale.

3) Dans le cas d'un objet classique, l'énergie totale est une fonction continue de la position et de la vitesse. Ce n'est pas le cas pour une particule quantique telle que l'électron. Cela peut être révélé, par exemple, en considérant une grandeur expérimentale mesurable telle que l'énergie d'ionisation  $I$ . Cette dernière correspond à l'énergie nécessaire pour extraire l'électron du champ

électrostatique nucléaire, et peut s'écrire sous la forme d'une différence d'énergie  $I = E_f - E_i$ , où l'énergie initiale  $E_i$  est l'énergie totale de l'électron sur son orbite, et l'énergie finale  $E_f$  son énergie à une distance infinie du noyau à vitesse nulle. Pour l'hydrogénoïde  $\text{Li}^{2+}$  ( $Z = 3$ ), on mesure une seule valeur :  $I = 122,4 \text{ eV}$ .

En déduire :

- a) la valeur de l'énergie initiale  $E_i$  (en eV et J)
- b) le rayon de l'orbite correspondant à l'état initial d'énergie  $E_i$  (en m et Å)
- c) la vitesse de l'électron sur cette orbite (en  $\text{m.s}^{-1}$ )

4) Donner la relation établie par de Broglie associant la vitesse d'une particule quantique à une longueur d'onde. En déduire la valeur de la longueur d'onde associée à l'électron de l'ion  $\text{Li}^{2+}$ .

### Exercice 2. Spectroscopie de l'ion $\text{He}^+$ (3 pt)

1) L'ion  $\text{He}^+$  dans l'état fondamental absorbe un photon de longueur d'onde  $\lambda_1 = 23,732 \text{ nm}$ . Sur quel niveau d'énergie  $n$  l'électron se trouve-t-il après cette absorption ?

2) Si l'électron de  $\text{He}^+$  est excité au niveau  $n$  déterminé à la question précédente, combien de raies différentes peuvent-elles être émises lors de son retour au niveau fondamental ? Lister toutes les transitions électroniques possibles.

3) Les longueurs d'onde  $\lambda_2 = 1013,74 \text{ nm}$  et  $\lambda_3 = 190,08 \text{ nm}$  font-elles partie du spectre d'émission de  $\text{He}^+$  ? Si oui, à quelle transition électronique correspondent-elles ?

### Exercice 3. Effet photoélectrique (3 pt)

1) Ecrire l'équation bilan de l'échange d'énergie lumière/matière lors de l'effet photoélectrique, en définissant les différents termes.

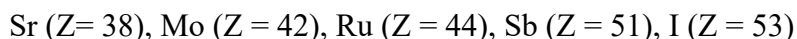
2) On donne ci-dessous la valeur du travail d'extraction  $W_0$  pour différents matériaux métalliques. Avec quels matériaux observera-t-on un effet photoélectrique si on utilise un rayonnement incident de fréquence  $1,04 \times 10^{15} \text{ Hz}$  ?

Matériau	Lithium	Argent	Zinc	Cuivre
Travail d'extraction $W_0$ (eV)	2,90	4,26	4,33	4,65

3) Déterminer dans chaque cas l'énergie cinétique des photoélectrons.

#### Exercice 4. Configuration électronique des atomes (8 pt)

On considère une série d'éléments de la 5<sup>ème</sup> période de la classification périodique :



- 1) Déterminer la configuration électronique de chaque élément.
- 2) Pour chaque élément, schématiser l'occupation électronique des orbitales de valence à l'aide du formalisme des cases quantiques.
- 3) A quelle famille chimique appartiennent les éléments Sr, Mo et I ?
- 4) Le ruthénium Ru forme principalement deux types d'ions. Donner la configuration électronique de valence de ces ions et leur degré d'oxydation, en justifiant votre réponse.
- 5) Le ruthénium peut s'associer au fluor pour former des fluorures (de formule chimique  $\text{Ru}_x\text{F}_y$ ), ou des oxydes (de formule chimique  $\text{Ru}_x\text{O}_y$ ). Déterminer les formules chimiques de ces deux types de molécules dans lesquelles le ruthénium adopte les degrés d'oxydation déterminés à la question précédente.
- 6) Définir la notion d'électronégativité. Parmi les cinq éléments considérés dans cet exercice, lequel aura l'électronégativité la plus faible ? la plus forte ? *Justifiez votre réponse.*

## GRANDEURS PHYSIQUES (Unités du Système International ou dérivées)

Grandeur	Symbol	Valeur	Unité
vitesse de la lumière	$c$	$2,9979.10^8$	$m.s^{-1}$
permittivité du vide	$\epsilon_0$	$8,8542.10^{-12}$	$F.m^{-1} (= m^{-3}.kg^{-1}.s^4.A^2)$
constante de Planck	$h$	$6,6261.10^{-34}$	J.s
charge élémentaire	$e$	$1,6022.10^{-19}$	C (= s.A)
masse de l'électron	$m_e$	$9,1094.10^{-31}$	kg
masse du proton	$m_p$	$1,6726.10^{-27}$	kg
rayon de Bohr	$a_0$	$0,5292.10^{-10}$	m
constante de Rydberg	$R_H$	$1,0974.10^7$	$m^{-1}$
constante d'Avogadro	$N_A$	$6,0221.10^{23}$	$mol^{-1}$
constante de Faraday	F	96485	$C.mol^{-1}$
constante des gaz parfaits	R	8,3145	$J.mol^{-1}.K^{-1}$

## UNITÉS DU SYSTÈME INTERNATIONAL

Grandeur	[Symbol]	Unité	Nom
longueur	[L]	m	mètre
masse	[M]	kg	kilogramme
temps	[T]	s	seconde
température	[Θ]	K	Kelvin
intensité électrique	[I]	A	Ampère
quantité de matière	[N]	mol	mole
intensité lumineuse	[J]	candela	cd

## PRINCIPALES UNITÉS DÉRIVÉES

Grandeur	Unité	Nom	Correspondance
force	N	Newton	$1 N = 1 kg.m.s^{-2}$
énergie	J	Joule	$1 J = 1 N.m$
	cal	calorie	$1 cal = 4,184 J$
	eV	electron-Volt	$1 eV = 1,6022.10^{-19} J$
pression	Pa	Pascal	$1 Pa = 1 N.m^{-2}$
	atm	atmosphère	$1 atm = 1,013.10^5 Pa$
	bar	bar	$1 bar = 10^5 Pa$
	mmHg	mm de mercure	$760 mmHg = 1 atm$
charge électrique	C	Coulomb	$1 C = 1 A.s$
	F	Faraday	$1 F = 96485 C.mol^{-1}$
potentiel électrique	V	Volt	$1 V = 1 N.m.C^{-1}$
capacité électrique	F	Farad	$1 F = 1 C.V^{-1}$
moment dipolaire	D	Debye	$1 D = 3,335.10^{-30} C.m$
volume	l	litre	$1 L = 10^{-3} m^3$
température	°C	degré Celsius	$T [°C] = (T[K] - 273.15)$