

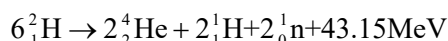
专题 14 原子结构、原子核和波粒二象性

1. (2020·新课标II卷) 氘核 ${}^2_1\text{H}$ 可通过一系列聚变反应释放能量, 其总效果可用反应式 $6{}^2_1\text{H} \rightarrow 2{}^4_2\text{He} + 2{}^1_1\text{H} + 2{}^1_0\text{n} + 43.15\text{MeV}$ 表示。海水中富含氘, 已知 1kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个, 若全都发生聚变反应, 其释放的能量与质量为 M 的标准煤燃烧时释放的热量相等; 已知 1 kg 标准煤燃烧释放的热量约为 $2.9 \times 10^7 \text{J}$, $1 \text{MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{J}$, 则 M 约为

- A. 40 kg B. 100 kg C. 400 kg D. 1 000 kg

【答案】C

【解析】氘核 ${}^2_1\text{H}$ 可通过一系列聚变反应释放能量, 其总效果可用反应式



则平均每个氘核聚变释放的能量为

$$\varepsilon = \frac{E}{6} = \frac{43.15}{6} \text{MeV}$$

1kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个, 可以放出的总能量为

$$E_0 = N\varepsilon$$

由 $Q = mq$ 可得, 要释放的相同的热量, 需要燃烧标准煤燃烧的质量

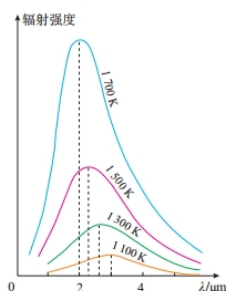
$$m = \frac{Q}{q} = \frac{E_0}{q} \approx 400 \text{kg}$$

2. (2020·江苏卷) “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 λ 的变化情况是

A. I 增大, λ 增大 B. I 增大, λ 减小 C. I 减小, λ 增大 D. I 减小, λ 减小

【答案】B

【解析】黑体辐射的实验规律如图



特点是,随着温度升高,各种波长的辐射强度都有增加,所以人体热辐射的强度 I 增大;随着温度的升高,辐射强度的峰值向波长较短的方向移动,所以 λ 减小。故选 B。

3. (2020·浙江卷) 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 α 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 γ 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。

4. (2020·山东卷) 氚核 ${}^3_1\text{H}$ 发生 β 衰变成为氦核 ${}^3_2\text{He}$ 。假设含氚材料中 ${}^3_1\text{H}$ 发生 β 衰变产生的电子可以全部定向移动，在 $3.2 \times 10^4 \text{ s}$ 时间内形成的平均电流为 $5.0 \times 10^{-8} \text{ A}$ 。已知电子电荷量为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，在这段时间内发生 β 衰变的氚核 ${}^3_1\text{H}$ 的个数为 ()

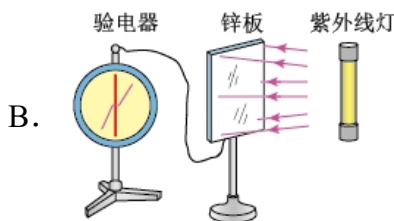
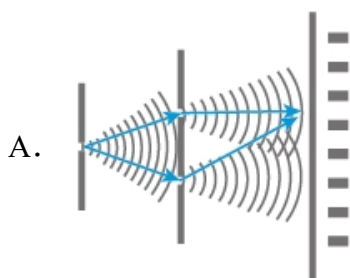
- A. 5.0×10^{14} B. 1.0×10^{16} C. 2.0×10^{16} D. 1.0×10^{18}

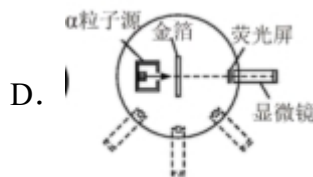
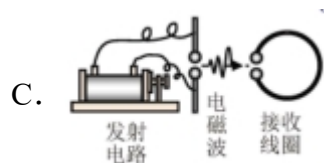
【答案】B

【解析】根据 $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$ ，可得产生的电子数为 $n = \frac{It}{e} = \frac{5.0 \times 10^{-8} \times 3.2 \times 10^4}{1.6 \times 10^{-19}} = 10^{16}$ 个

因在 β 衰变中，一个氚核产生一个电子，可知氚核的个数为 1.0×10^{16} 个。故选 B。

5. (2020·天津卷) 在物理学发展的进程中，人们通过对某些重要物理实验的深入观察和研究，获得正确的理论认识。下列图示的实验中导致发现原子具有核式结构的是





【答案】D

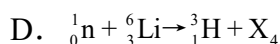
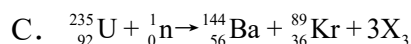
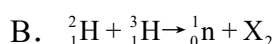
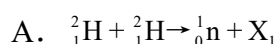
【解析】A. 双缝干涉实验说明了光具有波动性，故 A 错误；

B. 光电效应实验，说明了光具有粒子性，故 B 错误；

C. 实验是有关电磁波的发射与接收，与原子核无关，故 C 错误；

D. 卢瑟福的 α 粒子散射实验导致发现了原子具有核式结构，故 D 正确；故选 D。

6. (2020·新课标I卷) 下列核反应方程中， X_1 ， X_2 ， X_3 ， X_4 代表 α 粒子的有



【答案】BD

【解析】 α 粒子为氦原子核 ${}^4_2\text{He}$ ，根据核反应方程遵守电荷数守恒和质量数守恒，

A 选项中的 X_1 为 ${}^3_2\text{He}$ ，B 选项中的 X_2 为 ${}^4_2\text{He}$ ，C 选项中的 X_3 为中子 ${}^1_0\text{n}$ ，D 选项中的 X_4 为 ${}^4_2\text{He}$ 。故选 BD。

7. (2020·新课标III卷) 1934 年，约里奥—居里夫妇用 α 粒子轰击铝箔，首次产生了人工放射性同位素 X，反应方程为： ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow X + {}^1_0\text{n}$ 。X 会衰变成原子核 Y，衰变方程为 $X \rightarrow Y + {}^0_{-1}\text{e}$ ，则

A. X 的质量数与 Y 的质量数相等

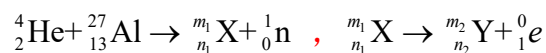
B. X 的电荷数比 Y 的电荷数少 1

C. X 的电荷数比 ${}^{27}_{13}\text{Al}$ 的电荷数多 2

D. X 的质量数与 ${}^{27}_{13}\text{Al}$ 的质量数相等

【答案】AC

【解析】设 X 和 Y 的质子数分别为 n_1 和 n_2 ，质量数分别为 m_1 和 m_2 ，则反应方程为



根据反应方程质子数和质量数守恒，解得

$$2+13=n_1, \quad n_1=n_2+1$$

$$4+27=m_1+1, \quad m_1=m_2+0$$

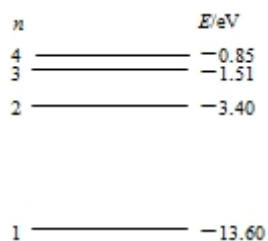
解得

$$n_1=15, \quad n_2=14, \quad m_1=30, \quad m_2=30$$

AC. X 的质量数 ($m_1=30$) 与 Y 的质量数 ($m_2=30$) 相等，比 ${}_{13}^{27}\text{Al}$ 的质量数多 3，故 A 正确，D 错误；

BC. X 的电荷数 ($n_1=15$) 比 Y 的电荷数 ($n_2=14$) 多 1，比 ${}_{13}^{27}\text{Al}$ 的电荷数多 2，故 B 错误，C 正确；故选 AC。

8. (2020·浙江省 1 月学业水平测试选考) 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



- A. 氢原子从高能级向低能级跃迁时可能辐射出 γ 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. γ 射线为重核衰变或裂变时才会放出，氢原子跃迁无法辐射 γ 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：

$$E = -1.51\text{eV} - (-3.40\text{eV}) = 1.89\text{eV}$$

在可见光范围之内，故 B 错误；

C. 氢原子在 $n=3$ 能级吸收 1.51eV 的光子能量就可以电离，紫外线的最小频率大于 1.51eV ，可以使处于 $n=3$ 能级的氢原子电离，故 C 正确；

D. 氢原子从 $n=4$ 能级跃迁至 $n=2$ 能级辐射光子的能量：

$$E' = -0.85\text{eV} - (-3.40\text{eV}) = 2.55\text{eV}$$

在可见光范围之内；同理，从 $n=3$ 的能级向 $n=2$ 的能级辐射光子的能量也在可见光范围之内，所以大量氢原子从 $n=4$ 能级向低能级跃迁时可辐射出 2 种频率的可见光，故 D 正确。故选 CD。

9. (2020·浙江卷) 太阳辐射的总功率约为 $4 \times 10^{26} \text{W}$ ，其辐射的能量来自于聚变反应。在聚变反应中，一个质量为 $1876.1\text{MeV}/c^2$ (c 为真空中的光速) 的氘核 (${}^2_1\text{H}$) 和一个质量为 $2809.5\text{MeV}/c^2$ 的氚核 (${}^3_1\text{H}$) 结合为一个质量为 $3728.4\text{MeV}/c^2$ 的氦核 (${}^4_2\text{He}$)，并放出一个 X 粒子，同时释放大约 17.6MeV 的能量。下列说法正确的是 ()

A. X 粒子是质子

B. X 粒子的质量为 $939.6\text{MeV}/c^2$

C. 太阳每秒因为辐射损失的质量约为 $4.4 \times 10^9 \text{kg}$

D. 太阳每秒因为辐射损失的质量约为 $17.6\text{MeV}/c^2$

【答案】BC

【解析】A. 由质量数和电荷数守恒可知，X 的质量数为 1，电荷数为 0，则 X 为中子，选项 A 错误；

B. 根据能量关系可知

$$m_n c^2 = 1876.1 + 2809.5 - 3728.4 - 17.6$$

解得 $m_n = 939.6 \text{ MeV}/c^2$ ，选项 B 正确；

C. 太阳每秒放出的能量

$$E = Pt = 4 \times 10^{26} \text{ J}$$

损失的质量

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = \frac{4 \times 10^{26}}{9 \times 10^{16}} \text{ kg} \approx 4.4 \times 10^9 \text{ kg}$$

选项 C 正确；

D. 因为

$$E = 4 \times 10^{26} \text{ J} = \frac{4 \times 10^{26}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2.5 \times 10^{45} \text{ eV} = 2.5 \times 10^{39} \text{ MeV}$$

则太阳每秒因为辐射损失的质量为

$$\Delta m = \frac{E}{c^2} = 2.5 \times 10^{39} \text{ MeV}/c^2$$

选项 D 错误。故选 BC。

十年高考真题分类汇编(2010—2019) 物理

专题 14 原子结构、原子核和波粒二象性

选择题：

1.(2019•全国 II 卷•T2)太阳内部核反应的主要模式之一是质子-质子循环,循环的结果可表示为 $4 {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 {}_1^0\text{e} + 2\nu$, 已知 ${}_1^1\text{H}$ 和 ${}_2^4\text{He}$ 的质量分别为 $m_p=1.0078\text{u}$ 和 $m_\alpha=4.0026\text{u}$, $1\text{u}=931\text{MeV}/c^2$, c 为光速。在 4 个 ${}_1^1\text{H}$ 转变成 1 个 ${}_2^4\text{He}$ 的过程中,释放的能量约为

- A. 8 MeV B. 16 MeV C. 26 MeV D. 52 MeV

【答案】C

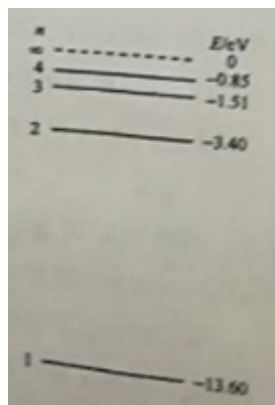
【解析】

【详解】由 $\Delta E = \Delta m c^2$ 知 $\Delta E = (4 \times m_p - m_\alpha - 2m_e) \cdot c^2$,

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{931 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{J}}{9 \times 10^{16}} \approx 1.7 \times 10^{-27} \text{kg} \approx 0.9 \times 10^{-31} \text{kg}, \text{ 忽略电子质量,}$$

则: $\Delta E = (4 \times 1.0078\text{u} - 4.0026\text{u}) \cdot c^2 \approx 26\text{MeV}$, 故 C 选项符合题意;

2.(2019•全国 I 卷•T1)氢原子能级示意图如图所示。光子能量在 1.63 eV~3.10 eV 的光为可见光。要使处于基态($n=1$)的氢原子被激发后可辐射出可见光光子,最少应给氢原子提供的能量为



- A. 12.09 eV B. 10.20 eV C. 1.89 eV D. 1.51 eV

【答案】A

【解析】

由题意可知,基态($n=1$)氢原子被激发后,至少被激发到 $n=3$ 能级后,跃迁才可能产生能量

在 $1.63\text{eV}\sim 3.10\text{eV}$ 的可见光。故 $\Delta E = -1.51 - (-13.60)\text{eV} = 12.09\text{eV}$ 。故本题选 A。

3.(2019•北京卷•T7)光电管是一种利用光照射产生电流的装置，当入射光照在管中金属板上时，可能形成光电流。表中给出了 6 次实验的结果。

组	次	入射光子的能量 /eV	相对光强	光电流大小/mA	逸出光电子的最大 动能/eV
第一组	1	4.0	弱	29	0.9
	2	4.0	中	43	0.9
	3	4.0	强	60	0.9
第二组	4	6.0	弱	27	2.9
	5	6.0	中	40	2.9
	6	6.0	强	55	2.9

由表中数据得出的论断中不正确的是

- A. 两组实验采用了不同频率的入射光
- B. 两组实验所用的金属板材质不同
- C. 若入射光子的能量为 5.0 eV ，逸出光电子的最大动能为 1.9 eV
- D. 若入射光子的能量为 5.0 eV ，相对光强越强，光电流越大

【答案】B

【解析】

由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 比较两次实验时的逸出功和光电流与光强的关系解题

由题表格中数据可知，两组实验所用的入射光的能量不同，由公式 $E = h\nu$ 可知，两组实验中所用的入射光的频率不同，故 A 正确；

由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可得：第一组实验： $0.9 = 4.0 - W_{01}$ ，第二组实验：
 $2.9 = 6.0 - W_{02}$ ，解得： $W_{01} = W_{02} = 3.1\text{eV}$ ，即两种材料的逸出功相同也即材料相同，故 B
错误；

由爱因斯坦质能方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可得： $E_k = (5.0 - 3.1)\text{eV} = 1.9\text{eV}$ ，故 C 正确；

由题表格中数据可知，入射光能量相同时，相对光越强，光电流越大，故 D 正确。

4.(2019•天津卷•T6)我国核聚变反应研究大科学装置“人造太阳”2018 年获得重大突破，等离子体中心电子温度首次达到 1 亿度，为人类开发利用核聚变能源奠定了重要的技术基础。下列关于聚变的说法正确的是



- A. 核聚变比核裂变更为安全、清洁
- B. 任何两个原子核都可以发生聚变
- C. 两个轻核结合成质量较大的核，总质量较聚变前增加
- D. 两个轻核结合成质量较大的核，核子的比结合能增加

【答案】AD

【解析】核聚变的最终产物时氦气无污染，而核裂变会产生固体核废料，因此核聚变更加清洁和安全，A 正确；发生核聚变需要在高温高压下进行，大核不能发生核聚变，故 B 错误；核聚变反应会放出大量的能量，根据质能关系可知反应会发生质量亏损，故 C 错误；因聚变反应放出能量，因此反应前的比结合能小于反应后的比结合能，故 D 正确。

5.(2019•江苏卷•T13)100 年前，卢瑟福用 α 粒子轰击氮核打出了质子.后来，人们用 α 粒子轰击 ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ 核也打出了质子： ${}^4_2\text{He} + {}^{60}_{28}\text{Ni} \rightarrow {}^{62}_{29}\text{Cu} + {}^1_1\text{H} + \text{X}$ ；该反应中的 X 是_____ (选填“电子”“正电子”或“中子”).此后，对原子核反应的持续研究为核能利用提供了可能.目前人类获得核能

的主要方式是_____ (选填“核衰变”“核裂变”或“核聚变”).

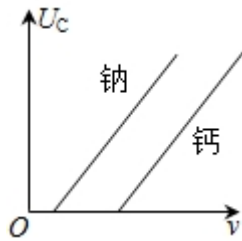
【答案】(1).中子 (2).核裂变

【解析】

由质量数和电荷数守恒得: X 应为: ${}_0^1n$ 即为中子, 由于衰变是自发的, 且周期与外界因素无关, 核聚变目前还无法控制, 所以目前获得核能的主要方式是核裂变;

6.(2019•海南卷•T7)对于钠和钙两种金属, 其遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系如图所示。

用 h 、 e 分别表示普朗克常量和电子电荷量, 则



A. 钠的逸出功小于钙的逸出功

B. 图中直线的斜率为 $\frac{h}{e}$

C. 在得到这两条直线时, 必须保证入射光的光强相同

D. 若这两种金属产生的光电子具有相同的最大初动能, 则照射到钠的光频率较高

【答案】AB

【解析】解: A、根据光电效应方程得: $E_{km} = h\nu - W_0 = h\nu - h\nu_0$, 又 $E_{km} = eU_c$ 解得:

$$U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e} = \frac{h}{e}\nu - \frac{h\nu_0}{e};$$

当遏止电压为 0 时, 对应的频率为金属的极限频率, 结合图可知钠的极限频率小, 则钠的逸出功小。故 A 正确;

B、由 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{h\nu_0}{e}$ 知 U_0 - ν 图线的斜率 $k = \frac{h}{e}$, 故 B 正确;

C、由 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{h\nu_0}{e}$ 知图线的特点与光的强度无关。故 C 错误;

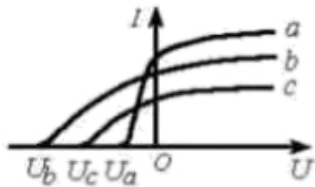
D、钠的逸出功小, 结合 $E_{km} = h\nu - W_0$ 可知, 若这两种金属产生的光电子具有相同的最大

初动能，则照射到钠的光频率较小。故 D 错误

故选：AB。

7.(2019•天津卷•T5)如图为 a、b、c 三种光在同一光电效应装置中测的光电流和电压的关系。

由 a、b、c 组成的复色光通过三棱镜时，下述光路图中正确的是



【答案】C

【解析】由光电效应的方程 $E_k = h\nu - W$ ，动能定理 $eU = E_k$ ，两式联立可得 $U = \frac{h\nu}{e} - \frac{W}{e}$

，故截止电压越大说明光的频率越大，则有三种光的频率 $\nu_b > \nu_c > \nu_a$ ，则可知三种光的折射率的关系为 $n_b > n_c > n_a$ ，因此光穿过三棱镜时 b 光偏折最大，c 光次之，a 光最小，故选 C，ABD 错误。

8.(2019•江苏卷•T14)在“焊接”视网膜的眼科手术中，所用激光的波长 $\lambda = 6.4 \times 10^{-7} \text{m}$ ，每个激光脉冲的能量 $E = 1.5 \times 10^{-2} \text{J}$ 。求每个脉冲中的光子数目。(已知普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ ，光速 $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。计算结果保留一位有效数字)

【答案】光子能量 $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$ ，光子数目 $n = \frac{E}{\varepsilon}$ ，代入数据得 $n = 5 \times 10^{16}$

【解析】

每个光子的能量为 $E_0 = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ ，每个激光脉冲的能量为 E ，所以每个脉冲中的光子个数

为: $N = \frac{E}{E_0}$, 联立且代入数据解得: $N = 5 \times 10^{16}$ 个。

9.(2018·北京卷)在核反应方程 ${}_2^4\text{He} + {}_7^{14}\text{N} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + X$ 中, X 表示的是

A. 质子 B. 中子 C. 电子 D. α 粒子

【答案】A

【解析】设 X 为: ${}_Z^AX$, 根据核反应的质量数守恒: $4 + 14 = 17 + Z$, 则: $Z = 1$

电荷数守恒: $2 + 7 = 8 + A$, 则 $A = 1$, 即 X 为 ${}_1^1\text{H}$ 为质子, 故选项 A 正确, BCD 错误。

点睛: 本题考查了核反应方程式, 要根据电荷数守恒、质量数守恒得出 X 的电荷数和质量数, 从而确定 X 的种类。

10.(2016·上海卷)卢瑟福通过对 α 粒子散射实验结果的分析, 提出了原子内部存在

A. 电子 B. 中子 C. 质子 D. 原子核

【答案】D

【解析】卢瑟福在 α 粒子散射实验中观察到绝大多数 α 粒子穿过金箔后几乎不改变运动方向, 只有极少数的 α 粒子发生了大角度的偏转, 说明在原子的中央存在一个体积很小的带正电的物质, 将其称为原子核。故选项 D 正确。

【考点定位】原子核式结构模型

【方法技巧】本题需要熟悉 α 粒子散射实验和原子核式结构模型。

11.(2016·上海卷·T1)放射性元素 A 经过 2 次 α 衰变和 1 次 β 衰变后生成一新元素 B, 则元素 B 在元素周期表中的位置较元素 A 的位置向前移动了

A. 1 位 B. 2 位 C. 3 位 D. 4 位

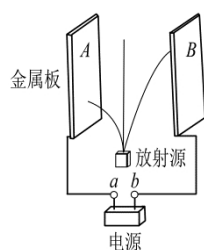
【答案】C

【解析】 α 粒子是 ${}^4_2\text{He}$ ， β 粒子是 ${}^0_{-1}\text{e}$ ，因此发生一次 α 衰变电荷数减少 2，发生一次 β 衰变电荷数增加 1，据题意，电荷数变化为： $-2 \times 2 + 1 = -3$ ，所以新元素在元素周期表中的位置向前移动了 3 位。故选项 C 正确。

【考点定位】 α 衰变和 β 衰变、衰变前后质量数和电荷数守恒

【方法技巧】衰变前后质量数和电荷数守恒，根据发生一次 α 衰变电荷数减少 2，发生一次 β 衰变电荷数增加 1 可以计算出放射性元素电荷数的变化量。

12.(2016·上海卷·T10)研究放射性元素射线性质的实验装置如图所示。两块平行放置的金属板 A、B 分别与电源的两极 a、b 连接，放射源发出的射线从其上方小孔向外射出。则



A.a 为电源正极，到达 A 板的为 α 射线
 β 射线

B.a 为电源正极，到达 A 板的为

C.a 为电源负极，到达 A 板的为 α 射线
为 β 射线

D.a 为电源负极，到达 A 板的

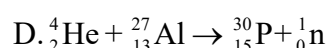
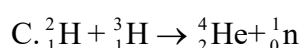
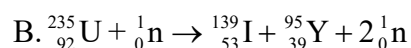
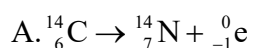
【答案】B

β 射线为高速电子流，质量约为质子质量的 $1/1800$ ，速度接近光速； α 射线为氦核流，速度约为光速的 $1/10$ 。在同一电场中， β 射线偏转的轨迹曲率半径小于 α 射线的曲率半径，由图知，向左偏的为 β 射线，向右偏的为 α 射线，即到达 A 板的为 β 射线；因 α 粒子带正电，向右偏转，说明电场方向水平向右，那么 a 为电源正极，故 B 正确，ACD 错误。

【考点定位】带电粒子在匀强电场中的偏转、 α 射线和 β 射线的本质

【方法技巧】通过类平抛运动计算粒子在竖直方向的位移关系式，根据公式分析该位移与比荷的关系，再结合图示进行比较判断。

13.(2016·江苏卷)贝克勒尔在 120 年前首先发现了天然放射现象，如今原子核的放射性在众多领域中有着广泛应用.下列属于放射性衰变的是_____.



【答案】A

【解析】A 为 β 衰变方程，B 为重核裂变，C 轻核聚变，D 原子核的人工转换，所以 A 正确.

【考点定位】核反应方程

【方法技巧】区分几种常见的核反应方程。

14.(2014·上海卷·T3)不能用卢瑟福原子核式结构模型得出的结论是

A.原子中心有一个很小的原子核

B.原子核是由质子和中子组成的

C.原子质量几乎全部集中在原子核内

D.原子的正电荷全部集中在原子核内

【答案】B

【解析】卢瑟福通过 α 散射实验，发现绝大多数粒子发生了偏转，少数发生了大角度的偏转，极少数反向运动，说明原子几乎全部质量集中在核内；且和 α 粒子具有斥力，所以正电荷集中在核内；因为只有极少数反向运动，说明原子核很小；并不能说明原子核是由质子和中子组成的，B 项正确。

【考点定位】原子核式结构模型

15.(2015·福建卷·T30(1))下列有关原子结构和原子核的认识，其中正确的是_____。

A. γ 射线是高速运动的电子流

B.氢原子辐射光子后，其绕核运动的电子动能增大

C.太阳辐射能量的主要来源是太阳中发生的重核裂变

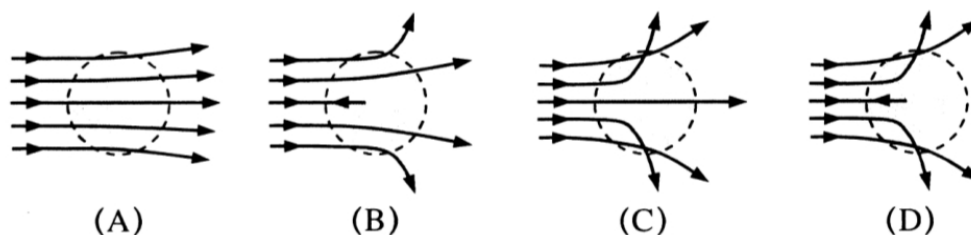
D. ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ 的半衰期是 5 天，100 克 ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ 经过 10 天后还剩下 50 克

【答案】B

【解析】 γ 射线是光子流，所以 A 错误；氢原子辐射光子后，从高轨道跃迁到低轨道，其绕核运动的电子速度增大，动能增大，故 B 正确；太阳辐射能量的主要来源是太阳中发生的轻核聚变，所以 C 错误；半衰期是大量的统计规律，少数原子核不适应，所以 D 错误。

【考点定位】原子结构和原子核

16.(2011·上海卷)卢瑟福利用 α 粒子轰击金箔的实验研究原子结构，正确反映实验结果的示意图是

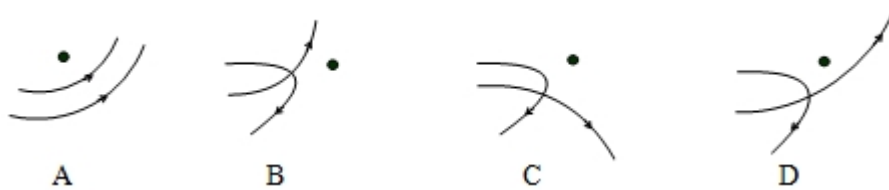


【答案】D

【解析】原子的中心是体积很小的原子核，原子的绝大部分质量和全部正电荷都集中在原子核上，当 α 粒子接近原子核的时候，就会发生大角度散射，甚至被弹回.所以 D 选项正确.

【考点定位】原子的核式结构及其组成

17.(2013·福建卷·T30(1))在卢瑟福 α 粒子散射实验中，金箔中的原子核可以看作静止不动，下列各图画出的是其中两个 α 粒子经历金箔散射过程的径迹，其中正确的是____。(填选图下方的字母)

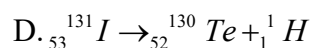
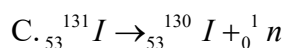
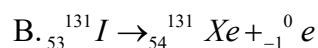
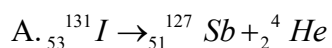


【答案】C

【解析】金箔原子核带正电，与 α 粒子带同种电荷，彼此间相互排斥，又由曲线运动特征可知， α 粒子所受金箔的排斥力应指向曲线的凹侧，故只有选项 C 正确。

【考点定位】本题考查卢瑟福的 α 粒子散射实验现象

18.(2011·北京卷)表示放射性元素碘 $^{131}_{53}\text{I}$ β 衰变的方程是



【答案】B

【解析】 β 衰变是原子核内的中子转化为质子同时放出电子个过程.该衰变是 α 衰变，故 A 错误；该衰变放出的是 β 粒子，属于 β 衰变，故 B 正确；产生是中子，故 C 错误；产生的是质子，故 D 错误。

【考点定位】核反应方程

19.(2014·重庆卷)碘 131 的半衰期约为 8 天，若某药物含有质量为 m 的碘 131，经过 32 天后，该药物中碘 131 的含量大约还有

A. $\frac{m}{4}$

B. $\frac{m}{8}$

C. $\frac{m}{16}$

D. $\frac{m}{32}$

【答案】C

【解析】放射性物质发生衰变时，由原子核的衰变公式 $m_{\text{余}} = m \cdot (\frac{1}{2})^n$ ，其中

$$n = \frac{t}{T} = \frac{32}{8} = 4 \text{ 为半衰期的次数，解得 } m_{\text{余}} = \frac{m}{16}，\text{ 故选 C.}$$

【考点定位】本题考查了原子核的衰变规律、半衰期的计算.

20.(2011·上海卷)在存放放射性元素时，若把放射性元素①置于大量水中；②密封于铅盒中；③与轻核元素结合成化合物.则

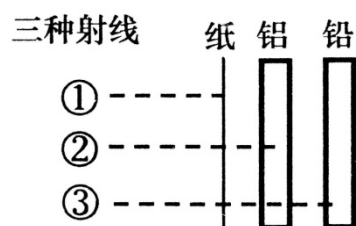
- A.措施①可减缓放射性元素衰变 B.措施②可减缓放射性元素衰变
C.措施③可减缓放射性元素衰变 D.上述措施均无法减缓放射性元素衰变

【答案】D

【解析】改变放射性元素所处的物理状态或化学状态都不会改变元素的原子核，所以，放射性衰变的快慢与题中叙述的几种因素无关，D 正确

【考点定位】天然放射现象

21.(2011·上海卷·T9)天然放射性元素放出的三种射线的穿透能力实验结果如图所示，由此可推知



- A.②来自于原子核外的电子
B.①的电离作用最强，是一种电磁波
C.③的电离作用较强，是一种电磁波
D.③的电离作用最弱，属于原子核内释放的光子

【答案】D

【解析】根据天然放射性元素放出的三种射线的穿透能力实验结果如图判断，应该①是 β 射线，②是 α 射线，③是 x 射线，x 射线的电离作用最弱，属于原子核内释放的光子。所以本题选 D。

【考点定位】天然放射现象

22.(2011·浙江卷)关于天然放射现象，下列说法正确的是

- A. α 射线是由氦原子核衰变产生
- B. β 射线是由原子核外电子电离产生
- C. γ 射线是由原子核外的内层电子跃迁产生
- D. 通过化学反应不能改变物质的放射性

【答案】D

【解析】 α 射线是由 α 衰变产生的核原子核，A 错误； β 衰变现象是原子核内部的中子转化为质子同时失去一个电子，B 错误； γ 射线是由原子核外的外层电子跃迁产生，C 错误；放射线是从原子核中释放出来的，通过化学反应并不能改变物质的放射性，故正确答案为 D。

【考点定位】天然放射现象

23.(2011·重庆卷)核电站核泄漏的污染物中含有碘 131 和铯 137.碘 131 的半衰期约为 8 天，会释放 β 射线；铯 137 是铯 133 的同位素，半衰期约为 30 年，发生衰变期时会辐射 γ 射线.下列说法正确的是

- A. 碘 131 释放的 β 射线由氦核组成
- B. 铯 137 衰变时辐射出的 γ 光子能量小于可见光光子能量
- C. 与铯 137 相比，碘 131 衰变更慢
- D. 铯 133 和铯 137 含有相同的质子数

【答案】D

【解析】 β 射线是高速电子流， α 射线才是由氦核组成，故 A 错误； γ 光子在所有电磁波中频率最高，能量最大，故 B 错误；半衰期越小衰变越快，应该是碘 131 衰变更快，故 C 错误；铯 133 和铯 137 是同位素，质子数相同中子数不同，故 D 正确。

【考点定位】元素半衰期

24.(2012·大纲全国卷) $^{235}_{92}\text{U}$ 经过 m 次 α 衰变和 n 次 β 衰变 $^{207}_{82}\text{Pb}$ ，则

A. $m=7, n=3$ B. $m=7, n=4$ C. $m=14, n=9$ D. $m=14, n=18$

【答案】B

【解析】原子核每发生一次 α 衰变，质量数减少 4，电荷数减少 2；每发生一次 β 衰变，质量数不变，电荷数增加 1。比较两种原子核，质量数减少 28，即发生了 α 衰变次数： $m=\frac{28}{4}=7$ ；电荷数应减少 14，而电荷数减少 10，说明发生了 β 衰变次数： $n=m\times 2-(92-82)=4$ ，所以 B 项正确。

【考点定位】本题考查原子核衰变次数的计算

25.(2012·上海物理)与原子核内部变化有关的现象是()

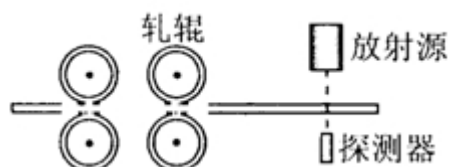
A.电离现象 B.光电效应现象 C.天然放射现象 D. α 粒子散射现象

【答案】C

【解析】电离现象是电子脱离原子核的束缚，不涉及原子核内部变化，故 A 错误；光电效应是原子核外层电子脱离原子核的束缚而逸出，没有涉及到原子核的变化，故 B 错误；天然放射现象是原子核内部自发的放射出 α 粒子或电子的现象，反应的过程中核内核子数，质子数，中子数发生变化，涉及到原子核内部的变化，故 C 正确； α 粒子散射实验表明了原子内部有一个很小的核，并没有涉及到核内部的变化，故 D 错误；故选 C。

【考点定位】本题考查一些物理现象的产生原因及其相关知识

26.(2012·上海卷·T5)在轧制钢板时需要动态地监测钢板厚度,其检测装置由放射源、探测器等构成,如图所示。该装置中探测器接收到的是 ()



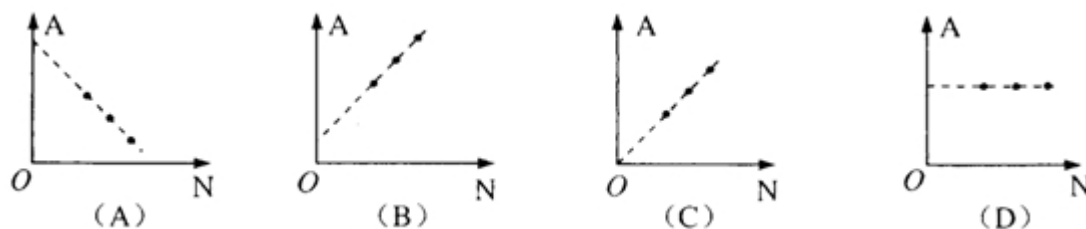
- A.x 射线 B. α 射线 C. β 射线 D. γ 射线

【答案】D

解析: 首先,放射源放出的是 α 射线、 β 射线、 γ 射线,无 x 射线, A 不对, 另外 α 射线穿透本领最弱,一张纸就能挡住,而 β 射线穿透本领较强能穿透几毫米厚的铝板, γ 射线穿透本领最强可以穿透几厘米厚的铅板,而要穿过轧制钢板只能是 γ 射线,因此 D 正确

【考点定位】本题考查放射线的穿透能力及其相关知识

27.(2012·上海卷·T9)某种元素具有多种同位素,反映这些同位素的质量数 A 与中子数 N 关系的是图()



【答案】B

【解析】某种元素中质子数与中子数基本相当,质量数等于质子数与中子数之和,因此当中子数 N 增多时,质量数 A 也会增大,因此 A、D 两个选项不对,只能从 B、C 两个选项中选,又因为氢原子中只有一个质子,无中子,也就是中子数 N 为零时,质量数 A 不为零,因此只有 B 正确。

【考点定位】本题考查同位素的质量数 A 与中子数 N 的关系及其相关知识

28.(2012·重庆卷)以下是物理学史上 3 个著名的核反应方程

$$x + {}^7_3\text{Li} \rightarrow 2y, \quad y + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow x + {}^{17}_8\text{O}, \quad y + {}^9_4\text{Be} \rightarrow z + {}^{12}_6\text{C}.$$

x、y 和 z 是 3 种不同的粒子，其中 z 是

- A. α 粒子 B. 质子 C. 中子 D. 电子

【答案】C

【解析】将上述三个方程相加，整理后得 ${}_3^7\text{Li} + {}_7^{14}\text{N} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_6^{12}\text{C} + z$ ，根据电荷数守恒和质量数守恒，z 的质量数为 1，电荷数为 0，为中子，C 正确。A、B、D 错误。

【考点定位】本题考查核反应方程及其相关知识

29.(2015·上海卷·T7)在 α 粒子散射实验中，电子对 α 粒子运动的影响可以忽略，这是因为与 α 粒子相比，电子

- A. 电量太小 B. 速度太小 C. 体积太小 D. 质量太小

【答案】D

【解析】在 α 粒子散射实验中，由于电子的质量太小，电子的质量只有 α 粒子的 $\frac{1}{7300}$ ，它对 α 粒子速度的大小和方向的影响就像灰尘对枪弹的影响，完全可以忽略。故 D 正确，A、B、C 错误。

【考点定位】 α 粒子散射实验

30.(2015·上海卷·T6) ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 经过一系列 α 衰变和 β 衰变后变成 ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ ，则 ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ 比 ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 少

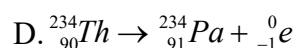
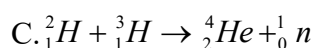
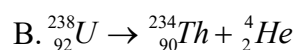
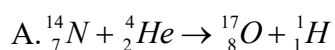
- A. 16 个中子，8 个质子 B. 8 个中子，16 个质子
C. 24 个中子，8 个质子 D. 8 个中子，24 个质子

【答案】A

【解析】 ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ 比 ${}^{232}_{90}\text{Pb}$ 质子数少 $(90-82)=8$ 个，核子数少 $(232-208)=24$ 个，所以中子数少 $(24-8)=16$ 个，故 A 正确；B、C、D 错误。

【考点定位】核反应方程

31.(2015·北京卷·14)下列核反应方程中，属于 α 衰变的是



【答案】B

【解析】A 选项是人工核转变，用人工方法 ${}^4_2\text{He}$ 核轰击 ${}^{14}_7\text{N}$ 产生质子；选项 A 错误。B、衰变是原子核自发放射 α 粒子的核反应，选项 B 正确；C、两个轻核结合成中核的反应为轻核聚变反应，选项 C 错误；D 为 β 衰变。故选 B。

【考点定位】四类核反应方程的特点。

32.(2017·新课标 II 卷)一静止的铀核放出一个 α 粒子衰变成钍核，衰变方程为



A. 衰变后钍核的动能等于 α 粒子的动能

B. 衰变后钍核的动量大小等于 α 粒子的动量大小

C. 铀核的半衰期等于其放出一个 α 粒子所经历的时间

D. 衰变后 α 粒子与钍核的质量之和等于衰变前铀核的质量

【答案】B

【解析】根据动量守恒定律可知，生成的钍核的动量与 α 粒子的动量等大反向，选项 B 正确；根据 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 可知，衰变后钍核的动能小于 α 粒子的动能，选项 A 错误；铀核的半衰期等于一半数量的铀核衰变需要的时间，而放出一个 α 粒子所经历的时间是一个原子核衰变的时间，故两者不等，选项 C 错误；由于该反应

放出能量，由质能方程可知，衰变后 α 粒子与钍核的质量之和小于衰变前铀核的质量，选项 D 错误；故选 B。

【考点定位】半衰期；动量守恒定律；质能方程

【名师点睛】此题考查了原子核的反冲问题以及对半衰期的理解，对于有能量放出的核反应，质量数守恒，但是质量不守恒；知道动量和动能的关系 $E_k = \frac{p^2}{2m}$ 。

33.(2014·新课标全国卷 I)关于天然放射性，下列说法正确的是_____，

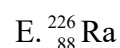
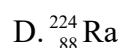
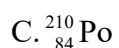
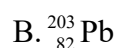
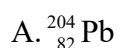
- A.所有元素都可能发生衰变
- B.放射性元素的半衰期与外界的温度无关
- C.放射性元素与别的元素形成化合物时仍具有放射性
- D. α 、 β 和 γ 三种射线中， γ 射线的穿透能力最强
- E.一个原子核在一次衰变中可同量放出 α 、 β 和 γ 三种射线

【答案】BCD

【解析】并不是所有的元素都能衰变，只有原子序数超过 83 的元素才都能发生衰变，选项 A 错。放射性元素的半衰期由原子核内部的结构决定，与外界温度无关，选项 B 对。放射性元素其放射性来自于原子核内部的，与其他元素形成化合物并没有改变其内部原子核结构所以仍具有放射性，选项 C 对。 α 、 β 和 γ 三种射线中， γ 射线能量最高，穿透能力最强，选项 D 对。一个原子核在一次衰变中，要么是 α 衰变要么是 β 衰变，同时伴随着能量的释放即 γ 射线，选项 E 错。

【考点定位】原子核结构 衰变

34.(2013·海南卷·T17(1))原子核 ${}^{232}_{90}\text{Th}$ 具有天然放射性，它经过若干次 α 衰变和 β 衰变后会变成新的原子核。下列原子核中，有三种是 ${}^{232}_{90}\text{Th}$ 衰变过程中可以产生的，它们是



【答案】ACD

发生 α 衰变是放出 ^4_2He ，发生 β 衰变是放出电子 $^0_{-1}\text{e}$ ，根据质量数和电荷数守恒，每发生一次 α 衰变质量数减少 4，电荷数减少 2，每发生一次 β 衰变质量数不变化，电荷数增加 1，由质量数的变化可确定 α 衰变的次数(必须是整数)，进而可知 β 衰变的次数。逐一判断可知 ACD 符合要求。

【考点定位】核反应方程

35.(2015·山东卷·T39(1)) ^{14}C 发生放射性衰变为 ^{14}N ，半衰期约为 5700 年。已知植物存活其间，其体内 ^{14}C 与 ^{12}C 的比例不变；生命活动结束后， ^{14}C 的比例持续减少。现通过测量得知，某古木样品中 ^{14}C 的比例正好是现代植物所制样品的二分之一。下列说法正确的是

- a. 该古木的年代距今约为 5700 年
- b. ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 具有相同的中子数
- c. ^{14}C 衰变为 ^{14}N 的过程中放出 β 射线
- d. 增加样品测量环境的压强将加速 ^{14}C 的衰变

【答案】ac

【解析】因古木样品中 ^{14}C 的比例正好是现代植物所制样品的二分之一，则可知经过的时间为一个半衰期，即该古木的年代距今约为 5700 年，选项 a 正确； ^{12}C 、 ^{13}C 、 ^{14}C 具有相同的质子数，由于质量数不同，故中子数不同，选项 b 错误；根据核反应方程可知， ^{14}C 衰变为 ^{14}N 的过程中放出电子，即发出 β 射线，选项 c 正确；外界环境不影响放射性元素的半衰期，选项 d 错误；故选 ac。

【考点定位】半衰期；核反应方程。

36.(2018·天津卷·T5)氢原子光谱在可见光区域内有四条谱线 H_{α} 、 H_{β} 、 H_{γ} 、 H_{δ} ，都是氢原子中电子从量子数 $n>2$ 的能级跃迁到 $n=2$ 的能级发出的光，它们在真空中的波长由长到短，可以判定

- A. H_{α} 对应的前后能级之差最小
- B. 同一介质对 H_{α} 的折射率最大
- C. 同一介质中 H_{δ} 的传播速度最大
- D. 用 H_{γ} 照射某一金属能发生光电效应，则 H_{β} 也一定能

【答案】A

【解析】试题分析：根据 $h\nu = E_m - E_n$ 分析前后能级差的大小；根据折射率与频率的关系分析折射率的大小；根据 $v = \frac{c}{n}$ 判断传播速度的大小；根据发生光电效应现象的条件是入射光的频率大于该光的极限频率判断是否会发生光电效应。

波长越大，频率越小，故 H_{α} 的频率最小，根据 $E = h\nu$ 可知 H_{α} 对应的能量最小，根据 $h\nu = E_m - E_n$ 可知 H_{α} 对应的前后能级之差最小，A 正确； H_{α} 的频率最小，同一介质对应的折射率最小，根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知 H_{α} 的传播速度最大，BC 错误 H_{γ} 的波长小于 H_{β} 的波长，故 H_{γ} 的频率大于 H_{β} 的频率，若用 H_{γ} 照射某一金属能发生光电效应，则 H_{β} 不一定能，D 错误。

波长越大，频率越小，故 H_{α} 的频率最小，根据 $E = h\nu$ 可知 H_{α} 对应的能量最小，根据 $h\nu = E_m - E_n$ 可知 H_{α} 对应的前后能级之差最小，A 正确 H_{α} 的频率最小，同一介质对应的折射率最小，根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知 H_{α} 的传播速度最大，BC 错误 H_{γ} 的波长小于 H_{β} 的波长，故 H_{γ} 的频率大于 H_{β} 的频率，若用 H_{γ} 照射某一金属能发生光电效应，则 H_{β} 不一定能，D 错误。

【点睛】光的波长越大，频率越小，同一介质对其的折射率越小，光子的能量越小。

37.(2016·北京卷)处于 $n=3$ 能级的大量氢原子，向低能级跃迁时，辐射光的频率有

- A.1 种
- B.2 种
- C.3 种
- D.4 种

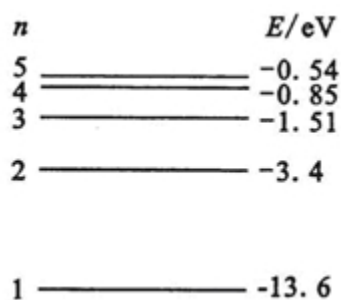
【答案】C

【解析】因为是大量处于 $n=3$ 能级的氢原子，所以根据 C_n^2 可得辐射光的频率可能有 3 种，故 C 正确。

【考点定位】考查了氢原子跃迁

【方法技巧】解决本题的关键知道能级间跃迁辐射或吸收光子的能量等于两能级间的能级差，知道数学组合公式 C_n^2 的应用，另外需要注意题中给的是“大量”氢原子还是一个氢原子。

38.(2012·四川卷)如图为氢原子能级示意图的一部分，则氢原子



- A.从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级比从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级辐射出电磁波的波长长
- B.从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级比从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=4$ 能级辐射出电磁波的速度大
- C.处于不同能级时，核外电子在各处出现的概率是一样的
- D.从高能级向低能级跃迁时，氢原子核一定向外放出能量

【答案】A

【解析】由 $h\nu = E_m - E_n$ 和 $E_4 - E_3 < E_3 - E_2$ ，可知 $\nu_{43} < \nu_{32}$ ，再根据 $c = \lambda\nu$ ，所以 $\lambda_{43} > \lambda_{32}$ ，A 正确。所有电磁波的速度都相同，B 错误。处于不同能级时，核外电子在各处出现的概率不一样，出现不同形状的电子云，C 错误。从高能级向低能级跃迁时，氢原子向外放出能量，D 错误。

【考点定位】 本题考查玻尔理论及其相关知识

39.(2012·天津卷·T1)下列说法正确的是

- A.采用物理或化学方法可以有效地改变放射性元素的半衰期
- B.由玻尔理论知道氢原子从激发态跃迁到基态时会放出光子
- C.从高空对地面进行遥感摄影是利用紫外线良好的穿透能力
- D.原子核所含核子单独存在时的总质量小于该原子核的质量

【答案】 B

【解析】 半衰期是原子的物理属性，不能采用物理或化学方法改变；高空遥感是用红外线的；由于核子结合为原子核时能量增加必然存在质量亏损；氢原子从高能级的激发态跃迁到低能量的基态时放出能量，所以放出光子。答案 B。

【考点定位】 本题考查半衰期、玻尔理论等相关知识

40.(2011·四川卷)氢原子从能级 m 跃迁到能级 n 时辐射红光的频率为 ν_1 ，从能级 n 跃迁到能级 k 时吸收紫光的频率为 ν_2 ，已知普朗克常量为 h ，若氢原子从能级 k 跃迁到能级 m ，则

- A.吸收光子的能量为 $h\nu_1 + h\nu_2$
- B.辐射光子的能量为 $h\nu_1 + h\nu_2$
- C.吸收光子的能量为 $h\nu_1 + h\nu_2$
- D.辐射光子的能量为 $h\nu_1 + h\nu_2$

【答案】 D

氢原子从能级 m 跃迁到能级 n 时辐射红光， $E_m - E_n = h\nu_1$ ，从能级 n 跃迁到能级 k 时吸收紫光 $E_k - E_n = h\nu_2$ ，则从能级 k 跃迁到能级 m 有 $E_k - E_m = (E_k - E_n) - (E_m - E_n) = h\nu_2 - h\nu_1$ ，因红光的能量小于紫光的能量，故能量降低辐射光子；故 A 正确，BCD 错误；

【考点定位】氢原子跃迁

41.(2012·北京卷)一个氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级, 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】一个氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级, 即从高能级向低能级跃迁, 释放光子, 能量减少, 故选项 B 正确。

【考点定位】本题考查了原子的能级

42.(2011·全国卷)已知氢原子的基态能量为 E_1 , 激发态能量 $E_n = \frac{E_1}{n^2}$, 其中 $n=2, 3, 4, \dots$, 用 h 表示普朗克常量, c 表示真空中的光速, 能使氢原子从第一激发态电离的光子的最大波长为

- A. $-\frac{4hc}{3E_1}$ B. $-\frac{2hc}{E_1}$ C. $-\frac{4hc}{E_1}$ D. $-\frac{9hc}{E_1}$

【答案】C

【解析】第一激发态即第二能级, 是能量最低的激发态, 则有: $E_2 = \frac{E_1}{4}$; 电离是氢原子从第一激发态跃迁到最高能级 0 的过程, 需要吸收的光子能量最小为:

$0 - E_2 = -\frac{E_1}{4}$, 所以有: $-\frac{E_1}{4} = h\frac{c}{\lambda}$, 解的: $\lambda = -\frac{4hc}{E_1}$, 故 C 正确.

【考点定位】氢原子跃迁

43.(2014·山东卷)氢原子能级如图, 当氢原子从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 的能级时, 辐射光的波长为 656nm。以下判断正确的是

n	E/eV
∞	0
4	-0.85
3	-1.51
2	-3.4
1	-13.6

- a. 氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=1$ 的能级时，辐射光的波长大于 656nm
- b. 用波长为 325nm 的光照射，可使氢原子从 $n=1$ 跃迁到 $n=2$ 能级
- c. 一群处于 $n=3$ 能级上的氢原子向低能级跃迁时最多产生 3 种谱线
- d. 用波长为 633nm 的光照射，不能使氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=3$ 的能级

【答案】cd

【解析】由于 $n=3$ 与 $n=2$ 间的能量差为 $-1.51 - (-3.4) = 1.89\text{eV}$ ，而 $n=1$ 与 $n=2$ 间的能量差为 $-3.4 - (-13.6) = 10.2\text{eV}$ ，根据 $\Delta E = h\gamma = h\frac{c}{\lambda}$ 可知，氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=1$ 的能级时辐射的波长 $\lambda = 121.6\text{nm}$ 小于 656nm ，a 错误；同样从 $n=1$ 跃迁到 $n=2$ 能级需要的光子的波长也恰好为 121.6nm ，b 错误；一群处于 $n=3$ 能级的氢原子向低能级跃迁时可能会出现 3 种可能，因此会放出 3 种不同频率的光子，c 正确；电子发生跃迁时，吸收或放出的能量一定等于这两个能级间的能量差，为一特定值，大于或小于这个特定的值都不能使之发生跃迁。因此 d 正确。

【考点定位】能级跃迁

44.(2018·全国 II 卷)用波长为 300nm 的光照射锌板，电子逸出锌板表面的最大初动能为 $1.28 \times 10^{-19}\text{J}$ 。已知普朗克常量为 $6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ ，真空中的光速为 $3.00 \times 10^8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，能使锌产生光电效应的单色光的最低频率约为

- A. $1 \times 10^{14}\text{Hz}$
- B. $8 \times 10^{14}\text{Hz}$
- C. $2 \times 10^{15}\text{Hz}$
- D. $8 \times 10^{15}\text{Hz}$

【答案】B

【解析】试题分析：知道光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ ；知道逸出功 $W_0 = h\nu_0$ 并结合两个公式求解。

由光电效应方程式得： $E_k = h\nu - W_0$ 得： $W_0 = h\nu - E_k = h\frac{c}{\lambda} - E_k$

刚好发生光电效应的临界频率为 ν_0 ，则 $W_0 = h\nu_0$

代入数据可得： $\nu_0 = 8 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，故 B 正确；

故选 B

点睛：本题比较简单，知道光电效应方程并利用方程求解即可。

45.(2011·上海卷)用一束紫外线照射某金属时不能产生光电效应，可能使该金属产生光电效应的措施是

- A.改用频率更小的紫外线照射
- B.改用X射线照射
- C.改用强度更大的原紫外线照射
- D.延长原紫外线的照射时间

【答案】B

【解析】每一种金属对应一个极限频率，低于极限频率的光，无论照射时间有多长，光的强度有多大，都不能使金属产生光电效应，只要照射光的频率大于或者等于极限频率，就能产生光电效应，因为 X 射线的频率高于紫外线的频率，所以改用 X 射线照射能发生光电效应，B 正确。

【考点定位】光电效应

46.(2014·江苏卷·T12C(1))已知钙和钾的截止频率分别为 $7.73 \times 10^{14} \text{Hz}$ 和 $5.44 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，在某种单色光的照射下两种金属均发生光电效应，比较它们表面逸出的具有最大初动能的光电子，钙逸出的光电子具有较大的

- A.波长
- B.频率
- C.能量
- D.动量

【答案】A

【解析】(1)根据光电效应方程 $E_k = h\nu - h\nu_0$ ；因为钙的截止频率较大，所以光电子的最大初动能较小，动量也较小，CD 项错误；根据德布罗意波长 $\lambda = \frac{h}{p}$ 可知从钙中逸出的光电子具有较大波长，A 项错误 波长大的，频率小，B 项错误。

【考点定位】本题主要考查了对爱因斯坦光电效应方程、德布罗意波长公式的理解与应用问题，属于中档偏低题。

47.(2013·上海卷)当用一束紫外线照射锌板时，产生了光电效应，这时

- A.锌板带负电
- B.有正离子从锌板逸出
- C.有电子从锌板逸出
- D.锌板会吸附空气中的正离子

【答案】C

【解析】光电效应发生的过程是锌板原子核外层电子在吸收光子后摆脱原子核的束缚逃离锌板，导致锌板带正电，选项 AB 错误，C 正确；锌板失去电子后带正电，因同种电荷排斥，所以锌板不会吸引空气中的正离子，D 错误。

【考点定位】光电效应的发生。

48.(2013·天津卷)下列说法正确的是

- A.原子核发生衰变时要遵守电荷守恒和质量守恒的规律
- B. α 射线、 β 射线、 γ 射线都是高速运动的带电粒子流
- C.氢原子从激发态向基态跃迁只能辐射特定频率的光子
- D.发生光电效应时光电子的动能只与入射光的强度有关

【答案】C

【解析】A、原子核发生衰变时，电荷守恒，但会有质量亏损，遵循的是爱因斯坦的质能方程而非质量守恒规律；故 A 错误.B、 α 射线和 β 射线分别是带正电的氦核流和带负电的电子流，而 γ 射线不带电；故 B 错误.C、根据玻尔氢原子模型的相关理论，电子轨道和能量都是量子化的，而在跃迁”过程中要遵循 $h\nu = E_m - E_n$

，故只能辐射特定频率的光子.故 C 正确. D、由光电效应的方程 $E_k=h\nu-W_0$ 可知，光电子的动能由入射光频率决定.故 D 错误.故选 C

【考点定位】原子核衰变、玻尔理论、光电效应。

49.(2012·上海卷)在光电效应实验中，用单色光照时某种金属表面，有光电子逸出，则光电子的最大初动能取决于入射光的()

- A.频率 B.强度 C.照射时间 D.光子数目

【答案】A

【解析】发生光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率，由公式

$h\nu - W = \frac{1}{2}mv^2$ 知， W 为逸出功不变，所以光电子的最大初动能取决于入射光的频率，A 正确。

【考点定位】本题考查光电效应及其相关知识

50.(2012·上海卷·T4)根据爱因斯坦的“光子说”可知

- A.“光子说”本质就是牛顿的“微粒说”
B.光的波长越大，光子的能量越小
C.一束单色光的能量可以连续变化
D.只有光子数很多时，光才具有粒子性

【答案】B

【解析】爱因斯坦的“光子说”认为光是一份一份的不连续的它并不否定光的波动性，而牛顿的“微粒说”而波动说是对立的，因此 A 不对

在爱因斯坦的“光子说”中光子的能量： $E = h\nu = h\frac{C}{\lambda}$ 可知波长越长，光子的能量越小，因此 C 正确。

某一单色光，波长恒定，光子的能量也是恒定的，因此 C 不对

大量光子表现为波动性，而少数光子才表现为粒子性，因此 D 不对。

【考点定位】 本题考查爱因斯坦的光子学说及其相关知识

51.(2014·上海卷)在光电效应的实验结果中,与光的波动理论不矛盾的是

- A.光电效应是瞬时发生的
- B.所有金属都存在极限频率
- C.光电流随着入射光增强而变大
- D.入射光频率越大,光电子最大初动能越大

【答案】 C

【解析】按照光的波动理论,电子通过波动吸收能量,若波的能量不足以使得电子逸出,那么就需要多吸收一些,需要一个能量累积的过程,而不是瞬时的,选项 A 对波动理论矛盾。根据波动理论,能量大小与波动的振幅有关,而与频率无关,即使光的能量不够大,只要金属表面的电子持续吸收经过一个能量累积过程,都可以发生光电效应,与选项 B 矛盾;光电子逸出后的最大初动能与入射光的能量有关,即与入射光的波动振幅有关,与频率无关,所以波动理论与选项 D 矛盾。对于光电流大小,根据波动理论,入射光增强,能量增大,所以光电流增大,选项 C 与波动理论并不矛盾,选项 C 正确。

【考点定位】 光电效应与波动性

52.(2016·天津卷·T2)如图是 a、b 两光分别经过同一双缝干涉装置后在屏上形成的干涉图样,则



a光的干涉图样



b光的干涉图样

- A.在同种均匀介质中, a 光的传播速度比 b 光的大
- B.从同种介质射入真空发生全反射时 a 光临界角大
- C.照射在同一金属板上发生光电效应时, a 光的饱和电流大
- D.若两光均由氢原子能级跃迁产生,产生 a 光的能级能量差大

【答案】

【解析】A、由图可知 a 光的干涉条纹间距小于 b 光，根据 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ 可知，a 的波长小于 b 光，则 a 光的频率大于 b 光，a 的折射率大于 b 光，根据 $n = c/v$ 可知，在同种介质中传播时 a 光的传播速度比 b 光的小，故 A 错误；

B、根据 $\sin C = 1/n$ 可知，同种介质射入真空发生全反射时 a 光临界角小，故 B 错误；

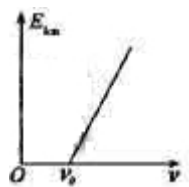
C、光电效应时饱和电流与入射光的强度有关，所以无法判断饱和电流的大小，故 C 错误；

D、因 a 光的频率大，故若两光均由氢原子能级跃迁产生，则产生 a 光的能级差大，故 D 正确。

【考点定位】双缝干涉、全反射、光电效应、玻尔理论

【名师点睛】此题考查了双缝干涉、全反射、光电效应以及玻尔理论等知识点；要知道双缝干涉中条纹间距的表达式 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ ，能从给定的图片中得到条纹间距的关系；要知道光的频率越大，折射率越大，全反射临界角越小，波长越小，在介质中传播的速度越小。

53.(2011·福建卷)爱因斯坦因提出光量子概念并成功地解释光电效应的规律而获得 1921 年诺贝尔物理学奖。某种金属逸出光电子的最大初动能 E_{km} 与入射光频率 ν 的关系如图所示，其中 ν_0 为极限频率。从图中可以确定的是



A.逸出功与 ν 有关

B. E_{km} 与入射光强度成正比

C.当 $\nu = \nu_0$ 时会逸出光电子

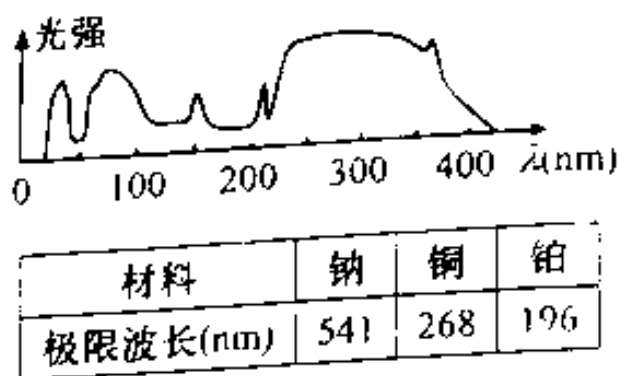
D.图中直线斜率与普朗克常量有关

【答案】D

【解析】逸出功与 ν_0 有关，选项 A 错误； E_{km} 与入射光频率有关，与入射光强度无关，选项 B 错误；当 $\nu=\nu_0$ 时入射光光子能量等于逸出功，不会逸出光电子，选项 C 错误；由爱因斯坦光电效应方程可知，图中直线斜率与普朗克常量有关，选项 D 正确。

【考点定位】光电效应

54.(2015·上海卷·T11)某光源发出的光由不同波长的光组成，不同波长的光的强度如图所示，表中给出了一些材料的极限波长，用该光源发出的光照射表中材料



- A. 仅钠能产生光电子 B. 仅钠、铜能产生光电子
C. 仅铜、铂能产生光电子 D. 都能产生光电子

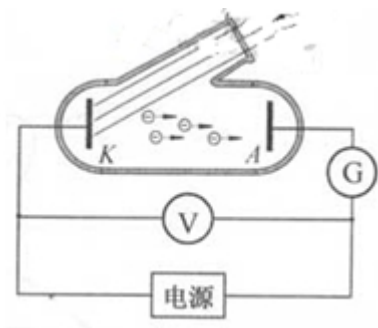
【答案】D

【解析】根据爱因斯坦光电效应方程可知，只有光源的波长小于某金属的极限波长，就有光电子逸出，该光源发出的光的波长有小于 100nm，小于钠、铜、铂三个的极限波长，都能产生光电子，故 D 正确，A、B、C 错误。

【考点定位】光电效应

55.(2013·北京卷·T20)以往我们认识的光电效应是单光子光电效应，即一个电子极短时间内能吸收到一个光子而从金属表面逸出。强激光的出现丰富了人们对于光电效应的认识，用强激光照射金属，由于其光子密度极大，一个电子在极短时间内吸收多个光子成为可能，从而形成多光子电效应，这已被实验证实。光电效应实验装置示意如图。用频率为 ν 的普通光源照射阴极 k，没有发生光电效应，换同样频率为 ν 的强激光照射阴极 k，则发生了光电效应；此时，若加上反向电压

U, 即将阴极 k 接电源正极, 阳极 A 接电源负极, 在 k、A 之间就形成了使光电子减速的电场, 逐渐增大 U, 光电流会逐渐减小; 当光电流恰好减小到零时, 所加反向电压 U 可能是下列的(其中 W 为逸出功, h 为普朗克常量, e 为电子电量)



A. $U = \frac{h\nu}{e} - \frac{W}{e}$

B. $U = \frac{2h\nu}{e} - \frac{W}{e}$

C. $U = 2h\nu - W$

D. $U = \frac{5h\nu}{2e} - \frac{W}{e}$

【答案】B

【解析】由题意可知, 用强激光照射发生光电效应时有 $E_k = nh\nu - W$ ($n=2, 3, 4, 5, 6, \dots$), 在 kA 之间逐渐增大 U, 当光电流恰好减小到零时, 由动能定理可得 $-eU = 0 - E_k$, 联立可得 $U = \frac{nh\nu}{e} - \frac{W}{e}$ ($n=2, 3, 4, 5, 6, \dots$), 对比各选项可知选 B。

【考点定位】光电效应

56.(2011·广东卷)光电效应实验中, 下列表述正确的是

A. 光照时间越长光电流越大

B. 入射光足够强就可以有光电流

C. 遏止电压与入射光的频率有关

D. 入射光频率大于极限频率才能产生光电子

【答案】CD

【解析】光电流的大小与光照时间无光, 与光的强度有关. 故 A 错误; 发生光电效应的条件是入射光频率大于极限频率, 入射光强, 不一定能发生光电效应. 故 B 错误; 根据光电效应方程 $E_{km} = eU_c = h\nu - W_0$, 知遏止电压与入射光的频率有关. 故 C 正确; 发生光电效应的条件是入射光频率大于极限频率. 故 D 正确.

【考点定位】光电效应

57.(2015·全国新课标Ⅱ卷·T35(1))实物粒子和光都具有波粒二象性，下列事实中突出体现波动性的是

- A.电子束通过双缝实验后可以形成干涉图样
- B. β 射线在云室中穿过会留下清晰的径迹
- C.人们利用慢中子衍射来研究晶体的结构
- D.人们利用电子显微镜观测物质的微观结构
- E.光电效应实验中，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关

【答案】ACD

【解析】电子束通过双缝实验后可以形成干涉图样，可以说明电子是一种波，故 A 正确；

β 射线在云室中穿过会留下清晰的径迹，可以说明 β 射线是一种粒子，故 B 错误；

人们利用慢中子衍射来研究晶体的结构，中子衍射说明中子是一种波，故 C 正确；

人们利用电子显微镜观测物质的微观结构，利用了电子的干涉现象，说明电子是一种波，故 D 正确；

光电效应实验中，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关，说明光是一种粒子，故 E 错误。

【考点定位】波粒二象性；光电效应

58.(2015·江苏卷·T12C(1))波粒二象性是微观世界的基本特征，以下说法正确的有

- A.光电效应现象揭示了光的粒子性
- B.热中子束射到晶体上产生衍射图样说明中子具有波动性

C.黑体辐射的实验规律可用光的波动性解释

D.动能相等的质子和电子，它们的德布罗意波也相等

【答案】AB

【解析】光电效应说明光的粒子性，所以A正确；热中子在晶体上产生衍射图样，即运动的实物粒子具有波的特性，即说明中子具有波动性，所以B正确；黑体辐射的实验规律说明电磁辐射具有量子化，即黑体辐射是不连续的、一份一份的，所以黑体辐射用光的粒子性解释，即C错误；根据的德布罗意波长公式 $\lambda = \frac{h}{p}$ ， $p^2 = 2mE_k$ ，又质子的质量大于电子的质量，所以动能相等的质子和电子，质子的德布罗意波较短，所以D错误。

【考点定位】光的效应、黑体辐射、物质波

59.(2014·海南卷)在光电效应实验中，用同一种单色光，先后照射锌和银的表面，都能产生光电效应。对于这两个过程。下列四个物理量中，一定不同的是

A.遏制电压 B.饱和光电流 C.光电子的最大初动能 D.逸出功

【答案】ACD

【解析】不同的金属具有不同的逸出功，遏制电压为 $U = \frac{h\nu - W_0}{e}$ ，光电子的最大初动能为 $E_k = h\nu - W_0$ ，饱和光电流由单位时间内的入射光子数决定，综上所述可知 ACD 正确。

【考点定位】光电效应

60.(2014·广东卷)在光电效应实验中，用频率为 ν 的光照射光电管阴极，发生了光电效应，下列说法正确的是

A.增大入射光强度，光电流增大

B.减小入射光的强度，光电效应现象消失

C.改用频率小于 ν 的光照射，一定不发生光电效应

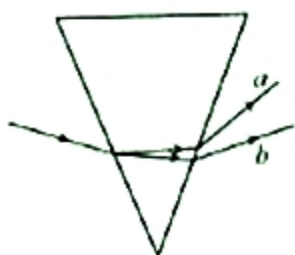
D.改用频率大于 ν 的光照射，光电子的最大初动能变大

【答案】AD

【解析】已知用频率为 ν 的光照射光电管阴极，发生光电效应，可知光电管阴极金属材料的极限频率肯定小于 ν ，改用频率较小的光照射时，仍有可能发生光电效应，选项 C 错误；根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 可知，增加照射光频率，光电子最大初动能也增大，故选项 D 正确；增大入射光强度，单位时间内照射到单位面积的光电子数增加，则光电流将增大，故选项 A 正确；光电效应是否产生于照射光频率有关而与照射光强度无关，故选项 B 错误。

【考点定位】本题考查光电效应

61.(2014·天津卷·T8)一束由两种频率不同的单色光组成的复色光从空气射入玻璃三棱镜后，出射光分成 a、b 两束，如图所示，则 a、b 两束光



A.垂直穿过同一块平板玻璃，a 光所用的时间比 b 光长

B.从同种介质射入真空发生全反射时，a 光临界角比 b 光的小

C.分别通过同一双缝干涉装置，b 光形成的相邻条纹间距小

D.若照射同一金属都能发生光电效应，b 光照射时逸出的光电子最大初动能大

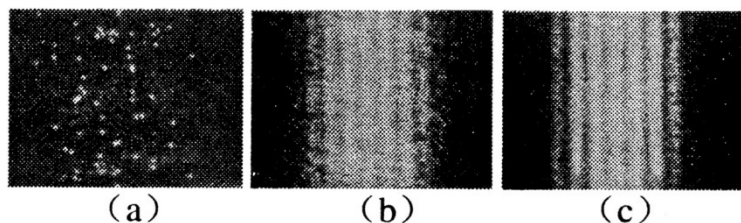
【答案】AB

【解析】由题图可知，在玻璃中，a 光折射率大于 b 光，所以玻璃中的光速 a 小于 b，A 正确。由全反射可知，同种介质中 a 的折射率大于 b，则临界角 a 小于 b，B 正确。a 光波长小于 b 光，则双缝干涉中，a 光的相邻亮条纹间距小，C 错

。 a 光频率大于 b 光，因此 a 光的光子能量大，在光电效应中，逸出电子的最大初动能更大，D 错。

【考点定位】光的折射规律、双缝干涉、光电效应

62.(2011·上海卷)用极微弱的可见光做双缝干涉实验，随着时间的增加，在屏上先后出现如图(a)、(b)、(c)所示的图像，则



- A. 图像(a)表明光具有粒子性
- B. 图像(c)表明光具有波动性
- C. 用紫外光观察不到类似的图像
- D. 实验表明光是一种概率波

【答案】ABD

【解析】少数光子的行为表现为光的粒子性，A 正确；大量光子的行为表现为光的波动性，B 正确；出现亮条纹的地方是光子达到概率大的地方，出现暗条纹的地方是光子到达概率小的地方，光时概率波 D 正确；紫外光虽然不是可见光，但也能够产生光的干涉现象，C 错误；

【考点定位】考查了光的波粒二象性，

63.(2012·上海卷)产生光电效应时，关于逸出光电子的最大初动能 E_k ，下列说法正确的是

- A. 对于同种金属， E_k 与照射光的强度无关
- B. 对于同种金属， E_k 与照射光的波长成反比
- C. 对于同种金属， E_k 与光照射的时间成正比

D.对于同种金属, E_k 与照射光的频率成线性关系

E.对于不同种金属, 若照射光频率不变, E_k 与金属的逸出功成线性关系

【答案】ADE

【解析】根据光电效应规律, 对于同种金属, E_k 与照射光的强度无关, E_k 与光照射的时间无关, E_k 与照射光的频率成线性关系, E_k 与照射光的波长有关, 但不是成反比, 选项 AD 正确 BC 错误; 对于不同种金属, 若照射光频率不变, 根据光电效应方程, $E_k = h\nu - W$, E_k 与金属的逸出功成线性关系, 选项 E 正确。

【考点定位】本题考查光电效应及其相关知识

64.(2017·新课标III卷)在光电效应实验中, 分别用频率为 ν_a 、 ν_b 的单色光 a、b 照射到同种金属上, 测得相应的遏止电压分别为 U_a 和 U_b 、光电子的最大初动能分别为 E_{ka} 和 E_{kb} 。h 为普朗克常量。下列说法正确的是

A.若 $\nu_a > \nu_b$, 则一定有 $U_a < U_b$

B.若 $\nu_a > \nu_b$, 则一定有 $E_{ka} > E_{kb}$

C.若 $U_a < U_b$, 则一定有 $E_{ka} < E_{kb}$

D.若 $\nu_a > \nu_b$, 则一定有 $h\nu_a - E_{ka} > h\nu_b - E_{kb}$

【答案】BC

【解析】由爱因斯坦光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W$, 又由动能定理有 $E_{km} = eU$, 当 $\nu_a > \nu_b$ 时, $E_{ka} > E_{kb}$, $U_a > U_b$, A 错误, B 正确; 若 $U_a < U_b$, 则有 $E_{ka} < E_{kb}$, C 正确; 同种金属的逸出功不变, 则 $W = h\nu - E_{km}$ 不变, D 错误。

【考点定位】光电效应

【名师点睛】本题主要考查光电效应。发生光电效应的条件是入射光的频率大于金属的极限频率, 光的强弱只影响单位时间内发出光电子的数目; 光电子的最大初动能和遏止电压由照射光的频率和金属的逸出功决定; 逸出功由金属本身决定, 与光的频率无关。

65.(2017·北京卷)2017 年年初，我国研制的“大连光源”——极紫外自由电子激光装置，发出了波长在 100 nm ($1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$)附近连续可调的最强的极紫外激光脉冲。大连光源因其光子的能量大、密度高，可在能源利用、光刻技术、雾霾治理等领域的研究中发挥重要作用。一个处于极紫外波段的光子所具有的能量可以电离一个分子，但又不会把分子打碎。据此判断，能够电离一个分子的能量约为(取普朗克常量 $h=6.6\times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$ ，真空光速 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$)

- A. 10^{-21} J B. 10^{-18} J C. 10^{-15} J D. 10^{-12} J

【答案】B

【解析】一个处于极紫外波段的光子的能量约为 $E=\frac{hc}{\lambda}\approx 2\times 10^{-18}\text{ J}$ ，由题意可知，光子的能量应比电离一个分子的能量稍大，因此数量级应相同，故选 B。

【考点定位】光子的能量、电离

【名师点睛】根据题意可知光子的能量足以电离一个分子，因此该光子的能量应比该分子的电离能大，同时又不能把分子打碎，因此两者能量具有相同的数量级，不能大太多。

66.(2018·天津卷·T1)国家大科学过程——中国散裂中子源(CSNS)于 2017 年 8 月 28 日首次打靶成功，获得中子束流，可以为诸多领域的研究和工业应用提供先进的研究平台，下列核反应中放出的粒子为中子的是



- A. ${}^{14}_7\text{N}$ 俘获一个 α 粒子，产生 ${}^{17}_8\text{O}$ 并放出一个粒子
 B. ${}^{27}_{13}\text{Al}$ 俘获一个 α 粒子，产生 ${}^{30}_{15}\text{P}$ 并放出一个粒子
 C. ${}^{11}_5\text{B}$ 俘获一个质子，产生 ${}^8_4\text{Be}$ 并放出一个粒子

【考点定位】衰变；裂变

69.(2014·北京卷)质子、中子和氦核的质量分别为 m_1 、 m_2 和 m_3 ，当一个质子和一个中子结合成氦核时，释放的能量是(c 表示真空中的光速)

- A. $(m_1+m_2-m_3)c$ B. $(m_1-m_2-m_3)c$ C. $(m_1+m_2-m_3)c^2$ D. $(m_1-m_2-m_3)c^2$

【答案】C

【解析】根据质能方程 $\Delta E = \Delta mc^2$ 知，核反应过程中释放的能量等于质量的减少量与光速 c 平方的乘积，C 正确，A、B、D 错误。

【考点定位】主要考查质能方程

70.(2012·福建卷)关于近代物理，下列说法正确的是

- A. α 射线是高速运动的氦原子
B. 核聚变反应方程 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 中， ${}^1_0\text{n}$ 表示质子
C. 从金属表面逸出的光电子的最大初动能与照射光的频率成正比
D. 玻尔将量子观念引入原子领域，其理论能够解释氢原子光谱的特征

【答案】D

【解析】 α 射线是高速运动的氦核流，不是氦原子，故 A 错误；

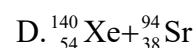
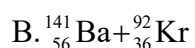
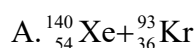
核聚变反应方程 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 中， ${}^1_0\text{n}$ 表示中子，故 B 错误；

根据光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ ，知最大初动能与照射光的频率成线性关系，不是成正比，故 C 错误；

玻尔将量子观念引入原子领域，其理论能够解释氢原子光谱的特征，故 D 正确。

【考点定位】本题考查了核反应相关知识

71.(2013·重庆卷·T2)铀是常用的一种核燃料，若它的原子核发生了如下的裂变反应： ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow a + b + 2{}^1_0\text{n}$ ，则 $a+b$ 可能是



【答案】D

【解析】由原子核反应的质量数守恒及电荷数守恒规律知 D 正确。

【考点定位】重核裂变反应方程的书写

72.(2014·上海卷)核反应方程式 $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + \text{X}$ 中的 X 表示

A. 质子

B. 电子

C. 光子

D. 中子

【答案】D

【解析】核反应方程式遵循电荷数守恒和质量数守恒，设 X 的质量数为 a ，电荷数为 b ，则有 $9 + 4 = 12 + a$ ， $4 + 2 = 6 + b$ ，可得 $a = 1$ ， $b = 0$ ，所有对应得粒子是中子，选项 D 对。

【考点定位】电荷数守恒和质量数守恒

73.(2014·上海卷)链式反应中，重核裂变时放出的可以使裂变不断进行下去的粒子是

A. 质子

B. 中子

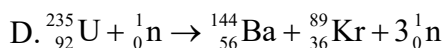
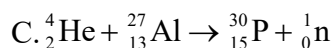
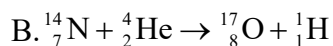
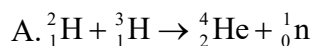
C. β 粒子D. α 粒子

【答案】B

【解析】重核裂变时放出的中子引起其他重核的裂变，可以使裂变不断进行下去，这就是链式反应，比如铀核的裂变 $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{137}_{52}\text{Te} + ^{97}_{40}\text{Zr} + 2^1_0\text{n}$ ，选项 B 对。

【考点定位】链式反应

74.(2017·天津卷·T1)我国自主研发制造的国际热核聚变核心部件在国际上率先通过权威机构认证，这是我国对国际热核聚变项目的重大贡献。下列核反应方程中属于聚变反应的是



【答案】A

【解析】核聚变是指由质量小的原子，主要是指氘或氚，在一定条件下(如超高温和高压)，发生原子核互相聚合作用，生成新的质量更重的原子核，并伴随着巨大的能量释放的一种核反应形式，用快速粒子(天然射线或人工加速的粒子)穿入原子核的内部使原子核转变为另一种原子核的过程，这就是原子核的人工转变由此可知：核反应方程 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 是原子核的聚变反应；B 与 C 属于原子核的人工核转变；D 属于裂变反应；故只有 A 正确；BCD 错误；

【考点定位】核反应的种类

【名师点睛】本题的关键是知道核反应的分类，区别衰变和核反应。

75.(2017·新课标 I 卷)大科学工程“人造太阳”主要是将氘核聚变反应释放的能量用来发电。氘核聚变反应方程是 ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ 。已知 ${}^2_1\text{H}$ 的质量为 2.013 6 u， ${}^3_2\text{He}$ 的质量为 3.015 0 u， ${}^1_0\text{n}$ 的质量为 1.008 7 u，1 u=931 MeV/c²。氘核聚变反应中释放的核能约为

A.3.7 MeV

B.3.3 MeV

C.2.7 MeV

D.0.93 MeV

【答案】B

【解析】根据质能方程，释放的核能 $\Delta E = \Delta mc^2$ ， $\Delta m = 2m_{\text{H}} - m_{\text{He}} - m_{\text{n}} = 0.003 5\text{u}$ ，则 $\Delta E = 0.003 5\text{u} \times 931 \text{ MeV}/c^2 \times c^2 = 3.258 5 \text{ MeV} \approx 3.3 \text{ MeV}$ ，故 B 正确，ACD 错误。

【考点定位】质能方程

【名师点睛】本题考查质能方程，注意原子核的质量单位不是 kg，由质能方程求核能时要细心。

76.(2015·广东卷·T18)科学家使用核反应获取氦，再利用氦和氟核反应获得能量，核反应方程分别为： $X+Y\rightarrow {}^4_2\text{He}+{}^3_1\text{H}+4.9\text{MeV}$ 和 ${}^3_1\text{H}+{}^3_1\text{H}\rightarrow {}^4_2\text{He}+X+17.6\text{MeV}$ ，下列表述正确的有

A.X 是中子

B.Y 的质子数是 3，中子数是 6

C.两个核反应都没有质量亏损

D.氦和氟的核反应是核聚变反应

【答案】AD

【解析】由 ${}^3_1\text{H}+{}^3_1\text{H}\rightarrow {}^4_2\text{He}+X+17.6\text{MeV}$ ，根据反应前后质量数、电荷数守恒可知，X 的质量数为 1，电荷数为 0，因此 X 是中子，故选项 A 正确；再由 $X+Y\rightarrow {}^4_2\text{He}+{}^3_1\text{H}+4.9\text{MeV}$ ，根据反应前后质量数、电荷数守恒可知，Y 的质量数为 6，电荷数为 3，即其质子数为 3，中子数也为 3，故选项 B 错误；由于两个反应中都释放了能量，因此根据爱因斯坦质能方程可知，两个反应中都存在质量亏损，故选项 C 错误；根据核聚变反应的定义可知，氦和氟反应生成了一个核 ${}^4_2\text{He}$ ，故选项 D 正确。

【考点定位】对爱因斯坦质能方程、核聚变反应概念的理解，及核反应方程中质量数、电荷数守恒的应用。

77.(2012·广东卷·T18)能源是社会发展的基础，发展核能是发展能源的途径之一。下列释放核能的反应方程，表述正确的有

A. ${}^3_1\text{H}+{}^2_1\text{H}\rightarrow {}^4_2\text{He}+{}^1_0\text{n}$ 是核聚变反应

B. ${}^3_1\text{H}+{}^2_1\text{H}\rightarrow {}^4_2\text{He}+{}^1_0\text{n}$ 是 β 衰变

C. ${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba}+{}^{89}_{36}\text{Kr}+3{}^1_0\text{n}$ 是核裂变反应

D. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{54}^{140}\text{Xe} + {}_{38}^{94}\text{Sr} + 2{}_0^1\text{n}$ 是 α 衰变

【答案】AC

【解析】B 选项是核聚变，D 选项是核裂变，所以 BD 不正确，故选 AC。

【考点定位】本题考查核反应相关知识

78.(2016·全国新课标III卷)一静止的铝原子核 ${}_{13}^{27}\text{Al}$ 俘获一速度为 $1.0 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的质子 p 后，变为处于激发态的硅原子核 ${}_{14}^{28}\text{Si}^*$ ，下列说法正确的是

A.核反应方程为 $\text{p} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}^*$

B.核反应方程过程中系统动量守恒

C.核反应过程中系统能量不守恒

D.核反应前后核子数相等，所以生成物的质量等于反应物的质量之和

E.硅原子核速度的数量级为 10^5 m/s ，方向与质子初速度方向一致

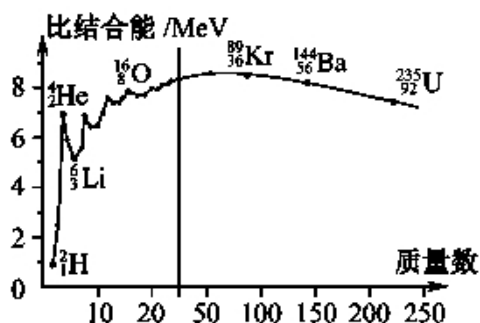
【答案】ABE

【解析】根据质量数和电荷数守恒可得核反应方程 $\text{p} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}^*$ ，A 正确；过程中释放的核力远远大于外力，故系统动量守恒，B 正确；核反应过程中系统能量守恒，C 错误；由于反应过程中，要释放大量的能量，即伴随着质量亏损，所以生成物的质量小于反应物的质量之和，D 错误；由动量守恒可知， $mv = 28mv'$ ，解得 $v' = \frac{1.0}{28} \times 10^7 \text{ m/s}$ ，故数量级约为 10^5 m/s ，故 E 正确。

【考点定位】考查了动量守恒、能量守恒、核反应方程

【方法技巧】由质量数、电荷数守恒可知核反应方程；由动量守恒可知硅原子核速度的数量级及速度方向，本大题包含了 3-5 原子物理的内容，难度不大，但从题目来看考查范围很广，要求能全面掌握。

79.(2017·江苏卷)原子核的比结合能曲线如图所示, 根据该曲线, 下列判断中正确的有_____.



- (A) ${}^4_2\text{He}$ 核的结合能约为 14 MeV
- (B) ${}^4_2\text{He}$ 核比 ${}^6_3\text{Li}$ 核更稳定
- (C) 两个 ${}^2_1\text{H}$ 核结合成 ${}^4_2\text{He}$ 核时释放能量
- (D) ${}^{235}_{92}\text{U}$ 核中核子的平均结合能比 ${}^{89}_{36}\text{Kr}$ 核中的大

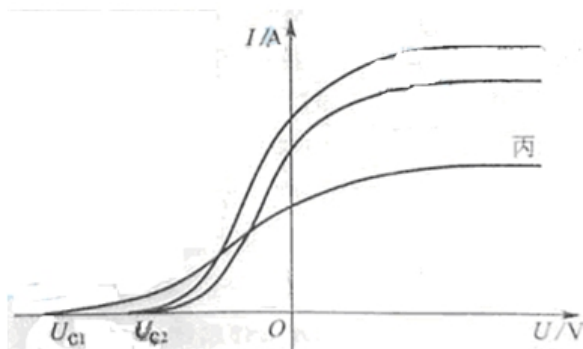
【答案】BC

【解析】由图知 ${}^4_2\text{He}$ 核的比结合能约为 7 MeV, 所以结合能约为 $4 \times 7 = 28$ MeV, 故 A 错误; ${}^4_2\text{He}$ 核比 ${}^6_3\text{Li}$ 核的比结合能大, 所以 ${}^4_2\text{He}$ 核比 ${}^6_3\text{Li}$ 核更稳定, B 正确; 两个 ${}^2_1\text{H}$ 核结合成 ${}^4_2\text{He}$ 核时, 即由比结合能小的反应生成比结合能大的释放能量, C 正确; 由图知 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 核中核子的平均结合能比 ${}^{89}_{36}\text{Kr}$ 核中的小, 所以 D 错误.

【考点定位】比结合能 结合能

【名师点睛】本题主要是要理解比结合能的含义, 知道结合能与比结合能的区分与关系. 以及在核反应过程中由比结合能小的反应生成比结合能大的要释放能量.

80.(2010·浙江卷·T16)在光电效应实验中, 飞飞同学用同一光电管在不同实验条件下得到了三条光电流与电压之间的关系曲线(甲光、乙光、丙光), 如图所示。则可判断出

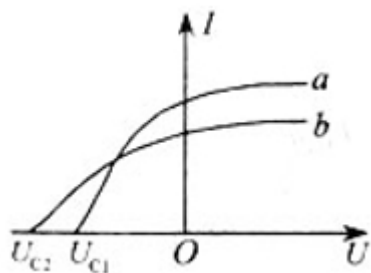


- A. 甲光的频率大于乙光的频率
- B. 乙光的波长大于丙光的波长
- C. 乙光对应的截止频率大于丙光的截止频率
- D. 甲光对应的光电子最大初动能大于丙光的光电子最大初动能

【答案】B

【解析】本题考查光电效应的规律，同时考查考生对规律的掌握和从图像中提取有效信息的能力。根据图像可知，丙光的频率最高，甲光和乙光的频率相同，但是甲光的强度大，所以 A 项错误，B 项正确；丙光的截止频率最大，C 项错误；丙光对应的光电子最大初动能最大，D 项错误。

81.(2010·天津卷·T8)用同一光电管研究 a、b 两种单色光产生的光电效应，得到光电流 I 与光电管两极间所加电压 U 的关系如图。则这两种光



- A. 照射该光电管时 a 光使其逸出的光电子最大初动能大
- B. 从同种玻璃射入空气发生全反射时，a 光的临界角大
- C. 通过同一装置发生双缝干涉，a 光的相邻条纹间距大
- D. 通过同一玻璃三棱镜时，a 光的偏折程度大

【答案】BC

【解析】本题考查的是光电效应。通过图象我们可以根据 $Ue = h\nu$ 得出 a 光的频率小，使逸出的电子最大动能就小，A 项错误；频率小则波长大，双缝干涉时根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知 C 项正确；又频率小折射率就小，D 项错误；由 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知 B 项正确。

82.(2010·四川卷·T18)用波长为 $2.0 \times 10^{-7} \text{m}$ 的紫外线照射钨的表面，释放出来的光电子中最大的动能是 $4.7 \times 10^{-19} \text{J}$ 。由此可知，钨的极限频率是(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$)，光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ ，结果取两位有效数字)

A. $5.5 \times 10^{14} \text{Hz}$ B. $7.9 \times 10^{14} \text{Hz}$ C. $9.8 \times 10^{14} \text{Hz}$ D. $1.2 \times 10^{15} \text{Hz}$

【答案】B

【解析】本题主要考查了光电效应的理解，由光电效应方程 $h\nu = E_k - W_{\text{逸}}$ 和波长与频率的关系 $\nu = \frac{c}{\lambda}$ 金属的逸出功 $W = h\nu$ 代入数据可知金属极限频率为 $7.9 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，选项 B 正确。

83.(2010·上海卷·T6)根据爱因斯坦光子说，光子能量 E 等于(h 为普朗克常量，c、 λ 为真空中的光速和波长)

A. $h\frac{c}{\lambda}$ B. $h\frac{\lambda}{c}$ C. $h\lambda$ D. $\frac{h}{\lambda}$

【答案】A

【解析】 $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ 。

本题考查光子能量公式和光速公式。

难度：易。

84.(2010·天津卷·T2)下列关于原子和原子核的说法正确的是

- A. β 衰变现象说明电子是原子核的组成部分
- B.玻尔理论的假设之一是原子能量的量子化
- C.放射性元素的半衰期随温度的升高而变短
- D.比结合能越小表示原子核中的核子结合得越牢固

【答案】B

【解析】 本题考查的知识点是原子物理。 β 射线只能说明电子是原子的一部分，而不能说是原子核的一部分，故 A 项错；半衰期是由放射性元素的原子核内部因素决定的，与原子所处的物理状态或化学状态无关，C 项错；D 项中所述的比结合能越小应该是说明要破坏它们需要的能量越小，核子结合的越不牢固，所以错误，只有 B 项正确。

85.(2010·四川卷·T15)下列说法正确的是

- A. α 粒子大角度散射表明 α 粒子很难进入原子内部
- B.氢原子跃迁发出的光从空气射入水时可能发生全反射
- C.裂变反应有质量亏损，质量数不守恒
- D. γ 射线是一种波长很短的电磁波

【答案】D

【解析】 本题主要考查近代物理知识的理解和识记，是一拼盘式的选择题。 α 粒子散射实验大角度偏转是因为原子核集中大量正电荷和质量，半径很小；A 错误；氢原子跃迁，光从空气射入水中不可能发生全反射，B 项错误；在衰变时释放能量质量亏损，而质量数守恒，C 选项错；由电磁波谱可知 γ 射线是一种波长很短的电磁波 D 项正确。

【误区警示】 本题中答案 C 很多同学会觉得有问题。主要是对质量和质量数区别开来。质量是指原子核的总质量，单位为千克，而质量数是指原子核内质子和中子的总个数，它们两者之间的关系是原子核的质量等于质量数乘以每个核子的平均质量。。在核反应中质量会亏损，而质量数却守恒。

86.(2010·北京卷·T15)太阳因核聚变释放出巨大的能量,同时其质量不断减少。太阳每秒钟辐射出的能量约为 4×10^{26} J,根据爱因斯坦质能方程,太阳每秒钟减少的质量最接近

- A. 10^{36} kg B. 10^{18} kg C. 10^{13} kg D. 10^9 kg

【答案】D

【解析】根据爱因斯坦的质能方程, $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{4 \times 10^{26}}{9 \times 10^{16}} = 4.4 \times 10^9$ kg, D 正确

87.(2010·新课标 I 卷·T35(1))[物理——选修 3—5](15 分)

用频率为 ν_0 的光照射大量处于基态的氢原子,在所发射的光谱中仅能观测到频率分别为 ν_1 、 ν_2 、 ν_3 的三条谱线,且 $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3$,则_____。(填入正确选项前的字母)

- A. $\nu_0 < \nu_1$ B. $\nu_3 = \nu_2 + \nu_1$ C. $\nu_0 = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3$ D. $\frac{1}{\nu_1} = \frac{1}{\nu_2} + \frac{1}{\nu_3}$

【答案】B

【解析】(1)本题考查的是能级跃迁的能量计算,能级跃迁时的能量大小为 $h\nu$,根据跃迁时的总能量更变得 $h\nu_3 = h\nu_2 + h\nu_1$,则 $\nu_3 = \nu_2 + \nu_1$, B 项正确。

88.(2010·广东卷·T18)关于核衰变和核反应的类型,下列表述正确的有

- A. ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ 是 α 衰变
B. ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_8^{17}\text{O} + {}_1^1\text{H}$ 是 β 衰变
C. ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$ 是轻核聚变
D. ${}_{34}^{82}\text{Se} \rightarrow {}_{36}^{82}\text{Kr} + 2 {}_{-1}^0\text{e}$ 是重核裂变

【答案】AC

【解析】选项 B 错误，这是卢瑟福发现质子的核反应；选项 D 错误，这是 β 衰变。

89.(2010·全国 I 卷·T14)原子核 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 经放射性衰变①变为原子核 ${}^{234}_{90}\text{Th}$ ，继而经放射性衰变②变为原子核 ${}^{234}_{91}\text{Pa}$ ，再经放射性衰变③变为原子核 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 。放射性衰变①、②和③依次为

- A. α 衰变、 β 衰变和 β 衰变 B. β 衰变、 β 衰变和 α 衰变
C. β 衰变、 α 衰变和 β 衰变 D. α 衰变、 β 衰变和 α 衰变

【答案】A

【解析】 ${}^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow{\text{①}} {}^{234}_{90}\text{Th}$ ，质量数少 4，电荷数少 2，说明①为 α 衰变。

${}^{234}_{90}\text{Th} \xrightarrow{\text{②}} {}^{234}_{91}\text{Pa}$ ，质子数加 1，说明②为 β 衰变，中子转化成质子。 ${}^{234}_{91}\text{Pa} \xrightarrow{\text{③}} {}^{234}_{92}\text{U}$ ，质子数加 1，说明③为 β 衰变，中子转化成质子。

【命题意图与考点定位】主要考查根据原子核的衰变反应方程，应用质量数与电荷数的守恒分析解决。

90.(2010·全国 II 卷·T14)原子核 ${}_Z^AX$ 与氘核 ${}_1^2\text{H}$ 反应生成一个 α 粒子和一个质子。由此可知

- A. $A=2$ ， $Z=1$ B. $A=2$ ， $Z=2$ C. $A=3$ ， $Z=3$ D. $A=3$ ， $Z=2$

【答案】D

【解析】 ${}_Z^AX + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_1^1\text{H}$ ，应用质量数与电荷数的守恒

$A+2=4+1$ ， $Z+1=2+1$ ，解得 $A=3$ ， $Z=2$ ，答案 D。

91.(2010·上海卷·T1)卢瑟福提出了原子的核式结构模型，这一模型建立的基础是

- A. α 粒子的散射实验 B.对阴极射线的研究
C.天然放射性现象的发现 D.质子的发现

【答案】A

【解析】卢瑟福根据 α 粒子的散射实验结果，提出了原子的核式结构模型：原子核聚集了原子的全部正电荷和几乎全部质量，电子在核外绕核运转。

本题考查原子的核式结构的建立。

难度：易。

92.(2010·上海卷·T4)现已建成的核电站的能量来自于

- A.天然放射性元素衰变放出的能量 B.人工放射性同位素放出的能量
C.重核裂变放出的能量 D.化学反应放出的能量

【解析】C

本题考查原子核反应。难度：易。

93.(2010·上海卷·T8)某放射性元素经过 11.4 天有 $\frac{7}{8}$ 的原子核发生了衰变，该元素的半衰期为

- A.11.4 天 B.7.6 天 C.5.7 天 D.3.8 天

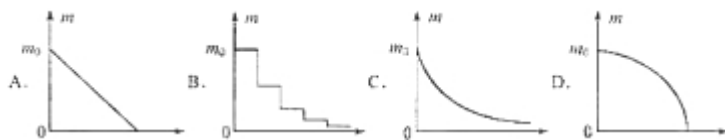
【答案】D

【解析】根据 $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}} = \frac{1}{8}$ ， $\frac{t}{\tau} = 3$ ，因为 $t=11.4\text{day}$ ，所以 $\tau = \frac{11.4}{3} = 3.8\text{day}$ ，选 D。

本题考查原子核半衰期的计算。

难度：中等。

94.(2010·福建卷·T29)(1) ^{14}C 测年法是利用 ^{14}C 衰变规律对古生物进行年代测定的方法。若以横坐标 t 表示时间，纵坐标 m 表示任意时刻 ^{14}C 的质量， m_0 为 $t=0$ 时 m_0 的质量。下面四幅图中能正确反映 ^{14}C 衰变规律的是_____。(填选项前的字母)



【答案】(1)C

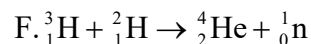
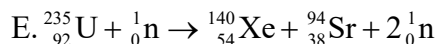
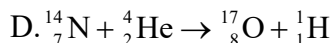
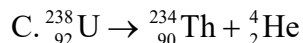
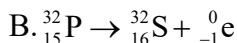
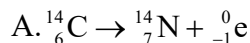
【解析】(1)本题考查衰变规律和考生的理解能力。设衰变周期为 T ，那么

$$m = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} m_0。可见，随着 t 的增长物体的质量越来越小，且变化越来越慢，很显$$

然 C 项图线符合衰变规律。

非选择题：

95.(2016·全国新课标 II 卷·T35(1))在下列描述的核过程的方程中，属于 α 衰变的是_____，属于 β 衰变的是_____，属于裂变的是_____，属于聚变的是_____。(填正确答案标号)



【答案】C AB E F

【解析】衰变的反应物只有一个，生成物有 ${}^4_2\text{He}$ 或 ${}^0_{-1}\text{e}$ ，重核裂变的反应物一般是重核和中子，生成较轻的核，氢核聚变是轻核合成为较重的核。

【名师点睛】此题考查核反应的基本类型；要知道核反应分为四种：衰变、重核裂变、轻核聚变和人工核转变；记住各种类型方程的特点即可解决此题。

96.(2013 新课标全国卷 I)一质子束入射到静止靶核 ${}^{27}_{13}\text{Al}$ 上，产生如下核反应： $\text{p} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow \text{x} + \text{n}$ 式中 p 代表质子，n 代表中子，x 代表核反应产生的新核。由反应式可知，新核 x 的质子数为_____，中子数为_____。

【答案】14 13

【解析】由 ${}^1_1\text{H} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{27}_{14}\text{X} + {}^1_0\text{n}$ ，由质量数守恒定律和电荷数守恒可得，新核的质子数为 14，中子数为 13。

【考点定位】核反应方程。

97.(2012·新课标卷)氘核和氚核可发生热核聚变而释放巨大的能量，该反应方程

为： ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{x}$ ，式中 x 是某种粒子。已知： ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 和粒子 x 的质量分别为 2.0141u、3.0161u、4.0026u 和 1.0087u；

$1\text{u}=931.5\text{MeV}/c^2$ ，c 是真空中光速。由上述反应方程和数据可知，粒子 x 是 _____，该反应释放出的能量为 _____ MeV(结果保留 3 位有效数字)

【答案】中子；17.6；

【解析】由核电荷数守恒可知，x 粒子的核电荷数为： $1+1-2=0$ ，由质量数守恒可知，x 粒子的质量数为： $2+3-4=1$ ，则 x 粒子是 ${}^1_0\text{n}$ 或中子；核反应过程中释放的能量为 $E = \Delta mc^2 = 17.6\text{MeV}$ ；

【考点定位】本题考查核反应方程，质能方程

98.(2015·江苏卷·T12C(2))核电站利用原子核链式反应放出的巨大能量进行发电，

${}^{235}_{92}\text{U}$ 是常用的核燃料。 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 受一个中子轰击后裂变成 ${}^{144}_{56}\text{Ba}$ 和 ${}^{89}_{36}\text{Kr}$ 两部分，并产生 _____ 个中子。要使链式反应发生，裂变物质的体积要 _____ (选填“大于”或者“小于”)它的临界体积。

【答案】3 大于

【解析】由质量数和电荷数守恒可知： ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3\cdot{}^1_0\text{n}$ ，可见产生了 3 个中子，链式反应的一个条件是铀燃料的体积必须大于或等于临界体积。

【考点定位】核反应、重核裂变

99.(2015·江苏卷·T12C(3))取质子的质量 $m_p=1.6726\times 10^{-27}\text{kg}$, 中子的质量 $m_n=1.6749\times 10^{-27}\text{kg}$, α 粒子的质 $m_\alpha=6.6467\times 10^{-27}\text{kg}$, 光速 $c=3\times 10^8\text{m/s}$, 请计算 α 粒子的结合能。(计算结果保留两位有效数字)

【答案】 $4.3\times 10^{-12}\text{J}$

【解析】 根据爱因斯坦质能方程 $\Delta E = \Delta mc^2$,

可求: $\Delta E = (2m_p + 2m_n - m_\alpha)c^2 = 4.3\times 10^{-12}\text{J}$

100.(2014·江苏卷)氡 222 是一种天然放射性气体, 被吸入后, 会对人的呼吸系统造成辐射损伤。它是世界卫生组织公布的主要环境致癌物质之一。其衰变方程是 ${}_{86}^{222}\text{Rn} \rightarrow {}_{84}^{218}\text{Po} + \underline{\hspace{1cm}}$ 。已知 ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ 的半衰期约为 3.8 天, 则约经过 $\underline{\hspace{1cm}}$ 天, 16g 的 ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ 衰变后还剩 1g。

【答案】 ${}_2^4\text{He}$, 15.2

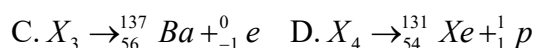
【解析】 根据衰变过程中, 质量数与电荷数守恒可知, 该衰变过程中, 所释放的粒子的质量数为 $A=222-218=4$, 电荷数为 $Z=86-84=2$, 所以该粒子为 ${}_2^4\text{He}$, 根据

半衰期公式有: $m = (\frac{1}{2})^{\frac{t}{T}} m_0$, 代入数据解得: $t=4T=15.2$ 天。

【考点定位】 本题主要考查了核反应中质量数与电荷数守恒、半衰期公式的应用问题, 属于中档偏低题。

101.(2011·海南卷)2011 年 3 月 11 日, 日本发生九级大地震, 造成福岛核电站的核泄漏事故.在泄露的污染物中含有 ${}^{131}\text{I}$ 和 ${}^{137}\text{Cs}$ 两种放射性核素, 它们通过一系列衰变产生对人体有危害的辐射.在下列四个式子中, 有两个能分别反映 ${}^{131}\text{I}$ 和 ${}^{137}\text{Cs}$ 衰变过程, 它们分别是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 和 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填入正确选项前的字母). ${}^{131}\text{I}$ 和 ${}^{137}\text{Cs}$ 原子核中的中子数分别是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 和 $\underline{\hspace{2cm}}$

A. $X_1 \rightarrow {}_{56}^{137}\text{Ba} + {}_1^0\text{n}$ B. $X_2 \rightarrow {}_{54}^{131}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$



【答案】B C 78 82

【解析】原子核的衰变有 2 种，即 α 衰变、 β 衰变。其中 α 衰变产生 α 离子， β 衰变产生 β 离子即电子。只有 B、C 是衰变反应，并且产生的是电子即属于 β 衰变，正确选项 B 和 C；再由质量数和核电荷数守恒可以得出 ${}^{131}\text{I}$ 原子核中的中子数为：131-53=78； ${}^{137}\text{Cs}$ 原子核中的中子数为：137-55=82。

【考点定位】原子核衰变及半衰期、衰变速度。

102.(2011·山东卷)碘 131 核不稳定，会发生 β 衰变，其半衰变期为 8 天。

(1)碘 131 核的衰变方程： ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow$ _____ (衰变后的元素用 X 表示)。

(2)经过_____天有 75% 的碘 131 核发生了衰变。

【答案】(1) ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{131}\text{X} + {}_{-1}^0\text{e}$ (2) 16

【解析】(1)衰变过程中质量数和电荷数守恒，衰变方程式： ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{131}\text{X} + {}_{-1}^0\text{e}$ ；

(2)半衰变期为 8 天， $m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ ， m_0 为衰变前的质量， m 为经过时间 t 后的剩余质量， T 为半衰期。有 75% 的碘 131 核发生了衰变， $m = \frac{1}{4}m_0$ ，解得： $t=16$ 天。

【考点定位】衰变方程和半衰期

103.(2012·山东卷·T38(1))氢原子第 n 能级的能量为 $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ ，其中 E_1 为基态能量。

当氢原子由第 4 能级跃迁到第 2 能级时，发出光子的频率为 ν_1 ；若氢原子由

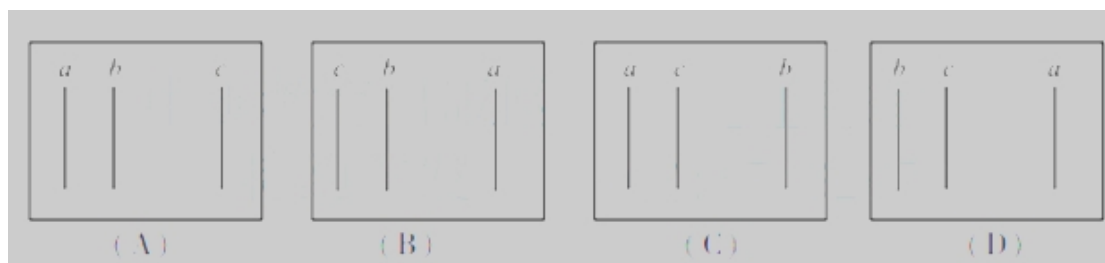
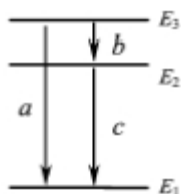
第 2 能级跃迁到基态，发出光子的频率为 ν_2 ，则 $\frac{\nu_1}{\nu_2} =$ _____。

【答案】 $\frac{1}{4}$

【解析】根据跃迁公式 $h\nu = E_m - E_n$ 即可解得。

【考点定位】 本题考查能级、波尔理论等相关知识

104.(2012·江苏卷·T12C)(1)如图所示是某原子的能级图，a、b、c为原子跃迁所发出的三种波长的光。在下列该原子光谱的各选项中，谱线从左向右的波长依次增大，则正确的是 _____。



(2)一个中子与某原子核发生核反应，生成一个氦核，其核反应方程式为_____。该反应放出的能量为Q，则氦核的比结合能为 _____。

(3)A、B两种光子的能量之比为2:1，它们都能使某种金属发生光电效应，且所产生的光电子最大初动能分别为 E_A 、 E_B 。求A、B两种光子的动量之比和该金属的逸出功。

【答案】(1)C (2) ${}_0^1n + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H$; $\frac{Q}{2}$ (3)动量之比 $P_A : P_B = 2:1$, 逸出功

$$W_0 = E_A - 2E_B$$

【解析】(1) $\varepsilon = h\gamma$, γ 为光的频率，波长 $\lambda = \frac{c}{\gamma}$, 可知 C 项对。

(2) ${}_0^1n + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H$; $\frac{Q}{2}$

(3)光子的能量 $\varepsilon = h\gamma$, 动量 $P = \frac{h}{\lambda}$, $\lambda = \frac{c}{\gamma}$ 得 $P = \frac{E}{c}$, 则 $P_A : P_B = 2:1$

A 照射时，光电子的最大初动能 $E_A = \varepsilon_A - W_0$ ，同理， $E_B = \varepsilon_B - W_0$ 解得 $W_0 = E_A - 2E_B$ 。

【考点定位】本题考查原子物理、动量及其相关知识

105.(2012·上海卷) ${}_{27}^{60}\text{Co}$ 发生一次 β 衰变后变为 Ni 核，其衰变方程为 _____；在该衰变过程中还发出频率为 ν_1 、 ν_2 的两个光子，其总能量为 _____。

【答案】 ${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{28}^{60}\text{Ni} + {}_{-1}^0\text{e}$ ， $h(\nu_1 + \nu_2)$

【解析】发生一次 β 衰变后，原来的原子核质量数不变，核电荷数增加 1，故衰变方程：

${}_{27}^{60}\text{Co} \rightarrow {}_{28}^{60}\text{Ni} + {}_{-1}^0\text{e}$ ，每个光子的能量为 $h\nu$ ，频率为 ν_1 、 ν_2 的两个光子的能量

分别是 $h\nu_1$ 和 $h\nu_2$ ，其总能量为 $h\nu_1 + h\nu_2$ 。

【考点定位】本题考查衰变和光子能量等相关知识

106.(2016·江苏卷)已知光速为 c ，普朗克常数为 h ，则频率为 ν 的光子的动量为_____。用该频率的光垂直照射平面镜，光被镜面全部垂直反射回去，则光子在反射前后动量改变量的大小为_____。

【答案】 $\frac{h\nu}{c}$ $\frac{2h\nu}{c}$

【解析】根据光子的动量公式 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$ ，取入射的方向为正方向，则光子动量的变化量为 $\Delta p = -p - p = -\frac{2h\nu}{c}$ 。

【考点定位】光的粒子性，光子的动量

【方法技巧】光子的动量的公式以及动量的矢量性。

107.(2011·辽宁卷)在光电效应试验中,某金属的截止频率相应的波长为 λ_0 ,该金属的逸出功为_____。若用波长为 $\lambda(\lambda<\lambda_0)$ 单色光做实验,则其截止电压为_____。已知电子的电荷量,真空中的光速和布朗克常量分别为 e , c 和 h 。

【答案】 $W_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$ 、 $U = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{hc}{e\lambda_0}$

【解析】金属的逸出功为: $W_0 = h\gamma_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$, 根据光电效应方程知:

$$E_{km} = h \frac{c}{\lambda} - h \frac{c}{\lambda_0}, \text{ 又 } E_{km} = eU, \text{ 则遏止电压为: } U = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{hc}{e\lambda_0}.$$

【考点定位】光电效应方程

108.(2010·海南卷·T 19 (1))能量为 E_i 的光子照射基态氢原子,刚好可使该原子中的电子成为自由电子。这一能 E_i 称为氢的电离能.现用一频率为 ν 的光子从基态氢原子中击出了一电子,该电子在远离核以后速度的大小为_____ (用光子频率 ν 、电子质量 m 、氢原子的电离能 E_i 和普朗克常量 h 表示)。

【答案】 $\sqrt{\frac{2(h\nu - E_i)}{m}}$

【解析】由能量守恒得 $\frac{1}{2}mv^2 = h\nu - E_i$, 解得电子速度为 $v = \sqrt{\frac{2(h\nu - E_i)}{m}}$ 。

109.(2010·山东卷·T38) (1)大量氢原子处于不同能量激发态,发生跃迁时放出三种不同能量的光子,其能量值分别是: 1.89eV、10.2eV、12.09eV。跃迁发生前这些原子分布在___个激发态能级上,其中最高能级的能量值是___eV(基态能量为-13.6eV)。

【答案】 (1)①2; ②-1.51

【解析】(1)本题考查氢原子的能级结构、能级公式及考生理解能力。由氢原子能级结构及三种光子能量可以推断,光子分别是原子从能级 $n=3$ 跃迁到基态, $n=3$

跃迁到 $n=2$ ， $n=2$ 跃迁到基态。则原来的氢原子可以处在 $n=3$ 和 $n=2$ 两个激发态上，最高能级为 $n=3$ ，能量值为 -1.51eV 。

110.(2017·北京卷)在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，一个静止的放射性原子核发生了一次 α 衰变。放射出的 α 粒子(${}^4_2\text{He}$)在与磁场垂直的平面内做圆周运动，其轨道半径为 R 。以 m 、 q 分别表示 α 粒子的质量和电荷量。

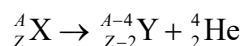
(1)放射性原子核用 ${}_Z^AX$ 表示，新核的元素符号用 Y 表示，写出该 α 衰变的核反应方程。

(2) α 粒子的圆周运动可以等效成一个环形电流，求圆周运动的周期和环形电流大小。

(3)设该衰变过程释放的核能都转为为 α 粒子和新核的动能，新核的质量为 M ，求衰变过程的质量亏损 Δm 。

【答案】(1) ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$ (2) $\frac{2\pi m}{qB}$ $\frac{q^2 B}{2\pi m}$ (3) $\frac{(M+m)(qBR)^2}{2mMc^2}$

【解析】(1)根据核反应中质量数与电荷数守恒可知，该 α 衰变的核反应方程为



(2)设 α 粒子在磁场中做圆周运动的速度大小为 v ，由洛伦兹力提供向心力有

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

根据圆周运动的参量关系有 $T = \frac{2\pi R}{v}$

得 α 粒子在磁场中运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

根据电流强度定义式，可得环形电流大小为 $I = \frac{q}{T} = \frac{q^2 B}{2\pi m}$

(3)由 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ ，得 $v = \frac{qBR}{m}$

设衰变后新核 Y 的速度大小为 v' ，核反应前后系统动量守恒，有 $Mv' - mv = 0$

可得 $v' = \frac{mv}{M} = \frac{qBR}{M}$

根据爱因斯坦质能方程和能量守恒定律有 $\Delta mc^2 = \frac{1}{2}Mv'^2 + \frac{1}{2}mv^2$

解得 $\Delta m = \frac{(M+m)(qBR)^2}{2mMc^2}$

说明：若利用 $M = \frac{A-4}{4}m$ 解答，亦可。

【考点定位】核反应方程、带电粒子在匀强磁场中的运动、动量守恒定律、爱因斯坦质能方程、能量守恒定律

【名师点睛】(1)无论哪种核反应方程，都必须遵循质量数、电荷数守恒。

(2) α 衰变的生成物是两种带电荷量不同的“带电粒子”，反应前后系统动量守恒，因此反应后的两产物向相反方向运动，在匀强磁场中，受洛伦兹力作用将各自做匀速圆周运动，且两轨迹圆相外切，应用洛伦兹力计算公式和向心力公式即可求解运动周期，根据电流强度的定义式可求解电流大小。

(3)核反应中释放的核能应利用爱因斯坦质能方程求解，在结合动量守恒定律与能量守恒定律即可解得质量亏损。

111.(2015·海南卷·T17(1))氢原子基态的能量为 $E_1 = -13.6\text{eV}$ 。大量氢原子处于某一激发态。由这些氢原子可能发出的所有光子中，频率最大的光子能量为 $-0.96E_1$ ，频率最小的光子的能量为_____eV(保留 2 位有效数字)，这些光子可具有_____种不同的频率。

【答案】 0.31eV ， 10

频率最小的光子是从 $n=2$ 跃迁，即频率最小的光子的能量为

$$E_{\min} = -3.4\text{eV} - (-13.6\text{eV}) \approx 10\text{eV}$$

频率最大的光子能量为 $-0.96 E_1$ ，即 $E_n - (-13.6\text{eV}) = -0.96 \times (-13.6\text{eV})$ ，

解得 $E_n = -0.54\text{eV}$

即 $n=5$ ，从 $n=5$ 能级开始，共有 $5 \rightarrow 1$ ， $5 \rightarrow 4$ ， $5 \rightarrow 3$ ， $5 \rightarrow 2$ ， $4 \rightarrow 1$ ， $4 \rightarrow 2$ ， $4 \rightarrow 3$ ， $3 \rightarrow 1$ ， $3 \rightarrow 2$ ， $2 \rightarrow 1$ ，10 种不同频率的光子

【考点定位】氢原子跃迁

112.(2016·江苏卷)几种金属的溢出功 W_0 见下表：

金属	钨	钙	钠	钾	铷
$W_0 (\times 10^{-19} \text{J})$	7.26	5.12	3.66	3.60	3.41

用一束可见光照射上述金属的表面，请通过计算说明哪些能发生光电效应.已知该可见光的波长范围为 $4.0 \times 10^{-7} \sim 7.6 \times 10^{-7} \text{m}$ ，普朗克常数 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$.

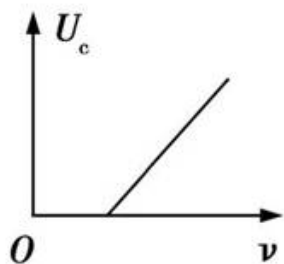
【答案】纳、钾、铷

【解析】光子的能量 $E = \frac{hc}{\lambda}$ ，取 $\lambda = 4.0 \times 10^{-7} \text{m}$ ，则 $E \approx 5.0 \times 10^{-19} \text{J}$ ，根据 $E > W_0$ 判断，纳、钾、铷能发生光电效应.

【考点定位】光的效应

【方法技巧】考查对光电效应的理解，还有就是计算能力。

113.(2015·全国新课标 I)在某次光电效应实验中，得到的遏制电压 u_0 与入射光的频率 ν 的关系如图所示，若该直线的斜率和截距分别为 k 和 b ，电子电荷量的绝对值为 e ，则普朗克常量可表示为_____，所用材料的逸出功可表示为_____。



【答案】 $h = ek$ $w_0 = -eb$

【解析】光电效应中，入射光子能量 $h\nu$ ，克服逸出功 w_0 后多余的能量转换为电子动能，反向遏制电压 $eu = h\nu - w_0$ ；整理得 $u = \frac{h}{e}\nu - \frac{w_0}{e}$ ，斜率即 $\frac{h}{e} = k$ ，所以普朗克常量 $h = ek$ ，截距为 b ，即 $eb = -w_0$ ，所以逸出功 $w_0 = -eb$

【考点定位】光电效应

114.(2017·江苏卷·T12C(2))质子(${}_1^1\text{H}$)和 α 粒子(${}_2^4\text{H}$)被加速到相同动能时，质子的动量____(选填“大于”、“小于”或“等于”) α 粒子的动量，质子和 α 粒子的德布罗意波波长之比为_____.

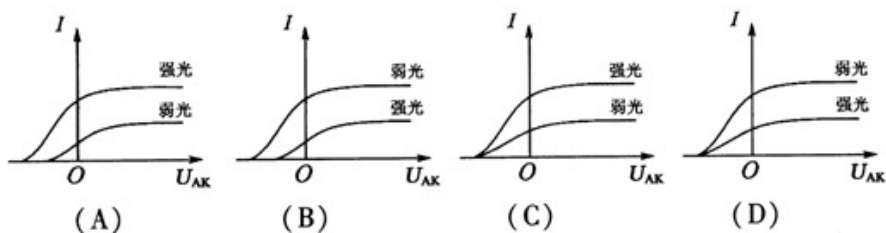
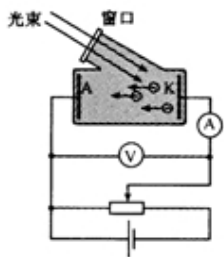
【答案】小于 2: 1

【解析】动量与动能的关系: $p^2 = 2mE_k$ ，又质子的质量小于 α 粒子的质量所以质子的动量小于 α 粒子的动量，且 $\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \frac{1}{2}$ ；根据 $\lambda = \frac{h}{p}$ ，可得质子和 α 粒子的德布罗意波波长之比为 2: 1。

【考点定位】物质波

【名师点睛】考查公式，动量与动能的关系以及物质的波的波长和公式，较容易。

115.(2010·江苏卷·TC)(1)研究光电效应电路如图所示，用频率相同、强度不同的光分别照射密封真空管的钠极板(阴极 K)，钠极板发射出的光电子被阳极 A 吸收，在电路中形成光电流。下列光电流 I 与 A、K 之间的电压 U_{ak} 的关系图象中，正确的是_____.



(2) 钠金属中的电子吸收光子的能量，从金属表面逸出，这就是光电子。光电子从金属表面逸出的过程中，其动量的大小_____ (选填“增大”、“减小”或“不变”)，原因是_____。

(3) 已知氢原子处在第一、第二激发态的能级分别为 -3.4eV 和 -1.51eV ，金属钠的截止频率为 $5.53 \times 10^{14}\text{Hz}$ ，普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ 。请通过计算判断，氢原子从第二激发态跃迁到第一激发态过程中发出的光照射金属钠板，能否发生光电效应。

【答案】 (1) C (2) 减小；光电子受到金属表面层中力的阻碍作用(或需要克服逸出功)； (3) 不能

【解析】 (1) 选 C 本题考查光电效应规律

(2) 减小；光电子受到金属表面层中力的阻碍作用(或需要克服逸出功)

(3) 氢原子放出的光子能量 $E = E_3 - E_2$ ，带入数据的 $E = 1.89\text{eV}$

金属钠的逸出功 $W_0 = h\nu_0$ ，带入数据得 $E = 3.2\text{eV}$

因为 $E < W_0$ ，所以不能发生光电效应

