参考答案与详解

2022 年湖北等级考 · 物理

本站自编 | 共 16 题

本题答案与解析由逐光知理物理教研组依据原卷独立编撰，选择题给出答案键，非选择题给出关键公式与演算过程，供校核使用。公式与物理量按 *Times New Roman* 斜体排版。

1 A	**2** C	**3** B	**4** D	**5** C	**6** B
7 D	**8** BC	**9** AC	**10** AD	**11** BC	

1．答案：A

由质量数和电荷数守恒，X 的质量数为 7、电荷数为 3，故 X 为 $^{7}_{3}\mathrm{Li}$，A 正确。反应前 Be 的质子数为 4，反应后 Li 的质子数为 3，总质子数改变，B 错误；反应前后总质量数均为 7，C 错误；中微子不带电，D 错误。

2．答案：C

【考点】平抛运动可分解为水平匀速直线运动和竖直自由落体运动；圆周运动的向心力由沿半径方向的合力提供，$F_n = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$。

【审题】2022 年 5 月，我国成功完成了天舟四号货运飞船与空间站的对接，形成的组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动，周期约 90 分钟。下列说法正确的是。解题时把曲线运动分解到切向和法向，法向列向心力方程，切向列速度变化方程。

【解析】A项：错误：组合体绕地球做匀速圆周运动，万有引力全部提供向心力，货物处于完全失重状态，不是超重，A 错误。

B项：错误：第一宇宙速度对应贴近地面运行的轨道（轨道半径最小，速度最大）。组合体轨道半径大于地球半径，由 $v = \sqrt{GM/r}$ 可知其速度略小于第一宇宙速度，B 错误。

C项：正确：由 $\omega = \frac{2\pi}{T}$，组合体周期约 90 分钟，远小于同步卫星的 24 h 周期，故其角速度比同步卫星大，C 正确。

D项：错误：由 $a = \frac{GM}{r^2}$，组合体轨道半径远小于同步卫星轨道半径（约 42000 km），故其向心加速度比同步卫星大，D 错误。

【选项研判】正确选项为 C；其余选项与上述物理判断不符，逐一排除。

【答案】C

【模型提炼】平抛用分解，圆周用向心力，关键是把“谁提供向心力”说清楚。

【易错提醒】不要把向心力当成一个新的力；也不要把平抛的飞行时间由水平速度决定。

3．答案：B

AB．根据理想气体的状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 可知 a $\rightarrow$ b 气体温度升高，内能增加，且体积增大气体对外界做功，则 $W<0$，由热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 可知 a $\rightarrow$ b 过程中气体吸热，A 错误、B 正确；

C．根据理想气体的状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 可知，$p-V$ 图像的坐标值的乘积反映温度，a 状态和 c 状态的坐标值的乘积相等，而中间状态的坐标值乘积更大，a $\rightarrow$ c 过程的温度先升高后降低，且状态 b 的温度最高，C 错误；

D．a $\rightarrow$ c 过程气体体积增大，外界对气体做负功，D 错误。

故选 B。

4．答案：D

考点：带电油滴在匀强电场中的平衡（密立根油滴实验）。

A项：q、r，不可能：板间距 d 不变。原来静止：$q\frac{U}{d}=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r^3 g$。电势差改为 $2U$ 后要静止需 $q'\frac{2U}{d}=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r'^3 g$，两式相比得 $\frac{q'}{r'^3}=\frac{q}{2r^3}$。代入 $q'=q$、$r'=r$ 得 $1\neq\frac{1}{2}$，不满足，A 排除。

B项：$2q$、r，不可能：$\frac{2q}{r^3}\neq\frac{q}{2r^3}$，需 $q'/r'^3=q/(2r^3)$，B 不满足，排除。

C项：$2q$、$2r$，不可能：$\frac{2q}{(2r)^3}=\frac{2q}{8r^3}=\frac{q}{4r^3}\neq\frac{q}{2r^3}$，C 不满足，排除。

D项：$4q$、$2r$，可能：$\frac{4q}{(2r)^3}=\frac{4q}{8r^3}=\frac{q}{2r^3}$，恰好满足平衡条件，此时电场力 $4q\cdot\frac{2U}{d}$ 与重力（按 r^3 增大 8 倍）平衡，D 正确。

答案：D

说明：平衡条件 $q\propto r^3/U$（d 不变），抓住重力按 r^3 变化即可。

5．答案：C

Q 恰好能保持静止时，弹簧处于伸长状态，伸长量 x 满足 $kx=2\mu mg$。剪断轻绳后，P 在弹簧弹力作用下向右运动；弹簧恢复原长时 P 速度最大，之后 P 继续向右运动并压缩弹簧，速度为零时到达最大位移。P 只受弹力，初始动能为零，最大位移处动能也为零，由弹性势能变化可知最大位移为 $2x=\frac{4\mu mg}{k}$，故选 C。

6．答案：B

考点：匀变速直线运动（加减速段 + 匀速段的行车时间比较）。

建模：全程分段：全程 1080 km，途经 4 个中间站，共分 5 段，每段 $s=\frac{1080}{5}=216\text{km}=2.16\times10^5\text{m}$；停车次数 4 次，两车相同，求时间差时抵消。加速度 $a=0.5\text{m/s}^2$，普快 $v_1=108\text{km/h}=30\text{m/s}$，高铁 $v_2=324\text{km/h}=90\text{m/s}$。

普通列车每段用时：加、减速时间各 $t_1=\frac{v_1}{a}=60\text{s}$，加、减速位移各 $\frac{v_1^2}{2a}=900\text{m}$；匀速位移 $2.16\times10^5-1800=214200\text{m}$，用时 $\frac{214200}{30}=7140\text{s}$。每段 $60+60+7140=7260\text{s}$，全程 $5\times7260=36300\text{s}$。

高铁列车每段用时：加、减速时间各 $t_2=\frac{90}{0.5}=180\text{s}$，加、减速位移各 $\frac{90^2}{2\times0.5}=8100\text{m}$；匀速位移 $216000-16200=199800\text{m}$，用时 $\frac{199800}{90}=2220\text{s}$。每段 $180+180+2220=2580\text{s}$，全程 $5\times2580=12900\text{s}$。

B项：正确：节省时间 $\Delta t=36300-12900=23400\text{s}=6.5\text{h}$，即 6 小时 30 分钟，B 正确（停车时间相同已抵消，A、C、D 数值均不符）。

答案：B

7．答案：D

根据动能定理可知

$W_1 = \frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}mv^2$

$W_2 = \frac{1}{2}m(5v)^2 - \frac{1}{2}m(2v)^2 = \frac{21}{2}mv^2$

可得 $W_2 = 7W_1$

由于速度是矢量，具有方向，当初、末速度方向相同时，动量变化量最小，方向相反时，动量变化量最大，因此冲量的大小范围是

$mv \le I_1 \le 3mv$

$3mv \le I_2 \le 7mv$

比较可得 $I_2 \ge I_1$ 一定成立。

故选 D。

8．答案：BC

若粒子通过下部分磁场直接到达 P 点，如图

根据几何关系则有 $R = L$，$qvB = m\frac{v^2}{R}$

可得 $v = \frac{qBL}{m} = kBL$

根据对称性可知出射速度与 SP 成 30° 角向上，故出射方向与入射方向的夹角为 $\theta = 60^\circ$。当粒子上下均经历一次时，如图

因为上下磁感应强度均为 B，则根据对称性有 $R = \frac{1}{2}L$

根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB = m\frac{v^2}{R}$

可得 $v = \frac{qBL}{2m} = \frac{1}{2}kBL$

此时出射方向与入射方向相同，即出射方向与入射方向的夹角为 $\theta = 0^\circ$。

通过以上分析可知当粒子从下部分磁场射出时，需满足

$v = \frac{qBL}{(2n-1)m} = \frac{1}{2n-1}kBL\ (n = 1, 2, 3\cdots)$

此时出射方向与入射方向的夹角为 $\theta = 60^\circ$；

当粒子从上部分磁场射出时，需满足

$v = \frac{qBL}{2nm} = \frac{1}{2n}kBL\ (n = 1, 2, 3\cdots)$

此时出射方向与入射方向的夹角为 $\theta = 0^\circ$。

故可知 BC 正确，AD 错误。

故选 BC。

9．答案：AC

A．由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$，且穿过接收线圈的磁通量约为发射线圈的 80%，得 $U_2 = 0.8 \times \frac{50}{1100} \times 220\,\mathrm{V} = 8\,\mathrm{V}$，A 正确。B．若没有漏磁，由 $I_1n_1 = I_2n_2$ 得接收线圈与发射线圈电流之比为 $22:1$；但本题磁通量有 20% 漏失，电流比不等于 $22:1$，B 错误。C．变压器不改变交变电流的频率，C 正确。D．穿过接收线圈的磁通量约为发射线圈的 80%，两者磁通量变化率不同，D 错误。

10．答案：AD

A、B．在电场中粒子做类平抛运动，沿 x 方向分速度始终为 v_0，从 O 到 P 的运动时间 $t_1=\frac{a}{v_0}$；在磁场中粒子做匀速圆周运动，沿 x 方向分速度逐渐减小，到达 P 点所经过的弧长大于 a，速率恒为 v_0，故 $t_2>\frac{a}{v_0}$，即 $t_1<t_2$，A 正确、B 错误。C、D．电场力对粒子做正功，粒子动能增大，$E_{k1}>E_{k2}$；洛伦兹力不做功，E_{k2} 等于初动能，故 $E_{k1}>E_{k2}$，C 错误、D 正确。

11．答案：BC

设磁场方向与水平方向夹角为 θ_1，$\theta_1<90^\circ$；当导体棒加速且加速度最大时，合力向右最大，根据左手定则和受力分析可知安培力应该斜向右上方，磁场方向斜向右下方，此时有

$F\sin\theta_1-\mu(mg-F\cos\theta_1)=ma_1$

令

$\cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$，$\sin\alpha=\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$

根据数学知识可得 $F\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta_1+\alpha)=\mu mg+ma_1$

则有 $\sin(\theta_1+\alpha)=\frac{\mu mg+ma_1}{F\sqrt{1+\mu^2}}\le 1$

同理磁场方向与水平方向夹角为 θ_2，$\theta_2<90^\circ$，当导体棒减速，且加速度最大时，合力向左最大，根据左手定则和受力分析可知安培力应该斜向左下方，磁场方向斜向左上方，此时有 $F\sin\theta_2+\mu(mg+F\cos\theta_2)=ma_2$

有 $F\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta_2+\alpha)=ma_2-\mu mg$

所以有 $\sin(\theta_2+\alpha)=\frac{ma_2-\mu mg}{F\sqrt{1+\mu^2}}\le 1$

当加速或减速加速度分别最大时，不等式均取等于，联立可得 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$

代入 $\cos\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$

可得 $\alpha=30^\circ$，此时 $\theta_1=\theta_2=60^\circ$

加速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向右下方，有 $\theta=\theta_1=60^\circ$

减速阶段加速度大小最大时，磁场方向斜向左上方，有 $\theta=\pi-\theta_2=120^\circ$

故 BC 正确，AD 错误。

故选 BC。

12．答案：（1）-2

（2）-2.1，0.59

（3）C

（1）设初始位置时，细线与竖直方向夹角为 θ，则细线拉力最小值为 $T_{\min}=mg\cos\theta$

到最低点时细线拉力最大，则 $mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$，$T_{\max}-mg=m\frac{v^2}{l}$

联立可得 $T_{\max}=3mg-2T_{\min}$，即若小钢球摆动过程中机械能守恒，则图乙中直线斜率的理论值为 -2；

（2）由图乙得直线的斜率为 $k=-\frac{1.77-1.35}{0.2}=-2.1$

$3mg=1.77$，则小钢球的重力为 $mg=0.59$N

（3）该实验系统误差的主要来源是小钢球摆动过程中有空气阻力，使得机械能减小，故选 C。

13．答案：（1）3.700
（2）6.0，$\frac{\pi D^2 R_x}{4L}$
（3）12，3.0
（4）偏小

（1）用螺旋测微器测量该圆柱形电阻的直径 D，其读数为
$3.5\text{mm} + 0.01\text{mm} \times 20.0 = 3.700\text{mm}$
（2）由电路可知，当将 S_2 置于位置 1，闭合 S_1 时
$E = I(R_A + R_0 + r + R)$
即
$\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{R_A + R_0 + r}{E}$
由图像可知
$\frac{1}{E} = \frac{4.9 - 2.0}{35}$
解得 $E = 12\text{V}$
$\frac{R_A + R_0 + r}{E} = 2$
解得 $r = 3.0\Omega$
再将 S_2 置于位置 2，此时电流表读数为 0.400A，则
$E = I'(r + R_0 + R_A + R_x)$
解得 $R_x = 6.0\Omega$
$R_x = \rho\frac{L}{S} = \rho\frac{L}{\frac{1}{4}\pi D^2}$
根据
解得 $\rho = \frac{\pi D^2 R_x}{4L}$
（3）由（2）可知 $E = 12\text{V}$，$r = 3.0\Omega$
（4）根据表达式 $E = I'(r + R_0 + R_A + R_x)$
因电源电动势变小，内阻变大，则当安培表有相同读数时，得到的 R_x 的值偏小，即 R_x 测量值偏小。

14．答案：（1）$\tan\theta = \frac{4}{3}$
（2）$H = \frac{4d}{27}$

（1）由平抛运动的规律可知
$d = v_0 t$，$\frac{2}{3}d = \frac{1}{2}gt^2$，$\tan\theta = \frac{gt}{v_0}$
解得 $\tan\theta = \frac{4}{3}$
（2）因 $\tan\theta = \frac{4}{3}$ 可知 $\theta = 53^\circ$，从 A 点射到水面的光线的入射角为 α，折射角为 $90^\circ - \theta = 37^\circ$，则由折射定律可知
$n = \frac{\sin\alpha}{\sin 37^\circ}$
解得 $\alpha = 53^\circ$
由几何关系可知
$H\tan 37^\circ + \frac{2}{3}d\tan 53^\circ = d$
解得 $H = \frac{4d}{27}$。

15．答案：（1）$a_x = 20\,\mathrm{m/s^2}$，$a_y = 10\,\mathrm{m/s^2}$。
（2）$B = 0.2\,\mathrm{T}$，$Q = 0.4\,\mathrm{J}$。
（3）磁场区域的水平宽度 $d = 1.1\,\mathrm{m}$。

（1）ab 边进入磁场前线框不受安培力。水平方向：$F\cos 45^\circ = ma_x$，得 $a_x = \frac{4\sqrt{2}\times\frac{\sqrt{2}}{2}}{0.2} = 20\,\mathrm{m/s^2}$；竖直方向：$F\sin 45^\circ - mg = ma_y$，得 $a_y = \frac{4-2}{0.2} = 10\,\mathrm{m/s^2}$。

（2）ab 边到达磁场下边界时，竖直位移为 $L = \frac{1}{2}a_y t_1^2$，得 $t_1 = \sqrt{\frac{2L}{a_y}} = 0.2\,\mathrm{s}$，此时 $v_y = a_y t_1 = 2\,\mathrm{m/s}$，$v_x = a_x t_1 = 4\,\mathrm{m/s}$。此后竖直方向匀速运动，竖直方向合力为零：$F\sin 45^\circ + F_\mathrm{x} - mg = 0$，得 $F_\mathrm{x} = 2\,\mathrm{N}$，方向向下。线框进入磁场时，只有上边 ab 全部在磁场中，左右两边在场内的长度相等，所受安培力水平且互相抵消。由 $E = BLv_y$、$I = \frac{BLv_y}{R}$、$F_\mathrm{x} = BIL = \frac{B^2L^2v_y}{R}$ 得 $B = \sqrt{\frac{F_\mathrm{x}R}{L^2v_y}} = 0.2\,\mathrm{T}$。进入过程所用时间 $t = \frac{L}{v_y} = 0.1\,\mathrm{s}$，电流 $I = \frac{BLv_y}{R} = 50\,\mathrm{A}$，故 $Q = I^2Rt = 2500\times 1.6\times 10^{-3}\times 0.1\,\mathrm{J} = 0.4\,\mathrm{J}$。

（3）全过程水平方向始终匀加速（安培力的水平分量始终相互抵消）。到 dc 边进入磁场时 $t = t_1 + t = 0.3\,\mathrm{s}$，水平位移 $x = \frac{1}{2}a_x t^2 = 0.9\,\mathrm{m}$；此时 bc 边恰好到达磁场右边界，故磁场区域的水平宽度 $d = x + L = 1.1\,\mathrm{m}$。

16．答案：（1）$\sqrt{3}m$
（2）$6.5mg$
（3）$(4-2\sqrt{3})mgL$

（1）系统在如图虚线位置保持静止，以 C 为研究对象，根据平衡条件可知 $m_C g = 2mg\cos 30^\circ$
解得 $m_C = \sqrt{3}m$

（2）CD 碰后 C 的速度为零，设碰撞后 D 的速度为 v，根据动量守恒定律可知
$\sqrt{3}m\sqrt{\frac{3gL}{5}} = 2mv$
解得 $v = \frac{3}{2}\sqrt{\frac{gL}{5}}$
CD 碰撞后 D 向下运动 $\frac{L}{10}$ 距离后停止，根据动能定理可知
$0 - \frac{1}{2}\times 2mv^2 = 2mg\frac{L}{10} - F\frac{L}{10}$
解得 $F = 6.5mg$

（3）设某时刻 C 向下运动的速度为 v'，AB 向上运动的速度为 v，图中虚线与竖直方向的夹角为 α，根据机械能守恒定律可知
$\frac{1}{2}m_C v'^2 + 2\times\frac{1}{2}m(v'\cos\alpha)^2 = m_C g\frac{L}{\tan\alpha} - 2mg(\frac{L}{\sin\alpha} - L)$
令 $y = m_C g\frac{L}{\tan\alpha} - 2mg(\frac{L}{\sin\alpha} - L)$
对上式求导数可得
$\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}\alpha} = \sqrt{3}mgL\frac{-1}{\sin^2\alpha} + 2mgL\frac{\cos\alpha}{\sin^2\alpha}$
当 $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}\alpha} = 0$ 时解得 $\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{2}$，即 $\alpha = 30^\circ$
此时 $y = m_C g\frac{L}{\tan\alpha} - 2mg(\frac{L}{\sin\alpha} - L) = mgL$
于是有 $\frac{1}{2}m_C v'^2 + 2\times\frac{1}{2}m(v'\cos\alpha)^2 = mgL$
解得 $v'^2 = \frac{gL}{\frac{3}{4}+\frac{\sqrt{3}}{2}}$
此时 C 的最大动能为 $E_{km} = \frac{1}{2}m_C v'^2 = (4-2\sqrt{3})mgL$。