

《大学物理 AII》作业 No.7 光的量子理论

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

*****本章教学要求*****

- 1、理解热辐射、黑体、单色辐射本领、总辐射本领等概念。
 - 2、理解黑体辐射实验规律和普朗克能量子假设。
 - 3、理解爱因斯坦光子理论,掌握光电效应方程、康普顿散射公式及相关应用。
 - 4、理解光的波粒二象性特征。
 - 5、理解氢原子光谱的形成及玻尔的氢原子理论,能计算有关氢原子光谱的问题。
 - 6、理解原子能级跃迁的三种形式(自发辐射、受激辐射与受激吸收)、掌握激光产生的原理与激光器的基本结构。
-

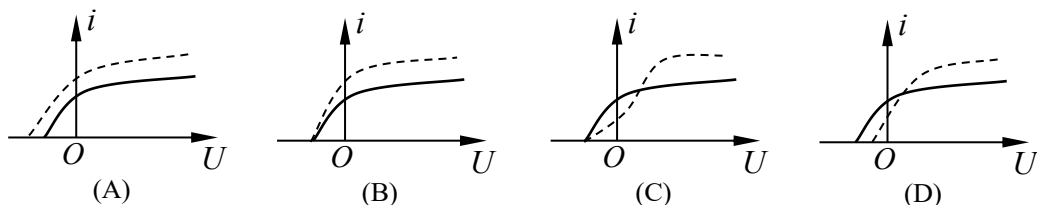
一、判断题:(用“T”和“F”表示)

- [] 1. 光电效应中光电子的出现,靶材料需要对入射光能量进行累积,电流出现的时间在一微秒时长以上。
- [] 2. 光电效应中,光子与电子的相互作用形式是非弹性碰撞,光子被电子“吸收”;而在康普顿效应中,光子与电子的相互作用形式是完全弹性碰撞,可用能量守恒计算光子的能量。
- [] 3. 在光电效应实验中,电子得到能量的多少应与入射光的光强有关,与入射光的照射时间有关,而与入射光的频率无关。
- [] 4. 康普顿散射的散射光中只有比入射光波长更长的波长出现。
- [] 5. 氢原子光谱线的巴尔末系是氢原子所有激发态向基态跃迁而形成。

二、选择题:

1. 在激光器中利用光学谐振腔[]
 - (A) 可提高激光束的方向性,而不能提高激光束的单色性
 - (B) 可提高激光束的单色性,而不能提高激光束的方向性
 - (C) 可同时提高激光束的方向性和单色性
 - (D) 既不能提高激光束的方向性也不能提高其单色性
2. 以一定频率的单色光照射在某种金属上,测出其光电流曲线在图中用实线表示。然后保持光的频率不变,增大照射光的强度,测出其光电流曲线在图中用虚线表示,则满足

题意的图是 []



3. 根据黑体辐射实验规律，若物体的热力学温度增加一倍，其总辐射能变为原来的 []

- (A) 1 倍 (B) 2 倍 (C) 4 倍 (D) 16 倍

4. 康普顿散射实验中，若散射光波长是入射光波长的 1.2 倍，则入射光光子能量 ε_0 与散射光光子能量 ε 之比为 []

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

5. 假定氢原子原来是静止的，则氢原子从 $n=3$ 的激发态直接通过辐射跃迁到基态的反冲速度大约为 []

- (A) $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (B) $100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (C) $4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (D) $400\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

(已知：氢原子的质量 $m=1.67\times 10^{-27}\text{kg}$)

三、填空题：

1. 设用频率为 ν_1 和 ν_2 的两种单色光，先后照射同一种金属均能产生光电效应。已知金属的红限频率为 ν_0 ，测得两次照射时的遏止电压 $|U_{a2}| = 3|U_{a1}|$ ，则这两种单色光的频率关系为 _____。

2. 按照原子的量子理论，原子可以通过为 为 为 为 _____、_____ 两种辐射方式发光，而激光是由 _____ 方式产生的。

3. 在康普顿效应实验中，若散射光波长是入射光波长的 1.4 倍，则散射光光子能量 ε 与反冲电子动能 E_k 之比为 _____。

4. 光子能量为 0.5MeV 的 X 射线，入射到某种物质上而发生康普顿散射。若反冲电子的能量为 0.1MeV ，则散射光波长的改变量 $\Delta\lambda$ 与入射光波长 λ_0 之比为 _____。

5. 处于基态的氢原子吸收了 13.06eV 的能量后，可激发到 $n =$ _____ 的能级。当它跃迁回到各低能级态时，可能辐射的光谱线中属于赖曼系的共有 _____ 条、巴|尔末系的共有 _____ 条、帕邢系的共有 _____ 条，其中人眼可见的为 _____ 条。

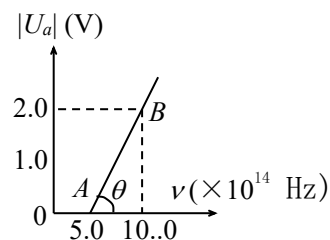
四、计算题：

1. 图中所示为在一次光电效应实验中得出的曲线

(1) 求证：对不同材料的金属， AB 线的斜率相同。

(2) 由图上数据求出普朗克恒量 h 。

(基本电荷 $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)



2. 设康普顿效应中入射 X 射线(伦琴射线)的波长 $\lambda=0.800 \text{ \AA}$ ，散射的 X 射线与入射的 X 射线垂直，求：

(1) 散射角 $\varphi = 90^\circ$ 的康普顿散射波长是多少？

(2) 反冲电子的动能 E_K 。

(3) 反冲电子运动的方向与入射的 X 射线之间的夹角 θ 。

(普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，电子静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

3. 氢原子光谱的巴耳末线系中，有一光谱线的波长为 4340 \AA ，试求：
- (1) 与这一谱线相应的光子能量为多少电子伏特？
 - (2) 该谱线是氢原子由能级 E_n 跃迁到能级 E_k 产生的， n 和 k 各为多少？
 - (3) 最高能级为 E_5 的大量氢原子，最多可以发射几个线系，共几条谱线？
请在氢原子能级跃迁图中表示出来，并说明波长最短的是哪一条谱线。

4. 如图所示，钨金属 M 的红限波长 $\lambda_0 = 230 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ \AA}$)。今用单色紫外线照射该金属，发现有光电子放出，其中速度最大的光电子可以匀速直线地穿过相互垂直的均匀电场(场强 $E = 5 \times 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$)和均匀磁场(磁感应强度为 $B = 0.005 \text{ T}$)区域，求：

- (1) 光电子的最大速度 v ；
- (2) 单色紫外线的波长 λ 。

(已知：电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

