

高三年级 3 月学习质量综合评估

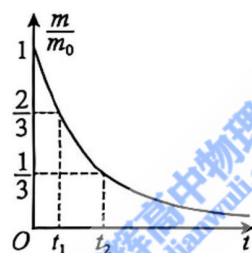
物 理

注意事项：

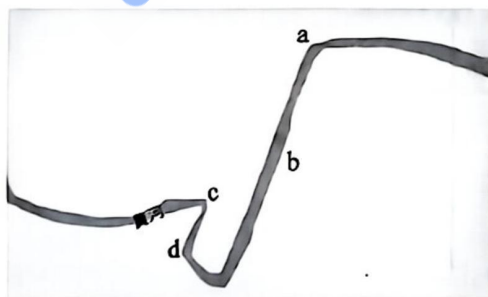
1. 答卷前,考生务必将自己的姓名、考生号等填写在答题卡和试卷指定位置。
2. 回答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其他答案标号。回答非选择题时,将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
3. 考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。
4. 本试卷考试时间为 90 分钟,满分为 100 分。

一、单项选择题:本题共 8 小题,每小题 3 分,共 24 分。在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合题目要求的。

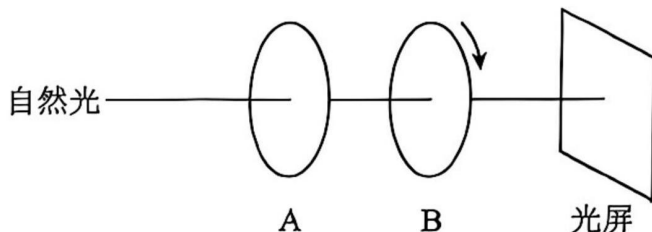
1. 钴 60 在衰变过程中任意时刻的质量 m 与初始时刻的质量 m_0 的比值随时间 t 的变化规律如图所示,则钴 60 的半衰期为



- A. t_1 B. t_2 C. $t_1 + t_2$ D. $t_2 - t_1$
2. 如图所示为一段黄河河道的示意图,若认为河水流动的速率始终不变,则流动的河水对图中四个位置的河岸冲击力最大的是

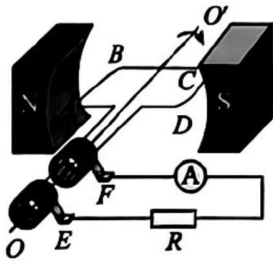


- A. a 点 B. b 点 C. c 点 D. d 点
3. 如图所示,一束自然光经过两个偏振片,呈现到光屏上,偏振片 A 保持不动,偏振片 B 绕圆心匀速转动,转动周期为 T ,则照射到光屏上的光呈现强、弱变化的周期为

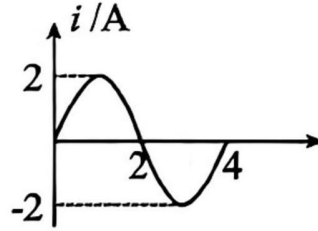


- A. $0.25T$ B. $0.5T$ C. T D. $2T$

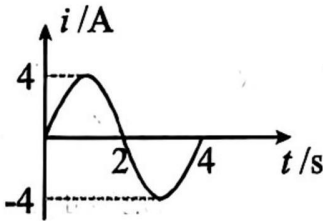
4. 图甲所示为矩形线框绕垂直于匀强磁场的轴匀速转动产生交流电的原理示意图,图乙所示为回路中电流 i 随时间 t 的变化关系图像,图像为正弦函数关系。现只将线圈的转速变成原来的两倍,则下列选项中描述改变转速后的 $i-t$ 图像可能正确的是



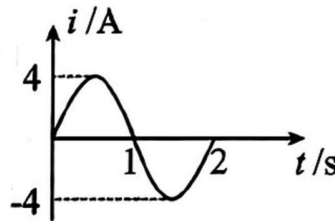
甲



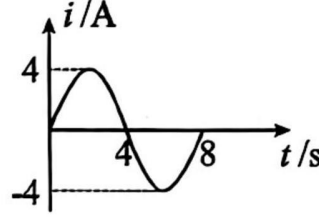
乙



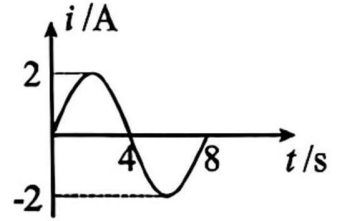
A.



B.

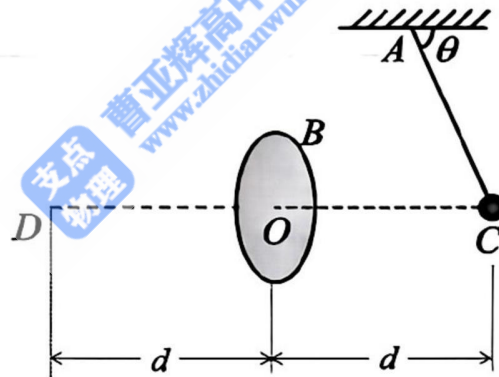


C.



D.

5. 如图所示,电荷量为 $+Q$ 的均匀带电圆盘 B 固定在竖直面内, CD 为过圆盘中心 O 的中轴线, C 、 D 到 O 点的距离均为 d 。绝缘细线一端固定在 A 点,另一端连接电荷量为 $+q$ 、质量为 m 的金属小球,小球恰好在 C 点保持静止,细线与水平面的夹角为 θ ,已知静电力常量为 k ,重力加速度为 g ,金属小球可视为点电荷,则 D 点的电场强度大小为



A. $\frac{k(4Q+q)}{4d^2}$

B. $\frac{k(Q+q)}{d^2}$

C. $\frac{mg}{Q \tan \theta} + \frac{kq}{4d^2}$

D. $\frac{mg}{q \tan \theta} + \frac{kq}{4d^2}$

6. 如图所示,操场上的 S_1 、 S_2 两点分别放置完全相同的声源,相距 $d = 4\lambda$ (λ 为声波的波长),两声源的振动频率相同、相位相同。某同学从 S_2 点出发,沿与 S_1S_2 连线垂直的 S_2A 方向向 A 前进,则第一次听到声音干涉相消的位置与 S_2 的距离为



A. $\frac{15}{28}\lambda$

B. $\frac{19}{28}\lambda$

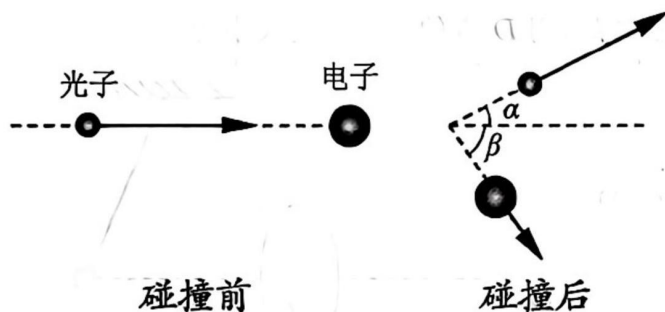
C. $\frac{23}{28}\lambda$

D. $\frac{27}{28}\lambda$

7. 如图所示,某行星质量为 M ,半径为 R ,在距离该行星中心 $10R$ 处有一可视为质点的陨石,正以大小为 v 的速度垂直于与行星球心连线的方向运动。已知取无限远处的引力势能为零时,质量为 m 的物体在与该行星距离为 r 处的引力势能可以表达为 $E_p = -\frac{GMm}{r}$,万有引力常量为 G ,不考虑其他星体的作用及一切阻力,为了避免该陨石与行星发生碰撞,速度 v 的最小值为



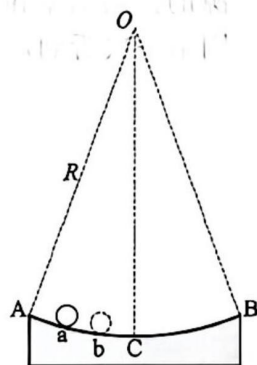
- A. $\sqrt{\frac{GM}{55R}}$ B. $\sqrt{\frac{GM}{11R}}$ C. $\sqrt{\frac{GM}{5R}}$ D. $\sqrt{\frac{GM}{R}}$
8. 康普顿的理论和实验证明光具有粒子性,光子和电子、质子这样的实物粒子一样,既具有能量,又具有动量(光子的能量 $h\nu$,光子的动量 $\frac{h}{\lambda}$),光子与晶体中电子的相互作用过程严格地遵守能量守恒定律和动量守恒定律。如图所示,在真空环境中一光子与一静止的电子发生弹性斜碰,碰后光子的偏转角为 α ,电子沿与光子的入射方向成 β 角飞出。已知入射光子的波长为 λ_0 ,真空中的光速为 c ,普朗克常量为 h ,则碰后电子的动能为



- A. $\frac{hc}{\lambda_0} \left(\frac{\sin(\alpha + \beta) + \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)} \right)$ B. $\frac{hc}{\lambda_0} \left(\frac{\cos(\alpha + \beta) + \cos\beta}{\cos(\alpha + \beta)} \right)$
 C. $\frac{hc}{\lambda_0} \left(\frac{\sin(\alpha + \beta) - \sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)} \right)$ D. $\frac{hc}{\lambda_0} \left(\frac{\cos(\alpha + \beta) - \cos\beta}{\cos(\alpha + \beta)} \right)$

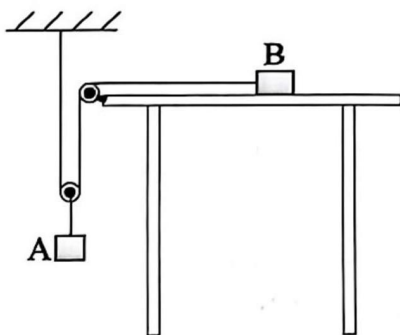
二、多项选择题:本题共 4 小题,每小题 4 分,共 16 分。在每小题给出的四个选项中,有多项符合题目要求。全部选对的得 4 分,选对但不全的得 2 分,有选错的得 0 分。

9. 如图所示,光滑圆弧形凹槽固定在水平地面上, O 为圆心,半径为 R , C 为圆弧的最低点,弧长 $\widehat{ACB} \ll R$ 。可视为质点的小球先后从图中的 a 、 b 两点由静止释放。在上述两次小球从释放到第一次经过 C 点的过程中,下列说法正确的是

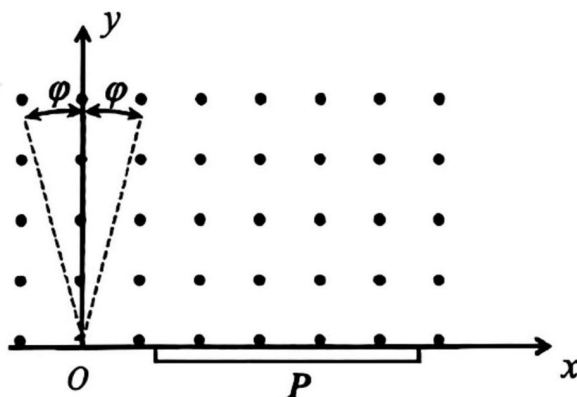


- A. 小球动能的变化量相等
 B. 小球机械能的变化量相等
 C. 小球重力的冲量相同
 D. 小球合外力的冲量相同

10. 如图所示,物体 B 放置在水平桌面上,桌子边缘固定一轻质定滑轮,一轻绳绕过定滑轮和另一轻质动滑轮将物块 A、B 按如图方式连接,桌面上方的轻绳与桌面保持平行,与动滑轮连接的轻绳保持竖直方向。已知物块 A、B 的质量均为 m ,物块 B 与桌面间的动摩擦因数为 μ ,重力加速度为 g ,不计轻绳与滑轮间的摩擦力和空气阻力。在物块 A 向下运动的过程中,下列说法正确的是

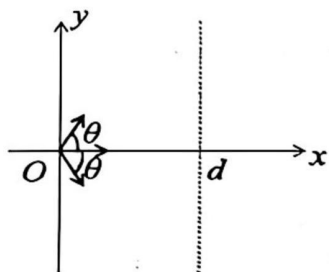


- A. 物块 A 和物块 B 的加速度大小之比为 1:1
 B. 物块 A 和物块 B 在某时刻的速度大小之比为 1:2
 C. 物块 A 的加速度大小为 $\frac{1-2\mu}{3}g$
 D. 物块 A 的加速度大小为 $\frac{1-2\mu}{5}g$
11. 如图所示为磁谱仪的工作原理示意图。在纸面内建立 xOy 坐标系,在 $y \geq 0$ 的区域内分布着磁感应强度大小为 B 、方向垂直坐标平面向外的匀强磁场, O 点有一粒子源,不断沿垂直磁场方向发射质量为 m 、电量为 $+q$ 的带电粒子,所有粒子发射的速率范围为 $0.9v_0 \leq v \leq 1.1v_0$,速度方向被限制在以 y 轴为中心轴、左右偏移 φ 的小角度内。 O 点右侧沿 x 轴放置一足够长荧光屏 P ,所有粒子经磁场偏转后都打在荧光屏 P 上。不计粒子重力,已知 $\sin\varphi \approx 0.2$, $\cos\varphi \approx 0.98$,下列说法正确的是

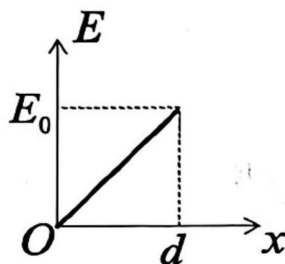


- A. 所有粒子运动过程中距离 x 轴最远位置的 y 坐标最大值 $\frac{1.32mv_0}{qB}$
 B. 所有粒子运动过程中距离 x 轴最远位置的 y 坐标最小值 $\frac{1.08mv_0}{qB}$
 C. 所有粒子打在荧光屏上区域的长度为 $\frac{0.356mv_0}{qB}$
 D. 所有粒子打在荧光屏上区域的长度为 $\frac{0.436mv_0}{qB}$

12. 如图甲所示的 xOy 坐标平面中, 在 $x=d$ 处有一与 y 轴平行的荧光屏, $0 \leq x \leq d$ 之间的区域内分布着沿 x 轴正向的电场, 其场强大小 E 随 x 的变化关系如图乙所示 (E_0 为已知量)。 O 点处有一电子源, 向平面内各个方向辐射相同速率的电子, 电子速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ 范围内的电子可以击中荧光屏。 已知质量为 m 的物体所受合外力 F 与位移 x 满足 $F = -kx$ 时其运动周期为 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, 电子的电量为 e , 质量为 m , 不计电子的重力, 下列说法正确的是



甲



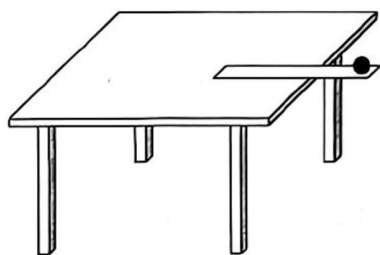
乙

- A. 电子源发射的电子的速率为 $\frac{1}{\cos\theta}\sqrt{\frac{eE_0d}{m}}$
 B. 电子源发射的电子的速率为 $\frac{1}{\cos\theta}\sqrt{\frac{2eE_0d}{m}}$
 C. 荧光屏上被电子击中的长度为 $\pi d \tan\theta$
 D. 荧光屏上被电子击中的长度为 $\frac{\pi d \tan\theta}{2}$

三、非选择题: 本题共 6 小题, 共 60 分。

13. (6 分) 某同学利用图甲所示的实验装置验证机械能守恒定律, 实验过程如下:

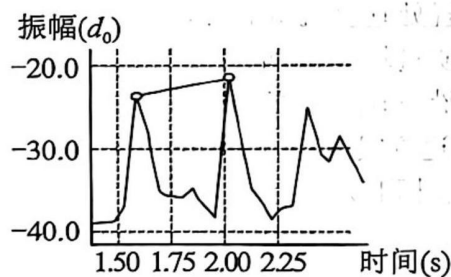
- ① 将一钢尺伸出水平桌面少许, 将质量为 m 的铁球放在钢尺末端, 用刻度尺测出钢尺上表面与地板间的高度差 $h = 78.00\text{cm}$;
- ② 利用图乙所示的智能手机运行可以测量外界声音“振幅”(声音强度) 的程序;
- ③ 迅速敲击钢尺侧面, 铁球自由下落, 传感器记录下声音振幅随时间变化曲线如图丙所示, 第一、第二个尖峰的横坐标分别对应铁球开始下落和落地时刻, 测得这两个尖峰的时间间隔为 $t = 0.40\text{s}$ 。



甲



乙



丙

已知铁球质量为 $m = 50\text{g}$, 重力加速度 $g = 9.80\text{m/s}^2$, 请回答下列问题:

- (1) 铁球下落过程中增加的动能 ΔE_k 可以表示为 _____ (请用物理量符号 m 、 h 、 t 表示);
- (2) 若已知铁球下落过程中减小的重力势能 $\Delta E_p = 0.382\text{J}$, 则可以计算出相对误差 $\eta = \frac{\Delta E_p - \Delta E_k}{\Delta E_p} \times 100\% =$ _____ % (结果保留 1 位小数);
- (3) 敲击钢尺侧面时若铁球获得一个较小的水平速度, 对第(2)问中的相对误差大小 _____ (填“有”或“没有”)影响。

14. (8分)某同学自制了一台电子秤,其原理如图所示。实验器材有:

直流电源(电动势为 $E = 3.0\text{V}$, 内阻为 $r = 0.5\Omega$);

理想电压表 V (量程为 3.0V);

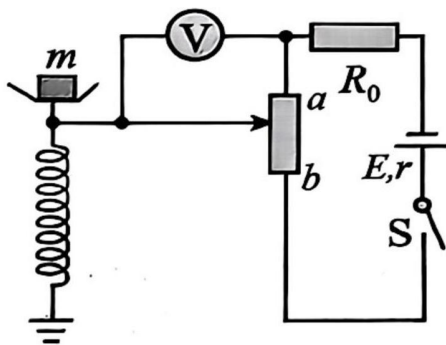
限流电阻 $R_0 = 9.5\Omega$;

竖直固定的滑动变阻器 R (总长 $l = 10.0\text{cm}$, 总阻值 $R = 20.0\Omega$);

轻弹簧(劲度系数 $k = 10^3\text{N/m}$, 下端固定于水平地面, 上端固定托盘且与滑动变阻器 R 的滑动端连接, 滑片接触良好且无摩擦);

开关 S 以及导线若干。

已知重力加速度取 $g = 10\text{m/s}^2$, 不计摩擦和其他阻力。



实验步骤如下:

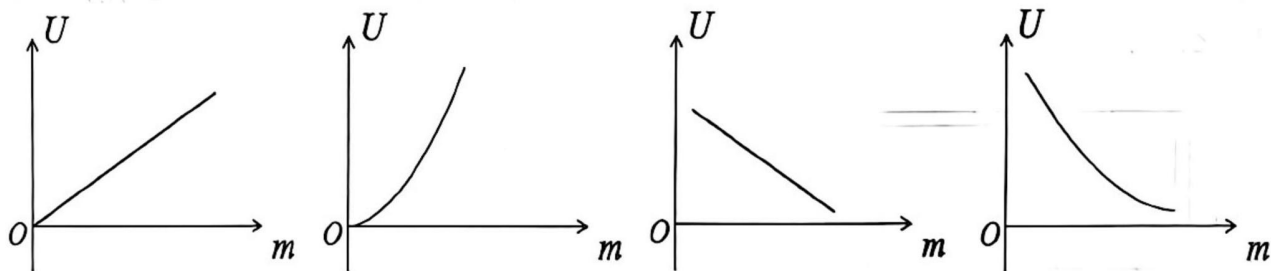
①托盘中未放重物时,调节滑片置于变阻器的最上端 a ;

②在托盘中轻轻放入不同质量的重物,待托盘静止平衡后,读出对应的电压表示数,将对应的电压示数改换成对应的重物质量,即可制成电子秤。滑动变阻器的滑片从 a 移动到 b 的过程中,弹簧形变始终在弹性限度内。

请回答下列问题:

(1)当滑动变阻器的滑片恰好置于最下端 b 时,电压表的示数为 _____ V ;该电子秤可测重物的最大质量为 _____ kg ; (所有结果保留一位小数)

(2)下列图像中描述电压表读数 U 与物体质量 m 之间的关系正确的是 _____;



A.

B.

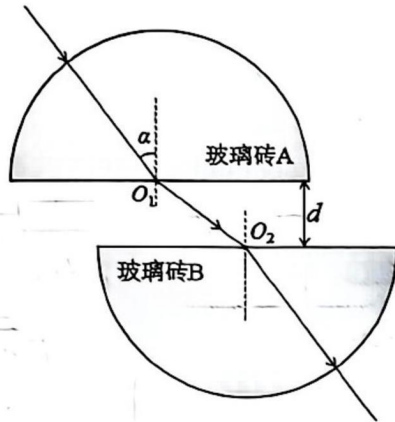
C.

D.

(3)实验中若只将限流电阻 R_0 换成阻值更大的定值电阻,下列说法正确的是 _____

- A. 该电子秤能测量的重物最大质量值变大
- B. 该电子秤能测量的重物最大质量值变小
- C. 该电子秤能测量重物质量的精确度变高
- D. 该电子秤能测量重物质量的精确度变低

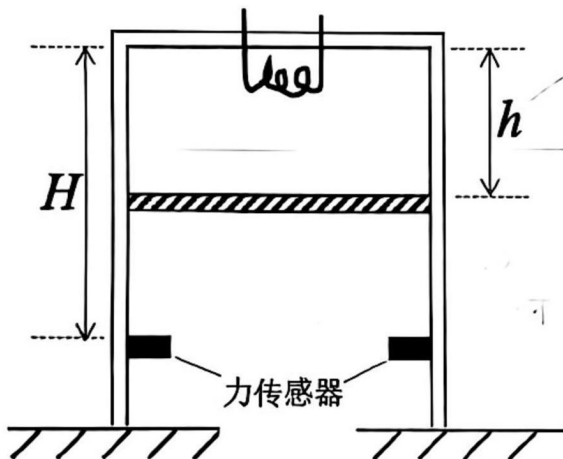
15. (8分) 如图所示为半径均为 R 的两块完全相同的半圆形玻璃砖 A、B, 两平行界面之间的距离为 $d = \frac{R}{2}$, 两圆心 O_1 、 O_2 左右错开一定距离。一束单色光沿玻璃砖 A 的半径方向射入, 在 O_1 点的人射角为 $\alpha = 37^\circ$, 射出玻璃砖 A 后恰能从玻璃砖 B 的圆心 O_2 点射入。已知玻璃砖的折射率为 $n = \frac{4}{3}$, 光在真空中的传播速度为 c , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\sin 53^\circ = 0.8$, 求



- (1) 该单色光从开始射入玻璃砖 A 到从玻璃砖 B 射出所经历的时间 t ;
- (2) 将单色光在 O_1 点的人射角减小为 30° , 只将两玻璃砖平行界面之间的距离调整为 d' , 该单色光从 O_1 点出射后, 仍然能从玻璃砖 B 的圆心 O_2 点入射, 求 d' 的大小。

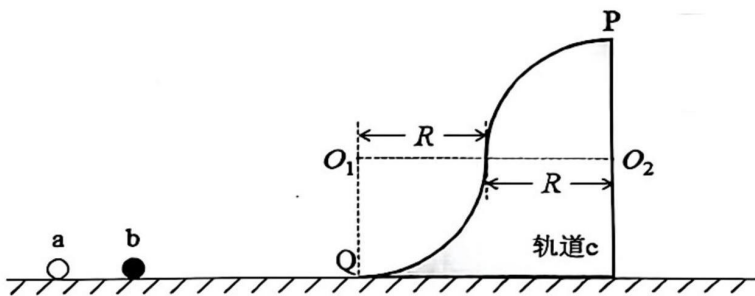
16. (8分) 如图所示, 绝热圆筒汽缸底部朝上、开口朝下放置在水平地面上, 用绝热的薄活塞封闭了一定质量的理想气体, 汽缸内底部有可控加热装置(体积不计), 活塞下面的汽缸内固定有带压力传感器的环状挡板, 不计活塞与气缸壁的摩擦。已知活塞的质量为 $m = 1\text{kg}$, 重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$, 汽缸的底面积 $S = 50\text{cm}^2$, 汽缸底部到环状挡板位置的高度为 $H = 8\text{cm}$, 大气压强 $p_0 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$, 初始时刻汽缸内热力学温度 $T_0 = 280\text{K}$, 活塞到汽缸底部的距离 $h = 4\text{cm}$ 。现通过加热装置使缸内气体均匀升温, 升温速率为 $k = 0.01\text{K/s}$ 。求

- (1) 初始时刻气缸内气体的压强;
- (2) 从初始时刻到压力传感器开始有示数时的过程中, 缸内气体对外做功的量值;
- (3) 从压力传感器开始有示数时开始计时, 写出传感器示数 F (即活塞与传感器相互作用的合力) 与时间 t 之间的关系式。



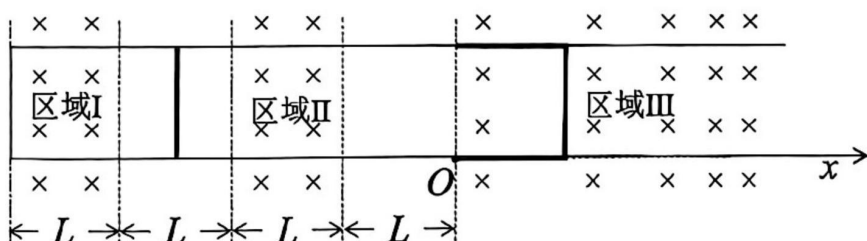
17. (14分)如图所示,由圆心分别为 O_1 、 O_2 ,半径均为 $R=0.2\text{m}$ 的两个 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧轨道平滑连接成轨道c,放置光滑水平地面上并锁定,P点为轨道的最高点,Q点为轨道的最低点且与水平地面相切。质量均为 $m=1\text{kg}$ 的不同材质小球a、b静置在轨道c左侧的水平地面上,小球a、b碰撞时碰后的相对速度与碰前的相对速度之比为一定值。给小球a一初速度,使之与小球b发生碰撞,碰撞后小球b沿轨道c运动到P点抛出,地面上的落点与P点间的水平方向位移为 $x=\frac{\sqrt{2}}{5}\text{m}$;小球a沿轨道能运动到与 O_1 点等高的位置。不计空气阻力,重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$,求

- (1)小球b经过P点时受到的支持力大小;
- (2)小球a、b发生碰撞过程中损失的动能;
- (3)解除轨道c的锁定,小球a以大小未知的初速度 v' 与小球b发生碰撞,碰后小球b经过轨道上的Q点滑上轨道c,又从轨道c上滑下再次经过Q点,上述过程中小球a一直在水平地面上运动,小球b第一次经过Q点时与小球a间的距离等于小球b第二次经过Q点时与小球a间的距离。求满足条件的初速度 v' 的大小。



18. (16分)如图所示,间距为 L 的平行轨道固定在水平面内,以轨道上的 O 点为坐标原点,沿轨道向右为 x 轴的正方向建立坐标系,图中虚线为水平面内的区域分界线,均与轨道垂直。 $x < 0$ 区域内的轨道为光滑金属轨道,且轨道左端两个端点之间也是导体连接; $x \geq 0$ 区域内的轨道为粗糙绝缘轨道。图中区域I($-4L \leq x \leq -3L$)内存在垂直于水平面向里的磁场,磁感应强度大小 $B_1=k_1t+B_0$ (k_1 为大于零的已知常量);区域II($-2L \leq x \leq -L$)内存在垂直于水平面向里的匀强磁场,磁感应强度大小为 B_0 ;区域III($x > 0$)内存在垂直于水平面向里的磁场,磁感应强度大小 $B_2=k_2x+B_0$ (k_2 为大于零的已知常量)。质量为 m 、电阻为 R 、长为 L 的金属棒a在 $-3L \leq x \leq -2L$ 区间的某一位置处垂直轨道放置,与轨道接触良好;另有一“ \square ”形状的金属框b三条边的长度均为 L ,每条边的质量均为 m 、电阻均为 R ,左侧两 endpoints 紧贴过 O 点的分界线静置在绝缘轨道上。给金属棒a施加一沿 x 轴正向的恒力使其由静止开始运动,金属棒a经过区域II的过程中恰好做速度大小为 v_0 的匀速直线运动,金属棒a经过区域II的右边界时撤去该恒力;金属棒a继续向右运动至 O 点时与金属框b发生完全非弹性碰撞,粘连成一个正方形线框,该正方形线框沿 x 轴正向运动的过程中受到阻力作用,阻力大小与速率的关系为 $f=k_3v$ (k_3 为大于零的已知常量)。求

- (1)恒力的大小;
- (2)金属棒a从开始运动到经过区域II右侧边界的过程中,金属棒a上通过的电量;
- (3)粘连成的正方形线框沿 x 轴正向运动的距离和线框上产生的焦耳热。



高三年级 3 月质量综合评估

物理试题参考答案及评分标准

- 1、D 2、C 3、B 4、B 5、D 6、A 7、A 8、C
 9、BC 10、BD 11、AD 12、AC
 13. (6分)

【答案】(1) $\frac{1}{2}m\left(\frac{2h}{t}\right)^2$ 2分 (2) 0.52分 (3) 没有2分

【解析】(1) 铁球下落 $\frac{t}{2}$ 的速度为 $v_{\frac{t}{2}} = \frac{h}{t}$

根据初速度为 0 的匀变速直线运动的公式有 $v_{\frac{t}{2}} = a\frac{t}{2}$, $v = at$

解得铁球下落时间 t 的速度为 $v = \frac{2h}{t}$,

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}m\left(\frac{2h}{t}\right)^2.$$

(2) 下落过程中增加的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m \times \left(\frac{2h}{t}\right)^2 = 0.380\text{J}$, 相对误差 $\eta = \frac{\Delta E_p - \Delta E_k}{\Delta E_p} \times 100\% = 0.5\%$

(3) 根据运动的独立性, 敲击钢尺侧面时若铁球获得一个较小的水平速度, 不影响铁球竖直方向的运动, 对实验测量结果没有影响。

14. (8分)

【答案】: (1) 2.0 10.0 (2) A (3) D 每空 2 分

【解析】(1) 滑动变阻器的滑片恰好置于最下端 b 时, 由欧姆定律可得

$$U = \frac{E}{R + R_0 + r} R = \frac{3}{20 + 9.5 + 0.5} \times 20\text{V} = 2.0\text{V}$$

由受力平衡可得 $m_{\max}g = kl$, 解得可测重物的最大质量为 $m_{\max} = \frac{kl}{g} = \frac{10^3 \times 0.1}{10} \text{kg} = 10.0\text{kg}$ 。

(2) 根据闭合电路欧姆定律可得 $U = \frac{E}{R + R_0 + r} \cdot \frac{x}{l} R$

又 $mg = kx$, 联立可得 $U = \frac{mgRE}{kl(R + R_0 + r)}$, U 与 m 成正比关系, 故选 A;

(3) 该电子秤能测量的重物质量的最大值是由弹簧的形变量决定的, 故 A、B 均错误;

当限流电阻 R_0 换成阻值更大一些的定值电阻时, 根据分压关系, 电压表对应的最大示数变小, 所测质量范

围不变，因此精确度降低，故 C 错误、D 正确。

15. (8分)

$$(1) n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \quad \text{可得: } \sin \beta = 0.8 \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\overline{O_1O_2} = \frac{d}{\cos \beta} = \frac{5R}{6} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$n = \frac{c}{v} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$t = \frac{2R}{v} + \frac{\overline{O_1O_2}}{c} = \frac{7R}{2c} \quad \dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$(2) n = \frac{\sin \gamma}{\sin \theta} \quad \text{可得: } \sin \gamma = \frac{2}{3} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$d' = \frac{d \tan \beta}{\tan \gamma} = \frac{\sqrt{5}R}{3} \quad \dots\dots 2 \text{ 分}$$

16. (8分)

$$(1) PS + mg = P_0S \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\text{解得: } P = 0.98 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

(2) 从初始时刻到压力传感器开始有示数时的过程，气态变化为等压变化，

$$W = P\Delta V = 0.98 \times 10^5 \times 50 \times 4 \times 10^{-6} = 19.6 \text{ J} \quad \dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$(3) \frac{Sh}{T_0} = \frac{SH}{T_1} \quad \text{解得: } T_1 = 560 \text{ K} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

传感器有示数后是等容变化， $\frac{P}{T_1} = \frac{\Delta P}{\Delta T}$ $\dots\dots 1 \text{ 分}$

$$F = \Delta P \cdot S = \frac{PS}{T_1} \Delta T = \frac{PS}{T_1} kt \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\text{整理可得: } F = \frac{7}{800} t \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

17. (14分)

$$(1) \text{ 小球 b 平抛运动过程: } x = v_{bp}t, \quad 2R = \frac{1}{2}gt^2 \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\text{可得 } v_{bp} = 1 \text{ m/s}$$

$$m_b g - N = \frac{m_b v_{bP}^2}{R} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

解得： $N = 5N$ 1 分

(2) 小球 a、b 碰撞后， $\frac{1}{2} m_b v_{bQ}^2 = \frac{1}{2} m_b v_{bP}^2 + m_b g \cdot 2R$ 可得 $v_{bQ} = 3\text{m/s}$ 1 分

$$\frac{1}{2} m_a v_{aQ}^2 = m_a g \cdot R \quad \text{可得 } v_{aQ} = 2\text{m/s} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$m_a v_{a0} = m_a v_{aQ} + m_b v_{bQ} \quad \text{可得 } v_{a0} = 5\text{m/s} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m_a v_{a0}^2 - \frac{1}{2} m_a v_{aQ}^2 - \frac{1}{2} m_b v_{bQ}^2 = 6\text{J} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

(3) 解除轨道 c 锁定后，小球 a 的初速度为 v' ，

$$m_a v = m_a v_a + m_b v_b$$

碰后的相对速度与碰前的相对速度之比为一定值： $\frac{v_b - v_a}{v'} = \frac{v_{bQ} - v_{aQ}}{v_{a0}} = \frac{1}{5}$

解得： $\frac{v'_a}{v'_b} = \frac{2}{3}$ 1 分

设小球 b 两次经过 Q 点的时间间隔为 t ，根据题意可得： $x_a = x_b = x_c = v'_a t$ 1 分

小球 b 和轨道 c 作用的过程中， $m_b v_b = m_b v'_b + m_c v_c$

时间 t 内对上式积分： $m_b v'_b t = m_b x_b + m_c x_c$ 1 分

联立上式可解得： $m_c = 0.5m_b = 0.5\text{kg}$ 1 分

小球 b 与轨道 c 共速时，上升最大高度为 $2R$ ， $m_b v'_b = (m_b + m_c) v_{\text{共}}$ 1 分

$$\frac{1}{2} m_b v'^2_b = \frac{1}{2} (m_b + m_c) v_{\text{共}}^2 + m_b \cdot 2R \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

解得： $v'_b = \sqrt{24} \text{ m/s}$

可得： $v \leq v_a + v_b = \frac{5}{3} v_b = \frac{10}{3} \sqrt{6} \text{ m/s}$ 1 分

18. (16 分)

(1) 金属棒 a 匀速时， $F = B_0 I L$ 1 分

$$I = \frac{k_1 L^2 + B_0 L v_0}{R} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$\text{解得: } F = \frac{B_0 k_1 L^3 + B_0^2 L^2 v_0}{R} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

(2) 加速阶段: $Ft_1 = mv_0$, $\dots\dots 1 \text{ 分}$

$$q_1 = I_1 t_1 = \frac{k_1 L^2 m v_0}{B_0 k_1 L^3 + B_0^2 L^2 v_0} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

匀速阶段: $t_2 = \frac{L}{v_0}$, $\dots\dots 1 \text{ 分}$

$$q_2 = I_2 t_2 = \frac{k_1 L^3 + B_0 L^2 v_0}{v_0 R} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{k_1 L^2 m v_0}{B_0 k_1 L^3 + B_0^2 L^2 v_0} + \frac{k_1 L^3 + B_0 L^2 v_0}{v_0 R}$$

(3) $mv_0 = 4mv_1$ $v_1 = \frac{v_0}{4}$ $\dots\dots 1 \text{ 分}$

线框速度为 v 时, 左侧边框的坐标为 x ,

$$I = \frac{k_2(x+L)Lv - k_2 xLv}{4R} = \frac{k_2 L^2 v}{4R} \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$$

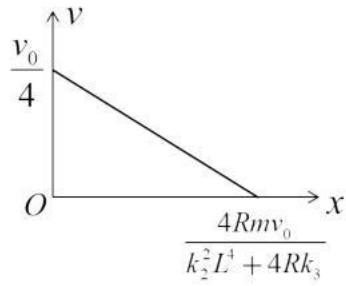
线框受到的安培力: $F = k_2(x+L)IL - k_2 xIL = k_2 L^2 I = \frac{k_2^2 L^4 v}{4R}$ $\dots\dots 1 \text{ 分}$

由动量定理可得: $\sum -\frac{k_2^2 L^4 v}{4R} - k_3 v \Delta t = 4mv - 4m \frac{v_0}{4}$

即: $-\frac{k_2^2 L^4}{4R} + k_3 x = 4mv - 4m \frac{v_0}{4}$ $\dots\dots 1 \text{ 分}$

当线框减到零时, 即 $v = 0$ 时, $x = \frac{4Rmv_0}{k_2^2 L^4 + 4Rk_3}$ $\dots\dots 1 \text{ 分}$

可以做出 $v-x$ ($v = \frac{v_0}{4} - \frac{k_2^2 L^4 + 4Rk_3}{16mR} x$) 图像如下: $\dots\dots 1 \text{ 分}$



焦耳热: $Q = \sum I^2 4R \Delta t = \frac{k_2 L^2 v^2}{4R} 4R \Delta t$

整理可得: $Q = \frac{k_2^2 L^4}{4R} v^2 \Delta t = \frac{k_2^2 L^4}{4R} v \cdot x \quad \dots\dots 1 \text{ 分}$

根据图像面积可得: $Q = \frac{mv_0^2}{8} \cdot \frac{k_2^2 L^4}{k_2^2 L^4 + 4Rk_3} \quad \dots\dots 2 \text{ 分}$