

# 江苏省 2021 年普通高中学业水平选择性考试

## 物理

一、单项选择题：共 10 题，每题 4 分，共 40 分，每题只有一个选项最符合题意

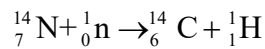
1. 用“中子活化”技术分析某样品的成分，中子轰击样品中的 ${}^{14}_7\text{N}$ 产生 ${}^{14}_6\text{C}$ 和另一种粒子 X，则 X 是（ ）

- A. 质子                      B.  $\alpha$  粒子                      C.  $\beta$  粒子                      D. 正电子

【答案】A

【解析】

【详解】该核反应方程为



可知 X 是质子。

故选 A。

2. 有研究发现，某神经细胞传递信号时，离子从细胞膜一侧流到另一侧形成跨膜电流，若将该细胞膜视为 $1 \times 10^{-8}\text{F}$ 的电容器，在 2ms 内细胞膜两侧的电势差从 $-70\text{mV}$ 变为 $30\text{mV}$ ，则该过程中跨膜电流的平均值为（ ）

- A.  $1.5 \times 10^{-7}\text{A}$                       B.  $2 \times 10^{-7}\text{A}$                       C.  $3.5 \times 10^{-7}\text{A}$                       D.  $5 \times 10^{-7}\text{A}$

【答案】D

【解析】

【详解】根据

$$Q = CU$$

可知

$$\Delta Q = C\Delta U = 10^{-8} \times (30 + 70) \times 10^{-3}\text{C} = 10^{-9}\text{C}$$

则该过程中跨膜电流的平均值为

$$I = \frac{\Delta Q}{t} = \frac{10^{-9}}{2 \times 10^{-3}}\text{A} = 5 \times 10^{-7}\text{A}$$

故选 D。

3. 我国航天人发扬“两弹一星”精神砥砺前行，从“东方红一号”到“北斗”不断创造奇迹。“北斗”第 49 颗卫星的发射迈出组网的关键一步。该卫星绕地球做圆周运动，运动周期与地球自转周期相同，轨道平面与地球赤道平面成一定夹角。该卫星（ ）

- A. 运动速度大于第一宇宙速度
- B. 运动速度小于第一宇宙速度
- C. 轨道半径大于“静止”在赤道上空的同步卫星
- D. 轨道半径小于“静止”在赤道上空的同步卫星

【答案】B

【解析】

【详解】AB. 第一宇宙速度是指绕地球表面做圆周运动的速度，是环绕地球做圆周运动的所有卫星的最大环绕速度，该卫星的运转半径远大于地球的半径，可知运行线速度小于第一宇宙速度，选项 A 错误 B 正确  
 CD. 根据

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

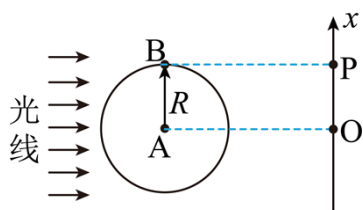
可知

$$r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

因为该卫星的运动周期与地球自转周期相同，等于“静止”在赤道上空的同步卫星的周期，可知该卫星的轨道半径等于“静止”在赤道上空的同步卫星的轨道半径，选项 CD 错误。

故选 B。

4. 如图所示，半径为  $R$  的圆盘边缘有一钉子  $B$ ，在水平光线下，圆盘的转轴  $A$  和钉子  $B$  在右侧墙壁上形成影子  $O$  和  $P$ ，以  $O$  为原点在竖直方向上建立  $x$  坐标系。 $t=0$  时从图示位置沿逆时针方向匀速转动圆盘，角速度为  $\omega$ ，则  $P$  做简谐运动的表达式为 ( )



- A.  $x = R \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
- B.  $x = R \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
- C.  $x = 2R \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$
- D.  $x = 2R \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

【答案】B

【解析】

【详解】由图可知，影子  $P$  做简谐运动的振幅为  $R$ ，以向上为正方向，设  $P$  的振动方程为

$$x = R \sin(\omega t + \varphi)$$

由图可知，当  $t=0$  时， $P$  的位移为  $R$ ，所用时间为

$$t = \frac{\pi}{\omega}$$

代入振动方程解得

$$\varphi = \frac{\pi}{2}$$

则  $P$  做简谐运动的表达式为

$$x = R \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

故 B 正确，ACD 错误。

故选 B。

5. 在光滑桌面上将长为  $\pi L$  的软导线两端固定，固定点的距离为  $2L$ ，导线通有电流  $I$ ，处于磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向下的匀强磁场中，导线中的张力为（ ）

A.  $BIL$

B.  $2BIL$

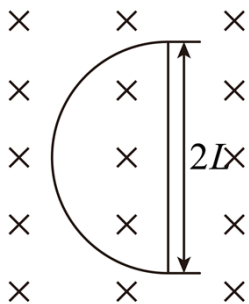
C.  $\pi BIL$

D.  $2\pi BIL$

【答案】A

【解析】

【详解】从上向下看导线的图形如图所示



导线的有效长度为  $2L$ ，则所受的安培力大小

$$F = 2BIL$$

设绳子的张力为  $T$ ，由几何关系可知

$$T = \frac{F}{2}$$

解得

$$T = BIL$$

故 A 正确，BCD 错误。

故选 A.

6. 铁丝圈上附有肥皂膜，竖直放置时，肥皂膜上的彩色条纹上疏下密，由此推测肥皂膜前后两个面的侧视形状应当是 ( )



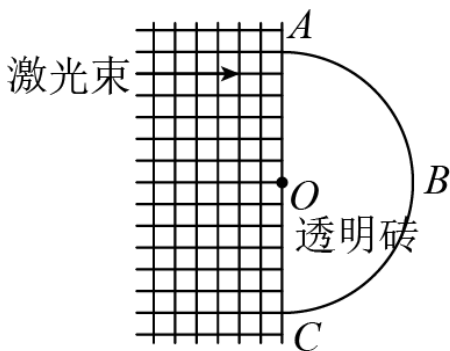
【答案】C

【解析】

【详解】薄膜干涉为前后两个面反射回来的光发生干涉形成干涉条纹，在复色光时，出现彩色条纹，由于重力作用，肥皂膜前后表面的厚度从上到下逐渐增大，从而使干涉条纹的间距上密下疏，由于表面张力的作用，使得肥皂膜向内凹陷，故 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

7. 某种材料制成的半圆形透明砖平放在方格纸上，将激光束垂直于 AC 面射入，可以看到光束从圆弧面 ABC 出射，沿 AC 方向缓慢平移该砖，在如图所示位置时，出射光束恰好消失，该材料的折射率为 ( )

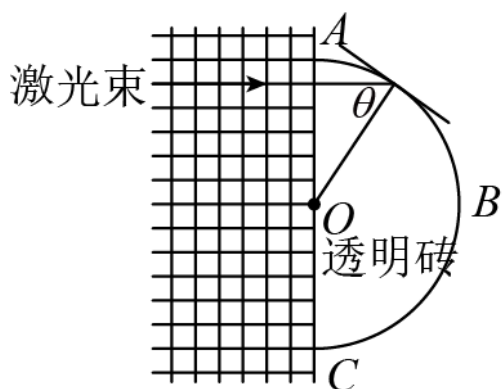


- A. 1.2                      B. 1.4                      C. 1.6                      D. 1.8

【答案】A

【解析】

【详解】画出激光束从玻璃砖射出时恰好发生全反射的入射角如图所示



全反射的条件

$$\sin \theta = \frac{1}{n}$$

由几何关系知

$$\sin \theta = \frac{5}{6}$$

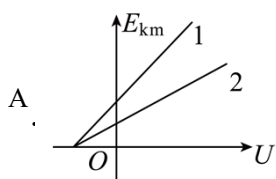
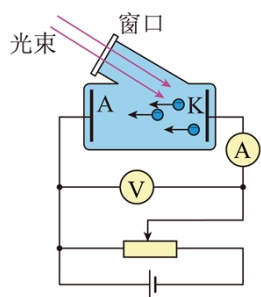
联立解得

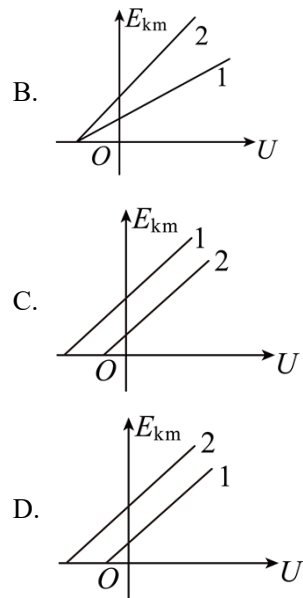
$$n = 1.2$$

故 A 正确，BCD 错误.

故选 A.

8. 如图所示，分别用 1、2 两种材料作 K 极进行光电效应探究，其截止频率  $\nu_1 < \nu_2$ ，保持入射光不变，则光电子到达 A 极时动能的最大值  $E_{km}$  随电压  $U$  变化关系的图像是 ( )





【答案】C

【解析】

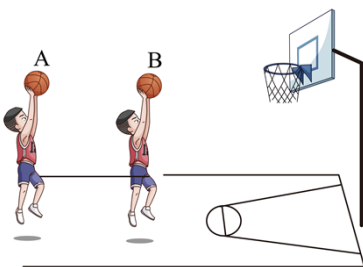
【详解】光电管所加电压为正向电压，则根据爱因斯坦光电效应方程可知光电子到达  $A$  极时动能的最大值

$$E_{km} = Ue + h\nu - h\nu_{\text{截止}}$$

可知  $E_{km} - U$  图像的斜率相同，均为  $e$ ；截止频率越大，则图像在纵轴上的截距越小，因  $\nu_1 < \nu_2$ ，则图像 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

9. 如图所示， $A$ 、 $B$  两篮球从相同高度同时抛出后直接落入篮筐，落入篮筐时的速度方向相同，下列判断正确的是（ ）



- A.  $A$  比  $B$  先落入篮筐
- B.  $A$ 、 $B$  运动的最大高度相同
- C.  $A$  在最高点的速度比  $B$  在最高点的速度小
- D.  $A$ 、 $B$  上升到某一相同高度时的速度方向相同

【答案】D

【解析】

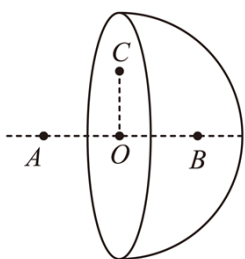
【详解】AB. 若研究两个过程的逆过程，可看做是从篮筐沿同方向斜向上的斜抛运动，落到同一高度上的  $AB$  两点，则  $A$  上升的高度较大，高度决定时间，可知  $A$  运动时间较长，即  $B$  先落入篮筐中，AB 错误；

C. 因为两球抛射角相同， $A$  的射程较远，则  $A$  球的水平速度较大，即在最高点的速度比  $B$  在最高点的速度大，C 错误；

D. 由斜抛运动的对称性可知，当  $A$ 、 $B$  上升到与篮筐相同高度时的速度方向相同，D 正确。

故选 D。

10. 一球面均匀带有正电荷，球内的电场强度处处为零，如图所示， $O$  为球心， $A$ 、 $B$  为直径上的两点， $OA = OB$ ，现垂直于  $AB$  将球面均分为左右两部分， $C$  为截面上的一点，移去左半球面，右半球面所带电荷仍均匀分布，则 ( )



- A.  $O$ 、 $C$  两点电势相等
- B.  $A$  点的电场强度大于  $B$  点
- C. 沿直线从  $A$  到  $B$  电势先升高后降低
- D. 沿直线从  $A$  到  $B$  电场强度逐渐增大

【答案】A

【解析】

【分析】

【详解】A. 由于球壳内部的场强为零，补全以后可知在右侧球壳任取一点，该点和  $C$  连线后过左半边球壳一点，两点对  $C$  的库仑力为零，即等大反向共线，将左侧沿竖直对称到右侧球面，则可以知道这两个点在  $C$  点的合场强水平向左，根据叠加原理可知  $C$  点场强向左，同理  $OC$  上都是水平向左，因此  $OC$  是等势线，故 A 正确；

BD. 将题中半球壳补成一个完整的球壳，且带电均匀，设左、右半球在  $A$  点产生的电场强度大小分别为  $E_1$  和  $E_2$ ；由题知，均匀带电球壳内部电场强度处处为零，则知

$$E_1 = E_2$$

根据对称性，左右半球在  $B$  点产生的电场强度大小分别为  $E_2$  和  $E_1$ ，且

$$E_1 = E_2$$

在图示电场中， $A$  的电场强度大小为  $E_2$ ，方向向左， $B$  的电场强度大小为  $E_1$ ，方向向左，所以  $A$  点的电场强度与  $B$  点的电场强度相同，沿直线从  $A$  到  $B$  电场强度不可能逐渐增大，故 BD 错误；

C. 根据电场的叠加原理可知，在  $AB$  连线上电场线方向向左，沿着电场线方向电势逐渐降低，则沿直线从  $A$  到  $B$  电势升高，故 C 错误；

故选 A。

**二、非选择题：共 5 题，共 60 分。其中第 12 题~第 15 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。**

11. 小明利用如图 1 所示的实验装置验证动量定理。将遮光条安装在滑块上，用天平测出遮光条和滑块的总质量  $M = 200.0\text{g}$ ，槽码和挂钩的总质量  $m = 50.0\text{g}$ 。实验时，将滑块系在绕过定滑轮悬挂有槽码的细线上。

滑块由静止释放，数字计时器记录下遮光条通过光电门 1 和 2 的遮光时间  $\Delta t_1$  和  $\Delta t_2$ ，以及这两次开始遮光的时间间隔  $\Delta t$ ，用游标卡尺测出遮光条宽度，计算出滑块经过两光电门速度的变化量  $\Delta v$ 。

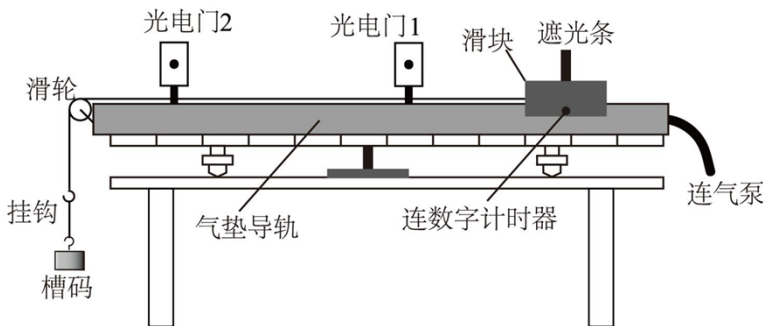


图1

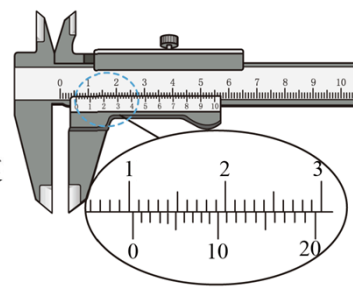
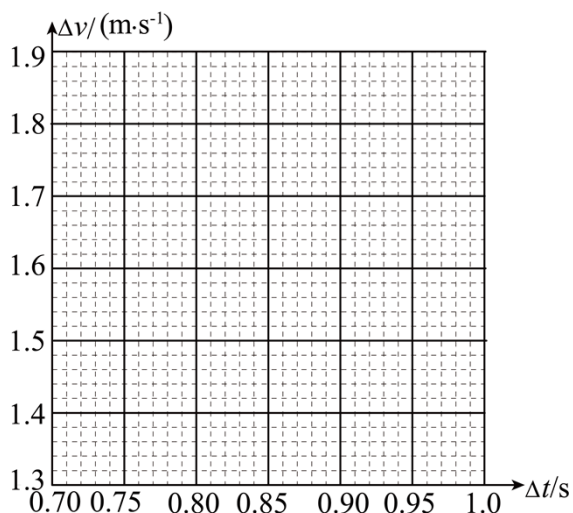


图2

(1) 游标卡尺测量遮光条宽度如图 2 所示，其宽度  $d =$  \_\_\_\_\_ mm；

(2) 打开气泵，带气流稳定后调节气垫导轨，直至看到导轨上的滑块能在短时间内保持静止，其目的是 \_\_\_\_\_；

(3) 多次改变光电门 2 的位置进行测量，得到  $\Delta t$  和  $\Delta v$  的数据如下表请根据表中数据，在方格纸上作出  $\Delta v - \Delta t$  图线\_\_\_\_\_。



$\Delta t/s$	0.721	0.790	0.854	0.913	0.968
$\Delta v/(m \cdot s^{-1})$	1.38	1.52	1.64	1.75	1.86

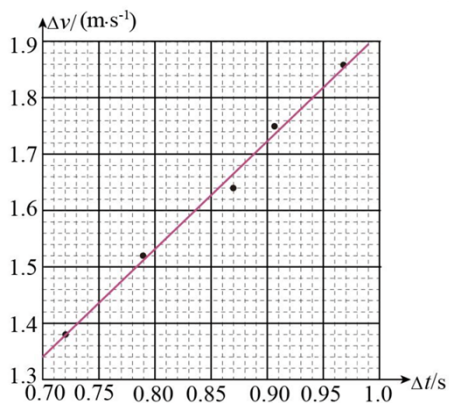
(4) 查得当地的重力加速度  $g = 9.80m/s^2$ ，根据动量定理， $\Delta v - \Delta t$  图线斜率的理论值为\_\_\_\_\_

$m/s^2$ ：

(5) 实验结果发现，图线斜率的实验值总小于理论值，产生这一误差的两个可能原因时\_\_\_\_\_。

- A. 选用的槽码质量偏小
- B. 细线与气垫导轨不完全平行
- C. 每次释放滑块的位置不同
- D. 实验中  $\Delta t$  的测量值偏大

【答案】 ①. 10.20 ②. 将气垫导轨调至水平 ③.



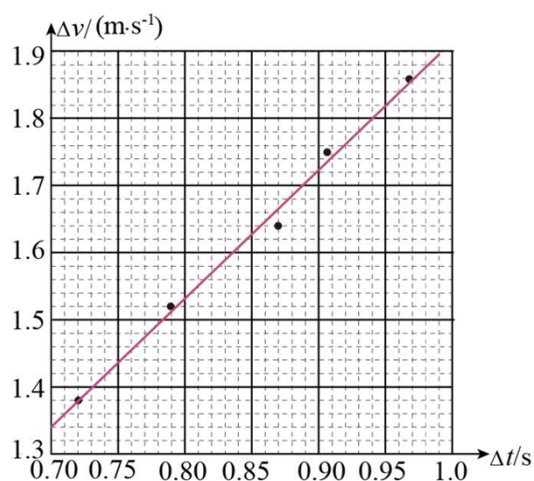
④. 1.96 ⑤. BD##DB

【解析】

【详解】(1) [1]游标卡尺的读数为  $10mm + 4 \times 0.05mm = 10.20mm$ ；

(2) [2]滑块保持稳定，说明气垫导轨水平；

(3) [3]根据表格中数据描点并用直线连接



(4) [4] 根据动量定理  $F\Delta t = M\Delta v$  变形得

$$mg\Delta t = (M + m)\Delta v$$

则  $\Delta v - \Delta t$  图线斜率的理论值

$$k = \frac{mg}{M+m} \text{m/s}^2 = 1.96 \text{m/s}^2$$

(5) [5]根据动量定理  $F\Delta t = M\Delta v$  变形得

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{M}$$

A. 槽码质量偏小，而实际的槽码质量偏大，则合外力  $F$  偏大，所以图线斜率的实验值偏大，A 错误；

B. 细线与气垫导轨不平行，滑块实际所受合外力为  $F$  的水平分力，所以图线斜率的实验值偏小，B 正确；

C. 滑块释放的位置与斜率相关的参量无关，C 错误；

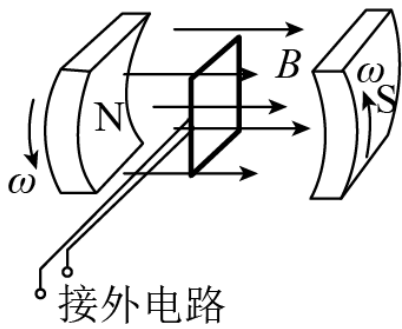
D.  $\Delta t$  偏大，则  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  偏小，图线斜率偏小，D 正确。

故选 BD。

12. 贯彻新发展理念，我国风力发电发展迅猛，2020 年我国风力发电量高达 4000 亿千瓦时。某种风力发电机的原理如图所示，发电机的线圈固定，磁体在叶片驱动下绕线圈对称轴转动，已知磁体间的磁场为匀强磁场，磁感应强度的大小为  $0.20\text{T}$ ，线圈的匝数为 100、面积为  $0.5\text{m}^2$ ，电阻为  $0.6\Omega$ ，若磁体转动的角速度为  $90\text{rad/s}$ ，线圈中产生的感应电流为  $50\text{A}$ 。求：

(1) 线圈中感应电动势的有效值  $E$ ；

(2) 线圈的输出功率  $P$ 。



【答案】(1)  $E = 6.4 \times 10^2 \text{ V}$ ; (2)  $P = 3.1 \times 10^4 \text{ W}$

【解析】

【详解】(1) 电动势的最大值

$$E_m = NBS\omega$$

有效值

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

解得

$$E = \frac{NBS\omega}{\sqrt{2}}$$

带入数据得

$$E = 6.4 \times 10^2 \text{ V}$$

(2) 输出电压

$$U = E - Ir$$

输出功率

$$P = IU$$

解得

$$P = I(E - Ir)$$

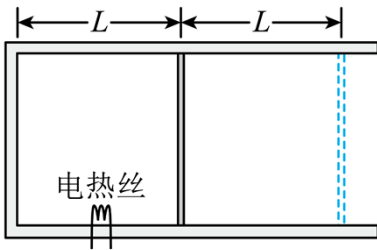
代入数据得

$$P = 3.1 \times 10^4 \text{ W}$$

13. 如图所示，一定质量理想气体被活塞封闭在气缸中，活塞的面积为  $S$ ，与气缸底部相距  $L$ ，气缸和活塞绝热性能良好，气体的压强、温度与外界大气相同，分别为  $p_0$  和  $t_0$ 。现接通电热丝加热气体，一段时间后断开，活塞缓慢向右移动距离  $L$  后停止，活塞与气缸间的滑动摩擦为  $f$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，整

个过程中气体吸收的热量为  $Q$ ，求该过程中

- (1) 内能的增加量  $\Delta U$ ；
- (2) 最终温度  $T$ 。



**【答案】** (1)  $\Delta U = Q - (p_0S + f)L$ ； (2)  $T = \frac{2(p_0S + f)}{p_0S} T_0$

**【解析】**

**【详解】** (1) 活塞移动时受力平衡

$$p_1S = p_0S + f$$

气体对外界做功

$$W = p_1SL$$

根据热力学第一定律

$$\Delta U = Q - W$$

解得

$$\Delta U = Q - (p_0S + f)L$$

(2) 活塞发生移动前，等容过程

$$\frac{p_0}{t_0} = \frac{p_1}{t_1}$$

活塞向右移动了  $L$ ，等压过程

$$\frac{V_1}{t_1} = \frac{V_2}{T}$$

且

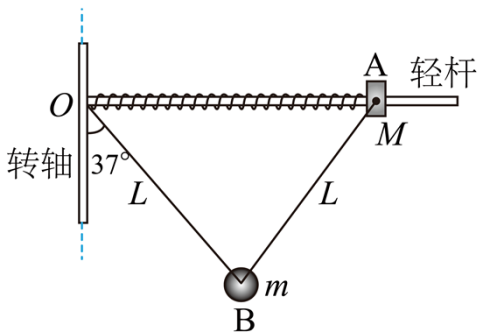
$$V_2 = 2V_1$$

解得

$$T = \frac{2(p_0 S + f)}{p_0 S} t_0$$

14. 如图所示的离心装置中，光滑水平轻杆固定在竖直转轴的  $O$  点，小圆环  $A$  和轻质弹簧套在轻杆上，长为  $2L$  的细线和弹簧两端分别固定于  $O$  和  $A$ ，质量为  $m$  的小球  $B$  固定在细线的中点，装置静止时，细线与竖直方向的夹角为  $37^\circ$ ，现将装置由静止缓慢加速转动，当细线与竖直方向的夹角增大到  $53^\circ$  时， $A$ 、 $B$  间细线的拉力恰好减小到零，弹簧弹力与静止时大小相等、方向相反，重力加速度为  $g$ ，取  $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，求：

- (1) 装置静止时，弹簧弹力的大小  $F$ ；
- (2) 环  $A$  的质量  $M$ ；
- (3) 上述过程中装置对  $A$ 、 $B$  所做的总功  $W$ 。



【答案】(1)  $\frac{3mg}{8}$ ；(2)  $\frac{9}{64}m$ ；(3)  $\frac{31}{30}mgL$

【解析】

【详解】(1) 设  $AB$ 、 $OB$  的张力分别为  $F_1$ 、 $F_2$ ， $A$  受力平衡

$$F = F_1 \sin 37^\circ$$

$B$  受力平衡

$$F_1 \cos 37^\circ + F_2 \cos 37^\circ = mg$$

$$F_1 \sin 37^\circ = F_2 \sin 37^\circ$$

解得

$$F = \frac{3mg}{8}$$

(2) 设装置转动的角速度为  $\omega$ ，对  $A$

$$F = M\omega^2 \cdot \frac{8}{5}L$$

对  $B$

$$mg \tan 53^\circ = m\omega^2 \cdot \frac{4}{5}L$$

解得

$$M = \frac{9}{64}m$$

(3)  $B$  上升的高度  $h = \frac{1}{5}L$ ,  $A$ 、 $B$  的动能分别为

$$E_{kA} = \frac{1}{2}M\left(\omega\frac{8}{5}L\right)^2; \quad E_{kB} = \frac{1}{2}m\left(\omega\frac{4}{5}L\right)^2$$

根据能量守恒定律可知

$$W = (E_{kA} - 0) + (E_{kB} - 0) + mgh$$

解得

$$W = \frac{31}{30}mgL$$

15. 如图 1 所示, 回旋加速器的圆形匀强磁场区域以  $O$  点为圆心, 磁感应强度大小为  $B$ , 加速电压的大小为  $U$ 、质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的粒子从  $O$  附近飘入加速电场, 多次加速后粒子经过  $P$  点绕  $O$  做圆周运动, 半径为  $R$ , 粒子在电场中的加速时间可以忽略。为将粒子引出磁场, 在  $P$  位置安装一个“静电偏转器”, 如图 2 所示, 偏转器的两极板  $M$  和  $N$  厚度均匀, 构成的圆弧形狭缝圆心为  $Q$ 、圆心角为  $\alpha$ , 当  $M$ 、 $N$  间加有电压时, 狭缝中产生电场强度大小为  $E$  的电场, 使粒子恰能通过狭缝, 粒子在再次被加速前射出磁场, 不计  $M$ 、 $N$  间的距离。求:

- (1) 粒子加速到  $P$  点所需要的时间  $t$ ;
- (2) 极板  $N$  的最大厚度  $d_m$ ;
- (3) 磁场区域的最大半径  $R_m$ 。

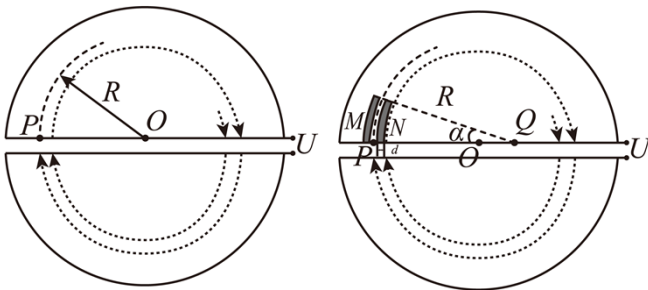


图1

图2

【答案】(1)  $\left(\frac{qB^2R^2}{2mU} - 1\right)\frac{\pi m}{qB}$ ; (2)  $2\left(\sqrt{R^2 - \frac{2mU}{qB^2}} - \sqrt{R^2 - \frac{4mU}{qB^2}}\right)$ ; (3)  $R + \frac{2mER}{qB^2R - mE}\sin\frac{\alpha}{2}$

【解析】

【详解】(1) 设粒子在  $P$  的速度大小为  $v_P$ ，则根据

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

可知半径表达式为

$$R = \frac{mv_P}{qB}$$

根据动能定理粒子在静电场中加速有

$$nqU = \frac{1}{2}mv_P^2$$

粒子在磁场中运动的周期为

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

粒子运动的总时间为

$$t = (n-1) \times \frac{T}{2}$$

解得

$$t = \left( \frac{qB^2 R^2}{2mU} - 1 \right) \frac{\pi m}{qB}$$

(2) 由粒子的运动半径  $r = \frac{mv}{qB}$ ，结合动能表达式  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  变形得

$$r = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$$

则粒子加速到  $P$  前最后两个半周的运动半径为

$$r_1 = \frac{\sqrt{2m(E_{kP} - qU)}}{qB}, \quad r_2 = \frac{\sqrt{2m(E_{kP} - 2qU)}}{qB}$$

由几何关系

$$d_m = 2(r_1 - r_2)$$

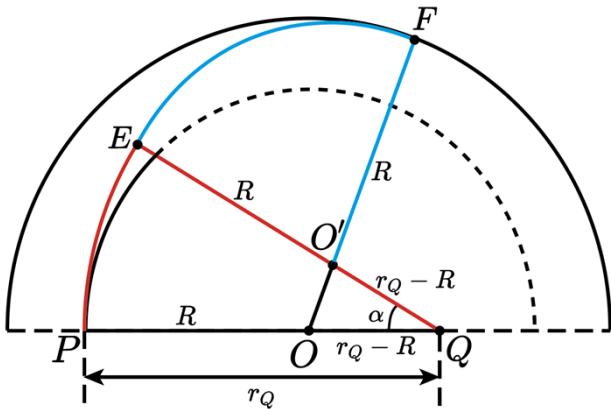
结合且  $E_{kP} = \frac{(qBR)^2}{2m}$  解得

$$d_m = 2 \left( \sqrt{R^2 - \frac{2mU}{qB^2}} - \sqrt{R^2 - \frac{4mU}{qB^2}} \right)$$

(3) 设粒子在偏转器中的运动半径为  $r_Q$ ，则在偏转器中，要使粒子半径变大，电场力应和洛伦兹力反向，共同提供向心力

$$qv_p B - qE = m \frac{v_p^2}{r_Q}$$

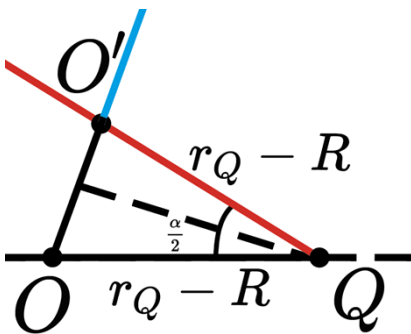
设粒子离开偏转器的点为  $E$ ，圆周运动的圆心为  $O'$ 。由题意知， $O'$  在  $SQ$  上，且粒子飞离磁场的点与  $O$ 、 $O'$  在一条直线上



粒子在偏转器中运动的圆心在  $Q$  点，从偏转器飞出，即从  $E$  点离开，又进入回旋加速器中的磁场，此时粒子的运动半径又变为  $R$ ，然后轨迹发生偏离，从偏转器的  $F$  点飞出磁场，那么磁场的最大半径即为

$$R_m = OF = R + OO'$$

将等腰三角形  $\triangle OO'Q$  放大如图



虚线为从  $Q$  点向  $OO'$  所引垂线，虚线平分  $\alpha$  角，则

$$OO' = 2(r_Q - R)$$

解得最大半径为

$$R_m = R + \frac{2mER}{qB^2R - mE} \sin \frac{\alpha}{2}$$



