上海交通大学试卷 (2021至2022 学年第2学期)

班级号	学号	姓名(中和法)	
课程名称·	PHY1302P 物质结构导论	成绩	

说明

Avertissement

1. 考试时间:1小时30分钟。

Durée de l'examen : 1 heure 30 minutes.

- 2. 可以使用计算器。但不能使用任何参考资料。
 L'utilisation d'une calculatrice est autorisée. Tous les documents sont interdits.
- 3. 各个大题是不相关的,可以按照任何顺序来完成。

 Les exercices sont indépendants. Ils peuvent être traités dans un ordre quelconque.
- 4. 请注意书写质量会影响阅卷老师批改试卷:字体不清或者语言表述不清的答案将会被酌情扣分。

La correction tient compte de la qualité de la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.

5. 答题纸如无法顺利上传Moodle,请发至邮箱: menq.xia@sjtu.edu.cn

Données

- Constante de Planck : $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \,\mathrm{J \cdot s}$
- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 299792458 \,\mathrm{m\cdot s^{-1}}$
- Charge élémentaire : $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \, \mathrm{C}$
- Définition de l'électron-volt : $1 \, \mathrm{eV} = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \, \mathrm{J}$
- Permittivité diélectrique du vide : $\varepsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12} \,\mathrm{F} \cdot \mathrm{m}^{-1}$
- Masse de l'électron : $m_e = 9,10939 \cdot 10^{-31} \,\mathrm{kg}$
- Masse du proton : $m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27} \,\mathrm{kg}$
- Masse du neutron : $m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27} \,\mathrm{kg}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \,\mathrm{mol}^{-1}$
- Énergie d'un photon : $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$
- Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$

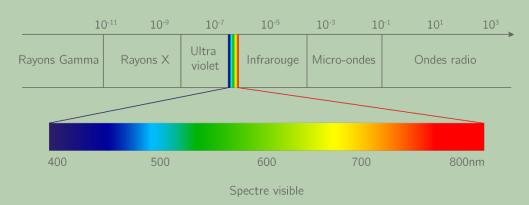
我承诺,我将 严格遵守考试 纪律。

承诺人:____

题号					
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

	1 IA																	18 VIIIA
Γ	1 1.0079]	<u>-</u>										2 4.0025					
1	н		Tableau périodique des éléments										He					
	Hydrogène	2 IIA											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	Hélium
	3 6.941	4 9.0122						_					5 10.811	6 12.011	7 14.007	8 15.999	9 18.998	10 20.180
2	Li	Be							masse bolo				В	С	N	0	F	Ne
	Lithium	Béryllium		Symbole Nom								Bore	Carbone	Azote	Oxygène	Fluor	Néon	
	11 22.990	12 24.305											13 26.982	14 28.086	15 30.974	16 32.065	17 35.453	18 39.948
3	Na	Mg											ΑI	Si	P	S	CI	Ar
	Sodium	Magnésium	3 IIIA	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	Aluminium	Silicium	Phosphore	Soufre	Chlore	Argon
	19 39.098	20 40.078	21 44.956	22 47.867	23 50.942	24 51.996	25 54.938	26 55.845	27 58.933	28 58.693	29 63.546	30 65.39	31 69.723	32 72.64	33 74.922	34 78.96	35 79.904	36 83.8
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
	Potassium	Calcium	Scandium	Titane	Vanadium	Chrome	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Gallium	Germanium	Arsenic	Sélénium	Brome	Krypton
	37 85.468	38 87.62	39 88.906	40 91.224	41 92.906	42 95.94	43 96	44 101.07	45 102.91	46 106.42	47 107.87	48 112.41	49 114.82	50 118.71	51 121.76	52 127.6	53 126.9	54 131.29
5	Rb	Sr	Υ	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	ı	Xe
	Rubidium	Strontium	Yttrium	Zirconium	Niobium	Molybdène	Technétium	Ruthénium	Rhodium	Palladium	Argent	Cadmium	Indium	Étain	Antimoine	Tellure	lode	Xénon
	55 132.91	56 137.33	57-71	72 178.49	73 180.95	74 183.84	75 186.21	76 190.23	77 192.22	78 195.08	79 196.97	80 200.59	81 204.38	82 207.2	83 208.98	84 209	85 210	86 222
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	lr	Pt	Au	Hg	TI	Pb	Bi	Po	At	Rn
	Césium	Baryum	Lanthanides	Hafnium	Tantale	Tungstène	Rhénium	Osmium	Iridium	Platine	Or	Mercure	Thallium	Plomb	Bismuth	Polonium	Astate	Radon
	87 223	88 226	89-103	104 261	105 262	106 266	107 264	108 277	109 268	110 281	111 280	112 285	113 284	114 289	115 288	116 293	117 292	118 294
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	FI	Mc	Lv	Ts	Og
L	Francium	Radium	Actinides	Rutherfordium	Dubnium	Seaborgium	Bohrium	Hassium	Meitnérium	Darmstadtium	Roentgenium	Copernicium	Nihonium	Flérovium	Moscovium	Livermorium	Tennesse	Oganesson
											1							
				57 138.91	58 140.12	59 140.91	60 144.24	61 145	62 150.36		64 157.25	65 158.93	66 162.50	67 164.93	68 167.26	69 168.93		71 174.97
				La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
				Lanthane	Cérium	Praséodyme	Néodyme	Prométhium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium	Holmium	Erbium	Thulium	Ytterbium	Lutécium
				89 227	90 232.04	91 231.04	92 238.03	93 237	94 244	95 243	96 247	97 247	98 251	99 252	100 257	101 258	102 259	103 262
				Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
				Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Américium	Curium	Berkélium	Californium	Einsteinium	Fermium	Mendélévium	Nobélium	Lawrencium

Longueur d'onde (en mètres)



Exercice 1. Le lithium (30 points)

Le lithium est l'élément chimique de numéro atomique Z=3, de symbole Li. C'est un métal alcalin.

- 1. Écrire les équations correspondant à la 1^{re} et à la 2^e ionisation de Li.
- 2. Les énergies de la 1^{re} et de la 2^e ionisation de Li valent 5,4 eV et 75,6 eV. Comment expliquer cette grande différence de valeur?
- 3. Une radiation lumineuse de longueur d'onde 120 nm peut-elle permettre la première ionisation de Li? Dans quel domaine énergétique se situe cette lumière (UV, visible, IR)?

L'effet photoélectrique (光电效应) est l'émission d'électrons d'un métal sous l'effet d'un rayonnement lumineux. Einstein l'explique en 1905 en considérant que la lumière est constituée de photons. La longueur d'onde du seuil photoélectrique du lithium Li est $\lambda_0 = 520 \,\mathrm{nm}$.

- 4. Le lithium émet-il des électrons lorsqu'il reçoit des rayons de longueurs d'onde supérieures ou inférieures à 520 nm?
- 5. Calculer l'énergie (en eV) et la vitesse des électrons émis par une plaque (平板) de lithium placée dans le vide et illuminée (照射) par des rayons de longueur d'onde 450 nm.

Exercice 2. Énergie et configuration électronique (30 points)

Dans le modèle de Slater, l'énergie d'une orbitale atomique d'un électron appartenant à la couche n, peut être calculée à l'aide de la formule approchée suivante :

$$E_n = -13, 6 \left(\frac{Z_n^*}{n^*}\right)^2 \text{ eV}$$

où les valeurs de n* (nombre quantique principal effectif) sont données dans le tableau suivant :

Nombre quantique principal réel n		2	_		5
Nombre quantique principal effectif n^*	1	2	3	3,8	4

On s'intéresse à l'atome de vanadium V (Z = 23).

1. En respectant la règle de Klechkowski, établir la configuration électronique de l'atome de vanadium dans l'état fondamental.

Le modèle de Slater permet de calculer la « charge effective » Z^* ressentie par les électrons de valence du vanadium dans ces conditions :

$$Z_{4s}^* = 3,30, \qquad Z_{3d}^* = 4,30$$

2. Calculer l'énergie totale (en eV) des **électrons de valence** du vanadium dans la configuration électronique proposée.

Considérons maintenant l'atome de vanadium dans la configuration électronique hypothétique (假设的) pour laquelle tous les électrons de valence sont rassemblés (集合) dans des orbitales 3d.

3. Écrire cette configuration électronique.

Les règles de Slater établissent alors que dans ces conditions : $Z_{3d}^* = 3,60$.

- 4. Calculer l'énergie totale (en eV) des **électrons de valence** du vanadium dans la configuration électronique proposée.
- 5. Commenter ce résultat en considérant que l'énergie des **électrons de cœur** est la **même** pour les deux configurations proposées.

Exercice 3. Découverte des neutrinos (40 points)

Principe de conservation de l'énergie

Le $^{212}_{83}$ Bi est un noyau émetteur α , il se désintègre selon la réaction :

$$^{212}_{83}\mathrm{Bi} \longrightarrow ^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{X} + ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

1. À l'aide du tableau périodique, identifier le noyau ^A_ZX.

La perte de masse observée lors de la désintégration du 212 Bi est : $|\Delta m| = 1,1024 \cdot 10^{-29}$ kg.

2. Calculer l'énergie libérée E_r par la désintégration du bismuth. Donner le résultat avec 4 chiffres significatifs en unité de MeV.

 $_{\rm Z}^{\rm A}{
m X}$ peut être obtenu dans son état fondamental ou dans un état excité.

L'expérience montre que :

• la particule α et le noyau A_ZX issus de cette désintégration possèdent des énergies cinétiques dont la somme est **quantifiée** : elle ne prend que des valeurs bien déterminées dont les mesures sont données dans le tableau ci-dessous.

-,, \	6,184	,		· ·	· ·	· '
Abondance relative (%)	27,2	69,9	1,6	0,18	1,1	0,02

• La désintégration de type α est souvent suivie d'une émission de rayonnement γ . Les valeurs de l'énergie des photons γ émis sont **quantifiées** et correspondent aux transitions représentées sur la Figure 1.

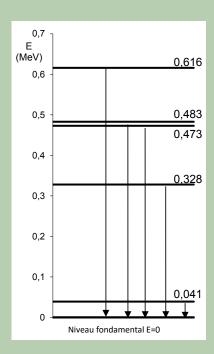


FIGURE 1 – Niveaux d'énergie du noyau ^A_ZX

3. Définir E_{photon} l'énergie libérée au cours de la désintégration γ . Montrer que $E_r = E_{\text{c},\alpha} + E_{\text{photon}}$ pour chacune des valeurs données.

Expérience Cowan-Reines

L'existence de l'antineutrino a été confirmée expérimentalement en 1956 par Frederick Reines et Clyde Cowan.

Lors de la fission, beaucoup d'antineutrinos sont créés. Une petite partie d'entre eux vont réagir avec les protons pendant une réaction dite "bêta inverse", où un **proton** devient un **neutron** et l'antineutrino un **positon**.

4. Écrire l'équation de cette réaction bêta inverse.

5. Écrire la réaction d'annihilation et déterminer l'énergie (en eV) d'**un** photon émis. On suppose que la masse d'un positon est la même que celle d'un électron.

Cette première expérience ne suffit pas. Pour améliorer la fiabilité (可信度) des résultats, le cadmium-108 est utilisé pour absorber les neutrons créés dans la réaction bêta inverse. Après l'absorption d'un neutron, le noyau ¹⁰⁸Cd devient ¹⁰⁹Cd dans un état excité.

6. Écrire l'équation de cette réaction de "capture d'un neutron".

(Dans cette deuxième expérience, le rayonnement gamma émis par le cadmium est détecté 5 microsecondes après le rayonnement gamma émis par l'annihilation du positon, on montre alors qu'il est réellement produit par l'antineutrino.)