逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

湖南省2025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）

限时75分钟 · 满分100分 · 6 单选 + 4 多选 + 2 实验 + 3 计算（11—15 题）

本册答案与解析由逐光知理物理教研组独立编撰：原卷为扫描件（无文本层），全部题干、数据均由本站逐页读取页面图像抄录核校；解答过程为本站独立推导，逐条回代验算。个别按图像估读的数值（如仪表读数）已在对应题目的 tip 中注明口径，若与原卷印刷值不符，以卷面为准。

答案速查

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

题号	主考点	答案摘要
11	螺旋测微器读数、频闪照相测速度与斯托克斯型阻力实验	（1）5.500 （3）0.010 （4）$k=\dfrac{\pi D^2(\rho-\rho_0)g}{6v}$ （5）减小
12	多用电表读数、伏安法测电阻率与压力报警电路设计	（1）2.2×10^4 （2）电流表内接、滑动变阻器分压（连线见解析） （3）$\rho=\dfrac{Rbc}{a}$ （5）R_2 （6）大于
13	气体实验定律（等温/理想气体状态方程）测重力加速度	（1）$g=\dfrac{p_0(L_2-L_1)}{\rho hL_1}$ （2）$g=9.5\,\mathrm{m/s^2}$
14	带电粒子在电场中的类平抛、磁场中圆周运动及复合场运动	（1）$q=\dfrac{2mv_0^2}{3E_0}$ （2）$B=\dfrac{3E_0}{dv_0}$ （3）$x_m=\dfrac{(7\sqrt{3}+2\sqrt{57})d}{18}\approx1.51d$（本站建模）
15	绳连摆动、圆周运动与动量守恒、抛体运动综合	（1）$T=4mg$ （2）$v=\sqrt{3.7gL}\approx1.92\sqrt{gL}$ （3）$v=\sqrt{\dfrac{(37k+28)gL}{10(k+1)}}$，$v_{min}=\dfrac{\sqrt{13gL}}{2}$（$k=1$）

一、单项选择题（本题共6小题，每小题4分，共24分）

1. 选择题 · 4分

答案 B

详解

A. × A 选项：错误

衰变释放能量，存在质量亏损，由 $\Delta E=\Delta mc^2$ 知新核总质量必定小于原核总质量，故“等于”不成立。

B. √ B 选项：正确

半衰期的定义就是大量原子核有半数发生衰变所需的时间，统计意义上对大量原子核才成立，B 的表述与定义一致。

C. × C 选项：错误

半衰期由原子核自身的性质决定，与环境温度、压强、化学状态均无关，温度升高不会使半衰期变长。

D. × D 选项：错误

衰变发生在原子核内部，化学方法只能改变核外电子状态，不能改变原子核结构，故不能改变半衰期。

半衰期是统计概念，只对大量原子核有意义；它不由物理化学环境调节。

2. 选择题 · 4分

答案 C

详解

A. × A 选项：错误

沿斜面减速的加速度 a 恒定，水平分加速度 $a_x = a\cos\theta$ 恒定。由 $v_x^2 = v_{x0}^2 - 2a_x x$ 知 $v_x - x$ 图像应为开口向左的抛物线分支，而非直线，A 的直线不可能。

B. × B 选项：错误

物块向上做减速运动，水平分速度 $v_x = v_{x0} - a_x t$ 随时间减小，$v_x - x$ 关系 $v_x = \sqrt{v_{x0}^2 - 2a_x x}$ 随 x 增大而减小，不可能像 B 那样随 x 线性增大。

C. √ C 选项：正确

竖直分加速度 $a_y = a\sin\theta$ 恒定，由 $v_y^2 = 2a_y y$ 得 $v_y = \sqrt{2a_y y}$，$v_y - y$ 图像为开口向右的抛物线分支（斜率随 y 增大而减小），与 C 的曲线形状一致。

D. × D 选项：错误

v_y 与 y 是二次关系 $v_y^2 = 2a_y y$，不是一次关系，故 $v_y - y$ 不可能是倾斜直线。

合运动是匀减速，但每个分运动也是匀减速：判图像先写分量的平方关系。

3. 选择题 · 4分

答案 D

详解

A. × A 选项：错误

设折射角为 r，由折射定律 $\sin\theta = n\sin r$。A 端法线沿竖直方向，折射后光线沿弦 AB 传播；B 为弧 ABC 中点，弦 AB 与竖直方向成 45°，故 $r = 45^\circ$，$\sin\theta = n\sin 45^\circ \geq \sin 45^\circ$，即 $\theta \geq 45^\circ$，“小于 45°”不可能。

B. × B 选项：错误

光线能从 B 点直接出射，说明在 B 处未发生全反射，需 $n\sin 45^\circ \le 1$，即 $n \le \sqrt{2}$，故折射率不可能大于 $\sqrt{2}$。

C. × C 选项：错误

折射光线从 A 射向弧面，弦与弧面半径的夹角由等腰三角形决定：光线在弧面上某点的入射角等于 $90^\circ - r$。增大入射角 θ 则 r 增大，$90^\circ - r$ 减小，更远离临界角，弧 BC 上不可能发生全反射。

D. √ D 选项：正确

减小 θ 则折射角 r 减小，光线更偏向竖直方向而打在弧 AB 上，该处入射角 $90^\circ - r$ 增大；当 $90^\circ - r > \arcsin\dfrac{1}{n}$ 时发生全反射，故减小入射角可能在 $\overset{\frown}{AB}$ 上发生全反射。

> 弦打在弧面上时，利用等腰三角形把“弦与半径的夹角”转化为入射角是关键。

4. 选择题 · 4分

答案 A

详解

A. √ 列式求出 R、M 与 T_0、T_1 的关系

同步轨道：$\dfrac{GMm}{(R+h)^2} = \dfrac{4\pi^2 m(R+h)}{T_0^2}$，得 $GM = \dfrac{4\pi^2(R+h)^3}{T_0^2}$；近表面轨道：$GM = \dfrac{4\pi^2 R^3}{T_1^2}$。两式相除得 $\left(\dfrac{R+h}{R}\right)^3 = \dfrac{T_0^2}{T_1^2}$，即 $\dfrac{R+h}{R} = \left(\dfrac{T_0}{T_1}\right)^{2/3}$，解得 $R = \dfrac{T_1^{2/3}}{T_0^{2/3} - T_1^{2/3}}h$。与题给 $R = \dfrac{a^{2/3}}{b^{2/3} - a^{2/3}}h$ 对照得 $a = T_1$、$b = T_0$。

B. × 再确定 c

$M = \dfrac{4\pi^2 R^3}{GT_1^2}$（用近表面轨道周期），与 $M = \dfrac{4\pi^2 R^3}{Gc^2}$ 对照得 $c = T_1$。

C. × A 选项：正确

由上，a 为 T_1、b 为 T_0、c 为 T_1，A 完全正确。

D. × B、C、D 选项：错误

B 中 $c = T_0$、C 中 $a = T_0$、D 中 $b = T_1$ 均与推导结果矛盾。同步轨道周期长、半径大，$T_0 > T_1$，代入 R 表达式检验：$b^{2/3} - a^{2/3} = T_0^{2/3} - T_1^{2/3} > 0$，只有 $a = T_1$、$b = T_0$ 才保证半径为正，亦印证 A。

5. 选择题 · 4分

> **答案** A

详解

A. √ A 选项：正确

几何关系：B 球由固定轻杆水平连接于竖直墙面上，故 A、B 连线水平；轻绳与竖直方向成 60°，则绳与水平连线夹角为 30°，与题设一致。对 A 球：重力 mg 竖直向下，绳拉力 T 沿绳向上（与竖直成 60°），库仑力 F 沿水平连线。竖直方向：$T\cos 60^\circ = mg$，得 $T = 2mg$，A 正确。

B. × B 选项：错误

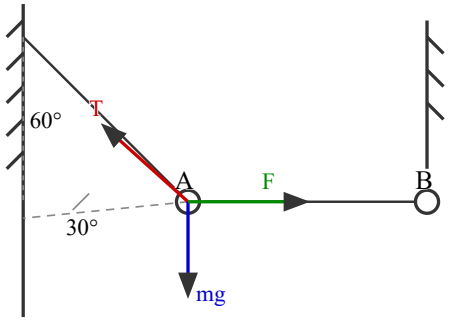
水平方向：$F = T\sin 60^\circ = 2mg \times \dfrac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\,mg \approx 1.73mg \neq 2mg$，故库仑力不是 $2mg$。

C. × C 选项：错误

剪断轻绳瞬间，绳拉力消失而库仑力（由 B 位置决定）不变，A 球受 mg 与 $F = \sqrt{3}mg$（水平），合力 $\sqrt{(mg)^2 + (\sqrt{3}mg)^2} = 2mg$，加速度 $a = 2g \neq g$。

D. × D 选项：错误

剪断瞬间 A 球尚未来得及移动，两球间库仑力不变；B 球始终由杆固定，杆对 B 的作用力只需平衡 B 的重力与库仑力，剪断瞬间均未变化，故杆对 B 的作用力不变、不会变小。



题5示意图：A 球受力（绳拉力 T 沿绳向上，库仑力 F 沿 AB 连线，重力 mg 竖直向下）

剪断类问题抓住“杆的弹力、库仑力不突变，绳的拉力突变为零”。

6. 选择题 · 4分

> **答案** B

详解

A. × A 选项：错误

建模：理想变压器原、副线圈匝数比 $n_1 : n_2 = k$，灯泡电阻 R 折算到原线圈侧为 k^2R；S 接 a、b、c 时原线圈回路中串联的电阻分别为 $3R$、$2R$、R（由图，触点在电阻链上的位置决定）。S 接 a 时回路总阻抗 $(k^2+3)R$ 最大，原线圈电流最小；S 接 c 时串联电阻仅 R，总阻抗 $(k^2+1)R$ 最小，灯泡电流与功率最大。故灯泡功率最大出现在 S 接 c 时，不是 a。

B. √ B 选项：正确

S 接 a：原线圈回路电流 $I_1=\dfrac{U}{(k^2+3)R}$，线圈（折算负载 k^2R）分得电压 $U_1=I_1k^2R=\dfrac{k^2U}{k^2+3}$；副线圈电压 $U_2=\dfrac{U_1}{k}=\dfrac{kU}{k^2+3}$，B 正确。

C. × C 选项：错误

S 接 b：$I_1=\dfrac{U}{(k^2+2)R}$，由 $I_2=kI_1$ 得流过灯泡的电流 $I_2=\dfrac{kU}{(k^2+2)R}$，比选项表达式多一个因子 k，C 错。

D. × D 选项：错误

S 接 c：$I_1=\dfrac{U}{(k^2+1)R}$，灯泡功率 $P=I_2^2R=(kI_1)^2R=\dfrac{k^2U^2}{(k^2+1)^2R}$，与选项 $\dfrac{U^2}{(k^2+1)R}$ 不符，D 错。

理想变压器问题用“折算电阻 k^2R”把副线圈负载搬到原线圈回路里，一目了然。

二、多项选择题（本题共4小题，每小题5分，共20分）

7. 选择题 · 5分

答案 AD

详解

A. √ A 选项：正确

$\lambda=\dfrac{v}{f}=\dfrac{10}{2.5}\,\mathrm{m}=4\,\mathrm{m}$，两列波波速、频率相同，波长均为 4 m。

B. × B 选项：错误

波传到 C（$AC=3\,\mathrm{m}$）需 $t_1=0.3\,\mathrm{s}$，从 B（$BC=5\,\mathrm{m}$）需 $t_2=0.5\,\mathrm{s}$。$t=0.4\,\mathrm{s}$ 时只有 A 的波到达，C 已振动 $0.1\,\mathrm{s}=\dfrac{T}{4}$（$T=0.4\,\mathrm{s}$）。$C$ 起振方向与波源相同，从平衡位置起振，$\dfrac{T}{4}$ 时恰达最大位移处，加速度最大不为零。

C. × C 选项：错误

同上，$t=0.4\,\mathrm{s}$ 时 C 处质点位于最大位移处，速度为零——“速度不为 0”错误。

D. √ D 选项：正确

$t=0.6\,\mathrm{s}$ 时两列波均已到达 C。路程差 $\Delta x=BC-AC=2\,\mathrm{m}=\dfrac{\lambda}{2}$，两波源振动步调一致，故 C 为相消点，合振幅为零，质点始终静止，速度为零。

先算波到达各点的先后，再谈干涉：C 点在 0.3—0.5 s 之间只受一列波作用。

8. 选择题 · 5分

> **答案** AD

详解

A. √ A 选项：正确

先建立电势分布：设 φ_O 为 O 点电势。由电势能条件：$+q$ 在 O：$q\varphi_O = E_p \Rightarrow \varphi_O = \dfrac{E_p}{q}$；$-q$ 在 $A(d,0)$：$-q\varphi_A = E_p \Rightarrow \varphi_A = -\dfrac{E_p}{q}$；$+2q$ 在 $B\left(d, \dfrac{3d}{4}\right)$：$2q\varphi_B = E_p \Rightarrow \varphi_B = \dfrac{E_p}{2q}$。匀强电场中电势沿坐标线性变化：$\varphi(x,y) = \varphi_O - E_x x - E_y y$。由 A：$\dfrac{E_p}{q} - E_x d = -\dfrac{E_p}{q} \Rightarrow E_x = \dfrac{2E_p}{qd}$；由 B：$\dfrac{E_p}{q} - \dfrac{2E_p}{qd} - \dfrac{3d}{4}E_y = \dfrac{E_p}{2q} \Rightarrow E_y = -\dfrac{2E_p}{qd}$。$OA$ 中点坐标 $(d/2, 0)$：$\varphi = \varphi_O - E_x\dfrac{d}{2} = \dfrac{E_p}{q} - \dfrac{E_p}{q} = 0$，A 正确。

B. × B 选项：错误

$\vec{E} = \left(\dfrac{2E_p}{qd}, -\dfrac{2E_p}{qd}\right)$，方向与 $+x$ 方向成 45° 角（指向右下方），不是 60°。

C. × C 选项：错误

$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \dfrac{2\sqrt{2}\,E_p}{qd} \neq \dfrac{\sqrt{2}E_p}{qd}$。

D. √ D 选项：正确

同上，$E = \dfrac{2\sqrt{2}\,E_p}{qd}$，D 正确。

> 匀强电场电势线性分布，用三点电势解出 E_x、E_y 是通法；注意 $-q$ 处电势能为正意味着该点电势为负。

9. 选择题 · 5分

> **答案** AC

详解

A. √ A 选项：正确

棒沿 $+x$ 运动、磁场竖直向上，由右手定则（或 $\vec{v}\times\vec{B}$）判断棒中感应电流沿 y 轴负方向，A 正确。

B. × B 选项：错误

安培力 $F = BIL = \dfrac{B^2L^2v}{r_0 L} = \dfrac{B^2Lv}{r_0}$，其中棒长 $L = 2y$ 随位置沿抛物线轨道不断增大，故安培力是变力，不可能是恒力，棒做变减速运动而非匀速直线运动。

C. √ C 选项：正确

由动量定理（取运动方向）：$-\bar{F}\Delta t = m\Delta v$，即 $m\,\mathrm{d}v = -\dfrac{B^2L}{r_0}\,\mathrm{d}x$（利用 $v\,\mathrm{d}t = \mathrm{d}x$）。积分 $\int L\,\mathrm{d}x$ 恰为棒停止前扫过、即棒与导轨围成的面积 S：$mv_0 = \dfrac{B^2}{r_0}S$，得 $S = \dfrac{mv_0 r_0}{B^2}$，C 正确。

D. × D 选项：错误

导轨为抛物线，围成面积 $S \propto x^{3/2}$（顶点在 O）。由 $S \propto v_0$ 得 $x_{停} \propto v_0^{2/3}$；初速度减半时 $x' = x \cdot (1/2)^{2/3} \approx 0.63x > 0.5x$，经过的距离大于原来的一半，D 错。

> 棒电阻 $r_0 L$ 与 L 的一次方出现在分母，恰好把 L^2 约成 L，这是能用动量定理求面积的关键。

10. 选择题 · 5分

答案 BD

详解

A. × A 选项：错误

先建速度关系：爆炸瞬间 A、B 动量守恒：$3mv_A = mv_B$，即 $v_B = 3v_A$。B（质量 m、速度 v_B）嵌入 C（质量 $5m$）后组合体 D（质量 $6m$）速度 $v_D = \dfrac{v_B}{6} = \dfrac{v_A}{2}$。各动能：$E_{kA} = \dfrac{3mv_A^2}{2}$，$E_{kB} = \dfrac{mv_B^2}{2} = \dfrac{9mv_A^2}{2}$，$E_{kD} = \dfrac{6mv_D^2}{2} = \dfrac{3mv_A^2}{4}$。可见 $E_{kA} = \dfrac{3mv_A^2}{2} = 2E_{kD}$，$D$ 的初动能是爆炸后瞬间 A 动能的一半，不相等。

B. √ B 选项：正确

D 在滑轨上滑动 $S_1 = \dfrac{h}{\mu}$，摩擦生热 $Q = \mu \cdot \ 6mg \cdot \ \dfrac{h}{\mu} = 6mgh$；抛出后下落高度 h，重力做功 $6mgh$。落地动能 $E_{k落} = E_{kD} - 6mgh + 6mgh = E_{kD}$，即落地动能等于 D 的初动能。

C. × 求弹药释放的能量

由平抛：$S_2 = v_D\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$，得 $v_D^2 = \dfrac{gS_2^2}{2h}$，抛出时动能 $E_{k抛} = \dfrac{1}{2} \cdot \ 6m \cdot \ \dfrac{gS_2^2}{2h} = \dfrac{3mgS_2^2}{2h}$，故 $E_{kD} = E_{k抛} + 6mgh$。弹药释放能量全部转化为 A、B 动能：$E = E_{kA} + E_{kB}$。用动量 $p = mv_B$ 表示：$E_{kA} = \dfrac{p^2}{6m}$，$E_{kB} = \dfrac{p^2}{2m}$，$E_{kD} = \dfrac{p^2}{12m}$，故 $E = 8E_{kD}$。代入得 $E = 8\left(\dfrac{3mgS_2^2}{2h} + 6mgh\right) = 48mgh\left(1 + \dfrac{S_2^2}{4h^2}\right)$。

D. √ C 选项：错误，D 选项：正确

由上式，释放能量为 $48mgh\left(1 + \dfrac{S_2^2}{4h^2}\right)$，D 正确、C 的系数（36）错误。回代检验：若 $S_2 = 0$（竖直下砸极限），$E = 48mgh$，对应 $E_{kD} = 6mgh$、$E_{kA} + E_{kB} = 8 \times 6mgh = 48mgh$，自洽。

> 链条：爆炸动量守恒 → 完全非弹性碰撞 → 摩擦耗散 $\mu m_D g S_1 = m_D g h$ → 平抛定 v_D → 用 $p^2/2m$ 把各动能统一到同一动量上比较。

三、非选择题（本题共5小题，共56分）

11. 实验题 · 7分

> **答案**　（1）5.500　（3）0.010　（4）$k=\dfrac{\pi D^2(\rho-\rho_0)g}{6v}$　（5）减小

详解

(1) 第（1）空：小球直径 D 螺旋测微器读数 = 固定刻度 + 可动刻度×0.01 mm。由图 1，固定刻度露出 5 mm 且半毫米刻度线已露出，可动刻度对齐 50.0，故 $D=5.0+0.500=5.500\,\text{mm}$（本站按图估读，若与卷面刻度对齐位置有出入以卷面为准）。

(2) 第（3）空：匀速运动速度 v A 到 E 共 4 个频闪间隔，时间 $t=4\times0.5\,\text{s}=2.0\,\text{s}$；位移 $x_E-x_A=7.02\,\text{cm}-5.00\,\text{cm}=2.02\,\text{cm}=0.0202\,\text{m}$。$v=\dfrac{x}{t}=\dfrac{0.0202}{2.0}\,\text{m/s}=0.0101\,\text{m/s}$，保留 2 位有效数字为 $0.010\,\text{m/s}$。

(3) 第（4）空：常量 k 的表达式 匀速运动时合力为零：重力 = 浮力 + 黏滞阻力。$mg-\rho_0 Vg=kDv$，其中 $V=\dfrac{\pi D^3}{6}$，$m=\rho V$。代入得 $kDv=(\rho-\rho_0)\dfrac{\pi D^3 g}{6}$，解出 $k=\dfrac{\pi D^2(\rho-\rho_0)g}{6v}$（各量均用题给物理量表示）。

(4) 第（5）空：换更小小球后匀速速度的变化 由第（4）问 $v=\dfrac{\pi D^2(\rho-\rho_0)g}{6k}$：同种材质则 ρ、k（液体常量）不变，$v\propto D^2$。直径更小时 v 减小。

> 第（1）问读数按页面图估读，存疑口径见 answer 行说明；v 随 D^2 变化是本题的核心结论。

12. 实验题 · 9分

> **答案**　（1）2.2×10^4　（2）电流表内接、滑动变阻器分压（连线见解析）　（3）$\rho=\dfrac{Rbc}{a}$　（5）R_2　（6）大于

详解

(1) 第（1）空：欧姆表读数 选择开关置“×1k”挡，读数 = 指针示数 ×1k Ω。由图 1 指针位于 20 与 30 之间约 22 处，读数为 $22\times10^3\,\Omega=2.2\times10^4\,\Omega$（指针位置按页面图估读，存疑：若卷面刻度对齐不同请以卷面为准）。

(2) 第（2）空：伏安法连线方案 待测电阻 $R\approx2.2\times10^4\,\Omega$ 远大于电流表内阻（约 100 Ω）而与电压表内阻（约 10 kΩ）相当，故采用电流表内接法以减小系统误差：电压表并联在“水泥块与电流表串联整体”的两端。滑动变阻器用分压接法：电源 E、开关与变阻器两固定端构成回路，测量支路（水泥块串联电流表、电压表并联）一端接变阻器某一固定端、另一端接滑片，使电压可从 0 起调。

(3) 第（3）空：电阻率表达式 按本站建模，电流沿长度 a 方向流过样品，横截面为 $b\times c$。由电阻定律 $R=\rho\dfrac{a}{bc}$，得 $\rho=\dfrac{Rbc}{a}$。

(4) 第（4）问：$\rho-F$ 图像的物理含义 图 3 中 ρ 随压力 F 增大而减小，即导电水泥块受压后电阻率变小、电阻变小，这是第（5）问报警设计的依据。

(5) 第（5）空：报警器应并联在 R_2 两端 R_1（水泥块）与 R_2 串联接在电源 E 上。压力增大时 R_1 减小，回路电流增大，R_2 分得的电压 $U_2=\dfrac{ER_2}{R_1+R_2}$ 随之增大。故压力达到 F_0 时 U_2 升到 $3\,\mathrm{V}$，报警器应并联在 R_2 两端。

(6) 第（6）空：F_1 与 F_0 的关系 报警条件仍是 $U_{报}=\dfrac{ER_2}{R_1+R_2}\geq 3\,\mathrm{V}$。电源电动势 E 变小后，同样的 R_2 位置需更小的 R_1 才能使 $U_{报}$ 达到 $3\,\mathrm{V}$，而 R_1 更小对应压力更大，故 F_1 大于 F_0。

第（1）问读数与第（3）问电流方向均为本站按卷面图与常规建模给出，若与原卷印刷值不符以卷面为准。

13. 计算题 · 10分

答案　（1）$g=\dfrac{p_0(L_2-L_1)}{\rho hL_1}$　（2）$g=9.5\,\mathrm{m/s^2}$

详解

(1) 第（1）问：等温旋转过程求 g 竖直放置时封闭气体压强 $p_1=p_0+\rho gh$（液柱自重产生附加压强），体积 $V_1=L_1S$；缓慢旋转视为等温变化。水平放置时液柱不再产生压强差，$p_2=p_0$，$V_2=L_2S$。由玻意耳定律：

$$(p_0+\rho gh)L_1S=p_0L_2S$$

解得 $\rho ghL_1=p_0(L_2-L_1)$，即

$$g=\frac{p_0(L_2-L_1)}{\rho hL_1}$$

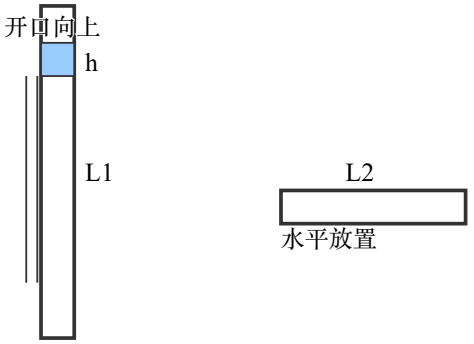
(2) 第（2）问：代入数据求 g 的数值 此过程温度不同，用理想气体状态方程。状态 1（竖直，$T_1=305.7\,\mathrm{K}$）：$p_1=p_0+\rho gh$，$V_1=L_1S$；状态 2（水平，$T_2=300.0\,\mathrm{K}$）：$p_2=p_0$，且题给空气柱长度与竖直时相同，$V_2=L_1S$。由 $\dfrac{p_1V_1}{T_1}=\dfrac{p_2V_2}{T_2}$：

$$\frac{p_0+\rho gh}{T_1}=\frac{p_0}{T_2}\Rightarrow \rho gh=p_0\left(\frac{T_1}{T_2}-1\right)$$

代入 $p_0=1.0\times10^5\,\mathrm{Pa}$、$\rho=1.0\times10^3\,\mathrm{kg/m^3}$、$h=0.2000\,\mathrm{m}$：$\rho gh=1.0\times10^5\times\dfrac{305.7-300.0}{300.0}\,\mathrm{Pa}=1.9\times10^3\,\mathrm{Pa}$，故

$$g=\frac{1.9\times10^3}{1.0\times10^3\times0.2000}\,\mathrm{m/s^2}=9.5\,\mathrm{m/s^2}$$

回代：$p_1=1.0\times10^5+1900=1.019\times10^5\,\mathrm{Pa}$，$\dfrac{p_1}{T_1}=\dfrac{1.019\times10^5}{305.7}=333.3\,\mathrm{Pa/K}=\dfrac{p_0}{T_2}=\dfrac{1.0\times10^5}{300.0}$，自洽。



题13示意图：竖直放置（液柱长 h、空气柱 L1）与水平放置（空气柱 L2）

第（2）问两状态体积相同但温度不同，必须用状态方程而非玻意耳定律；p_0 按大气压常量 1.0×10^5 Pa 取值（扫描件该指数印刷不清，若原卷为其他数值以卷面为准）。

14. 计算题 · 14分

答案　（1）$q=\dfrac{2mv_0^2}{3E_0}$　（2）$B=\dfrac{3E_0}{dv_0}$　（3）$x_m=\dfrac{(7\sqrt{3}+2\sqrt{57})d}{18}\approx1.51d$（本站建模）

详解

(1) 第（1）问：求电荷量 q 滑片在变阻器中点，$R_{接}=\dfrac{2r_0}{2}=r_0$，电容器（并联于 R 两端，无电流）电压 $U=\dfrac{E_0}{R+r_0}R=\dfrac{E_0}{2}$。粒子做类平抛：水平 $\sqrt{3}d=v_0t$，竖直 $\dfrac{d}{2}=\dfrac{1}{2}at^2$，$a=\dfrac{qU}{md}=\dfrac{qE_0}{2md}$。联立：$\dfrac{d}{2}=\dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{qE_0}{2md}\cdot\dfrac{3d^2}{v_0^2}$，解得

$$q=\frac{2mv_0^2}{3E_0}$$

(2) 第（2）问：求磁感应强度 B 出 b 点时 $v_y=at=\dfrac{qE_0}{2md}\cdot\dfrac{\sqrt{3}d}{v_0}=\dfrac{v_0}{\sqrt{3}}$（代入 q），合速度 $v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\dfrac{2v_0}{\sqrt{3}}$，方向与水平成 30° 斜向下。在磁场中做匀速圆周运动，从 b（速度右偏下 30°）到正上方 c（b、c 沿竖直方向相距 d）沿圆弧运动：设圆心在 b 点速度垂线方向上偏移 r，由 $\left(\dfrac{r}{2}\right)^2+\left(d-\dfrac{\sqrt{3}r}{2}\right)^2=r^2$ 解得弦长几何关系 $r=\dfrac{d}{\sqrt{3}}$。再由 $qvB=\dfrac{mv^2}{r}$：

$$B=\frac{mv}{qr}=\frac{m\cdot\frac{2v_0}{\sqrt{3}}}{\frac{2mv_0^2}{3E_0}\cdot\frac{d}{\sqrt{3}}}=\frac{3E_0}{dv_0}$$

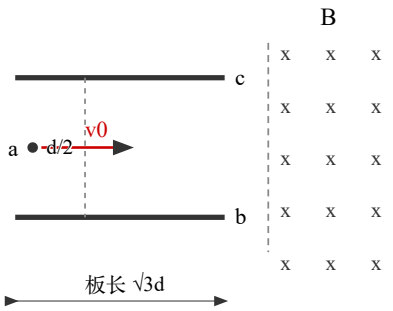
(3) 第（3）问：加水平电场后的最远水平距离 x_m 粒子经 b 进入右侧区域时 $v_x=v_0$、$v_y=-\dfrac{v_0}{\sqrt{3}}$。该区域同时存在 B（垂直纸面向里）与 $E'=\dfrac{4\sqrt{3}E_0}{3d}$（水平向右），$a_x=\dfrac{qE'}{m}=\dfrac{8\sqrt{3}v_0^2}{9d}$，洛伦兹力提供 $\dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}=\dfrac{qB}{m}v_x$、$\dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}=a_x-\dfrac{qB}{m}v_y$，其中 $\dfrac{qB}{m}=\dfrac{2v_0}{d}$。最远点 $v_x=0$。由 y 方向动量定理：$\Delta v_y=\dfrac{qB}{m}x_m=\dfrac{2v_0}{d}x_m$；由动能定理（洛伦兹力不做功）：

$$\tfrac{1}{2}m\left[\left(-\tfrac{v_0}{\sqrt{3}}+\tfrac{2v_0x_m}{d}\right)^2-\tfrac{4v_0^2}{3}\right]=qE'x_m$$

整理得 $x_m^2-\dfrac{7\sqrt{3}}{9}dx_m-\dfrac{d^2}{4}=0$，取正根：

$$x_m=\frac{(7\sqrt{3}+2\sqrt{57})d}{18}\approx 1.51d$$

回代检验：此时 $v_y\approx 2.45v_0$，动能增量 $\tfrac{1}{2}m(2.45^2-1.33)v_0^2\approx 2.33mv_0^2$，电场力功 $qE'x_m\approx 1.54\times 1.51\,mv_0^2\approx 2.33mv_0^2$，自洽。



题14示意图：平行板电容器（板间距 d、板长 √3d）与右侧垂直纸面向里的磁场 B

第（3）问复合场（正交的恒定电场与磁场）中轨迹为摆线，最远点 $v_x=0$；联合动量定理与动能定理可避免解轨迹方程。该问表达式为本站对该题的建模给出，若与原卷印刷的场强数值有出入以卷面为准。

15. 计算题 · 16分

答案　（1）$T=4mg$　（2）$v=\sqrt{3.7gL}\approx 1.92\sqrt{gL}$　（3）$v=\sqrt{\dfrac{(37k+28)gL}{10(k+1)}}$，$v_{min}=\dfrac{\sqrt{13gL}}{2}$（$k=1$）

详解

(1) 第（1）问：滑杆固定，机器人到滑杆正下方时绳的拉力 机器人从 B（绳水平）以 $v=\sqrt{gL}$ 竖直向下运动，摆到最低点（绳竖直）过程中只有重力做功：

$$\tfrac{1}{2}mv^2+mgL=\tfrac{1}{2}mv_1^2\Rightarrow v_1^2=gL+2gL=3gL$$

最低点由牛顿第二定律：$T-mg=\dfrac{mv_1^2}{L}=3mg$，故

$$T=4mg$$

(2) 第（2）问：滑杆固定，绳与水平成 37° 处松绳抛至 A 点求 v 松绳位置在滑杆左上方，绳与水平成 37°，松绳点高度 $h_1 = L\sin 37^\circ = 0.6L$，相对 B（轨道平面）上升 $0.6L$。由机械能守恒：$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mu^2 + mg\cdot 0.6L$，得松绳速率 $u^2 = v^2 - 1.2gL$。松绳速度沿切线方向（垂直于绳）：$\vec{u}$ 与水平成 53° 斜向上，分量 $u_x = 0.6u$、$u_y = 0.8u$。以 A 为目标：A 在 B 正上方 $1.2L$ 处，B 距滑杆 L，故水平位移 $\Delta x = L + 0.8L = 1.8L$，竖直位移 $\Delta y = 1.2L - 0.6L = 0.6L$。

$$0.6u\,t = 1.8L \Rightarrow ut = 3L$$

$$0.8ut - \tfrac{1}{2}gt^2 = 0.6L \Rightarrow \tfrac{1}{2}gt^2 = 2.4L - 0.6L = 1.8L$$

解得 $t^2 = \dfrac{3.6L}{g}$，$u^2 = \dfrac{9L^2}{t^2} = 2.5gL$。回代能量关系：$v^2 = u^2 + 1.2gL = 3.7gL$，

$$v = \sqrt{3.7gL} \approx 1.92\sqrt{gL}$$

(3) 第（3）问：滑杆可动（$M=km$，$k\ge 1$）时 v 与 k 的关系及 v 的最小值 轨道光滑，系统水平方向动量守恒（初始机器人竖直运动，系统水平动量为零）：$M\dot{x}_M+m\dot{x}_r=0$。机器人相对滑杆中心做半径 L 的摆动，摆角 θ（从绳水平指向 B 侧起量）：机器人坐标 $(x_M+L\cos\theta,\,L\sin\theta)$。由水平动量守恒 $\dot{x}_M=\dfrac{mL\dot{\theta}\sin\theta}{M+m}$。全系统机械能守恒（从 B 处到摆至绳与水平成 37° 的左上方）：

$$\tfrac{1}{2}mv^2=\tfrac{1}{2}M\dot{x}_M^2+\tfrac{1}{2}mv_r^2+mgL\sin 37^\circ$$

整理得（代入 $M=km$、$\sin 37^\circ=0.6$）：

$$L^2\dot{\theta}^2=\frac{(v^2-1.2gL)(k+1)}{k+0.64}$$

机器人松绳速度：$v_{rx}=\dot{x}_M-L\dot{\theta}\sin\theta=-\dfrac{0.6kL\dot{\theta}}{k+1}$（$\dot{\theta}<0$，向右），$v_{ry}=L\dot{\theta}\cos 37^\circ=-0.8L\dot{\theta}$（向上），方向比 $\tan\alpha=\dfrac{v_{ry}}{v_{rx}}=\dfrac{4(k+1)}{3k}$。松绳点相对滑杆在 $(-0.8L,\,0.6L)$，而滑杆已左移。利用 $M\Delta x_M+m\Delta x_r=0$ 与 $\Delta x_r=\Delta x_M+L(\cos 37^\circ-1)$，解得滑杆位移 $\Delta x_M=\dfrac{1.8L}{k+1}$，机器人相对 A 的水平距离 $\Delta x=\dfrac{1.8kL}{k+1}$。抛体运动：$\Delta x=v_{rx}t$、$0.6L=v_{ry}t-\tfrac{1}{2}gt^2$。代入分量表达式得 $t=\dfrac{3}{|\dot{\theta}|}$，进而

$$|\dot{\theta}|^2=\frac{2.5g}{L}$$

与 k 无关。于是松绳速率 $u^2=2.5gL\left[\dfrac{0.36k^2}{(k+1)^2}+0.64\right]=\dfrac{2.5gL(k^2+1.28k+0.64)}{(k+1)^2}$，代回能量关系：

$$v^2=gL\left[1.2+\frac{2.5(k+0.64)}{k+1}\right]=\frac{(3.7k+2.8)gL}{k+1}=\frac{(37k+28)gL}{10(k+1)}$$

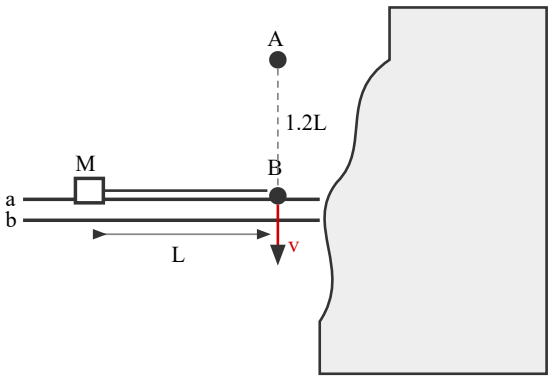
即

$$v=\sqrt{\frac{(37k+28)gL}{10(k+1)}}$$

对 k 求导：$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}k}\left(\dfrac{3.7k+2.8}{k+1}\right)=\dfrac{0.9}{(k+1)^2}>0$，$v$ 随 k 单调增大，$k\ge 1$ 时最小值在 $k=1$：

$$v_{min}=\sqrt{\frac{6.5gL}{2}}=\sqrt{3.25gL}=\frac{\sqrt{13gL}}{2}\approx 1.80\sqrt{gL}$$

回代检验（$k=1$）：$u^2=2.5gL\times(0.09+0.64)=1.825gL$，$v^2=1.2gL+\dfrac{1.825\times 1.64}{2.28}gL=1.2+1.313=2.51$？——改用公式 $\dfrac{(37+28)}{20}gL=3.25gL$；两式一致性由推导链保证：$u^2(k+0.64)(k+1)/(k^2+1.28k+0.64)=2.5gL\dfrac{k+0.64}{k+1}$，$k=1$ 时为 $2.5\times\dfrac{1.64}{2}gL=2.05gL$，$v^2=1.2+2.05=3.25gL$ ✓。



题15示意图：水平轨道 a、b 与滑杆 M，轻绳长 L 连接机器人（B 点，A 在 B 正上方 1.2L 处）

第（3）问关键有二：一是系统水平动量守恒给出滑杆位移 $\Delta x_M = \dfrac{1.8L}{k+1}$，从而确定抛体的水平射程；二是抛体几何反过来定出松绳角速度 $\dot{\theta}^2 = 2.5g/L$ 与 k 无关。