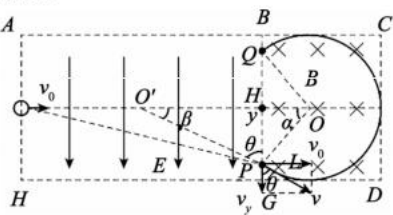


浙江强基联盟 2025 年 5 月高三联考

物理卷参考答案与评分标准

1. D 基本单位是国际单位制中规定的基本量的单位. 质量是基本量, 米是长度的基本单位, A 选项中质量不是单位, A 错误; 牛顿是导出单位, 安培是基本单位, B 错误; 开尔文是基本单位, 焦耳是导出单位, C 错误; 克是质量的常用单位, 秒是时间的基本单位, D 正确.
2. A 计算列车通过桥的时间时, 列车长度不可忽略, 不能看成质点, A 正确; 平均速度是位移与时间的比值, 全程位移未知, 不能计算平均速度, 148 km/h 是平均速率, B 错误; “14:15” 指的是时刻, C 错误; 列车匀速转弯时, 乘客做圆周运动, 有向心加速度, 不是平衡状态, D 错误.
3. D 小车对弹簧的拉力是小车发生形变而产生的, A 错误; 小车没拉动, 弹簧对小车的拉力与地面对小车的摩擦力是平衡力, 大小相等, B 错误; 弹簧对小车的力与小车对弹簧的力是相互作用力, 大小相等, C 错误; 小车加速向右运动时, 砝码有向右的加速度, 车对砝码的力在竖直方向平衡重力, 水平方向提供加速度, 所以车对砝码的力大于 mg , D 正确.
4. C 该衰变方程是 β 衰变, A 错误; X 是原子核内的中子转化为质子时放出的电子, B 错误; 衰变后的产物更稳定, 比结合能更大, 所以 ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ 的比结合能比 ${}^{60}_{27}\text{Co}$ 的大, C 正确; 半衰期是大量原子核衰变的统计规律, 对少量原子核不适用, D 错误.
5. B 根据开普勒第二定律, 探测器与火星的连线在相等时间内扫过的面积相等, 但两阴影部分不是在相同轨道内扫过的, 面积不相等, A 错误; 根据开普勒第三定律, I 轨道半径大于 II 轨道半径, 所以探测器在 I 轨道运行的周期大于在 II 轨道运行的周期, B 正确; 探测器从 I 轨道到 II 轨道需在 P 点减速, 所以探测器在 II 轨道上通过 P 点时的速度小于在 I 轨道上通过 P 点时的速度, C 错误; 根据 $a = GM/r^2$, 探测器在 II 轨道上通过 P 点时与在 I 轨道上通过 P 点时到火星的距离相同, 加速度相等, D 错误.
6. C 根据折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin \theta}$, 光在玻璃中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$ (c 为真空中光速), 光在玻璃中传播的路程 $s = \frac{d}{\cos \theta}$, 传播时间 $t = \frac{s}{v} = \frac{d}{\cos \theta} \times \frac{n}{c}$, 将 $n = \frac{\sin i}{\sin \theta}$ 代入可得 $t = \frac{d \sin i}{c \sin \theta \cos \theta} = \frac{2d \sin i}{c \sin 2\theta}$. 由图可知 $\theta_1 < \theta_2$, 那么 $2\theta_1 < 2\theta_2$, $\sin 2\theta_1 < \sin 2\theta_2$, 在 $d, c, \sin i$ 都相同的情况下, a 光传播时间 $t_a = \frac{2d \sin i}{c \sin 2\theta_1}$, b 光传播时间 $t_b = \frac{2d \sin i}{c \sin 2\theta_2}$, 所以 $t_a < t_b$, A 选项错误. 根据光路可逆原理, 光在下表面不可能发生全反射, B 选项错误. 由 $v = \frac{c}{n}$ 和 $n = \frac{\sin i}{\sin \theta}$ 可得 $v = c \frac{\sin \theta}{\sin i}$, a, b 光入射角 i 相同, 则 a, b 光线在该玻璃砖运动的速度大小之比为 $\frac{v_a}{v_b} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, C 选项正确. 由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin \theta}$, 入射角 i 相同, 折射角 $\theta_1 < \theta_2$, 可知 a 光折射率 n_a 大于 b 光折射率 n_b . 折射率大的光频率大, 根据光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ (h 为普朗克常量, ν 为光频率, W_0 为金属逸出功), 用 a, b 光分别照射同一金属板 (W_0 相同), a 光频率大, 所以 a 光产生的光电子最大初动能较大, D 选项错误.
7. A 选项 A, 沿电场线方向电势降低, 说明内部电势低, 外部电势高, 电场线是有源线, 所以 b 等势面内部肯定存在负电荷, A 选项正确; 选项 B, 从 A 点沿虚线运动到 B 点, 根据曲线运动中合力指向轨迹凹侧, 可知试探电荷所受电场力方向大致指向圆心, 所以试探电荷所受电场力方向与电场线方向相同, 该试探电荷带正电, B 选项错误. 选项 C, A、B 处于同一等势面, 则电场力做功 $W = 0$, 所以试探电荷在 A、B 两点动能相等, 速度大小相等, C 选项错误. 选项 D 电子带负电, 电场力做功为 15 eV, D 选项错误.
8. B A. 由题意可知, 若粒子带正电, 运动轨迹如图所示, 若粒子带负电, 由对称性, 粒子在电场中向上偏转, 磁场中运动的圆轨迹与正粒子圆轨迹相重合, 故不论带何种电荷, 都符合题意, A 错误; B. 如图所示, 取正粒子运动轨迹, 轨迹恰好和磁场另外三个边界相切, 运动 $\frac{2}{3}$ 个圆周后返回电场, 所以圆弧对应的圆心角为 240° , 可知图中设定的 $\theta = \alpha = 60^\circ$, 设粒子在磁场中运动轨道半径为 r , 由几何关系 $r + r \cos \alpha$



$=L, r = \frac{2}{3}L$, 设 P 点速度为 v , 根据速度的分解可得 $v = \frac{2\sqrt{3}}{3}v_0$, $qvB = \frac{mv^2}{r}$, 解得: $B = \frac{\sqrt{3}m v_0}{qL}$, B 正确; C.

若电场强度减弱, 粒子进入磁场的偏转角减小, 粒子在磁场中运动的轨道半径减小, 圆轨道对应的圆心角变小, 所以在磁场中运动时间将变短, C 错误; D. 粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动, $PQ = \frac{2mv}{qB} \sin\alpha = \frac{2m v_0}{qB}$, PQ 距离不变, D 错误.

9. B 沿 Ab 路径运动的尘埃粒子所受太阳的引力小于太阳光对它的辐射压力, 粒子才会沿径向向外推开, A 错误; 半径为 R_0 的尘埃粒子在 t 时间内接收到光的能量 $E = \frac{P_0 \Delta t R_0^2}{4 r^2}$, 根据 $p = E/c$, 动量为 $\frac{P_0 \Delta t R_0^2}{4 c r^2}$, B 正确; 若某尘埃粒子沿 Aa 路径运动, 引力小于辐射压力, $\frac{GMm}{r^2} < \frac{P_0 S}{4\pi c r^2}$ ($S = \pi R^2$), 解得 $R < \frac{3 P_0}{16\pi GMc\rho}$, C 错误; 若保持其他条件不变, 仅增大太阳辐射功率 P_0 , 根据 $R = \frac{3 P_0}{16\pi GMc\rho}$, 沿 Ab 路径运动的尘埃粒子半径将增大, D 错误.

10. C 当人和装置下滑速率为 v 时, 导体棒 cd 产生的感应电动势 $E = BLv$. 此时电路中 $n-1$ 根导体棒在磁场外, 1 根 (cd 棒) 在磁场内, $n-1$ 根导体棒并联后与 cd 棒串联. $n-1$ 根导体棒并联电阻 $R_{并} = \frac{r}{n-1}$, 总电阻 $R_{总} = r + \frac{r}{n-1} = \frac{nr}{n-1}$. 根据欧姆定律 $I = \frac{E}{R_{总}} = \frac{BLv}{\frac{nr}{n-1}} = \frac{(n-1)BLv}{nr} \neq \frac{nBLv}{r}$, 所以 A 选项错误. B. 装置下滑达到最

大速度 v_m 时, 加速度 $a=0$, 此时重力等于安培力, 即 $mg = F_{安}$. 安培力 $F_{安} = BIL$, $I = \frac{(n-1)BLv_m}{nr}$ (由前面计算得出的电流表达式), 则 $F_{安} = B \times \frac{(n-1)BLv_m}{nr} \times L = \frac{(n-1)B^2 L^2 v_m}{nr}$. 解得 $v_m = \frac{mgnr}{(n-1)B^2 L^2}$, B 选项错误.

C. 根据动量定理 $(mg - F_{安})t = mv$, 其中 $F_{安} = BIL$, $I = \frac{(n-1)BLv}{nr}$, 则 $F_{安} = \frac{(n-1)B^2 L^2 v}{nr}$. 所以 $mgt - \frac{(n-1)B^2 L^2}{nr} \sum v_i \Delta t = mv$, 而 $\sum v_i \Delta t = x$ (x 为下降距离), 整理可得 $mgt - \frac{(n-1)B^2 L^2}{nr} x = mv$, 进一步变形可得 $x = \frac{nr(mgt - mv)}{(n-1)B^2 L^2}$, C 选项正确. D. 安培力的功率 $P = F_{安} v$, $F_{安} = \frac{(n-1)B^2 L^2 v}{nr}$, 所以 $P = \frac{(n-1)B^2 L^2 v^2}{nr}$. 当

磁场的磁感应强度 B 增大为原来的 2 倍时, 安培力 $F'_{安} = B'I'L$ ($B' = 2B$), 由于 B 增大, 感应电动势 $E' = 2BLv$, 总电阻不变, 电流 I' 会变化, 同时装置下滑的速度 v 会减小 (因为安培力增大, 阻力增大, 速度会减小). 不能简单得出功率变为原来的 4 倍, 所以 D 选项错误.

11. CD 黑体是能完全吸收外来电磁辐射而不发生反射和透射的理想化模型, 会向外辐射电磁波, A 错误; 核电站反应堆中需要用“慢化剂”使中子减速, 控制链式反应的速度的是镉棒, B 错误; 红外线频率比可见光低, 对应光子能量小. 物质吸收光子能量后, 再跃迁释放出的光子能量不会超过吸收的能量. 所以吸收红外线光子后, 即便释放光子, 其能量也低于可见光光子能量, 对应光不可见, C 正确; 光电效应、康普顿效应都可证明光具有粒子性, D 正确.

12. BCD 选项 A, 两列波发生干涉的条件是频率相同、相位差恒定、振动方向相同. 两波源同时起振, 周期相同则频率相同, 且从图中可知振动方向相同 (都在 y 方向), 如果相位差恒定, 是可以发生干涉的, 所以两列波有可能发生干涉, A 选项错误. 选项 B, 由计算可知, 波源 S_1 产生的波传播到 $x = -0.75$ m 处需 2.25 s, 所以 $t = 2.25$ s 时, $x = -0.75$ m 处的质点开始振动, B 选项正确. 选项 C, $t = 3.25$ s 时, 两波同时到达 -0.75 m 和 0.5 m 处, 根据波的叠加原理, 在 $-0.75 \text{ m} \leq x \leq 0.5$ m 区域, 两波引起的位移大小相等、方向相反, 所以该区域质点位移都为 0, C 选项正确. 选项 D, $t = 3.75$ s 时, 波源 S_1 产生的波和波源 S_2 产生的波在 $x = 0.5$ m 处引起的位移大小相等、方向相同, 根据波的叠加原理, 质点位移为 20 cm, D 选项正确.

13. AB 当 $R = 16 \Omega$ 时, 变压器等效电阻 $R_{等效} = 4 \Omega = r + R_0$, 变压器输出功率最大, A 正确; 电流表读数为 1 A, 变压器等效电阻 5Ω , 总电阻为 9Ω , 线圈 $ABCD$ 产生感应电动势的最大值为 $9\sqrt{2}$ V, B 正确; 副线圈还是会产生电流, C 错误; 电流表读数始终为 1 A, D 错误.

- 14 - I (6 分) (1) A (1 分) (2) ① 1.070 (1 分) ② C (1 分) ③ $\frac{4}{b} \frac{\pi^2 a}{b}$ (2 分) ④ D (1 分)

解析:(1)选项 A:用向心力演示仪探究向心力的大小与质量、角速度和半径之间的关系时,向心力演示仪本身可通过调节旋钮等方式改变相关物理量,不需要用刻度尺去测量长度相关数据,所以该实验不需要用到刻度尺。选项 B:探究加速度与力、质量的关系时,需要用刻度尺测量纸带上点迹间的距离,所以需要用到刻度尺。选项 C:探究弹簧伸长量与形变量之间的关系,需要用刻度尺测量长度,所以需要用到刻度尺。选项 D:用单摆测量重力加速度的大小时,需要用刻度尺测量单摆的摆长,所以需要用到刻度尺。

(2)①根据 20 分度的游标卡尺读数规则为 1.070 cm;

②根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,得 $l=\frac{g}{4\pi^2}T^2$,当 $T=0$ 时, l 应该等于 0,图像 $l=a$,因此所测摆长比实际长了,故选 C;

③根据图丙可知, $l=\frac{a}{b}T^2+a$,又 $k=\frac{a}{b}=\frac{g}{4\pi^2}$,解得 $g=\frac{4\pi^2 a}{b}$;

④选项 A:测摆长时记录的是摆线的长度,而实际摆长应为摆线长度加上摆球半径,这样测得的摆长 l 偏小, l 偏小会使 g 值偏小,所以 A 错误。选项 B:开始计时时,停表过早按下,会使测量的时间 t 偏大, T 偏大则 g 值偏小,所以 B 错误。选项 C:摆线上端未牢固地系于悬点,摆动中出现松动,使摆线长度增加了,即实际摆长变长,但测量时按初始摆长测量,测量的摆长 l 偏小,在 T 不变的情况下, l 偏小会使 g 值偏小,所以 C 错误。选项 D:实验中误将 29 次全振动数记为 30 次, n 增大,测量的周期 T 偏小, T 偏小会使 g 值偏大,所以 D 正确。

14 - II (2 分) A 选项 A:在“验证动量守恒定律”实验中,为了保证入射小球不反弹,入射小球的质量必须大于被碰小球的质量,因为若入射小球质量小于被碰小球质量,碰撞后入射小球会反向运动,不利于实验数据的测量和分析,所以该选项正确。

选项 B:在“验证机械能守恒定律”实验中,应先接通打点计时器的电源,待打点稳定后再释放重物。若在释放重物的同时接通打点计时器的电源,会导致开始的几个点记录不准确,影响实验数据的采集和分析,所以该选项错误。

选项 C:在“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中,应先撒入痱子粉,再滴入油酸酒精溶液。这样做是为了让油酸酒精溶液在水面上扩散形成单分子油膜时,痱子粉能清晰地显示出油膜的轮廓,便于后续测量油膜面积,所以该选项错误。

选项 D:在“用双缝干涉实验测量光的波长”实验中,若分划板的中心刻线与条纹不平行,应调节测量头使分划板与条纹平行,而不是调节拨杆,拨杆的作用通常是用于调节干涉条纹的间距等其他功能,所以该选项错误。

14 - III (6 分)(1)EDBCA(1 分) (2)3000(1 分) (3)①等于(1 分) 等于(1 分) ② $\sqrt{R_1 R_2}$ (2 分)

解析:(1)本实验先进行机械调零,再把选择开关旋转到合适的挡位,进行欧姆调零,然后把红黑表笔分别接在 R_x 两端进行测量,测量完毕后将选择开关旋转到交流电压最高挡,所以正确的操作顺序是 EDBCA。

(2)由图乙所示可知,使用欧姆挡的倍率“ $\times 100$ ”,多用电表的指针位置如图所示,则 $R_x=30 \times 100 \Omega=3000 \Omega$

(3)①[1]按图丙中电路图连接,闭合开关,调节电阻箱 R 使检流计示数为零,此时电阻箱读数为 R_1 ,则通过电阻箱的电流等于通过待测电阻的电流;[2]检流计示数为零,说明电流计和 R_0 左右两端的电势相等,可等效为一点;电阻箱两端的电压等于电源 E_1 的电动势;

②根据闭合电路的欧姆定律,第一次 $\frac{E_1}{R_1}=\frac{E_2}{R_x}$,第二次 $\frac{E_1}{R_x}=\frac{E_2}{R_2}$,待测电阻 $R_x=\sqrt{R_1 R_2}$ 。

15. (8 分)

(1)吸收 不变 (2)350 K (3)2.11 J

解:(1)在活塞从初始位置缓慢上移至卡口处的过程中,气体体积增大,对外做功,由于汽缸是导热的,气体温度升高,内能增大,所以缸内气体吸收热量。(1 分)

活塞受力平衡: $pS=p_0 S+mg$,因为 m 、 g 、 p_0 、 S 都不变,所以缸内气体压强不变。(1 分)

(2)根据题意,由盖-吕萨克定律得 $\frac{h_1 S}{T_1}=\frac{(h_1+h_2) S}{T_2}$, (2 分)

解得 $T_2=350 \text{ K}$ (1 分)

(3)当环境温度缓慢升高的过程中,活塞先缓慢上移至卡口,气体做等压变化,设封闭气体等压膨胀时的压

强为 p_1 , 由平衡条件得 $p_1 S = mg + p_0 S$ (1分)

解得 $p_1 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

当环境的温度从 $T_1 = 300 \text{ K}$ 缓慢升高到报警的最低温度时, 气体对外界做功 $W = -p_1 S h_2$

联立解得 $W = -1.01 \text{ J}$

由热力学第一定律可得 $\Delta U = W + Q$ (1分)

解得气体内能的增量 $\Delta U = 2.11 \text{ J}$ (1分)

16. (11分)(1) ①由动能定理 $m_a g h - \mu_1 m_a g \cos 37^\circ \cdot \frac{h}{\sin 37^\circ} + m_a g R (1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2} m_a v_C^2 - 0$

$v_C = \sqrt{6.8} \text{ m/s}$ (2分)

在 C 点, 根据牛顿第二定律 $N - m_a g = \frac{m_a v_C^2}{R}$

$N = 4.72 \text{ N}$ (1分)

根据牛顿第三定律, 滑块 a 对轨道的压力 $N' = N = 4.72 \text{ N}$ (1分)

②滑块 a 因摩擦力机械能减少, 最终在 B 点及 B 点以下轨道运动

$m_a g h - \mu_1 m_a g \cos 37^\circ \cdot x = 0 - 0$ (1分)

解得 $x = \frac{5}{3} \text{ m}$ (1分)

(2) 滑块 a 刚滑到 EF 上时

$m_a g (h + R - R \cos 37^\circ) - \mu_1 m_a g \cos 37^\circ \cdot \frac{h}{\sin 37^\circ} = \frac{1}{2} m_a v_F^2 - 0$

解得 $v_F = 6 \text{ m/s}$ (1分)

根据动量守恒定律 $m_a v_F = (m_a + m_b) v_{共}$

解得 $v_{共} = 4 \text{ m/s}$ (1分)

滑块在传送带上的加速度 $a = \mu_2 g = 5 \text{ m/s}^2$

设滑块在传送带上减速到与传送带速度 $v = 2 \text{ m/s}$ 相等时的位移为 x_1 , 根据 $v^2 - v_{共}^2 = -2ax_1$,

解得 $x_1 = 1.2 \text{ m} < L_{FG} = 2.0 \text{ m}$

所以滑块在传送带上先减速后匀速,

从传送带右端到与弹簧碰撞再返回 G 点, 根据动能定理

$-\mu_1 (m_a + m_b) g \cdot 2L_{GH} = \frac{1}{2} (m_a + m_b) v_G^2 - \frac{1}{2} (m_a + m_b) v^2$

解得 $v_G = 1 \text{ m/s}$. (1分)

从 G 点向左运动, 最后停下来, 根据动能定理

$-\mu_1 (m_a + m_b) g x_2 = 0 - \frac{1}{2} (m_a + m_b) v_G^2$ (1分)

解得 $x_2 = \frac{1}{6} \text{ m}$

所以两滑块最终停止位置到 G 点的距离为 $1/6 \text{ m}$ (1分)

17. (12分)(1) 根据电容的定义式 $U_0 = Q_0 / C = 2.4 \text{ V}$ (1分)

闭合开关瞬间电阻两端电压 $U = U_0 = 2.4 \text{ V}$

闭合开关瞬间流过导体棒的电流 $I_0 = U / R = 0.6 \text{ A}$

导体棒受安培力 $F = B_0 I_0 l = 0.12 \text{ A}$ (1分)

(2) 当导体棒达到稳定速度 v_0 时有 $E = B_0 l v_0$

此时电容器的电荷量 $Q = CU = CB_0 l v_0$ (1分)

对导体棒动量定理, $B_0 l \Delta Q = m v_0$, 其中 $\Delta Q = Q_0 - Q = Q_0 - CB_0 l v_0$ (1分)

联立得 $B_0 l (Q_0 - CB_0 l v_0) = m v_0$ (1分)

解得: $v_0 = 2 \text{ m/s}$ (1分)

(3) 进入右侧磁场区域后, 安培力 $F = BIl$, 已知 $B = 0.5x$, 安培力方向与 x 方向相反

则 $F = -0.2x$ (1分)

$$W = 0 - \frac{1}{2} m v_0^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{安培力做功 } W = -0.1 x_m^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得: } x_m = 2\sqrt{5} \text{ m} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(4) \text{ 类比简谐运动 } F = -kx \text{ 的周期公式 } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi\sqrt{5}}{2} \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

已知 $I = 0.4 \text{ A}$, $R = 4 \Omega$, 代入 $Q = I^2 R t$ 可得:

$$Q = 0.32\pi\sqrt{5} \approx 2.25 \text{ J} \quad (1 \text{ 分})$$

$$18. (13 \text{ 分}) (1) \frac{m v_0}{2ql} \quad (2) \left(8\sqrt{3} + \frac{4\pi}{3}\right) \frac{l}{v_0} \quad (3) S_{\min} = \left(\frac{4}{3}\pi - \sqrt{3}\right) l^2 \quad (4) \frac{l}{2}$$

解: (1) 作出速度为 v_0 的粒子进入 MN 下方磁场的运动轨迹, 如图所示.

根据几何关系可得 $r_1 = 2\sqrt{3}l \tan 30^\circ = 2l$ (1 分)

粒子在磁场中做匀速圆周运动, 根据洛伦兹力提供向心力

$$Bq v_0 = \frac{m v_0^2}{r_1} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } B = \frac{m v_0}{2ql} \quad (1 \text{ 分})$$

$$(2) \text{ 速度为 } \frac{v_0}{3} \text{ 的粒子在 MN 下方运动磁场的运动轨迹, 根据 } Bq \frac{v_0}{3} = \frac{m \left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{r_2}$$

$$\text{解得 } r_2 = \frac{1}{3} \times \frac{m v_0}{Bq} = \frac{1}{3} r_1 = \frac{2l}{3}$$

可知该粒子在 MN 下方的运动分三段, 即在 OA 段做匀速直线运动, 在磁场中做匀速圆周运动, 从磁场飞出后匀速直线运动, 从直线 MN 上的某点垂直 MN 进入上方区域, 如图所示.

设 OA 段运动时间为 t_1 , 在 MN 下方某区域磁场做匀速圆周运动时间为 t_2 , 从磁场飞出后运动时间为 t_3 , 在 OA 段有 $2\sqrt{3}l = \frac{v_0}{3} t_1$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{6\sqrt{3}l}{v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

在 MN 下方某区域磁场做匀速圆周运动, 根据几何关系可知粒子偏转的圆心角为 $\theta = 120^\circ$

$$\text{则粒子在 MN 下方某区域磁场中运动的时间为 } t_2 = \frac{T}{3}$$

$$\text{又 } T = \frac{2\pi r_2}{\frac{v_0}{3}} = \frac{4\pi l}{v_0}$$

$$\text{解得 } t_2 = \frac{4\pi l}{3 v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{从磁场飞出后匀速直线运动有 } (r_1 - r_2) \sin 60^\circ = \frac{v_0}{3} t_3$$

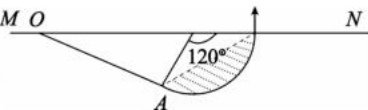
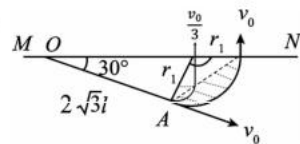
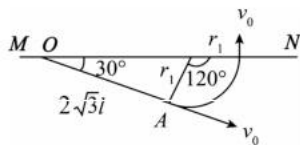
$$\text{解得 } t_3 = \frac{2\sqrt{3}l}{v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{故速度为 } \frac{v_0}{3} \text{ 的粒子在 MN 下方运动的总时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 = \left(8\sqrt{3} + \frac{4\pi}{3}\right) \frac{l}{v_0} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 由题分析, 可知所有粒子在磁场中转过的圆心角为 120° , 线段 AK 为磁场的上边界, 如图所示.

$$\text{MN 下方磁场区域的最小面积 } S_{\min} = \frac{1}{3} \pi r_1^2 - \frac{1}{2} r_1^2 \sin 120^\circ \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } S_{\min} = \left(\frac{4}{3}\pi - \sqrt{3}\right) l^2 \quad (1 \text{ 分})$$



(4)方法一:设两粒子经过直线 MN 的点之间的距离 Δx_1 , 根据几何关系有

因为速度 $\frac{v_0}{2}$ 的粒子半径为 l , 速度为 v_0 的粒子半径为 $2l$, 故

$$\Delta x_1 = 2l - 2l \sin 30^\circ \sin 30^\circ = \frac{3l}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

两粒子在 x 轴方向的距离 $\Delta x = \Delta x_1 - r_3(1 - \cos \omega t)$, 相对速度 $\Delta v = v_0 - \frac{v_0}{2} = \frac{v_0}{2}$

$$\text{又 } Bq \frac{v_0}{2} = \frac{m \frac{v_0^2}{4}}{r_3}$$

解得: $r_3 = l$

两粒子在 y 轴方向的距离 $\Delta y = r_3 \sin \omega t$

设两粒子之间的距离为 d $(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 = d^2$

$$\text{解得 } d = \sqrt{\frac{5}{4}l^2 + l^2 \cos \omega t} \quad (1 \text{ 分})$$

两粒子间距离的最小值 $d_{\min} = \frac{l}{2}$ (1分)

方法二:取速度为 $\frac{v_0}{2}$ 的粒子为参考系, 在此参考系下, 从 K 点进入的粒子做

线速度为 $\frac{v_0}{2}$ 的匀速圆周运动, 其位置关系如图所示.

图中 P 为 $\frac{v_0}{2}$ 的粒子的位置, 则两粒子之间的最小距离为圆周上点到 P 的

最小距离 $d_{\min} = \frac{l}{2}$ (3分)

