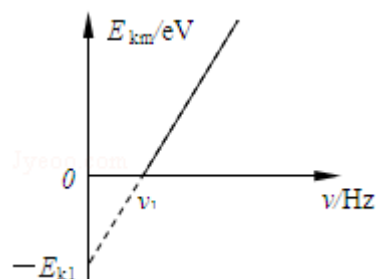


2018-2019 学年河北省衡水市安平中学实验班高二（上）期末物理试卷

一、选择题：本题共 19 个小题，有的小题只有一项符合题目要求，有的小题有多项符合题目要求。全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。满分共 76 分。

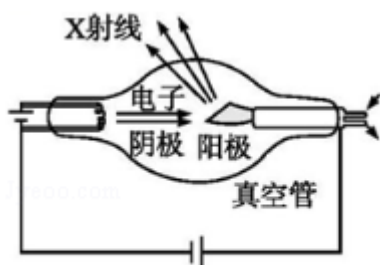
1. (4 分) 关于物质的波粒二象性，下列说法中不正确的是 ()
- A. 不仅光子具有波粒二象性，一切运动的微粒都具有波粒二象性
- B. 运动的微观粒子与光子一样，当它们通过一个小孔时，都没有特定的运动轨道
- C. 波动性和粒子性，在宏观现象中是矛盾的、对立的，但在微观高速运动的现象中是统一的
- D. 实物的运动有特定的轨道，所以实物不具有波粒二象性
2. (4 分) 用波长为 λ 和 2λ 的光照射同一种金属，分别产生的速度最快的光电子速度之比为 2:1，普朗克常数和真空中光速分别是 h 和 c 表示，那么下列说法正确的有 ()
- A. 该种金属的逸出功为 $\frac{hc}{3\lambda}$
- B. 该种金属的逸出功为 $\frac{hc}{\lambda}$
- C. 波长超过 2λ 的光都不能使该金属发生光电效应
- D. 波长超过 4λ 的光都不能使该金属发生光电效应
3. (4 分) 实验得到金属钙的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。表中列出了几种金属的截止频率和逸出功，参照下表可以确定的是 ()

金属	钨	钙	钠
截止频率 ν_0 ($\times 10^{14}$) /Hz	10.95	7.73	5.53
逸出功 W /eV	4.54	3.20	2.29

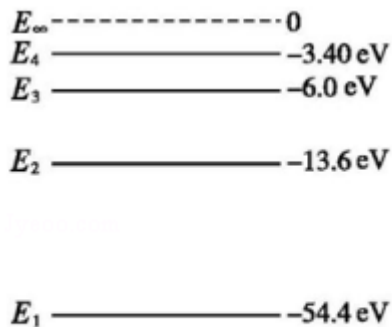


- A. 如用金属钨做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率比图中直线的斜率大

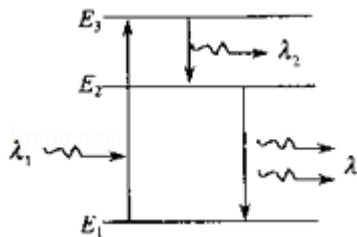
- B. 如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率比图中直线的斜率大
- C. 如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，设其延长线与纵轴交点的坐标为 $(0, -E_{k2})$ ，则 $E_{k2} < E_{k1}$
- D. 如用金属钨做实验，当入射光的频率 $\nu < \nu_1$ 时，可能会有光电子逸出
4. (4分) 在 X 射线管中，由阴极发射的电子被加速后打到阳极，会产生包括 X 光在内的各种能量的光子，其中光子能量的最大值等于电子的动能。已知阳极与阴极之间的电势差 U 、普朗克常数 h 、电子电量 e 和光速 c ，则可知该 X 射线管发出的 X 光的 ()



- A. 最长波长为 $\frac{hc}{eU}$
- B. 最短波长为 $\frac{hc}{eU}$
- C. 最小频率为 $\frac{eU}{h}$
- D. 最大频率为 $\frac{eU}{h}$
5. (4分) 一个德布罗意波波长为 λ_1 的中子和另一个德布罗意波波长为 λ_2 的氘核同向正碰后结合成一个氚核，该氚核的德布罗意波波长为 ()
- A. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$
- B. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$
- C. $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$
- D. $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$
6. (4分) 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，电子的 ()
- A. 电量太小 B. 速度太小 C. 体积太小 D. 质量太小
7. (4分) 氢原子被电离出一个核外电子，形成类氢结构的氢离子。已知基态的氢离子能量为 $E_1 = -54.4\text{eV}$ ，氢离子的能级示意图如图所示。在具有下列能量的粒子中，能被基态氢离子吸收而发生跃迁的是 ()



- A. 54.4eV (光子) B. 50.4eV (光子)
- C. 48.4eV (电子) D. 42.8eV (光子)
8. (4分) 红宝石激光器的工作物质红宝石含有铬离子的三氧化二铝晶体，利用其中的铬离子产生激光。铬离子的能级如图所示， E_1 是基态， E_2 是亚稳态， E_3 是激发态，若以脉冲氙灯发出波长为 λ_1 的绿光照射晶体，处于基态的铬离子受激发跃迁到 E_3 ，然后自发跃迁到 E_2 ，释放波长为 λ_2 的光子，处于亚稳态 E_2 的离子跃迁到基态时辐射出的光就是激光，这种激光的波长为 ()



- A. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$ B. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$
- C. $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}$ D. $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2}$
9. (4分) 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
10. (4分) 关于原子核的结合能，下列说法正确的是 ()
- A. 原子核的结合能等于使其完全分解成自由核子所需的最小能量
- B. 一重原子核衰变成 α 粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和一定大于原来重核

的结合能

C. 铯原子核 (${}_{55}^{133}\text{Cs}$) 的结合能小于铅原子核 (${}_{82}^{208}\text{Pb}$) 的结合能

D. 比结合能越大, 原子核越不稳定

11. (4分) 烟雾探测器使用了一种半衰期为 432 年的放射性元素镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 来探测烟雾。当

正常空气分子穿过探测器时, 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 会释放出射线将它们电离, 从而产生电流。烟尘

一旦进入探测腔内, 烟尘中的微粒会吸附部分射线, 导致电流减小, 从而触发警报。则

下列说法不正确的是 ()



A. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 α 射线

B. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 β 射线

C. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 γ 射线

D. 0.2 mg 的镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 经 864 年将衰变掉 0.15 mg

12. (4分) 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 $p + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}$

B. 核反应过程中系统动量不守恒

C. 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

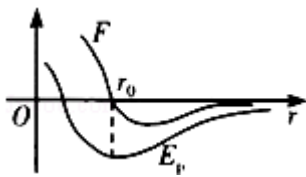
D. 硅原子核速度的数量级 10^5m/s , 方向与质子初速度方向一致

13. (4分) 对于分子动理论和物体内能的理解, 下列说法正确的是 ()

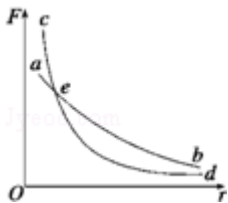
A. 温度高的物体内能不一定大, 但分子平均动能一定大

B. 温度越高, 布朗运动越显著

- C. 当分子间的距离增大时，分子间作用力就一直减小
 D. 当分子间作用力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的减小而增大
14. (4分) 下列叙述正确的是 ()
- A. 扩散现象说明了分子在不停地做无规则运动
 B. 布朗运动就是液体分子的运动
 C. 物体的温度越高，分子运动越激烈，每个分子的动能都一定越大
 D. 两个铅块压紧后能连在一起，说明分子间有引力
15. (4分) 有关分子的热运动和内能，下列说法正确的是 ()
- A. 一定质量的气体，温度不变，分子的平均动能不变
 B. 物体的温度越高，分子热运动越剧烈
 C. 物体的内能是物体中所有分子热运动动能和分子势能的总和
 D. 布朗运动是由悬浮在液体中的微粒之间的相互碰撞引起的
16. (4分) 如图所示，用 F 表示两分子间的作用力，用 E_p 表示分子间的分子势能，在两个分子之间的距离由 $10r_0$ 变为 r_0 的过程中 ()



- A. F 不断增大， E_p 不断减小
 B. F 先增大后减小， E_p 不断减小
 C. F 不断增大， E_p 先增大后减小
 D. F 、 E_p 都是先增大后减小
17. (4分) 如图所示，纵坐标表示两个分子间引力、斥力的大小，横坐标表示两个分子间的距离，图中两条曲线分别表示两分子间引力、斥力的大小随分子间距离的变化关系， e 为两曲线的交点，则下列说法正确的是 ()

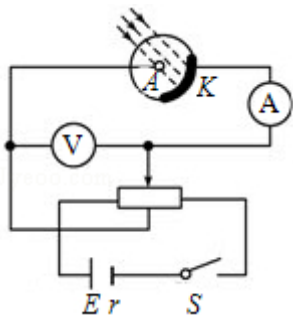


- A. ab 为斥力曲线， cd 为引力曲线， e 点横坐标的数量级为 10^{-10}m
 B. ab 为引力曲线， cd 为斥力曲线， e 点横坐标的数量级为 10^{-10}m

- C. 由分子动理论可知：温度相同的氢气和氧气，分子平均动能相同
- D. 若两个分子间距离增大，则分子势能也增大
18. (4分) 近期我国多个城市的 PM2.5 数值突破警戒线，受影响最严重的是京津冀地区，雾霾笼罩，大气污染严重。PM2.5 是指空气中直径等于或小于 2.5 微米的悬浮颗粒物，其飘浮在空中做无规则运动，很难自然沉降到地面，吸入后对人体形成危害。矿物燃料燃烧的排放是形成 PM2.5 的主要原因。下列关于 PM2.5 的说法中正确的是 ()
- A. PM2.5 的尺寸与空气中氧分子的尺寸的数量级相当
- B. PM2.5 在空气中的运动属于布朗运动
- C. 倡导低碳生活减少煤和石油等燃料的使用能有效减小 PM2.5 在空气中的浓度
- D. PM2.5 中颗粒小一些的，其颗粒的运动比其他颗粒更为剧烈
19. (4分) 已知阿伏加德罗常数为 N_A ，某物质的摩尔质量为 M ，则该物质的分子质量和 m kg 水中所含氢原子数分别是 ()
- A. $\frac{M}{N_A}$, $\frac{1}{9}mN_A \times 10^3$
- B. MN_A , $9mN_A$
- C. $\frac{M}{N_A}$, $\frac{1}{18}mN_A \times 10^3$
- D. $\frac{M}{N_A}$, $18mN_A$

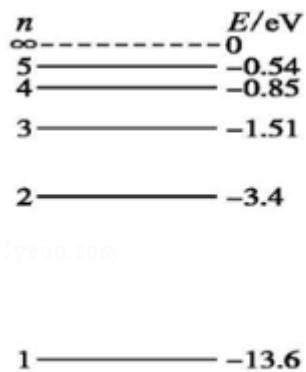
二.填空题 (本题共有 2 题，共 12 分，把答案写在横线上)

20. (8分) 如图所示是研究光电管产生的电流的电路图，A、K 是光电管的两个电极，已知该光电管阴极的极限频率为 ν_0 ，元电荷为 e ，普朗克常量为 h 。现将频率为 ν (大于 ν_0) 的光照射在阴极上，则：
- (1) _____ 是阴极 (填 A 或 K)，阴极材料的逸出功等于_____。
- (2) 加在 A、K 间的正向电压为 U 时，到达阳极的光电子的最大动能为_____，将 A、K 间的正向电压从零开始逐渐增加，电流表的示数的变化情况是_____。
- (3) 为了阻止光电子到达阳极，在 A、K 间应加上 $U_{反} =$ _____ 的反向电压。
- (4) 下列方法一定能够增加饱和光电流的是_____
- A. 照射光频率不变，增加光强
- B. 照射光强度不变，增加光的频率
- C. 增加 A、K 电极间的电压
- D. 减小 A、K 电极间的电压



21. (4分) 如图为氢原子的能级图, 氢原子从某一能级跃迁到 $n=2$ 的能级, 辐射出能量为 2.55eV 的光子。

- (1) 最少要给基态的氢原子提供_____eV 的能量, 才能使它辐射上述能量的光子?
- (2) 请在图中画出获得该能量后的氢原子可能的辐射跃迁图。



三. 计算题: (本题共 2 个小题, 共 22 分. 要求写出必要的答题过程.)

22. (12分) 用速度大小为 v 的中子轰击静止的锂核 (${}^6_3\text{Li}$), 发生核反应后生成氦核和 α 粒子, 生成的氦核速度方向与中子的初速度方向相反, 氦核与 α 粒子的速度之比为 7:8. 中子的质量为 m , 质子的质量可近似看做 m , 光速为 c .

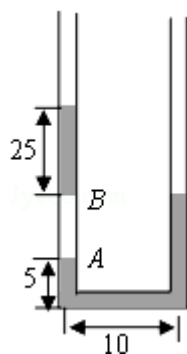
- (1) 写出核反应方程;
- (2) 求氦核和 α 粒子的速度大小;
- (3) 若核反应过程中放出的核能全部转化为 α 粒子和氦核的动能, 求出质量亏损.

23. (10分) 如图所示, 两端开口、粗细均匀的长直 U 形玻璃管内由两段水银柱封闭着长度为 15cm 的空气柱, 气体温度为 300K 时, 空气柱在 U 形管的左侧。

- (i) 若保持气体的温度不变, 从左侧开口处缓慢地注入 25cm 长的水银柱, 管内的空气柱长为多少?
- (ii) 为了使空气柱的长度恢复到 15cm , 且回到原位置, 可以向 U 形管内再注入一些水

银，并改变气体的温度，应从哪一侧注入长度为多少的水银柱？气体的温度变为多少？

(大气压强 $P_0=75\text{cmHg}$ ，图中标注的长度单位均为 cm)



2018-2019 学年河北省衡水市安平中学实验班高二（上）

期末物理试卷

参考答案与试题解析

一、选择题：本题共 19 个小题，有的小题只有一项符合题目要求，有的小题有多项符合题目要求。全部选对得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分。满分共 76 分。

1. (4 分) 关于物质的波粒二象性，下列说法中不正确的是 ()

- A. 不仅光子具有波粒二象性，一切运动的微粒都具有波粒二象性
- B. 运动的微观粒子与光子一样，当它们通过一个小孔时，都没有特定的运动轨道
- C. 波动性和粒子性，在宏观现象中是矛盾的、对立的，但在微观高速运动的现象中是统一的
- D. 实物的运动有特定的轨道，所以实物不具有波粒二象性

【分析】一切物质都具有波粒二象性，波动性和粒子性，在宏观现象中是矛盾的、对立的，但在微观高速运动的现象中是统一的；它们没有特定的运动轨道。

【解答】解：光具有波粒二象性是微观世界具有的特殊规律，大量光子运动的规律表现出光的波动性，而单个光子的运动表现出光的粒子性。光的波长越长，波动性越明显，光的频率越高，粒子性越明显。而宏观物体的德布罗意波的波长太小，实际很难观察到波动性，不是不具有波粒二象性。故 D 选项是错误，ABC 正确；

本题选择错误的，故选：D。

【点评】考查波粒二象性基本知识，掌握宏观与微观的区别及分析的思维不同。

2. (4 分) 用波长为 λ 和 2λ 的光照射同一种金属，分别产生的速度最快的光电子速度之比为 2:1，普朗克常数和真空中光速分别是 h 和 c 表示，那么下列说法正确的有 ()

- A. 该种金属的逸出功为 $\frac{hc}{3\lambda}$
- B. 该种金属的逸出功为 $\frac{hc}{\lambda}$
- C. 波长超过 2λ 的光都不能使该金属发生光电效应
- D. 波长超过 4λ 的光都不能使该金属发生光电效应

【分析】根据爱因斯坦光电效应方程， $\frac{1}{2}mv_0^2 = h\gamma - W_0$ ，结合 $\gamma = \frac{c}{\lambda}$ ，并依据发生光电效应现象的条件，即可求解。

【解答】解：由题意可知，由爱因斯坦光电效应方程， $\frac{1}{2}mv_0^2 = h\gamma - W_0$ ，与 $\gamma = \frac{c}{\lambda}$ ，

可得： $\frac{1}{2}mv_0^2 = h\frac{c}{\lambda} - W_0$ ，

列出两个方程，即为 $\frac{1}{2}mv_0^2 = h\frac{c}{\lambda} - W_0$

$$\frac{1}{2}mv_0'^2 = h\frac{c}{2\lambda} - W_0$$

解得： $W_0 = \frac{hc}{3\lambda}$ ，故 A 正确，B 错误；

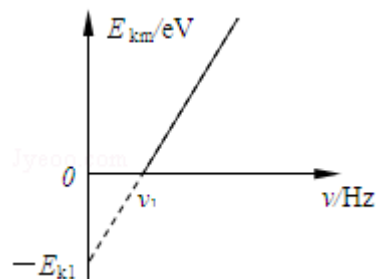
根据发生光电效应现象的条件， $\lambda_0 \leq 3\lambda$ ，即可发生，故 C 错误，D 正确，

故选：AD。

【点评】考查爱因斯坦光电效应方程的应用，理解光电效应产生的条件，掌握 $\gamma = \frac{c}{\lambda}$ 公式的应用。

3. (4分) 实验得到金属钙的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。表中列出了几种金属的截止频率和逸出功，参照下表可以确定的是 ()

金属	钨	钙	钠
截止频率 ν_0 ($\times 10^{14}$) /Hz	10.95	7.73	5.53
逸出功 W /eV	4.54	3.20	2.29



- A. 如用金属钨做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率比图中直线的斜率大
- B. 如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率比图中直线的斜率大
- C. 如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，设其延长线与纵轴交点的坐标为 $(0, -E_{k2})$ ，则 $E_{k2} < E_{k1}$
- D. 如用金属钨做实验，当入射光的频率 $\nu < \nu_1$ 时，可能会有光电子逸出

【分析】光电效应的特点：①金属的逸出功是由金属自身决定的，与入射光频率无关；②光电子的最大初动能 E_{km} 与入射光的强度无关；③光电子的最大初动能满足光电效应方程。

【解答】解：A、由光电效应方程： $E_{Km}=h\nu - W_0=h\nu - h\nu_0$ 可知， $E_{Km} - \nu$ 图线的斜率表示普朗克常量，横轴截距表示最大初动能为零时的入射光频率，此时的频率等于金属的极限频率，也可能知道极限波长，根据 $W_0=h\nu_0$ 可求出逸出功。

A、普朗克常量与金属的性质、与光电子的最大初动能、入射光的频率无关，如用金属钨做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率与图中直线的斜率相等，故 A 错误；

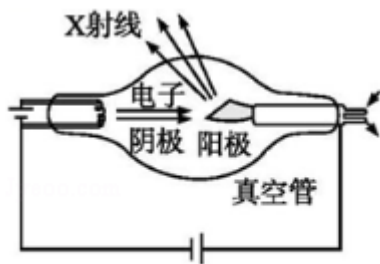
B、普朗克常量与金属的性质、与光电子的最大初动能、入射光的频率无关，如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，其斜率与图中直线的斜率相等，故 B 错误；

C、如用金属钠做实验得到的 $E_{km} - \nu$ 图线也是一条直线，设其延长线与纵轴交点的坐标为 $(0, -E_{k2})$ ，由于钠的逸出功小于钨的逸出功，则 $E_{k2} < E_{k1}$ ，故 C 正确；

D、如用金属钨做实验，当入射光的频率 $\nu < \nu_1$ 时，不可能会有光电子逸出，故 D 错误；
故选：C。

【点评】只要记住并理解了光电效应的特点，只要掌握了光电效应方程就能顺利解决此题，所以可以通过多看课本加强对基础知识的理解。解决本题的关键掌握光电效应方程 $E_{Km}=h\nu - W_0=h\nu - h\nu_0$ ，知道逸出功与极限频率的关系。

4. (4分) 在 X 射线管中，由阴极发射的电子被加速后打到阳极，会产生包括 X 光在内的各种能量的光子，其中光子能量的最大值等于电子的动能。已知阳极与阴极之间的电势差 U 、普朗克常数 h 、电子电量 e 和光速 c ，则可知该 X 射线管发出的 X 光的 ()



A. 最长波长为 $\frac{hc}{eU}$

B. 最短波长为 $\frac{ch}{eU}$

C. 最小频率为 $\frac{eU}{h}$

D. 最大频率为 $\frac{eU}{h}$

【分析】根据光子的能量 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ 可知光子的能量越大，光的波长越短，而能量最

大的光子的能量为 $E=E_K=eU$ ，该 X 射线管发出的 X 光有最短波长，且最短波长为 $\lambda=\frac{ch}{eU}$ 。

【解答】解：由阴极发射的电子被加速后打到阳极时电子的动能 $E_K=eU$ ，由题意可知光子能量的最大值等于电子的动能，故能量最大的光子的能量为 $E=E_K=eU$ ，而光子的能量 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$ ，

显然光子的能量越大，光的波长越短，故该 X 射线管发出的 X 光有最短波长，

且有 $E=h\frac{c}{\lambda}=eU$ ，

故最短波长为 $\lambda=\frac{ch}{eU}$ ，故 B 正确。

当波长最短时，光的频率最大，故最大频率 $\nu=\frac{c}{\lambda}=\frac{ceU}{ch}=\frac{eU}{h}$

故 D 正确。

故选：BD。

【点评】本题考查动能定理，光子的能量表达式，光子波长、频率和波速的关系式；发射的“光子能量的最大值等于电子的动能”是本题的突破口，故在学习过程中要努力学会挖掘隐含条件。

5. (4 分) 一个德布罗意波波长为 λ_1 的中子和另一个德布罗意波波长为 λ_2 的氘核同向正碰后结合成一个氚核，该氚核的德布罗意波波长为 ()

A. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$

B. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$

C. $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$

D. $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2}$

【分析】任何一个运动着的物体，小到电子、质子，大到行星、太阳，都有德布罗意波。分别写出中子和氘核的动量的表达式，然后根据动量守恒定律得出氚核的动量，代入公式即可。

【解答】解：中子的动量 $P_1=\frac{h}{\lambda_1}$ ，氘核的动量 $P_2=\frac{h}{\lambda_2}$

对撞后形成的氚核的动量 $P_3=P_2+P_1$

所以氚核的德布罗意波波长为 $\lambda_3=\frac{h}{P_3}=\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$

故选：A。

【点评】同一物质不同的速度，对应的德布罗意波的波长也不相同。

6. (4分) 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，电子的 ()

- A. 电量太小 B. 速度太小 C. 体积太小 D. 质量太小

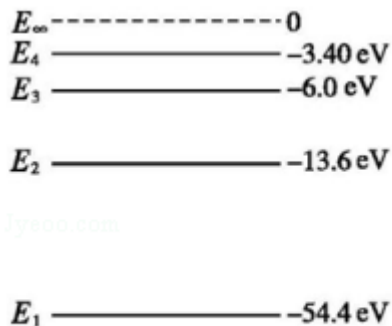
【分析】在 α 粒子散射实验中，由于电子的质量较小， α 粒子与电子相碰，就像子弹碰到灰尘一样。

【解答】解： α 粒子的质量是电子质量的 7000 多倍， α 粒子碰到电子，像子弹碰到灰尘，损失的能量极少，几乎不改变运动的轨迹。故 D 正确，A、B、C 错误。

故选：D。

【点评】该题考查对 α 粒子散射实验的解释，解决本题的关键知道 α 粒子散射实验，会解释 α 粒子偏转的原因。基础题目。

7. (4分) 氦原子被电离出一个核外电子，形成类氢结构的氦离子。已知基态的氦离子能量为 $E_1 = -54.4\text{eV}$ ，氦离子的能级示意图如图所示。在具有下列能量的粒子中，能被基态氦离子吸收而发生跃迁的是 ()



- A. 54.4eV (光子) B. 50.4eV (光子)
C. 48.4eV (电子) D. 42.8eV (光子)

【分析】根据玻尔理论，能级间发生跃迁吸收或辐射的光子能量等于两能级间的能级差。

【解答】解：由玻尔理论知，基态的氦离子要实现跃迁，入射光子的能量（光子能量不可分）应该等于氦离子在某激发态与基态的能量差，因此只有能量恰好等于两能级差的光子才能被氦离子吸收；而实物粒子（如电子）只要能量不小于两能级差，均可能被吸收。

氦离子在图示的各激发态与基态的能量差为：

$$\Delta E_1 = E_\infty - E_1 = 0 - (-54.4 \text{ eV}) = 54.4 \text{ eV}$$

$$\Delta E_2 = E_4 - E_1 = -3.4 \text{ eV} - (-54.4 \text{ eV}) = 51.0 \text{ eV}$$

$$\Delta E_3 = E_3 - E_1 = -6.0 \text{ eV} - (-54.4 \text{ eV}) = 48.4 \text{ eV}$$

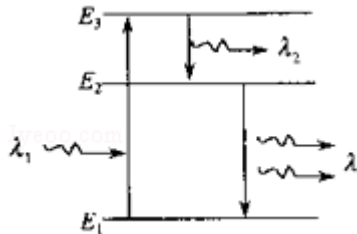
$$\Delta E_4 = E_2 - E_1 = -13.6 \text{ eV} - (-54.4 \text{ eV}) = 40.8 \text{ eV}$$

可见，42.4eV 的光子不能被基态氦离子吸收而发生跃迁，故 AC 正确，BD 错误；

故选：AC。

【点评】解决本题的关键掌握玻尔理论，知道能级间跃迁所满足的规律，即 $E_m - E_n = h\nu$ 。

8. (4分) 红宝石激光器的工作物质红宝石含有铬离子的三氧化二铝晶体，利用其中的铬离子产生激光。铬离子的能级如图所示， E_1 是基态， E_2 是亚稳态， E_3 是激发态，若以脉冲氙灯发出波长为 λ_1 的绿光照射晶体，处于基态的铬离子受激发跃迁到 E_3 ，然后自发跃迁到 E_2 ，释放波长为 λ_2 的光子，处于亚稳态 E_2 的离子跃迁到基态时辐射出的光就是激光，这种激光的波长为 ()



A. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$

B. $\frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$

C. $\frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1 \lambda_2}$

D. $\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2}$

【分析】根据离子跃迁要辐射能量，由 $\Delta E = h\frac{c}{\lambda}$ 的公式，即可求解。

【解答】解：由题意可知

根据 $\Delta E = h\frac{c}{\lambda}$

可得： $E_3 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_1}$

$E_3 - E_2 = \frac{hc}{\lambda_2}$

设处于亚稳态 E_2 的离子跃迁到基态时辐射出的光就是激光，这种激光的波长为 λ ，

$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda}$

由以上各式可得

$$\lambda = \frac{\lambda_2 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}, \text{ 故 A 正确, BCD 错误;}$$

故选: A。

【点评】考查离子跃迁要辐射能量, 掌握 $\Delta E = h \frac{c}{\lambda}$ 的应用, 注意各波长的含义。

9. (4分) 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

【分析】自然界中有些原子核是不稳定的, 可以自发地发生衰变, 衰变的快慢用半衰期表示, 与元素的物理、化学状态无关。

【解答】解: A、有些原子核不稳定, 可以自发地衰变, 但不是所有元素都可能发生衰变, 故 A 错误;

B、放射性元素的半衰期由原子核决定, 与外界的温度无关, 故 B 正确;

C、放射性元素的放射性与核外电子无关, 故放射性元素与别的元素形成化合物时仍具有放射性, 故 C 正确;

D、 α 、 β 和 γ 三种射线, γ 射线的穿透力最强, 电离能力最弱, 故 D 正确;

故选: BCD。

【点评】本题关键是明确原子核衰变的特征、种类、快慢, 熟悉三种射线的特征, 基础问题。

10. (4分) 关于原子核的结合能, 下列说法正确的是 ()

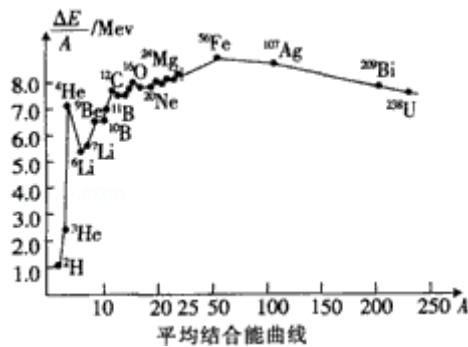
- A. 原子核的结合能等于使其完全分解成自由核子所需的最小能量
- B. 一重原子核衰变成 α 粒子和另一原子核, 衰变产物的结合能之和一定大于原来重核的结合能
- C. 铯原子核 (${}_{55}^{133}\text{Cs}$) 的结合能小于铅原子核 (${}_{82}^{208}\text{Pb}$) 的结合能
- D. 比结合能越大, 原子核越不稳定

【分析】比结合能: 原子核结合能对其中所有核子的平均值, 亦即若把原子核全部拆成自由核子, 平均对每个核子所要添加的能量。用于表示原子核结合松紧程度。

结合能: 两个或几个自由状态的粒子结合在一起时释放的能量。分散的核子组成原子核

时放出的能量叫做原子核结合能。

根据平均结合能随原子序数的变化图线如图分析 C 选项。



【解答】解：A、分散的核子组成原子核时放出的能量叫做原子核结合能，它等于使其完全分解成自由核子所需的最小能。故 A 正确；

B、一重原子核衰变成 α 粒子和另一原子核，该过程中要释放能量，所以衰变产物的结合能之和一定大于原来重核的结合能。故 B 正确；

C、铯原子核 (${}_{55}^{133}\text{Cs}$) 与铅原子核 (${}_{82}^{208}\text{Pb}$) 都是稳定的原子核，结合平均结合能随原子序数的变化图线的特点可知，铯原子核的平均结合能略大于铅原子核的平均结合能，而铅 208 的原子核比铯 133 的原子核的核子数目多接近一半，所以铯原子核 (${}_{55}^{133}\text{Cs}$) 的结合能小于铅原子核 (${}_{82}^{208}\text{Pb}$) 的结合能。故 C 正确；

D、比结合能越大，原子核越稳定，故 D 错误；

故选：ABC。

【点评】本题考查了结合能的知识，知道当核子结合成原子核时有质量亏损，要释放一定能量，原子核的平均结合能越大，表示原子核的核子结合得越牢固。

其中 C 选项要结合课本中的图线来分析，要知道。

11. (4 分) 烟雾探测器使用了一种半衰期为 432 年的放射性元素镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 来探测烟雾。当正常空气分子穿过探测器时，镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 会释放出射线将它们电离，从而产生电流。烟尘一旦进入探测腔内，烟尘中的微粒会吸附部分射线，导致电流减小，从而触发警报。则下列说法不正确的是 ()



- A. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 α 射线
- B. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 β 射线
- C. 镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 发出的是 γ 射线
- D. 0.2 mg 的镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 经 864 年将衰变掉 0.15 mg

【分析】 根据三种射线可知，电离能力大小，即可判定镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 会释放出什么射线：

再结合半衰期与外界因素无关，及半衰期的概念，即可求解。

【解答】 解：ABC、镅 ${}_{95}^{241}\text{Am}$ 会释放出射线将它们电离，从而产生电流，而三种射线中， α 射线能使空气电离，故 A 正确，BC 错误；

D、半衰期为 432 年，当经 864 年，发生两次衰变，还剩下 $m = m_0 \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0.05 \text{ mg}$ 没有衰变，则要衰变了 0.15mg，故 D 正确；

因选错误的，故选：BC。

【点评】 考查三种射线的电离能力大小，注意它们的穿透能力的大小，掌握半衰期的概念，注意半衰期与外界因素无关，只与自身元素性质有关。

12. (4 分) 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 $p + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}$
- B. 核反应过程中系统动量不守恒
- C. 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
- D. 硅原子核速度的数量级 10^5 m/s ，方向与质子初速度方向一致

【分析】 由质量数、电荷数守恒书写核反应方程。核反应方程过程中系统动量守恒，能

量也守恒，核反应过程中质量发生亏损，根据动量守恒定律求解硅原子核的速度。

【解答】解：A、由质量数守恒和电荷数守恒可知，核反应方程为 $p + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}$ ，故

A 正确；

B、核反应方程过程中系统动量守恒，能量也守恒，故 B 错误；

C、核反应过程中，要释放热量，质量发生亏损，生成物的质量小于反应物的质量之和，故 C 错误；

D、设质子的质量为 m ，则铝原子原子核的质量约为 $27m$ ，以质子初速度方向为正，根据动量守恒定律得：

$$mv_0 = (m + 27m)v$$

解得： $v = 3.57 \times 10^5 \text{m/s}$ ，数量级为 10^5m/s ，方向与质子初速度方向一致，故 D 正确。

故选：AD。

【点评】本题的关键要明确核反应方程遵守质量数守恒和电荷数守恒，核反应遵守系统动量守恒，能量守恒。

13. (4分) 对于分子动理论和物体内能的理解，下列说法正确的是 ()

A. 温度高的物体内能不一定大，但分子平均动能一定大

B. 温度越高，布朗运动越显著

C. 当分子间的距离增大时，分子间作用力就一直减小

D. 当分子间作用力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的减小而增大

【分析】分子间同时存在引力和斥力，随着分子间距的增加，引力和斥力同时减小；温度是分子热运动平均动能的标志；热力学第二定律，热力学基本定律之一，内容为不可能把热从低温物体传到高温物体而不产生其他影响；不可能从单一热源取热使之完全转换为有用的功而不产生其他影响；不可逆热力过程中熵的微增量总是大于零。

【解答】解：A、温度高的物体分子平均动能一定大，但是内能不一定大，故 A 正确；

B、温度越高，布朗运动越显著，故 B 正确；

C、当分子间的距离增大时，分子间作用力可能先增大后减小，故 C 错误；

D、当分子间作用力表现为斥力时，分子势能随分子间距离的减小而增大，故 D 正确；

故选：ABD。

【点评】本题考查了温度的微观意义、分子力、分子势能、热力学第一定律、热力学第二定律，知识点多，难度不大，关键多看书。

14. (4分) 下列叙述正确的是 ()

- A. 扩散现象说明了分子在不停地做无规则运动
- B. 布朗运动就是液体分子的运动
- C. 物体的温度越高, 分子运动越激烈, 每个分子的动能都一定越大
- D. 两个铅块压紧后能连在一起, 说明分子间有引力

【分析】 扩散现象说明了分子在不停地做无规则运动; 布朗运动是指悬浮在液体中颗粒的运动, 不是液体分子的运动; 温度是分子平均动能的标志; 两个铅块压后能紧连在一起, 说明分子间有引力。

【解答】 解: A、扩散现象说明了分子在不停地做无规则运动, 故 A 正确;

B、布朗运动是指悬浮在液体中颗粒的运动, 不是液体分子的运动, 故 B 错误;

C、气体温度升高, 分子的平均动能增大, 这是统计规律, 具体到少数个别分子, 其速率的变化不确定, 因此仍可能有分子的动能较小, 故 C 错误;

D、两个铅块挤压后能紧连在一起, 是由于分子之间的引力的作用, 说明分子间有引力, 故 D 正确;

故选: AD。

【点评】 本题考查了分子力、扩散现象和布朗运动、温度的微观意义和内能的概念, 知识点多, 要多看书, 并要加强记忆和练习

15. (4分) 有关分子的热运动和内能, 下列说法正确的是 ()

- A. 一定质量的气体, 温度不变, 分子的平均动能不变
- B. 物体的温度越高, 分子热运动越剧烈
- C. 物体的内能是物体中所有分子热运动动能和分子势能的总和
- D. 布朗运动是由悬浮在液体中的微粒之间的相互碰撞引起的

【分析】 明确内能包括分子动能和分子势能, 明确温度是分子平均动能的标志, 温度越高, 分子运动越剧烈; 布朗运动是固体小颗粒受液体分子的碰撞而形成的。做功和热传递在改变物体的内能上是等效的, 但方式不同。

【解答】 解: A、温度是分子平均动能的标志, 温度不变时, 分子的平均动能不变, 故 A 正确;

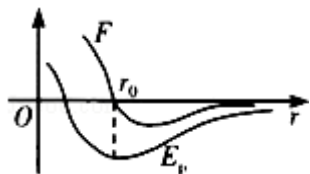
B、物体的温度越高, 分子的热运动越剧烈, 故 B 正确;

C、任何物体的内能就是组成该物体的所有分子热运动动能和分子势能的总和, 故 C 正确;

D、布朗运动是由悬浮在液体中的固体小颗粒受液体分子的碰撞而引起的，故 D 错误；
 故选：ABC。

【点评】本题考查内能的组成，要注意明确做功和热传递均可以改变物体的内能，同时明确内能的宏观表现为温度和体积，注意理解温度是分子平均动能的标志。

16. (4 分) 如图所示，用 F 表示两分子间的作用力，用 E_p 表示分子间的分子势能，在两个分子之间的距离由 $10r_0$ 变为 r_0 的过程中 ()



- A. F 不断增大， E_p 不断减小
- B. F 先增大后减小， E_p 不断减小
- C. F 不断增大， E_p 先增大后减小
- D. F 、 E_p 都是先增大后减小

【分析】根据图象可以看出分子力的大小变化，在横轴下方的为引力，上方的为斥力，分子力做正功分子势能减小，分子力做负功分子势能增大。

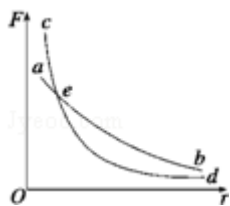
【解答】解：当 $r=r_0$ 时，分子的引力与斥力大小相等，分子力为 $F=0$ 。

在两个分子之间的距离由 $10r_0$ 变为 r_0 的过程中，由图看出，分子力 F 先增大后减小。此过程分子力表现为引力，分子力做正功，分子势能 E_p 减小。故 B 正确。

故选：B。

【点评】本题虽在热学部分出现，但考查内容涉及功和能的关系等力学知识，能够读懂图象的物理意义是基础。

17. (4 分) 如图所示，纵坐标表示两个分子间引力、斥力的大小，横坐标表示两个分子间的距离，图中两条曲线分别表示两分子间引力、斥力的大小随分子间距离的变化关系， e 为两曲线的交点，则下列说法正确的是 ()



- A. ab 为斥力曲线， cd 为引力曲线， e 点横坐标的数量级为 10^{-10}m
- B. ab 为引力曲线， cd 为斥力曲线， e 点横坐标的数量级为 10^{-10}m

C. 由分子动理论可知：温度相同的氢气和氧气，分子平均动能相同

D. 若两个分子间距离增大，则分子势能也增大

【分析】在 $F-r$ 图象中，随着距离的增大斥力比引力变化的快，当分子间的距离等于分子直径数量级时，引力等于斥力。温度是分子平均动能的标志。分子势能与分子间距离的关系可分子力做功来判断。

【解答】解：AB、在 $F-r$ 图象中，随着距离的增大斥力比引力变化的快，所以 ab 为引力曲线，cd 为斥力曲线，当分子间的距离等于分子直径数量级时，引力等于斥力。所以 e 点的横坐标可能为 10^{-10}m 。故 A 错误，B 正确；

C、温度是分子平均动能的标志。温度相同的氢气和氧气，分子平均动能相同，故 C 正确。

D、两个分子间距离增大，若分子间作用力表现为斥力，分子力做正功，分子势能减小，故 D 错误。

故选：BC。

【点评】本题主要考查分子间的作用力，要明确 $F-r$ 图象的含义，知道斥力变化的快。另一分子从无穷远向 O 运动过程中，分子势能先减小后增大。

18. (4 分) 近期我国多个城市的 PM2.5 数值突破警戒线，受影响最严重的是京津冀地区，雾霾笼罩，大气污染严重。PM2.5 是指空气中直径等于或小于 2.5 微米的悬浮颗粒物，其飘浮在空中做无规则运动，很难自然沉降到地面，吸入后对人体形成危害。矿物燃料燃烧的排放是形成 PM2.5 的主要原因。下列关于 PM2.5 的说法中正确的是 ()

A. PM2.5 的尺寸与空气中氧分子的尺寸的数量级相当

B. PM2.5 在空气中的运动属于布朗运动

C. 倡导低碳生活减少煤和石油等燃料的使用能有效减小 PM2.5 在空气中的浓度

D. PM2.5 中颗粒小一些的，其颗粒的运动比其他颗粒更为剧烈

【分析】“PM2.5”是指直径小于等于 2.5 微米的颗粒物，PM2.5 尺度大于空气中氧分子的尺寸的数量级；PM2.5 在空气中的运动是固体颗粒、是分子团的运动，不是分子的热运动；导致 PM2.5 增多的主要原因是环境污染，故应该提倡低碳生活。

【解答】解：A. “PM2.5”是指直径小于等于 2.5 微米的颗粒物，PM2.5 尺度远大于空气中氧分子的尺寸的数量级。故 A 错误；

B. PM2.5 在空气中的运动是固体颗粒、是分子团的运动，属于布朗运动。故 B 正确；

C. 导致 PM2.5 增多的主要原因是环境污染，故应该提倡低碳生活，有效减小 PM2.5 在

空气中的浓度。故 C 正确；

D. PM2.5 中颗粒小一些的，空气分子对颗粒的撞击越不均衡，其颗粒的运动比其它颗粒更为剧烈。故 D 正确。

故选：BCD。

【点评】 本题考查了 PM2.5 的有关问题，涉及的知识点较多，是一道综合题，但难度不大，其考点与环境保护相结合，正是眼下人们最关注的空气污染问题，可能是考查的热点之一。

19. (4分) 已知阿伏伽德罗常数为 N_A ，某物质的摩尔质量为 M ，则该物质的分子质量和 m kg 水中所含氢原子数分别是 ()

- A. $\frac{M}{N_A}$, $\frac{1}{9}mN_A \times 10^3$ B. MN_A , $9mN_A$
C. $\frac{M}{N_A}$, $\frac{1}{18}mN_A \times 10^3$ D. $\frac{M}{N_A}$, $18mN_A$

【分析】 分子质量等于摩尔质量与阿伏伽德罗常数的比值，根据水的质量求出水的物质的量，结合阿伏伽德罗常数求出原子数。

【解答】 解：物质分子的质量 $m_0 = \frac{M}{N_A}$ ，

m kg 的水物质的量为 $\frac{m}{M}$ ，则 m kg 水中氢原子数为： $N = \frac{m}{M} \times 2 \times N_A = \frac{m}{18 \times 10^{-3}} \times 2 \times N_A = \frac{1}{9}mN_A \times 10^3$ 。故 A 正确，B、C、D 错误。

故选：A。

【点评】 解决本题的关键知道分子质量与摩尔质量的关系，知道阿伏伽德罗常数是联系宏观和微观物理量的桥梁。

二.填空题（本题共有 2 题，共 12 分，把答案写在横线上）

20. (8分) 如图所示是研究光电管产生的电流的电路图，A、K 是光电管的两个电极，已知该光电管阴极的极限频率为 ν_0 ，元电荷为 e ，普朗克常量为 h 。现将频率为 ν （大于 ν_0 ）的光照射在阴极上，则：

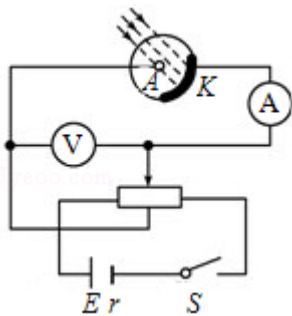
(1) K 是阴极（填 A 或 K），阴极材料的逸出功等于 $h\nu_0$ 。

(2) 加在 A、K 间的正向电压为 U 时，到达阳极的光电子的最大动能为 $h\nu - h\nu_0 + eU$ ，将 A、K 间的正向电压从零开始逐渐增加，电流表的示数的变化情况是 逐渐增大，直至保持不变 。

(3) 为了阻止光电子到达阳极, 在 A、K 间应加上 $U_{\text{反}} = \frac{h\nu - h\nu_0}{e}$ 的反向电压。

(4) 下列方法一定能够增加饱和光电流的是 A

- A. 照射光频率不变, 增加光强
- B. 照射光强度不变, 增加光的频率
- C. 增加 A、K 电极间的电压
- D. 减小 A、K 电极间的电压



【分析】 K 是阴极, A 是阳极, 根据光电效应方程, 最大初动能为零时, 材料的逸出功等于入射光的能量;

依据光电效应方程: $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$,

吸收光子的能量一部分克服逸出功, 剩下的转化为电子的动能, 根据最大初动能公式和动能定理求解。

当光电子的动能恰好能克服电场力做功时的电压即为遏止电压。

【解答】 解: (1) 由图可知, K 是阴极, A 是阳极,

依据光电效应方程: $E_{\text{km}} = h\nu - W_0$, 当 $E_{\text{km}} = 0$ 时, 入射光的能量等于阴极材料的逸出功,

则有: 阴极材料的逸出功等于 $h\nu_0$;

(2) 电子的最大初动能 $E_{\text{K}} = h\nu - h\nu_0$

由动能定理 $eU = E_{\text{Km}} - E_{\text{K}}$

所以 $E_{\text{Km}} = h\nu - h\nu_0 + eU$

将 A、K 间的正向电压从零开始逐渐增加, 电流表的示数的变化情况是先渐渐增大, 当达到饱和电流时, 则不变,

(3) 由动能定理得 $-eU_{\text{反}} = 0 - E_{\text{K}}$

所以 $U_{\text{反}} = \frac{h\nu - h\nu_0}{e}$;

(4) A. 照射光频率不变, 增加光强, 则入射光的光子数目增多, 导致光电流的饱和值增大, 故 A 正确;

B. 照射光强度不变, 增加光的频率, 则入射光的光子数目减少, 导致光电流的饱和值减小, 故 B 错误;

C. 增加 A、K 电极间的电压, 会导致光电流增大, 但饱和值不变, 故 C 错误;

D. 减小 A、K 电极间的电压, 会导致光电流减小, 但饱和值不变, 故 D 错误;

故选: A。

故答案为: (1) K, $h\nu_0$; (2) $h\nu - h\nu_0 + eU$, 逐渐增大, 直至保持不变; (3) $\frac{h\nu - h\nu_0}{e}$;

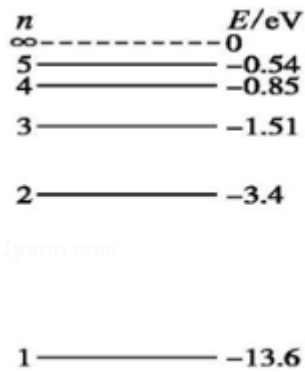
(4) A。

【点评】 本题考查了产生光电效应的原理和电子的最大初动能公式, 掌握光电效应方程的应用, 理解光电流与饱和电流的不同, 注意正向电压与反向电压的区别。

21. (4分) 如图为氢原子的能级图, 氢原子从某一能级跃迁到 $n=2$ 的能级, 辐射出能量为 2.55eV 的光子。

(1) 最少要给基态的氢原子提供 12.75 eV 的能量, 才能使它辐射上述能量的光子?

(2) 请在图中画出获得该能量后的氢原子可能的辐射跃迁图。



【分析】 能级间跃迁时, 辐射或吸收光子的能量等于两能级间的能级差, 根据该关系求出该激发态的能量, 确定出在第几能级。从而求出从基态跃迁到该能级所需吸收的能量。

【解答】 解: (1) 氢原子从某一能级跃迁到 $n=2$ 的能级, 辐射光子的频率应满足:

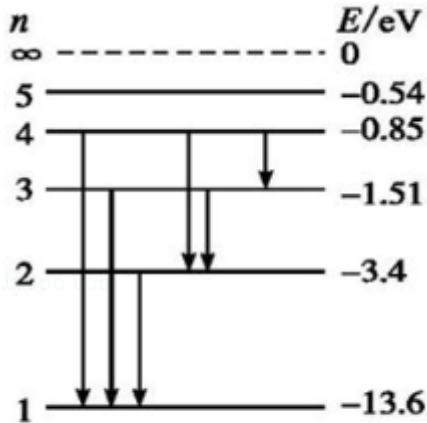
$$h\nu = E_n - E_2 = 2.55 \text{ eV}$$

$$E_n = h\nu + E_2 = -0.85 \text{ eV} \text{ 所以, } n' = 4$$

基态氢原子要跃迁到 $n=4$ 的能级, 应提供的能量为

$$\Delta E = E_4 - E_1 = 12.75 \text{ eV}.$$

(2) 该能量后的氢原子可能的辐射跃迁图，如图所示：



故答案为：(1) 12.75； (2) 跃迁图如上图所示。

【点评】解决本题的关键知道能级间跃迁吸收或辐射的光子能量等于两能级间的能级差，即 $E_m - E_n = h\nu$ 。

三.计算题：(本题共 2 个小题，共 22 分.要求写出必要的答题过程.)

22. (12 分) 用速度大小为 v 的中子轰击静止的锂核 (${}^6_3\text{Li}$)，发生核反应后生成氚核和 α 粒子，生成的氚核速度方向与中子的初速度方向相反，氚核与 α 粒子的速度之比为 7:8. 中子的质量为 m ，质子的质量可近似看做 m ，光速为 c 。

- (1) 写出核反应方程；
- (2) 求氚核和 α 粒子的速度大小；
- (3) 若核反应过程中放出的核能全部转化为 α 粒子和氚核的动能，求出质量亏损。

【分析】(1) 根据质量数和电荷数守恒，书写核反应方程；
 (2) 根据动量守恒定律求解氚核的速度；
 (3) 求出质量亏损，再根据爱因斯坦质能方程求解核反应释放出的能量。

【解答】解：

(1) 根据质量与电荷数守恒，则有：
$${}_0^1\text{n} + {}_3^6\text{Li} \rightarrow {}_1^3\text{H} + {}_2^4\text{He};$$

(2) 由动量守恒定律得 $m_n v = -m_H v_1 + m_{\text{He}} v_2$;

由题意得 $v_1 : v_2 = 7 : 8$

解得：
$$v_1 = \frac{7}{11}v, \quad v_2 = \frac{8}{11}v$$

(3) 氦核和 α 粒子的动能之和为

$$E_k = \frac{1}{2} \times 3mv^2 + \frac{1}{2} \times 4mv^2 = \frac{403}{242}mv^2$$

释放的核能为

$$\Delta E = E_k - E_{kn} = \frac{403}{242}mv^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{141}{121}mv^2;$$

由爱因斯坦质能方程得，质量亏损为

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{141mv^2}{121c^2};$$

答：(1) 核反应方程 ${}_0^1n + {}_3^6\text{Li} \rightarrow {}_1^3\text{H} + {}_2^4\text{He};$

(2) 氦核和 α 粒子的速度大小分别为： $v_1 = \frac{7}{11}v$ ， $v_2 = \frac{8}{11}v$;

(3) 则质量亏损 $\frac{141mv^2}{121c^2}$.

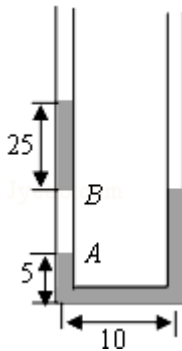
【点评】核反应遵守两大基本规律：能量守恒定律和动量守恒定律。注意动量守恒定律的矢量性。

23. (10分) 如图所示，两端开口、粗细均匀的长直 U 形玻璃管内由两段水银柱封闭着长度为 15cm 的空气柱，气体温度为 300K 时，空气柱在 U 形管的左侧。

(i) 若保持气体的温度不变，从左侧开口处缓慢地注入 25cm 长的水银柱，管内的空气柱长为多少？

(ii) 为了使空气柱的长度恢复到 15cm，且回到原位置，可以向 U 形管内再注入一些水银，并改变气体的温度，应从哪一侧注入长度为多少的水银柱？气体的温度变为多少？

(大气压强 $P_0 = 75\text{cmHg}$ ，图中标注的长度单位均为 cm)



【分析】(1) 由于下面的一部分水银柱总长只有 45cm，所以在左侧缓慢加入 25cm 长水银柱后，左侧竖直管中只可能保留 45cm 长的水银柱。分析封闭气体的初态和末态的压强

和体积，由玻意耳定律列方程求解稳定时管内的空气柱长度。

(2) 再从右侧加 25cm 高的水银柱可以使空气柱回到 A、B 之间；根据理想气体状态方程列式求解即可。

【解答】解：(i) 由于气柱上面的水银柱的长度是 25cm，所以右侧水银柱的液面的高度比气柱的下表面高 25cm，所以右侧的水银柱的总长度是 $25+5=30\text{cm}$ ，试管的下面与右侧段的水银柱的总长 45cm，所以在左侧注入 25cm 长的水银后，设有长度为 x 的水银处于底部水平管中，则 $50 - x = 45$

解得 $x = 5\text{cm}$

即 5cm 水银处于底部的水平管中，末态压强为 $75 + (25+25) - 5 = 120\text{cmHg}$ ，由玻意耳定律

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

代入数据，解得： $L_2 = 12.5\text{cm}$

(ii) 由水银柱的平衡条件可知需要也向右侧注入 25cm 长的水银柱才能使空气柱回到 A、B 之间。

这时空气柱的压强为：

$$P_3 = (75+50) \text{cmHg} = 125\text{cmHg}$$

由查理定律，有：
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_3}{T_3}$$

解得 $T_3 = 375\text{K}$

答：(1) 管内空气柱长度为 12.5cm；

(2) 应从右侧管口注入 25cm 的水银柱，气体的温度变为 375K。

【点评】本题是玻意耳定律和查理定律的综合应用，容易产生的错误就是认为左管中水银的长度为 50cm。