



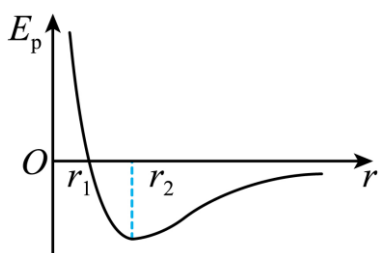
2023 北京人大附中翠微学校高二（上）期末

物 理（选考）

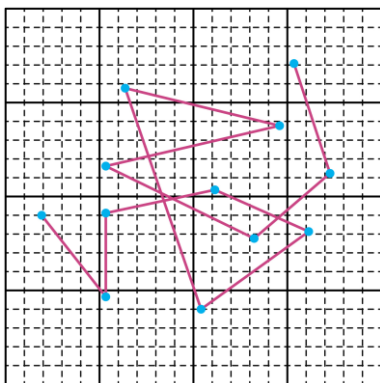
第I卷（共 48 分）

一、单项选择题（本题共 10 小题，每题 3 分，共计 30 分。在每小题的选项中有且只有一个符合题意。）

- 在人类对微观世界进行探索的过程中, 科学实验起到了非常重要的作用. 下列说法符合历史事实的是
 - 汤姆逊通过阴极射线在电场和磁场中的偏转实验, 发现了阴极射线是由带负电的粒子组成的, 并测出了该粒子的比荷. 密立根通过油滴实验测出了基本电荷的数值
 - 贝克勒尔通过对天然放射现象的研究, 发现原子核由质子和中子组成
 - 居里夫妇从沥青铀矿中分离出钋(*Po*)和镭(*Ra*)两种新元素, 之后他们的女儿和女婿用实验发现了中子的存在
 - 卢瑟福通过 α 粒子散射实验证实了原子核内部存在质子
- 对于一个只有两个分子组成的系统, 其分子势能 E_p 与两分子间距离 r 的变化关系如图所示. 仅考虑两个分子之间的作用, 下列说法正确的是 ()



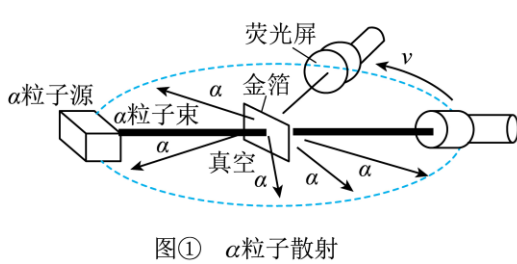
- 当 $r = r_1$ 时, 分子间的作用力为零
 - 当 $r = r_1$ 时, 分子间作用力表现为引力
 - 从 $r = r_1$ 到 $r = r_2$ 的过程中, 分子间的作用力逐渐减小
 - 从 $r = r_1$ 到 $r = r_2$ 的过程中, 分子系统的势能逐渐增大
- 1827 年, 英国植物学家布朗首先在显微镜下研究了悬浮在液体中的小颗粒的运动. 某同学做了一个类似的实验, 用显微镜观察炭粒的运动得到某个观测记录如图. 图中记录的是 ()



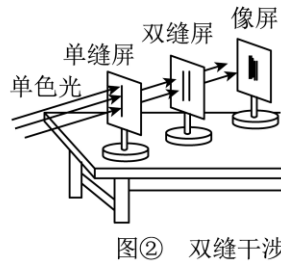


- A. 某个分子无规则运动的情况
- B. 某个微粒做布朗运动的轨迹
- C. 某个微粒做布朗运动的速度—时间图线
- D. 按相等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线

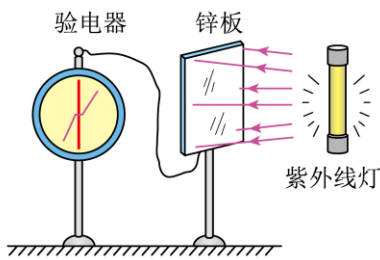
4. 关于图中四个示意图所表示的实验, 下列说法中正确的是



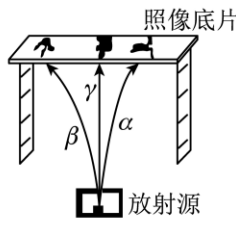
图① α 粒子散射



图② 双缝干涉



图③ 光电效应



图④ 放射线的偏转

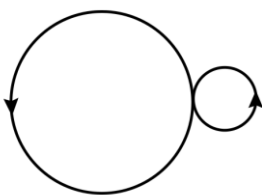
- A. 图①实验使人类第一次发现原子内部还有结构
- B. 图②实验说明光是横波
- C. 图③实验中, 从锌板射出的是光子, 它来自于原子核的内部
- D. 图④实验中所示的三种射线是从原子核内部释放的, 说明原子核有复杂的结构

5. 关于下列核反应方程的说法正确的是 ()

- A. ${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^4_2\text{He}$ 是 α 衰变方程
- B. ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ 是核裂变方程
- C. $2{}^1_1\text{H} + 2{}^1_0\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ 一定是释放核能的核反应方程
- D. ${}^4_2\text{He} + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$ 是发现中子的核反应方程

6. 如图所示, 静止的氡原子核 (${}^{222}_{86}\text{Rn}$) 在垂直于纸面的匀强磁场中, 由于衰变放出某种粒子而生成一个新的原子核, 新核和粒子的运动径迹是两个在纸面内的外切圆。已知大圆与小圆直径之比是 85:1。则

()





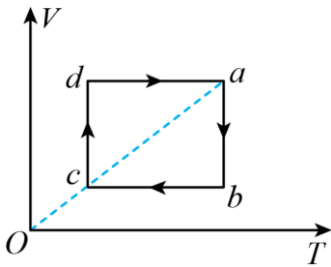
A. 该核反应方程是 ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{222}_{87}\text{Fr} + {}^0_{-1}\text{e}$

B. 该核反应方程是 ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{222}_{85}\text{At} + {}^0_1\text{e}$

C. 该核反应方程是 ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$

D. 大圆轨迹是新核的，磁场方向垂直纸面向里

7. 一定质量的理想气体，从状态 a 开始经历 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ 的循环过程，对应的 $V-T$ 图像如图所示，对角线 ac 的延长线过原点 O 。下列说法错误的是（ ）



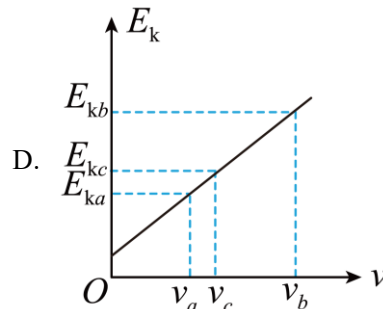
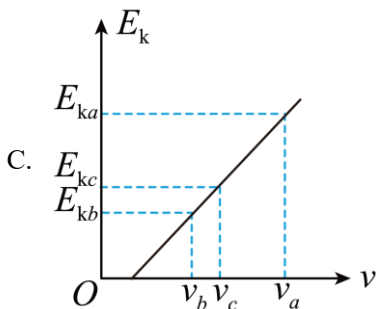
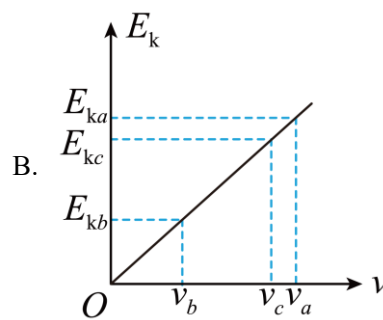
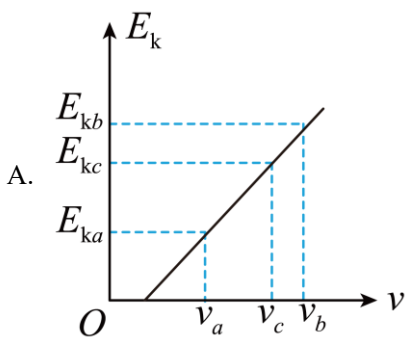
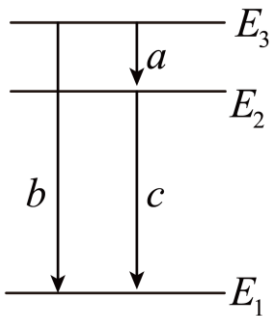
A. $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程，气体压强先增大后减小

B. $c \rightarrow d$ 过程，气体从外界吸收的热量小于气体对外界做的功

C. $d \rightarrow a$ 过程，气体分子的速率分布曲线发生变化

D. 气体分子在状态 a 单位时间内撞击器壁单位面积上的次数比在状态 c 少

8. 如图所示是氢原子的能级图， a 、 b 、 c 为原子跃迁所发出的三种频率的光。用这三种频率的光分别照射同种金属，都发生了光电效应，则关于这种金属发生光电效应时光电子的最大初动能 E_k 随入射光频率 ν 变化的图象，以及这三种频率的光产生的光电子最大初动能的大小关系，下列四个图象中描绘正确的是

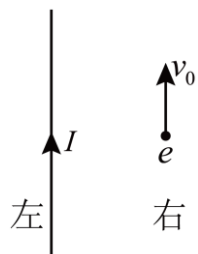




9. 以下现象不属于衍射的是 ()

- A. 白光经过狭窄的单缝得到彩色图样
- B. 白光照射肥皂膜呈现出彩色图样
- C. 光照射刀片的阴影轮廓模糊不清
- D. 光照射不透明圆盘的阴影中心出现亮斑

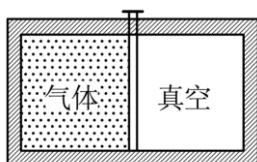
10. 初速度为 v_0 的电子沿平行于通电长直导线的方向射出, 直导线中电流方向与电子的初始运动方向如图所示, 则 ()



- A. 电子将向右偏转, 速率不变
- B. 电子将向左偏转, 速率改变
- C. 电子将向左偏转, 速率不变
- D. 电子将向右偏转, 速率改变

二、不定项选择题 (本题共 6 小题, 每小题 3 分, 共 18 分。每小题的选项中至少有一个是符合题意的。全部选对的得 3 分, 选对但不全的得 2 分, 有错选或不答的得 0 分。)

11. 关于分子动理论和热力学第二定律, 下列说法正确的是 ()



绝热气缸

- A. 拉断一根绳子需要一定大小的力, 说明分子间存在相互作用力
- B. 生产半导体器件时需要在纯净的半导体材料中掺入其他元素, 这可以在高温条件下利用分子的扩散来完成
- C. 可使热量自发地从低温物体传向高温物体
- D. 如图所示, 绝热气缸中左侧气体在隔板抽去后会自发地膨胀到右侧的真空

12. 根据玻尔的氢原子模型, 氢原子的核外电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动, 那么

- A. 若该原子由基态巧迁到激发态, 则电势能升高, 电子运动的周期增大
- B. 若该原子由激发态跃迁到基态, 则电子的轨道半径增大, 电子运动的加速度也增大
- C. 若该原子吸收光子能量而跃迁, 则原子的能级增大, 电子运动的动能减小
- D. 若该原子跃迁而向外辐射光子, 则电子形成的等效电流增大, 电子运动的线速度减小

13. 一个 ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 原子核具有天然放射性, 它经过若干次衰变, 放出 N_1 个 α 粒子和 N_2 个 β 粒子后会变成一个

${}_{84}^{216}\text{Po}$ 原子核. 下列说法中正确的是 ()

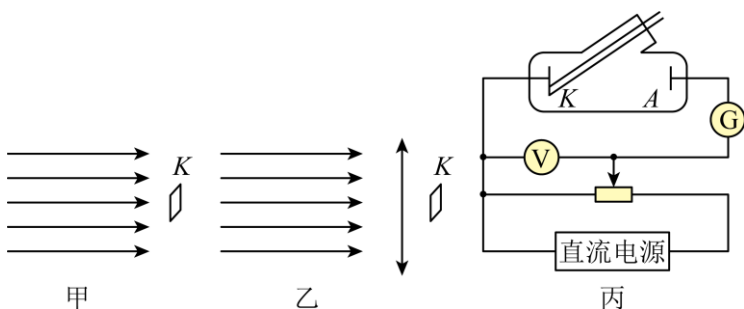
- A. ${}_{84}^{216}\text{Po}$ 核比 ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 少 16 个核子
- B. ${}_{84}^{216}\text{Po}$ 核比 Th 少 6 个中子
- C. $N_1 = 3, N_2 = 4$
- D. $N_1 = 4, N_2 = 2$

14. 下列说法中正确的是



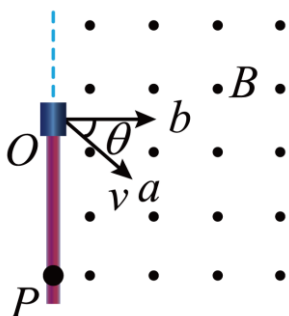
- A. 阳光下肥皂泡上的彩色条纹和雨后彩虹的形成原理是相同的
- B. 只有大量光子才具有波动性，少量光子只具有粒子性
- C. 电子衍射现象说明其具有波动性，这种波不同于机械波，它属于概率波
- D. 电子显微镜比光学显微镜的分辨率更高，是因为电子穿过样品时发生了更明显的衍射

15. 如图丙所示是研究光电效应规律的电路图，光电管的阴极 K 是由某种金属制成的一小块金属板。如图甲所示，用一大束平行紫光照射光电管的阴极 K ，能产生光电效应，测得此过程中，光电子的最大初动能为 E_1 ，单位时间产生了 n_1 个光电子，反向截止电压为 U_1 ，饱和光电流为 I_1 ；再用同一束光经凸透镜会聚后照射该光电管的阴极 K ，如图乙所示，测得该过程中光电子的最大初动能为 E_2 ，单位时间内产生了 n_2 个光电子，反向截止电压为 U_2 ，饱和光电流为 I_2 。则



- A. $E_1 = E_2$
- B. $n_1 = n_2$
- C. $U_1 < U_2$
- D. $I_1 < I_2$

16. 如图所示，两个初速度大小相同的离子 a 和 b ，按不同方向从 O 点沿垂直磁场方向进入匀强磁场，最后打到屏上同一点 P 。不计重力。下列说法正确的有（ ）



- A. a 、 b 均带正电
- B. a 、 b 均带负电
- C. a 离子的比荷一定小于 b 离子的比荷
- D. a 离子的比荷一定等于 b 离子的比荷

第II卷（共 52 分）

三、实验题（本题共 3 小题，共 14 分。把答案填在答题纸的相应横线上。）

17. 在用油膜法估测油酸分子的大小的实验中，小娜和小问同学组成的小组具体操作如下：

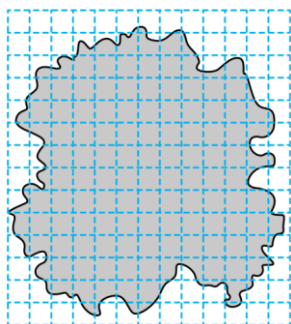
- ①取纯油酸 0.1mL 注入 500mL 的容量瓶内，然后向瓶中加入酒精，直到液面达到 500mL 的刻度为止，摇动瓶使油酸在酒精中充分溶解，形成油酸酒精溶液；
- ②用滴管吸取制得的溶液逐滴滴入量筒，记录滴入的滴数直到量筒达到 1.0mL 为止，恰好共滴了 25 滴；
- ③在边长约 30cm 的浅盘内注入约 2cm 深的水，将子粉均匀地撒在水面上，再用滴管吸取油酸酒精溶液，轻轻地向水面滴一滴油酸酒精溶液，油酸在水面上尽可能地散开，形成一层油膜，可以清楚地看出油膜轮



廓；

④待油膜形状稳定后，将事先准备好的玻璃板放在浅盘上，并在玻璃板上描下油酸膜的轮廓；

⑤将画有油酸膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上，如图所示，可以数出轮廓范围内小方格的个数，小方格的边长为 $L = 1\text{cm}$ 。



问题：

(1) 根据该小组的实验数据，估测出油酸分子直径约为_____m。(结果保留一位有效数字)

(2) 某次实验时，小娜同学滴下油酸酒精溶液后，痱子粉迅速散开形成如图所示的“锯齿”边沿图案，导致油膜没有充分展开。



①出现该图样的可能原因是_____ (选填选项前的字母代号)

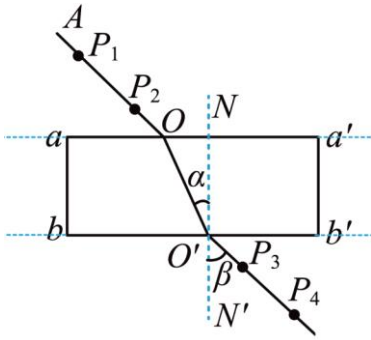
- A. 盆中装的水量太多
- B. 痱子粉撒得太多，且厚度不均匀
- C. 盆太小导致油酸无法形成单分子层

②若用此油膜作为依据进行估测，则最终的测量结果将_____ (选填“偏大”“偏小”或“无影响”)，经过评估，该小组决定重做实验。

(3) 实验中总会有各种意外，小问同学作为物理课代表，就在实验时细心地发现三位同学各发生了一个操作失误，导致最后所测分子直径的偏大的是_____ (选填选项前的字母代号)

- A. 甲同学在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致油酸酒精溶液的实际浓度比计算值小
- B. 乙同学在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液体积后，不小心拿错了一个注射器取一溶液滴在水面上，这个拿错的注射器的针管比原来的粗
- C. 丙同学计算油膜面积时，把凡是半格左右的油膜都算成了一格

18. 如图所示，某同学在“测定玻璃的折射率”的实验中，先将白纸平铺在木板上并用图钉固定，玻璃砖平放在白纸上，然后在白纸上确定玻璃砖的界面 aa' 和 bb' 。O 为直线 AO 与 aa' 的交点。在直线 OA 上竖直地插上 P_1 、 P_2 两枚大头针。

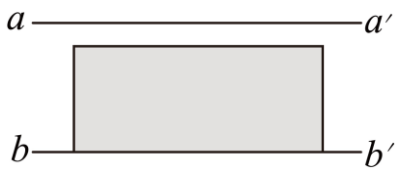


(1) 该同学接下来要完成的必要步骤有_____

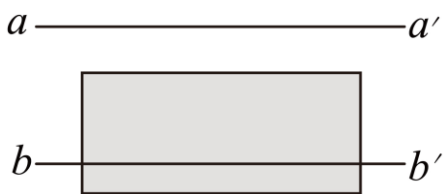
- A. 插上大头针 P_3 ，使 P_3 仅挡住 P_2 的像
- B. 插上大头针 P_3 ，使 P_3 挡住 P_1 的像和 P_2 的像
- C. 插上大头针 P_4 ，使 P_4 仅挡住 P_3
- D. 插上大头针 P_4 ，使 P_4 挡住 P_3 和 P_1 、 P_2 的像

(2) 过 P_3 、 P_4 作直线交 bb' 于 O' ，过 O' 作垂直于 bb' 直线 NN' ，连接 OO' 。测量图中角 α 和 β 的大小。则玻璃砖的折射率 $n = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 如图所示，该同学在实验中将玻璃砖界面 aa' 和 bb' 的间距画得过宽。若其他操作正确，则折射率的测量值_____准确值（选填“大于”、“小于”或“等于”）。

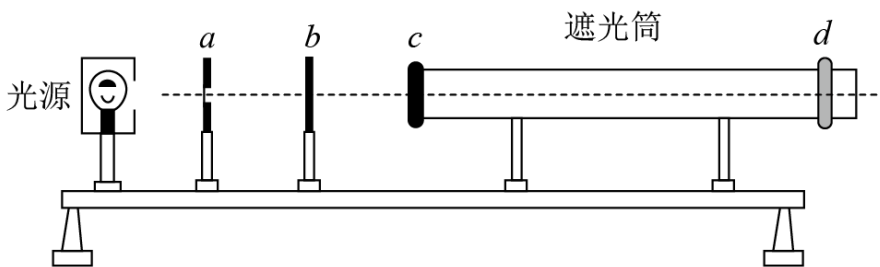


(4) 另一位同学准确地画好玻璃砖的界面 aa' 和 bb' 后，实验过程中不慎将玻璃砖向下平移了一些，如图所示，而实验的其他操作均正确，则折射率的测量值_____准确值（选填“大于”、“小于”或“等于”）。



19. 在“用双缝干涉测光的波长”的实验中

(1) 如图所示，光具座上放置的光学元件有光源、遮光筒和其他元件，其中 a 、 b 、 c 、 d 各元件的名称依次是下列选项中的_____



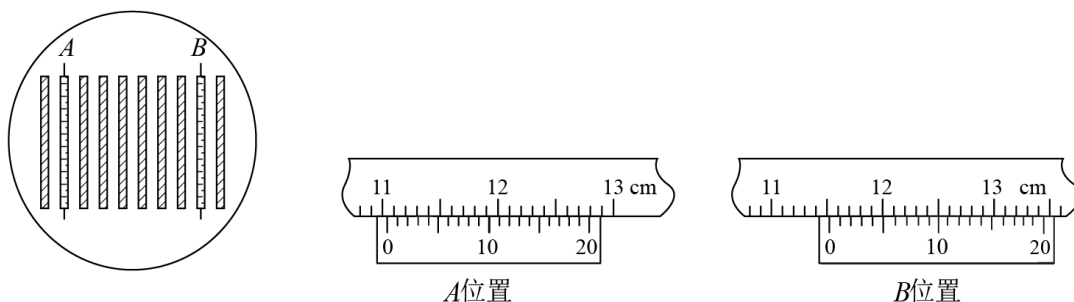


- A. a 单缝 b 滤光片 c 双缝 d 光屏
- B. a 单缝 b 双缝 c 滤光片 d 光屏
- C. a 滤光片 b 单缝 c 双缝 d 光屏
- D. a 滤光片 b 双缝 c 单缝 d 光屏

(2) 以下哪些操作能够增大光屏上相邻两条亮纹之间的距离_____

- A. 将红色滤光片改 绿色滤光片
- B. 增大双缝之间的距离
- C. 增大图中的 b 和 d 之间的距离
- D. 增大图中的 c 和 d 之间的距离

(3) 已知该装置中双缝间距 $d=0.36\text{mm}$ ，双缝到光屏的距离 $L=0.40\text{m}$ ，在光屏上得到的干涉图样如图所示，分划板在 A 位置时游标卡尺如图所示，在 B 位置时游标卡尺如图所示，则 B 位置的示数为_____mm；由以上所测数据可以得出形成此干涉图样的单色光的波长为_____nm（计算结果保留三位有效数字）。



四、计算题（本大题共 4 小题，共 38 分。写出必要的文字说明、重要的方程及关键的演算步骤。有数值计算的题，答案必须明确写出数值和单位。）

20. 太阳现正处于主序星演化阶段。它主要是由电子和 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ 等原子核组成。维持太阳辐射的是它内部的核聚变反应,这些核能最后转化为辐射能。现将太阳内部的核聚变反应简化为 4 个氢核(${}^1_1\text{H}$)聚变成氦核(${}^4_2\text{He}$),同时放出两个正电子(${}^0_1\text{e}$)。已知光速 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$,氢核质量 $m_p =1.6726\times 10^{-27}\text{ kg}$,氦核质量 $m_a =6.6458\times 10^{-27}\text{ kg}$,正电子质量 $m_e =0.91\times 10^{-30}\text{ kg}$ 。要求计算结果保留一位有效数字。则:

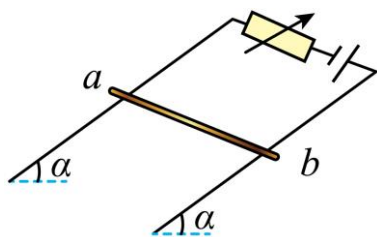
- (1)请写出题中所述核聚变的核反应方程;
- (2)求每发生一次题中所述的核聚变反应所释放的核能。
- (3)已知地球的半径 $R=6.4\times 10^6\text{ m}$,日地中心距离 $r=1.5\times 10^{11}\text{ m}$,忽略太阳的辐射能从太阳到地球的能量损失,每秒钟地球表面接收到的太阳辐射的总能量为 $P=1.8\times 10^{17}\text{ J}$,求每秒钟太阳辐射的电子个数。

21. 如图所示,宽为 l 的光滑固定导轨与水平面成 α 角,质量为 m 的金属杆 ab (电阻不计)水平放置在导轨上,空间存在竖直向上的匀强磁场,磁感应强度为 B 。电源的内阻为 r ,当变阻器接入电路的阻值为 R 时,金属杆恰好能静止在导轨上。重力加速度用 g 表示。求:

- (1)画出沿 $b\rightarrow a$ 方向视角观察到的导体棒的受力图;

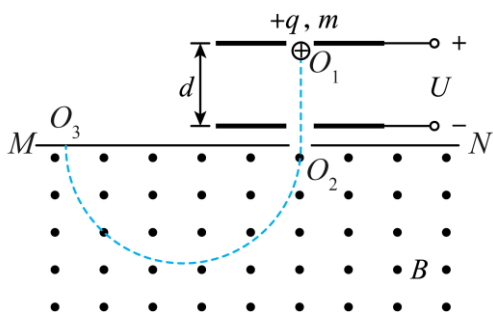


- (2) 金属杆静止时受到的安培力的大小 F_B ;
- (3) 电源的电动势;
- (4) 若保持其它条件不变, 仅改变匀强磁场的方向, 求由静止释放的瞬间, 金属杆可能具有的沿导轨向上的最大加速度 a 。



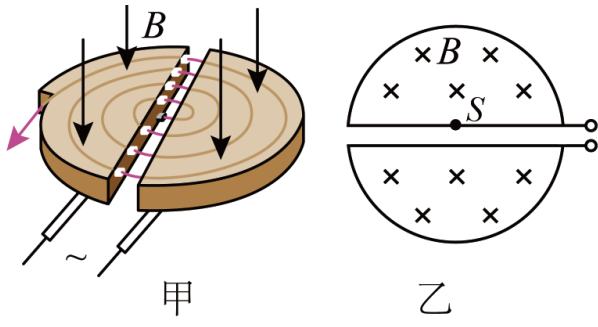
22. 如图所示, 两平行金属板间距为 d , 电势差为 U , 板间电场可视为匀强电场; 金属板下方有一垂直于纸面向外, 磁感应强度为 B 的匀强磁场。带电量为 $+q$ 、质量为 m 的粒子, 由静止开始从正极板的 O_1 点出发, 经电场加速后射出, 并从 O_2 点沿垂直于荧光屏 MN 和磁场的方向进入磁场, 做匀速圆周运动打到荧光屏 MN 的 O_3 点。忽略重力的影响, 求:

- (1) 匀强电场场强 E 的大小;
- (2) 粒子从电场射出时速度 v 的大小;
- (3) 粒子在磁场中做匀速圆周运动的 O_2 、 O_3 间距离 S 。
- (4) 粒子从 O_1 点进入电场开始至打到 O_3 点的总时间 t 。



23. 在高能物理研究中, 回旋加速器起着重要作用, 如图甲为它的示意图。它由两个中空的半径为 R 的半圆铝制 (D 型) 扁盒组成, 两个 D 形盒正中间开有一条窄缝。两个 D 型盒处在匀强磁场中并接有高频交变电压。图乙为俯视图, 在 D 型盒上半面中心 A 处有一正离子源, 它发出的正离子, 经狭缝电压加速后, 进入 D 型盒中。在磁场力的作用下运动半周, 再经狭缝电压加速。如此周而复始, 最后到达 D 型盒的边缘, 获得最大速度, 由导出装置导出。已知正离子的电荷量为 q , 质量为 m , 加速时电极间电压大小为 U , 磁场的磁感应强度为 B 。每次在电场中。加速的时间很短, 可以忽略。正离子从离子源出发时的初速度为零, 重力不计。

- (1) 为了使正离子每经过窄缝都被加速, 求交变电压的频率 f ;
- (2) 求正离子能获得的最大动能 E_k ;
- (3) 求正离子从静止开始加速到出口处所需 时间 t 。





参考答案

第I卷（共48分）

一、单项选择题（本题共10小题，每题3分，共计30分。在每小题的选项中有且只有一个符合题意。）

1. 【答案】A

【解析】

【详解】汤姆逊通过阴极射线在电场和磁场中的偏转实验，发现了阴极射线是由带负电的粒子组成的，并测出了该粒子的比荷。密立根通过油滴实验测出了基本电荷的数值，选项A正确；贝克勒尔发现了天然放射性现象，但没有发现原子中存在原子核，以及原子核的组成；故B错误。居里夫妇从沥青铀矿中分离出钋（Po）和镭（Ra）两种新元素，之后查德威克用实验发现了中子的存在，故C错误；卢瑟福通过 α 粒子散射实验，提出了原子核式结构模型；而卢瑟福 α 粒子轰击氮核，证实了在原子核内存在质子，故D错误；故选A。

2. 【答案】C

【解析】

【详解】A. 分子势能最小时，分子间的作用力为零，当 $r = r_2$ 时，分子间的作用力为零，故A错误；
B. 当 $r = r_1$ 时，分子间距离小于 r_2 ，分子间的作用力表现为斥力，故B错误；
C. 从 $r = r_1$ 到 $r = r_2$ 的过程中，分子间距离从小于平衡位置到平衡位置，分子间的作用力逐渐减小，故C正确；
D. 从 $r = r_1$ 到 $r = r_2$ 的过程中，分子间作用力表现为斥力，分子力做正功，分子系统的势能逐渐减小，故D错误。
故选C。

3. 【答案】D

【解析】

【详解】A. 布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动，而非分子的运动，故A错误；
B. 布朗运动既然是无规则运动，所以微粒没有固定的运动轨迹，故B错误；
C. 对于某个微粒而言在不同时刻的速度大小和方向均是不确定的，所以无法确定其在某一个时刻的速度，也就无法描绘其速度-时间图线，故C错误；
D. 该图记录的是按等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线，故D正确。
故选D。

4. 【答案】D

【解析】

【分析】少数 α 粒子发生了较大偏转，说明原子的质量绝大部分集中在很小空间范围；天然放射现象说明原子核有复杂的结构。



【详解】少数 α 粒子发生了较大偏转，说明原子的几乎全部质量和所有正电荷主要集中在很小的核上，否则不可能发生大角度偏转。故 A 错误。双缝干涉现象说明了光的波动性，不能说明光的横波。故 B 错误。光电效应实验说明了光具有粒子性，从锌板射出的是电子，它来自于原子的核外电子。故 C 错误。三种射线是从原子核内部释放的，说明原子核有复杂的结构。故 D 正确。故选 D。

5. 【答案】C

【解析】

【分析】

【详解】A. α 衰变是单个原子核放出 α 粒子，该反应不符合此特征，因此不是 α 衰变方程，选项 A 错误；

B. ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$ 是 α 衰变方程，选项 B 错误；

C. $2{}_1^1\text{H} + 2{}_0^1\text{n} \rightarrow {}_2^4\text{He}$ 是轻核聚变方程，该核反应释放核能，选项 C 正确；

D. 查德威克发现中子的核反应用 α 粒子轰击铍核，选项 D 错误。

故选 C。

6. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 设新核和粒子的质量分别为 m_1 、 m_2 ，速度大小分别为 v_1 、 v_2 ，电荷量分别为 q_1 、 q_2 。新核做圆周运动过程中洛伦兹力提供向心力

$$q_1 v_1 B = \frac{m_1 v_1^2}{r_1}$$

则新核做圆周运动的半径为

$$r_1 = \frac{m_1 v_1}{q_1 B}$$

同理可得，粒子做圆周运动的半径为

$$r_2 = \frac{m_2 v_2}{q_2 B}$$

静止的氦原子核由于衰变放出某种粒子而生成一个新的原子核的过程动量守恒，则有

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

联立可得

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{85}$$

由上述分析可知，轨迹半径与电荷量成反比，故小圆轨迹是新核的，大圆轨迹是粒子的，新核与粒子受力方向相反，速度方向也相反，由左手定则可知，新核与粒子电性相同，故二者均带正电，且电荷量之比为 85:1，故 AC 错误，B 正确；

D. 由上述分析可知，小圆轨迹是新核的，大圆轨迹是粒子的。因为新核与粒子均带正电，由左手定则可知，磁场方向垂直纸面向里，D 错误。



故选 B。

7. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 由图示图象可知，从 a 到 b 过程气体温度不变而体积减小，由玻意耳定律可知，气体压强增大，从 b 到 c 过程气体体积不变而温度降低，由查理定律可知，气体压强减小，因此从 a 到 b 再到 c 过程气体的压强先增大后减小，A 正确，不符合题意；

B. cd 过程气体的温度不变，气体内能不变，气体体积增大，气体对外做功，由热力学第一定律可知， cd 过程气体从外界吸收的热量等于气体对外做的功，B 错误，符合题意；

C. $d \rightarrow a$ 过程，气体的体积不变，温度升高，内能增大，则气体分子的速率分布曲线发生变化，C 正确，不符合题意；

D. 由理想气体状态方程

$$\frac{pV}{T} = C$$

可知，则有

$$V = \frac{C}{p} T$$

由图像可知，从 a 到 c 过程，气体的 V 与 T 成正比，则气体的压强不变，状态 a 的温度比状态 c 的温度高，状态 a 气体分子平均动能大于状态 c 气体分子平均动能，状态 a 的体积大于状态 c 的体积，状态 a 气体分子密度大于状态 c 的分子数密度，由于 a 、 c 两状态压强相等，因此状态 a 与状态 c 相比较，气体分子在状态 a 单位时间内撞击器壁单位面积上的次数较少，D 正确，不符合题意。

故选 B。

8. 【答案】A

【解析】

【分析】根据玻尔理论分析氢原子发出三种频率不同的光的频率关系。从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 所发出的光能量最大，金属表面所发出的光电子的初动能最大，根据爱因斯坦光电效应方程求出初动能的最大值关系。

【详解】这群氢原子能发出三种频率不同的光，根据玻尔理论 $\Delta E = E_m - E_n$ ($m > n$) 得知，从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 所发出的光能量最大，由 $E = h\nu$ 得知，频率最高，而从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 所发出的光能量最小，频率最小。所以： $\gamma_b > \gamma_c > \gamma_a$ ；根据光电效应方程，电子的最大初动能： $E_{km} = h\nu - h\nu_0$ ，其中 ν_0 为该金属的截止频率，所以： $E_{kb} > E_{kc} > E_{ka}$ 。比较四个图象可知，A 正确，BCD 错误。故选 A。

【点睛】本题是玻尔理论、光子的能量、爱因斯坦光电效应方程的综合，关键掌握能级的跃迁放出光子或吸收光子的能量满足 $h\nu = E_m - E_n$ 。

9. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 白光照射单缝后，在光屏上出现彩色条纹是光的衍射现象，A 错误；

B. 白光照射肥皂膜呈现彩色图样是光的薄膜干涉现象，B 正确；

C. 光照射刀片的阴影轮廓模糊不清是光的衍射造成的，C 错误；



D. 白光照射不透明的小圆盘，在圆盘阴影中心出现一个亮斑是光的衍射现象造成的，D 错误。

故选 B。

10. 【答案】A

【解析】

【详解】由安培定则可判定直线电流右侧磁场的方向为垂直纸面向里，根据左手定则可判定电子所受洛伦兹力向右，即向右偏转；

由于洛伦兹力不做功，则电子动能不变，速率不变。故 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

二、不定项选择题（本题共 6 小题，每小题 3 分，共 18 分。每小题的选项中至少有一个是符合题意的。全部选对的得 3 分，选对但不全的得 2 分，有错选或不答的得 0 分。）

11. 【答案】ABD

【解析】

【详解】A. 拉断一根绳子需要一定大小的力，说明分子间存在相互作用力，故 A 正确；

B. 利用分子的扩散可以在高温条件下在纯净的半导体材料中掺入其他元素，故 B 正确；

C. 由热力学第二定律可知，热量不可能自发地从低温物体传向高温物体，故 C 错误；

D. 绝热气缸中左侧气体在隔板抽去后会自发地膨胀到右侧的真空，故 D 正确。

故选 ABD。

12. 【答案】AC

【解析】

【分析】根据库仑定律求出原子核与核外电子的库仑力。根据原子核对电子的库仑力提供向心力，由牛顿第二定律求出角速度，加速度，周期，线速度进行比较。

【详解】根据原子核对电子的库仑力提供向心力，由牛顿第二定律得： $\frac{ke^2}{r^2} = ma = m\frac{4\pi^2 r}{T^2} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r}$ ，

可得 $a = \frac{ke^2}{mr^2}$ ，且 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 mr^3}{ke^2}}$ ， $v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$ ；若该原子由基态跃迁到激发态，则半径增大，电场力做负功，电势能变大，周期也增大，故 A 正确；若该原子由激发态跃迁到基态，则半径减小，加速度增大，故 B 错误；若该原子吸收光子能量而跃迁，则半径越大，线速度越小，电子运动的动能减小，而原子的能级增大，故 C 正确；若该原子跃迁而向外辐射光子，则半径增大，周期变大，根据 $i = \frac{e}{T}$ 可知，电子形成的等效电流减小，线速度也减小，故 D 错误。故选 AC。

【点睛】能够根据题意找出原子核与核外电子的库仑力提供向心力，并列等式求解。对于等效环形电流，以一个周期为研究过程求解。

13. 【答案】AD

【解析】

【详解】A、核子数等于质量数，可知 ${}_{84}^{216}\text{Po}$ 核比 ${}_{90}^{232}\text{Th}$ 少 16 个核子，故 A 正确。



B、 $^{216}_{84}\text{Po}$ 核的中子数为132， $^{232}_{90}\text{Th}$ 核的中子数为142，可知 $^{216}_{84}\text{Po}$ 核比 $^{232}_{90}\text{Th}$ 少10个中子，故B错误。

CD、整个过程中，电荷数少6，质量数少16，根据 $4N_1=16$ ， $2N_1-N_2=6$ 知， $N_1=4$ ， $N_2=2$ ，故C错误，D正确。

14. 【答案】C

【解析】

【分析】光的干涉、衍射、多普勒等说明光具有波动性，光电效应和康普顿效应说明光具有粒子性，即光是波动性与粒子性的统一，波是概率波。

【详解】雨后天边出现彩虹是光的色散，肥皂泡上的彩色条纹是肥皂泡内外两个表面反射回的光发生干涉形成的，叫薄膜干涉。故A错误；由于光具有波动性，又具有粒子性，单个光子即具有粒子性也具有波动性，只是大量的光子波动性比较明显，个别光子粒子性比较明显；故B错误；电子的衍射现象说明其具有波动性，这种波不同于机械波，它属于概率波，故C正确；电子显微镜分辨率比光学显微镜更高，是因为它利用了电子物质波的波长比可见光短，因此不容易发生明显衍射。故D错误；故选C。

【点睛】光的波粒二象性是指光波同时具有波和粒子的双重性质，但有时表现为波动性，有时表现为粒子性。个别光子的作用效果往往表现为粒子性；大量光子的作用效果往往表现为波动性。

15. 【答案】AD

【解析】

【分析】根据动能定理求光电子的最大初速度，根据爱因斯坦光电效应方程求金属的逸出功和普朗克常量h。

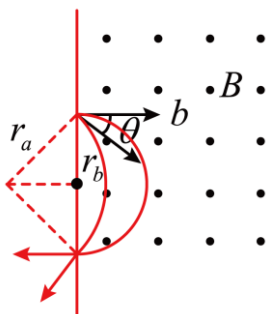
【详解】由题目可知，一大束光经凸透镜会聚后光束变细，然后照射该光电管的阴极K时，进入光电管的光的强度增大；根据爱因斯坦光电效应方程得： $E_{km}=h\nu-W$ ，可知光电子的最大初动能与光的强度无关，所以： $E_1=E_2$ 。故A正确；进入光电管的光的强度增大，则单位时间内产生的光电子的数目增加，所以 $n_1 < n_2$ 。故B错误。由动能定理得： $E_{km}=eU$ ，光电子的最大初动能相等，所以两种情况下的截止电压也是相等的，即 $U_1=U_2$ 。故C错误；单位时间内产生的光电子的数目增加，则饱和光电流增大，即 $I_1 < I_2$ 。故D正确。故选AD。

16. 【答案】AC

【解析】

【详解】AB. 两粒子向下偏转，由左手定则可知， a 、 b 均带正电，A正确，B错误；

CD. 两粒子的运动轨迹如图



粒子做圆周运动，洛伦兹力充当向心力



$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

解得

$$r = \frac{mv}{qB}$$

由几何关系可知

$$r_a > r_b$$

故

$$\frac{q_a}{m_a} < \frac{q_b}{m_b}$$

C 正确，D 错误。

故选 AC。

第II卷（共 52 分）

三、实验题（本题共 3 小题，共 14 分。把答案填在答题纸的相应横线上。）

17. 【答案】 ①. 7×10^{-10} ②. B ③. 偏大 ④. A

【解析】

【详解】(1)[1]依题意，一滴纯油酸的体积为

$$V = \frac{0.1}{500} \times \frac{1}{25} \times 1\text{mL}$$

单层油酸分子油膜的面积为

$$S = 107 \times 1 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

油酸分子直径约为

$$d = \frac{V}{S} = 7 \times 10^{-10} \text{m}$$

(2)[2]出现该图样的可能原因是痱子粉撒得太多，且厚度不均匀。

故选 B。

[3]依题意，油膜没有充分展开，对应的油膜面积偏小，根据

$$d = \frac{V}{S}$$

可知，最终的测量结果将偏大；

(3)[4]A. 甲同学在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒多了一点，导致油酸浓度比计算值小了一些，算出的一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积比实际值大，由

$$d = \frac{V}{S}$$

可得最后所测分子直径的偏大。故 A 正确；

B. 乙同学在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液体积后，不小心拿错了一个注射器取一溶液滴在水面



上，这个拿错的注射器的针管比原来的粗，一滴油酸酒精溶液的实际体积变大，一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积变大，对应的油膜面积 S 变大，但体积 V 还是按原来的细的算的，由

$$d = \frac{V}{S}$$

可得最后所测分子直径的偏小。故 B 错误；

C. 丙同学计算油膜面积时，把凡是半格左右的油膜都算成了一格，计算出的油膜的面积 S 变大，由

$$d = \frac{V}{S}$$

可得最后所测分子直径的偏小。故 C 错误。

故选 A。

18. 【答案】 ①. BD ②. $\frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ ③. 小于 ④. 等于

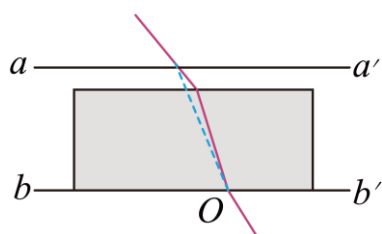
【解析】

【详解】(1) [1]光沿直线传播，两点确定一条直线，让 P_3 同时挡住 P_1 、 P_2 的像，保证入射光线是唯一的且过 P_1 、 P_2 ，同理使 P_4 挡住 P_3 和 P_1 、 P_2 的像，保证从玻璃板出来的光线是唯一的且过 P_3 、 P_4 ，最后使四个点在同一条光线的传播路径上。AC 错误，BD 正确。

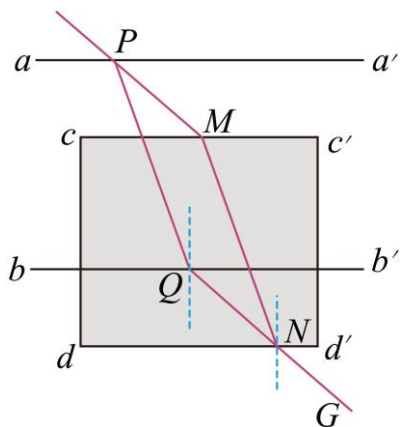
(2) [2] 玻璃砖的折射率是光由真空（本实验为空气）射入玻璃发生折射时的入射角正弦与折射角正弦之比，所以

$$n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

(3) [3]如下图做出实际光路图（实线），和误操作后的测量光路图（虚线），则在 O 点光由空气射向玻璃时，误操作后的折射角偏大，根据第（2）问的分析知，折射率的测量值小于准确值



(4) [4]如下图，实际光路图为 $PMNG$ ，测量光路图为 $PQNG$ ，根据折射定律知， PM 平行于 QNG ，且 M 点到 aa' 的距离等于 N 点到 bb' 的距离，所以四边形 $PMNQ$ 为平行四边形，则折射率的测量值等于准确值。



19. 【答案】 ①. (1) C, ②. (2) D, ③. (3) 115.50 ④. 553.553.

【解析】

【分析】 (1) 为获取单色线光源，在光屏上产生干涉图样，白色光源后面要有滤光片、单缝、双缝、遮光筒和光屏.

(2) 根据双缝干涉条纹的间距公式，判断条纹间距变大的方法.

(3) 游标卡尺的读数等于主尺读数加上游标读数，不需估读，根据 A、B 间的距离得出相邻的条纹间距，结合条纹间距公式求出单色光的波长.

【详解】 (1) 为了获取单色的线光源，光源后面应放置滤光片、单缝，单缝形成的相干线性光源经过双缝产生干涉现象，因此，a、b、c、d 元件依次为：滤光片、单缝、双缝和光屏. 故选 C;

(2) 双缝干涉的条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ ，将红色滤光片改为绿色滤光片，波长变小，则双缝干涉条纹的间距变小，故 A 错误. 增大双缝之间的距离，条纹间距变小，故 B 错误. 增大双缝与光屏间的距离，即增大 c 和 d 的距离，L 增大，双缝干涉条纹间距变大，故 C 错误，D 正确. 故 D.

(3) B 位置的读数为 $115\text{mm} + 0.05 \times 10\text{mm} = 115.50\text{mm}$. A 位置的读数为 $111\text{mm} + 0.05 \times 4\text{mm} = 111.20\text{mm}$ ，则

$$\Delta x = \frac{115.50 - 111.20}{7} \text{ mm} = 0.614\text{mm}, \quad \text{根据 } \Delta x = \frac{L}{d} \lambda \text{ 得,}$$

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{L} = \frac{0.614 \times 10^{-3} \times 0.36 \times 10^{-3}}{0.4} \text{ m} = 5.53 \times 10^{-7} \text{ m} = 553\text{nm}.$$

【点睛】 题考查了实验装置、条纹间距公式的应用，知道双缝干涉实验的原理、熟练应用双缝干涉条纹间距公式即可正确解题.

四、计算题 (本大题共 4 小题，共 38 分。写出必要的文字说明、重要的方程及关键的演算步骤。有数值计算的题，答案必须明确写出数值和单位。)

20. 【答案】 (1) $4_1^1\text{H} \rightarrow 2_1^0\text{e} + {}_2^4\text{He}$; (2) $4.2 \times 10^{-12} \text{ J}$; (3) 3.4×10^{21} 个.

【解析】

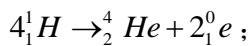
【分析】 (1) 根据质量数与质子数守恒，即可书写.

(2) 根据爱因斯坦质能方程求出发生一次核聚变反应所释放的核能.

(3) 根据 $Pt = Nh\nu$ 求出每秒内在地球上与太阳光垂直的每平方米截面上光子的个数.



【详解】(1) 根据核反应方程质量数和核电荷数守恒，则有聚变反应的核反应方程为：



(2) 根据质量亏损和质能关系，可知每发生一次该核反应释放的核能为：

$$\Delta E = (4m_p + 2m_e - m_\alpha) c^2;$$

代入数据解得： $\Delta E = 4.2 \times 10^{-12} \text{J}$;

(3) 设每秒内在地球上与太阳光垂直的每平方米截面上光子的个数为 N ,

根据题设条件可知： $E_0 = Pt = Nhy$ ；所以有： $N = \frac{Pt}{hy}$

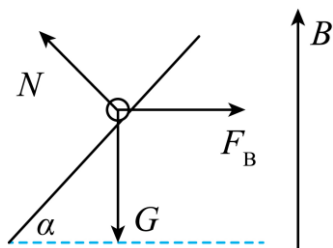
代入数据解得： $N = 3.4 \times 10^{21}$ 个

那么每秒钟太阳辐射的电子个数即为 3.4×10^{21} 个，

21. 【答案】(1) 见解析；(2) $F_B = mg \tan \alpha$ ；(3) $E = \frac{mg \tan \alpha}{lB} (R + r)$ ；(4) $a = g \tan \alpha - g \sin \alpha$

【解析】

【详解】(1) 沿 $b \rightarrow a$ 方向视角，可知电流沿 $b \rightarrow a$ 方向，匀强磁场竖直向上，根据左手定则可判断安培力方向水平向右，导体棒受力如图所示



(2) 由题意可知，金属杆所受安培力的方向水平向右，因为金属杆静止，所以合力为零，得到

$$F_B = mg \tan \alpha$$

(3) 因为

$$F_B = IlB$$

且

$$I = \frac{E}{R + r}$$

得

$$E = \frac{mg \tan \alpha}{lB} (R + r)$$

(4) 仅改变匀强磁场的方向时安培力大小不变，因此当安培力沿导轨向上的分量最大，即安培力沿导轨向上时，金属杆具有沿导轨向上的最大加速度，由

$$F_B - mg \sin \alpha = ma$$

得最大加速度

$$a = g \tan \alpha - g \sin \alpha$$



22. 【答案】(1) $E = \frac{U}{d}$; (2) $v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$; (3) $S = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}}$; (4) $t = d \sqrt{\frac{2m}{Uq}} + \frac{\pi m}{qB}$

【解析】

【详解】(1) 根据匀强电场电势差与电场强度的关系可得

$$E = \frac{U}{d}$$

(2) 根据动能定理可得

$$Uq = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$

(3) 设粒子在磁场做圆周运动的半径为 R ，根据洛伦兹力提供向心力可得

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

解得

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}}$$

故 O_2 、 O_3 间距离 S 为

$$S = 2R = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2Um}{q}}$$

(4) 设粒子在电场中做加速运动的时间为 t_1 ，则

$$d = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \frac{Uq}{dm} t_1^2$$

解得

$$t_1 = d \sqrt{\frac{2m}{Uq}}$$

设粒子在磁场中运动的时间为 t_2 ，则

$$t_2 = \frac{T}{2} = \frac{\pi R}{v} = \frac{\pi m}{qB}$$

故粒子从 O_1 点进入电场开始至打到 O_3 点的总时间为

$$t = t_1 + t_2 = d \sqrt{\frac{2m}{Uq}} + \frac{\pi m}{qB}$$

23. 【答案】(1) $f = \frac{qB}{2\pi m}$; (2) $E_k = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$; (3) $t = \frac{\pi BR^2}{2U}$



【解析】

【详解】(1) 使正离子每经过窄缝都被加速，交变电压的频率应等于离子做圆周运动的频率，正离子在磁场中做匀速圆周运动，由洛仑兹力提供向心力

$$Bqv = m \frac{v^2}{r}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

解得

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

所以

$$f = \frac{qB}{2\pi m}$$

(2) 当离子从 D 盒边缘离开时速度最大，此时离子做圆周运动的半径为 D 盒的半径，即

$$v_m = \frac{qBR}{m}$$

故离子获得的最大动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$$

(3) 根据动能定理可知正离子被电场加速一次增加的动能为

$$\Delta E_k = qU$$

则正离子加速到出口处被加速的次数为

$$n = \frac{E_k}{\Delta E_k} = \frac{qB^2R^2}{2mU}$$

正离子在磁场中运动的周期数为

$$n' = \frac{n}{2} = \frac{qB^2R^2}{4mU}$$

故正离子从静止开始加速到出口处所需的时间为

$$t = n'T = \frac{\pi BR^2}{2U}$$