

答案速查及评分标准

一、单项选择题:本题共10小题,每小题4分,共40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	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	B	B	A	B	B	D	A	C	D

二、非选择题:本题共5小题,共60分。

11.(15分)(1)1.9(2分) (2)①B(1分) ②最左端(1分)

③A(1分) ④ $\frac{L_2 R}{L_1}$ (2分,必须用所给物理量表示) ⑤增大(1分) (3)N(1分)

1.5(2分) 2.7(2分) (4)见解析(2分,其他合理答案也可给分)

12.(8分,按步给分,具体见详细解析)(1) $\frac{5}{3}$ (4分) (2)4:9(4分)

13.(8分,按步给分,具体见详细解析)(1)1 kg(4分)
(2)6 m(4分)

14.(14分,按步给分,具体见详细解析)(1) $\frac{\sqrt{6}}{2}$ m/s (3分)

(2) $5\sqrt{10}$ N (5分) (3) $\left(\frac{2\sqrt{2}}{15}\pi - \frac{\sqrt{6}}{10}\right)$ s 0.45 m (6分)

15.(15分,按步给分,具体见详细解析)

(1) $\frac{q^2 B^2 l}{m}$ 沿y轴正方向(3分)

(2) $\frac{qB^2 l}{2m}$ (4分) (3) $(\pi+4)l$ (8分)

详细解析

1.C 60分必答(原子核反应方程,比结合能)

根据电荷数守恒和质量数守恒可知,X是中子 ${}_0^1\text{n}$,A、B错误;核聚变释放能量时,生成物的比结合能(单位核子的结合能)大于反应物的比结合能,所以氦核的比结合能大于氖核和氙核的比结合能,C正确; ${}_2^4\text{He}$ 的穿透能力比中子 ${}_0^1\text{n}$ 弱,D错误。

2.B 60分必答(热力学第一定律的应用,理想气体状态方程)

橡胶塞弹出过程中瓶内的气体对外做功,气体体积迅速膨胀,气体液化释放热量产生白雾,根据热力学第一定律可知,气体的内能减小,温度降低,由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 可知,气体压强减小,B正确,A、C、D错误。

3.B 60分必答(万有引力定律,卫星变轨)

卫星由高轨道到低轨道需要点火减速,A错误;由 $\frac{GMm}{r^2}=ma$ 知 $a=\frac{GM}{r^2}$,卫星降轨后r减小,则加速度a增大,B正确;由 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$,卫星降轨后r减小,则速度v增大,动量 $p=mv$ 增大,C错误;根据开普勒第三定律有 $\frac{R_1^3}{T_1^2}=\frac{R_2^3}{T_2^2}$,降轨后卫星的半径减小,周期变短,D错误。

4.A 60分必答(库仑定律)

质量为m的带电小球恰好静止在c点,说明a点和b点处的点电荷对带电小球的库仑力的合力方向竖直向上,大小等于带电小球的重力,c点在ab连线的中垂线上,故a点和b点处的点电荷对带电小球的库仑力大小相等,所以a点和b点的点电荷所带电荷量相等,且均带正电,对带电小球由受力平衡可知 $2 \cdot \frac{kQ_0q}{\left(\frac{l}{\cos\theta}\right)^2} \cdot \sin\theta = mg$,解得 $q = \frac{4mgl^2}{3kQ_0}$,A正确。

5.B 60分必答(竖直平面内的圆周运动,功能关系)

当小球转过的圆心角 $\theta=60^\circ$ 时,动能减少0.6 J,则有 $mgR(1-\cos\theta)=0.6$ J,解得 $R=0.6$ m,A错误;当小球转过的圆心角 $\theta=60^\circ$ 时,圆形轨道对小球的弹力大小 $F=11$ N,由牛顿第二定律得 $F-mg\cos\theta=\frac{mv_1^2}{R}$,根据动能定理得 $-mgR(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$,联立解得 $v_0=6$ m/s,C错误;

小球运动到最高点时速度最小,设小球运动到最高点的速度为 v_2 ,小球从最低点到最高点的过程中,根据动能定理得 $-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_2=2\sqrt{3}$ m/s,B正确;在最低点由牛顿第二定律得 $F_{\max}-mg=m\frac{v_0^2}{R}$,在最高点由牛顿第二定律得 $mg+F_{\min}=m\frac{v_2^2}{R}$,则 $F_{\max}-F_{\min}=12$ N,由牛顿第三定律知小球对圆形轨道压力差的最大值为12 N,D错误。

6.B 80分必答(振动图像,波的干涉)

由题图可知波源A、B的周期为 $T=0.4$ s,振幅为 $A=5$ cm,且A比B早振动的时间为 $t_1=0.2$ s $=\frac{1}{2}T$, $t=1.4$ s时,C处质点已通过30 cm的路程, $s=30$ cm $=6A$,由于C处到两波源的距离相等,所以当B的振动形式传到C处时,A的振动形式已经使C处质点振动了 $\frac{1}{2}T$ 的时间,通过的路程为 $s_1=2A$;之后两波发生干涉,A、B共同引起C处质点振动,且振动方向相同,则C处为振动加强点,其振幅变为 $A'=2A$,C处质点再通过的路程为 $s_2=s-s_1=4A=2A'$,即C处质点再振动 $\frac{1}{2}T$ 的时间,综合分析可知, $t=1.4$ s时,A的振动形式已经使C处质点振动的时间为 T ,则A的振动形式传到C处所用时间为 $\Delta t=1.4$ s $-T=1.0$ s,B正确。

7.D 60分必答(双缝干涉,干涉条纹间距)

双缝干涉的条纹间距 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$,代入可得 $\Delta x=6 \times 10^{-3}$ m,第0级亮条纹中心与第7级亮条纹中心间距即为 P_1 到O点的距离,即 $x_{OP_1}=7\Delta x$,代入可得 $d=4.2 \times 10^{-2}$ m,D正确。

8.A 80分必答(理想变压器,等效电阻)

将原、副线圈和滑动变阻器看作等效电阻,根据欧姆定律和原副线圈匝数比与电压比、电流比的关系,可知等效电阻的阻值 $R'=k^2R$,滑片向下移动的过程中,滑动变阻器接入电路的电阻减小,则等效电阻减小,a、b间电压有效值不变,原线圈中电流增大,电压表测等效电阻两端电压,则电压表示数减小;由原、副线圈电流关系可知副线圈中的电流增大,电流表示数增大,A正确,B错误;电流表的示数变化量为 ΔI ,则有 $\frac{\Delta I_1}{\Delta I} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{k}$,可知原线圈中电流的变化量为 $\Delta I_1 = \frac{\Delta I}{k}$,

定值电阻 R_0 两端电压变化量的绝对值 $|\Delta U_{R_0}| = |\Delta U|$, 可知 $\left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{1}{k} \left| \frac{\Delta U_{R_0}}{\Delta I_1} \right| = \frac{R_0}{k}$, C 错误; 等效电阻的阻值 R' 与定值电阻 R_0 的大小关系不确定, 所以理想变压器副线圈的输出功率的变化情况不确定, 滑动变阻器的功率的变化情况不确定, D 错误.

9.C 80 分必答(平抛运动规律, 平抛与斜面的结合问题)

已知 $AB = BC$, 则两次抛出小球的水平位移之比为 $x_1 : x_2 = 1 : 2$, 运动时间之比为 $t_1 : t_2 = 1 : 2$; 第一次从斜面顶端 A 处抛出后, 落到

斜面上的 B 点, 有 $\tan \alpha = \frac{\frac{1}{2}gt_1^2}{v_0 t_1} = \frac{gt_1}{2v_0}$, 则小球落在 B 点的竖直分速度为 $v_{y1} = 2v_0 \tan \alpha$, 小球落在 B 点的动能为 $E_{k1} = \frac{1}{2}m(v_0^2 + v_{y1}^2) =$

$\frac{1}{2}mv_0^2(1 + 4 \tan^2 \alpha)$, 落在 C 点的竖直分速度 $v_{y2} = 2v_{y1} = 4v_0 \tan \alpha$, 小球落在 C 点的动能 $E_{k2} = \frac{1}{2}m(v_0^2 + v_{y2}^2) = \frac{1}{2}mv_0^2(1 + 16 \tan^2 \alpha)$, 由 $E_{k1} : E_{k2} = 5 : 17$, 解得 $\tan \alpha = 1$, 则斜面倾角 α 为 45° , C 正确.

10.D 100 分必答(电磁感应综合, 双棒模型)

开关 S 接 2 时, 电容器放电, 由于导体棒 ab 和 cd 的电阻相同, 则两导体棒的电流相等, 受到的安培力大小相等, 但两导体棒的质量不同, 所以两导体棒的加速度大小不相等, A 错误; 开关 S 接 2 后, 电容器通过导体棒 ab 和 cd 放电, 两导体棒在安培力的作用下向右运动, 最终稳定时, 电路中没有电流, 两导体棒产生的感应电动势与电容器两端的电压相等, 由 $E_{\text{感}} = BLv$ 可知, 最终两导体棒的速度相等, 由动量定理知 $B\bar{I}L t = BLq_0 = mv$, 可得 $q_0 = \frac{mv}{BL}$, 则通过导体棒的电荷量与质量成正比, C 错误; 开关 S 接 1 时, 电容器所带电荷量为 $Q = CE$, 电容器储存的电能为 $E_{\text{电}} = \frac{1}{2}CE^2$, 开关 S 接 2 后, 取向右为正方向, 对整体由动量定理可知 $B\bar{I}L t = (m_1 + m_2)v$, 最终稳定时, 电路中没有电流, 两导体棒产生的感应电动势与电容器的电压相等, 则 $U_1 = BLv$, 电容器放电电荷量 $q = \bar{I}t = CE - CU_1$, 联立解得 $v = \frac{BLCE}{m_1 + m_2 + B^2 L^2 C}$, 最终电容器所带电荷量

$q' = CU_1 = \frac{B^2 L^2 C^2 E}{m_1 + m_2 + B^2 L^2 C}$, B 错误; 根据能量守恒定律得

$\frac{1}{2}CE^2 - \frac{1}{2}CU_1^2 = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 + Q$, 联立解得整个过程中系统产生的总热量 $Q = \frac{(m_1 + m_2)CE^2}{2(m_1 + m_2 + B^2 L^2 C)}$, D 正确.

关键点拨

首先开关 S 接 1, 电源给电容器充电, 之后开关 S 接 2, 电容器作为等效电源开始放电, 导体棒在安培力的作用下开始运动, 导体棒产生的反电动势与电容器的电压互相抵消, 导致电路中电流减小, 安培力减小, 加速度减小, 故导体棒做加速度减小的加速运动, 导体棒产生的反电动势逐渐增加, 由于电容器放电, 电容器两端的电压逐渐减小, 最终总电动势为零, 导体棒最终做匀速运动,

11. (15 分) (1) 1.9 (2 分) (2) ① B (1 分) ② 最左端 (1 分)

③ A (1 分) ④ $\frac{L_2 R}{L_1}$ (2 分) ⑤ 增大 (1 分) (3) N (1 分)

1.5 (2 分) 2.7 (2 分) (4) 见解析 (2 分)

80 分必答(多用电表的读数, 热敏电阻特性的探究与应用)

(1) 多用电表表盘的指针位置为 19, 测电阻所用的挡位为 “ $\times 100$ ” 挡, 所以读数结果为 $19 \times 100 \Omega = 1.9 \text{ k}\Omega$.

(2) ① 实验中需要测量 AP 、 PB 的长度, 因此除上述器材外, 还需要的器材是刻度尺, 故选 B.

② 为保护电路, 闭合开关 S 前, 应将滑动变阻器 R_0 的滑片调至最左端, 闭合开关时滑动变阻器接入电路的阻值最大, 电路中的电流最小.

③ 滑动变阻器对整个电路起到控制作用, 因此闭合开关 S 后, 应先调节滑动变阻器 R_0 的滑片处于合适位置; 再调节电阻箱, 最后调节电阻丝 AB 上的滑片 P , 使灵敏电流计的示数为 0; 因为电阻箱的阻值不能连续变化, 所以如果在调节电阻丝 AB 上的滑片 P 后调节电阻箱, 有可能不能使灵敏电流计的示数为 0, A 正确.

④ 当灵敏电流计的示数为 0 时, $U_{CP} = 0$, 电桥达到平衡, 即

$$\frac{L_1}{L_1 + L_2} U = \frac{R}{R + R_1} U, \text{化简得 } \frac{L_1}{L_2} = \frac{R}{R_1}, \text{解得热敏电阻的阻值 } R_1 = \frac{L_2 R}{L_1}.$$

⑤ 从题图丙的图像可以看出, 该热敏电阻的阻值随温度的降低而增大.

(3) 温度降低时, 该热敏电阻阻值增大, 热敏电阻分得的电压增大, 而温度降低时要求输出电压升高, 以开启加热系统, 所以 N 处连接热敏电阻. 由题图丙可知, 温度为 18°C 时, $R_N = R = 3.0 \text{ k}\Omega$, 由欧姆定律可得 $E = I(R_M + R_N)$, $U = IR_N$, 代入数据解得 $R_M = 1.5 \text{ k}\Omega$; 由题图丙可知, 温度为 40°C 时, $R_N = 1.2 \text{ k}\Omega$, 此时 a 、 b 间的输出电压 $U_1 = \frac{E}{R_M + R_N} R_M \approx 2.7 \text{ V}$, 则 a 、 b 间的输出电压小于 2.7 V 时, 自动关闭加热系统.

(4) 若题图丁中电源用久了后, 电源电动势减小, 内阻增大, a 、 b 间的输出电压变小, 则需要温度变得更低(热敏电阻的阻值更大)时, 温水控制系统才开始加热, 所以最低水温会降低; 可以通过减小定值电阻的阻值进行调整.

12. (8 分) 答案同详细解析

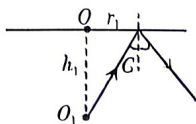
60 分必答(光的全反射, 全反射临界角)

思路分析

(1) 在液面上的透光区域边界处单色光发生全反射, 画出单色光发生全反射的光路图, 根据全反射的临界角公式和几何关系求解液体对单色光的折射率;

(2) 点光源移动后, 液面上的透光区域边界处单色光仍然发生全反射, 同理可得液面上的透光区域的半径, 并由面积公式求解点光源移动前后液面上的透光面积之比.

(1) 设单色光从液体中射入空气发生全反射的临界角为 C , 光路图如图所示:



根据全反射的临界角公式得 $\sin C = \frac{1}{n}$ (1分)

由几何关系可知液面上的透光区域的半径 $r_1 = h_1 \tan C$ (1分)

解得液体对该单色光的折射率 $n = \frac{5}{3}$ (2分)

(2) 点光源移动前液面上的透光面积 $S_1 = \pi r_1^2$ (1分)

将点光源沿竖直方向向下移动 $\Delta h = 0.2 \text{ m}$ 后位于 O_2 处, 由几何关系可知液面上的透光区域的半径

$$r_2 = (h_1 + \Delta h) \tan C \quad (1分)$$

点光源移动后液面上的透光面积 $S_2 = \pi r_2^2$ (1分)

则点光源移动前后液面上的透光面积之比

$$S_1 : S_2 = 4 : 9 \quad (1分)$$

13. (8分) 答案同详细解析

60分必答(电场中的直线运动)

思路分析

- (1) 滑块进入电场后, 水平方向上受向左的电场力和与运动方向相反的摩擦力, 所以滑块先向右做匀减速直线运动, 速度减为0后向左做匀加速直线运动, 对两个过程分别列牛顿第二定律和运动学公式, 由题图乙中的数据代入求解出滑块的质量;
- (2) 由(1)问可得出滑块受到的摩擦力大小和匀减速时的加速度大小, 由运动学公式求解滑块开始运动1 s后的位移大小(由于是匀减速运动, 所以需要先判断运动1 s前滑块速度是否减为0).

(1) 滑块受到的电场力水平向左, 大小为 $F = qE$ (1分)

滑块向右运动时, 由牛顿第二定律知 $F + f = ma_1$

由速度与位移的关系式知 $-2a_1x = v_1^2 - v_0^2$ (1分)

滑块向左运动时, 由牛顿第二定律知 $F - f = ma_2$

由速度与位移的关系式知 $2a_2x = v_2^2 - v_1^2$ (1分)

结合题图乙解得滑块的质量 $m = 1 \text{ kg}$ (1分)

(2) 由(1)可解得 $f = 2 \text{ N}$ (1分)

由题图乙可知滑块的初速度为 $v_0 = \sqrt{144} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}$, 滑块向

右运动过程中的加速度大小 $a_1 = \frac{F+f}{m} = 12 \text{ m/s}^2$ (1分)

滑块向右运动的时间 $t = \frac{v_0}{a_1} = 1 \text{ s}$, 则离开A点1 s后滑块的速度减为零 (1分)

滑块从A点开始运动1 s后的位移大小 $x = \frac{v_0^2}{2a_1} = 6 \text{ m}$ (1分)

14. (14分) 答案同详细解析

80分必答(力学综合)

思路分析

- (1) 物块A、B分离瞬间速度相等, 且分离时弹簧恰好恢复原长, 分离后物块B运动到最高点时, 物块C恰好不离开挡板P, 对物块C由受力平衡求得此时弹簧的伸长量, 从物块A、B分离到物块B运动到最高点的过程中, 由能量守恒定律可求解物块A、B分离瞬间物块A的速度;
- (2) 物块A、B运动到最低点到弹簧恢复原长的过程中, 由能量守恒定律可求解物块A、B运动到最低点时弹簧的压缩量, 分析最初状态, 物块A、B受力平衡, 可求出最初状态弹簧的压缩量, 从最初状态到物块A、B运动到最低点的过程中, 由功能关系可求解恒定外力的大小;
- (3) 先分析物块A, 在物块A、B分离后物块A继续沿斜面向上做匀减速直线运动, 由运动学公式可求解物块A运动到最高点时所用时间和运动位移, 再分析物块B, 在物块A、B分离后物块B做简谐运动, 由弹簧振子运动规律可求得物块B的运动周期和运动振幅, 还可以求得物块B运动到最低点所用的时间, 根据所求物理量求解从物块A被锁定开始计时, 物块B第一次离物块A最远所需要的时间及最远距离。

(1) 当物块B运动到最高点时, 物块C恰好不离开挡板P, 则有 $mg \sin \theta = kx_1$ (1分)

物块A、B在弹簧恢复原长时分离, 从此时到物块B运动到最高点的过程中, 对物块B及弹簧组成的系统, 由能量守恒定律可得 $\frac{1}{2}mv^2 = mgx_1 \sin \theta + \frac{1}{2}kx_1^2$ (1分)

物块A、B分离瞬间速度相等, 联立解得 $v = \frac{\sqrt{6}}{2} \text{ m/s}$ (1分)

(2) 从物块A、B运动到最低点到弹簧恢复原长, 对物块A、B、C及弹簧组成的系统, 由能量守恒定律可得

$$\frac{1}{2}kx_2^2 = 2mgx_2 \sin \theta + \frac{1}{2} \times 2mv^2 \quad (1分)$$

解得 $x_2 = \frac{2 + \sqrt{10}}{10} \text{ m}$ (1分)

最初状态, 对物块A、B整体受力分析可得

$$2mg \sin \theta = kx_3 \quad (1 \text{分})$$

从最初状态到物块 A、B 运动到最低点, 对物块 A、B、C 及弹簧组成的系统, 由功能关系可得

$$F(x_2 - x_3) + 2mg(x_2 - x_3) \sin \theta = \frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_3^2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } F = 5\sqrt{10} \text{ N} \quad (1 \text{分})$$

(3) 物块 A、B 分离后物块 A 沿斜面向上做匀减速直线运动,

$$\text{有 } t_1 = \frac{v}{g \sin \theta}, \quad x_1' = \frac{v^2}{2g \sin \theta}$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{\sqrt{6}}{10} \text{ s}, \quad x_1' = 0.15 \text{ m} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{物块 B 做简谐运动, 其周期 } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\sqrt{2}}{5} \pi \text{ s} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{物块 B 位于平衡位置时有 } mg \sin \theta = kx_0 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{振幅 } A = x_0 + x_1 = 0.2 \text{ m} \quad (1 \text{分})$$

物块 B 从物块 A、B 分离到第一次运动到最高点的路程为

$$x_1 = 0.1 \text{ m} = \frac{A}{2}, \text{ 则有 } t_2 = \frac{T}{6} = \frac{\sqrt{2}}{30} \pi \text{ s}$$

物块 B 从物块 A、B 分离到第一次运动到最低点(即离物块 A 最远)的时间为 $t_2' = \frac{T}{2} + t_2$

$$\text{从物块 A 被锁定时开始计时, 物块 B 第一次离物块 A 最远}$$

所需要的时间 $\Delta t = t_2' - t_1$

$$\text{解得 } \Delta t = \left(\frac{2\sqrt{2}}{15} \pi - \frac{\sqrt{6}}{10} \right) \text{ s} \quad (1 \text{分})$$

物块 B 与物块 A 之间的最远距离

$$\Delta x = x_1' + x_0 + A$$

$$\text{解得 } \Delta x = 0.45 \text{ m} \quad (1 \text{分})$$

关键点拨

(1) 初始状态分析

系统静止时, 对物块 A、B、C 受力分析, 确定弹簧初始压缩量。

(2) 运动过程分析

阶段 1: 对物块 A 施加恒力, 物块 A、B 一起沿斜面向下运动至最低点(速度为零), 弹簧压缩量增大。

阶段 2: 撤去恒力, 物块 A、B 一起向上运动, 至弹簧原长($x=0$)时物块 A、B 分离(此时二者间相互作用力为零)。

阶段 3: 分离后物块 A 做匀减速运动至最高点被锁定; 物块 B 做简谐运动。

(3) 关键条件运用

“物块 C 恰好不离开挡板 P”意味着弹簧最大伸长量对应物块 C 受挡板支持力为零。

思路分析

(1) 由洛伦兹力公式和左手定则可求解 $t=0$ 时刻粒子受到洛伦兹力的大小和方向;

(2) 粒子在复合场中运动, 所受洛伦兹力与电场力不平衡, 则粒子做曲线运动, 应用配速法, 将粒子的初速度分解, 使粒子在某一方向的分速度产生的洛伦兹力与电场力平衡, 则粒子在这一分速度方向做匀速直线运动, 在另一分速度方向做匀速圆周运动, 根据洛伦兹力提供向心力求解粒子做匀速圆周运动的轨迹半径及周期, $t = \frac{\pi m}{qB}$ 时刻粒子刚好经过纵坐标为 $y=l$ 的某一点, 再由几何关系求解匀强电场的电场强度的大小;

(3) 在 $\frac{\pi m}{qB} \sim \frac{(\pi+2)m}{qB}$ 时间内粒子做匀加速直线运动, 由动力学公式求解粒子运动末速度及运动位移, 由几何关系可知此时粒子第一次经过 y 轴, 在 $\frac{(\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+2)m}{qB}$ 时间内粒子在复合场中运动, 所受洛伦兹力与电场力不平衡, 则粒子做曲线运动, 同理应用配速法求解粒子做圆周运动的速度, 根据洛伦兹力提供向心力求解粒子做匀速圆周运动的轨迹半径及周期, 在 $\frac{(2\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+4)m}{qB}$ 时间内粒子做类斜抛运动, 根据运动的合成与分解和运动学公式可解得, 此时粒子恰好第二次经过 y 轴, 分段求解粒子在全过程中沿 x 轴正方向运动的距离, 即可求解粒子从 O 点射出后第二次经过 x 轴的位置与 O 点的距离。

$$(1) t=0 \text{ 时刻, 粒子受到的洛伦兹力 } F_{\text{洛}} = qv_0 B \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } F_{\text{洛}} = \frac{q^2 B^2 l}{m} \quad (1 \text{分})$$

由左手定则判断粒子所受洛伦兹力的方向沿 y 轴正方向 (1分)

$$(2) \text{ 设可将粒子的初速度 } v_0 \text{ 沿 } x \text{ 轴正方向分解为 } v_1 \text{ 和 } v_2, \text{ 且 } v_0 = v_1 + v_2, \text{ 使得 } qE = qv_1 B \quad (1 \text{分})$$

$$\text{此时粒子在复合场中的运动可视为方向沿 } x \text{ 轴、速度大小为 } v_1 \text{ 的匀速直线运动和速度大小为 } v_2 \text{ 的匀速圆周运动, 则有 } qv_2 B = \frac{mv_2^2}{r}, T = \frac{2\pi r}{v_2} \quad (1 \text{分})$$

$$t = \frac{\pi m}{qB} \text{ 时刻, 即半个周期后粒子刚好经过纵坐标为 } y=l \text{ 的某一点, 则 } l = 2r \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得 } v_1 = v_2 = \frac{qBl}{2m} > 0, \text{ 假设成立, } E = \frac{qB^2 l}{2m} \quad (1 \text{分})$$

(3) 由(2)问可知 $v_1 = v_2$, 粒子运动到最高点时速度为零, 此

$$\text{时 } t = \frac{\pi m}{qB}$$

在 $\frac{\pi m}{qB} \sim \frac{(\pi+2)m}{qB}$ 时间内, 粒子向 y 轴负方向做匀加速直线运动, 设加速度大小为 a , 位移为 y , 粒子在 $t = \frac{(\pi+2)m}{qB}$ 时刻的速度为 v_3 , 则有

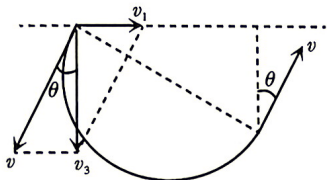
$$v_3 = a \times \frac{2m}{qB}, y = \frac{1}{2} a \left(\frac{2m}{qB} \right)^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又 } qE = ma$$

$$\text{解得 } v_3 = \frac{qBl}{m}, y = l$$

即此时粒子第一次经过 x 轴, 速度大小为 $v_3 = \frac{qBl}{m}$, 方向沿 y 轴负方向 (1 分)

在 $\frac{(\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+2)m}{qB}$ 时间内, 粒子在磁场和电场组成的复合场中运动, 利用配速法将粒子的速度 v_3 分解为沿 x 轴方向的速度 v_1 和方向与速度 v_3 成 θ 角的速度 v , 则粒子以速度 v_1 做匀速直线运动, 以速度 v 做匀速圆周运动, 匀速圆周运动的轨迹如图所示:



$$\text{有 } v_1^2 + v^2 = v_3^2, \tan \theta = \frac{v_1}{v}$$

$$\text{解得 } v = \frac{\sqrt{5}qBl}{2m}, \tan \theta = \frac{1}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{粒子做匀速圆周运动有 } qvB = \frac{mv^2}{R}, T = \frac{2\pi R}{v} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } R = \frac{\sqrt{5}l}{2}, T = \frac{2\pi m}{qB}$$

粒子运动了 $\frac{\pi m}{qB}$ 时间, 即半个周期后, 在 $\frac{(2\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+4)m}{qB}$ 时间内, 沿 y 轴做匀减速直线运动, 沿 x 轴做匀速直线运动, 运动的时间为 $t_2 = \frac{2m}{qB}$, 设粒子沿 y 轴的位移为 y_2 , 则有 $y_2 = v \cos \theta \cdot t_2 - \frac{1}{2} a t_2^2$

因 $y_2 = 2R \sin \theta = l$, 故此时粒子恰好第二次经过 x 轴

粒子在 $0 \sim \frac{\pi m}{qB}$ 时间内沿 x 轴正方向运动的距离

$$x_1 = v_1 \cdot \frac{\pi m}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

粒子在 $\frac{(\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+2)m}{qB}$ 时间内沿 x 轴正方向运动的距离 $x_2 = 2R \cos \theta + v_1 \cdot \frac{\pi m}{qB}$ (1 分)

粒子在 $\frac{(2\pi+2)m}{qB} \sim \frac{(2\pi+4)m}{qB}$ 时间内沿 x 轴正方向运动的距离 $x_3 = 2v_1 \cdot \frac{2m}{qB}$ (1 分)

粒子第二次经过 x 轴的位置与 O 点的距离 $x = x_1 + x_2 + x_3$

$$\text{解得 } x = (\pi+4)l \quad (1 \text{ 分})$$

关键点拨

带电粒子在正交的匀强磁场和匀强电场(复合场)中运动, 若所受洛伦兹力与电场力不平衡, 则粒子做曲线运动, 粒子所受洛伦兹力的大小和方向会不断地发生变化, 粒子做的是较复杂的变加速曲线运动, 这类问题的定量计算一般需要用到“配速法”。