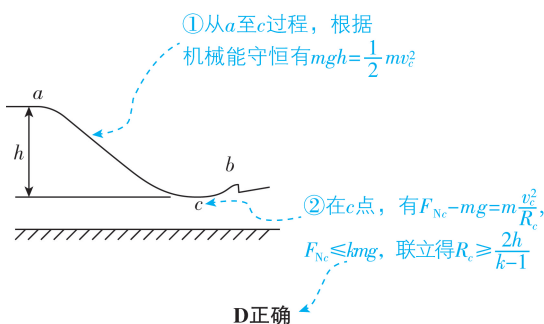


14. D 【命题点】动能定理、向心力



15. C 【命题点】运动学公式

【解析】由题知当列车的任一部分处于隧道内时, 列车速率都不允许超过 $v (v < v_0)$, 则列车进隧道前至少要减速到 v , 则有 $v = v_0 - 2at_1$, 解得 $t_1 = \frac{v_0 - v}{2a}$, 在隧道内匀速有 $t_2 = \frac{L+l}{v}$, 列车尾部出隧道后立即加速到 v_0 , 有 $v_0 = v + at_3$, 解得 $t_3 = \frac{v_0 - v}{a}$, 则列车从减速开始至回到正常行驶速率 v_0 所用时间至少为 $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{3(v_0 - v)}{2a} + \frac{L+l}{v}$, C 正确。

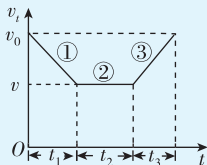
学霸解题·妙想 中南大学 王艺超

画出列车运动时间最短的速度—时间

图像, 图线①的斜率 $\frac{v_0 - v}{t_1} = a$, 图线②与

t 轴所围图形的面积 $vt_2 = L+l$, 图线③

斜率 $\frac{v_0 - v}{t_3} = 2a$, $t_{\min} = t_1 + t_2 + t_3$ 。

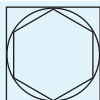


16. C 【命题点】电阻定律、电磁感应

【解析】设圆线框的半径为 r , 则由题意可知正方形线框的边长为 $2r$, 正六边形线框的边长为 r ; 所以圆线框的周长为 $C_2 = 2\pi r$, 面积为 $S_2 = \pi r^2$, 正方形线框的周长和面积分别为 $C_1 = 8r$, $S_1 = 4r^2$, 正六边形线框的周长和面积分别为 $C_3 = 6r$, $S_3 = 6 \times \frac{1}{2} \times r \times \frac{\sqrt{3}}{2}r = \frac{3\sqrt{3}}{2}r^2$, 三线框材料粗细相同, 根据电阻定律 $R = \rho \frac{L}{S_{\text{横截面}}}$, 可知三个线框电阻之比为 $R_1 : R_2 : R_3 = C_1 : C_2 : C_3 = 4 : \pi : 3$, 根据法拉第电磁感应定律有 $I = \frac{E}{R} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{S}{R}$, 电流之比即为 $\frac{S}{R}$ 之比, 可得电流之比为 $I_1 : I_2 : I_3 = 2 : 2 : \sqrt{3}$, 即 $I_1 = I_2 > I_3$, C 正确。

名师延展

如图所示, 圆为正方形的内接圆, 六边形为圆的内接六边形, 则 $S_{\text{正}} > S_{\text{圆}} > S_{\text{六}}$, $C_{\text{正}} > C_{\text{圆}} > C_{\text{六}}$ 。



17. C 【命题点】原子核衰变、半衰期

【解析】设 $t=0$ 时刻半衰期为 t_0 的元素原子核数为 x , 另一种元素原子核数为 y , 依题意有 $x+y=N$, 经历 $2t_0$ 后有 $\frac{1}{4}x + \frac{1}{2}y = \frac{N}{3}$, 联立可得 $x = \frac{2}{3}N, y = \frac{1}{3}N$, 在 $t=4t_0$ 时, 原子核数为 x 的元素经历了 4 个半衰期, 原子核数为 y 的元素经历了 2 个半衰期, 则此时未衰变的原子核总数为 $n = \frac{1}{2^4}x + \frac{1}{2^2}y = \frac{N}{8}$, C 正确。

18. B 【命题点】带电粒子在电磁场中的运动

【解析】在 xOy 平面内电场的方向沿 y 轴正方向, 故在坐标原点 O 静止的带正电的粒子在电场力作用下会向 y 轴正方向运动。磁场方向垂直于纸面向里, 根据左手定则, 可知向 y 轴正方向运动的带正电的粒子同时受到沿 x 轴负方向的洛伦兹力, 故带电粒子向 x 轴负方向偏转, A、C 错误; 由于匀强电场方向沿 y 轴正方向, 故 x 轴为匀强电场的等势面, 从开始到带电粒子再次运动到 x 轴时, 电场力做功为 0, 洛伦兹力不做功, 故带电粒子再次回到 x 轴时的速度为 0, 随后受电场力作用再次进入第二象限重复向左偏转, B 正确, D 错误。

一题多解 粒子在 O 点静止, 对速度进行分解, 分解为沿 x 轴正方向的速度 v , 沿 x 轴负方向的速度 v' , 两个速度大小相等, 方向相反。使得沿 y 轴负方向的洛伦兹力平衡电场力, 即 $qBv' = qE$, 则粒子在电场、磁场中的运动可视为沿 x 轴负方向以速度 $v' = \frac{E}{B}$ 做匀速直线运动, 同时在 x 轴上方做匀速圆周运动, 故选 B。

19. AD 【命题点】牛顿运动定律、连接体问题

【解析】设两滑块的质量均为 m , 撤去拉力前, 两滑块均做匀速直线运动, 则拉力大小为 $F = 2\mu mg$, 撤去拉力前对 Q 受力分析, Q 受到弹簧的弹力大小为 $T_0 = \mu mg$, 以向右为正方向, 撤去拉力瞬间弹簧弹力不变, 为 μmg , 两滑块与桌面间仍然保持相对滑动, 此时对滑块 P 有 $-T_0 - \mu mg = ma_{P1}$, 解得 $a_{P1} = -2\mu g$, 滑块 Q 所受的外力不变, 加速度仍为零, 滑块 P 做减速运动, 故 P 、 Q 间距离减小, 弹簧的伸长量变小, 弹簧弹力变小。根据牛顿第二定律可知, 滑块 P 做加速度减小的减速运动, 滑块 Q 所受合力增大, 合力向左, 做加速度增大的减速运动, 故 P 加速度大小的最大值是刚撤去拉力瞬间, 为 $2\mu g$ 。 Q 加速度大小的最大值为弹簧恢复原长时, 有 $-\mu mg = ma_{Qm}$, 解得 $a_{Qm} = -\mu g$, 故滑块 Q 加速度大小的最大值为 μg , A 正确, B 错误; 滑块 P 、 Q 水平向右运动, P 、 Q 间的距离在减小, 故 P 的位移大小一定小于 Q 的位移大小, C 错误; 滑块 P 在弹簧恢复到原长时有 $-\mu mg = ma_{P2}$, 解得 $a_{P2} = -\mu g$, 撤去拉力时, P 、 Q 的初速度相等, 滑块 P 开始的加速度大小为 $2\mu g$, 做加速度减小的减速运动, 最后弹簧恢复原长时加速度大小为 μg ; 滑块 Q 开始的加速度为 0, 做加速度增大的减速运动, 最后弹簧恢复原长时加速度大小也为 μg 。分析可知, 恢复原长前 P 的速度始终比 Q 的速度减小得快, P 的速度大小均不大于同一时刻 Q 的速度大小, D 正确。

20. AD 【命题点】电磁感应中的动力学、能量问题

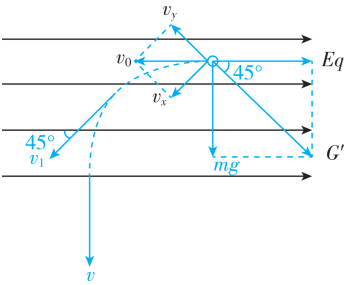
选项	分析	正误
A	通过导体棒 MN 的电流瞬时值为 $I = \frac{U - Blv}{R}$, 当开关闭合瞬间, $Blv = 0$, 此时通过导体棒 MN 的电流最大, $I_{\max} = \frac{U}{R} = \frac{Q}{CR}$	✓
B	当 $U > Blv$ 时, 导体棒加速运动, 当速度达到最大值之后, 由于电容器与导体棒 MN 及电阻 R 构成回路, 电阻 R 上产生焦耳热, 由能量守恒定律可知, 最后 MN 速度为零	×
C	当 $U = Blv$ 时, 通过导体棒 MN 的电流瞬时值为零, 安培力为零, 此时 MN 速度最大	×
D	开始瞬间, MN 棒中的电流与电阻 R 中的电流相等; 当 MN 棒具有速度且存在逆时针的感应电动势时, MN 棒中的电流总是小于电阻 R 中的电流, 则全过程中电阻 R 上产生的焦耳热均大于导体棒 MN 上产生的焦耳热	✓

巧思妙解

初始时电容器两端电压为 $\frac{Q}{C}$, 此后电容器持续放电, 电容器两端电压不断下降, 则初始时流过导体棒的电流 $\frac{Q}{RC}$ 为最大电流。

21. BD 【命题点】带电体在复合场(电场、重力场)中的运动

【解析】如图所示, $Eq = mg$, 故等效重力 G' 的方向与水平方向成 45° 角, 斜向右下。 $v_y = 0$ 时速度最小, 为 $v_{\min} = v_1$, 由于此时 v_1 存在水平分量, 电场力还可以继续做负功, 故此时电势能不是最大, A 错误; 水平方向上的速度减为零时有



$v_0 = \frac{Eq}{m}t$, 在竖直方向上 $v = gt$, 由于 $Eq = mg$, 得 $v = v_0$, 小球的动能等于初动能, 由于此时速度没有水平分量, 故电势能最大, 由动能定理可知 $W_G + W_{Eq} = 0$, 则重力做功等于小球电势能的增加量, B、D 正确; 速度方向与水平方向成 45° 角斜向左下时, 小球处于等效最高点, 速度最小, 动能最小, 由运动的分解可知, 此时水平速度与竖直速度相等, C 错误。

22. (1) 见解析(3分) (2) 990(2分)

【命题点】测量微安表内阻实验

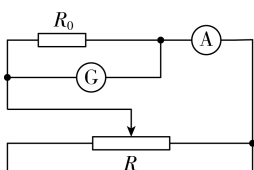
【解析】(1) 为了准确测出微安表两端的电压, 可以让微安表与定值电阻 R_0 并联, 再与电流表串联, 通过电流表与微安表的示数之差, 求出流过定值电阻 R_0 的电流, 从而求出微安表两端的电压, 进而求出微安表的内阻, 由于电源电压过大, 并且为了测量多组数据, 滑动变阻器采用分压式接法, 实验电路原理图如图所示。

(2) 流过定值电阻 R_0 的电流 $I = I_A - I_C = 9.00 \text{ mA} - 0.09 \text{ mA} =$

8. 91 mA, 微安表两端的电压 $U =$

$IR_0 = 8.91 \times 10^{-2} \text{ V}$, 微安表的内阻

$$R_g = \frac{U}{I_g} = \frac{8.91 \times 10^{-2}}{90.0 \times 10^{-6}} \Omega = 990 \Omega。$$



名师延展

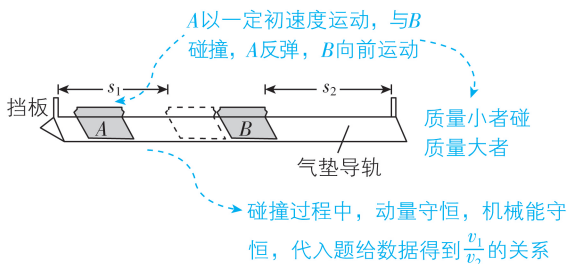
	改装电压表	改装电流表
电路		
R 的作用	分压	分流
R 的计算	$R = \frac{U}{I_g} - R_g$	$R = \frac{I_g}{I - I_g} R_g$
电表的总电阻	$R_V = R_g + R$	$R_A = \frac{R_g R}{R_g + R}$

23. (2) 0.304 (2分) (6) 0.31 (2分) (7) 0.32 (2分)

(8) $\frac{m_2 - m_1}{2m_1}$ (2分) 0.34 (2分)

【命题点】碰撞、动量守恒

【题图剖析】



【解析】(2) 应该用质量较小的滑块碰撞质量较大的滑块, 才能使得碰后两滑块运动方向相反, 故选取质量为 **0.304 kg** 的滑块作为 A。

(6) 由于两段位移大小相等, 根据表中的数据可得 $k_2 = \frac{v_1}{v_2} =$

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{0.21 \text{ s}}{0.67 \text{ s}} \approx \mathbf{0.31}。$$

(7) $\frac{v_1}{v_2}$ 平均值为 $\bar{k} = \frac{0.31 + 0.31 + 0.33 + 0.33 + 0.33}{5} \approx \mathbf{0.32}。$

(8) 弹性碰撞时满足动量守恒定律和机械能守恒定律, 可

得 $m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$, $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$, 联立解得

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{2m_1}, \text{ 代入数据可得 } \frac{v_1}{v_2} \approx \mathbf{0.34}。$$

24. $\frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$

【命题点】平抛运动

【解析】设图中相邻两个球的时间间隔为 t , 由题给条件得

$$t = 0.05 \text{ s} \times 4 = 0.2 \text{ s} \quad \text{①} \quad (2 \text{分})$$

设小球初速度大小为 v , 长度为 s_1 、 s_2 的两线段在水平方向

的投影长度分别为 s_{1x} 、 s_{2x} ，在竖直方向的投影长度分别为 s_{1y} 、 s_{2y} ，根据运动学公式有

$$s_{1x} = vt \quad (2)$$

$$s_{1y} = \frac{1}{2}gt^2 \quad (3)$$

$$s_{2x} = vt \quad (4)$$

$$s_{1y} + s_{2y} = \frac{1}{2}g(2t)^2 \quad (5)$$

由几何关系得

$$s_1^2 = s_{1x}^2 + s_{1y}^2 \quad (6)$$

$$s_2^2 = s_{2x}^2 + s_{2y}^2 \quad (7)$$

联立①②③④⑤⑥⑦式并代入题目所给数据可得

$$v = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s} \quad (8)$$

25. (1) $\frac{NIBl}{k}$ $\frac{2rNIBl}{kd}$ (2) $\frac{kd(s_1 + s_2)}{4rNBl}$

【命题点】恒定电流、安培力、微元法

【解析】(1) 设通入电流后线圈所受的安培力大小为 F_A ，则有

$$F_A = NIBl \quad (2 \text{ 分})$$

由胡克定律有

$$F_A = k\Delta x \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②式得

$$\Delta x = \frac{NIBl}{k} \quad (1 \text{ 分})$$

设线圈通入电流后反射镜镜面与竖直面的夹角为 α ，由几何关系有

$$d\sin \alpha = \Delta x \quad (2 \text{ 分})$$

由于 $\Delta x \ll d$ ，有

$$\alpha = \frac{\Delta x}{d} \quad (1 \text{ 分})$$

由几何关系及反射定律可和，水平入射光线与其反射光线的夹角

$$\theta = 2\alpha \quad (2 \text{ 分})$$

圆弧 PQ 上反射光点与入射光点间的弧长

$$s = r\theta \quad (2 \text{ 分})$$

联立③⑤⑥⑦式得

$$s = \frac{2rNIBl}{kd} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 设待测电流大小为 I' ，由于未调零，无电流时圆弧上反射光点与 O 点间弧长为 Δs (在 O 点上方 Δs 取正)，由⑧式可知

$$s_1 - \Delta s = \frac{2rNI'B l}{kd} \quad (2 \text{ 分})$$

$$s_2 + \Delta s = \frac{2rNI'B l}{kd} \quad (2 \text{ 分})$$

联立⑨⑩式得

$$I' = \frac{kd(s_1 + s_2)}{4rNBl} \quad (2 \text{ 分})$$

33. (1) BCE 【命题点】 p - T 图像

【解析】因从 a 到 b 的 p - T 图线的反向延长线过原点，由 $\frac{pV}{T} = C$ (C 为常数) 可知，从 a 到 b 气体的体积不变，则从 a 到 b 气体不对外做功，**A** 错误；因从 a 到 b 气体温度一直升高，可知气体内能一直增加，**B** 正确；因 $W = 0$ ， $\Delta U > 0$ ，根据热力学

第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知, 气体一直从外界吸热, 且气体吸收的热量等于其内能的增加量, **C、E 正确, D 错误**。

$$(2) (i) \frac{4}{3}T_0 \quad (ii) \frac{9}{4}p_0$$

【命题点】汽缸活塞模型、理想气体状态方程

【解析】(i) 因两活塞的质量、体积均不计, 则当环境温度缓慢升高时, IV 内的气体压强总等于大气压强, 则 IV 内气体发生等压变化, 则当 B 中的活塞刚到达汽缸底部时, 由盖-吕

$$\text{萨克定律可得 } \frac{\frac{3}{4}V_0}{T_0} = \frac{V_0}{T} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } T = \frac{4}{3}T_0 \quad (2 \text{ 分})$$

(ii) 设当 A 中的活塞到达汽缸底部时 III 内气体的压强为 p , 则此时 IV 内的气体压强也等于 p , 设此时 IV 内气体的体积为 V , 则 II、III 两部分气体被压缩后的体积为 $V_0 - V$, 根据理想

$$\text{气体状态方程, 对 IV 内气体有 } \frac{p_0 \cdot \frac{3V_0}{4}}{T_0} = \frac{pV}{2T_0} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{对 II、III 两部分气体有 } \frac{p_0 \left(\frac{V_0}{8} + \frac{V_0}{4} \right)}{T_0} = \frac{p(V_0 - V)}{2T_0} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } V = \frac{2}{3}V_0, p = \frac{9}{4}p_0 \quad (2 \text{ 分})$$

34. (1) 4 (2 分) 0.5 (2 分) 向下运动 (1 分)

【命题点】波的振动与传播

【解析】设波的表达式为 $y = A \sin \left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi \right)$, 由题图可知 $A = 2 \text{ cm}$, 波的图像过 $(0, \sqrt{2} \text{ cm})$ 和 $(1.5 \text{ m}, 0)$ 两点, 代入表达式得 $y = 2 \sin \left(\frac{\pi}{2}x + \frac{\pi}{4} \right) (\text{cm})$, 则该波的波长 $\lambda = 4 \text{ m}$; 由于该波的波速 $v = 2 \text{ m/s}$, 则 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2}{4} \text{ Hz} = 0.5 \text{ Hz}$; 该波的周期 $T = \frac{\lambda}{v} = 2 \text{ s}$, 由于题图为 $t = 0$ 时刻的波形图, 则 $t = 2 \text{ s}$ 时刻质点 A 的振动形式和 $t = 0$ 时刻相同, 根据“上下坡”法可知质点 A **向下运动**。

$$(2) \frac{\sqrt{7}}{2} \quad \frac{\sqrt{3}-1}{2}a$$

【命题点】光的折射与全反射

【解析】光线在 M 点发生折射, 设其折射角为 θ , 有 $\sin 60^\circ = n \sin \theta$, 由题知, 光线经折射后在 BC 边的 N 点恰好发生全反射, 则 $\sin C_0 = \frac{1}{n}$, $C_0 = 90^\circ - \theta$ (2 分)

$$\text{联立解得 } \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}, n = \frac{\sqrt{7}}{2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{根据几何关系有 } \tan \theta = \frac{MB}{BN} = \frac{PC}{NC} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{又 } MB = \frac{a}{2}, BN + NC = a \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } PC = \frac{\sqrt{3}-1}{2}a \quad (2 \text{ 分})$$