

1. D 【命题点】能级跃迁+原子钟激光频率

【解析】能级 I 与能级 II 之间的能级差一定,则有 $h\nu_0 = h(\nu_1 + \nu_2 + \nu_3)$, 解得 $\nu_2 = \nu_0 - \nu_1 - \nu_3$, D 正确。

2. B 【命题点】胡克定律

【解析】根据胡克定律的推论 $\Delta F = k \cdot \Delta x$ 得 $3k \cdot \Delta x = mg$, 代入数据解得 $k = \frac{mg}{3\Delta x} = \frac{300 \times 10^{-3} \times 10}{3 \times 1.0 \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 100 \text{ N/m}$, B 正确。

3. C 【命题点】万有引力定律+地月系

【解析】地球与月球的引力性质和地球表面的物体因引力而产生的重力性质相同,且满足 $F \propto \frac{Mm}{r^2}$, 假定系数为 $k (k > 0)$, 则 $F = k \frac{Mm}{r^2}$ 。对地球表面附近的物体,有 $k \frac{Mm_0}{R^2} = m_0 g$ (R 是地球半径); 对月球绕地球的运动,有 $k \frac{Mm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$, 又 $r = 60R$, 联立解得月球绕地球公转的周期 $T = 120 \pi \sqrt{\frac{r}{g}}$, C 正确。

4. B 【命题点】圆周运动+功与功率

【解析】以 n 个水筒为研究对象 (关键: 研究多对象时, 以单位长度上的水筒为对象), 水筒在筒车上均匀排布, 单位长度上有 n 个, 则筒车对长度 l 内的水筒中流入稻田的水做的总功 $W = 60\% n l m g H = \frac{3 n l m g H}{5}$, 做这些功所用时间 $t = \frac{l}{v} = \frac{l}{\omega R}$, 做功的功率为 $P = \frac{W}{t} = \frac{3 n m g \omega R H}{5}$, B 正确。

学霸解题 · 巧思 量纲分析法

因为水筒中只有 60% 的水被输送灌入稻田, 因此功率中必然含有 $\frac{3}{5}$, A、D 排除, 对比 B、C 两个选项, 只差一个 ω , 可通过量纲分析快速解题。在 B 选项中, n 的单位为个/m, mg 的单位为 N, ωR 的单位为 m/s, H 的单位为 m, 将这些单位代入 B 选项可得, 最终单位为 $\text{N} \cdot \text{m/s} = \text{W}$, W 是功率的单位, B 正确。

一题多解 常规解法

水轮外缘的线速度为 $v = \omega R$, 时间 Δt 内转过水轮最高点的长度为 $s = \omega R \Delta t$, 转过的水筒个数为 $N = ns = n \omega R \Delta t$, 上升到 H 处的水的质量为 $M = Nm = n m \omega R \Delta t$, 对输送到最高点的水做的功为 $W = \eta M g H = \frac{3 n m g \omega R H \Delta t}{5}$, 则功率 $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{3 n m g \omega R H}{5}$, B 正确。

5. A 【命题点】干涉热膨胀仪+光的干涉

【解析】由于 C 的膨胀系数小于 G 的膨胀系数, 温度升高时,

竖直方向 G 增加的长度比 C 增加的多,所以劈形空气层的厚度变大,即相当于将装置(不包括样品 C)向左移,故可知条纹向左移动, **A 正确**。

6. C 【命题点】匀变速直线运动规律

【解析】公交车做匀减速直线运动,设在 RS 段运动的时间 t_1 , 在 ST 段运动的时间为 t_2 , 根据 $t = \frac{x}{v}$, 可得 $t_1 : t_2 = 1 : 4$, 可令 $t_1 = 2t, t_2 = 8t$, 取公交车经过 R 点的时刻为零时刻, 经过 T 点的速度为 v_0 , 根据匀变速直线运动规律, 一段时间内的平均速度等于这段时间内中间时刻的瞬时速度, 可得 $v_t = 10 \text{ m/s}$, $v_{6t} = 5 \text{ m/s}$, 又 $v_t - 9at = v_0, v_{6t} - 4at = v_0$, 联立解得 $v_0 = 1 \text{ m/s}$, **C 正确**。

7. C 【命题点】理想变压器+远距离输电

【解析】发电机输出功率 $P_{\text{出}} = U_1 I_1 = 500 \text{ kW}$, 已知 $U_1 = 250 \text{ V}$, 解得发电机的输出电流 $I_1 = 2000 \text{ A}$, **A 错误**; 根据用户端的电压和功率可知 $U_4 I_4 = 88 \text{ kW}$, $U_4 = 220 \text{ V}$, 解得 $I_4 = 400 \text{ A}$, 由理想变压器原、副线圈匝数与电流关系规律可知 $\frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$, 解得 $I_3 = 8 \text{ A} = I_R$, 输电线上损失的功率 $P_{\text{损}} = I_R^2 R = 4000 \text{ W}$, **B 错误**; 由于变压器均为理想变压器, 故匝数为 n_1 的原线圈的输入功率等于匝数为 n_2, n_5 的两副线圈的输出功率之和, 匝数为 n_2 的线圈输出功率等于输电线损失的功率和匝数为 n_3 的线圈输入功率之和, 匝数为 n_3 的线圈输入的功率等于匝数为 n_4 的线圈输出的功率, 所以 $P_{\text{储}} = P_{\text{出}} - P_{\text{损}} - P_{\text{用}} = 408 \text{ kW}$, **C 正确**; 匝数为 n_2 的线圈两端电压 $U_2 = I_R R + U_3$, $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$, 联立解得升压变压器的匝数比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{46}$, **D 错误**。

8. A 【命题点】机车启动+动能定理

【解析】第一阶段, 小车在恒定牵引力作用下拉动物体运动, 对小车和物体组成的整体, 由动能定理有 $(F - f - \mu mg) S_1 = \frac{1}{2} (m + M) v_0^2 - 0$, 第二阶段, 轻绳从物体上脱落, 物体做匀减速直线运动, 由动能定理有 $-\mu mg (S_2 - S_1) = 0 - \frac{1}{2} M v_0^2$, 联立解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2(F-f)(S_2-S_1)S_1}{(M+m)S_2-MS_1}}$, 在第一阶段的末时刻, 小车达到额定功率, 可知小车的额定功率 $P_0 = Fv_0 = \sqrt{\frac{2F^2(F-f)(S_2-S_1)S_1}{(M+m)S_2-MS_1}}$, **A 正确**。

一题多解 动力学角度

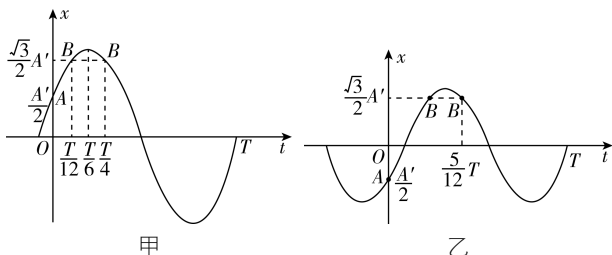
设物体与水平面之间的滑动摩擦力大小为 f' , 由于 f', F 和 f 均为恒力, 故第一阶段小车和物体做匀加速直线运动, 设小车位移为 S_1 时, 速度为 v_1 , 则对物体和小车组成的整体受力分析有 $F - f - f' = (m + M) a_1, v_1^2 = 2a_1 S_1, P_0 = Fv_1$ 。第二阶段, 轻绳从物体上脱落后, 对于物体做匀减速直线运动直至停下的过程有 $f' = ma_2, v_1^2 = 2a_2 (S_2 - S_1)$, 联立解得 $P_0 = \sqrt{\frac{2F^2(F-f)(S_2-S_1)S_1}{(m+M)S_2-MS_1}}$, **A 正确**。

9. AD 【命题点】理想气体状态方程+热力学第一定律

【解析】一定质量的理想气体的内能只与温度有关,故一定质量的理想气体温度相同,内能相同,当气体温度上升 100 K 时,等容过程中,气体体积不变, $W_1=0$,吸收了 400 J 的热量,则 $Q_1=400$ J,由热力学第一定律可得 $\Delta U_1=W_1+Q_1=400$ J,故等压过程中 $\Delta U_2=400$ J,等压过程中气体吸收了 600 J 的热量, $Q_2=600$ J,根据热力学第一定律可得 $\Delta U_2=W_2+Q_2$,可得 $W_2=-200$ J,说明气体对外做功 200 J, **B 错误, D 正确**;等压过程中,气体对外做功 $W_2=p_0\Delta V=200$ J,解得 $\Delta V=2\times 10^{-3}\text{ m}^3$,根据盖-吕萨克定律有 $\frac{V_0}{300\text{ K}}=\frac{V_0+2\times 10^{-3}\text{ m}^3}{400\text{ K}}$,解得 $V_0=6\times 10^{-3}\text{ m}^3=6\text{ L}$,体积增加了原体积的 $\frac{\Delta V}{V_0}=\frac{2\times 10^{-3}\text{ m}^3}{6\times 10^{-3}\text{ m}^3}=\frac{1}{3}$, **A 正确, C 错误**。

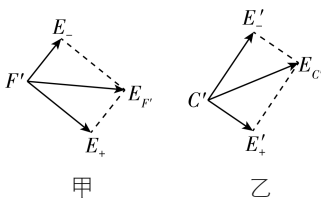
10. BC 【命题点】机械振动+振幅+周期

【解析】设质点的振动方程为 $x=A'\sin(\omega t+\varphi)$,根据题意,当 $t=0$ 时,质点在 A 点的位移 $x_1=\pm\frac{A'}{2}$,质点到达 B 点的位移 $x_2=\frac{\sqrt{3}}{2}A'$,由于从经过 A 点开始计时,则 $\varphi=\pm\frac{\pi}{6}$,当 $x_1=\frac{A'}{2}$ 时 A、B 两点的位置如图甲所示,则 $\frac{\sqrt{3}}{2}A'-\frac{1}{2}A'=L, \frac{T}{4}=t$,解得振幅 $A'=\frac{2L}{\sqrt{3}-1}$,周期 $T=4t$, **A 错误, B 正确**;当 $x_1=-\frac{A'}{2}$ 时, A、B 两点的位置如图乙所示,则 $\frac{\sqrt{3}}{2}A'+\frac{1}{2}A'=L, \frac{5}{12}T=t$,解得振幅 $A'=\frac{2L}{\sqrt{3}+1}$,周期 $T=\frac{12}{5}t$, **C 正确, D 错误**。



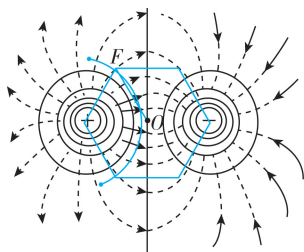
11. ACD 【命题点】等量异号的点电荷的场强+电势差+电势能

【解析】等量异号的点电荷在 F' 点和 C' 点产生的电场强度分别如图甲、乙所示(**关键: 利用平行四边形定则作出合场强的大小和方向**),



正点电荷在 C' 点产生的场强大小 $E'_+=\frac{kQ}{r^2}=E_-$,负点电荷在 B' 点产生的场强大小 $E'_-=\frac{kQ}{r'^2}=E_+$,根据几何关系和电场分布的对称性可知 $E_{F'}=E_{C'}$,则 F' 点与 C' 点的场强大小相等,

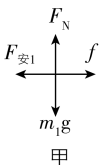
方向不同, **A 正确**; 同理可得, B' 点和 E' 点的电场强度方向不同, **B 错误**; 作出 $ABCDEF$ 平面上的电场线和等势线示意图, 如图丙所示, 可知试探电荷 $+q$ 由 F 沿直线移动到 O 点, 电势先升高后降低, 所以电势能先增大后减小, **D 正确**; 六棱柱下底面各点处的电势与对应的上底面各点处的电势相等, A 点与 F 点间的电势差小于 O 点与 D 点间的电势差, 则 A' 点与 F' 点间的电势差小于 O' 点与 D' 点间的电势差, **C 正确**。



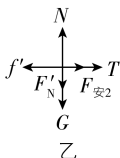
丙

12. BD 【命题点】电磁感应中的双棒平衡

【解析】由于 MN 和 CD 均做匀速直线运动, 故两者处于平衡状态, 由于 $v_2 > v_1$, 导体棒 MN 受到向右的摩擦力 f , 则通过导体棒 MN 的感应电流方向为 $N \rightarrow M$, MN 的受力分析如图甲, 对 MN 有 $F_{安1} = B_1 IL$, 又 $f = F_{安1} = \mu m_1 g = 2 \text{ N}$, 解得 $I = 1 \text{ A}$, 对导轨 CD 段受力分析, 如图乙, 受到向左的摩擦力 $f' = f = 2 \text{ N}$, 又轻绳拉力向右且 $T = m_2 g = 1 \text{ N}$, 所以 U 形导轨 CD 段受到的安培力方向一定向右, 对 U 形导轨 CD 段有 $f' = F_{安2} + T = B_2 IL + T$, 解得 $B_2 = 1 \text{ T}$, 根据左手定则及电流方向可知, B_2 的方向向下, **A 错误, B 正确**; $E = IR = 1 \text{ V}$, 由于感应电流方向由 D 到 C , 所以 $E = B_1 L v_1 - B_2 L v_2$, 解得 $v_2 = 3 \text{ m/s}$, **C 错误, D 正确**。



甲



乙

13. (1) B (2 分) (2) 2.04×10^5 (2 分) (3) 增大 (2 分)

【命题点】探究等温条件下气体压强与体积的关系+误差分析

【解析】(1) 结合题意和题图乙可知, p 与 $\frac{1}{V}$ 成正比, **B 正确**。

(2) 当 $V = 10.0 \text{ ml}$ 时, $\frac{1}{V} = 100 \times 10^{-3} \text{ ml}^{-1}$, 由题图乙知此时封闭气体的压强为 **$2.04 \times 10^5 \text{ Pa}$** 。

(3) 在等温条件下, 由玻意耳定律知, 正确记录数据时有 $p(V_0 + \Delta V) = C$, 若记录数据时漏掉了 ΔV , 则有 $pV_0 = C - p\Delta V$, 则两种情况下计算结果之差的绝对值为 $p\Delta V$, 其随 p 的增大而**增大**。

14. (1) b (1 分) (2) 6.5 (1 分) (3) 3.8×10^{-3} (2 分)

(4) 4.8×10^{-4} (2 分) (5) D_1 (2 分)

【命题点】探究不同电压下电容器的充、放电过程

【解析】(1) 由题图甲可知, 闭合开关 S_1 , 电容器与电阻箱 R_1 串联后再与滑动变阻器的左侧部分并联, 要升高电容器充电电压, 需增大并联部分的电压, 则滑片应向 **b** 端移动。

(2)由题图乙可知,电压表的分度值为 0.5 V ,因此只需要估读到本位,指针正好与 6.5 V 的刻度线对齐,则示数为 **6.5 V** 。

(3) $I-t$ 图像中图线与 t 轴围成的面积表示电荷量,根据“用油膜法估算油酸分子的大小”实验中估算油膜面积的方法,大于二分之一格的算一格,少于二分之一格的舍去,则可得图中的格数为 38 小格,每一小格表示的电荷量为 $q_0=0.5\times 0.2\times 10^{-3}\text{ C}=1.0\times 10^{-4}\text{ C}$,则电容器储存的电荷量为 $38q_0=\mathbf{3.8\times 10^{-3}\text{ C}}$ 。

(4)根据电容的定义式 $C=\frac{Q}{U}$,代入数据解得本电路中所使用电容器的电容为 $C=\frac{3.8\times 10^{-3}}{8}\text{ F}\approx\mathbf{4.8\times 10^{-4}\text{ F}}$ 。

(5)充电完成后,电容器的左侧极板带正电,放电时,在电容器外部,电流从带正电极板流向带负电极板,由于二极管具有单向导电性,所以发光二极管 **D_1** 闪光(点拨:由于电容器放电时间较短,二极管发生一次闪光现象)。

15. (1) 60 m (2) $\sqrt{2}\times 10^3\text{ V}$

【命题点】斜抛运动+功能关系

【解析】(1)灭火弹投射后做斜抛运动,

水平方向有 $L=v_0\cos\theta\cdot t$ (1分)

竖直方向有 $H=v_0\sin\theta\cdot t-\frac{1}{2}gt^2$ (1分)

联立解得 $H=\mathbf{60\text{ m}}$ (2分)

(2)电容器储存的能量一部分转化为灭火弹出膛时的动能,该

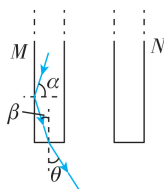
灭火弹的质量为 m ,根据功能关系可得 $\frac{1}{2}CU^2\eta=\frac{1}{2}mv_0^2$ (2分)

解得 $U=\mathbf{\sqrt{2}\times 10^3\text{ V}}$ (2分)

16. (1) $\sqrt{n^2-1}$ (2) $\frac{d}{2}\sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}}\leq b\leq \frac{d+2a}{2}\sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}}$

【命题点】光的折射和全反射+反射式光纤位移传感器

(1)作出光路图如图甲所示,设光在 M 中竖直端面与下端面的入射角分别为 α,β ,



甲

则 $\alpha+\beta=90^\circ$ (1分)

光在竖直端面发生全反射,则 $\sin\alpha\geq\sin C=\frac{1}{n}$ (1分)

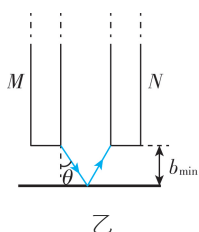
在下端面发生折射,则 $n=\frac{\sin\theta}{\sin\beta}$ (1分)

从 M 下端面出射的光与竖直方向的最大偏角为 θ 时, β 最

大, α 最小,即 $\sin\alpha=\sin C=\frac{1}{n}$,

可得 $\sin\theta=\mathbf{\sqrt{n^2-1}}$ (1分)

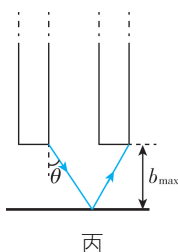
(2) N 下端面刚能接收反射激光时, b 有最小值 b_{\min} ,作出光路图如图乙所示,



由几何关系可知 $2b_{\min} \tan \theta = d$ (1分)

解得 $b_{\min} = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}}$ (1分)

N 下端面恰好全部被照亮时,此时 b 有最大值 b_{\max} ,作出光路图如图丙所示,



由几何关系可知 $2b_{\max} \tan \theta = d+2a$ (1分)

解得 $b_{\max} = \frac{d+2a}{2} \sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}}$ (1分)

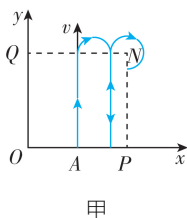
故玻璃丝下端面到被测物体距离 b 的范围为 $\frac{d}{2} \sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}} \leq$

$b \leq \frac{d+2a}{2} \sqrt{\frac{2-n^2}{n^2-1}}$ 。

17. (1) $6\sqrt{\frac{mE}{qd}}$ (2) (i) $36E$ $9\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ (ii) 不能

【命题点】带电粒子在电、磁场中的运动

【解析】(1) 根据题意可知,粒子的运动轨迹如图甲所示,



由几何关系可知,粒子在磁场中运动的轨迹半径 $r = \frac{1}{3}d$ (1分)

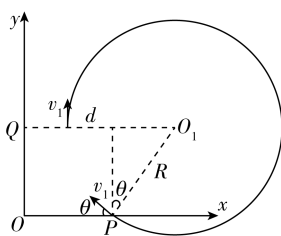
设粒子第一次运动到边界 QN 时的速度大小为 v ,由动能定理有

$qE \cdot 2d = \frac{1}{2}mv^2$ (1分)

粒子在磁场中运动时洛伦兹力充当向心力,有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ (1分)

联立解得 $B = 6\sqrt{\frac{mE}{qd}}$ (1分)

(2) (i) 根据题意作出粒子在磁场中的运动轨迹,如图乙所示,



乙

由几何知识可知 $R^2 = (R-d)^2 + (2d)^2$, $\cos \theta = \frac{2d}{R}$,

$$\text{解得 } R = \frac{5}{2}d = \frac{15}{2}r, \cos \theta = \frac{4}{5} \quad (1 \text{ 分})$$

设粒子在磁场中做圆周运动的速度大小为 v_1 , 则 $v_1 = \frac{15}{2}v$,

粒子运动到 P 点时, 沿 x 轴方向的速度 $v_x = v_1 \cos \theta$,

沿 y 轴方向的速度 $v_y = v_1 \sin \theta$ (1 分)

从 P 到 Q , 粒子在电场中运动, 沿 x 轴方向有 $2d = v_x t$,

$$\text{沿 } y \text{ 轴方向有 } 2d = v_y t + \frac{1}{2} \frac{qE'}{m} t^2 \quad (1 \text{ 分})$$

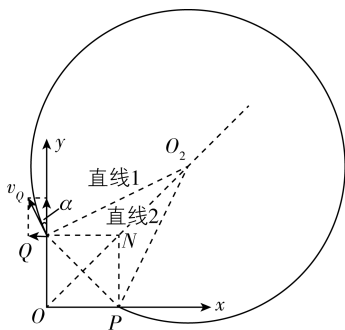
$$\text{解得 } E' = 36E \quad (1 \text{ 分})$$

粒子从 OP 中点到 QN 中点过程中, 由动能定理有

$$qE' \cdot 2d = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } v_0 = 9\sqrt{\frac{qEd}{m}} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 若要使粒子从 P 点第三次进入电场, 则粒子在 Q 点离开磁场之后做圆周运动, 圆心 O_2 一定在 ON 连线所在直线上, 且 Q 点与 O_2 的连线与粒子在 Q 点的速度方向垂直, 作出相关轨迹、速度分解、几何关系如图丙所示,



丙

设粒子在 Q 点的速度大小为 v_0 , 沿 x 轴方向的分速度大小

$$\text{为 } v'_x = v_x = 12\sqrt{\frac{qEd}{m}},$$

$$\text{沿 } y \text{ 轴方向的分速度大小为 } v'_y = \sqrt{v_y^2 + 2 \frac{qE'}{m} \cdot 2d} = 15\sqrt{\frac{qEd}{m}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{所以 } \tan \alpha = \frac{v'_x}{v'_y} = \frac{4}{5} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{直线 1 的方程为 } y = \frac{4}{5}x + 2d,$$

$$\text{直线 2 的方程为 } y = x,$$

$$\text{联立解得 } O_2 \text{ 点坐标为 } (10d, 10d) \quad (1 \text{ 分})$$

根据数学知识可得粒子运动的轨迹半径 $R' = 2\sqrt{41}d$,

$$\text{粒子在 } Q \text{ 点的速度 } v_Q = \sqrt{v_x'^2 + v_y'^2} = 3\sqrt{\frac{41qEd}{m}},$$

带电粒子在磁场中做圆周运动,所以轨迹半径

$$R'' = \frac{mv_Q}{qB} = \frac{\sqrt{41}}{2}d \quad (1 \text{ 分})$$

因为 $R'' \neq R'$, 所以粒子不能从 P 点第三次进入电场。

$$18. (1) 0.8 \text{ m} \quad (2) 0.625 \text{ m} < s < \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ m} \quad (3) -6 \text{ J}$$

$$(4) \frac{90+32\sqrt{2}}{15} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

【命题点】板块模型+牛顿运动定律+动量守恒定律

$$\text{【解析】(1) } C \text{ 下滑过程, 由动能定理有 } m_C g H = \frac{1}{2} m_C v^2 - 0$$

(1 分)

$$\text{可得 } H = 0.8 \text{ m}$$

(1 分)

(2) 临界一: 若 B 、 C 恰好共速, 且 P 刚好在 B 右端, 则此时 s 取得最小值。

C 滑上 B 之后, 对 C , 由牛顿第二定律有 $\mu_2 m_C g = m_C a_C$,

解得 $a_C = 5 \text{ m/s}^2$, 方向向左,

对 B , 由牛顿第二定律有 $\mu_2 m_C g - \mu_1 (m_B + m_C) g = m_B a_B$,

解得 $a_B = 1 \text{ m/s}^2$, 方向向右,

当 B 、 C 共速时, 由运动学关系可得 $v_0 + a_B t_1 = v - a_C t_1$,

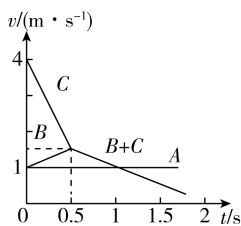
$$\text{解得 } t_1 = 0.5 \text{ s} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{此时 } B \text{ 的位移为 } x_{B1} = v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_B t_1^2 = 0.625 \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

因 $\mu_2 > \mu_1$, B 、 C 共速之后会一起减速运动(点拨: 此处需要对共速之后两者之间的摩擦力进行判断, 知道是继续相对滑动还是相对静止),

对 B 、 C 整体, 根据牛顿第二定律有 $\mu_1 (m_B + m_C) g = (m_B + m_C) a_{BC}$, 可得 $a_{BC} = 1 \text{ m/s}^2$, 方向向左。

【题图剖析】画出 A 、 B 、 C 的 $v-t$ 图像如图所示。



临界二: 当 B 、 C 共速后, 以相对静止状态做匀减速直线运动, 且 A 恰好运动到 B 的左端, 而 P 刚好在 B 的右端, 此时 s 取得最大值。

在临界一时, A 距 B 左端的距离 $\Delta x = x_{B1} - v_0 t_1 = 0.625 \text{ m} - 0.5 \text{ m} = 0.125 \text{ m}$, 设共速后再经过 t_2 时间 A 刚好运动到 B 的左端, 则根据位移关系有 $(v_0 + a_B t_1) t_2 - \frac{1}{2} a_{BC} t_2^2 + 0.125 \text{ m} = v_0 t_2$,

$$\text{解得 } t_2 = \left(\frac{1+\sqrt{2}}{2}\right) \text{ s (另一解舍去)} \quad (1 \text{ 分})$$

A 、 B 在 t_1 和 t_2 两段时间内的总位移相等, $x_{B\text{总}} = x_{A\text{总}} = v_0 (t_1 +$

$$t_2) = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

所以 s 的范围是 $0.625 \text{ m} < s < \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ m}$ (1分)

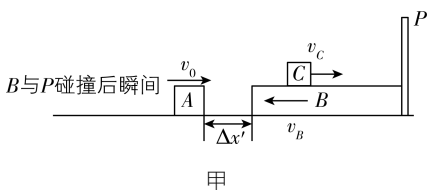
一题多解 全过程运算

$t_1 + t_2$ 时间段内 A 和 B 的位移相等, 有 $v_0 t_1 + \frac{1}{2} a_B t_1^2 + (v_0 + a_B t_1) t_2 - \frac{1}{2} a_{BC} t_2^2 = v_0 (t_1 + t_2)$, 解得 $t_2 = \left(\frac{1 + \sqrt{2}}{2}\right) s$, $t_1 + t_2$ 时间段内 B 的位移为 $x_{B1} + x_{B2} = x_{A1} + x_{A2} = v_0 (t_1 + t_2) = \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ m}$, 则 s 的范围为 $x_{B1} < s < x_{B1} + x_{B2}$, 即 $0.625 \text{ m} < s < \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ m}$ 。

(3) 若 $s = 0.48 \text{ m}$, B 在 B 、 C 共速前与挡板 P 相撞, 设经过 t_3 时间 B 与挡板 P 相撞, 对 B , 由运动学公式有 $v_0 t_3 + \frac{1}{2} a_B t_3^2 = s$, 可得 $t_3 = 0.4 \text{ s}$ (另一解舍去) (1分)

t_3 时间内 C 通过的位移为 $x_C = v t_3 - \frac{1}{2} a_C t_3^2 = 1.2 \text{ m}$, 则摩擦力对 C 做的功 $W = -\mu_2 m_C g x_C = -6 \text{ J}$ (1分)

(4) 过程一: 经过 t_3 时间, B 右端运动到 P 处, B 与 P 发生碰撞后弹回, A 、 B 、 C 位置示意图如图甲所示,

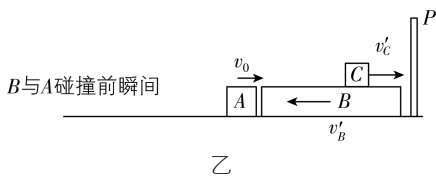


B 与 P 碰撞之后, 速度大小不变, 方向相反, B 弹回的速度大小 $v_B = v_0 + a_B t_3 = 1.4 \text{ m/s}$, 方向向左, A 、 B 的间距 $\Delta x' = v_0 t_3 + \frac{1}{2} a_B t_3^2 - v_0 t_3 = 0.08 \text{ m}$ (1分)

$v_C = v - a_C t_3 = 2 \text{ m/s}$, 方向向右,

此时对 B , 由牛顿第二定律可得 $\mu_2 m_C g + \mu_1 (m_B + m_C) g = m_B a'_B$, 解得 $a'_B = 4 \text{ m/s}^2$, 方向向右;

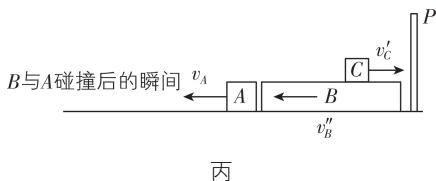
过程二: 设 B 与 P 碰撞后经过 t_4 时间 B 与 A 碰撞, A 、 B 、 C 位置示意图如图乙所示,



由位移关系有 $v_0 t_4 + v_B t_4 - \frac{1}{2} a'_B t_4^2 = \Delta x'$, 解得 $t_4 = \frac{3 - 2\sqrt{2}}{5} \text{ s}$ (另一解舍去),

此时 B 的速度大小为 $v'_B = v_B - a'_B t_4 = \frac{8\sqrt{2} - 5}{5} \text{ m/s}$ (1分)

过程三: B 与 A 发生弹性碰撞, 碰撞后相关物理量表示如图丙所示,



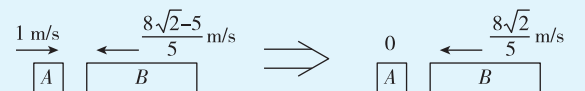
规定向左为正方向,由动量守恒定律和能量守恒定律,有

$$m_B v_B' - m_A v_0 = m_B v_B'' + m_A v_A,$$

$$\frac{1}{2} m_B v_B'^2 + \frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_B v_B''^2 + \frac{1}{2} m_A v_A^2,$$

$$\text{解得 } v_A = \frac{32\sqrt{2}-15}{15} \text{ m/s}, v_B'' = -\left(\frac{15-8\sqrt{2}}{15}\right) \text{ m/s} \quad (2 \text{ 分})$$

技法指引 动碰动问题转换参考系变为动碰静问题



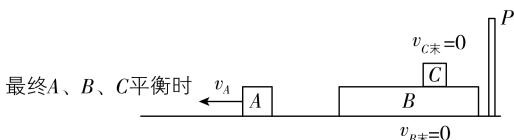
规定向左为正方向,变换参考系之后,根据一动碰一静的规律,解得

$$v_{A\text{后}} = \frac{2m_B}{m_A+m_B} \times \frac{8\sqrt{2}}{5} \text{ m/s} = \frac{32\sqrt{2}}{15} \text{ m/s}, v_{B\text{后}} = \frac{m_B-m_A}{m_A+m_B} \times$$

$$\frac{8\sqrt{2}}{5} \text{ m/s} = \frac{8\sqrt{2}}{15} \text{ m/s}, \text{还原参考系,则 } v_A = \frac{32\sqrt{2}-15}{15} \text{ m/s}, v_B'' =$$

$$\frac{8\sqrt{2}-15}{15} \text{ m/s}.$$

过程四: $v_A > 0$ 、 $v_B'' < 0$,所以最后 A 一直向左做匀速直线运动,而 B 碰撞后运动方向向右,B 会与 C 继续向右运动,无论是否与 P 碰撞,最后都会在摩擦力作用下静止,因此最后的平衡状态如图丁所示,



丁

从 C 滑上 B 开始到最后的平衡状态,以向右为正方向,

$$\Delta p = -m_A v_A - (m_A v_0 + m_B v_0 + m_C v) = -\frac{90+32\sqrt{2}}{15} \text{ kg} \cdot \text{m/s}, \text{则三}$$

$$\text{个物体总动量的变化量大小为 } \frac{90+32\sqrt{2}}{15} \text{ kg} \cdot \text{m/s} \quad (2 \text{ 分})$$