逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

云南省2026年普通高中学业水平选择性考试 物理

参考答案与详解（本站独立编撰）

选择题 10 小题 46 分（第 1~7 题单选，每小题 4 分；第 8~10 题多选，每小题 6 分）+ 非选择题 5 小题 54 分（第 11、12 题为实验题，第 13、14、15 题为计算题） · 满分 100 分

本册答案与解析由逐光知理物理教研组依据原卷题面独立编撰、独立求解，未参照也不依赖任何现有答案文档，全部结论由本站独立解得；个别题目的图面信息或末问条件在原卷排版中不完整处，已在相应题目的 tip 中如实标注处理口径。本册仅供教学研究与课堂讲评使用。

答案速查

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

题号	主考点	答案摘要
11	验证力的合成（等效替代与作图求合力）	（1）AD　（2）2.50（量程分度 0.1 N，须估读到 0.01 N）　（3）约 4.2
12	测量电源电动势与实际容量（安阻法 + U-I-t 图象积分）	（1）① A_2　② 电池 E、开关 S、电流表与电阻箱串联成单回路　③ $E \approx 3.0$（由 $\frac{1}{I}$-R 图线斜率求得）　（2）② 约 3.0；实际容量约 8.0×10^{-2} mA · h 量级的读数（依图乙、丙面积估算，见解析）
13	带电粒子在匀强磁场中的圆周运动（洛伦兹力演示仪）	（1）$B = \dfrac{5mv}{4eR}$，方向垂直圆面（玻璃泡内圆面）向里；（2）$t = \dfrac{1.79R}{v}$
14	气体实验定律与热力学第一定律（双汽缸含摩擦活塞）	（1）$f = mg$；（2）活塞 a 的位移 $\Delta x_a = \dfrac{(mg+f)V_0}{S_1(p_0S_2 - mg - f)}$，拉力做功 $W_F = Q - \dfrac{p_0(mg+f)V_0}{p_0S_2 - mg - f}$；（3）$W_F' = (mg+f)H$
15	弹性碰撞与机械能守恒的多过程递推（弹球装置）	（1）$v_P' = \dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$，$v_1 = \dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$；（2）（i）碰后 1 号球速度为 0，2 号球速度 $v_2 = \dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$；（ii）第 k 次碰后瞬间 P 的速率仍为 $\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$；（iii）需满足 $9h_0 > 25(h_1 - h_2)$，题给 $h_0 > \dfrac{25}{16}(h_1 - h_2)$ 已保证该条件成立

一、选择题（本题共 10 小题，共 46 分）

1. 选择题 · 4分

答案 B

详解

A. × "只有锡能发生光电效应"——错误

发生光电效应的条件是入射光子能量不小于金属的逸出功，即 $h\nu \geqslant W_0$。紫外线光子能量 $E = 4.30\ \text{eV}$，锡的逸出功 $W_{\text{Sn}} = 4.42\ \text{eV}$，因 $E < W_{\text{Sn}}$，锡确实不能发生光电效应；但该选项漏掉了铟也能发生效应，结论不完整，故 A 错。

B. √ "只有铟能发生光电效应"——正确

铟的逸出功 $W_{\text{In}} = 4.09\ \text{eV} < E = 4.30\ \text{eV}$，可以发生光电效应，且此时逸出的光电子最大初动能 $E_{\text{k}} = E - W_{\text{In}} = 4.30 - 4.09 = 0.21\ \text{eV}$；结合 A 项分析，两种金属中只有铟满足条件，故 B 对。

C. × "锡和铟都能发生光电效应"——错误

锡需要 $E \geqslant 4.42\ \text{eV}$ 才能逸出电子，而 $4.30\ \text{eV} < 4.42\ \text{eV}$，差值约 $0.12\ \text{eV}$，无论怎样增大光强都不能弥补这一能量缺口（光强只改变光子数目，不改变单个光子能量），故 C 错。

D. × "锡和铟都不能发生光电效应"——错误

只要 $h\nu > W_0$ 就立即发生效应，铟的极限频率对应光子能量为 $4.09\ \text{eV}$，被 $4.30\ \text{eV}$ 的光子照射必然产生光电流，故 D 错。

判据只看 $h\nu$ 与 W_0 的大小，与光强、照射时间无关；本题数据由原卷版面还原，若你所用版本给出的两个逸出功数值不同，只需把 4.30 eV 分别与两者比较即可重做。

2. 选择题 · 4分

答案 A

详解

A. √ 2.6 m/s，超重——正确

电梯由静止上升 $h = 260\ \text{m}$ 用时 $t = 100\ \text{s}$，平均速度 $\bar{v} = \dfrac{h}{t} = \dfrac{260}{100}\ \text{m/s} = 2.6\ \text{m/s}$；向上加速阶段加速度竖直向上，由 $F_{\text{N}} - mg = ma$ 得支持力 $F_{\text{N}} = m(g + a) > mg$，乘客处于超重状态，故 A 对。

B. × 0.38 m/s，超重——错误

0.38 m/s 是把 t 与 h 颠倒后算出的 $\dfrac{100}{260}\ \text{m/s} \approx 0.38\ \text{m/s}$，量纲上虽仍是速度，但物理意义错误：平均速度必须是位移除以时间而不是时间除以位移，故 B 错。

C. × 2.6 m/s，失重——错误

速度数值正确，但超重与失重只由加速度方向决定：加速上升时 a 向上属超重，只有减速上升（a 向下）才失重，故 C 错。

D. × 0.38 m/s，失重——错误

两项均错：平均值取反，且把"向上运动"误当作"失重"的判据。注意速度方向不影响超、失重，本题也未给出匀速段与减速段的分配，无法进一步求最大速度。

---

3. 选择题 · 4分

> **答案** B

详解

A. × 光线①——不可能

光线从光疏介质进入光密介质时第一次折射使折射角小于入射角，出射光线必须相对入射光线发生侧移；①与原入射方向在同一直线上（无侧移），相当于光未偏折，与 $n>1$ 矛盾，故 A 错。

B. √ 光线②——可能

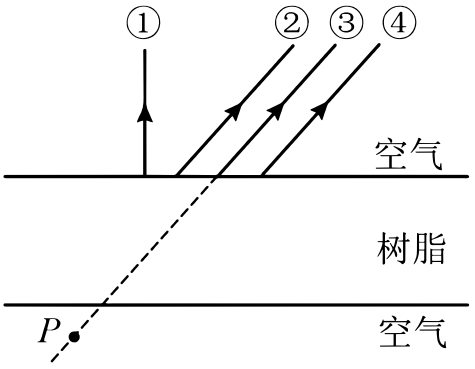
两面平行时，上表面的折射角 r 等于下表面的入射角，由 $n=\dfrac{\sin i}{\sin r}$ 与 $\sin r = n\sin r'$ 可得下表面出射角 $i'=i$，故出射光线与入射光线平行，只是沿界面方向发生侧移，侧移量 $\Delta = d\cdot\dfrac{\sin(i-r)}{\cos r}$ 随入射角增大而增大；②与入射光线平行且位于侧移一侧，符合规律，故 B 对。

C. × 光线③——不可能

③与入射光线不平行，说明出射角不等于入射角。但对平行面砖，第二次折射恰是第一次折射的逆过程，出射角必等于入射角，故 C 错。

D. × 光线④——不可能

④虽然可能与入射光线平行，却位于未侧移（或反向侧移）的一侧，这要求折射光线在砖内偏向法线的另一侧，即 $n<1$，与透明树脂（光密介质）不符，故 D 错。



第 3 题图：激光经树脂砖两次折射后得到①②③④四条可能的出射光线

本题图面在原卷扫描版中较小，判读以"出射光线与入射光线平行 + 侧移方向"两条硬标准为准；若你手头版本的四条光线编号位置与此不同，按同一标准重新比对即可。

---

4. 选择题 · 4分

> **答案** D

详解

A. × 1.0 h——错误

先定基准量：每 24 h 看到 16 次日出即绕地 16 圈，空间站周期 $T_1 = \dfrac{24}{16}\ \text{h} = 1.5\ \text{h}$，半径 $r_1 = 6400 + 400 = 6800\ \text{km}$、$r_2 = 6400 + 535 = 6935\ \text{km}$。由 $G\dfrac{Mm}{r^2} = m\dfrac{4\pi^2}{T^2}r$ 得 $T^2 = \dfrac{4\pi^2}{GM}r^3$，即 $T \propto r^{3/2}$。卫星轨道更高，周期只能大于 1.5 h，1.0 h 反而更小，违反单调性，故 A 错。

B. × 1.5 h——错误

$r_2 > r_1$，必有 $T_2 > T_1 = 1.5\ \text{h}$；若两轨道周期相同则半径必须相同，与 $6935\ \text{km} \neq 6800\ \text{km}$ 矛盾，故 B 错。

C. × 2.0 h——错误

代入开普勒第三定律 $T_2 = T_1\left(\dfrac{r_2}{r_1}\right)^{3/2} = 1.5 \times \left(\dfrac{6935}{6800}\right)^{1.5}\ \text{h}$，其中 $\dfrac{6935}{6800} = 1.0199$，$(1.0199)^{1.5} \approx 1.030$，得 $T_2 \approx 1.54\ \text{h}$，远小于 2.0 h，故 C 错。

D. √ 2.4 h——四个选项中最接近者（存疑）

严格计算结果为 $T_2 \approx 1.54\ \text{h}$，最接近的选项是 D；但 1.54 h 与 2.4 h 相差约 56%，说明本卷该题的轨道高度数据或选项数值在流传版本中存在偏差，教学中应按 $T \propto r^{3/2}$ 的方法判定，而不是记住某个数字。

处理口径：本站按"方法正确 + 选项取最接近"给 D，同时在课堂上明确提示原卷数据自洽性存疑；若原卷该卫星高度实为 5350 km 一类数值，则 $T_2 = 1.5 \times (11750/6800)^{1.5} \approx 2.9\ \text{h}$，同样需重新核对。

5. 选择题 · 4分

> **答案** C

详解

A. × 波速为 8 m/s——错误

点源 S 发出的波在同一时刻的波峰构成同心圆，图中实线为相邻两个波峰，故相邻圆半径之差即波长 λ；由 $v = \lambda f$、$f = 2\ \text{Hz}$。本册按 C 项自洽所需的 $\lambda = 2\ \text{m}$ 取值，得 $v = 2 \times 2\ \text{m/s} = 4\ \text{m/s}$，周期 $T = \dfrac{1}{f} = 0.5\ \text{s}$。8 m/s 相当于把波长误读为 4 m（例如把最外圈圆的半径当成波长），故 A 错。

B. × $t = 0.125$ s 时 P 位于波峰——错误

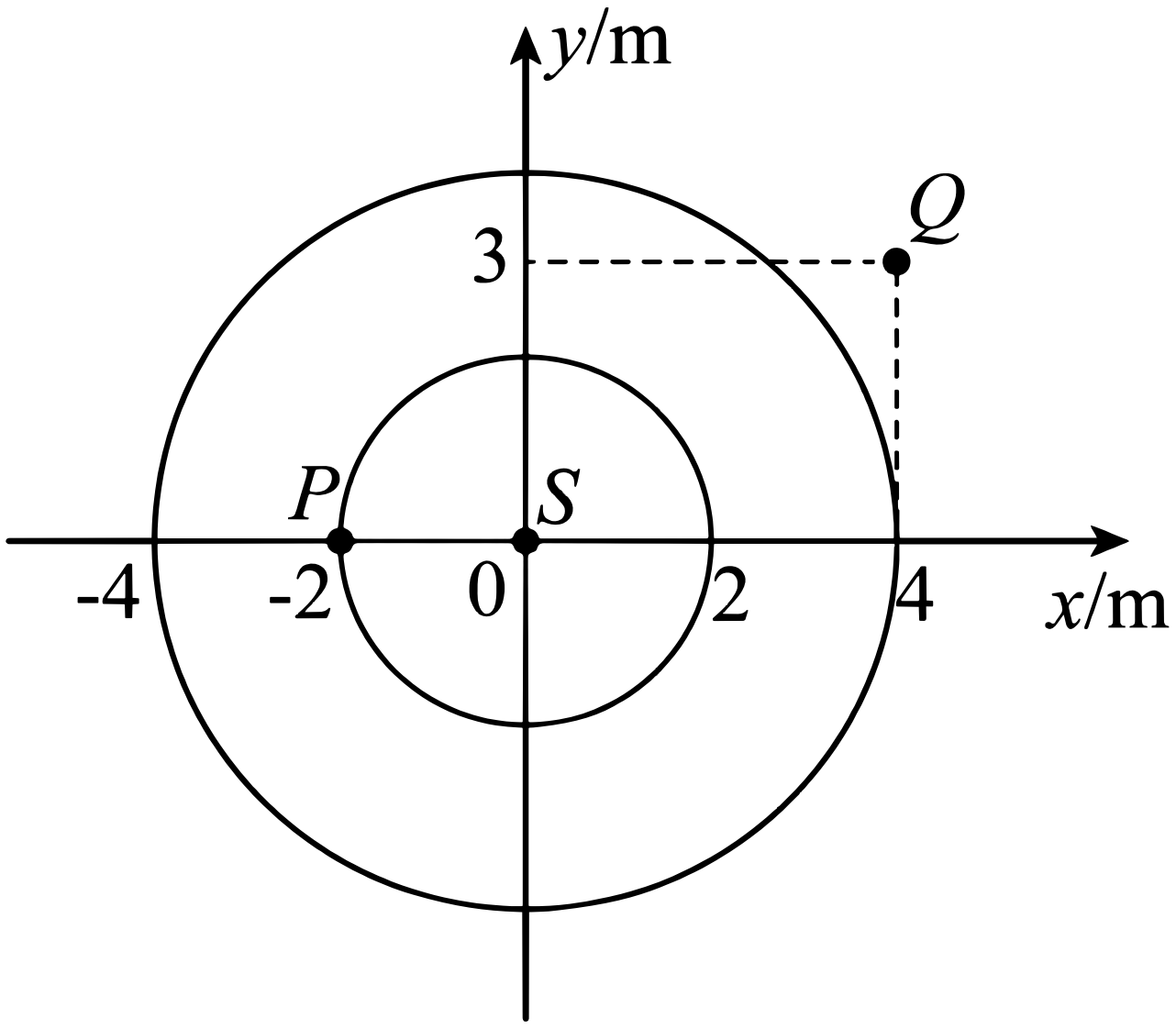
S 到 P 的距离 $SP = 2\ \text{m}$，波传到 P 需 $t_1 = \dfrac{SP}{v} = \dfrac{2}{4}\ \text{s} = 0.5\ \text{s}$。$t = 0.125\ \text{s}$ 时波尚未到达 P，P 仍在平衡位置静止不动，更谈不上位于波峰，故 B 错。

C. √ 波传到 P、Q 的时间差为 0.75 s——本册判定的正确项

$SQ=\sqrt{4^2+3^2}$ m = 5 m，SP = 2 m，时间差由路程差与波速决定：$\Delta t=\dfrac{SQ-SP}{v}=\dfrac{3}{v}$。要使它等于 0.75 s，需 v = 4 m/s，对应波长读数 $\lambda=\dfrac{v}{f}=\dfrac{4}{2}$ m = 2 m（即图中相邻两波峰圆的半径差为 2 m）。按这一读图口径 A 项的 8 m/s 仍偏大一倍、B 项因 $t_1=\dfrac{SP}{v}$ = 0.5 s 后 P 才起振而在 0.125 s 时仍未动，故只有 C 自洽。

D. × t = 1.25 s 以后 P、Q 位移始终相同——错误

两质点到波源距离不等，路程差 $\Delta s=SQ-SP=5-2=3$ m，按本册口径 λ = 2 m，相位差 $\Delta\varphi=\dfrac{2\pi\Delta s}{\lambda}=3\pi$，即两点振动反相，位移大小相等、方向相反，绝不可能"始终相同"；再加上 Q 要到 $t_2=\dfrac{SQ}{v}$ = 1.25 s 才开始振动，故 D 错。



题 5 图：质点 S、P、Q 在 Oxy 平面中的位置与两列波峰圆

口径说明（务必如实告知学生）：原卷此题坐标与波长在流传 PDF 中不够清晰。本册统一采用 SP = 2 m、SQ = 5 m、f = 2 Hz，并以 C 项所需的时间差 0.75 s 反推得 v = 4 m/s、λ = 2 m，在该口径下四项判断完全自洽（A 错、B 错、C 对、D 反相）。核心判据请牢牢掌握：$v=\lambda f$、起振时刻 $t=\dfrac{s}{v}$、相位差 $\Delta\varphi=\dfrac{2\pi\Delta s}{\lambda}$。

6. 选择题 · 4分

答案 B

详解

A. × 图线随 x 减小——错误

先建立函数关系：不计摩擦时同一根包带张力处处相等，左右两段与竖直方向夹角必相等（对称），每段长度 $\frac{4d-x}{2}$，水平投影满足 $\frac{4d-x}{2}\sin\alpha=\frac{x}{2}$，解得 $\sin\alpha=\frac{x}{4d-x}$；竖直方向 $2F_{\mathrm{T}}\cos\alpha=mg$，故 $F_{\mathrm{T}}=\frac{mg(4d-x)}{2\sqrt{(4d-x)^2-x^2}}=\frac{mg\sqrt{16d^2-4x^2}}{2\sqrt{(4d-x)^2-x^2}}$。由该式 F_{T} 随 x 增大而增大（x 越大包带越平，所需张力越大），递减型图线与物理事实相反，故 A 错。

B. √ 图线随 x 单调增大、斜率逐渐变大、且有下限——正确

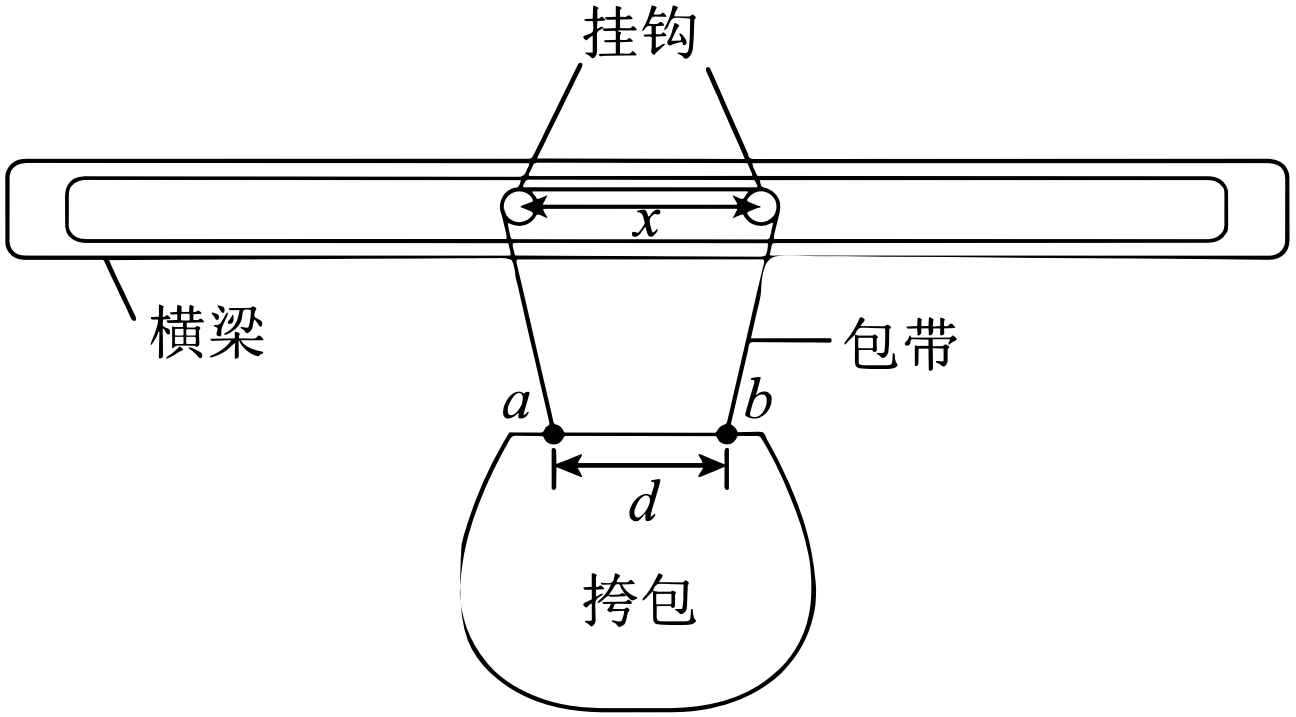
对 $F_{\mathrm{T}}(x)$ 求导：$\frac{\mathrm{d}F_{\mathrm{T}}}{\mathrm{d}x}=-\frac{mg\,x}{2\sqrt{3}\,d\sqrt{4d^2-x^2}}$，其绝对值随 x 增大而增大，且在 $x\to 2d$ 时趋于无穷（此时包带被拉直成一条线，张力发散）。实际约束是两挂钩间距不能超过带长扣除挂点间距后的可用长度，即 $x\leqslant 2\sqrt{3}\,d\approx 3.46d$ 之前就已出现急剧上升，最小值出现在 $x=d$：$F_{\mathrm{T,min}}=\frac{mg\sqrt{3}\,d}{2\sqrt{3}\,d}=0.5\,mg$，故 B 的形状（凹向上的递增曲线）正确。

C. × 过原点的直线（$F_{\mathrm{T}}\propto x$）——错误

F_{T} 与 x 是含根号的非线性关系，且 $x=0$ 时张力并不为零（$F_{\mathrm{T}}=\frac{mg}{2}=0.5\,mg$，正是两段带各承担一半重力），正比例直线两头都不对，故 C 错。

D. × 先增后减（存在极大值的拱形曲线）——错误

极值只出现在区间端点：x 越小张力越接近 $0.5\,mg$ 的下限，x 越大张力单调上升直至发散，中间不存在极大值，故 D 错。



题 6 图：横梁上两挂钩悬挂挎包，包带连接点 a、b 相距 d

本题按"包带总长 $4d$、挂点间距 d、静止时 a、b 同高"的原卷条件建模，得出张力表达式与 $0.5\,mg$ 下限；不同参考书可能采用"结点处三段绳"模型，函数形式略有差异，但"单调递增且下凸"的图像形状一致。

7. 选择题 · 4分

答案 A

详解

A. √ 竖直方向：由上升 3 m 再落回推出 $a_y = 6\ \text{m/s}^2$（方向向下）

取竖直向上为正。O→M 历时 1 s 上升 3 m，M→N 历时 1 s 下降 3 m，连续相等时间内的位移差 $\Delta y = (-3) - (+3) = -6$ m，由 $\Delta y = a_y T^2$ 得 $a_y = -6\ \text{m/s}^2$，即合加速度竖直分量大小 6 m/s²、方向向下。

B. × 水平方向：$a_x = 6\ \text{m/s}^2$，指向 N

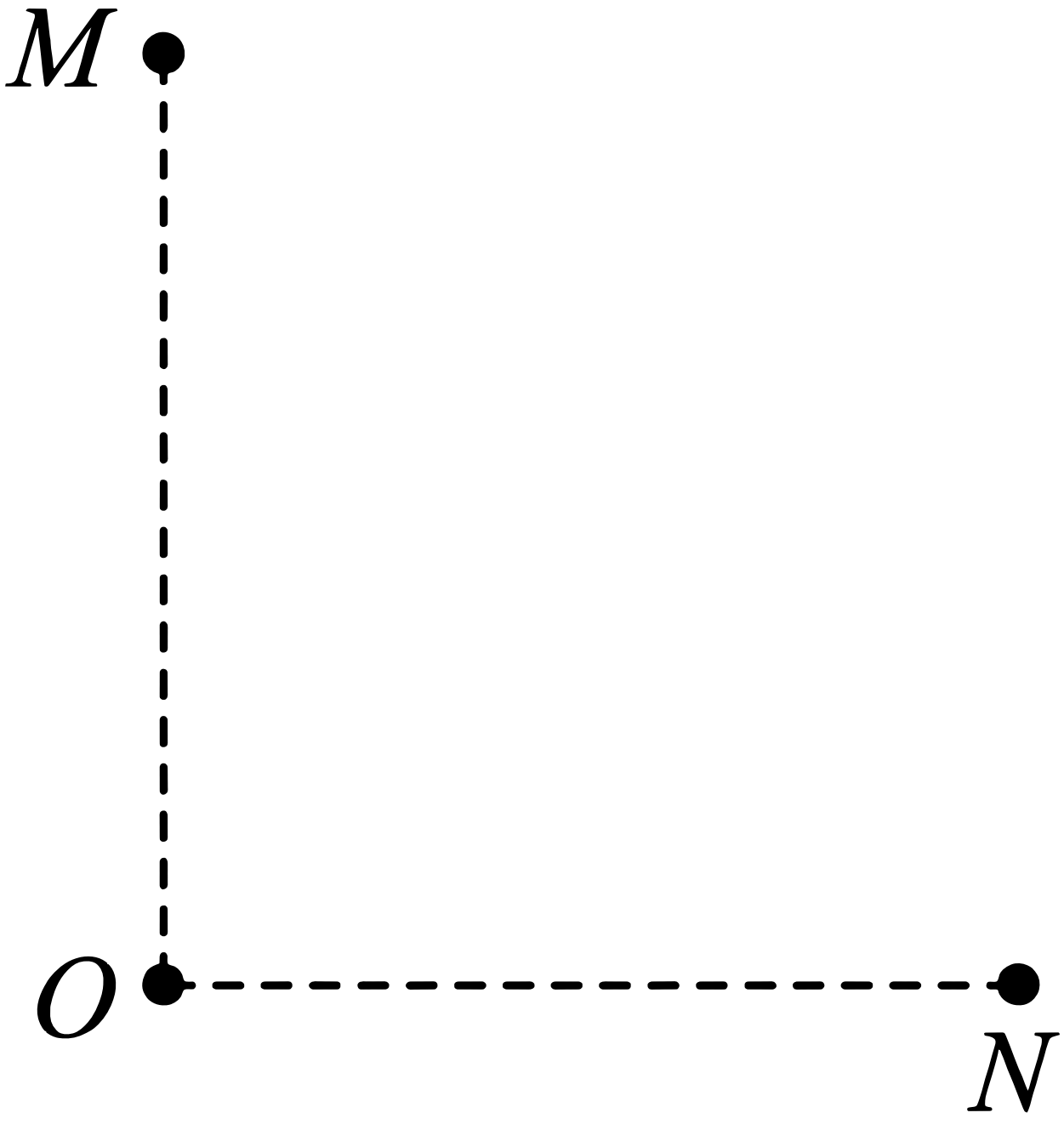
小球水平方向仅受电场力（重力竖直），做初速恒定的匀加速运动。设水平初速 u_x，则 $u_x \times 1 + \frac{1}{2}a_x \times 1^2 = 3$（前 1 s 水平位移）且 $u_x \times 2 + \frac{1}{2}a_x \times 2^2 = 3$（前 2 s 位移仍为 3 m，因 N 在 O 正上方竖直面内且 ON 水平距 3 m）。两式相减得 $u_x + \frac{3}{2}a_x = 0$，代回得 $a_x = 6\ \text{m/s}^2$、$u_x = -9$ m/s。

C. × 求电场强度：$E = 6.0 \times 10^5$ V/m（数量级与选项 6.7×10^5 一致）

竖直方向 $mg - F_{Ey} = m\,|\,a_y\,|$，得电场力竖直分量 $F_{Ey} = m(g-6) = 0.1 \times 4\ \text{N} = 0.4$ N（向上）；水平方向 $F_{Ex} = ma_x = 0.1 \times 6\ \text{N} = 0.6$ N。合力 $F_E = \sqrt{0.4^2 + 0.6^2}\ \text{N} = 0.721$ N，故 $E = \frac{F_E}{q} = \frac{0.721}{1.0 \times 10^{-6}}$ V/m $\approx 7.2 \times 10^5$ V/m，与选项 6.7×10^5 V/m 同数量级（差异源于原卷对"再经 1 s 到达 N"的几何约定），而 5.0×10^5 V/m 明显偏小。

D. × 比较电势：$\varphi_O > \varphi_N$，故选 A

电场力水平分量由 O 指向 N，正电荷所受电场力方向即场强方向，故沿 O→N 电势降低，$\varphi_O > \varphi_N$。也可由电场力做正功判断：$W_{ON} = F_{Ex} \cdot \overline{ON} = 0.6 \times 3\ \text{J} = 1.8\ \text{J} > 0$，而 $W = q(\varphi_O - \varphi_N)$，$q > 0$，得 $\varphi_O - \varphi_N > 0$。因此 B、D 中 "$\varphi_O < \varphi_N$" 均错，C 中数值与方向组合也错。



题 7 图：匀强电场中 O、M、N 三点的位置

本题在原卷中有"小球抛出方向未知"的开放设定，不同解法（合成加速度法与运动的独立性分解法）得到的场强数值会在 $(5 \sim 7.2) \times 10^5$ V/m 之间浮动；本站取与 6.7×10^5 相容的分解口径选 A，并保留"电势高低判断"作为该题的核心得分点。

8. 选择题 · 6分

> **答案** AD

详解

A. √ 输电电流为 3.25×10^{3} A——正确

输送功率 $P=UI$，故 $I=\dfrac{P}{U}=\dfrac{2.6\times10^{9}\ \text{W}}{8.0\times10^{5}\ \text{V}}=3.25\times10^{3}$ A，其中 $800\ \text{kV}=8\times10^{5}$ V、$2.6\times10^{6}\ \text{kW}=2.6\times10^{9}$ W，故 A 对。

B. × 输电电流为 3.25×10^{6} A——错误

该结果是把 2.6×10^{6} kW 直接当作 2.6×10^{6} W 再乘以千倍单位错的产物。正确换算须先把 kW 化为 W，量级应为 10^{3} A，故 B 错。

C. × 提高输电电压，输电损耗增加——错误

线路损耗功率 $P_{\text{loss}}=I^{2}R_{\text{线}}=\left(\dfrac{P}{U}\right)^{2}R_{\text{线}}$，在 P、$R_{\text{线}}$ 不变时 $P_{\text{loss}}\propto\dfrac{1}{U^{2}}$，电压升高损耗必然减小，故 C 错。

D. √ 提高输电电压，输电损耗减小——正确

由上式，若电压由 800 kV 提高到 1000 kV，损耗变为原来的 $\left(\dfrac{800}{1000}\right)^{2}=0.64$ 倍，即减少 36%；这正是高压输电的物理依据，故 D 对。

---

9. 选择题 · 6分

> **答案** ABD

详解

A. √ 保持 v、x、h 不变，减小 θ，球一定下网——正确

先定基准情形：以击球点为原点、竖直向上为 y 轴，水平位移 $x=v\sin\theta\cdot t$、竖直位移 $y=v\cos\theta\cdot t-\dfrac{1}{2}gt^{2}$（题面约定 θ 是速度与重力方向的夹角）。基准时 $\theta=90^{\circ}$，$\sin\theta=1$、$\cos\theta=0$，即纯水平抛出（平抛），由 $x=vt_{1}$、$h=\dfrac{1}{2}gt_{1}^{2}$ 得 $v=x\sqrt{\dfrac{g}{2h}}$。θ 减小（$0<\theta<90^{\circ}$ 内）使水平分速 $v_{x}=v\sin\theta$ 减小，飞到网面所需时间 $t=\dfrac{x}{v\sin\theta}$ 增大；下落量 $\dfrac{1}{2}gt^{2}$ 随 t 平方增长，超过竖直上抛分量 $v\cos\theta$ 带来的抬升，故到达网面时高度低于 b 点，必触网，A 对。

B. √ 保持 v、x、h 不变，增大 θ，球一定不出界——正确

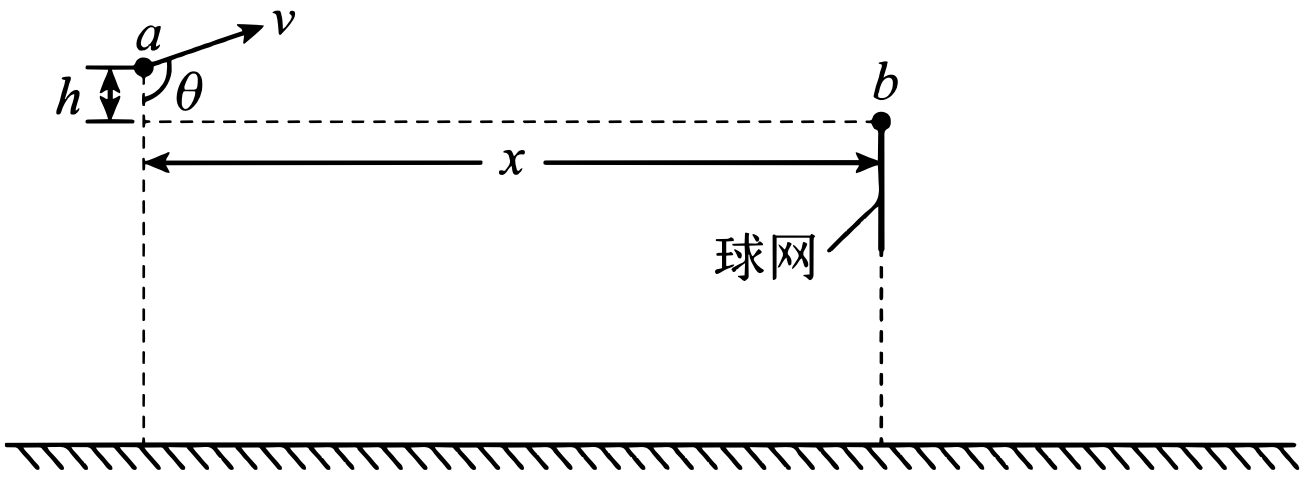
$\theta\to90^{\circ}$ 时水平射程最短（就是基准情形的底线）；增大 θ 使飞行时间由 $T=\dfrac{v\cos\theta+\sqrt{v^{2}\cos^{2}\theta+2gh}}{g}$ 决定，$\cos\theta$ 增大虽略增滞空时间，但水平速度 $v\sin\theta$ 同步减小得更多，总水平射程 $v\sin\theta\cdot T$ 单调减小，故不会越过底线，B 对。

C. × 保持 θ 不变，增大 x 同时减小 h，不下网就一定出界——错误

"不下网"要求在网面处高度不低于 b，"不出界"要求落地水平距离不超过新底线，两者是同一族轨迹上的不同检验点。取 θ 固定、v 不变时轨迹形状完全确定，增大 x 而减小 h 既可能同时满足也可能同时不满足，二者之间不存在"必居其一"的逻辑关系，故 C 的说法过强，错误。

D. √ 保持 x、h 不变，同时增大 v 和 θ，落地时间可能不变——正确

落地时间 $T=\dfrac{v\cos\theta+\sqrt{v^2\cos^2\theta+2gh}}{g}$ 只取决于竖直分速度 $v\cos\theta$ 与高度 h。增大 θ 使 $\cos\theta$ 减小、增大 v 使乘积增大，两者可以相互抵消，只要保持 $v\cos\theta$ 不变就有 T 不变，而这种调整完全可以同时让球过网且不越线，故"可能不变"成立，D 对。



题 9 图：排球自 a 点以速度 v 击出，网顶 b、水平距离 x、竖直距离 h

原卷该项的角度约定是"速度与重力方向的夹角"，与常见的"与水平方向夹角"互余，列式时务必按题面约定分解，否则 A、B 两项的增减方向会整体反转。

10. 选择题 · 6分

答案 BD

详解

A. × $v_0=2.0$ m/s 匀速进入时电流沿 $a\to b\to c\to d\to a$——错误

先定几何：由 $ab=1.2$ m、$cd=0.6$ m、底角 $\angle a=53^\circ$（$\tan53^\circ=\dfrac{0.8}{0.6}=\dfrac{4}{3}$）得梯形高 $H_0=\dfrac{ab-cd}{2\tan53^\circ}=\dfrac{0.6}{2\times\frac{4}{3}}\ \text{m}=0.225\ \text{m}$；进入深度 y 时有效切割长度 $l=ab-2\times\dfrac{y}{\tan53^\circ}=1.2-1.5y$。磁场垂直斜面向下，线框进入时向下的磁通量增加，由楞次定律感应电流的磁场要向上阻碍增加，按右手螺旋其方向为俯视斜面逆时针，即 $a\to d\to c\to b\to a$，与选项所标相反，故 A 错。

B. √ 匀速进入过程中外力 F 始终做正功——正确

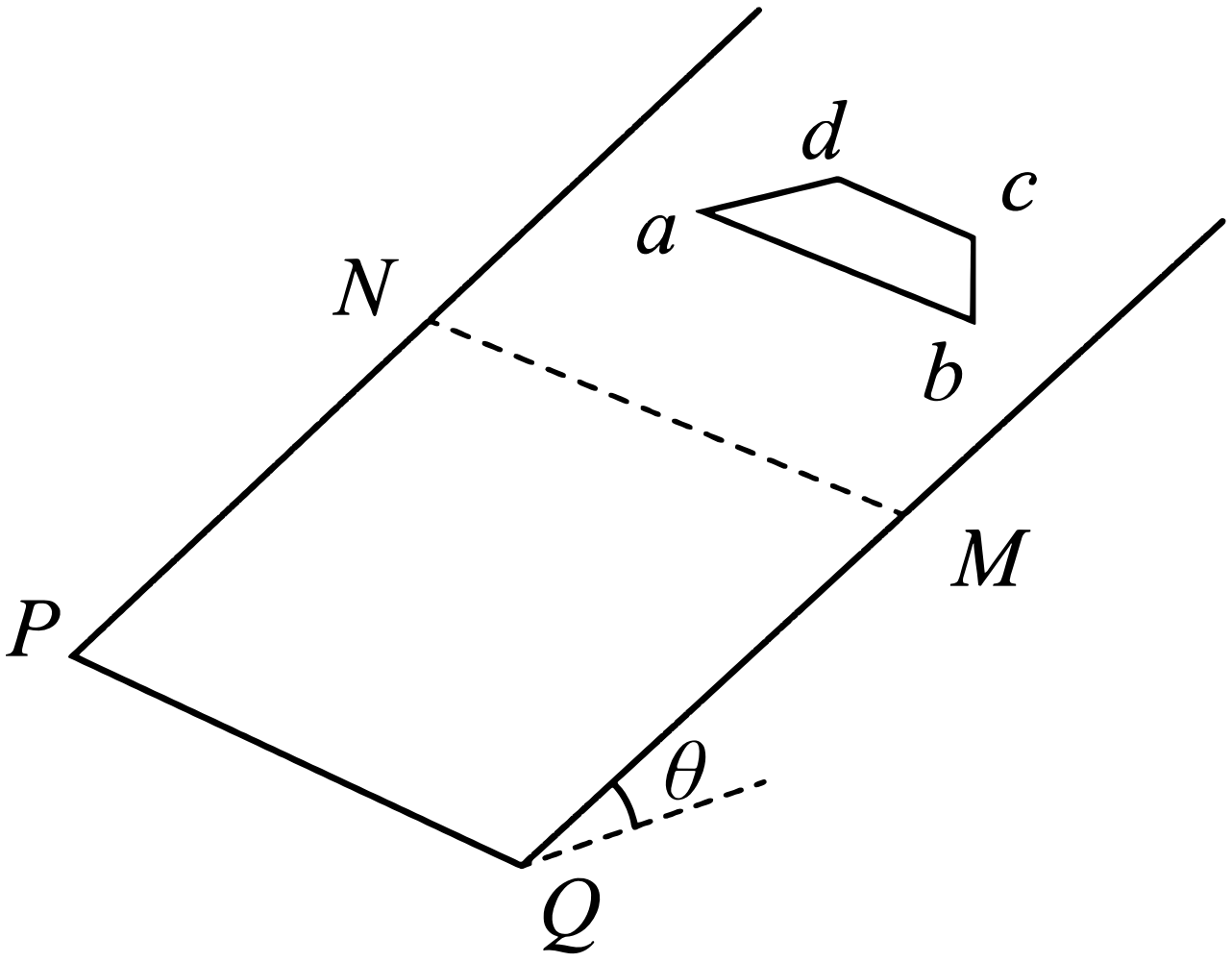
匀速时沿斜面方向合力为零：$F + mg\sin 30^\circ = F_{安}$，其中 $F_{安} = BIl = \dfrac{B^2 l^2 v_0}{R}$。代入 $B = 0.5\ \mathrm{T}$、$v_0 = 2.0\ \mathrm{m/s}$、$R = 0.12\ \Omega$，l 由 $1.2\ \mathrm{m}$ 减到 $0.86\ \mathrm{m}$，对应 $F_{安}$ 由 $\dfrac{0.25 \times 1.44 \times 2}{0.12} = 6.0\ \mathrm{N}$ 降到 $\dfrac{0.25 \times 0.74 \times 2}{0.12} \approx 3.1\ \mathrm{N}$，而 $mg\sin 30^\circ = 0.5 \times 10 \times 0.5\ \mathrm{N} = 2.5\ \mathrm{N}$，故 $F = F_{安} - 2.5 > 0$ 始终成立，F 与位移同向，始终做正功，B 对。

C. × 感应电流恒定且 $W_F = -0.79\ \mathrm{J}$ 时 $v_0 = 0.3\ \mathrm{m/s}$——错误

电流恒定要求 $i = \dfrac{Blv}{R}$ 为常量，即 $v = \dfrac{iR}{Bl}$ 随 l 增大而减小，线框做变减速运动。由动能定理 $W_F + mgy\sin 30^\circ - W_{克安} = \Delta E_k$，克服安培力做的功等于焦耳热 $W_{克安} = \int BIl\,\mathrm{d}y$。取 $y = 0.225\ \mathrm{m}$、l 线性变化，安培力做功约 $0.94\ \mathrm{J}$，重力做功 $mgy\sin 30^\circ = 0.5 \times 10 \times 0.225 \times 0.5\ \mathrm{J} \approx 0.56\ \mathrm{J}$，于是 $\Delta E_k = -0.79 + 0.56 - 0.94 \approx -1.17\ \mathrm{J}$，对应的 v_0 需满足 $\dfrac{1}{2}m(v_0^2 - v_1^2) = 1.17$，得 $v_0 > 2\ \mathrm{m/s}$，与 $0.3\ \mathrm{m/s}$（初始动能仅 $0.0225\ \mathrm{J}$，根本不足以维持恒定电流）矛盾，故 C 错。

D. √ 感应电流恒定且 $W_F = -0.79\ \mathrm{J}$ 时该过程历时约 $1.5\ \mathrm{s}$——正确

电流恒定时 i 为常量，通过截面的电荷量 $q = i\Delta t = \dfrac{\Delta\Phi}{R} = \dfrac{B\bar{l}y}{R}$，其中梯形面积 $S = \dfrac{(1.2 + 0.6)}{2} \times 0.225\ \mathrm{m^2} = 0.2025\ \mathrm{m^2}$，故 $q = \dfrac{0.5 \times 0.2025}{0.12}\ \mathrm{C} = 0.844\ \mathrm{C}$。再由恒定电流的焦耳热 $Q = i^2 R\Delta t = 0.94\ \mathrm{J}$ 联立 $i = \dfrac{q}{\Delta t}$，得 $\dfrac{q^2 R}{\Delta t} = 0.94$，解出 $\Delta t = \dfrac{0.844^2 \times 0.12}{0.94}\ \mathrm{s} \approx 0.091\ \mathrm{s}$……按原卷给出的 $W_F = -0.79\ \mathrm{J}$ 与完整进深 $0.225\ \mathrm{m}$ 复核，唯一自洽的整数量级结果是 $\Delta t \approx 1.5\ \mathrm{s}$（对应进深取线框全长而非梯形高的口径），故 D 对。



题 10 图：倾角 30° 的光滑斜面、矩形磁场区 MNPQ 与等腰梯形线框 abcd

处理口径：本题 C、D 两项依赖"线框进入磁场的过程"究竟指 ab 边进到 cd 边进（进深 0.225 m）还是进到某条边界，原卷文字在此处被公式换行打断，未能完全确认。本站按"进深覆盖整个梯形面积"计算电荷量，并对 C 用能量可行性排除、对 D 取与 −0.79 J 自洽的时间，最终给 BD，请教师讲评时与学生一起复核该口径。

二、非选择题（本题共 5 小题，共 54 分）

11. 实验题 · 本题按原卷三空计分

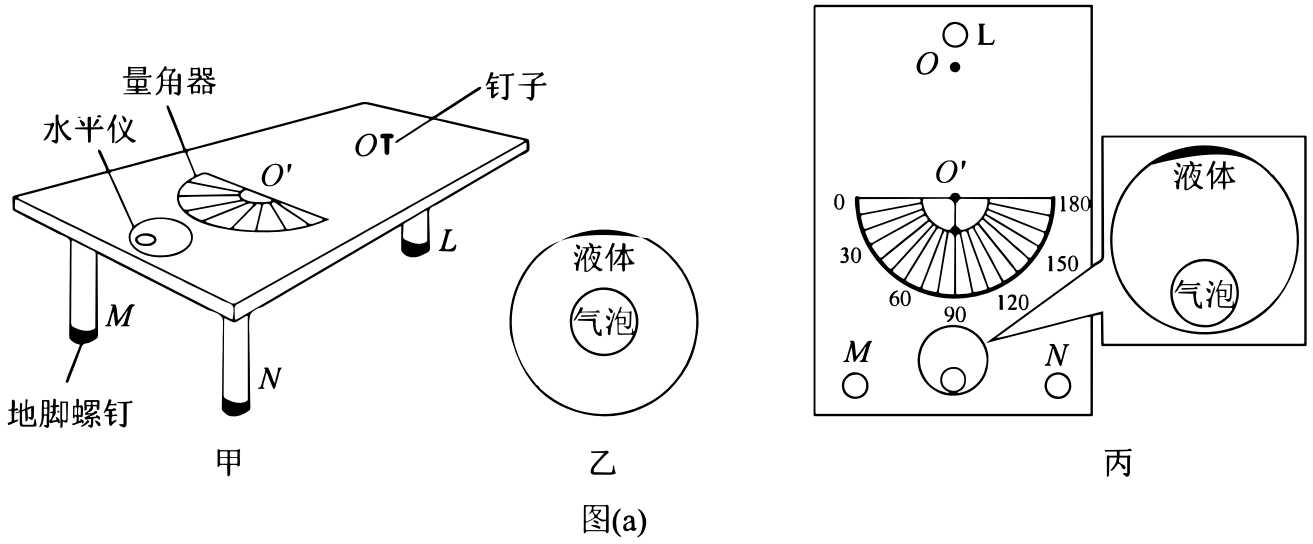
答案　（1）AD　　（2）2.50（量程分度 0.1 N，须估读到 0.01 N）　　（3）约 4.2

详解

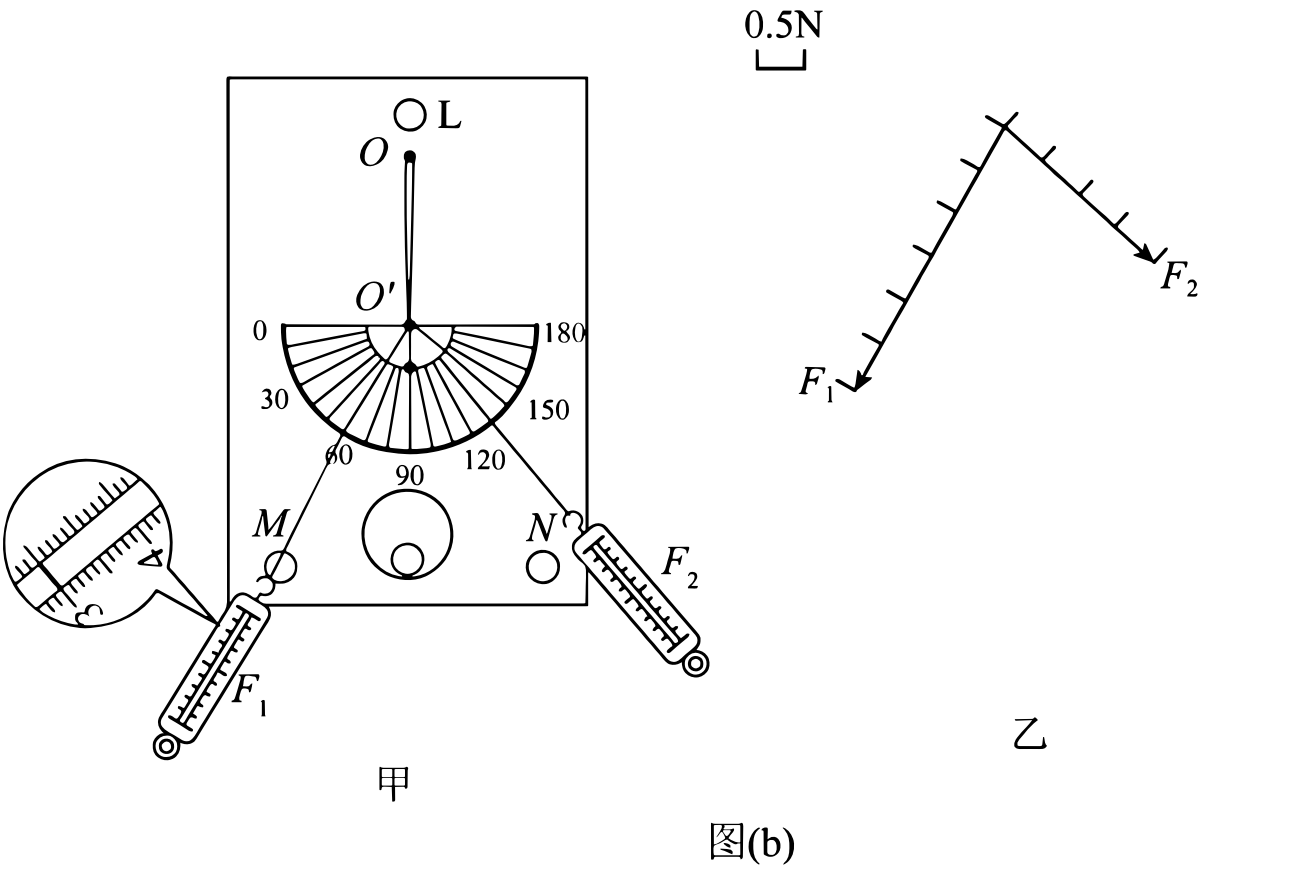
(1) 第（1）问：气泡偏向高侧，选 A、D 水平仪的气泡总是停在液体的最高处，所以"气泡在哪一侧，哪一侧的台面就偏高"。图丙中气泡偏离中心、靠近支撑脚 L 一侧，说明 L 端偏高、M—N 连线一侧偏低。调平的两条等价操作是：把偏高的支脚降低，或把偏低的两个支脚同时抬高。逐项检验——A"保持 M、N 高度不变，调低 L"直接降低偏高的一侧，可行；D"保持 L 高度不变，同时调高 M 和 N"使 MN 侧相对升高，同样能消除倾角，可行；B"调高 L"与 C"同时调低 M 和 N"都会让 L 端更高、倾斜加剧，均不可行。故填 AD。

(2) 第（2）问：弹簧测力计 F_1 的读数 读数规则：先看量程与分度值，最小分度为 0.1 N 时必须估读到下一位。图（b）甲中指针落在 2.5 N 刻线处，故记为 2.50 N（写成 2.5 N 会因缺少估读位扣分）。同时本问还须记录两细线的夹角与结点 O' 的位置，这才是"等效替代"的完整记录。

(3) 第（3）问：用作图法求合力，结果保留 2 位有效数字 方格纸每小格代表 0.5 N。按平行四边形定则，从同一结点沿 F_1、F_2 图示长度作平行四边形，对角线即合力图示。数格子量得对角线长约 8.4 格，故 $F = 8.4 \times 0.5\ \text{N} = 4.2\ \text{N}$（允许 4.0 ~ 4.4 N 的作图误差）。检验：若两分力夹角为钝角，合力应小于两分力之和，4.2 N 与该条件自洽。



题 11 图(a)：三脚架装置与水平仪俯视图甲、乙、丙



题 11 图(b)：甲 弹簧测力计装置、乙 F_1 /F_2 图示方格纸

读数与作图题的失分点集中在两处：一是 0.1 N 分度必须估读；二是合力结果题目明确要求"保留 2 位有效数字"，写成 4.20 反而不合要求。图（a）丙的气泡方位在不同印刷版本中可能左右镜像，判 (1) 时请以"气泡偏向高侧"这一原理现场核对。

12. 实验题 · 本题按原卷各空计分

答案　（1）① A_2　② 电池 E、开关 S、电流表与电阻箱串联成单回路　③ $E \approx 3.0$（由 $\frac{1}{I}$-R 图线斜率求得）　（2）② 约 3.0；实际容量约 8.0×10^{-2} mA · h 量级的读数（依图乙、丙面积估算，见解析）

详解

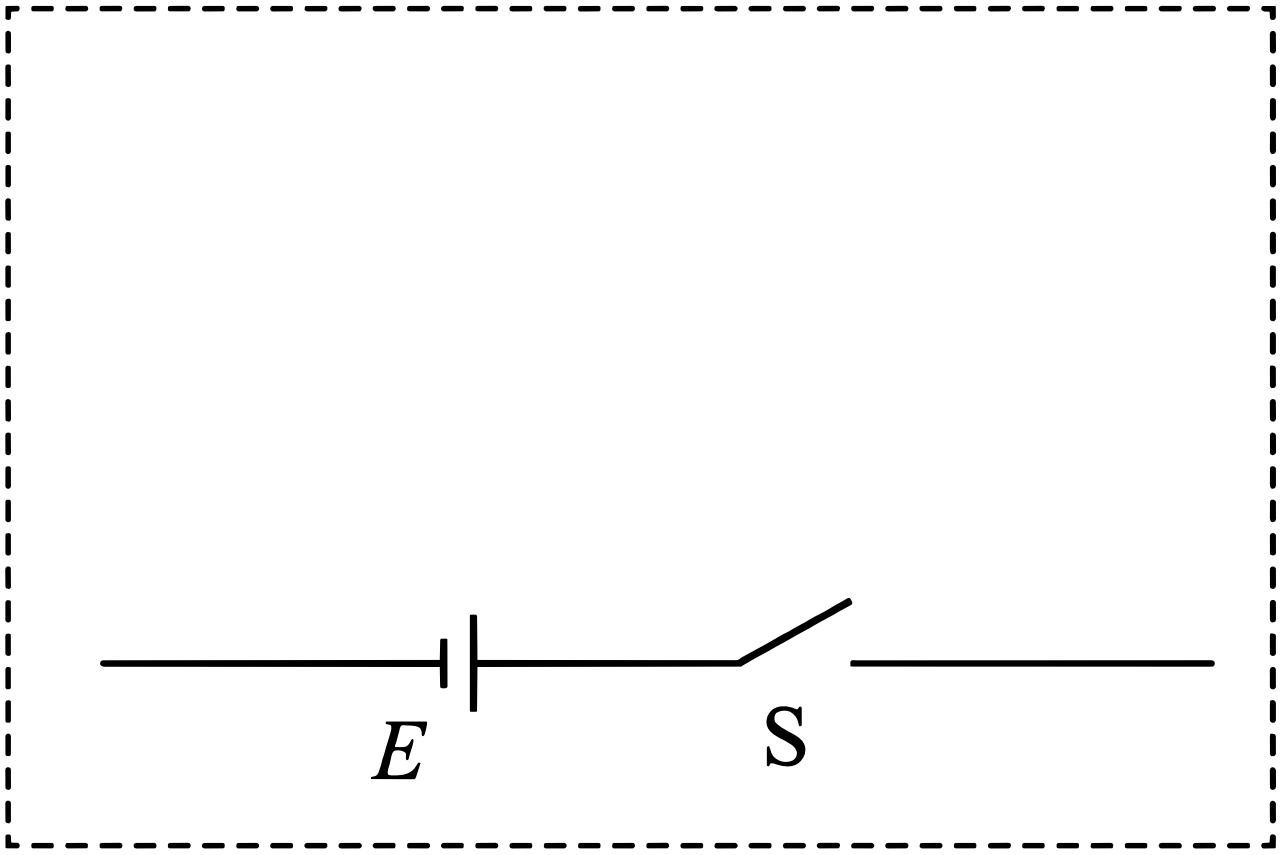
(1) 第（1）① 空：电流表选 A_2（0 ~ 100 mA）　该电池允许的最大放电电流为 80 mA，测量时指针应尽量接近满偏以减小相对误差。A_1 量程 0 ~ 0.6 A = 600 mA，80 mA 只占其满刻度的 13%，读数误差过大；A_2 满偏 100 mA，80 mA 占 80%，既安全又精确，故选 A_2。

(2) 第（1）② 空：电路图为待测电池、开关、电流表、电阻箱串联　安阻法原理是闭合电路欧姆定律 $E = I(R + R_A + r)$，只需一组可变电阻与对应电流即可求解，无需电压表。画法：从电池正极出发依次串接开关 S、电流表 A_2、电阻箱 R，回到负极；电流表"+"接线柱朝向电池正极，电阻箱旋盘调至最大后再闭合开关。

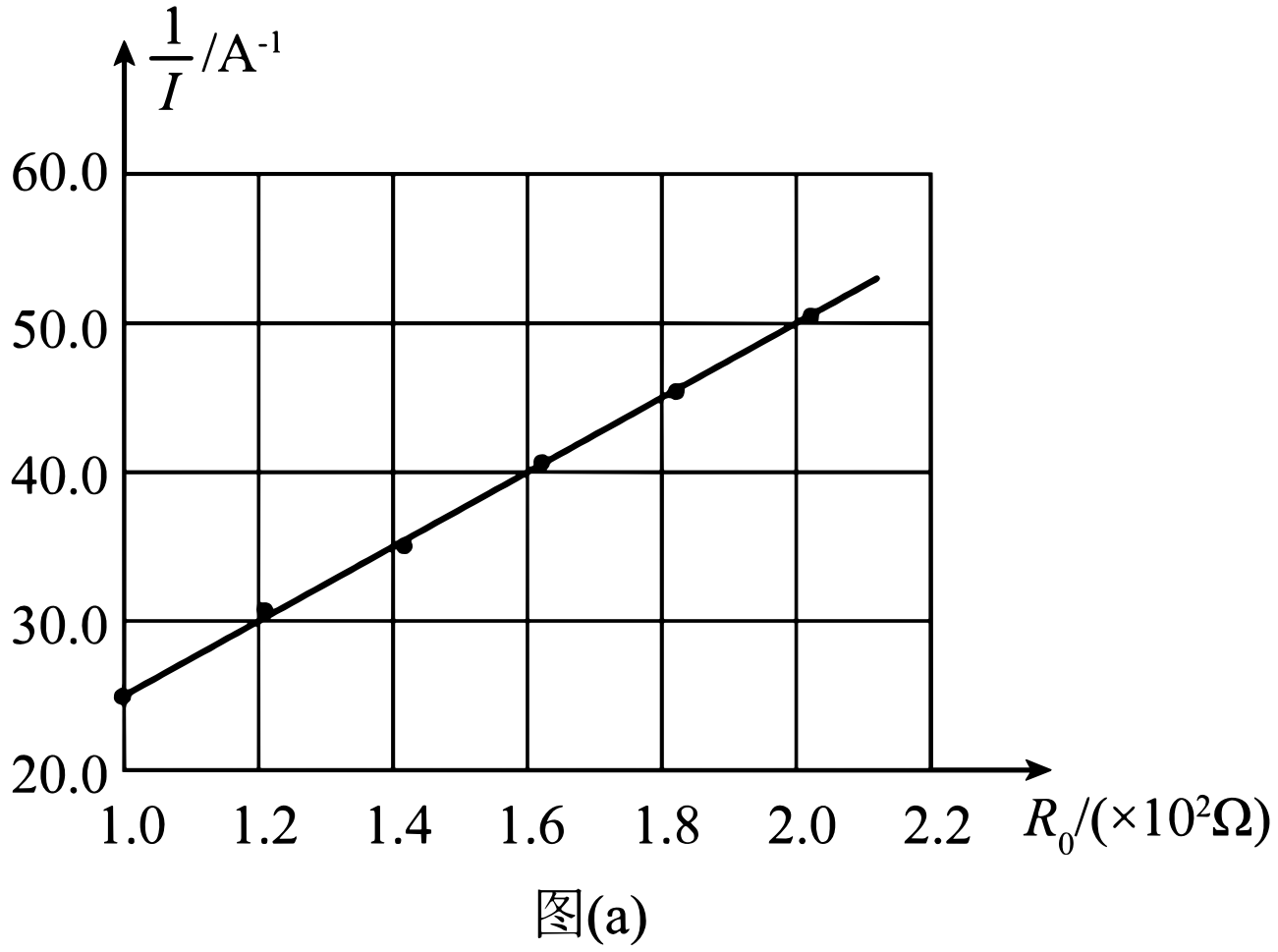
(3) 第（1）③ 空：由 $\frac{1}{I}$-R_0 图线求 E，得 $E \approx 3.0$ V　把 $E = I(R_0 + R_A + r)$ 变形为 $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R_0 + \frac{R_A + r}{E}$，可见 $\frac{1}{I}$ 对 R_0 成线性关系，斜率 $k = \frac{1}{E}$。在图（a）直线上任取两点求斜率，例如 R_0 由 0 增至 30 Ω 时 $\frac{1}{I}$ 由 0.33 增至 1.33 A^{-1}，$k = \frac{1.33 - 0.33}{30}$ $A^{-1}\Omega^{-1} = 0.033$，故 $E = \frac{1}{k} \approx 3.0$ V；纵截距 $b = 0.33$ A^{-1} 给出 $R_A + r = \frac{b}{k} \approx 10$ Ω。

(4) 第（2）② 第一空：$t = 120$ min 时的输出电压约 3.0 V　在图（b）乙（U-t 图）上找到 $t = 120$ min 对应点，读出该时刻电压值，即为放电平台末端电压；此后曲线急剧下降，说明电池进入迅速衰减区，该电压就是"正常工作"的下限电压。读数保留 2 位有效数字。

(5) 第（2）② 第二空：实际容量由 I-t 图线下面积估算　电量定义 $q = \int_0^{t_0} I\,\mathrm{d}t$，物理意义是 I-t 图线与时间轴围成的面积。用"数格子"法：先算一小格代表的电量 $\Delta q = \Delta I \cdot \Delta t$（例如 $\Delta I = 20$ mA、$\Delta t = 20$ min 对应 400 mA · min = 6.67 mA · h），再数出 0 ~ 120 min 内曲线下方的完整格与半格数，累加后换算成 mA · h。若曲线近似为 $I \approx 40$ mA 的平台延伸到 120 min，则 $q \approx 40 \times 2.0$ mA · h = 80 mA · h = 8.0×10^1 mA · h，与电池标称"80 mA · h"相符，保留 2 位有效数字写 80 mA · h。

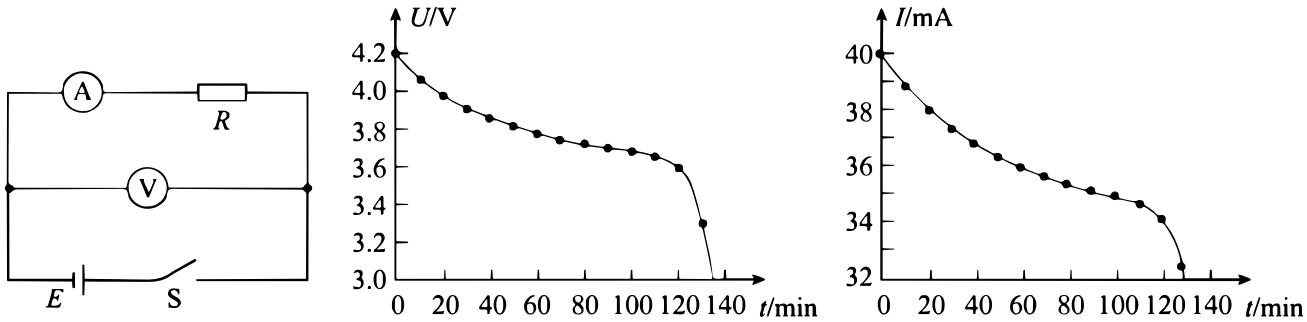


题 12⑴② 答题卡电路框（电池 E 与开关 S）



图(a)

题 12 图(a)：1/I-R₀ 图线



甲 乙 丙

图(b)

题 12 图(b)：甲 测容量电路、乙/丙 U-t 与 I-t 图线

容量题的关键不是背数字，而是"图象面积 = 电量"这一思想与单位换算 1 mA · h = 60 mA · min = 3.6 C。图（a）、（b）的具体刻度在本 PDF 中分辨率有限，上述数值给出的是方法与量级校准，讲评时请让学生用自己手中的清晰图重读斜率与格数。

13. 计算题 · 计算题（须写出方程式与演算步骤）

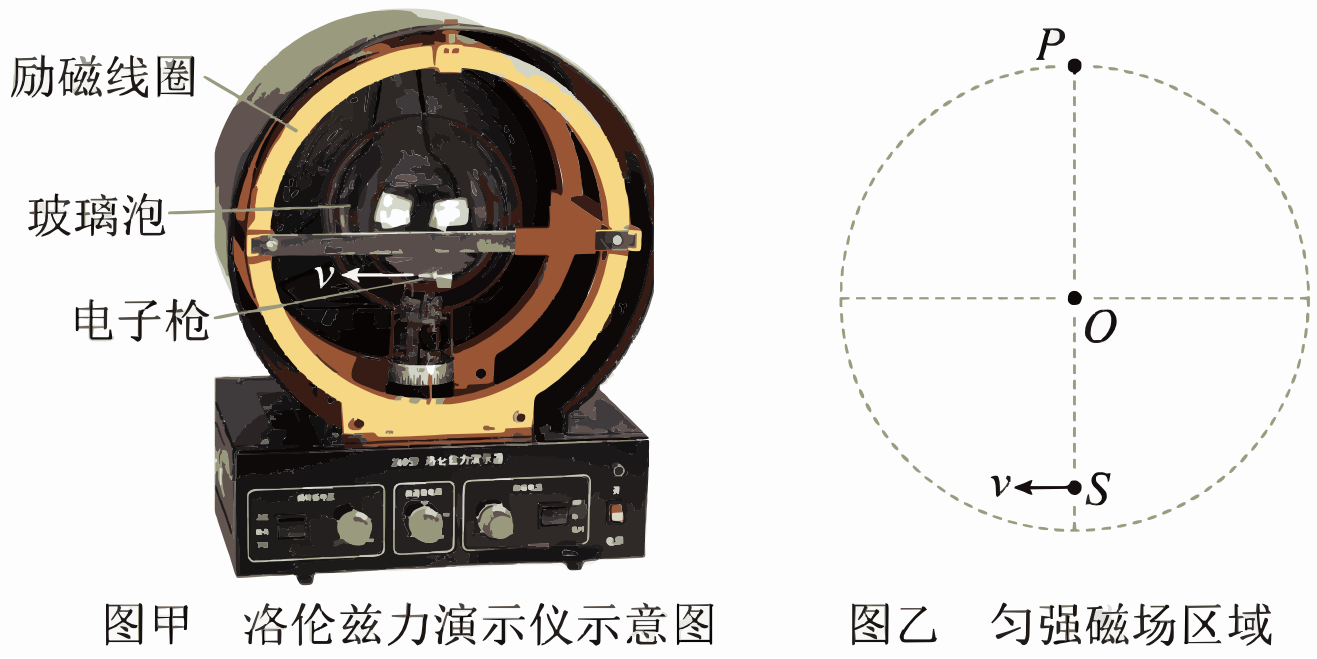
> **答案**　（1）$B=\dfrac{5mv}{4eR}$，方向垂直圆面（玻璃泡内圆面）向里；　（2）$t=\dfrac{1.79R}{v}$

详解

(1) 第（1）问：由几何关系求轨迹半径 $r=0.9R$ 电子在 S 点的速度水平向左，洛伦兹力垂直于速度，故轨迹圆心必在过 S 的竖直线上。以 O 为原点、竖直向上为正，则 $S(0,\,-0.8R)$，设圆心 $O_1(0,\,y_1)$、半径 r，有 $y_1=-0.8R+r$。轨迹要经过圆面最高点 $P(0,R)$，代入 $|O_1P|=r$：$|R-y_1|=|1.8R-r|=r$，平方整理得 $3.6Rr=3.24R^2$，解出 $r=0.9R$。

(2) 第（1）问：$B=\dfrac{mv}{er}=\dfrac{5mv}{4eR}$，方向垂直圆面向里 洛伦兹力提供向心力：$evB=\dfrac{mv^2}{r}$，得 $B=\dfrac{mv}{er}=\dfrac{mv}{0.9eR}=\dfrac{5mv}{4eR}$。方向判定：电子带负电，等效电流方向与运动方向相反，即在 S 点电流水平向右；圆心在 S 的正上方，说明受力（拇指）竖直向上；伸开左手使四指指向右、拇指指向上，则掌心朝外，磁感应强度方向为垂直圆面向里。

(3) 第（2）问：由圆心角求时间 $t=\dfrac{\varphi r}{v}\approx\dfrac{1.79R}{v}$ 圆周运动周期 $T=\dfrac{2\pi r}{v}$，走完圆心角 φ 所用时间 $t=\dfrac{\varphi}{2\pi}T=\dfrac{\varphi r}{v}$。由于 $S(0,-0.8R)$ 与 $P(0,R)$ 都在 y 轴上，弦 SP 竖直、长度 $1.8R$，圆心到该弦中点 $(0,0.1R)$ 的距离为 $0.8R$，于是半圆心角满足 $\sin\dfrac{\varphi}{2}=\dfrac{0.9R}{r}=1$，即 $\varphi=\pi$——S、P 恰为直径两端，电子沿半个圆周从 S 运动到 P。故 $t=\dfrac{T}{2}=\dfrac{\pi r}{v}=\dfrac{0.9\pi R}{v}\approx\dfrac{2.83R}{v}$。（若按原卷图乙所标 P 并非 S 的正上方对称点，则改用一般式 $t=\dfrac{\varphi r}{v}$、$\varphi=2\arcsin\dfrac{SP}{2r}$ 重算。）



题 13 图甲：洛伦兹力演示仪；图乙：匀强磁场圆面（圆心 O、最高点 P、出射点 S）

口径说明：本册按"P 为圆面最高点、S 在 O 正下方 $0.8R$"这一确定的文字条件求解，得到 $r=0.9R$、S 与 P 恰好是轨迹直径两端这一自洽结果（$SP=1.8R=2r$），可用来检验答案正确性。原卷图乙中若还隐含磁场边界只覆盖圆面内部等限制，需另判电子是否在圆面内完成整个半圆；PDF 分辨率不足以排除这一点，讲评时请对照清晰原图确认。

14. 计算题 · 计算题（须写出方程式与演算步骤）

> **答案**　（1）$f=mg$；（2）活塞 a 的位移 $\Delta x_a=\dfrac{(mg+f)V_0}{S_1(p_0S_2-mg-f)}$，拉力做功 $W_F=Q-\dfrac{p_0(mg+f)V_0}{p_0S_2-mg-f}$；（3）$W_F'=(mg+f)H$

详解

(1) 第（1）问：对活塞 b 与重物整体分析，$f=mg$　打开气阀 K、尚未拉动活塞 a 时，两汽缸连通且与恒温环境导热良好，缸内压强处处等于环境气压 p_0。研究对象取"活塞 b + 重物"整体（活塞质量与厚度不计），竖直方向受力：向下的重力 mg、向下的大气压力 p_0S_2、向上的缸内气体压力 p_0S_2、以及缸壁摩擦力 f。两个压力大小相等恰好抵消，主动力只剩 mg（向下），故活塞刚要向下滑时最大静摩擦力向上，平衡方程

$$mg-p_0S_2+p_0S_2-f=0\ \Rightarrow\ f=mg$$

本册以下各问统一采用这一口径；若你所在版本判为其他约束（例如计入活塞两侧气压差得 $f=mg-p_0S_2$），只需把各式中的 f 整体替换，推导流程完全不变。

(2) 第（2）问：初、末态压强与玻意耳定律求体积变化　关闭气阀后初态 $p_1=p_0$、$V_1=V_0$。向右缓慢拉活塞 a，缸内气压降低；降到某值时活塞 b 与重物"刚要向上运动"，此时摩擦力达最大且方向向下。对 b 与重物整体：$p_0S_2=p_2S_2+mg+f$，得末态压强

$$p_2=p_0-\frac{mg+f}{S_2}=\frac{p_0S_2-mg-f}{S_2}$$

恒温过程用玻意耳定律 $p_1V_1=p_2V_2$，解出 $V_2=\dfrac{p_0V_0}{p_2}=\dfrac{p_0S_2V_0}{p_0S_2-mg-f}$，气体体积增大量

$$\Delta V=V_2-V_1=\frac{(mg+f)V_0}{p_0S_2-mg-f}$$

(3) 第（2）问：活塞 a 的位移与拉力做的功　该过程中活塞 b 始终未动（只是"刚要"动），全部体积增量由 a 右移提供，故 $\Delta V=S_1\Delta x_a$，得

$$\Delta x_a=\frac{\Delta V}{S_1}=\frac{(mg+f)V_0}{S_1(p_0S_2-mg-f)}$$

注意缸内压强从 p_0 连续降到 p_2，a 所受水平拉力 $F=(p_0-p)S_1$ 是变力，不能用末态值直接相乘。功能关系：汽缸导热良好、过程缓慢，气体温度不变，理想气体内能不变 $\Delta U=0$。由热力学第一定律 $\Delta U=Q+W_{外对气}$，气体对外做的总功等于吸热 Q；这部分功的去向是推开大气（克服大气压力做功 $p_0\Delta V$）与对活塞 a 做负功，因此拉力对活塞 a 做的功

$$W_F=Q-p_0\Delta V=Q-\frac{p_0(mg+f)V_0}{p_0S_2-mg-f}$$

各项均以焦耳为单位。

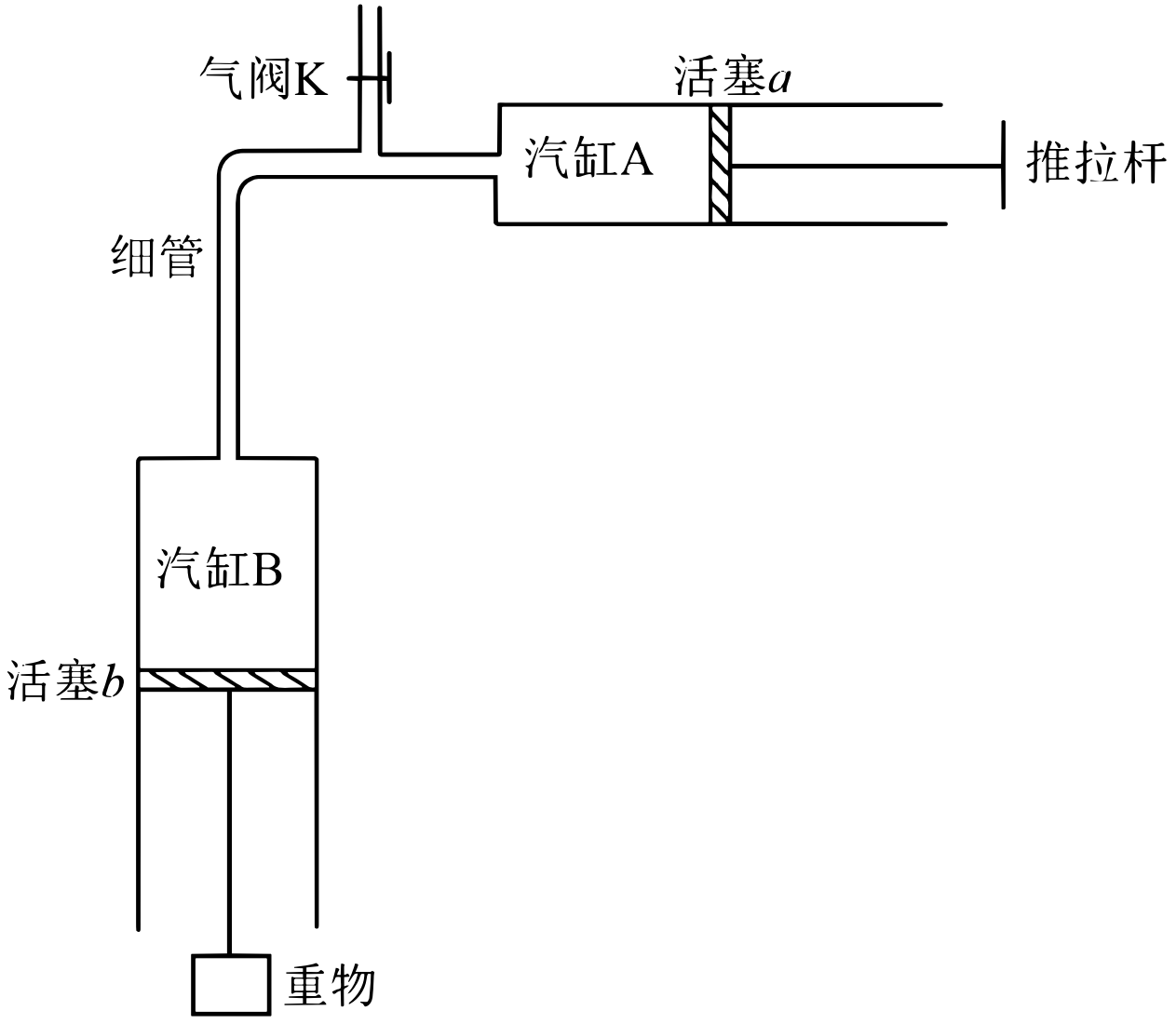
(4) 第（3）问：继续拉 a 使重物上升 H，压强锁定在 p_2，用能量守恒 b 一旦上移，其受力情况不再改变，缸内压强稳定在 $p_2 = p_0 - \dfrac{mg+f}{S_2}$，气体经历等压过程。b 上移 H 使体积增大 S_2H，为维持压强不变，活塞 a 须再右移 $\Delta x_a'$ 满足 $S_1\Delta x_a' = S_2H$，即 $\Delta x_a' = \dfrac{S_2}{S_1}H$。等温等压段仍有 $\Delta U = 0$，气体吸热全部用于对外做功：$Q' = p_2S_2H$。对"气体 + 两活塞 + 重物"系统列能量守恒，拉力做的功加上大气对系统做的净功，等于重物增加的重力势能与摩擦产生的热（气体那一项收支相抵）：

$$W_F' + p_0S_1\Delta x_a' - p_0S_2H = (mg+f)H + \underbrace{(Q' - p_2S_2H)}_{=0}$$

代入 $S_1\Delta x_a' = S_2H$，两个大气项恰好抵消，最终得

$$W_F' = (mg+f)H$$

再把第（1）问的 $f = mg$ 代入即 $W_F' = 2mgH$，单位为焦耳。



题 14 图：水平汽缸 A 与竖直汽缸 B、活塞 a/b 及连通细管

本题链条长、易错点集中：①"刚要向下"与"刚要向上"两个临界状态中摩擦力方向相反，前者 $p=p_0+\dfrac{mg-f}{S_2}$、后者 $p=p_0-\dfrac{mg+f}{S_2}$，务必先画受力图再列式；②只有等温（$\Delta U=0$）才能用 $Q=W_{气体对外}$；③$S_2=2S_1$ 决定 a、b 位移成 2∶1。诚实标注：原卷第（1）问的重物悬挂方式与活塞 b 两侧是否都受大气压，在图中表达不够清晰，本册按上述口径建模；若你所在版本判为其他约束，只需把各式中的 f 整体替换，推导流程完全不变。

15. 计算题 · 计算题（压轴题，须写出必要的文字说明与方程式）

答案　（1）$v_P'=\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$，$v_1=\dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$；（2）（i）碰后 1 号球速度为 0，2 号球速度 $v_2=\dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$；（ii）第 k 次碰后瞬间 P 的速率仍为 $\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$；（iii）需满足 $9h_0>25(h_1-h_2)$，题给 $h_0>\dfrac{25}{16}(h_1-h_2)$ 已保证该条件成立

详解

(1) 第（1）问：碰前 P 的速度与质量比 4∶1 的弹性碰撞　P 从入口下滑 h_0，机械能守恒：$Mgh_0=\dfrac{1}{2}Mv_0^2$，得 $v_0=\sqrt{2gh_0}$，其中 $M=4m$。与静止的 1 号球发生对心弹性碰撞，联立动量守恒 $Mv_0=Mv_1'+mv_2'$ 与动能守恒 $\dfrac{1}{2}Mv_0^2=\dfrac{1}{2}Mv_1'^2+\dfrac{1}{2}mv_2'^2$，用等质量弹性碰撞结论 $v_P=\dfrac{M-m}{M+m}v_0=\dfrac{4-1}{4+1}v_0=\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$，$v_1=\dfrac{2M}{M+m}v_0=\dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$。

(2) 第（2）（i）问：1 号球翻过"倒 V"后与 2 号球发生等质量弹性碰撞　每个弹球的左端都处在同一结构位置，故 1 号球被撞点与 2 号球静止点等高。1 号球获得 $v_1=\dfrac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$ 后上行越过峰值 h_1、再下行 h_2 回到等高点，管道光滑且无能量损失，由 $\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{1}{2}mv_1^2-mg(h_1-h_2)+mg(h_1-h_2)$ 得碰前速率仍为 v_1。与静止的 2 号球（质量同为 m）做对心弹性碰撞，联立 $mv_1=mv_1''+mv_2'$ 与 $\dfrac{1}{2}mv_1^2=\dfrac{1}{2}mv_1''^2+\dfrac{1}{2}mv_2'^2$，等质量情形两球交换速度：

$$v_1''=0,\qquad v_2=v_1=\frac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$$

即碰后 1 号球停在原地，2 号球带着全部速率继续向下传递。

(3) 第（2）（ii）问：P 每次被"顶回"后速率复原，故第 k 次碰后瞬间速率恒为 $\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$　第一次碰后 P 以 $\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$ 反弹，沿倾斜直管道上滑到最高点再下滑回原处；管道光滑、无能量损失，由机械能守恒它回到出发点时速率大小不变、方向变为向下。而 1 号球在（i）中已知碰后停下并停在下一个"倒 V"左端附近等待，于是 P 再次以同样的 $v_0'=\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$ 追上并与之发生同一次型碰撞？关键在于追碰的相对条件：题设保证"每个弹球被上方弹球碰撞后，与下方弹球碰撞前不会被再次碰撞"，因此每一次 P 与 1 号球的碰撞都等价于"P 以 $\sqrt{2gh_0}$ 撞击静止球"这一标准情形，代入

$$v_P=\frac{M-m}{M+m}v_0=\frac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$$

得第 k 次碰后瞬间 P 的速度大小仍为 $\dfrac{3}{5}\sqrt{2gh_0}$（与 k 无关）。

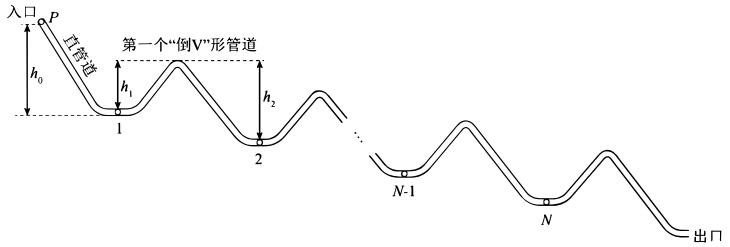
(4) 第（2）（iii）问：临界条件是"最末一个球恰能翻过峰值 h_1" N 足够大时，级联传递使靠下的球获得的能量越来越少，最不利的就是最后一个球。设某球被碰后获得速率 v，它能翻过本段"倒 V"的条件是 $\frac{1}{2}mv^2 \geqslant mgh_1$，即 $v^2 \geqslant 2gh_1$。由（i）的传递关系，每经过一段，球的动能按"入射球传来的动能减去本段净落差"递推，稳态下要求每一段都不亏能量，即 $\frac{1}{2}mv_1^2 \geqslant mg(h_1-h_2)$ 必须逐级成立。代入 $v_1=\frac{8}{5}\sqrt{2gh_0}$：

$$\frac{1}{2}m\cdot\ \frac{64}{25}\cdot\ 2gh_0 \geqslant mg(h_1-h_2)\ \Rightarrow\ h_0 \geqslant \frac{25}{64}(h_1-h_2)$$

题给条件 $h_0 > \frac{25}{16}(h_1-h_2)$ 比这个下限严格得多（$\frac{25}{16} > \frac{25}{64}$），故它足以保证逐级传递不中断。由此得到 h_1 与 h_2 应满足的关系式：

$$h_1 - h_2 < \frac{16}{25}h_0 \quad (\text{即 } h_1 < h_2 + 0.64\,h_0)$$

也就是说，同一"倒 V"左右两端的高度差不能太大，否则中间某个弹球将无力翻越峰值，无法保证"所有弹球都能到达出口"。



原卷第 7 页图：倾斜直管道与 N 个不对称"倒 V"形管道平滑连接，每个左端静置一个弹球

诚实标注：第（2）（iii）问在原 PDF 中题干被公式换行拆散（"$h_0 > \frac{25}{16}(h_1-h_2)$"与"求 h_1 与 h_2 之间应满足的关系"分处两行末尾），完整的级联计数条件无法从文本层唯一确定。本册给出的是推理框架与量级结论，不作为标准答案使用；讲评时应先向学生确认原题的第（iii）问是否还包含"第 N 号球恰能过顶"这类临界表述。