

物 理

命题:长沙四大名校名师团队联合命制

外审:攸县第一中学 长沙市一中城南中学

注意事项:

1. 答卷前,考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案标号。回答非选择题时,将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后,将本试题卷和答题卡一并交回。

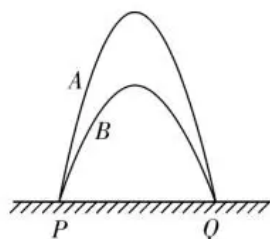
一、选择题:本题共 6 小题,每小题 4 分,共 24 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项符合题目要求。

1. 下列说法正确的是

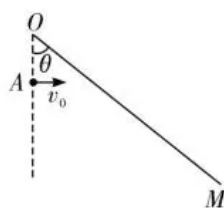
- A. 在康普顿效应中,当入射光子与晶体中的电子碰撞时,把一部分能量转移给电子,因此光子散射后波长变长
- B. 用频率为 ν 的光照射某金属研究光电效应,遏止电压为 U_c ,则该金属的逸出功为 $h\nu + eU_c$
- C. 原子核发生 α 衰变时,新核与原来的原子核相比,中子数减少了 4
- D. 由波尔理论可知,氢原子的核外电子由较高能级跃迁到较低能级时,要释放一定频率的光子,同时电子的动能减少,电势能增大

2. 如图所示,从地面上同一个位置 P 点抛出 A 、 B 两小球。两小球都落于同一个点 Q 点。 A 球运动的高度要比 B 点高,空气阻力不计。在运动过程中,下列说法正确的是

- A. A 球的加速度比 B 球的大
- B. A 球的飞行时间比 B 球的长
- C. A 、 B 两球在最高点的速度大小相等
- D. A 、 B 两球落到 Q 点时的速度一定相同



3. 如图所示,在空中有一个倾斜的挡板 OM ,与竖直方向成 60° 角度,在 O 点的正下方有一点 A ,以一定的速度 $v_0 = 10\sqrt{3}$ m/s 从 A 点水平向右抛出一个质量为 $m = 1$ kg 的小球,可视为质点。如果小球的运动轨迹恰能与挡板相切于 B 点。重力加速度 $g = 10$ m/s²,不考虑空



气阻力。则下列说法正确的是

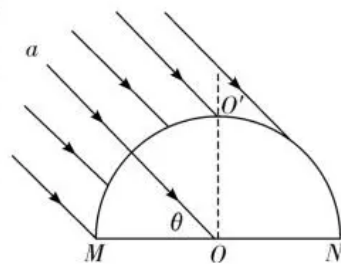
- A. O 、 A 两点间的距离为 10 m
- B. 从 A 到 B 过程中,小球的动量变化量为 $10\text{ kg} \cdot \text{m/s}$
- C. 小球到达 B 点时的速度大小为 10 m/s
- D. 从 A 到 B 过程中,小球的动能增加量为 100 J

4. 在天体物理学中,经常用角直径来描述一个天体的大小。从地球上看到这个星体看到的角度,我们叫做角直径(如图中 θ)。宇宙中某恒星质量是太阳质量的 k 倍,设想地球“流浪”后绕该恒星公转。当地球绕该恒星和太阳的公转周期之比为 n 时,该恒星正好与太阳具有相同的角直径,则该恒星与太阳的平均密度之比为



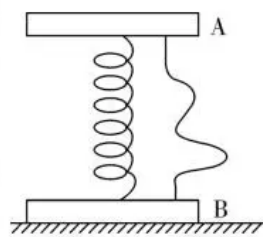
- A. $\frac{1}{n^2}$
- B. $\frac{k}{n^2}$
- C. kn^2
- D. n^2

5. 一半径为 R 的半圆形玻璃砖横截面如图所示, O 为圆心, OO' 垂直于 MN ,一束足够宽的平行光线照射到玻璃砖 $MO'N$ 面上,其中光线 a 沿半径方向射入玻璃砖,图中 $\theta = 45^\circ$ 。该玻璃砖的折射率为 $\sqrt{2}$ 。下列说法正确的是



- A. 从 O' 点进入玻璃砖的光线折射角为 30°
- B. a 右侧的光线能在直径 MN 上发生全反射
- C. 玻璃砖底面直径 MN 上有长度为 $\sqrt{2}R$ 的区域有光线射出
- D. OO' 左侧的玻璃砖底面直径 MN 上有长度为 $\frac{\sqrt{2}}{2}R$ 的区域有光线射出

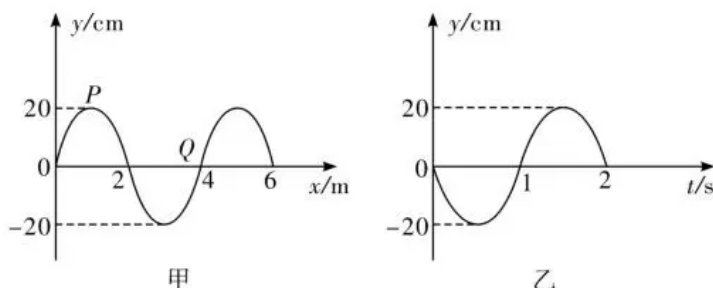
6. 如图所示, A 、 B 两个木块用轻弹簧和一条与弹簧原长相等的轻绳相连,静止在水平地面上,绳子为非弹性绳,能够承受足够大的拉力。弹簧的劲度系数为 k ,木块 A 和木块 B 的质量均为 m 。用竖直向下的压力 F 将木块 A 缓慢压缩到某一个位置,此时弹簧的弹性势能为 E , A 所受的压力大于重力。在某时刻撤去力 F ,下列说法中正确的是



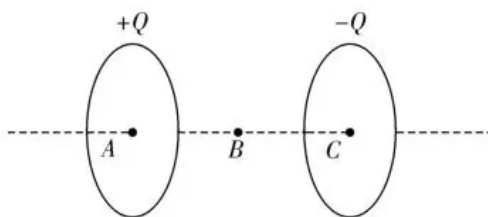
- A. 弹簧恢复到原长的过程中,弹簧弹力对 A 、 B 的冲量相同
- B. 当 A 速度最大时,弹簧仍处于拉伸状态
- C. 绳子绷紧瞬间, A 的速度大小为 $v_1 = \sqrt{\frac{E}{2m} - \frac{mg+F}{2k}g}$
- D. 全程中, A 上升的最大高度为 $H = \frac{3(mg+F)}{4k}$

二、选择题:本题共 4 小题,每小题 5 分,共 20 分。在每小题给出的四个选项中,有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

7. 甲图是一列简谐波在 $t=0$ 时刻的波形图, P 、 Q 是该波上的两个质点,乙图是质点 Q 的振动图像,则下列说法正确的是

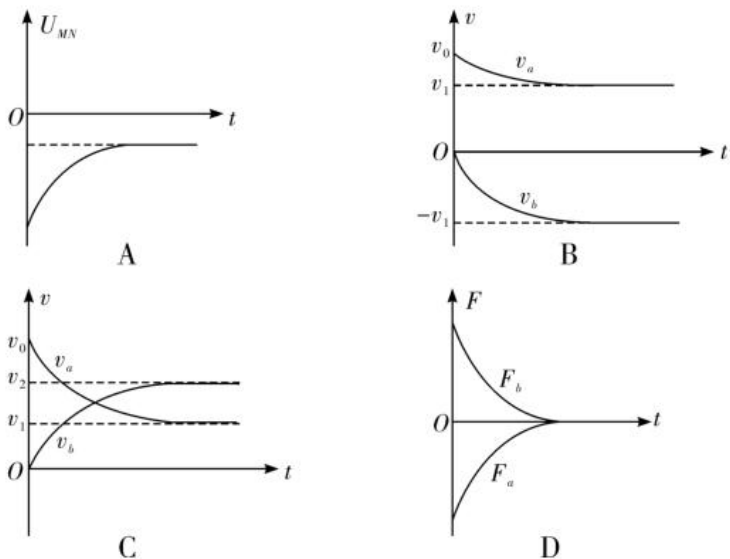
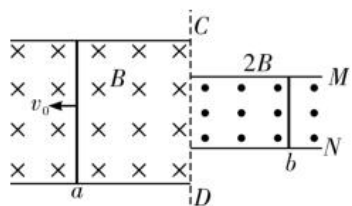


- A. 该波沿 x 轴正方向传播
 - B. $t=0.75$ s 时,质点 P 恰好传播到 Q 点
 - C. $0\sim 0.75$ s 内,质点 Q 运动的路程为 30 cm
 - D. 质点 P 的振动方程为 $y=20\cos \pi t(\text{cm})$
8. 如图所示,两个等大的圆环垂直于中轴线放置,圆心 A 、 C 分别位于中轴线上,两圆环均匀带异种电荷。 B 是 AC 连线的中点。现在有一个质量为 m ,带电量为 $+q$ 的粒子在该电场中运动。关于该粒子的运动,下列说法正确的是

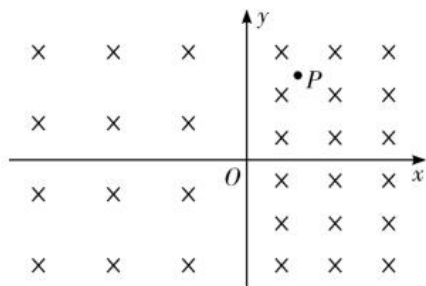


- A. 若粒子从 B 点垂直于中轴线向外移动,则电势能始终不变
 - B. 若微粒从 B 点由静止释放,则微粒在中轴线上以 C 为对称点做往返运动
 - C. 若微粒从 A 点由静止释放,则微粒的电势能先减小后增大,在 B 点时电势能最小
 - D. 若微粒从 A 点由静止释放,则微粒在中轴线上直线运动不会返回
9. 如图,在水平地面上固定着两段宽度不等的光滑导轨。以 CD 为分界线, CD 的左侧轨道宽 $2L$,有大小为 B 、方向垂直于水平面向里的匀强磁场,导轨之间垂直放着导体棒 a 。 CD 的右侧有宽为 L 的导轨 M 、 N ,有大小为 $2B$ 、方向垂直于水平面向外的匀强磁场,导体棒 b 垂直于 MN ,棒与导轨始终接触良好,导轨电阻不计。使棒 a 获得一向左的水平速度

v_0 , 在两棒之后的运动中, 导轨 M 、 N 两端的电势差 U_{MN} , 导体棒 a 、 b 的速度 v_a 、 v_b , 以及棒 a 、 b 受到的安培力 F_a 、 F_b 与时间 t 的关系, 下列图像大致正确的有



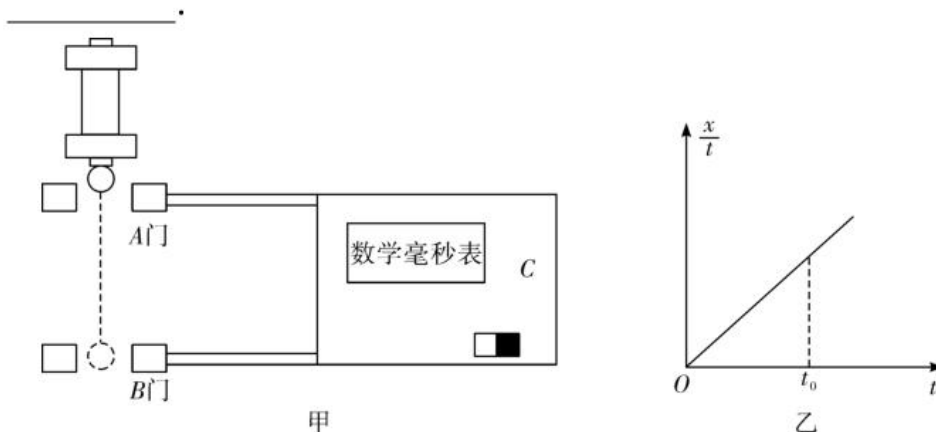
10. 如图, xOy 坐标系中存在垂直平面向里的匀强磁场, 其中, $x \leq 0$ 的空间磁感应强度大小为 B ; $x > 0$ 的空间磁感应强度大小为 $2B$ 。一电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的粒子 a , $t=0$ 时从 O 点以一定的速度沿 x 轴正方向射出, 之后能通过坐标为 $(\frac{\sqrt{3}}{2}h, \frac{3}{2}h)$ 的 P 点, 在 a 射出 Δt ($\Delta t > 0$) 后, 与 a 相同的粒子 b 也从 O 点以相同的速率沿 y 轴正方向射出。不计粒子重力, 粒子间的静电力。下列说法正确的是



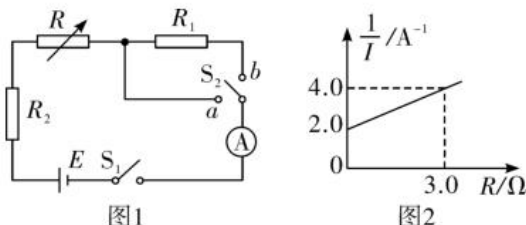
- A. 粒子速度的大小 $v = \frac{2qBh}{m}$
- B. 粒子在第一象限运动的半径为 $2h$
- C. a 、 b 两粒子能在 O 点相遇
- D. a 、 b 粒子能在第三象限相遇

三、非选择题:本题共 5 小题,共 56 分。

11. (6 分)如图甲为测量重力加速度的实验装置, C 为数字毫秒表, A 、 B 为两个相同的光电门, C 可以测量铁球两次挡光之间的时间间隔。开始时铁球处于 A 门的上边缘,当断开电磁铁的开关由静止释放铁球时开始计时,落到 B 门时停止计时,毫秒表显示时间为铁球通过 A 、 B 两个光电门的时间间隔 t ,测量 A 、 B 间的距离 x 。现将光电门 B 缓慢移动到不同位置,测得多组 x 、 t 数值,画出 $\frac{x}{t}$ 随 t 变化的图线为直线,如图乙所示,直线的斜率为 k ,则由图线可知,当地重力加速度大小为 $g =$ _____;若某次测得小球经过 A 、 B 门的时间间隔为 t_0 ,则可知铁球经过 B 门时的速度大小为 _____,此时两光电门间的距离为 _____。



12. (10 分)小明同学设计了如图 1 所示的电路测电源电动势 E 及电阻 R_1 和 R_2 的阻值。实验器材有:待测电源 E (不计内阻)、待测电阻 R_1 、待测电阻 R_2 、电流表 A (量程为 0.6 A , 内阻较小)、电阻箱 R ($0 \sim 99.99\ \Omega$)、单刀单掷开关 S_1 、单刀双掷开关 S_2 、导线若干。



- (1)先测电阻 R_1 的阻值。闭合 S_1 , 将 S_2 切换到 a , 调节电阻箱 R , 读出其示数 r_1 和对应的电流表示数 I , 将 S_2 切换到 b , 调节电阻箱 R , 使电流表示数仍为 I , 读出此时电阻箱的示数 r_2 , 则电阻 R_1 的表达式为 $R_1 =$ _____。
- (2)小明同学已经测得电阻 $R_1 = 2.0\ \Omega$, 继续测电源电动势 E 和电阻 R_2 的阻值。他的做法是:闭合 S_1 , 将 S_2 切换到 b , 多次调节电阻箱, 读出多组电阻箱示数 R 和对应的电流表示数 I , 由测得的数据, 绘出了如图 2 所示的 $\frac{1}{I} - R$ 图线, 则电源电动势 $E =$ _____ V , 电阻 $R_2 =$ _____ Ω 。(结果均保留两位有效数字)
- (3)用此方法测得的电动势的测量值 _____ 真实值, R_2 的测量值 _____ (均选填“大于”“小于”或“等于”)真实值。

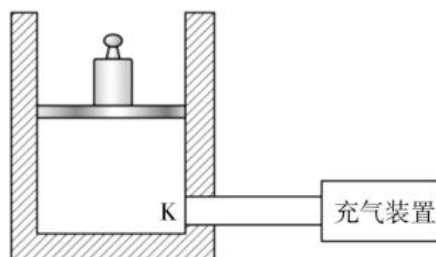
13. (10分)空气悬挂气动避震是现在高档汽车当中常用技术,它是通过对汽车底盘上的一个容器进行充放气体,来维持在运动中的车身高度不变,从而达到减震的效果。其工作原理可以简化为如图所示的导热性良好的圆筒气缸,缸内有一个不计摩擦,可以自由滑动的活塞封闭着一定质量的气体,活塞面积为 $S=1\times 10^{-2}\text{ m}^2$,活塞和砝码的总质量为 $m=10\text{ kg}$,初始时开关阀门 K 关闭,此时活塞到缸底的高度为 $h_1=60\text{ cm}$,已知外界大气压强 $p_0=1.0\times 10^5\text{ Pa}$,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,外界环境温度不变。求:

(1)汽缸内气体压强 p_1 ;

(2)在某次行车过程中,地面有凹陷,导致汽车底盘下降,为维持车身高度不变,需给容器中注入气体,充气装置向汽缸内充入压强 $p_2=1.2\times 10^5\text{ Pa}$ 、体积 $V_0=5.5\times 10^{-4}\text{ m}^3$ 的气体后,汽缸内气体高度 h_2 。

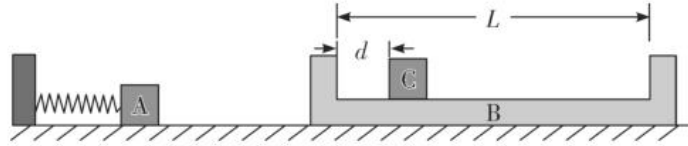


图甲



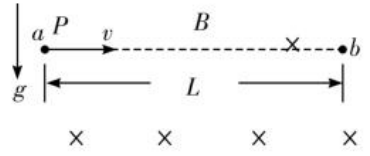
图乙

14. (14 分) 如图所示, 光滑水平面上有一被压缩的轻质弹簧, 左端固定, 质量为 $m_A = 1 \text{ kg}$ 的滑块 A 紧靠弹簧右端(不拴接), 弹簧的弹性势能为 $E_p = 32 \text{ J}$ 。质量为 $m_B = 1 \text{ kg}$ 的槽 B 静止放在水平面上, 内壁间距为 $L = 0.6 \text{ m}$, 槽内放有质量为 $m_C = 2 \text{ kg}$ 的滑块 C(可视为质点), C 到左侧壁的距离为 $d = 0.1 \text{ m}$, 槽与滑块 C 之间的动摩擦因数 $\mu = 0.1$ 。现释放弹簧, 滑块 A 离开弹簧后与槽 B 发生正碰并粘连在一起。已知槽与滑块 C 发生的碰撞为弹性碰撞。($g = 10 \text{ m/s}^2$) 求:



- (1) 滑块 A 与槽碰撞前、后瞬间的速度大小;
- (2) 从槽开始运动到槽和滑块 C 相对静止时槽对地的位移大小。

15. (16分) 如图所示, 在竖直平面内有水平匀强磁场, 磁感应强度为 B , 方向垂直该竖直平面向里。竖直平面中 a, b 两点在同一水平线上, 两点相距 L 。带电量 $q > 0$, 质量为 m 的质点



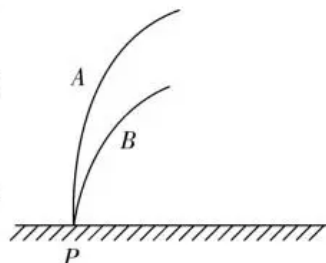
P , 以初速度 v 从 a 对准 b 射出。忽略空气阻力, 不考虑质点与地面接触的可能性, q, m 和 B 为已知量, 重力加速度取 g 。求:

- (1) 若粒子 P 沿直线运动通过 b 点, 则 v 取值为多少?
- (2) 若粒子 P 经过曲线运动通过 b 点, 求 L 的取值;
- (3) 若磁感应强度 B 未知, 粒子 P 从 a 点静止释放后也可以通过 b 点, 求磁感应强度 B 的值。

物理参考答案

1. A **【解析】**在康普顿效应当中,入射光子与电子碰撞,入射光子将自身的一部分能量转移给电子,光子能量减少,频率降低,波长变长,A 正确;由光电方程可知该金属的逸出功为 $h\nu - eU_c$,B 错误;原子核发生 α 衰变时。中子数减少 2,质子数减少 2,核子数减少 4,所以 C 错误;氢原子的核外电子由较高能级跃迁到较低能级时释放光子,电势能转化为动能,电势能减小,动能增加,D 错误。

2. B **【解析】**A 球的加速度和 B 球一样大,都等于重力加速度,A 错误;把斜上抛运动转化为平抛运动,如图右所示。根据 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,A 球的 h 大,A 球的运动时间长,B 正确;根据 $x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$,A 球在最高点的速度小,C 错误;无法判断 A、B 两球落到 Q 点时的速度大小是否相等,但方向不同,D 错误。



3. B **【解析】**运动轨迹恰好与挡板上的 B 点相切,则小球在 B 点的实际速度与水平方向夹角为 30° ,如图所示

由图可知 $v_B = \frac{v_0}{\cos 30^\circ} = 20 \text{ m/s}$, $v_y = v_0 \tan 30^\circ = 10 \text{ m/s}$,故 C 错误;

小球从 A 到 B 过程,竖直方向做自由落体运动,

$$v_y = gt, y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{解得 } t = 1 \text{ s}, y = 5 \text{ m}$$

小球的动量变化量为 $\Delta p = mgt = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,故 B 正确;

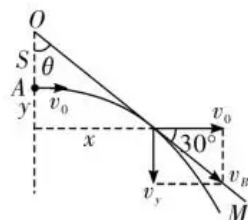
小球从 A 到 B 过程,水平方向做匀速直线运动,有 $x = v_0 t$

$$\text{由几何关系可得 } \tan \theta = \frac{x}{s+y}$$

联立,可得 O、A 两点间的距离为 $s = 5 \text{ m}$,故 A 错误;

根据动能定理,从 A 到 B 过程中,小球的动能增加量为 $\Delta E_k = mgy = 50 \text{ J}$,故 D 错误。

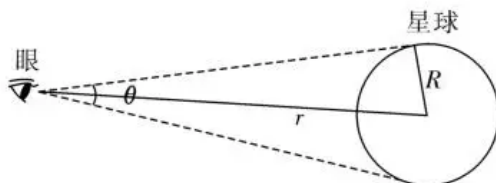
故选 B。



4. A **【解析】**根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$,可得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$

$$\text{平均密度为 } \rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$$

做出辅助线,如图



$$\text{几何关系可知 } \sin \frac{\theta}{2} = \frac{R}{r}$$

$$\text{联立,解得 } \rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi}{GT^2 \left(\sin \frac{\theta}{2}\right)^3}$$

可得该恒星与太阳的平均密度之比为 $\frac{\rho_{\text{恒星}}}{\rho_{\text{太阳}}} = \frac{1}{n^2}$

故选 A。

5. A **【解析】** 设射向玻璃砖 O' 点的光线进入玻璃后的折射角为 β , 如图所示

$$\text{根据折射定律可得 } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$\text{解得 } \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}$$

即 $\beta = 30^\circ$

可知射向玻璃砖 O' 点的光线进入玻璃后的折射角为 30° , A 正确;

设光线在玻璃中发生全反射的临界角为 C , 则有 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

解得 $C = 45^\circ$

进入玻璃中的光线①垂直半球面, 沿半径方向直达球心位置 O , 且入射角等于临界角, 恰好在 O 点发生全反射, 光线①左侧的光线(如光线②)经半球面折射后, 射在 MN 上的入射角一定大于临界角, 在 MN 上发生全反射, 不能射出, D 错误; 光线①右侧的光线经半球面折射后, 射在 MN 上的入射角均

小于临界角, 能从 MN 面上射出, B 错误; 最右边射向半球面的光线③与球面相切, 入射角为 $i = 90^\circ$, 根据折

射定律可得 $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

$$\text{解得 } \sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

即 $r = 45^\circ$

故光线将垂直 MN 面射出, 所以在 MN 面上射出的光束宽度为 $OE = R \sin r = \frac{\sqrt{2}}{2} R$

可知玻璃砖底面 MN 被照亮区域的宽度为 $\frac{\sqrt{2}}{2} R$, C 错误。

6. C **【解析】** 由于冲量是矢量, 弹簧恢复到原长的过程中, 弹簧弹力对 A、B 的冲量大小相等, 方向相反, 故 A 错误。

当 A 受力平衡时速度最大, 即弹簧的弹力大小等于 A 木块的重力, 此时弹簧处于压缩状态, 故 B 错误。

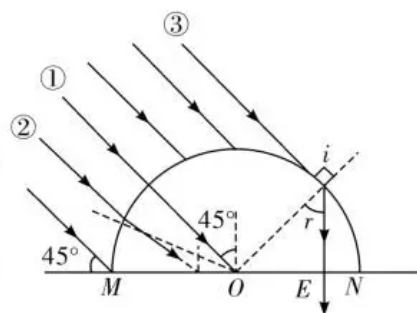
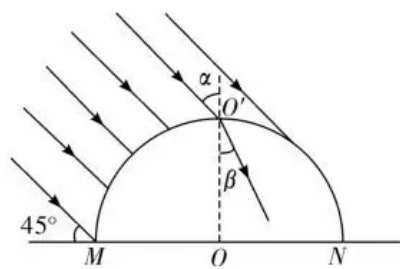
设弹簧恢复到原长时 A 的速度为 v , 绳子绷紧瞬间 A、B 共同速度为 v_1 , A、B 共同上升的最大高度为 h , A 上升的最大高度为 H , 弹簧恢复到原长的过程中根据能量守恒有:

$$E = mg \frac{mg+F}{k} + \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{绳子绷紧瞬间根据动量守恒定律有: } m v = 2 m v_1$$

$$\text{联立解得 B 开始运动时, A 的速度大小为: } v_1 = \sqrt{\frac{E}{2m} - \frac{mg+F}{2k} g}$$

$$\text{AB 共同上升过程中根据能量守恒有: } \frac{1}{2} (m+m) v_1^2 = (m+m) g h$$

全程中, A 上升的最大高度 $H = h + \frac{mg+F}{k} = \frac{E}{4mg} + \frac{3(mg+F)}{4k}$, 故 C 正确, D 错误。



7. AD 【解析】由图乙知, $t=0$ 时刻质点 Q 沿 y 轴负方向运动, 结合图甲, 由同侧法知, 该波沿 x 轴正方向传播。

故 A 正确;

波动中各质点不随波迁移, 只在平衡位置附近做简谐运动。故 B 错误;

由图乙知, 振幅 $A=20\text{ cm}$, 周期 $T=2\text{ s}$, 质点 Q 在 $t=0$ 时刻处于平衡位置, 则经过 $\Delta t=0.75\text{ s}=\frac{3}{8}T$

通过的路程 $s\neq\frac{3}{8}\times 4A=30\text{ cm}$ 。故 C 错误;

由图甲知, $t=0$ 时刻质点 P 位于波峰, 则质点 P 的振动方程 $y=A\cos\frac{2\pi}{T}t=20\cos\pi t(\text{cm})$ 。故 D 正确。

8. AD 【解析】取无限远处电势为零, 则垂直 AC 的平面是电势为零的等势面。若使微粒从 B 点开始沿垂直 AC 的直线运动, 则电势能不变。A 正确。若从 B 点由静止释放, B 点与无穷远处电势均为零, 中轴线上电势先降低后升高, 粒子会从 B 点运动到无穷远处。若微粒从 A 点由静止释放, 则电场力先做正功后做负功, 电势能先减小后增大, 电势能最低的位置在 C 点右侧场强为零处。微粒最终可到达无限远处, 最终速度与经过 B 点时的速度相等。故 D 正确, B、C 错误。

9. AB 【解析】导体棒 a 向左运动, 穿过闭合回路的磁通量发生变化, 产生感应电流, 根据楞次定律和左手定则可知, a 受到的安培力向右, b 受到的安培力向右, 故 a 向左做减速运动, b 向右做加速运动, 当穿过闭合回路的磁通量不再变化, 回路不再有感应电流, 两棒均做匀速运动, 匀速运动时应有 $Bv_a\times 2L=2Bv_bL$

即得 $v_a=v_b$

当定义向左为正方向, B 图大致正确, 故 B 正确, C 错误;

A. 根据右手定则,

a 棒的电动势 $E_a=B\cdot 2L\cdot v_a$ 下端为正极, 上端为负极, 逐渐减小

b 棒的电动势 $E_b=2B\cdot L\cdot v_b$ 下端为正极, 上端为负极, 逐渐变大

当 $E_a=E_b$ 时, 回路中的电流为 0, 两导体棒匀速运动, U_{MN} 不变, 故 A 正确;

D. 根据以上分析可知, 两棒受到的安培力方向相同, 故 D 错误。

故选 AB。

10. AD 【解析】设粒子速度的大小为 v , a 在 $x>0$ 的空间做匀速圆周运动, 设半径为 r_1

$$2qvB=m\frac{v^2}{r_1}$$

几何关系得: $(y_P-r_1)^2+x_P^2=r_1^2$

$$r_1=h$$

解得: $v=\frac{2qBh}{m}$, 可得 A 正确, B 错误。

粒子 a 与 b 在 $x<0$ 的空间中半径相等, 设为 r_2

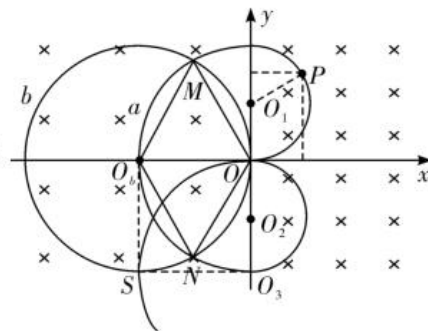
$$qvB=m\frac{v^2}{r_2}$$

得: $r_2=2r_1=2h$

两粒子在磁场中运动的轨迹如图, 只有在 M 、 N 、 O 、 S 四点两粒子才可能相遇, 粒子 a 在 $x>0$ 的空间中作圆周运动的周期为 T_1

$$T_1=\frac{2\pi r_1}{v}=\frac{\pi m}{qB}$$

粒子 a 和 b 在 $x<0$ 的空间中作圆周运动的周期为 T_2



$$T_2 = \frac{2\pi r_2}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

① 粒子 a 和 b 运动到 M 的时间 $t_{aM} = \frac{T_1}{2} + \frac{\pi}{2\pi} T_2$,

$$t_{bM} = \frac{\pi}{2\pi} T_2$$

$$\Delta t_M = t_{aM} - t_{bM} = \frac{\pi m}{3qB}$$

② 粒子 a 和 b 运动到 N 的时间 $t_{aN} = \frac{T_1}{2} + \frac{5\pi}{2\pi} T_2$,

$$t_{bN} = \frac{5\pi}{2\pi} T_2$$

$$\Delta t_N = t_{aN} - t_{bN} = -\frac{\pi m}{3qB} < 0 \text{ 粒子不能在 } N \text{ 点相遇}$$

③ 粒子 a 和 b 运动到 O 的时间 $t_{aO} = T_1 + \frac{T_2}{2}$

$$t_{bO} = T_2$$

$$\Delta t_0 = t_{aO} - t_{bO} = 0 \text{ 粒子不能在 } O \text{ 点相遇, C 错误。}$$

④ 粒子 a 和 b 运动到 S 的时间 $t_{aS} = T_1 + \frac{T_2}{2} + \frac{T_2}{4}$

$$t_{bS} = \frac{3T_2}{4}$$

$$\Delta t_S = t_{aS} - t_{bS} = \frac{\pi m}{qB}$$

所以粒子 a 和 b 射出的时间差为 $\Delta t_M = t_{aM} - t_{bM} = \frac{\pi m}{3qB}$

$$\Delta t_S = t_{aS} - t_{bS} = \frac{\pi m}{qB}$$

两粒子可以在第三象限相遇, D 正确。

11. $2k \quad 2kt_0 \quad kt_0^2$ (每空 2 分)

【解析】 小球做自由落体运动, 出发点在 A 点, 设小球在 A 点的速度为 0, 则小球从 A 到 B 的过程: $x = \frac{1}{2}gt^2$,

则 $\frac{x}{t} = \frac{1}{2}gt$, 可知 $\frac{x}{t} - t$ 成一次函数, 斜率 $k = \frac{g}{2}$, 解得: $g = 2k$; 依据速度公式, 则有: $v_B = gt_0 = 2kt_0$; 而两光

电门的间距 $d = \frac{1}{2}gt^2 = kt_0^2$ 。

12. (1) $R_1 = r_1 - r_2$ (2 分)

(2) $E = 1.5 \text{ V} \quad R_2 = 1.0 \Omega$ (每空 2 分)

(3) 等于 大于 (每空 2 分)

【解析】 (1) 当 S_2 接 a 时应有: $E = I(R_2 + r_1)$, 当 S_2 接 b 时应有: $E = I(R_2 + R_1 + r_2)$, 联立以上两式解得:

$$R_1 = r_1 - r_2;$$

(2) 根据闭合电路欧姆定律应有: $E = I(R_2 + R + R_1)$, 变形为: $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{R_1 + R_2}{E}$, 根据函数斜率和截距的概

念应有： $\frac{1}{E} = \frac{4.0 - 2.0}{3} = \frac{2}{3}$ ， $\frac{R_1 + R_2}{E} = 2.0$ ，解得： $E = 1.5 \text{ V}$ ， $R_2 = 1.0 \Omega$ ；

(3)若考虑电流表或电源内阻，对(1)：接 a 时应有： $E = I(R_2 + r_1 + r)$ ，接 b 时应有： $E = I(R_2 + R_1 + r_2 + r)$ 联立可得 $R_1 = r_1 - r_2$ 即测量值与真实值相比不变；对(2)应有： $E = I(R_2 + R + R_1 + r)$ 变形为 $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{R_1 + R_2 + r}{E}$ ，比较两次表达式的斜率和截距可知，电动势不变， R_2 变小，即测量值比真实值偏大。

13.【解析】(1)对活塞和砝码整体，由平衡条件

$$p_0 S + mg = p_1 S \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

解得此时汽缸内气体压强

$$p_1 = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

(2)活塞和砝码稳定时，由平衡条件知，汽缸内气体的压强仍为 $p_1 = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，对充入汽缸的气体和原有气体，由理想气体状态方程

$$p_1 S h_1 + p_2 V_0 = p_1 S h_2 \quad \dots\dots\dots (4 \text{ 分})$$

解得汽缸内气体高度

$$h_2 = 66 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

14.【解析】(1)弹簧的弹性势能为： $E_p = 32 \text{ J}$ ，根据能量守恒定律有： $E_p = \frac{1}{2} m_A v^2$

$$\text{代入数据解得：} v = 8 \text{ m/s} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

滑块 A 离开弹簧后与槽 B 发生正碰并粘连在一起，根据动量定理有： $m_A v = (m_A + m_B) v_0$

$$\text{代入数据解得：} v_0 = 4 \text{ m/s} \quad \dots\dots\dots (2 \text{ 分})$$

(2)ABC 三个物体看做一个系统，整个系统动量守恒，最后三个物体一起运动，根据动量守恒定律有：

$$(m_A + m_B) v_0 = (m_A + m_B + m_C) v'$$

$$\text{代入数据解得：} v' = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{即槽与滑块 C 的最终速度大小为 } 2 \text{ m/s} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

设滑块 C 与槽的相对运动路程为 Δs ，由能量守恒定律得

$$\mu m_C g \Delta s = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v_0^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B + m_C) v'^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

解得 $\Delta s = 4m$ ，可知 $\Delta s = d + 3 \times 2L + 0.3m$ ，则 C 与左壁碰撞 4 次，与槽相对静止时位于凹槽中点

AB 的总质量与 C 的质量相等，设为 m ，设凹槽与滑块 C 碰前的速度分别为 v_1 、 v_2 ，碰后的速度分别为 v_1' 、 v_2' 。以 AB 碰后的速度方向为正方向，

$$\text{由动量守恒定律得：} m v_1 + m v_2 = m v_1' + m v_2' \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{由机械能守恒定律得：} \frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v_1'^2 + \frac{1}{2} m v_2'^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

解得： $v_1' = v_2$ ， $v_2' = v_1$ ，即每碰撞一次凹槽与物块发生一次速度交换

每次碰撞后凹槽与滑块均做匀变速直线运动，

$$\text{加速度大小均为 } a = \mu g = 1 \text{ m/s}^2 \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

其中速度大的做匀减速运动，速度小的做匀加速运动，两者速度差值的变化量 $|\Delta(v_B - v_C)| = 2a \Delta t \quad \dots\dots\dots$

$$\dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

$$\text{在整个过程中，凹槽与滑块速度差值由 } v_0 \text{ 减小到 } 0 \text{，需要时间 } t = \frac{v_0}{2a} = 2 \text{ s} \quad \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

设凹槽与物体的速度分别为 v_B, v_C ,

根据动量守恒定律得: $mv_0 = mv_C + mv_B$

即为: $v_0 = v_C + v_B$, (1分)

v_B, v_C 的运动方向相同

在任意极短时间 Δt 内, 有 $v_0 \Delta t = v_C \Delta t + v_B \Delta t$,

即两物体位移关系满足: $v_0 \Delta t = \Delta S_B + \Delta S_C$,

故整个过程中位移关系满足 $v_0 t = S_B + S_C$ (1分)

两者一直同方向运动, 相对静止时物块在凹槽的中端, 所以两物体的位移关系为 $S_C - S_B = \frac{L}{2} - d = 0.2 \text{ m}$

解得: $S_B = 3.9 \text{ m}$ (1分)

15. 【解析】(1) 粒子 P 以水平速度以水平速度射向 b 就能沿直线到达 P , 在运动过程中重力与磁场力相互平衡

$mg = qv_1 B$ (2分)

$v_1 = \frac{mg}{qB}$ (2分)

(2) 若粒子 P 经过曲线运动通过 b 点, 将粒子由 a 指向 b 的速度分解为两个分解为两个分速度, 其中一个分速度的洛伦兹力平衡重力, 其速度为

$v_1 = \frac{mg}{qB}$ (1分)

另一个分速度使粒子做匀速圆周运动, 其周期为

$T = \frac{2\pi m}{qB}$ (1分)

为使粒子 P 通过 b 点。要求经过完整的圆周运动周期后。 v_1 对应的直线运动位移大小恰好等于 ab 的距离 L ,

即 $L = v_1 n T, (n=1, 2, 3, \dots)$ (2分)

$L = \frac{2n\pi m^2 g}{q^2 B^2} (n=1, 2, 3, \dots)$ (2分)

(3) 粒子从 a 点静止释放。可以认为粒子的速度由水平向右和水平向左两个等大反向的速度构成, 水平向右的速度产生的洛伦兹力平衡重力。水平向左的速度让粒子在磁场中做匀速圆周运动。粒子如果能到达 B 点, 则粒子要经过完整的周期, 同时圆周直径的整数倍等于 ab 的长度 L 。两个条件同时满足。可得

$L = v_1 n T (n=1, 2, 3, \dots)$ (1分)

$v_1 = \frac{mg}{qB}$ (1分)

得 $L = \frac{2n\pi m^2 g}{q^2 B^2} (n=1, 2, 3, \dots)$ (2分)

得 $B = \sqrt{\frac{2n\pi m^2 g}{q^2 L}} (n=1, 2, 3, \dots)$ (2分)