

# 华大新高考联盟 2025 届高三 4 月教学质量测评

## 物理参考答案和评分标准

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	C	B	D	A	C	C	BD	BD	AD

### 1. 【答案】C

【解析】核反应都遵循质量数守恒和电荷数守恒，与是否发生质量亏损无关，选项 A 错误；中等大小核的比结合能较大，轻核聚变是向中等大小核变化，所以核的比结合能增大，则 ${}^4_2\text{He}$ 核的比结合能大于 ${}^3_1\text{H}$ 核的比结合能， ${}^4_2\text{He}$ 核的核子数大于 ${}^3_1\text{H}$ 核的核子数，结合能等于比结合能与核子数的乘积，则 ${}^4_2\text{He}$ 核的结合能也大于 ${}^3_1\text{H}$ 核的结合能，选项 B 错误；轻核聚变过程中参与核反应的核子数为 5 个，平均每个核子放出的能量为  $E = \frac{17.6\text{MeV}}{5} = 3.52\text{MeV}$ ，选项 C 正确；轻核聚变时生成的 ${}^4_2\text{He}$ 核的比结合能大，比结合能越大越稳定，不会发生衰变反应，所以不具有放射性，选项 D 错误。

### 2. 【答案】C

【解析】 $x-t$  图像的斜率表示速度的大小， $0 \sim t_1$  时间内，图像切线的斜率逐渐增大，则钢桁梁的速度逐渐增大，吊装过程速度方向向上，向上加速运动，加速度方向向上，则钢桁梁处于超重状态，选项 A 错误； $t_1 \sim t_2$  时间内图线为直线，表示匀速直线运动，既不超重也不超重，选项 B 错误；从图像的斜率可知， $0 \sim t_1$  时间内钢桁梁的速度逐渐增大， $t_1 \sim t_2$  时间内钢桁梁的速度不变， $t_2 \sim t_3$  时间内钢桁梁的速度逐渐减小，所以  $t_3$  时刻钢桁梁的速度小于  $t_1$  时刻的速度，选项 C 正确， $t_4 \sim t_5$  时间内图线为一平行于时间轴的直线，则此段时间内速度为 0，所以  $t_4$  时刻钢桁梁刚好吊装到指定位置，选项 D 错误。

### 3. 【答案】B

【解析】根据牛顿第三定律可知，主降落伞对返回舱的力与返回舱对主降落伞的力大小相等，两者作用时间相同，所以主降落伞对返回舱的冲量大小等于返回舱对主降落伞的冲量大小，选项 A 错误；反推发动机点火之前，返回舱做减速运动，动能减小，根据动能定理可知合力做负功，即主降落伞对返回舱做的功大于返回舱重力做的功，选项 B 正确；反推发动机点火之后，运动方向向下，反推发动机对返回舱的力向上，则反推发动机对返回舱做负功，选项 C 错误；反推发动机点火之后，返回舱的速度减小，则动能减小，返回舱向下运动，重力势能也减小，则返回舱的机械能一定减小，选项 D 错误。

### 4. 【答案】D

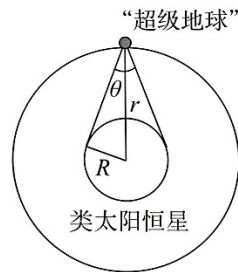
【解析】从质点 Q 的振动图像可知波先传到 P 点，经 5 s 才传到 Q 点，所以简谐横波从 P 点向 Q 点传播，选项 A 错误；由质点 Q 的振动图像可知 5 s 波传到 Q 点时质点向 y 轴负方向振动，各点起振的方向与波源起振的方向相同，则波源的起振方向沿 y 轴负方向，选项 B 错误；根据波速的计算公式有  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{10\text{ m}}{5\text{ s}} = 2\text{ m/s}$ ，选项 C 错误；从振动图像可知波的周期为  $T = 4\text{ s}$ ，简谐横波的波长为  $\lambda = vT = 2\text{ m/s} \times 4\text{ s} = 8\text{ m}$ ，选项 D 正确。

### 5. 【答案】A

【解析】设“超级地球”和类太阳恒星的质量分别为  $m$  和  $M$ ，“超级地球”绕类太阳恒星做圆周运动的轨道半

径为  $r$ , 万有引力提供向心力有  $G \frac{Mm}{r^2} = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$ , 设类太阳恒星的半径为  $R$ , 类太阳恒星的密度为  $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ , 两式联立解得  $\rho = \frac{3\pi}{GT^2} \left(\frac{r}{R}\right)^3$ , 如图所示, 根据几何关系可

得  $\frac{R}{r} = \sin \frac{\theta}{2}$ , 代入上式  $\rho = \frac{3\pi}{GT^2 \sin^3 \frac{\theta}{2}}$ , 选项 A 正确。



### 6. 【答案】C

**【解析】**转换器可以将电压为  $U_0$  的直流电转变成  $u = \sqrt{2}U_0 \sin 100\pi t$  的交变电流, 汽车蓄电池的电压为 12 V, 则转化的电压为  $u = 12\sqrt{2} \sin 100\pi t$  (V), 电压的有效值为 12 V, 则变压器原线圈的电压为  $U_1 = 12$  V, 故逆变器内变压器原线圈的电压为 12 V, 不随负载功率的变化而变化, 选项 A 错误; 灯泡的额定电压为 220 V, 正常工作时变压器副线圈的电压为  $U_2 = 220$  V, 故原、副线圈的匝数比为  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{3}{55}$ , 选项 B 错误; 电流表读数为 5.5 A, 则变压器原线圈的电流为  $I_1 = 5.5$  A, 根据变压器电流关系  $\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$ , 可得副线圈的电流为  $I_2 = 0.3$  A, 灯泡的额定电压为 220 V, 电阻为 2 200  $\Omega$ , 灯泡的电流为  $I_L = \frac{U}{R} = 0.1$  A, 则电风扇的电流为  $I_3 = I_2 - I_L = 0.2$  A, 电功率为  $P = U_2 I_3 = 44$  W, 选项 C 正确; 电风扇的热功率为  $P_1 = I_3^2 r = 4$  W, 电风扇的效率为  $\eta = \frac{P - P_1}{P} \times 100\% = 91\%$ , 选项 D 错误。

### 7. 【答案】C

**【解析】**如图所示, 根据点电荷的电场强度公式可得  $E_1 = k \frac{q}{x_{AP}^2}$ ,  $E_2 = k \frac{q}{x_{BP}^2}$ , 则

$$\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} = \frac{x_{AP}^2}{kq} + \frac{x_{BP}^2}{kq} = \frac{(2R)^2}{kq}, \text{同理可得 } \frac{1}{E_3} + \frac{1}{E_4} = \frac{x_{AQ}^2}{kq} + \frac{x_{BQ}^2}{kq} = \frac{(2R)^2}{kq}, \text{所以有}$$

$\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} = \frac{1}{E_3} + \frac{1}{E_4}$ , 选项 AB 错误; 设试探电荷所在处为  $QO$  线段中的  $C$  点,  $CA$  与直径  $AB$  的夹角为  $\theta$ , 则

一点电荷在  $C$  点产生的电场强度大小为  $E_1 = k \frac{q}{\left(\frac{R}{\cos \theta}\right)^2} = k \frac{q \cos^2 \theta}{R^2}$ , 两点电荷在  $C$  点产生的电场强度大小

为  $E = 2E_1 \sin \theta = \frac{2kq \cos^2 \theta \sin \theta}{R}$ , 设  $y = \cos^2 \theta \sin \theta$ , 则有  $y^2 = \cos^4 \theta \sin^2 \theta = \frac{1}{2} (\cos^2 \theta \cdot \cos^2 \theta \cdot 2 \sin^2 \theta)$ , 由于

$\cos^2 \theta + \cos^2 \theta + 2 \sin^2 \theta = 2$  为定值, 当  $\cos^2 \theta = 2 \sin^2 \theta$  即  $\tan \theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$  时,  $y$  有最大值, 此时  $\theta < 45^\circ$ , 则试探电荷

沿半径  $QO$  一直移动到  $O$  点过程中电场强度先增大再减小, 所以试探电荷受到的静电力  $F$  也是先增大再

减小, 选项 C 正确;  $Q$  点对应  $\theta = 45^\circ$ , 则两点电荷在  $Q$  点的合电场强度为  $E = \frac{2kq \cos^2 \theta \sin \theta}{R^2} = \frac{\sqrt{2}kq}{2R^2}$ , 加一电

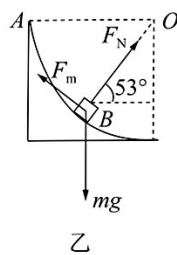
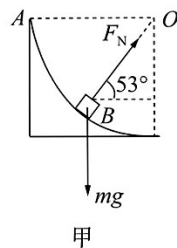
场强度大小为  $E_0$  的匀强电场后,  $Q$  点的电场强度恰好为 0, 则匀强电场的电场强度大小为  $E_0 = E = \frac{\sqrt{2}kq}{2R^2}$ ,

选项 D 错误。

### 8. 【答案】BD

**【解析】**假设小物块受到的摩擦力为 0, 以小物块为研究对象, 设小物块质量为  $m$ , 受力分析如图甲所示, 根据牛顿第二定律可得  $F_N \cos 53^\circ = ma$ ,  $F_N \sin 53^\circ = mg$ , 解得小物块的加速度为  $a = \frac{3}{4}g$ , 整体的加速度与

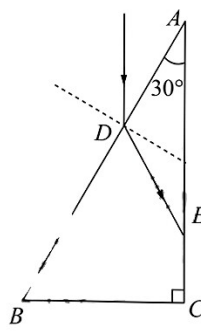
小物块的加速度相同,所以当货车以加速度  $a = \frac{3}{4}g$  运动时小物块受到的摩擦力为 0, 选项 A 错误。小物块重力沿圆弧轨道切线向下的分量为  $G_x = mg \cos 53^\circ = 0.6mg$ , 小物块与圆弧轨道的最大静摩擦力为  $F_m = \mu F_N = \mu mg \sin 53^\circ = 0.4mg$ ,  $G_x > F_m$ , 则匀速运动时小物块与圆弧轨道不可能保持相对静止, 所以货车不可能做匀速直线运动, 选项 B 正确。当小物块恰好相对于圆弧轨道向下运动时, 即小物块与圆弧轨道之间的摩擦力达到最大静摩擦力, 方向沿切线向上, 受力分析如图乙所示, 此时小物块有最小的加速度  $a_{\min}$ , 在竖直方向上有  $F_N \sin 53^\circ + \mu F_N \cos 53^\circ = mg$ , 水平方向上根据牛顿第二定律有  $F_N \cos 53^\circ - \mu F_N \sin 53^\circ = ma_{\min}$ , 解得  $a_{\min} = \frac{2}{11}g$ , 整体的最小加速度与小球的最小加速度相同, 则货车的



的最小加速度也为  $a_{\min} = \frac{2}{11}g$ ; 当小物块恰好相对于圆弧轨道向上运动时, 即小物块与圆弧轨道之间的摩擦力达到最大静摩擦力, 方向沿切线向下, 此时小球有最大的加速度  $a_{\max}$ , 在竖直方向上有  $F_N \sin 53^\circ = mg + \mu F_N \cos 53^\circ$ , 水平方向上根据牛顿第二定律有  $F_N \cos 53^\circ + \mu F_N \sin 53^\circ = ma_{\max}$ , 解得  $a_{\max} = 2g$ , 整体的最大加速度与小球的最大加速度相同, 则货车的最大加速度也为  $a_{\max} = 2g$ , 所以货车的加速度范围为  $\frac{2}{11}g \leq a \leq 2g$ , 而  $\frac{7}{3}g > 2g$ , 所以货车运动的加速度不可能为  $\frac{7}{3}g$ , 选项 C 错误。设圆弧轨道的质量为  $M$ , 以小物块和圆弧轨道整体为研究对象, 根据牛顿第二定律可得车厢底面与圆弧轨道下表面之间的摩擦力大小为  $F_f = (M+m)a$ , 车厢底面与圆弧轨道下表面之间的最大静摩擦力为  $F_m = \mu_1 (M+m)g$ , 货车的加速度范围为  $\frac{2}{11}g \leq a \leq 2g$ , 木板与圆弧轨道保持相对静止, 则有  $F_m \geq F_f$ , 解得  $\mu_1 \geq \frac{2}{11}$ , 所以圆弧轨道下表面与车厢底面的动摩擦因数可能为 0.4, 选项 D 正确。

#### 9. 【答案】BD

【解析】在三角形  $ADE$  中, 根据余弦定理有  $DE^2 = AD^2 + AE^2 - 2AD \cdot AE \cos 30^\circ$ , 解得  $DE = L$ , 所以三角形  $ADE$  为等腰三角形, 则  $\angle AED = 30^\circ$ ,  $\angle ADE = 120^\circ$ , 作出  $D$  点法线, 如图所示, 根据几何关系可得光线在  $D$  点入射角为  $i = 60^\circ$ , 折射角为  $r = 30^\circ$ , 根据光的折射定律, 玻璃砖相对于该单色光的折射率  $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$ , 选项 B 正确,



选项 A 错误; 设发生全反射的临界角为  $C$ , 则  $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 根据几何关系可得在  $AC$  边上的入射角为  $60^\circ$ ,  $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} > \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 所以光在  $AC$  边上发生全反射, 不会从

$AC$  边射出玻璃砖, 选项 C 错误, 选项 D 正确。

#### 10. 【答案】AD

【解析】开始时开关  $S$  断开, 回路中没有感应电流, 导体棒不受安培力作用, 导体棒做匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律有  $mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ = ma_1$ , 解得加速度  $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ , 当  $t_1 = 4 \text{ s}$  时导体棒的速度为  $v_1 = a_1 t_1 = 8 \text{ m/s}$ , 开关闭合后, 回路中有感应电流, 根据右手定则和左手定则可知导体棒受到沿导轨平面向上的安培力作用, 此时的感应电流  $I_1 = \frac{BLv_1}{R+r}$ ,  $F_{安} = I_1 LB = 6.4 \text{ N}$ ,  $mg \sin 37^\circ < \mu mg \cos 37^\circ + F_{安}$ , 合力方向沿导轨平面向上, 加速度方向与运动方向相反, 所以开始做减速运动, 根据牛顿第二定律, 设导体棒加速度大小为  $a$ , 则有  $F_{安} + \mu mg \cos 37^\circ - mg \sin 37^\circ = ma$ , 当速度减小时感应电流减小, 安培力也减小, 加速度也减小, 所以闭合开关  $S$  后导体棒做加速度减小的减速运动, 选项 A 正确; 导体棒匀速运动时, 设

回路中感应电流为  $I$ , 根据平衡条件有  $mg\sin 37^\circ = \mu mg\cos 37^\circ + ILB$ , 设匀速运动时的速度大小为  $v_2$ , 感应电流  $I = \frac{BLv_2}{R+r}$ , 解得  $v_2 = 5 \text{ m/s}$ ,  $4 \sim 10 \text{ s}$  时间内以导体棒为研究对象, 设沿导轨平面向上为正方向, 根据动量定理有  $\bar{I}LB(t_2 - t_1) + \mu mg\cos 37^\circ(t_2 - t_1) - mg\sin 37^\circ(t_2 - t_1) = -mv_2 - (-mv_1)$ , 电荷量为  $q = \bar{I}(t_2 - t_1)$ , 解得  $q = 15 \text{ C}$ ,  $0 \sim 4 \text{ s}$  时间内回路中没有感应电流, 没有电荷通过电阻, 所以  $0 \sim 10 \text{ s}$  内通过电阻的电荷量为  $15 \text{ C}$ , 选项 B 错误; 设  $4 \sim 10 \text{ s}$  时间内导体棒运动的位移大小为  $x_0$ , 根据法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BLx_0}{\Delta t}$ , 平均感应电流为  $\bar{I} = \frac{E}{R+r}$ , 以上通过的电荷量为  $q = \bar{I}\Delta t = \frac{BLx_0}{R+r}$ , 已知电荷量  $q = 15 \text{ C}$ , 则  $x_0 = 37.5 \text{ m}$ ,  $0 \sim 4 \text{ s}$  时间内导体棒运动的位移  $x_1 = \frac{v_1}{2}t_1 = 16 \text{ m}$ , 运动的总位移为  $x = x_0 + x_1 = 53.5 \text{ m}$ , 选项 C 错误;  $4 \sim 10 \text{ s}$  时间内, 设回路中产生的焦耳热为  $Q$ , 根据能量守恒定律有  $mgx_0\sin 37^\circ + \left(\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2\right) = \mu mg\cos 37^\circ \times x_0 + Q$ , 解得  $Q = 189 \text{ J}$ , 电阻  $R$  与导体棒串联, 则  $0 \sim 10 \text{ s}$  内导体棒上产生的焦耳热为  $Q_1 = \frac{r}{R+r}Q = 75.6 \text{ J}$ , 选项 D 正确。

11. 【答案】(1)B(2分) (2)不是(2分);  $2\sqrt{gL}$ (2分)

【解析】(1)小球做平抛运动时, 不应使其与木板摩擦, 以免影响运动的轨迹造成较大实验误差, 选项 A 错误; 为保证小球沿水平方向飞出, 应将斜槽轨道的末端调至水平, 选项 B 正确; 本实验不需要用天平测出小球的质量, 但需要配备重垂线, 以便确定竖直方向为  $y$  轴方向, 选项 C 错误; 小球从斜槽上某位置由静止滚下, 离开斜槽末端后做平抛运动, 应以小球在斜槽末端时球心在坐标纸上的投影点作为所建坐标系的原点  $O$ , 记录的点应适当多一些, 选项 D 错误。

(2)若位置  $a$  是小球的抛出点, 则小球竖直方向的运动满足初速度为  $0$  的匀变速直线运动的规律, 竖直方向连续相等时间内的位移之比满足  $1:3:5\cdots$ , 根据题图可知比例不满足  $1:3:5\cdots$ , 则位置  $a$  不是小球的抛出点; 竖直方向  $\Delta y = L = gT^2$ , 水平方向  $2L = v_0 T$ , 联立可得  $v_0 = 2\sqrt{gL}$ 。

12. 【答案】(1)F(1分) (2)b(1分) (3)2.30(1分); 3.64(2分); 0.550(2分); 2.73(1分)

【解析】(1)锂电池的电动势约为  $3.6 \text{ V}$ , 达到最大电流  $0.9 \text{ A}$  时, 电路中的最小电阻为  $R_{\min} = \frac{E}{I_m} = \frac{3.6 \text{ V}}{0.9 \text{ A}} = 4 \Omega$ , 锂电池的内阻约为几百毫欧, 所以定值电阻选  $R_0 = 4 \Omega$ 。如果定值电阻选  $R_0 = 20 \Omega$ , 电路中的最大电流为  $I_m = \frac{E}{R_0} = \frac{3.6 \text{ V}}{20 \Omega} = 0.18 \text{ A}$ , 最大电流还达不到电流表量程的三分之一, 电流测量范围太小, 所以选  $R_0 = 20 \Omega$  不合适。

(2)将单刀双掷开关  $S_2$  的选择开关掷向  $b$  时为电流表内接法, 引起误差的原因是电流表的分压, 但是当电流表示数为  $0$  时, 电流表不分压, 所以图线 2 与纵轴的交点为准确的断路电压, 断路电压即为电源的电动势, 此时测出的电动势  $E$  是准确的, 所以想要准确测量电源的电动势  $E$ , 应将单刀双掷开关  $S_2$  的选择开关掷向  $b$ 。

(3)电压表的示数为  $2.30 \text{ V}$ ; 将单刀双掷开关  $S_2$  的选择开关掷向  $b$  时测出的电动势  $E$  是准确的, 则准确的电动势为  $E = 3.64 \text{ V}$ ; 将单刀双掷开关  $S_2$  的选择开关掷向  $a$  时为电流表外接法, 引起误差的原因是电压表的分流, 但是当电压表示数为  $0$  时, 电压表不分流, 所以图线 1 与横轴的交点为准确的短路电流, 则准确的短路电流为  $I_m = 0.80 \text{ A}$ , 又因为在电路中连入了定值电阻  $R_0 = 4 \Omega$ , 所以短路电流为  $I_m = \frac{E}{r+R_0}$ , 解得电源准确的内阻为  $r = 0.550 \Omega$ ; 图线 2 与横轴的交点的物理意义是电压表示数为  $0$  时电流表的示数为  $I = 0.50 \text{ A}$ , 根据闭合电路的欧姆定律可得  $E = I(R_0 + r + R_A)$ , 将  $E = 3.64 \text{ V}$ ,  $r = 0.550 \Omega$  和  $R_0 = 4 \Omega$  代入解得  $R_A = 2.73 \Omega$ 。

13. 【答案】(1) 400 K 750 K (6分) (2)  $\frac{p_0 S}{3g}$  (4分)

【解析】(1) 将该装置移到外界环境中去, 活塞移动过程中汽缸内封闭气体的压强不变, 根据盖-吕萨克定律有  $\frac{hS}{T_0} = \frac{1.6hS}{T}$  (2分)

将  $T_0 = 250$  K 代入解得  $T_1 = 400$  K (1分)

温度越高, 活塞距底部的高度越大, 活塞距底部的最大高度为  $3h$ , 此时为测量的最高温度, 根据盖-吕萨克定律有  $\frac{hS}{T_0} = \frac{3hS}{T_m}$  (2分)

解得  $T_m = 750$  K (1分)

(2) 缓慢加上细沙, 活塞移动过程中汽缸内封闭气体的温度不变, 根据玻意耳定律有  $p_0 \times 1.6hS = p_1 \times 1.2hS$  (2分)

解得  $p_1 = \frac{4}{3}p_0$  (1分)

根据平衡条件  $p_1 S = p_0 S + mg$

解得  $m = \frac{p_0 S}{3g}$  (1分)

14. 【答案】(1)  $\frac{2mg}{k}$  (3分) (2)  $2m$  (5分) (3)  $\frac{8m^2 g^2}{k}$  (4分)

【解析】(1) 小物块 Q 恰好开始离开竖直墙壁时弹簧应处于伸长状态, 设伸长量为  $x$ , 小物块 Q 与水平面间达到最大静摩擦力, 则有  $kx = \mu \times 4mg$  (2分)

解得  $x = \frac{2mg}{k}$  (1分)

(2) 设小球与物块 P 碰撞前后瞬间的速度大小分别为  $v_0$  和  $v_1$ ,

小球向下运动过程中, 根据机械能守恒定律可得  $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$  (1分)

小球弹回过程中, 根据机械能守恒定律可得  $mg \cdot \frac{h}{9} = \frac{1}{2}mv_1^2$  (1分)

联立可得  $v_1 = \frac{1}{3}v_0$

设小球和小物块 P 发生碰撞后瞬间小物块 P 的速度大小为  $v_2$ , 取水平向右为正方向, 弹性碰撞过程中, 根据动量守恒定律得  $mv_0 = -mv_1 + Mv_2$  (1分)

根据机械能守恒定律得  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$  (1分)

联立解得  $v_1 = \frac{M-m}{m+M}v_0$

与  $v_1 = \frac{1}{3}v_0$  联立解得  $M = 2m$  (1分)

(3) 设向右压缩弹簧的最大压缩量为  $x_1$ , 小滑块 P 向左运动到速度为 0 的过程中, 根据能量守恒定律有  $\frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}kx^2 + \mu Mg(x_1 + x)$  (2分)

将  $M = 2m$  和  $x = \frac{2mg}{k}$  代入上式解得  $x_1 = \frac{4mg}{k}$  (1分)

则最大的弹性势能  $E_{pm} = \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{8m^2 g^2}{k}$  (1分)

15. 【答案】(1)  $E = \frac{mv_0^2}{5qL}$ , 方向与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  向下 (4 分) (2)  $\frac{127\pi L}{36v_0}$  (5 分) (3)  $\frac{97}{240}$  (9 分)

【解析】(1) 要使与  $x$  轴正方向成  $30^\circ$  的粒子做匀速直线运动, 则粒子受到的洛伦兹力和静电力平衡, 根据平衡条件有  $qv_0B = qE$  (2 分)

将  $B = \frac{mv_0}{5qL}$  代入上式, 解得电场强度的大小为  $E = \frac{mv_0^2}{5qL}$  (1 分)

根据左手定则可知粒子受到的洛伦兹力的方向与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  斜向下, 则静电力应与  $x$  轴负方向成  $60^\circ$  斜向上, 粒子带负电, 则电场强度的方向与  $x$  轴正方向成  $60^\circ$  斜向下 (1 分)

(方向用其他表述方式正确均可得分)

(2) 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力有

$$qv_0B = \frac{mv_0^2}{r} \quad (1 \text{ 分})$$

将  $B = \frac{mv_0}{5qL}$  代入上式, 解得带电粒子做匀速圆周运动的轨迹半径为

$$r = 5L \quad (1 \text{ 分})$$

带电粒子在磁场中运动的周期为  $T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{10\pi L}{v_0}$  (1 分)

粒子垂直打到收集板上, 则圆心一定与收集板  $MN$  共线, 找出轨迹圆的圆心  $O_1$ , 作出粒子的轨迹如图所示, 延长  $MO_1$  交  $y$  轴于  $A$  点, 三角形  $OAO_1$  为直角三角形,  $OA$  的长度为  $4L$ ,  $OO_1$  为轨迹半径, 长度为

$$5L, \text{ 设 } \angle OO_1A \text{ 为 } \alpha, \text{ 则 } \sin\alpha = \frac{OA}{OO_1} = \frac{4}{5}$$

解得  $\alpha = 53^\circ$

带电粒子在磁场中运动的圆心角为  $180^\circ - \alpha = 127^\circ$  (1 分)

运动时间  $t = \frac{127^\circ}{360^\circ} T = \frac{127\pi L}{36v_0}$  (1 分)

(3) 根据几何关系可知, 粒子垂直打到收集板上时的位置距  $A$  点的距离为  $AO_1 + r = r\cos\alpha + r = 8L$ , 则粒子恰好打到  $N$  点。

① 如图甲所示, 根据几何关系可知, 粒子转过劣弧恰好打到收集板上  $N$  点时从粒子源发射的粒子速度方向与  $x$  轴正方向的夹角为  $37^\circ$  (1 分)

粒子还可以转过优弧恰好打到收集板上  $N$  点, 劣弧和优弧都是以  $ON$  为弦, 劣弧和优弧的四条半径应构成一菱形。

根据几何关系和对称性可知优弧的圆心  $O_2$  恰好在  $x$  轴上, 横坐标为  $x = 5L$  (1 分)

作出粒子的轨迹如图甲所示, 根据几何关系可知, 粒子转过优弧恰好打到收集板上  $N$  点时, 从粒子源发射的粒子速度方向沿  $y$  轴正方向 (1 分)

② 当粒子恰好打到收集板时, 即轨迹与收集板相切, 作出粒子的轨迹如图乙所示, 圆心为  $O_3$ , 切点为  $P$ , 作半径  $O_3P$  交  $x$  轴于  $Q$  点,

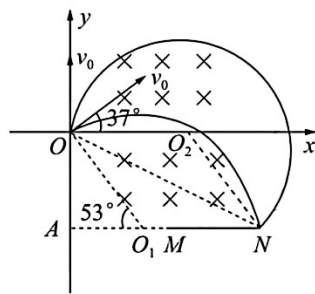
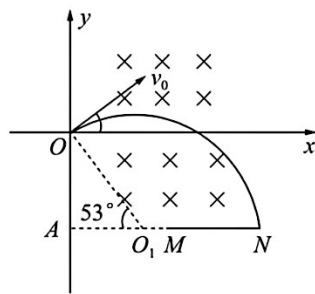
$$O_3Q = O_3P - QP = 5L - 4L = L$$

在直角三角形  $O_3OQ$  中, 设  $\angle O_3OQ$  为  $\beta$ ,

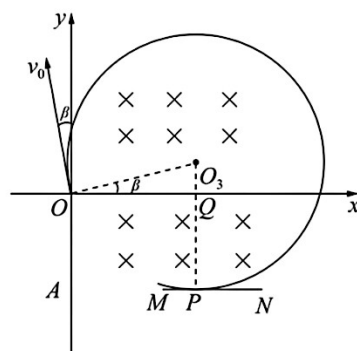
$$\text{则 } \sin\beta = \frac{O_3Q}{O_3O} = \frac{L}{5L} = 0.2 \quad (1 \text{ 分})$$

解得  $\beta = 11.5^\circ$  (1 分)

根据几何关系可知, 粒子轨迹与收集板相切于  $P$  点时从粒子源发射的粒子速度方向与  $y$  轴正方向的夹角为  $11.5^\circ$ 。



甲



乙

③设从粒子源发射的速度方向沿  $x$  轴正方向的粒子打在  $MN$  所在直线上的  $C$  点,作出粒子的轨迹如图丙所示,圆心为  $O_1$ ,过  $C$  点向  $y$  轴作垂线,交  $y$  轴于  $D$  点。

$$DO_1 = OO_1 - OD = 5L - 4L = L$$

在直角三角形  $CDO_1$  中,根据勾股定理有

$$CD = \sqrt{O_1C^2 - DO_1^2} = \sqrt{(5L)^2 - L^2} = 2\sqrt{6}L \quad (1 \text{ 分})$$

粒子收集板  $MN$  的长度为  $4L$ ,  $N$  点的坐标为  $(8L, -4L)$ , 则  $M$  点距  $y$  轴的距离为  $4L$ 。

$CD = 2\sqrt{6}L > 4L$ , 即  $C$  点在粒子收集板上。

综合分析可得,能打到粒子收集板上的粒子从粒子源发射时速度方向范围有两个:

一是速度方向沿  $x$  轴正方向到与  $x$  轴正方向的夹角为  $37^\circ$  之间 (1 分)

二是速度方向沿  $y$  轴正方向到与  $y$  轴正方向的夹角为  $11.5^\circ$  之间 (1 分)

粒子在  $120^\circ$  范围内均匀发射,所以粒子源发射的粒子中能打到收集板上的粒子数与发射的全部粒子数

$$\text{的比值 } k = \frac{37^\circ + 11.5^\circ}{120^\circ} = \frac{97}{240} \quad (1 \text{ 分})$$

