

中国石油大学（北京）

2024 — 2025 学年 秋 季学期

## 《大学物理 C(II)》量子力学大作业

班级：\_\_\_\_\_

姓名：\_\_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_

题号	一	二	三	总分
得分				

共计 24 道题，总分 100 分

## 一、选择题（每题 3 分，共 33 分）

1、用  $\nu_1$  的单色光照射某一种金属时，测得光电子的最大动能为  $E_{k1}$ ；用频率为  $\nu_2$  的单色光照射另一种金属时，测得光电子的最大动能为  $E_{k2}$ ，如果  $E_{k1} > E_{k2}$ ，那么

- (A)  $\nu_1$  一定大于  $\nu_2$                       (B)  $\nu_1$  一定小于  $\nu_2$   
(C)  $\nu_1$  一定等于  $\nu_2$                       (D)  $\nu_1$  可能大于也可能小于  $\nu_2$

2、不确定关系式  $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2$  表示在  $x$  方向上

- (A) 粒子位置不能准确确定。  
(B) 粒子动量不能准确确定。  
(C) 粒子位置和动量都不能准确确定，此关系适用于电子、光子和其他粒子。  
(D) 粒子位置和动量不能同时准确确定，此关系适用于电子、光子和其他粒子。

3、已知某金属中电子的逸出功为  $eU_0$ ，当用一种单色光照射该金属表面时，可产生光电效应，则该光的波长应满足：

- (A)  $\lambda \leq hc/eU_0$     (B)  $\lambda \geq hc/eU_0$     (C)  $\lambda \leq eU_0/hc$     (D)  $\lambda \geq eU_0/hc$

4、康普顿效应说明在光和微观粒子的相互作用过程中，以下定律严格适用：

- (A) 动量守恒、动能守恒；                      (B) 牛顿定律、动能定律；  
(C) 动能守恒、机械能守恒；                      (D) 动量守恒、能量守恒。

5、康普顿效应的主要特点为：

- (A) 散射光的波长均比入射光波长短，且随散射角增大而减小，但与散射体无关。  
(B) 散射光的波长与入射光的波长相同，与散射体、散射角的性质无关。  
(C) 散射光中既有与入射光波长相同的，也有比入射光波长长和波长短的，这与散射体的性质有关。  
(D) 散射光中有些波长比入射光的波长长，且随散射角增大而增大，有些散射光波长与入射光波长相同，这都与散射体的性质无关。

6、在氢原子的 L 壳层中，电子可能具有的量子数  $(n, l, m_l, m_s)$  是：

- (A)  $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$     (B)  $(2, 1, 1, \frac{1}{2})$     (C)  $(2, 0, 0, \frac{1}{2})$     (D)  $(3, 1, 1, \frac{1}{2})$

7、在 X 射线散射实验中，若散射光波长是入射光波长的 1.2 倍，则入射光光子能量  $\varepsilon_0$  与散射光光子能量  $\varepsilon$  之比  $\varepsilon_0/\varepsilon$  为：

- (A) 0.8    (B) 1.2    (C) 1.6    (D) 2.0

8、由氢原子理论知，当大量氢原子处于  $n=3$  的激发态，原子跃迁将发出：

- (A) 一种波长的光                                      (B) 两种波长的光  
(C) 三种波长的光                                      (D) 连续光谱

9、如两不同质量的粒子，其德布罗意波长相同，则这两种粒子的

- (A) 动量相同    (B) 能量相同    (C) 速度相同    (D) 动能相同

10、已知粒子在一维无限深势阱中运动，其波函数为：

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cos \frac{3\pi x}{2a} \quad (a \leq x \leq a)$$

那么粒子在  $x=5a/6$  处出现的几率密度为：

- (A)  $1/2a$     (B)  $1/a$     (C)  $1/\sqrt{2a}$     (D)  $1/\sqrt{a}$

11、判断下列组合中哪一个可能的量子态：

- (A)  $(0, 0, 0, 1/2)$     (B)  $(3, 3, -3, 1/2)$     (C)  $(2, 1, 2, -1/2)$     (D)  $(3, 2, -2, -1/2)$

## 二、填空题（每空 2 分，共 30 分）

12、当波长为  $3000\text{\AA}$  的光照射在某金属表面时，电子的最大动能为  $4.0 \times 10^{-19}\text{J}$ ，在作上述光电效应实验时截止电压=\_\_\_\_\_V；此金属的红限频率  $\nu_0$ =\_\_\_\_\_Hz.

(普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ；基本电荷  $e=1.60 \times 10^{-19}\text{C}$ )

13、在戴维孙—革末电子衍射实验装置中，自阴极 K 发出的电子束经  $U=500\text{V}$  的电势差加速后投射到晶体上。这电子束的德布罗意波长  $\lambda$ =\_\_\_\_\_nm。

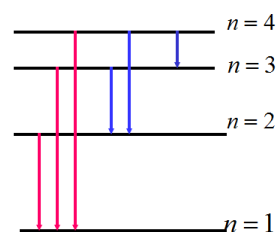
(电子质量  $m_e=9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$ ，基本电荷  $e=1.60 \times 10^{-19}\text{C}$ ，普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ )

14、在康普顿散射中，若入射光子与散射光子的波长分别为  $\lambda$  和  $\lambda'$  则反冲电子获得的动能  $E_k$ =\_\_\_\_\_.

15、氢原子的部份能级跃迁示意图如图,在这些能级跃迁中:

(1)从  $n$ =\_\_\_\_\_的能级跃迁到  $n$ =\_\_\_\_\_的能级时所发射的光子波长最短;

(2)从  $n$ =\_\_\_\_\_的能级跃迁到  $n$ =\_\_\_\_\_的能级所发射的光子频率最小.



16、根据量子力学理论,氢原子中电子的动量矩在外磁场方向上的投影  $L_z=m_l\hbar$ ,当角量子数  $l=2$  时,  $L_z$  的可能值为\_\_\_\_\_.

17、设描述微观粒子运动的波函数为:  $\Psi(\vec{r},t)$ 。则  $\Psi\Psi^*$  表示:\_\_\_\_\_;  
需满足\_\_\_\_\_条件

18、一束 s 态的原子在非均匀磁场中分裂为两束,对于这种分裂用电子轨道运动的角动量空间取向量子化难于解释,只能用 \_\_\_\_\_来解释.

19、某一波长的 X 光经物质衍射后,其散射光中包含波长\_\_\_\_\_和波长\_\_\_\_\_的两种成分,其中\_\_\_\_\_的散射成分称为康普顿衍射。

## 三、计算题（共 5 题，共 37 分）

20、(本题 6 分)确定  $(n=3, l=2)$  的次壳层所能容纳的最大电子数及这些电子的量子态。

21、(本题 6 分)试确定出当角量子数  $l=2$  时,

- (1)电子的角动量大小;
- (2)角动量沿空间某方向的可能取值;
- (3)画出空间量子化的示意图。

22、(本题 7 分)粒子在一维矩形无限深势阱中运动,其波函数为:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \quad (0 < x < a)$$

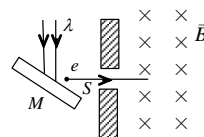
若粒子处于  $n=1$  的状态,在  $0—a/4$  区间发现该粒子的几率为?

23、(本题 8 分) 波长为  $\lambda$  的单色光照射某金属  $M$  表面发生光电效应,发射的光电子(电荷绝对值为  $e$ ,

质量为  $m$ )经狭缝  $S$  后垂直进入磁感应强度为  $\vec{B}$  的均匀磁场(如图示),

今已测出电子在该磁场中作圆运动的最大半径为  $R$ . 求

- (1) 金属材料的逸出功  $A$ ;
- (2) 截止电压  $U_a$ .



24、(本题 10 分)波长为  $\lambda_0=0.02nm$  的 X 射线与静止自由电子碰撞, 现在从和入射方向成  $90^\circ$  角的方向去观察散射 X 射线, 求: (1)散射 X 射线的波长; (2)反冲电子的能量; (3)反冲电子的动量。