

# 五年真题 2020-2024

## 专题 20 原子物理

### 五年考情·探规律



考点	五年考情 (2020-2024)	命题趋势
考点 1 能量量子化 光电效应 波粒二象性	2020 年江苏卷、浙江卷； 2021 年辽宁卷、浙江卷； 2022 年江苏卷、湖南卷、浙江卷； 2023 年江苏卷、湖南卷、浙江卷； 2024 年上海卷、湖南卷、浙江卷、辽宁卷等	<p>原子部分考点的特点是“点多面宽”，“考点分散”，高考对本部分内容的的能力考查以识记为主，知识考查主要从对基本概念的理解、辨别方面进行，一般结合经典物理理论和现代科技最新成果的命题趋势较强，以选择题的形式出现。</p> <p>考查概率最大的考点分别是光电效应、氢原子的能级跃迁、核反应方程、半衰期等。</p> <p>复习建议</p> <p>(1) 要精读教材，了解教材中对各知识点的描述，重视课后习题。</p> <p>(2) 对考查概率最大的几个考点要注重记忆和理解，强化训练。</p>
考点 2 原子结构	2020 年北京卷、浙江卷； 2021 年北京卷、浙江卷； 2022 年重庆卷、湖南卷、广东卷、海南卷、浙江卷； 2023 年山东卷、辽宁卷、湖北卷、浙江卷； 2024 年安徽卷、江西卷、江苏卷等	
考点 2 原子核核反应	2020 年海南卷、山东卷、全国卷、浙江卷； 2021 年重庆卷、江苏卷、北京卷、浙江卷、海南卷、湖北卷、山东卷、广东卷、全国卷； 2022 年天津卷、湖北卷、山东卷、福建卷、北京卷、辽宁卷、全国卷、浙江卷； 2023 年全国卷、北京卷、海南卷、天津卷、山西卷、湖南卷、浙江卷； 2024 年河北卷、湖北卷、广东卷、全国卷、山东卷、浙江卷、上海卷、北京卷、江苏卷、广西卷、海南卷、甘肃卷等	

## 分考点·精准练



## 考点 01 能量量子化 光电效应 波粒二象性

1. (2024·湖南·高考真题) 量子技术是当前物理学应用研究的热点, 下列关于量子论的说法正确的是 ( )

- A. 普朗克认为黑体辐射的能量是连续的
- B. 光电效应实验中, 红光照射可以让电子从某金属表面逸出, 若改用紫光照射也可以让电子从该金属表面逸出
- C. 康普顿研究石墨对 X 射线散射时, 发现散射后仅有波长小于原波长的射线成分
- D. 德布罗意认为质子具有波动性, 而电子不具有波动性

【答案】B

【解析】A. 普朗克认为黑体辐射的能量是一份一份的, 是量子化的, 故 A 错误;

B. 产生光电效应的条件是光的频率大于金属的极限频率, 紫光的频率大于红光, 若红光能使金属发生光电效应, 可知紫光也能使该金属发生光电效应, 故 B 正确;

C. 石墨对 X 射线的散射过程遵循动量守恒, 光子和电子碰撞后, 电子获得一定的动量, 光子动量变小, 根据  $\lambda = \frac{h}{p}$  可知波长变长, 故 C 错误;

D. 德布罗意认为物质都具有波动性, 包括质子和电子, 故 D 错误。

故选 B。

2. (多选) (2024·浙江 1 月·高考真题) 下列说法正确的是 ( )

- A. 相同温度下, 黑体吸收能力最强, 但辐射能力最弱
- B. 具有相同动能的中子和电子, 其德布罗意波长相同
- C. 电磁场是真实存在的物质, 电磁波具有动量和能量
- D. 自然光经玻璃表面反射后, 透过偏振片观察, 转动偏振片时可观察到明暗变化

【答案】CD

【解析】A. 相同温度下, 黑体吸收和辐射能力最强, 故 A 错误;

B. 根据  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$ , 具有相同动能的中子和电子, 电子质量较小, 德布罗意波长较长, 故 B 错误;

C. 电磁场是真实存在的物质, 电磁波具有动量和能量, 故 C 正确;

D. 自然光在玻璃、水面等表面反射时, 反射光可视为偏振光, 透过偏振片观察, 转动偏振片时能观察到明暗变化, 故 D 正确。

故选 CD。

3. (多选) (2024·辽宁·高考真题) X 射线光电子能谱仪是利用 X 光照射材料表面激发出光电子, 并对光电子进行分析的科研仪器, 用某一频率的 X 光照射某种金属表面, 逸出了光电子, 若增加此 X

光的强度，则 ( )

- A. 该金属逸出功增大  
B. X 光的光子能量不变  
C. 逸出的光电子最大初动能增大  
D. 单位时间逸出的光电子数增多

【答案】BD

【解析】A. 金属的逸出功是金属的自身固有属性，仅与金属自身有关，增加此 X 光的强度，该金属逸出功不变，故 A 错误；

B. 根据光子能量公式  $\varepsilon = h\nu$  可知增加此 X 光的强度，X 光的光子能量不变，故 B 正确；

C. 根据爱因斯坦光电方程  $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$ ，可知逸出的光电子最大初动能不变，故 C 错误；

D. 增加此 X 光的强度，单位时间照射到金属表面的光子变多，则单位时间逸出的光电子数增多，故 D 正确。  
故选 BD。

4. (2024·上海·高考真题) 某紫外激光波长为  $\lambda$ ，其单个光子能量为\_\_\_\_\_。若用该激光做光电效应实验，所用光电材料的截止频率为  $\nu_0$ ，则逸出光电子的最大初动能为\_\_\_\_\_。(普朗克常量为  $h$ ，真空中光速为  $c$ )

【答案】 ①.  $\frac{hc}{\lambda}$     ②.  $\frac{hc}{\lambda} - h\nu_0$

【解析】[1] 单个光子频率为  $\nu = \frac{c}{\lambda}$

根据普朗克量子化思想，单个光子能量  $E_0 = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$

[2] 所用光电材料的截止频率为  $\nu_0$ ，则逸出功为  $W_0 = h\nu_0$

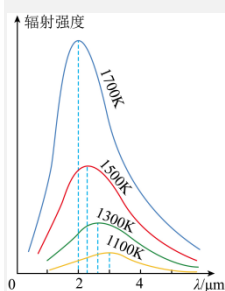
根据爱因斯坦光电效应方程可知，逸出光电子最大初动能为  $E_{\text{km}} = h\nu - W = \frac{hc}{\lambda} - h\nu_0$

5. (2020·江苏·高考真题) “测温枪” (学名“红外线辐射测温仪”) 具有响应快、非接触和操作方便等优点。它是根据黑体辐射规律设计出来的，能将接收到的人体热辐射转换成温度显示。若人体温度升高，则人体热辐射强度  $I$  及其极大值对应的波长  $\lambda$  的变化情况是 ( )

- A.  $I$  增大， $\lambda$  增大  
B.  $I$  增大， $\lambda$  减小  
C.  $I$  减小， $\lambda$  增大  
D.  $I$  减小， $\lambda$  减小

【答案】B

【解析】黑体辐射的实验规律如图





· 玻尔的原子理论成功的解释了氢原子的分立光谱，但不足之处，是它保留了经典理论中的一些观点，如电子轨道的概念，还不成完全揭示微观粒子的运动规律，B 错误；  
C. 光电效应揭示了光的粒子性，C 正确；  
D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样，证实了电子的波动性，质子、中子及原子、分子均具有波动性，D 错误。  
故选 C。

9. (2021·浙江·高考真题) 已知普朗克常量  $h=6.63\times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ，电子的质量为  $9.11\times 10^{-31}\text{kg}$ ，一个电子和一滴直径约为  $4\mu\text{m}$  的油滴具有相同动能，则电子与油滴的德布罗意波长之比的数量级为 ( )

( $\rho_{\text{油}}=0.8\times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ )

A.  $10^{-8}$

B.  $10^6$

C.  $10^8$

D.  $10^{16}$

【答案】C

【解析】根据德布罗意波长公式

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$p = \sqrt{2mE_k}$$

解得

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

由题意可知，电子与油滴的动能相同，则其波长与质量的二次方根成反比，所以有

$$\frac{\lambda_{\text{电}}}{\lambda_{\text{油}}} = \frac{\sqrt{m_{\text{油}}}}{\sqrt{m_{\text{电}}}}$$

$$m_{\text{油}} = \rho \cdot \frac{1}{6} \pi d^3 = 0.8 \times 10^3 \times \frac{1}{6} \times 3.14 \times (4 \times 10^{-6})^3 = 2.7 \times 10^{-14} \text{kg}$$

代入数据解得

$$\frac{\lambda_{\text{电}}}{\lambda_{\text{油}}} = \sqrt{\frac{2.7 \times 10^{-14}}{9.11 \times 10^{-31}}} \approx 1.7 \times 10^8$$

所以 C 正确；ABD 错误；

故选 C。

10. (2020·浙江·统考高考真题) 下列说法正确的是 ( )

- A. 质子的德布罗意波长与其动能成正比
- B. 天然放射的三种射线，穿透能力最强的是  $\alpha$  射线
- C. 光电效应实验中的截止频率与入射光的频率有关
- D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样说明电子具有波动性

【答案】D

【解析】A. 由公式

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

可知质子的德布罗意波长  $\lambda \propto \frac{1}{p}$ ,  $\lambda \propto \frac{1}{\sqrt{E_k}}$ , 故 A 错误;

B. 天然放射的三种射线, 穿透能力最强的是  $\gamma$  射线, 故 B 错误;

C. 由

$$E_k = h\nu - W$$

当  $h\nu_0 = W$ , 可知截止频率与入射光频率无关, 由材料决定, 故 C 错误;

D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样说明电子具有波动性, 故 D 正确。

故选 D。

11. (多选) (2023·海南·统考高考真题) 已知一个激光发射器功率为  $P$ , 发射波长为  $\lambda$  的光, 光速为  $c$ , 普朗克常量为  $h$ , 则 ( )

A. 光的频率为  $\frac{c}{\lambda}$

B. 光子的能量为  $\frac{h}{\lambda}$

C. 光子的动量为  $\frac{h}{\lambda}$

D. 在时间  $t$  内激光器发射的光子数为  $\frac{Ptc}{h\lambda}$

【答案】AC

【解析】A. 光的频率

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

选项 A 正确;

B. 光子的能量

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

选项 B 错误;

C. 光子的动量

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

选项 C 正确;

D. 在时间  $t$  内激光器发射的光子数

$$n = \frac{Pt}{E} = \frac{Pt\lambda}{hc}$$

选项 D 错误。

故选 AC。

12. (多选) (2023·浙江·统考高考真题) 有一种新型光电效应量子材料, 其逸出功为  $W_0$ 。当紫外光照射该材料时, 只产生动能和动量单一的相干光电子束。用该电子束照射间距为  $d$  的双缝, 在与缝相距为  $L$

的观测屏上形成干涉条纹，测得条纹间距为  $\Delta x$ 。已知电子质量为  $m$ ，普朗克常量为  $h$ ，光速为  $c$ ，则

( )

A. 电子的动量  $p_e = \frac{hL}{d\Delta x}$

B. 电子的动能  $E_k = \frac{hL^2}{2md^2\Delta x^2}$

C. 光子的能量  $E = W_0 + \frac{chL}{d\Delta x}$

D. 光子的动量  $p = \frac{W_0}{c} + \frac{h^2L^2}{2cmd^2\Delta x^2}$

**【答案】AD**

**【解析】**根据条纹间距公式  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$

可得  $\lambda = \frac{\Delta xd}{L}$

A. 根据  $p_e = \frac{h}{\lambda}$  可得:  $p_e = \frac{hL}{d\Delta x}$ , 故 A 正确;

B. 根据动能和动量的关系  $E_k = \frac{p^2}{2m}$ , 结合 A 选项可得  $E_k = \frac{h^2L^2}{2md^2\Delta x^2}$ , 故 B 错误;

C. 光子的能量

$$E = W_0 + E_k = W_0 + \frac{h^2L^2}{2md^2\Delta x^2}$$

故 C 错误;

D. 光子的动量  $p = m_0c$

光子的能量  $E = m_0c^2$

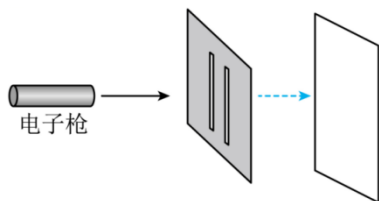
联立可得  $p = \frac{E}{c}$

则光子的动量  $p = \frac{W_0}{c} + \frac{h^2L^2}{2cmd^2\Delta x^2}$

故 D 正确。

故选 AD。

13. (多选) (2022·浙江·统考高考真题) 电子双缝干涉实验是近代证实物质波存在的实验。如图所示，电子枪持续发射的电子动量为  $1.2 \times 10^{-23} \text{kg} \cdot \text{m/s}$ ，然后让它们通过双缝打到屏上。已知电子质量取  $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ，普朗克常量取  $6.6 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，下列说法正确的是 ( )



A. 发射电子的动能约为  $8.0 \times 10^{-15} \text{J}$

B. 发射电子的物质波波长约为  $5.5 \times 10^{-11} \text{m}$

- C. 只有成对电子分别同时通过双缝才能发生干涉  
D. 如果电子是一个一个发射的, 仍能得到干涉图样

**【答案】** BD

**【解析】** A. 根据动量的大小与动能的关系可知发射电子的动能约为

$$E_k = \frac{P^2}{2m} = \frac{(1.2 \times 10^{-23})^2}{2 \times 9.1 \times 10^{-31}} \text{ J} \approx 8.0 \times 10^{-17} \text{ J}$$

故 A 错误;

B. 发射电子的物质波波长约为

$$\lambda = \frac{h}{P} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{1.2 \times 10^{-23}} \text{ m} \approx 5.5 \times 10^{-11} \text{ m}$$

故 B 正确;

CD. 物质波也具有波粒二象性, 故电子的波动性是每个电子本身的性质, 则每个电子依次通过双缝都能发生干涉现象, 只是需要大量电子显示出干涉图样, 故 C 错误, D 正确;

故选 BD。

14. (2020 · 江苏 · 统考高考真题) 大量处于某激发态的氢原子辐射出多条谱线, 其中最长和最短波长分别为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$ , 则该激发态与基态的能量差为 \_\_\_\_\_, 波长为  $\lambda_1$  的光子的动量为 \_\_\_\_\_。(已知普朗克常量为  $h$ , 光速为  $c$ )

**【答案】**  $h \frac{c}{\lambda_2}$   $\frac{h}{\lambda_1}$

**【解析】** [1] 根据  $c = \lambda \nu$  可知波长越短, 对应光子的频率越大, 对应跃迁的能级差越大; 可知最短波长  $\lambda_2$  对应基态到激发态的能量差最大, 结合  $\varepsilon = h\nu$  得  $\Delta E = h\nu_2 = h \frac{c}{\lambda_2}$

[2] 波长为  $\lambda_1$  对应的光子动量为  $p_1 = \frac{h}{\lambda_1}$

15. (2023 · 江苏 · 统考高考真题) “夸父一号” 太阳探测卫星可以观测太阳辐射的硬 X 射线。硬 X 射线是波长很短的光子, 设波长为  $\lambda$ 。若太阳均匀地向各个方向辐射硬 X 射线, 卫星探测仪镜头正对着太阳, 每秒接收到  $N$  个该种光子。已知探测仪镜头面积为  $S$ , 卫星离太阳中心的距离为  $R$ , 普朗克常量为  $h$ , 光速为  $c$ , 求:

- (1) 每个光子的动量  $p$  和能量  $E$ ;  
(2) 太阳辐射硬 X 射线的总功率  $P$ 。

**【答案】** (1)  $p = \frac{h}{\lambda}$ ,  $E = h \frac{c}{\lambda}$ ; (2)  $\frac{4\pi R^2 N h c}{S \lambda}$

**【解析】** (1) 由题意可知每个光子的动量为  $p = \frac{h}{\lambda}$

每个光子的能量为  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$



(2) 太阳均匀地向各个方向辐射硬 X 射线, 根据题意设  $t$  秒发射总光子数为  $n$ , 则

$$\frac{n}{tN} = \frac{4\pi R^2}{S}$$

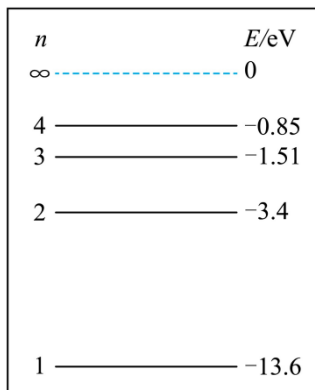
可得  $n = \frac{4\pi R^2 Nt}{S}$

所以  $t$  秒辐射光子的总能量  $W = E' = nh\frac{c}{\lambda} = \frac{4\pi R^2 Nthc}{S\lambda}$

太阳辐射硬 X 射线的总功率  $P = \frac{W}{t} = \frac{4\pi R^2 Nhc}{S\lambda}$

## 考点 02 原子结构

1. (2024·安徽·统考高考真题) 大连相干光源是我国第一台高增益自由电子激光用户装置, 其激光辐射所应用的玻尔原子理论很好地解释了氢原子的光谱特征。图为氢原子的能级示意图, 已知紫外光的光子能量大于  $3.11\text{eV}$ , 当大量处于  $n=3$  能级的氢原子向低能级跃迁时, 辐射不同频率的紫外光有 ( )



A. 1 种

B. 2 种

C. 3 种

D. 4 种

【答案】B

【解析】大量处于  $n=3$  能级的氢原子向低能级跃迁时, 能够辐射出不同频率的种类为  $C_3^2 = 3$  种

辐射出光子的能量分别为

$$\Delta E_1 = E_3 - E_1 = -1.51\text{eV} - (-13.6\text{eV}) = 12.09\text{eV}$$

$$\Delta E_2 = E_3 - E_2 = -1.51\text{eV} - (-3.4\text{eV}) = 1.89\text{eV}$$

$$\Delta E_3 = E_2 - E_1 = -3.4\text{eV} - (-13.6\text{eV}) = 10.2\text{eV}$$

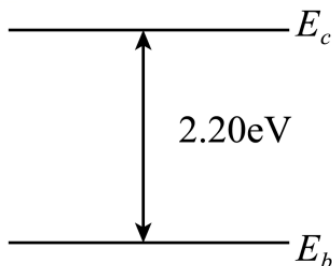
其中

$$\Delta E_1 > 3.11\text{eV}, \Delta E_2 < 3.11\text{eV}, \Delta E_3 > 3.11\text{eV}$$

所以辐射不同频率的紫外光有 2 种。

故选 B。

2. (2024·江西·统考高考真题) 近年来, 江西省科学家发明硅衬底氮化镓基系列发光二极管, 开创了国际上第三条 LED 技术路线。某氮化镓基 LED 材料的简化能级如图所示, 若能级差为  $2.20\text{eV}$  (约  $3.52 \times 10^{-19}\text{J}$ ), 普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ , 则发光频率约为 ( )



- A.  $6.38 \times 10^{14} \text{ Hz}$     B.  $5.67 \times 10^{14} \text{ Hz}$     C.  $5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$     D.  $4.67 \times 10^{14} \text{ Hz}$

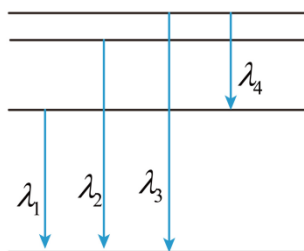
【答案】C

【解析】根据题意可知，辐射出的光子能量  $\varepsilon = 3.52 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，由光子的能量  $\varepsilon = h\nu$  得

$$\nu = \frac{\varepsilon}{h} = 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

故选 C。

3. (2024 · 江苏 · 统考高考真题) 在原子跃迁中，辐射如图所示的 4 种光子，其中只有一种光子可使某金属发生光电效应，是哪一种 ( )



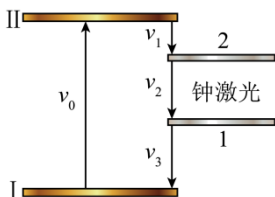
- A.  $\lambda_1$     B.  $\lambda_2$     C.  $\lambda_3$     D.  $\lambda_4$

【答案】C

【解析】根据光电方程可知当只有一种光子可使某金属发生光电效应，该光子对应的能量最大，根据图中能级图可知跃迁时对应波长为  $\lambda_3$  的光子能量最大。

故选 C。

4. (2023 · 山东 · 统考高考真题) “梦天号”实验舱携带世界首套可相互比对的冷原子钟组发射升空，对提升我国导航定位、深空探测等技术具有重要意义。如图所示为某原子钟工作的四能级体系，原子吸收频率为  $\nu_0$  的光子从基态能级 I 跃迁至激发态能级 II，然后自发辐射出频率为  $\nu_1$  的光子，跃迁到钟跃迁的上能级 2，并在一定条件下可跃迁到钟跃迁的下能级 1，实现受激辐射，发出钟激光，最后辐射出频率为  $\nu_3$  的光子回到基态。该原子钟产生的钟激光的频率  $\nu_2$  为 ( )



- A.  $\nu_0 + \nu_1 + \nu_3$     B.  $\nu_0 + \nu_1 - \nu_3$     C.  $\nu_0 - \nu_1 + \nu_3$     D.  $\nu_0 - \nu_1 - \nu_3$

【答案】D

【解析】原子吸收频率为  $\nu_0$  的光子从基态能级 I 跃迁至激发态能级 II 时有

$$E_{II} - E_I = h\nu_0$$

且从激发态能级 II 向下跃迁到基态 I 的过程有

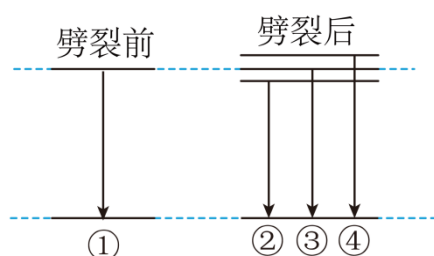
$$E_{II} - E_I = h\nu_1 + h\nu_2 + h\nu_3$$

联立解得

$$\nu_2 = \nu_0 - \nu_1 - \nu_3$$

故选 D。

5. (2023·辽宁·统考高考真题) 原子处于磁场中, 某些能级会发生劈裂。某种原子能级劈裂前后的部分能级图如图所示, 相应能级跃迁放出的光子分别设为①②③④。若用①照射某金属表面时能发生光电效应, 且逸出光电子的最大初动能为  $E_k$ , 则 ( )



- A. ①和③的能量相等  
 B. ②的频率大于④的频率  
 C. 用②照射该金属一定能发生光电效应  
 D. 用④照射该金属逸出光电子的最大初动能小于  $E_k$

【答案】A

【解析】A. 由图可知①和③对应的跃迁能级差相同, 可知①和③的能量相等, 选项 A 正确;

B. 因②对应的能级差小于④对应的能级差, 可知②的能量小于④的能量, 根据  $E = h\nu$  可知②的频率小于④的频率, 选项 B 错误;

C. 因②对应的能级差小于①对应的能级差, 可知②的能量小于①, ②的频率小于①, 则若用①照射某金属表面时能发生光电效应, 用②照射该金属不一定能发生光电效应, 选项 C 错误;

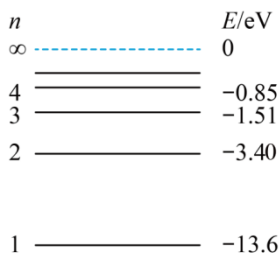
D. 因④对应的能级差大于①对应的能级差, 可知④的能量大于①, 即④的频率大于①, 因用①照射某金属表面时能逸出光电子的最大初动能为  $E_k$ , 根据

$$E_{km} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$$

则用④照射该金属逸出光电子的最大初动能大于  $E_k$ , 选项 D 错误。

故选 A。

6. (2023·湖北·统考高考真题) 2022 年 10 月, 我国自主研发的“夸父一号”太阳探测卫星成功发射。该卫星搭载的莱曼阿尔法太阳望远镜可用于探测波长为 121.6nm 的氢原子谱线 (对应的光子能量为 10.2eV)。根据如图所示的氢原子能级图, 可知此谱线来源于太阳中氢原子 ( )



- A.  $n=2$  和  $n=1$  能级之间的跃迁      B.  $n=3$  和  $n=1$  能级之间的跃迁  
 C.  $n=3$  和  $n=2$  能级之间的跃迁      D.  $n=4$  和  $n=2$  能级之间的跃迁

**【答案】A**

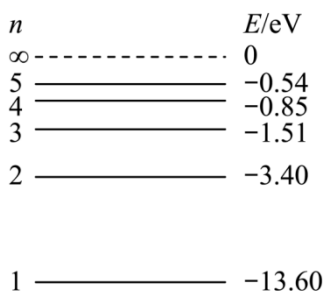
**【解析】**由图中可知  $n=2$  和  $n=1$  的能级差之间的能量差值为

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -3.4eV - (-13.6eV) = 10.2eV$$

与探测器探测到的谱线能量相等，故可知此谱线来源于太阳中氢原子  $n=2$  和  $n=1$  能级之间的跃迁。

故选 A。

7. (2022 · 重庆 · 高考真题) 如图为氢原子的能级示意图。已知蓝光光子的能量范围为  $2.53 \sim 2.76eV$ ，紫光光子的能量范围为  $2.76 \sim 3.10eV$ 。若使处于基态的氢原子被激发后，可辐射蓝光，不辐射紫光，则激发氢原子的光子能量为 ( )



- A. 10.20eV      B. 12.09eV      C. 12.75eV      D. 13.06eV

**【答案】C**

**【解析】**由题知使处于基态的氢原子被激发后，可辐射蓝光，不辐射紫光，则由蓝光光子能量范围可知从氢原子从  $n=4$  能级向低能级跃迁可辐射蓝光，不辐射紫光（即从  $n=4$ ，跃迁到  $n=2$  辐射蓝光），则需激发氢原子到  $n=4$  能级，则激发氢原子的光子能量为

$$\Delta E = E_4 - E_1 = 12.75eV$$

故选 C。

8. (2022 · 北京 · 高考真题) 氢原子从某激发态跃迁到基态，则该氢原子 ( )

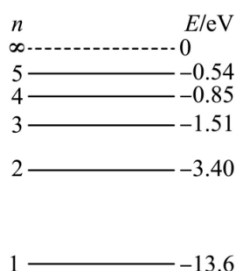
- A. 放出光子，能量增加      B. 放出光子，能量减少  
 C. 吸收光子，能量增加      D. 吸收光子，能量减少

**【答案】B**

**【解析】**氢原子从某激发态跃迁到基态，则该氢原子放出光子，且放出光子的能量等于两能级之差，能量减少。

故选 B。

9. (2022 · 浙江 · 统考高考真题) 如图为氢原子的能级图。大量氢原子处于  $n=3$  的激发态, 在向低能级跃迁时放出光子, 用这些光子照射逸出功为  $2.29\text{eV}$  的金属钠。下列说法正确的是 ( )



- A. 逸出光电子的最大初动能为  $10.80\text{eV}$
- B.  $n=3$  跃迁到  $n=1$  放出的光子动量最大
- C. 有 3 种频率的光子能使金属钠产生光电效应
- D. 用  $0.85\text{eV}$  的光子照射, 氢原子跃迁到  $n=4$  激发态

【答案】 B

【解析】 A. 从  $n=3$  跃迁到  $n=1$  放出的光子能量最大, 根据  $E_k = E - W_0$

可得此时最大初动能为  $E_k = 9.8\text{eV}$

故 A 错误;

B. 根据  $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}, E = h\nu$

又因为从  $n=3$  跃迁到  $n=1$  放出的光子能量最大, 故可知动量最大, 故 B 正确;

C. 大量氢原子从  $n=3$  的激发态跃迁基态能放出  $C_3^2 = 3$  种频率的光子, 其中从  $n=3$  跃迁到  $n=2$  放出的光子能量为  $\Delta E_k = 3.4\text{eV} - 1.51\text{eV} = 1.89\text{eV} < 2.29\text{eV}$

不能使金属钠产生光电效应, 其他两种均可以, 故 C 错误;

D. 由于从  $n=3$  跃迁到  $n=4$  能级需要吸收的光子能量为

$$\Delta E = 1.51\text{eV} - 0.85\text{eV} = 0.66\text{eV} \neq 0.85\text{eV}$$

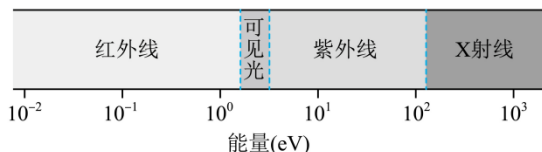
所以用  $0.85\text{eV}$  的光子照射, 不能使氢原子跃迁到  $n=4$  激发态, 故 D 错误。

故选 B。

10. (2022 · 广东 · 高考真题) 目前科学家已经能够制备出能量量子数  $n$  较大的氢原子。氢原子第  $n$  能级的能量为  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ , 其中  $E_1 = -13.6\text{eV}$ 。图是按能量排列的电磁波谱, 要使  $n=20$  的氢原子吸收一个光子后,

恰好失去一个电子变成氢离子, 被吸收的光子是 ( )

恰好失去一个电子变成氢离子, 被吸收的光子是 ( )



- A. 红外线波段的光子
- B. 可见光波段的光子

C. 紫外线波段的光子

D. X射线波段的光子

**【答案】A****【解析】**要使处于  $n=20$  的氢原子吸收一个光子后恰好失去一个电子变成氢离子，则需要吸收光子的能量为

$$E = 0 - \left(-\frac{13.6}{20^2}\right)\text{eV} = 0.034\text{eV}$$

则被吸收的光子是红外线波段的光子。

故选 A。

11. (2022·湖南·统考高考真题) 关于原子结构和微观粒子波粒二象性，下列说法正确的是 ( )

- A. 卢瑟福的核式结构模型解释了原子光谱的分立特征
- B. 玻尔的原子理论完全揭示了微观粒子运动的规律
- C. 光电效应揭示了光的粒子性
- D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样揭示了电子的粒子性

**【答案】C****【解析】**A. 玻尔的量子化模型很好地解释了原子光谱的分立特征，A 错误；

B. 玻尔的原子理论成功的解释了氢原子的分立光谱，但不足之处，是它保留了经典理论中的一些观点，如电子轨道的概念，还不成完全揭示微观粒子的运动规律，B 错误；

C. 光电效应揭示了光的粒子性，C 正确；

D. 电子束穿过铝箔后的衍射图样，证实了电子的波动性，质子、中子及原子、分子均具有波动性，D 错误。

故选 C。

12. (2021·北京·高考真题) 北京高能光源是我国首个第四代同步辐射光源，计划于 2025 年建成。同步辐射光具有光谱范围宽（从远红外到 X 光波段，波长范围约为  $10^{-5}\text{m} \sim 10^{-11}\text{m}$ ，对应能量范围约为  $10^{-1}\text{eV} \sim 10^5\text{eV}$ ）、光源亮度高、偏振性好等诸多特点，在基础科学研究、应用科学和工艺学等领域已得到广泛应用。速度接近光速的电子在磁场中偏转时，会沿圆弧轨道切线发出电磁辐射，这个现象最初是在同步加速器上观察到的，称为“同步辐射”。以接近光速运动的单个电子能量约为  $10^9\text{eV}$ ，回旋一圈辐射的总能量约为  $10^4\text{eV}$ 。下列说法正确的是 ( )

- A. 同步辐射的机理与氢原子发光的机理一样
- B. 用同步辐射光照射氢原子，不能使氢原子电离
- C. 蛋白质分子的线度约为  $10^{-8}\text{m}$ ，不能用同步辐射光得到其衍射图样
- D. 尽管向外辐射能量，但电子回旋一圈后能量不会明显减小

**【答案】D****【解析】**A. 同步辐射是在磁场中圆周自发辐射光能的过程，氢原子发光是先吸收能量到高能级，在回到基态时辐射光，两者的机理不同，故 A 错误；B. 用同步辐射光照射氢原子，总能量约为  $10^4\text{eV}$  大于电离能  $13.6\text{eV}$ ，则氢原子可以电离，故 B 错误；C. 同步辐射光的波长范围约为  $10^{-5}\text{m} \sim 10^{-11}\text{m}$ ，与蛋白质分子的线度约为  $10^{-8}\text{m}$

差不多，故能发生明显的衍射，故 C 错误；

D. 以接近光速运动的单个电子能量约为  $10^9\text{eV}$ ，回旋一圈辐射的总能量约为  $10^4\text{eV}$ ，则电子回旋一圈后能量不会明显减小，故 D 正确；

故选 D。

13. (2021·浙江·统考高考真题) 下列说法正确的是 ( )

- A. 光的波动性是光子之间相互作用的结果
- B. 玻尔第一次将“量子”入原子领域，提出了定态和跃迁的概念
- C. 光电效应揭示了光的粒子性，证明了光子除了能量之外还具有动量
- D.  $\alpha$  射线经过置于空气中带正电验电器金属小球的上方，验电器金属箔的张角会变大

【答案】B

【解析】A. 在光的双缝干涉实验中，减小光的强度，让光子通过双缝后，光子只能一个接一个地到达光屏，经过足够长时间，仍然发现相同的干涉条纹。这表明光的波动性不是由光子之间的相互作用引起的，故 A 错误；

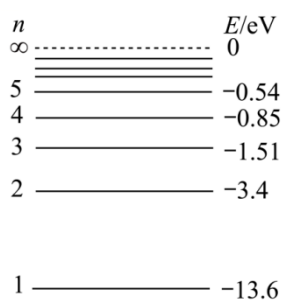
B. 玻尔第一次将量子观念引入原子领域，提出了定态和跃迁的概念，故 B 正确；

C. 光电效应揭示了光的粒子性，但是不能证明光子除了能量之外还具有动量，选项 C 错误；

D.  $\alpha$  射线经过置于空气中带正电验电器金属小球的上方时，会使金属球附近的空气电离，金属球吸引负离子而使验电器金属箔的张角会变小，选项 D 错误。

故选 B。

14. (2020·北京·统考高考真题) 氢原子能级示意如图。现有大量氢原子处于  $n=3$  能级上，下列说法正确的是 ( )



- A. 这些原子跃迁过程中最多可辐射出 2 种频率的光子
- B. 从  $n=3$  能级跃迁到  $n=1$  能级比跃迁到  $n=2$  能级辐射的光子频率低
- C. 从  $n=3$  能级跃迁到  $n=4$  能级需吸收  $0.66\text{eV}$  的能量
- D.  $n=3$  能级的氢原子电离至少需要吸收  $13.6\text{eV}$  的能量

【答案】C

【解析】A. 大量氢原子处于  $n=3$  能级跃迁到  $n=1$  最多可辐射出  $C_3^2=3$  种不同频率的光子，故 A 错误；

B. 根据能级图可知从  $n=3$  能级跃迁到  $n=1$  能级辐射的光子能量为

$$h\nu_1 = 13.6\text{eV} - 1.51\text{eV}$$

从  $n=3$  能级跃迁到  $n=2$  能级辐射的光子能量为

$$h\nu_2 = 3.4\text{eV} - 1.51\text{eV}$$

比较可知从  $n=3$  能级跃迁到  $n=1$  能级比跃迁到  $n=2$  能级辐射的光子频率高，故 B 错误；

C. 根据能级图可知从  $n=3$  能级跃迁到  $n=4$  能级，需要吸收的能量为

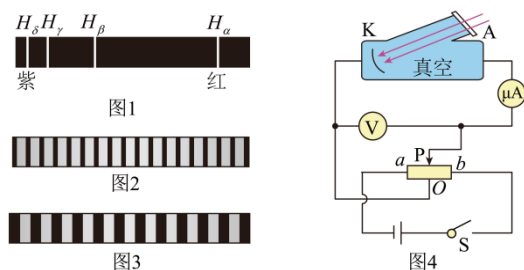
$$E = 1.51\text{eV} - 0.85\text{eV} = 0.66\text{eV}$$

故 C 正确；

D. 根据能级图可知氢原子处于  $n=3$  能级的能量为  $-1.51\text{eV}$ ，故要使其电离至少需要吸收  $1.51\text{eV}$  的能量，故 D 错误；

故选 C。

15. (多选) (2023·浙江·高考真题) 氢原子从高能级向低能级跃迁时，会产生四种频率的可见光，其光谱如图 1 所示。氢原子从能级 6 跃迁到能级 2 产生可见光 I，从能级 3 跃迁到能级 2 产生可见光 II。用同一双缝干涉装置研究两种光的干涉现象，得到如图 2 和图 3 所示的干涉条纹。用两种光分别照射如图 4 所示的实验装置，都能产生光电效应。下列说法正确的是 ( )



- A. 图 1 中的  $H_\alpha$  对应的是 I
- B. 图 2 中的干涉条纹对应的是 II
- C. I 的光子动量大于 II 的光子动量
- D. P 向 a 移动，电流表示数为零时 I 对应的电压表示数比 II 的大

**【答案】** CD

**【解析】** 根据题意可知。氢原子发生能级跃迁时，由公式可得

$$E_m - E_n = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

可知，可见光 I 的频率大，波长小，可见光 II 的频率小，波长大。

A. 可知，图 1 中的  $H_\alpha$  对应的是可见光 II，故 A 错误；

B. 由公式有，干涉条纹间距为

$$\Delta x = \lambda \frac{l}{d}$$

由图可知，图 2 中间距较小，则波长较小，对应的是可见光 I，故 B 错误；

C. 根据题意，由公式可得，光子动量为

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$



可知，I 的光子动量大于 II 的光子动量，故 C 正确；

D. 根据光电效应方程及动能定理可得

$$eU_c = h\nu - W_0$$

可知，频率越大，遏止电压越大，则 P 向 a 移动，电流表示数为零时 I 对应的电压表示数比 II 的大，故 D 正确。

故选 CD。

16. (多选) (2022·海南·高考真题) 一群处于  $n=4$  激发态的氢原子跃迁向外辐射出不同频率的光子，则 ( )

- A. 需要向外吸收能量
- B. 共能放出 6 种不同频率的光子
- C.  $n=4$  向  $n=3$  跃迁发出的光子频率最大
- D.  $n=4$  向  $n=1$  跃迁发出的光子频率最大

【答案】BD

【解析】A. 高能级向低能级跃迁向外放出能量，以光子形式释放出去，故 A 错误；

B. 最多能放不同频率光子的种数为

$$C_4^2 = 6$$

故 B 正确；

CD. 从最高能级向最低能级跃迁释放的光子能量最大，对应的频率最大，波长最小，则  $n=4$  向  $n=1$  跃迁发出的光子频率最大，故 D 正确，C 错误。

故选 BD。

17. (多选) (2020·浙江·高考真题) 由玻尔原子模型求得氢原子能级如图所示，已知可见光的光子能量在 1.62eV 到 3.11eV 之间，则 ( )

$n$	$E/\text{eV}$
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.40
1	-13.60

- A. 氢原子从高能级向低能级跃迁时可能辐射出  $\gamma$  射线
- B. 氢原子从  $n=3$  的能级向  $n=2$  的能级跃迁时会辐射出红外线
- C. 处于  $n=3$  能级的氢原子可以吸收任意频率的紫外线并发生电离
- D. 大量氢原子从  $n=4$  能级向低能级跃迁时可辐射出 2 种频率的可见光

【答案】CD

【解析】A.  $\gamma$  射线为重核衰变或裂变时才会放出，氢原子跃迁无法辐射  $\gamma$  射线，故 A 错误；

B. 氢原子从  $n=3$  的能级向  $n=2$  的能级辐射光子的能量：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/385012003004012002>