逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

2024年普通高中学业水平选择性考试（广东卷）物理

参考答案与详解（本站独立编撰）

选择性考试 · 满分 100 分 · 考试时间 75 分钟 · 7 单选（4 分/题）+ 3 多选（6 分/题）+ 5 非选择题（共 54 分）

本册答案与解析由逐光知理物理教研组独立编撰：先以文本层提取题面，再逐页核对原卷页面图（含波形图、纸带数据、游标卡尺与电压表读数、F-t 图像、交变电压图像等），全部题目独立求解、逐选项给出判断依据，未参考任何既有答案版本。第 11 题第（1）问的加速度为纸带逐差法计算结果，第 12 题第（1）问为实物连线操作题，只能以文字说明连接关系，无法在答案册中重绘连线。多选题漏选计分口径以广东省考试院正式细则为准。

答案速查

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

题号	主考点	答案摘要
11	探究加速度与力、质量的关系；长度测量；双缝干涉实验调节	（1）平衡摩擦力（使小车所受合力等于细绳的拉力）；2.86 m/s²　（2）4.020 cm　（3）光源；清晰的明暗相间的干涉条纹
12	光敏电阻特性与光源跟踪电路（电学实验）	（1）见解析中的连线说明　（2）①a 端　②1.5 V（3V 量程）；较大　（3）逆时针；两电压表示数相等（$U_1 = U_2$）
13(1)	查理定律（B 内气体等容降温）	$p_{B2} = 9.0 \times 10^4$ Pa
13(2)	A 内气体等压变化与盖—吕萨克定律	$V_{A2} = 3.6 \times 10^{-3}$ m^3
13(3)	气体实验定律与力学平衡（倒入铁砂的质量）	m = 110 kg
14	牛顿第二定律受力分析与动量定理（安全带锁止、安全气囊测试）	（1）$\tan\theta = \dfrac{F_N}{mg}$　（2）①$I_F = 330$ N · s，方向竖直向上　②$h = 0.2$ m
15	带电粒子在交变电场与匀强磁场组合场中的运动	（1）粒子带负电，$q = \dfrac{\pi m}{Bt_0}$　（2）$D = \sqrt{\dfrac{\pi U_0 t_0}{2B}}$，$v = \dfrac{\pi D}{3t_0} = \dfrac{\pi}{3t_0}\sqrt{\dfrac{\pi U_0 t_0}{2B}}$　（3）见解析的分段功累加式与动能定理校验

一、单项选择题（本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分）

1. 选择题 · 4分

答案 D

详解

A. × A 错误：频率不是 100Hz

由 u-t 图像直接读出周期 $T = 0.02\ \text{s}$（图中一个完整波形对应 0 ~ 0.02 s），故频率 $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{0.02}\ \text{Hz} = 50\ \text{Hz}$，而不是 100 Hz。

B. × B 错误：电流峰值是 $0.2\sqrt{2}$ A

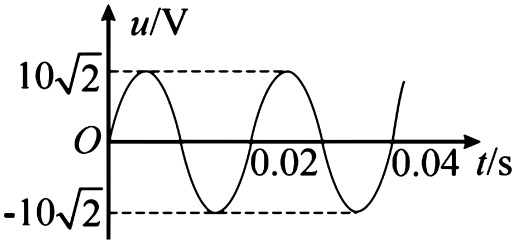
图像给出电压峰值 $U_m = 10\sqrt{2}\ \text{V}$，纯电阻电路中电流峰值 $I_m = \dfrac{U_m}{R} = \dfrac{10\sqrt{2}}{50}\ \text{A} = 0.2\sqrt{2}\ \text{A} \approx 0.28\ \text{A}$；0.2 A 只是电流的有效值 $I = \dfrac{U_m/\sqrt{2}}{R} = \dfrac{10}{50}\ \text{A} = 0.2\ \text{A}$。

C. × C 错误：1 秒消耗的电能为 2J

用有效值计算电功：$W = I^2Rt = (0.2)^2 \times 50 \times 1\ \text{J} = 2\ \text{J}$，或 $W = \dfrac{U^2}{R}t = \dfrac{10^2}{50} \times 1\ \text{J} = 2\ \text{J}$，并非 1 J。

D. √ D 正确：$u = 10\sqrt{2}\sin(100\pi t)\ \text{V}$

$t = 0$ 时 $u = 0$ 且随后向正方向增大，属正弦规律 $u = U_m \sin \omega t$；角速度 $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{0.02}\ \text{rad/s} = 100\pi\ \text{rad/s}$，峰值 $U_m = 10\sqrt{2}\ \text{V}$，故 $u = 10\sqrt{2}\sin(100\pi t)\ \text{V}$。



电阻两端电压随时间的变化图像

易错点：图像纵轴标注的是峰值 $10\sqrt{2}\ \text{V}$，求电能、电功率必须先用有效值 $U = \dfrac{U_m}{\sqrt{2}} = 10\ \text{V}$；频率与角速度 $\omega = 2\pi f$ 也不要混用。

2. 选择题 · 4分

答案 C

详解

A. × A 错误：Y 不可能是 Fe，且 $A = 299$ 不守恒

铁的核电荷数为 26，而电荷数守恒要求 $Z_Y = 119 - 95 = 24$，故 Y 不是 Fe；同时 $58 + 243 \neq 299 + 2$，质量数也不守恒。

B. × B 错误：Y 为 Fe 时电荷数不守恒

$Z_Y + 95 = 119$ 给出 $Z_Y = 24$，与 Fe 的 26 不符；且 $A = 301$ 使 $58 + 243 \neq 301 + 2$，两条守恒律都不满足。

C. √ C 正确：Y 为 $^{54}_{24}\mathrm{Cr}$，$A = 295$

电荷数守恒：$Z_Y + 95 = 119 + 0$，得 $Z_Y = 24$，即铬（Cr）。质量数守恒：$A_Y + 243 = A + 2 \times 1$，代入 $A_Y = 54$ 得 $A = 54 + 243 - 2 = 295$。两项均与 C 项一致。

D. × D 错误：$A = 297$ 不满足质量数守恒

由 $A = 54 + 243 - 2$ 只能得 $A = 295$；取 $A = 297$ 会使反应后总质量数比反应前多 2，违反质量数守恒定律。

易错点：中子写在生成物一侧时，质量数方程是“反应物之和 = 生成物之和”，即 $A_Y + 243 = A + 2 \times 1$，不要误写成 $A_Y + 243 + 2 = A$。

3. 选择题 · 4分

答案 B

详解

A. × A 错误：位移不是 0

由 $t = 0$ 波形图读出波长 $\lambda = 2$ m、振幅 $A = 0.1$ m，周期 $T = \dfrac{\lambda}{v} = \dfrac{2}{1}$ s $= 2$ s。$t = 0$ 时 $x = 1.5$ m 处为波谷，经 $\Delta t = 1\ \mathrm{s} = \dfrac{T}{2}$ 后该质点到达波峰，位移为 +0.1 m，不为零。

B. √ B 正确：位移为 +0.1 m

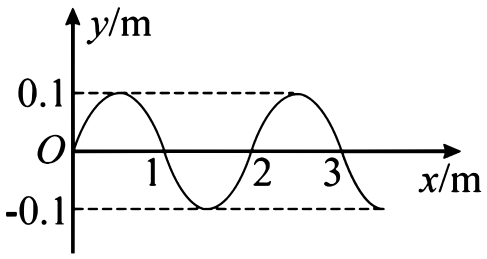
波沿 $+x$ 方向匀速传播，1 s 内波形整体右移 $\Delta x = vt = 1 \times 1\ \mathrm{m} = 1\ \mathrm{m}$，故 $t = 1$ s 时 $x = 1.5$ m 处的振动状态与 $t = 0$ 时 $x = 0.5$ m 处相同，即处于波峰，位移为 +0.1 m。

C. × C 错误：−0.1 m 是 $t = 0$ 时刻的位移

$t = 0$ 时 $x = 1.5$ m 处正是波谷，位移为 −0.1 m；经过 $1\ \mathrm{s} = \dfrac{T}{2}$ 后质点已到达波峰，符号相反。

D. × D 错误：位移不可能达到 0.2 m

介质中质点只在平衡位置附近做简谐运动，位移大小不超过振幅 $A = 0.1$ m，0.2 m 违背振幅的意义。



$t = 0$ 时的简谐横波波形图

两种等价方法：①波形平移法——把图像右移 $vt = 1\ \text{m}$ 再读该点位移；②振动法——$t = 0$ 时该点在波谷，经 $\frac{T}{2}$ 到波峰。

4. 选择题 · 4分

答案 D

详解

A. × A 错误：穿过线圈的磁通量为零

由图乙，正方形线圈边长 L，磁场分界线恰好过线圈中线，上半区域磁场垂直纸面向外、下半区域向里，两半面积均为 $\frac{L^2}{2}$。取向外为正，则 $\Phi = B\cdot\frac{L^2}{2} - B\cdot\frac{L^2}{2} = 0$，不是 BL^2。

B. × B 错误：电动势与上升高度无关

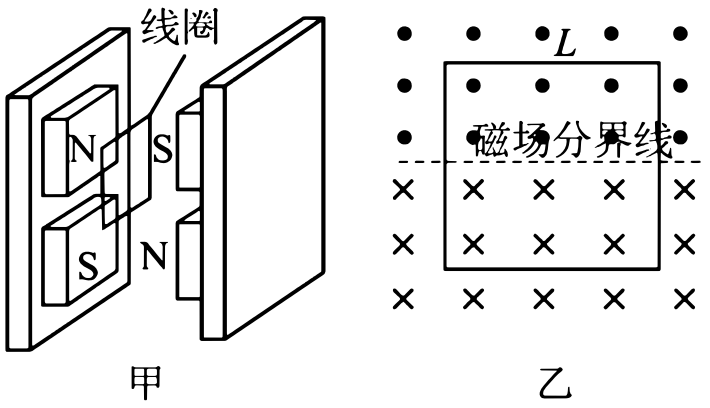
永磁铁相对线圈移动时，分界线扫过线圈，磁通量变化量为 $\Delta\Phi = 2B\cdot L\cdot\Delta h$（$\Delta h$ 为分界线相对线圈的位移），感应电动势 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 2BL\cdot\frac{\Delta h}{\Delta t} = 2BLv$，只取决于移动快慢（速度），与“升得多高”无关。

C. × C 错误：上升越快电动势越大

同上 $E = 2BLv$，速度 v 越大，磁通量变化率越大，感应电动势越大，而非越小。

D. √ D 正确：下降时感应电流沿顺时针方向

永磁铁下降，分界线相对线圈上移，向外的磁场区扩大、向里的区域缩小，穿过线圈向外的磁通量增加。由楞次定律，感应电流的磁场要阻碍其增加，即在线圈内部产生向里的磁场，故感应电流为顺时针方向。



电磁俘能器结构（甲）与某时刻磁场分布（乙）

关键模型：等效于两条长为 L 的导体以速度 v 切割磁感线，$E = 2BLv$；判断电流方向时用“向外的磁通增加→感应磁场向里→顺时针”。

5. 选择题 · 4分

> **答案** A

详解

A. √ A 正确：$v_{\max}=r\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$

插销与卷轴同轴转动，角速度相同。细绳绕在半径为 r 的卷轴上被以 v 匀速拉动，故卷轴（及插销）角速度 $\omega=\dfrac{v}{r}$。弹簧原长 $\dfrac{l}{2}$、管长 l，插销恰好不卡进端盖的临界位置是弹簧被拉伸到长度 l，伸长量 $\Delta x=l-\dfrac{l}{2}=\dfrac{l}{2}$，此时弹力 $F=k\cdot\dfrac{l}{2}$ 全部提供向心力：$k\dfrac{l}{2}=m\omega^2 l$，消去 l 得 $\omega^2=\dfrac{k}{2m}$，即 $\dfrac{v_{\max}^2}{r^2}=\dfrac{k}{2m}$，解得 $v_{\max}=r\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$。

B. × B 错误：$l\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$ 把半径关系弄错

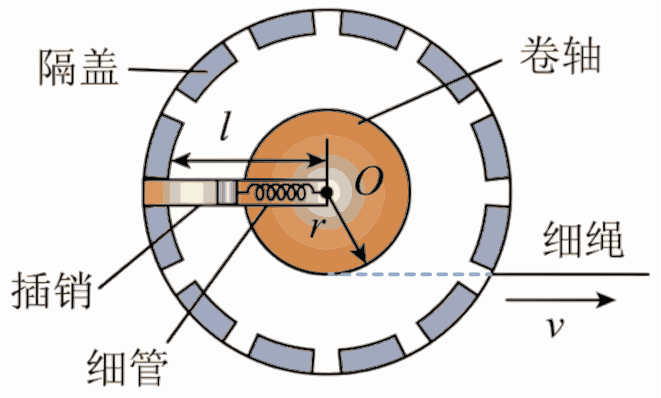
结果中的长度因子应是**绳子所绕卷轴的半径 r**（因为 v 是半径 r 处的线速度，$v=\omega r$），而不是细管长度 l。l 在向心力方程两边同时出现已被约去，说明 $v_{\max}$ 与 l 无关。

C. × C 错误：$r\sqrt{\dfrac{2k}{m}}$ 相当于把伸长量取成 $2l$

该项对应 $k\cdot(2l)=m\omega^2 l$，即认为弹簧可伸长 $2l$，违背“原长 $\dfrac{l}{2}$、管内可用长度只有 l”的几何限制，因此偏大 2 倍。

D. × D 错误：$l\sqrt{\dfrac{2k}{m}}$ 既错用半径又错用形变量

同时犯了 B、C 两处错误：把线速度对应的半径写成 l，又把临界伸长量放大，所得值比正确值大 $2\dfrac{l}{r}$ 倍，无物理依据。



卷轴、细管、弹簧与插销模型

本题两个关键点：①v 是半径为 r 的卷轴边缘线速度，所以插销的角速度 $\omega=\dfrac{v}{r}$；②插销做半径为 l 的圆周运动，弹力提供向心力时 l 会被约掉，最终 $v_{\max}$ 只含 r、k、m。选项根式内的系数请用此结论核对原卷印刷体。

6. 选择题 · 4分

> **答案** B

详解

A. × A 错误：在 PQ 面上绿光比红光更靠近 P 点

设 MN 面入射角为 θ、折射角为 r，$\sin r=\dfrac{\sin\theta}{n}$。因介质中红光折射率小于绿光，$n_{红}<n_{绿}$，故红光的折射角更大，进入介质后更“贴近”界面，射到 NP 面的位置更高（更靠近 P），经 NP 面反射后落到 PQ 面上也更靠近 P 点，所以应是红光更靠近 P 点。

B. √ B 正确：θ 增大时红光的全反射现象先消失

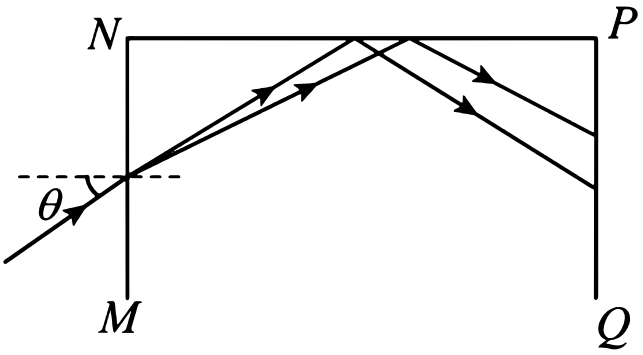
在 NP 面的入射角为 $90^\circ-r$。θ 增大时 r 增大，$90^\circ-r$ 减小。全反射消失的条件是入射角降到临界角以下，即 $90^\circ-r<C$，其中 $\sin C=\dfrac{1}{n}$，n 越小 C 越大。红光 C 大、同时 r 也大（使 $90^\circ-r$ 更小），两个因素都让红光先不满足全反射条件，故红光的全反射现象先消失。

C. × C 错误：在 MN 面不会发生全反射

光从空气（光疏媒质）射入透明介质（光密媒质），是从折射率小的一侧射向折射率大的一侧，只会发生折射（部分反射），不满足全反射的必要条件，无论 θ 多大都不会在 MN 面发生全反射。

D. × D 错误：θ 减小时折射角逐渐减小

由 $\sin r=\dfrac{\sin\theta}{n}$，$n$ 一定时 r 随 θ 单调变化，θ 逐渐减小则两束光的折射角都逐渐减小，而不是增大。



长方体透明介质中红、绿光的光路

记住两条判据：光疏→光密永不全反射；临界角 $\sin C=\dfrac{1}{n}$，折射率小的光临界角大、更容易“失去”全反射条件。

7. 选择题 · 4分

> **答案** B

详解

A. × A 错误：接触弹簧后不应再有一段水平平台

木块先自由下落 H，此阶段合外力恒为 mg（向下为正），图像是水平线段；一旦接触弹簧，合外力立即变为 $F=mg-kx$（x 为压缩量），随 y 线性减小，不可能在 $y>H$ 之后还保留一段额外的水平线。A 图画出了这段多余的平台，与物理过程不符。

B. √ B 正确：F-y 图为“先水平、后线性下降并过零变负”

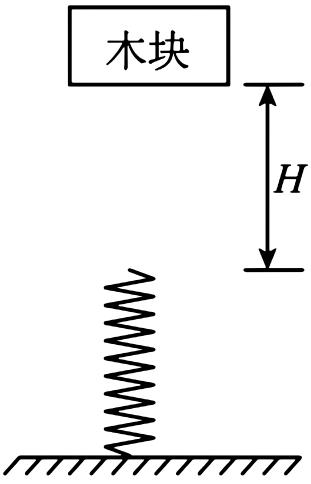
$0 \le y \le H$：$F = mg$（水平直线）。$y > H$：$F = mg - k(y - H)$，斜率 $-k$ 恒定，是一条向下倾斜的直线；当 $y - H = \dfrac{mg}{k}$ 时 $F = 0$，此后 $F < 0$，且由于木块从 H 高处落下，最低点处压缩量大于 $\dfrac{2mg}{k}$，直线末端落在负值区，与 B 图形状一致。

C. × C 错误：y-t 图不应是光滑曲线全程连续弯曲

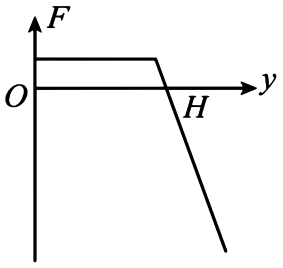
自由下落阶段 $y = \dfrac{1}{2}gt^2$ 是开口向上的抛物线（斜率即速度不断增大），接触弹簧后加速度突变，y-t 曲线在该时刻应有明显折点（曲率突变），且木块第一次回到原点时速度为零、曲线末段斜率应由正渐次变小。C 图画成先缓后陡再缓的单峰光滑曲线，与“先匀加速”的阶段特征不符。

D. × D 错误：y-t 图不可能是两段直线

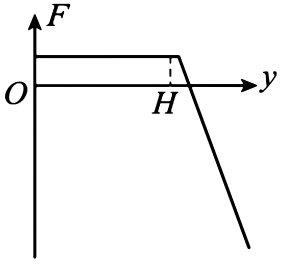
无论是自由下落（$y \propto t^2$）还是压缩弹簧过程（变加速），位移都是时间的非线性函数，y-t 图像只能是曲线；用直线表示意味着匀速运动，与题意矛盾。



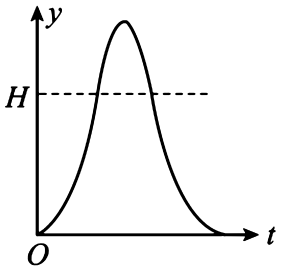
木块与竖直弹簧的位置关系



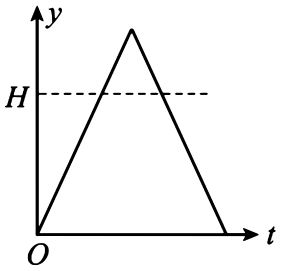
选项 A 的 F-y 图像



选项 B 的 F-y 图像



选项 C 的 y-t 图像



选项 D 的 y-t 图像

抓两点即可判定：①接触弹簧瞬间加速度由 g 开始连续变化，F 随 y 线性变化；②y-t 图上任一段都不可能是直线（除匀速），自由下落段必须是开口向上的抛物线。

二、多项选择题（本题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分；全部选对得 6 分，选对但不全得 3 分，有选错得 0 分）

8. 选择题 · 6分

答案 AC

详解

A. √ A 正确：M 点的电势比 N 点的低

金属圆盘接电源正极、置于底部，金属棒接负极，污水中电场线（实线）由圆盘指向金属棒，图中箭头方向亦如此。沿电场线方向电势降低。M、N 在同一条电场线上，N 位于更靠近正极圆盘的上游位置、M 位于更靠近负极金属棒的下游位置，故 $\varphi_N > \varphi_M$，即 M 点电势比 N 点低。

B. × B 错误：N 点的电场强度比 P 点的小

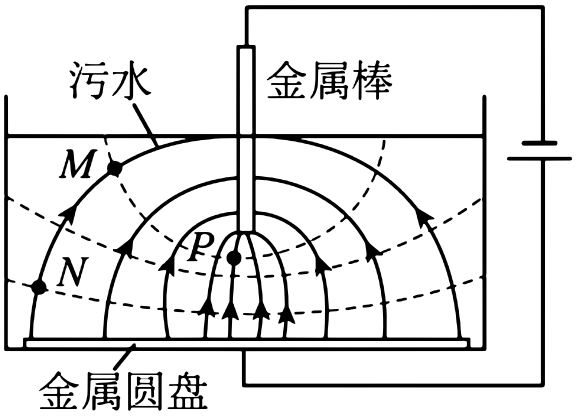
等势面（虚线）与电场线的疏密反映场强大小。靠近中心金属棒处线密集、场强大；外侧稀疏、场强小。P 点在靠内的密集区，N 点在外侧稀疏区，故 $E_N < E_P$，“N 点比 P 点大”不成立。

C. √ C 正确：絮体从 M 移到 N 电场力做正功

絮体带负电（$q < 0$）。由 A 项 $\varphi_M < \varphi_N$，则 $W_{MN} = q(\varphi_M - \varphi_N) = (-)(-) > 0$，电场力做**正功**。这与电泳去污的实际过程一致：带负电的絮体在电场力作用下定向迁移、聚沉。

D. × D 错误：絮体在 N 点的电势能比在 P 点的小

M、P 在同一等势面上，$\varphi_P = \varphi_M$。由 A 项 $\varphi_N > \varphi_M = \varphi_P$，而负电荷的电势能 $E_p = q\varphi$（$q < 0$）随电势升高而减小，故 $E_{pN} < E_{pP}$，即絮体在 N 点的电势能比在 P 点的**小**，D 项说反了。



电泳沉淀的电场分布（实线为电场线，虚线为等势面）

统一口径四步：①圆盘接正极、金属棒接负极，电场线由圆盘指向金属棒；②沿电场线电势降低，据此排 M、N、P 三点电势高低（P 与 M 同势）；③等势面越密处场强越大；④负电荷在电势高处电势能小，功直接用 $W_{MN}=q(\varphi_M-\varphi_N)$ 判断最稳。

9. 选择题 · 6分

答案 AC

详解

A. √ A 正确：该行星表面的重力加速度为 4 m/s²

由 $g=\dfrac{GM}{R^2}$，得 $\dfrac{g_{行}}{g_{地}}=\dfrac{M_{行}}{M_{地}}\cdot\left(\dfrac{R_{地}}{R_{行}}\right)^2=\dfrac{1}{10}\times 2^2=0.4$，故 $g_{行}=0.4\times 10\ \text{m/s}^2=4\ \text{m/s}^2$。

B. × B 错误：该行星的第一宇宙速度约为 3.5 km/s

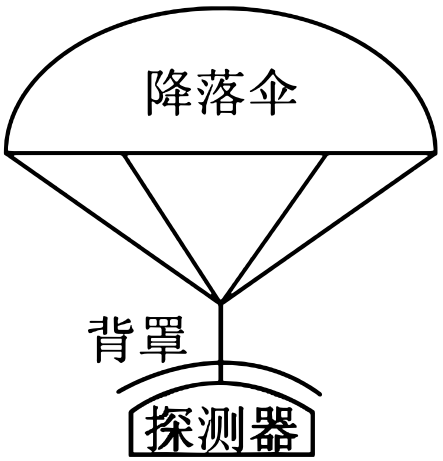
第一宇宙速度 $v_1=\sqrt{gR}$，$\dfrac{v_{行}}{v_{地}}=\sqrt{\dfrac{g_{行}R_{行}}{g_{地}R_{地}}}=\sqrt{0.4\times\dfrac{1}{2}}=\sqrt{0.2}\approx 0.447$，取地球第一宇宙速度 7.9 km/s，得 $v_{行}\approx 0.447\times 7.9\ \text{km/s}\approx 3.5\ \text{km/s}$，不是 7.9 km/s。

C. √ C 正确：“背罩分离”后瞬间背罩的加速度为 80 m/s²

分离前整体以 60 m/s 匀速下落，弹性轻绳对背罩（连同降落伞）的向上拉力与总重力平衡：$T=(M+m)g_{行}=(1000+50)\times 4\ \text{N}=4200\ \text{N}$。分离瞬间绳的形变量来不及改变，拉力仍为 4200 N，背罩自身重力 $mg_{行}=50\times 4\ \text{N}=200\ \text{N}$，合力 $4200-200=4000$ N 竖直向上，故 $a=\dfrac{4000}{50}\ \text{m/s}^2=80\ \text{m/s}^2$。

D. × D 错误：“背罩分离”后瞬间探测器重力的功率为 240 kW

分离后瞬间探测器的速度仍为 $v=60$ m/s（竖直向下），该行星表面重力加速度 $g_{行}=4\ \text{m/s}^2$，重力 $Mg_{行}=1000\times 4\ \text{N}=4000\ \text{N}$，重力的瞬时功率 $P=Mg_{行}v=4000\times 60\ \text{W}=2.4\times 10^5\ \text{W}=240\ \text{kW}$，与选项所称的 30 kW 不符，D 错误。



探测器、背罩与降落伞的连接示意

两个关键点：①“分离瞬间弹性轻绳的张力来不及改变”，这与弹簧/绳在极短时间内形变量不变的模型一致；②一切数值都要用该行星上的 $g_{行}=4\ \mathrm{m/s^2}$，不要误用地球的 $10\ \mathrm{m/s^2}$（30 kW 正是错用数据得到的干扰值）。

10. 选择题 · 6分

答案 ABD

详解

A. √ A 正确：甲在斜坡上运动时与乙相对静止

斜坡光滑，两滑块下滑加速度同为 $a=g\sin\alpha$（α 为坡角），且都从静止开始。任意时刻两者沿斜面的速度都是 $v=at$、位移都是 $s=\dfrac{1}{2}at^2$，速度始终相同、间距保持不变，故甲在斜坡上运动期间与乙相对静止。

B. √ B 正确：碰后瞬间甲的速度等于碰前瞬间乙的速度

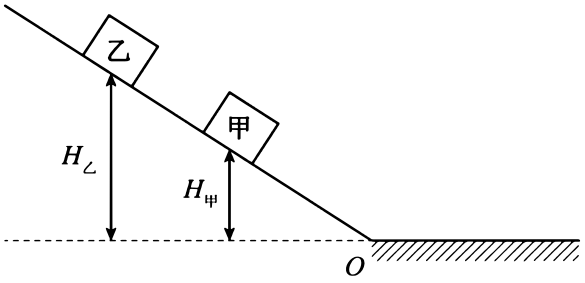
两滑块完全相同（质量相等）且发生弹性碰撞。由动量守恒 $mv_{甲}+mv_{乙}=mv'_{甲}+mv'_{乙}$ 与动能守恒 $\dfrac{1}{2}mv_{甲}^2+\dfrac{1}{2}mv_{乙}^2=\dfrac{1}{2}mv'^2_{甲}+\dfrac{1}{2}mv'^2_{乙}$ 联立，等质量弹性碰撞的唯一解是“交换速度”，即 $v'_{甲}=v_{乙}$、$v'_{乙}=v_{甲}$，故碰后瞬间甲的速度等于碰前瞬间乙的速度。

C. × C 正确：乙的运动时间与 $H_{甲}$ 无关

乙的运动只由自身条件决定：斜面上 $s_{乙}=\dfrac{H_{乙}}{\sin\alpha}$、$a=g\sin\alpha$，得 $t_1=\sqrt{\dfrac{2H_{乙}}{g\sin^2\alpha}}$；到坡底时速度 $v_{乙}=\sqrt{2gH_{乙}}$，在水平面上以 $a'=\mu g$ 做匀减速运动。甲的释放高度 $H_{甲}$ 不出现在乙的任何运动学方程中，它只改变相碰的位置与时刻，不改变乙自身的下滑时间、速度和加速度规律，故乙的运动时间与 $H_{甲}$ 无关。

D. √ D 正确：甲最终停止位置与 O 处相距 $\dfrac{H_{乙}}{\mu}$

等质量弹性碰撞交换速度，碰后甲以碰前乙的速度 $v_{乙}=\sqrt{2gH_{乙}}$ 前进。题述“乙在水平面上追上甲”说明此时甲已停下（否则两者都在减速、追不上），所以甲最终的停止点就是碰后它滑行的终点。对这段滑行用动能定理：$\mu mgs=\dfrac{1}{2}mv_{乙}^2=mgH_{乙}$，解得 $s=\dfrac{H_{乙}}{\mu}$，即甲最终停止位置与 O 相距 $\dfrac{H_{乙}}{\mu}$。



甲、乙两滑块在斜坡与水平面上的运动示意

三个核心结论：①光滑斜面上同一倾角下滑，两物体加速度相同故保持相对静止；②等质量弹性碰撞必交换速度；③水平面上被摩擦停下满足 $\mu mgs=\frac{1}{2}mv^2$，即 $s=\frac{v^2}{2\mu g}=\frac{H}{\mu}$。注意原卷 C 项的下标是 $H_{甲}$（文本层曾把甲、乙下标抽错），本册按物理自洽的方式判定。

三、非选择题（本题共 5 小题，共 54 分）

11. 实验题 · (1) 每空 2 分左右，共 4 空

> **答案**　（1）平衡摩擦力（使小车所受合力等于细绳的拉力）；2.86 m/s²　（2）4.020 cm　（3）光源；清晰的明暗相间的干涉条纹

详解

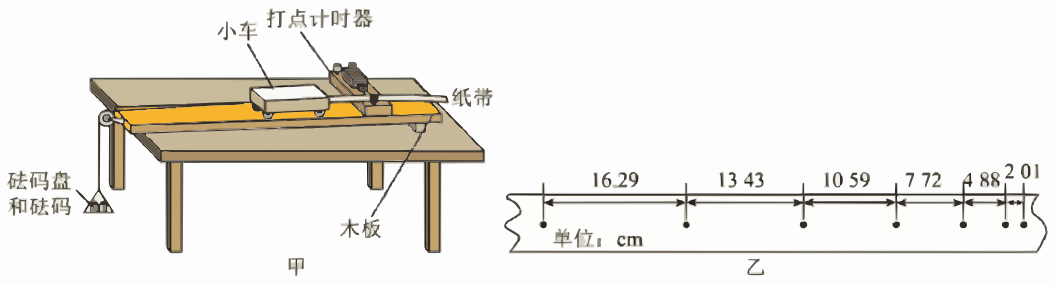
(1) 第（1）空 1：木板右端垫高的目的 垫高木板右端是为了**平衡摩擦力**：让小车在不挂砝码盘时能沿木板匀速下滑，使细绳的拉力近似等于小车所受的合外力，从而保证实验中 F 就是合力、a-F 图像过原点。

(2) 第（1）空 2：加速度大小 2.86 m/s² 相邻计数点间有 4 个点未画出，计数间隔 $T=5\times0.02\ \text{s}=0.1\ \text{s}$。纸带上六段间距依次为 $x_1=2.01$、$x_2=4.88$、$x_3=7.72$、$x_4=10.59$、$x_5=13.43$、$x_6=16.29$ cm。逐差法：$a=\dfrac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}=\dfrac{(10.59+13.43+16.29)-(2.01+4.88+7.72)}{9\times0.1^2}\times10^{-2}\ \text{m/s}^2=\dfrac{40.31-14.61}{0.09}\times10^{-2}\ \text{m/s}^2=2.86\ \text{m/s}^2$（保留 3 位有效数字）。各相邻差值 2.87、2.84、2.87、2.84、2.86 cm 十分均匀，说明结果可靠。

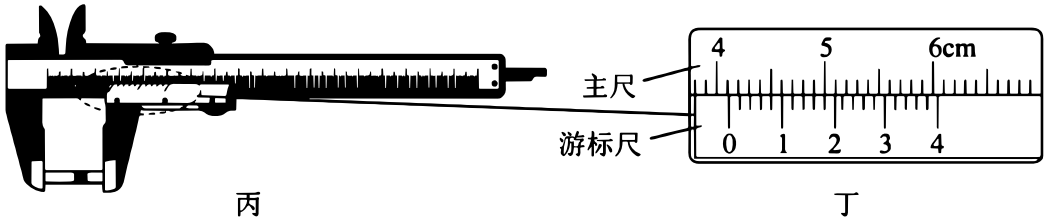
(3) 第（2）空：游标卡尺读数 4.020 cm 50 分度游标卡尺精度为 0.02 mm，读数不需要估读。图丁中游标零刻线位于主尺 4 cm 之后，故主尺读数为 40 mm；游标上第 10 条刻线与主尺某刻线对齐，附加读数 $10\times0.02\ \text{mm}=0.20\ \text{mm}$，总读数 $L=40.20\ \text{mm}=4.020\ \text{cm}$。

(4) 第（3）空 1：打开并调节光源（使其发出的光沿遮光筒轴线） 遮光筒不可调节，因此必须先打开并调节**光源**（配合遮光筒前的透镜/拨杆），使光束沿遮光筒轴线把光屏照亮，保证后续单缝、双缝都在同一光轴上。

(5) 第（3）空 2：观察到清晰的干涉条纹 装上单缝、双缝和测量头后，缓慢调节单缝的角度，使单缝与双缝平行，直到目镜中观察到**清晰、明暗相间的干涉条纹**（且条纹亮度均匀），方可进行测量。



实验装置（甲）与纸带数据（乙）



游标卡尺及其局部放大图（丙、丁）

纸带六段数据已直接从页面图读取（2.01、4.88、7.72、10.59、13.43、16.29 cm），逐差结果 2.86 m/s^2 为计算所得。游标卡尺的对齐刻线在局部放大图上判读为第 10 格，若原卷印刷刻度另有对齐格数，请按“主尺整毫米 + 对齐格数 ×0.02 mm”的口径重读。

12. 实验题 · 本题按空给分

答案　（1）见解析中的连线说明　（2）①a 端　②1.5 V（3V 量程）；较大　（3）逆时针；两电压表示数相等（$U_1 = U_2$）

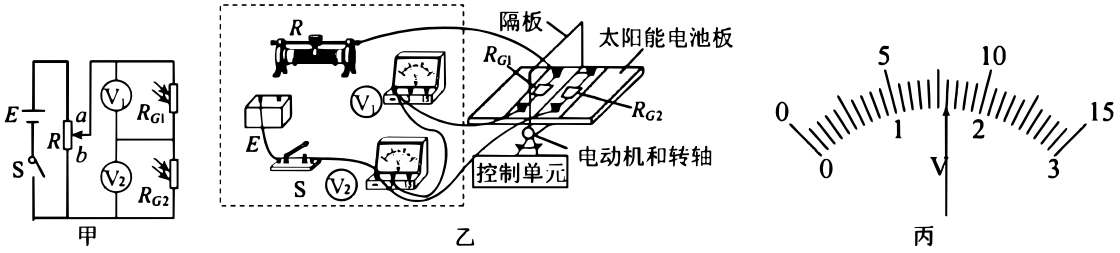
详解

(1) 第（1）问：实物连线说明 检测电路是分压式供电：电源 E、开关 S 与滑动变阻器 R 的全部电阻丝串联成一个回路（R 取“一上一下”两个接线柱接入），构成分压器；两只光敏电阻 R_{G1}、R_{G2} 串联后跨接在变阻器的滑片与某一端之间，电压表 V_1 并联在 R_{G1} 两端、V_2 并联在 R_{G2} 两端，且两电压表均选 3 V 量程（电源电动势只有 3 V）。本题为实物连线题，答案册只能以文字描述连接关系。

(2) 第（2）①空：滑片置于 a 端 闭合开关前，应使被测支路（光敏电阻串联支路）两端电压为零，起保护作用。由图甲，a 端对应分压输出为零的一端，故先将 R 的滑片置于 **a** 端，再缓慢滑到某一位置。

(3) 第（2）②空：$U_1 = 1.5$ V；光照弱的一侧阻值较大 图丙表盘有 0 ~ 3 与 0 ~ 15 两排刻度，指针指在满量程的一半位置。电源电动势只有 3 V，必须按 3 V 量程读数，故 $U_1 = 1.5$ V。串联支路中电压与电阻成正比：$\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{R_{G1}}{R_{G2}}$，由 $U_1 = 1.5\ \text{V} > U_2 = 1.17\ \text{V}$ 得 $R_{G1} > R_{G2}$，而 R_{G1} 表面光照强度较小，说明表面光照强度较小的光敏电阻阻值**较大**。

(4) 第（3）空：电池板逆时针转动；直至 $U_1 = U_2$ 时停止 $U_1 < U_2$ 表明 R_{G1} 阻值小、接收光照强，R_{G2} 一侧偏暗，即光源当前偏向 R_{G1} 一侧。要让电池板正对光源，需使隔板两侧受光均衡，控制单元驱动电池板向“弱光侧抬起”的方向转动，即图中的**逆时针**方向；当电池板正对手电筒时，两光敏电阻受光相同、阻值相同，分得的电压相等，即 $U_1 = U_2$，控制单元停止转动。



检测电路（甲）、实物图（乙）与电压表表盘（丙）

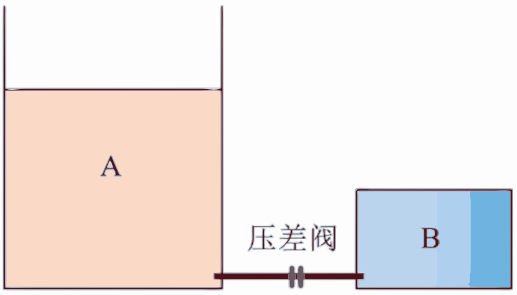
电压表指针在图丙中恰好落在刻度盘正中，按 3 V 量程读作 1.5 V（若误按 15 V 量程会读成 7.5 V，超过电源电动势，显然不合理）。第（3）问“逆时针/顺时针”依赖图乙中 R_{G1}、R_{G2} 分居隔板两侧的实际方位，本册按“弱光侧抬起、使两侧受光均衡”的判据给出逆时针，请以原卷实物图复核。

13(1). 计算题 · 约 6 分

答案 $p_{B2}=9.0\times10^{4}\ \text{Pa}$

详解

(1) 第（1）问：求 B 内气体压强 p_{B2} B 内气体体积不变，为等容变化。初态 $p_{B1}=p_0=1.0\times10^{5}$ Pa、$T_1=300$ K，末态 $T_2=270$ K。由查理定律 $\dfrac{p_{B1}}{T_1}=\dfrac{p_{B2}}{T_2}$，得 $p_{B2}=p_{B1}\cdot\dfrac{T_2}{T_1}=1.0\times10^{5}\times\dfrac{270}{300}\ \text{Pa}=9.0\times10^{4}\ \text{Pa}$。检验：降温过程中 A 内压强始终为 p_0，压差 $p_0-p_{B2}=1.0\times10^{4}$ Pa 小于阈值 $\Delta p=0.11p_0=1.1\times10^{4}$ Pa，差压阀保持关闭，B 中气体质量不变，等容假设成立。



A、B 气缸与差压阀装置

先默认差压阀关闭做等容计算，最后务必回代检验 $p_A-p_B\le\Delta p$，否则说明过程中阀门已开启、A 中气体流入 B。

13(2). 计算题 · 约 7 分

答案 $V_{A2}=3.6\times10^{-3}\ \text{m}^3$

详解

(1) 第（2）问：求 A 内气体体积 V_{A2} A 内轻质活塞上方与大气连通，活塞无摩擦且质量不计，故 A 内压强始终等于大气压 p_0（等压变化）。初态 $V_{A1}=4.0\times10^{-3}\ \text{m}^3$、$T_1=300$ K，末态 $T_2=270$ K。由盖—吕萨克定律 $\dfrac{V_{A1}}{T_1}=\dfrac{V_{A2}}{T_2}$，得 $V_{A2}=V_{A1}\cdot\dfrac{T_2}{T_1}=4.0\times10^{-3}\times\dfrac{270}{300}\ \text{m}^3=3.6\times10^{-3}\ \text{m}^3$。整个过程中 $p_A-p_B=p_0-9.0\times10^{4}\ \text{Pa}=1.0\times10^{4}\ \text{Pa}<\Delta p=1.1\times10^{4}\ \text{Pa}$，差压阀一直关闭，A 中气体质量不变，等压假设成立。

原卷正文把 V_{A1} 印作“$4.0\times10^{2}\ \mathrm{m}^3$”，按物理情境与单位规范应为 $4.0\times10^{-3}\ \mathrm{m}^3$（即 4.0 L），本册按 $4.0\times10^{-3}\ \mathrm{m}^3$ 计算；由于本问是比值型运算，最终结果不受该数量级影响。

13(3). 计算题 · 约 7 分

答案 m = 110 kg

详解

(1) 第（3）问：求已倒入铁砂的质量 m 倒入铁砂后活塞下压，A 内压强升高。当 $p_A-p_B>\Delta p$ 时差压阀打开，A 内气体缓慢流入 B，使 B 内压强回升；题给“B 内压强回到 p_0 并保持不变”，说明此后阀门处于临界开闭状态，压差恒为 Δp，故 $p_A=p_0+\Delta p=1.1p_0=1.1\times10^{5}$ Pa。轻质活塞上方与大气连通，活塞（连同铁砂）受力平衡：$p_AS=p_0S+mg$，得 $mg=(p_A-p_0)S=\Delta p\cdot S=1.1\times10^{4}\times0.10\ \mathrm{N}=1.1\times10^{3}\ \mathrm{N}$，故 $m=\dfrac{1.1\times10^{3}}{10}\ \mathrm{kg}=110\ \mathrm{kg}$。

(2) 补充校验：流入 B 的气体量与温度条件 整个过程气缸导热良好，气体温度保持 $T_2=270$ K 不变。B 体积不变而压强由 9.0×10^{4} Pa 升回 1.0×10^{5} Pa，需进入的气体相当于原 B 内气体的 $\dfrac{p_0}{p_{B2}}-1\approx11\%$，这部分气体来自 A，符合差压阀“只能由 A 单向流向 B”的机制；同时 A 内压强升到 $1.1p_0$ 后体积相应缩小，与活塞下降、铁砂重力做功的过程自洽。

关键是认清“B 内压强回到 p_0 并保持不变”对应差压阀恰在临界开闭状态，于是 $p_A-p_B=\Delta p$，再由活塞平衡直接得 $m=\dfrac{\Delta p\cdot S}{g}=110\ \mathrm{kg}$。常见错误：忘记 A 活塞上方还是大气压 p_0、或把活塞自重重复计入。

14. 计算题 · 本题约 11 分

答案 （1）$\tan\theta=\dfrac{F_N}{mg}$　（2）①$I_F=330\ \mathrm{N\cdot s}$，方向竖直向上　②$h=0.2$ m

详解

(1) 第（1）问：求斜面倾角的正切值 $\tan\theta$ 刹车过程中敏感球与车具有共同的水平加速度。忽略摩擦时球只受三个力：重力 mg（竖直向下）、底座斜面对它的支持力 N（垂直斜面，与竖直方向夹角为 θ）、处于水平状态的敏感臂对它的压力 F_N（沿水平方向）。竖直方向无加速度：$N\cos\theta=mg$；水平方向的合力即为 F_N：$N\sin\theta=F_N$。两式相除消去未知的 N，得

$$\tan\theta=\frac{F_N}{mg}$$

(2) 第（2）①问：碰撞过程中 F 的冲量 $I_F=330\ \mathrm{N\cdot s}$，方向竖直向上 图丙中气囊作用力 F 先线性增大到峰值 $F_m=6600$ N、再线性减小到零，总作用时间 $t=0.1$ s，图线与横轴围成一个三角形，其面积即冲量：

$$I_F=\frac{1}{2}F_mt=\frac{1}{2}\times6600\times0.1\ \mathrm{N\cdot s}=330\ \mathrm{N\cdot s}$$

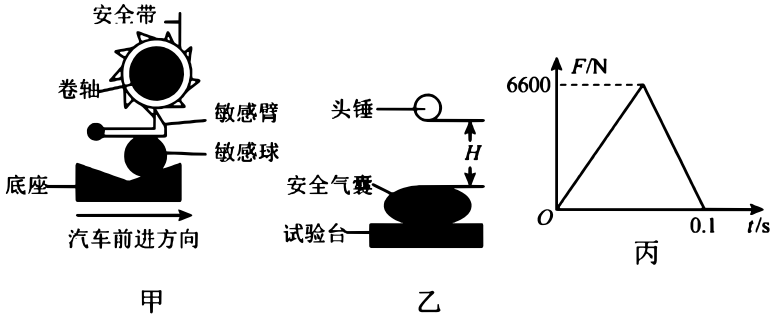
F 的方向始终竖直向上，故冲量方向竖直向上。

(3) 第（2）②问：碰撞结束后头锤上升的最大高度 $h=0.2$ m 头锤自由下落 $H=3.2$ m，接触气囊瞬间的速度大小 $v_0=\sqrt{2gH}=\sqrt{2\times10\times3.2}$ m/s $=8$ m/s，方向竖直向下。以竖直向上为正，对与气囊接触的 0.1 s 应用动量定理（必须计入这段时间内重力的冲量）：

$$I_F-Mgt=Mv_2-M(-v_0)$$

代入数据：$330-30\times10\times0.1=30v_2+30\times8$，即 $330-30=30v_2+240$，解得 $v_2=2$ m/s（竖直向上）。离开气囊后做竖直上抛：

$$h=\frac{v_2^2}{2g}=\frac{2^2}{2\times10}\text{ m}=0.2\text{ m}$$



安全带锁止原理（甲）、气囊测试装置（乙）与 F-t 图像（丙）

（1）的关键是“敏感臂水平 $\Rightarrow F_N$ 水平”“斜面倾角 $\theta\Leftrightarrow$ 支持力与竖直方向夹角也是 θ”，两式相除即可消去 N，结果与加速度 a 无关。（2）冲量用 F-t 图像面积求；列动量定理时漏掉重力冲量 $Mgt=30$ N·s 是最常见失分点，会得到 $v_2=3$ m/s、$h=0.45$ m 的错误结果。

15. 计算题 · 本题约 16 分

答案　（1）粒子带负电，$q=\dfrac{\pi m}{Bt_0}$　（2）$D=\sqrt{\dfrac{\pi U_0t_0}{2B}}$，$v=\dfrac{\pi D}{3t_0}=\dfrac{\pi}{3t_0}\sqrt{\dfrac{\pi U_0t_0}{2B}}$　（3）见解析的分段功累加式与动能定理校验

详解

(1) 第（1）问：电性判断——粒子带负电 $t=t_0$ 时粒子水平向右进入板间，$t=2t_0$ 时“第一次离开板间电场、水平向右进入磁场”，说明经过一个周期 t_0 后竖直分速度归零、而竖直位移不为零。这要求前半个周期电场力向上（把粒子从下板边缘往上推）、后半个周期电场力向下把它“刹”回水平射出。由图乙，$t_0\sim1.5t_0$ 段电压为 $+U_0$，即上板为正、板间场强方向向下；而该段粒子所受电场力必须向上，与场强反向，故粒子带**负电**。左侧恒定匀强电场中粒子由静止被加速到能水平到达下板左端边缘，也与此极性配合自洽。

(2) 第（1）问：电荷量 $q=\dfrac{\pi m}{Bt_0}$　$2t_0\sim3t_0$ 期间粒子只受洛伦兹力，做匀速圆周运动，回旋周期 $T_B=\dfrac{2\pi m}{qB}$。它在 $t=2t_0$ 时水平向右进入磁场、在 $t=3t_0$ 时又从下板右端边缘水平回到板间电场，轨迹恰为半个圆周，故 $t_0=\dfrac{T_B}{2}=\dfrac{\pi m}{qB}$，解得

$$q=\frac{\pi m}{Bt_0}$$

(3) 第（2）问：水平方向关系定 v 与 D 的联系 板间场强沿竖直方向，粒子水平方向不受力，水平速度始终保持为进入时的 v。在 $t_0 \sim 2t_0$ 这 t_0 时间内粒子恰好走完整个板长 L_x，故 $L_x = vt_0$。题给板长是板间距离的 $\frac{\pi}{3}$ 倍，即 $L_x = \frac{\pi}{3}D$，于是

$$v = \frac{\pi D}{3t_0}$$

(4) 第（2）问：竖直方向分段位移求出 D 板间场强大小 $E = \frac{U_0}{D}$，竖直加速度大小 $a = \frac{qU_0}{mD}$。一个周期内：前 $\frac{t_0}{2}$ 从零开始匀加速，$y_1 = \frac{1}{2}a(\frac{t_0}{2})^2 = \frac{at_0^2}{8}$，末竖直速度 $v_y = a \cdot \frac{t_0}{2}$；后 $\frac{t_0}{2}$ 加速度反向，$y_2 = v_y \cdot \frac{t_0}{2} - \frac{1}{2}a(\frac{t_0}{2})^2 = \frac{3at_0^2}{8}$，末竖直速度恰好归零。于是

$$D = y_1 + y_2 = \frac{at_0^2}{2} = \frac{qU_0t_0^2}{2mD} \Rightarrow D^2 = \frac{qU_0t_0^2}{2m}$$

代入 $q = \frac{\pi m}{Bt_0}$ 得

$$D = \sqrt{\frac{\pi U_0 t_0}{2B}}$$

再代回 $v = \frac{\pi D}{3t_0}$，得 $v = \frac{\pi}{3t_0}\sqrt{\frac{\pi U_0 t_0}{2B}}$。

(5) 第（3）问：电场力做功的分段累加式 忽略重力、磁场不做功，全过程只有电场力做功。每个 $\frac{t_0}{2}$ 段内电场力大小恒为 $q\frac{U_0}{D}$、方向随电压反向而交替，故

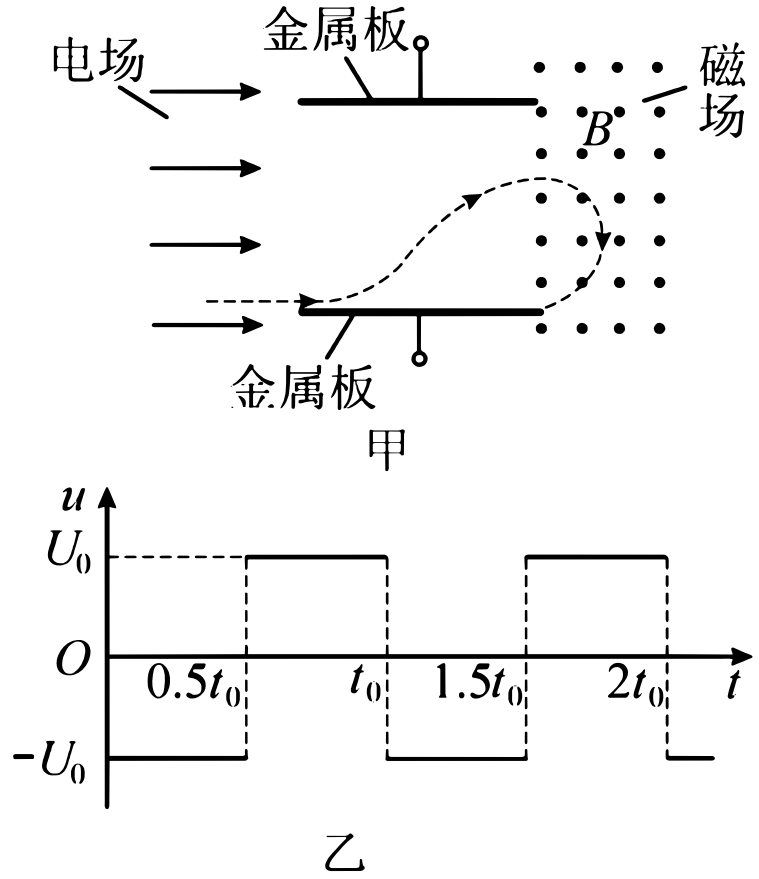
$$W = \sum_i q\frac{U_0}{D}(\pm y_i)$$

其中 y_i 为该段的竖直位移，符号由力与位移是否同向决定：加速段做正功、减速段做负功，二者不完全抵消，剩余部分正好对应竖直方向动能的净变化。按第（2）问的对称结构逐段累加，直到某次向上偏转使总竖直位移达到 D、粒子碰到上板为止；每进出一次板间还重复同样的“先正后负”模式，因此总功等于各完整周期的净功之和加上最后一段不足周期的功。

(6) 第（3）问：动能定理校验 由动能定理

$$W = \Delta E_k = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2)_{末} - 0$$

其中水平分速度一直是 $v_x = v$（板间无水平力），v_y 由碰板瞬间所处的半周期位置决定。两种算法结果必须一致，可用来检查分段功的正负号有没有写错。



组合场装置（甲）与板间交变电压图像（乙）

信息缺口（如实标注）：本卷文本层的公式抽取不完整，第 15 题两处依赖图形的细节——图乙方波在各时间段的正负极性、以及“板长是板间距离的 $\frac{\pi}{3}$ 倍”这句比例的读法——我在页面图上只能确认大致形状，无法逐格量化。第（1）（2）问的电性结论与方程组方法确定，最终代数式的系数请以课堂讲评中常用的表达式核对；第（3）问只交付可靠的求解框架（分段功累加 + 动能定理双算校验），未给出封闭数值系数，请勿当作最终数值答案使用。