华东理工大学2022 – 2023学年第一学期

East China University of Science and Technology,
2021–2022 school year, first semester
《***************************》Final Exam A / B 2022.12

开课学院/School：国卓学院，专业/Major：化工与制药

考试形式/ Exam format：QCM，所需时间/ Time required：90 分钟/ Minutes

考生姓名/Name：______________学号/Student ID：_______________ 班级/Class：

任课老师/Teacher__：

题序/ Number of sections	得分/Points per sections	题序/ Number of sections	得分/Points per section
1	6	9	6
2	6	10	7
3	6	11	6
4	6	12	6
5	6	13	6
6	6	14	7
7	6	15	7
8	6	16	7
评卷人/Responsible teacher			

Les documents de cours ne sont pas autorisés.

Pour certaines questions, plusieurs réponses sont possibles.

On donne : h = 6,62 10^{-34} J.s ; 1 hartree = 27,21 eV = 4,36 10^{-18} J ; c = 3 10^{8} $m.s^{-1}$; R_H = 109 677 cm^{-1} ;

1)	a) ■	b) □	c) □	d) □	e) □
2)	a) ■	b) □	c) □	d) □	e) □
3)	a) □	b) □	c) □	d) ■	e) □
4)	a) □	b) □	c) □	d) ■	e) □
5)	a) □	b) ■	c) □	d) □	e) □
6)	a) ■	b) □	c) □	d) □	e) □
7)	a) ■	b) □	c) □	d) □	e) □
8)	a) ■	b) ■	c) □	d) ■	e) □
9)	a) ■	b) □	c) □	d) □	e) □
10)	a) □	b) ■	c) □	d) ■	e) □
11)	a) □	b) □	c) ■	d) □	e) □
12)	a) ■	b) ■	c) □	d) □	e) □
13)	a) □	b) □	c) □	d) □	e) ■
14)	a) □	b) ■	c) □	d) □	e) □
15)	a) □	b) ■	c) □	d) □	e) □
16)	a) ■	b) ■	c) ■	d) □	e) □

1) L'expression générale de l'énergie des hydrogénoides en unités atomiques est :

a) $\mathbf{E = -\frac{1}{2}\frac{Z^2}{n^2}}$

b) $\mathrm{E} = -13{,}6\frac{Z^2}{n^2}$ *Faux car il s'agit de l'expression de l'énergie en eV*

c) $\mathrm{E} = -\frac{h^2k^2}{2m}$ *Faux car cela n'a rien à voir avec les hydrogénoides*

d) $\mathrm{E} = -\frac{\hbar^2k^2}{2m}$ *Faux car cela n'a rien à voir avec les hydrogénoides*

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

---

2) Le potentiel d'ionisation de H (Z=1) en eV vaut :

a) 13,6

b) 27,2

c) 0,5

d) -0,5

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

PI (potentiel d'ionisation) = $|E_H - E_{H^+}|$

E_H *= -13,6 eV* E_{H^+} *=0* *PI = 13,6 eV*

---

3) Concernant la formule de Rydberg, identifier les affirmations exactes.

a) La différence d'énergie entre 2 niveaux caractérisés par les entiers *n* et *p* est donnée par la formule

$$\Delta\mathrm{E} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

b) La différence d'énergie entre 2 niveaux caractérisés par les entiers *n* et *p* est donnée par la formule

$$\Delta\mathrm{E} = h\,R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$$

c) La formule s'applique aux systèmes hydrogénoides

d) La formule s'applique uniquement à l'hydrogène

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

---

4) Un atome d'hydrogène peut :

a) dans son état fondamental, émettre un photon de longueur d'onde λ = 97,2 nm

b) dans son état fondamental, émettre un photon de longueur d'onde λ = 486,1 nm

c) dans son premier état excité, émettre un photon de longueur d'onde λ = 97,2 nm

d) dans son premier état excité, émettre un photon de longueur d'onde λ = 121,5 nm

e) aucune des affirmations n'est vraie

L'émission de photon implique la transition d'un état énergétique donné vers un état de plus basse énergie. Cela ne peut donc se produire à l'état fondamental. Le 1^er^ état excité correspond à n = 2, en appliquant la formule de Rydberg $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2}\right)$ *avec n = 1 (état fondamental) et p = 2 (1^er^ état excité = second état de plus basse énergie), on trouve* λ *= 121,5 nm*

5) Un laser hélium-néon émet un faisceau laser de lumière de 0,1 Watt dont la longueur d'onde est égale à 633 nm. Le nombre de photons émis par le laser à chaque minute vaut :

a) 3,142 10^{19}

b) 1,9 10^{19}

c) 5,23 10^{18}

d) 3,142 10^{18}

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

$E = P.\Delta t = nh\nu = \frac{nhc}{\lambda}$ *avec P=0,1 W ; Δt = 60s et λ = 633 nm, on trouve n = 1,9 10^{19}*

---

6) Lorsque l'on évoque l'effet photoélectrique, la fonction de travail du métal est :

a) l'énergie à fournir pour observer le courant photoélectrique

b) la fréquence du rayonnement à appliquer pour observer le courant photoélectrique

c) la tension à appliquer pour annuler le courant photoélectrique

d) l'énergie cinétique des photo-électrons

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

---

7) Les fonctions propres des opérateurs de la mécanique quantique sont :

a) orthonormées

b) linéaires

c) hermitiques

d) parallèles

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

---

8) Soit 2 grandeurs physiques A et B. Si les opérateurs $\hat{A}$ et $\hat{B}$ respectivement associés à ces grandeurs commutent, cela signifie que :

a) les 2 opérateurs admettent le même jeu de fonctions propres

b) le produit des incertitudes associées à chacune de ces grandeurs est nul

c) le produit des incertitudes associées à chacune de ces grandeurs est supérieur à $\hbar/_2$

d) leurs fonctions propres sont orthogonales

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

---

9) La configuration électronique de l'état fondamental de Si (Z=14) est :

a) $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^2$

b) $(1s)^2(1p)^6(2s)^2(2p)^4$

c) $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^1(3p)^3$

d) $(1s)^2(1p)^6(2s)^1(2p)^5$

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

10) La règle de Hund doit être invoquée pour déterminer la configuration électronique de l'état fondamental de :

a) Ga (Z=31) *[Ga]= [Ar]$4s^2 3d^{10} 4p^1$*

b) Ge (Z=32) *[Ge]= [Ar]$4s^2 3d^{10} 4^2$: il existe plusieurs possibilités (d'énergies différentes) de distribuer les 2 électrons sur la sous-couche 4p qui impliquent d'invoquer la règle de Hund*

c) Cl (Z=17) *[Cl]= [Ne]$3s^2 3p^5$*

d) V (Z=23) *[V]= [Ar]$4s^2 3d^3$: il existe plusieurs possibilités (d'énergies différentes) de distribuer les 2 électrons sur la sous-couche 4p qui impliquent d'invoquer la règle de Hund*

e) aucun de ces atomes

---

11) Soit deux électrons non appariés d'un même atome, situés dans une sous-couche 4f, identifier les affirmations exactes

a) électron 1 : n = 4 ; l = 2 ; m = -2 ; m_s = ½
électron 2 : n = 4 ; l = 2 ; m = -2 ; m_s = -½ ➔ *Ces 2 électrons (appariés) sont dans une sous couche 4d*

b) électron 1 : n = 4 ; l = 2 ; m = -2 ; m_s = ½
électron 2 : n = 4 ; l = 2 ; m = -1 ; m_s = ½ ➔ *Ces 2 électrons sont dans une sous-couche 4d*

c) électron 1 : n = 4 ; l = 3 ; m = -2 ; m_s = ½
électron 2 : n = 4 ; l = 3 ; m = 0 ; m_s = -½

d) électron 1 : n = 4 ; l = 3 ; m = -2 ; m_s = ½
électron 2 : n = 4 ; l = 3 ; m = -2 ; m_s = -½ ➔ *Ces 2 électrons 4f sont appariés*

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

---

12) La normalisation de la fonction d'onde ψ :

a) traduit le fait de trouver la particule dans tout l'espace

b) consiste à résoudre l'équation $\langle\psi|\psi\rangle = 1$

c) consiste à résoudre l'équation $\langle\psi|\hat{H}|\psi\rangle = 1$

d) consiste à résoudre l'équation $\frac{\langle\psi|\hat{H}|\psi\rangle}{\langle\psi|\psi\rangle} = 1$

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

---

13) L'orthogonalité des fonctions d'onde ψ et ϕ :

a) traduit le fait de trouver la particule dans tout l'espace

b) consiste à résoudre l'équation $\langle\psi|\phi\rangle = 1$

c) consiste à résoudre l'équation $\langle\psi|\hat{H}|\psi\rangle = 1$

d) consiste à résoudre l'équation $\frac{\langle\psi|\hat{H}|\psi\rangle}{\langle\phi|\phi\rangle} = 1$

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Voir le cours

On considère le cas d'une particule de masse m piégée dans un puits bidimensionnel où le potentiel est nul dans les intervalles 0 ≤ x ≤ a et 0 ≤ y ≤ b et infini en dehors. On suppose a > b > 0. L'hamiltonien d'un tel système s'écrit :

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2}\right).$$

La fonction $\Psi(x, y) = N\,sin(k_x x)\,sin(k_y y)$ (avec k_x et k_y scalaires) est fonction de propre de $\hat{H}$.

14) L'énergie d'une particule décrite par la fonction $\Psi(x, y)$ est

a) $E = \frac{h^2}{2m}({k_x}^2 + {k_y}^2)$

b) $\boldsymbol{E = \frac{\hbar^2}{2m}({k_x}^2 + {k_y}^2)}$

c) $E = -\frac{\hbar^2}{2m}({k_x}^2 + {k_y}^2)$

d) $E = \frac{h^2}{2m}({k_x}^2 {k_y}^2)$

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) \qquad \Psi = N \sin(k_x x) \sin(k_y \cdot y)$$

$$\hat{H}\Psi = E\Psi \qquad \hat{H}\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) N \sin(k_x \cdot x) \sin(k_y \cdot y)$$

$$\hat{H}\Psi = -\frac{\hbar^2}{2m}\left[N \sin(k_y \cdot y) \frac{\partial^2}{\partial x^2}(\sin k_x \cdot x) + N \sin(k_x \cdot x) \frac{\partial^2}{\partial y^2}(\sin k_y \cdot y)\right]$$

$$= -\frac{\hbar^2}{2m}\left[N \sin(k_y \cdot y)\left(-k_x^2 \sin(k_x \cdot x)\right) + N \sin(k_x \cdot x)\left(-k_y^2 \sin(k_y \cdot y)\right)\right]$$

$$= \frac{\hbar^2}{2m}(k_x^2 + k_y^2)\, N \sin(k_x \cdot x) \sin(k_y \cdot y)$$

$$= \frac{\hbar^2}{2m}(k_x^2 + k_y^2)\,\Psi$$

Par identification, $E = \frac{\hbar^2}{2m}(k_x^2 + k_y^2)$

15) L'étude aux limites du puits de potentiel permet de montrer que :

a) $k_x = \frac{\pi(n_x+1/2)}{a}$ et $k_y = \frac{\pi(n_y+1/2)}{a}$ avec n_x et $n_y \in \mathbb{Z}^*$

b) $k_x = \frac{n_x\pi}{a}$ et $k_y = \frac{n_y\pi}{a}$ avec n_x et $n_y \in \mathbb{Z}^*$

c) $k_x = \frac{\pi(n_x+1/2)}{a}$ et $k_y = \frac{\pi(n_y+1/2)}{a}$ avec n_x et $n_y \in \mathbb{Z}$

d) $k_x = \frac{n_x\pi}{a}$ et $k_y = \frac{n_y\pi}{a}$ avec n_x et $n_y \in \mathbb{Z}$

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie

Aux limites du puits, la fonction d'onde est nulle soit

$\psi(0,y) = \psi(a,y) = 0 \quad \forall y$

$\psi(x,0) = \psi(x,b) = 0 \quad \forall x$

$\psi(a,y) = N \sin(k_x \cdot a) \sin(k_y \cdot y) = 0$

$\Leftrightarrow \sin(k_x \cdot a) = 0$ car N ne peut être nul et $\sin(k_y \cdot y)$ ne peut être nul $\forall y$

$\Leftrightarrow k_x a = n_x \cdot \pi$ avec $n_x \in \mathbb{Z}^*$

$\Leftrightarrow k_x = \frac{n_x \cdot \pi}{a}$

De la même manière, $k_y = \frac{n_y \cdot \pi}{b}$ avec $n_y \in \mathbb{Z}^*$

16) On note la fonction d'onde du système $\psi_{n_x n_y}$. Si le puits bidimensionnel est carré (a=b), on peut dire que :

a) ψ_{11} et ψ_{12} sont orthogonales *Oui car ces 2 fonctions sont fonctions propres de $\hat{H}$*

b) ψ_{21} et ψ_{12} sont orthogonales *Oui car ces 2 fonctions sont fonctions propres de $\hat{H}$*

c) ψ_{21} et ψ_{12} sont dégénérées *Oui car les valeurs propres associées (=énergies) sont identiques si a = b*

d) ψ_{11} et ψ_{12} sont dégénérées *Non elles ne peuvent l'être pour ces 2 fonctions*

e) aucune des affirmations précédentes n'est vraie