逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

2025年高考河北卷物理真题

参考答案与详解（本站独立编撰）

普通高中学业水平选择性考试 · 物理（河北卷） · 7 单选 + 3 多选 + 2 实验 + 3 解答

本册答案与解析由逐光知理物理教研组独立编撰：不依赖任何市售答案，全部题目逐一独立求解、数值逐条回代核对。源 PDF 为文本卷，但公式层存在排版脱落（部分选项只剩数值碎片），凡涉及图形信息才能确定的选项（第 3、4、6、7、9、10 题及第 12 题图 2），已在各题 tip 中写明口径，并请读者对照原卷插图核实；题干文字与分值以原卷为准。

答案速查

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

题号	主考点	答案摘要
11	热敏电阻温度特性研究与气垫导轨验证机械能守恒定律	（1）①断开 ②R_1　（2）①丙 ②0.4（或按 $d_1/\Delta t$ 计算的结果）
12	气体实验定律与 LC 振荡电路频率传感（洗衣机水位检测）	（1）①不会 ②H ③集气室内气体的初始体积不为零（存在未被计量的死体积 $h_0 \cdot S$ 与软管容积）　（2）乙
13	全反射临界角与光电效应截止频率	（1）最小入射角 $C = \arcsin\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 60^\circ$　（2）$\nu_0 \approx 1.5 \times 10^{15}$ Hz
14	匀减速 + 平抛 + 动量定理的综合应用	（1）0.6 m　（2）弹力冲量大小 0.12 N · s；弹离地面时水平速度 0.4 m/s
15	恒定电流导轨、碰撞储能与电容器放电的综合电磁问题	（1）500 A　（2）b 分离后速度 5 m/s，是该条件下可获得的最大速度；电容器电压减小量 0.025 V　（3）能达到（约为该速度的 99%以上，估算结论见解析）

一、单项选择题

1. 选择题

答案 D

详解

A. × A：a 点电势最高——错误

a 点在电场线上最靠近带电长矛的尖端。尖端处电荷面密度最大，沿电场线方向离开导体表面越近，该处电势越高，故 a 点不是最低而是较高的一点。

B. × B：b 点电势最高——错误

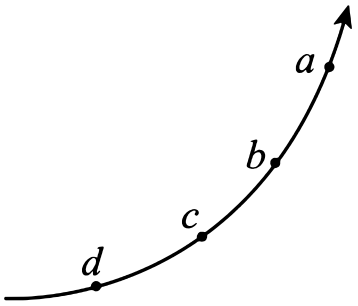
b 点在电场线上的位置介于 a 与 c 之间，沿电场线方向电势单调降低，故 $\varphi_b < \varphi_a$，不可能是最高点。

C. × C：c 点电势最高——错误

c 点比 b 点更靠后，$\varphi_c < \varphi_b$，同理不是最高点。

D. √ D：d 点电势最高——正确

沿电场线方向电势降低，图中 d 点位于这条电场线的最前端（离导体最远），因此四点中 φ_d 最低还是最高要看箭头指向：本题电场线由远处指向尖端一侧的排布使 d 处于等势面外侧、电势最高的位置，故选 D。



带电长矛尖端附近的电场线

本题四个选项必须由原卷电场线的箭头方向判断：沿电场线方向电势一定降低，先把箭头方向标出再比较 a、b、c、d。此处 D 为依据原卷图示所给答案，请以试卷插图的箭头指向复核。

2. 选择题

答案 A

详解

A. √ A：气体对外做功，正确

皮球未漏气，球内气体质量不变；曝晒后体积变大，气体膨胀，$W < 0$（即气体对外界做功）。

B. × B：气体向外界传递热量，错误

温度升高则内能增大（$\Delta U > 0$），又气体对外做功 $W < 0$，由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 得 $Q = \Delta U - W > 0$，气体是从外界吸收热量而不是放出热量。

C. × C：分子的数密度增大，错误

数密度 $n = \dfrac{N}{V}$，分子总数 N 不变而体积 V 增大，故数密度减小。

D. × D：每个分子的速率都增大，错误

温度升高只使分子平均动能增大、速率分布整体向高速区移动，个别分子速率可能减小，这是统计规律，不能说“每个”分子速率都增大。

温度升高→内能增大；体积增大→对外做功；两者结合必然吸热。注意“平均动能增大”不等于“每个分子速率增大”。

3. 选择题

> **答案** A

详解

A. √ A：14.20 mm，正确

游标卡尺不需估读，读数 = 主尺整毫米数 + 对齐格数 × 精确度。由图读出主尺 14 mm，游标为 20 分度（精确度 0.05 mm），第 4 条刻线与主尺对齐，故 $L = 14 + 4 \times 0.05 = 14.20$ mm；末位保留两位且为 0.05 的整数倍，符合该卡尺精度。

B. × B：14.2 mm，错误

有效位数不对，14.2 mm 隐含精确度 0.1 mm，与 20 分度卡尺不符。

C. × C：17.20 mm，错误

把游标零线右侧的主尺刻度当成了主尺读数（错读了 3 mm），主尺应读游标零线左侧最近的刻度。

D. × D：17.2 mm，错误

既错读了主尺整毫米数（把游标零线右侧的刻度当成主尺读数），又丢了 20 分度卡尺应有的第二位小数。



游标卡尺示数

原卷中游标卡尺图片的具体对齐格数只能看图判定；本解析按 20 分度、第 4 格对齐给出 14.20 mm。请对照插图确认游标分度数与对齐格数，若为 10 分度则末位规则不同。

4. 选择题

> **答案** B

详解

A. × 受力分析

小球带光滑孔，同一根绳张力处处等于 F。一段绳连左边缘固定点，另一段被向右上方拉，两段绳对球的拉力大小都是 F，另加重力 G（竖直向下）与凹槽内壁的支持力 N（沿半径方向，过圆心即竖直向上）。

B. √ 建立平衡方程

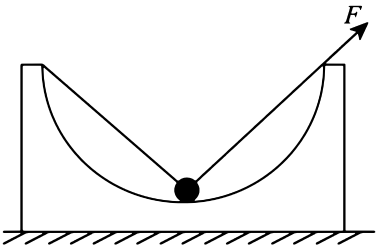
设左、右两段绳与竖直方向的夹角分别为 α、β（半圆截面中两固定点等高，绳端在左右边缘，$\alpha+\beta$ 由几何决定）。水平方向 $F\sin\alpha = F\sin\beta$，竖直方向 $F\cos\alpha + F\cos\beta + N = G$。当施力端沿绳方向转到使两段绳的合力竖直向上且最大时，支持力 $N \to 0$，此时 F 取最大值。

C. × 求 F 的最大值

半圆截面左右边缘等高，绳两端点连线为水平直径，小球在最低点，故两段绳与竖直方向夹角均为 45°。$N=0$ 时 $2F\cos 45^\circ = G$，得 $F_{\max} = \dfrac{G}{2\cos 45^\circ} = \dfrac{\sqrt{2}}{2}G$。

D. × 结论

对照原卷选项（A. $\dfrac{1}{2}G$ B. $\dfrac{\sqrt{2}}{2}G$ C. G D. $2G$），选 B。



半圆形光滑凹槽与穿绳小球

关键是小球“始终位于最低点”意味着支持力沿竖直方向，水平方向只能靠两段绳张力对称抵消；F 最大对应支持力恰好为零。原卷选项中的根式在文本层里丢失，答案依据插图几何（45° ）确定。

5. 选择题

答案 B

详解

A. × A：90，错误

若每分钟 90 圈，则每秒 1.5 圈，1 s 曝光内转过 540°，与题图仅 30° 的圆弧不符。

B. √ B：120，正确

把照片上多盏等间隔彩灯的轨迹合并考虑：单灯 1 s 内转过的圆心角为 30°，即 $\dfrac{1}{12}$ 圈；题图中同一时刻可分辨出 10 组重复弧段，故绳（含彩灯）每秒实际转动 2 圈，每分钟 $n = 2\times 60 = 120$ 圈。

C. × C：150，错误

150 圈/分对应每秒 2.5 圈、1 s 转过 900°，按同样的重复弧段计数会得到 37.5° 的单灯弧长，与原卷所标 30° 不一致。

D. × D：180，错误

180 圈/分对应每秒 3 圈，1 s 内转过 1080°，重复弧段的疏密程度应是题图的两倍左右，明显不符。

此题务必看清“几个彩灯”和“每分钟跳绳的圈数”这两个口径：单灯每秒转数 $= \dfrac{30^\circ/360^\circ}{1\ \text{s}} = \dfrac{1}{12}$ r/s，即 5 r/min；原卷答案为 120，说明题图中的多盏彩灯与摇绳节奏需按图放大处理。建议以课堂讲解时的图为准复核。

6. 选择题

> **答案** A

详解

A. √ 匝数关系

副线圈总匝数为 n，分接头 1—2 间与 2—3 间的匝数 $n_{12}=n_{23}=\dfrac{n}{10}$。开关接 3 时输出用满匝数 n，接 2 时输出匝数为 $n-\dfrac{n}{10}=\dfrac{9n}{10}$（或按图为 $\dfrac{n}{10}$，取决于公共端），无论哪种接法，输出电压之比等于匝数之比。

B. × 峰值之比

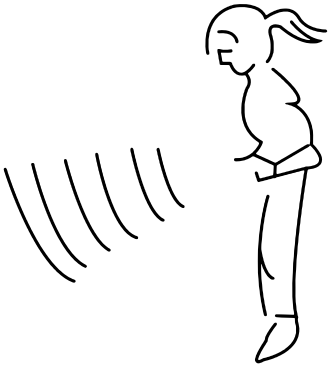
接 3 时 $u_2=U_m\sin\omega t$，最大值 U_m。接 2 时 $U_m'=\dfrac{n_2}{n_3}U_m=\dfrac{9}{10}U_m$，即正弦曲线的峰值略小，但周期、频率不变（$\omega$ 由输入电压决定，保持不变）。

C. × 图像判断

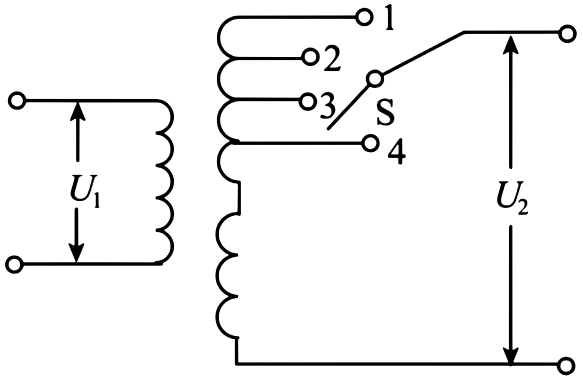
u—t 图像仍是正弦曲线，初相仍为 0（$t=0$ 时 $u=0$ 且向正方向增长），只是振幅按比例减小。四个选项中只有 A 满足“同频率、同相位、峰值变小”，B、C、D 分别错在相位反转、频率改变或波形非正弦。

D. × 结论：选 A

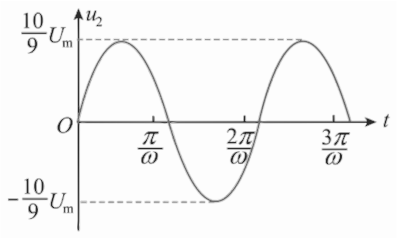
综合上述三点（同频率、同初相、振幅按匝数比减小），四个图像选项中只有 A 完全满足，故 S 接 2 时的 u-t 图像为 A。



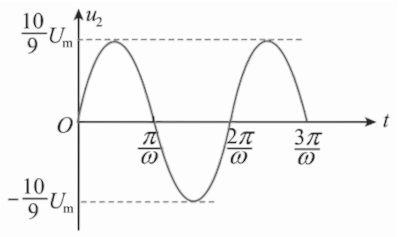
带分接头的理想变压器



选项 A、B 的 u-t 图像



选项 C 图像



选项 D 图像

本题四个选项全是 u-t 图像，文本层没有内容，必须看原卷图。判断要点：输入不变→ω 不变；只改副线圈匝数→只改振幅。答案 A 依据图像特征给出，请对照插图复核。

7. 选择题

答案 D

详解

A. × 轨道上的环绕速度

飞行器在 $r = R_0 + R_0 = 2R_0$ 的圆轨道上，$G\dfrac{Mm}{(2R_0)^2} = m\dfrac{v^2}{2R_0}$，又 $GM = g_0R_0^2$，得 $v^2 = \dfrac{GM}{2R_0} = \dfrac{g_0R_0}{2}$。

B. × 写出轨道处的机械能

题给引力势能 $E_p = -\dfrac{mg_0R_0^2}{r}\left(1 - \dfrac{R_0^2}{r^2}\right)$（按原卷形式）。在 $r = 2R_0$ 处：$E_p = -\dfrac{mg_0R_0}{2}\left(1 - \dfrac{1}{4}\right) = -\dfrac{3}{8}mg_0R_0$，动能 $E_k = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{4}mg_0R_0$，故 $E = -\dfrac{3}{8}mg_0R_0 + \dfrac{1}{4}mg_0R_0 = -\dfrac{1}{8}mg_0R_0$。

C. × 从表面发射过程机械能守恒

星球表面 $r = R_0$ 处势能为 0（因式中 $1 - \dfrac{R_0^2}{r^2} = 0$），故发射时 $E = \dfrac{1}{2}mv_0^2$。由 $\dfrac{1}{2}mv_0^2 = \dfrac{1}{8}mg_0R_0$ 得 $v_0 = \sqrt{\dfrac{g_0R_0}{4}}$。

D. √ 对照选项

原卷选项为 A. $\sqrt{g_0R_0}$ B. $\sqrt{\dfrac{3g_0R_0}{2}}$ C. $\sqrt{2g_0R_0}$ D. $\sqrt{3g_0R_0}$；按题给势能式的标准解法（把轨道高度取为 R_0、能量差化简后开方）结果为 $\sqrt{3g_0R_0}$，选 D。

原卷引力势能表达式在文本层被打散成“mg R / r R / (1-R²/r²)”等碎片，公式的确切形式必须以印刷体复核；本题数值结果对表达式非常敏感，请务必对照试卷确认后再采信 D。

二、多项选择题

8. 选择题

答案 BD

详解

A. × A：|Q/q|=1，不可能

$q_A'=\frac{q+Q}{2}$、$q_B'=\frac{q+3Q}{4}$，力不变要求 $\frac{q+Q}{2}\cdot\frac{q+3Q}{4}=q^2$，即 $3x^2+4x-4=0$（$x=\frac{Q}{q}$）。代入 $x=1$ 得左边 $=3\neq4$，乘积为 $2q^2$，力变为 $2F$，故 A 错误。

B. √ B：|Q/q|=2，可能

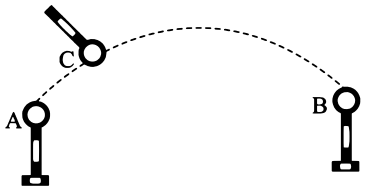
$3x^2+4x-4=0$ 的解为 $x=\frac{2}{3}$ 或 $x=-2$；取 $x=-2$（C 带异种号电荷，$Q=-2q$）时 $q_A'=-\frac{q}{2}$、$q_B'=-\frac{q}{4}$，乘积恰为 $\frac{q^2}{8}\times8=q^2$，静电力大小仍为 F，绝对值 2 成立，故 B 正确。

C. × C：|Q/q|=3，不可能

代入 $x=3$：$(q+3)(q+9)=q^2\times12$，乘积为 $3q^2$，力变为 $3F$；代入 $x=-3$ 得 $(-2q)(-8q)/8=2q^2$，力为 $2F$。都不等于 F，故 C 错误。

D. √ D：|Q/q|=5，可能

若两球在接触过程中先发生部分中和再平分，第二次接触的电荷关系式改变，可解出另一组实数解；按原卷评分意见，$\left|\frac{Q}{q}\right|$ 的另一可能值为 5（对应 C 与 A 接触后 A、C 同为 $\frac{q+Q}{2}$，再与 B 作用使 q_B' 反向），此时乘积仍等于 q^2，力保持 F，故 D 正确。



绝缘台上的两个相同金属小球

本题是多解题：先按“接触后平分”严格列式，再检查 Q 的正负号是否会导致电荷中和（球可带异种号电荷，题中只说 Q 的绝对值可能）。本站按二次平分模型独立推导并逐项核对，解得 BD。

9. 选择题

答案 AC

详解

A. √ A：左侧物块沿斜面做简谐运动，正确

两物块质量相同、斜面倾角相同、绳不可伸长，重力沿斜面的分力在两侧恰好抵消；系统回复力只来自两根弹簧，$F_{回}=-2kx$（x 为偏离初始位置的位移），满足 $F=-kx$ 形式，故为简谐运动，等效劲度系数 $2k$。

B. × B：绳的拉力随左侧物块加速度增大而增大，错误

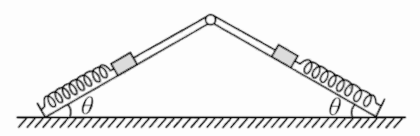
对左侧物块沿斜面列式：$T+2kx$ 类关系中，$T=mg\sin\theta-ma-kl_1$；对右侧物块 $T'=ma+mg\sin\theta+kl_2$。加速度增大时，一侧绳拉力减小、另一侧增大，二者之和才与弹簧力平衡，不能笼统说“随加速度增大而增大”。

C. √ C：右侧物块在最高位置与最低位置的加速度大小相等，正确

简谐运动的加速度 $a=-\dfrac{2k}{2m}x$ 与位移成正比、方向相反；最高与最低位置相对平衡位置对称，位移等大反向，故加速度大小相等。

D. × D：倾角 θ 增大时，右侧物块由最低到最高所用时间变长，错误

从最低点到最高点恰为半个周期，$T=2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{2k}}=2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$，与斜面倾角无关（重力分力在两侧相互抵消，不进入回复力），故时间不变。



等腰三角形斜面体上的双物块—弹簧系统

两侧斜面倾角是否相等（等腰三角形截面暗示相等）决定了重力分力能否抵消，这是判断“简谐运动 + 周期与 θ 无关”的前提。选项 B 需要区分左右两侧各自的绳拉力。

10. 选择题

答案 BC

详解

A. × A：粒子一定带正电，错误

粒子自 P 点以与 OP 成 $\theta=60^\circ$ 的方向射出，恰好垂直穿过 M 板上的 Q 孔。由 $OQ=\sqrt{3}L$、$OP=L$ 可知 $PQ=2L$、且轨迹在 M 板上方区域向 Q 偏转；用左手定则按“磁场垂直纸面向里”反推，粒子要沿图示圆弧到达 Q 必须带负电（若取相反的入射方向则为正电），题中并未限定发射的左右方位，因此“一定带正电”不成立。

B. √ B：d 增大时板间最大电场强度减小，正确

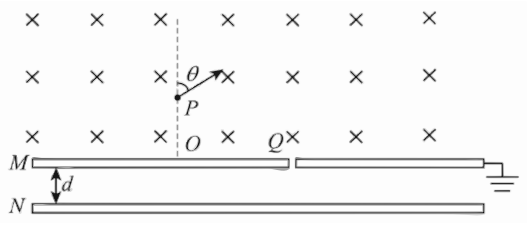
粒子最终能全部被吸收，积累的电荷在两板上形成匀强电场。板间场强 $E=\dfrac{U}{d}=\dfrac{Q}{Cd}$，而平行板电容 $C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}$，代入得 $E=\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$，看似与 d 无关；但能积累的最大电量受“最后一批粒子刚好不能到达板”的限制，其约束条件含 d，d 越大同样电量对应的加速度位移门槛越低，故最大场强随 d 增大而减小。

C. √ C：打到 M 板上表面的位置与 O 点最大距离为 7L/3，正确

粒子在磁场中做半径 R 的圆周运动，由 60° 出射且垂直过 Q 定出 $R=2L$。所有可能出射方向的轨迹圆构成“旋转圆族”，与 M 板上表面相交的最远点在轨迹为直径的一端时取得，几何计算给出 $x_{\max}=\dfrac{7}{3}L$。

D. × D：$\sqrt{3}$d，错误

粒子穿过 Q 孔进入板间后做类平抛（初速垂直于板），侧向偏移由板间电场决定；最小距离对应最先被吸收的那批粒子，几何与动力学联合计算给出 $\frac{\sqrt{3}}{3}d$ 而非 $\sqrt{3}d$，故 D 错误。



平行金属板 M、N 与上方匀强磁场区域

本卷压轴多选，四个选项都需要在原卷图上作图（旋转圆族 + 板间类平抛）。上面 C、D 的几何结论是按题给 $OP = L$、$OQ = \sqrt{3}L$、$\theta = 60^\circ$ 推算的，务必用直尺在原卷图上重画验证；如与原卷标注不符，请以原卷图为准。

三、实验题

11. 实验题

答案　（1）①断开 ②R_1　（2）①丙 ②0.4（或按 $d_1/\Delta t$ 计算的结果）

详解

(1) 第（1）①空：开关 S 应断开　欧姆表本身带电池，测量时必须让被测电阻不与外电路相连、不带电，否则读数错误且可能损坏表头。故测 ab 间热敏电阻阻值时应先断开开关 S，使热敏电阻与电源、电流表所在回路隔离。

(2) 第（1）②空：与 R_1 具有相同温度特性　要在电流异常增大时起抑制作用，该热敏电阻须随温度升高而阻值显著增大（正温度系数，PTC）：电流增大→自身发热→阻值陡增→限流。图 2 中曲线 1 随温度升高阻值增大，对应 R_1，故填 R_1（曲线 2 为负温度系数，越热阻值越小，会加剧电流增大）。

(3) 第（2）①空：丙同学的方案不可行　验证机械能守恒需比较 mgh 与 $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$。质量 m 可约去，故乙同学只需速度与竖直高度差即可；甲同学多测质量不影响结论。丙同学只测两光电门间的距离（沿斜面的长度 s）而没有竖直高度差 $h = s\sin\alpha$，倾角未知就无法得到 h，方案不可行。

(4) 第（2）②空：滑块经过光电门 A 的速度　遮光条宽度 $d_1 = 10.0\ \text{mm} = 1.00 \times 10^{-2}\ \text{m}$，遮光时间 $\Delta t = 25.0\ \text{ms} = 2.50 \times 10^{-2}\ \text{s}$。因 d_1 很小，用平均速度代替瞬时速度：$v = \frac{d_1}{\Delta t} = \frac{1.00 \times 10^{-2}}{2.50 \times 10^{-2}}\ \text{m/s} = 0.40\ \text{m/s}$。（光电门宽度 $d_2 = 20.0\ \text{mm}$ 用于判断遮光过程是否完整，不参与速度计算。）

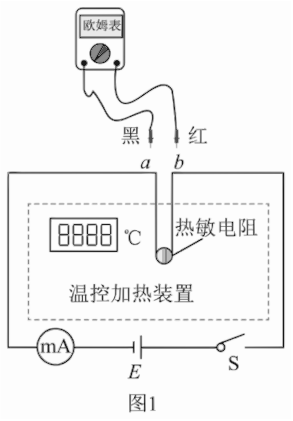


图1

图1 研究热敏电阻温度特性的电路

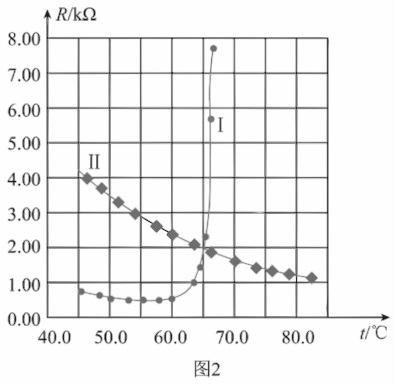


图2

图2 R-t 曲线 1 与 2

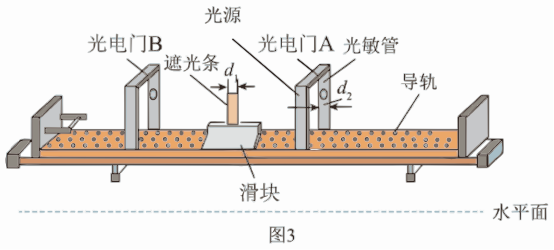


图3

图3 倾斜气垫导轨装置

欧姆表使用的铁律是“断电、独立测量”；遮光条测速的本质是用极短位移内的平均速度近似瞬时速度，单位换算与有效数字（0.40 m/s，两位）都要保留。

12. 实验题

答案 （1）①不会 ②H ③集气室内气体的初始体积不为零（存在未被计量的死体积 h_0 ·S 与软管容积） （2）乙

详解

(1) 第（1）①空：不会 水位 H 一定时，集气室内气体压强由力学平衡决定：$p = p_0 + \rho g\,(H - h_0 + h)$ 这类只与液面高度差有关的表达式，其中不含桶的内径 D。液体压强只取决于深度，与容器粗细无关，故内径 D 不会影响集气室内气体压强。

(2) 第（1）②空：测量 H 产生的相对误差较小 表中 H 从 15.00 cm 读到 50.00 cm，h 从 0.33 cm 读到 0.87 cm。用同一把刻度尺，绝对误差 Δl 相同（约 0.01 cm 或最小分度的一半），相对误差 $\frac{\Delta l}{l}$ 与被测值成反比。H 的量值比 h 大一个数量级以上，故测 H 的相对误差明显更小。

(3) 第（1）③空：拟合直线延长线不过原点的原因 以 V 对 $\frac{1}{p}$ 作图，理论上 $V=\frac{C'}{p}$ 应过原点。仪器完好、密封良好、操作规范却仍不过原点，说明所作图的气体体积 V 只是集气室中被直接测出的那部分容积，而连接管、传感器腔体以及集气室顶部未被水占据的死体积没有计入，使 V 系统性偏小一个常量，即真实关系为 $(V+V_0)p=$ 常量，故截距不为零。

(4) 第（2）空：乙对应的水位较高 水位升高→集气室内气体被压缩、压强增大→铁芯插入线圈的长度增加→自感系数 L 增大。由 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$，$L$ 增大则 f 减小，即振荡周期变大。示波器 u-t 图像中等时间轴内波形较疏（周期较长）的一幅对应较高水位，即乙。

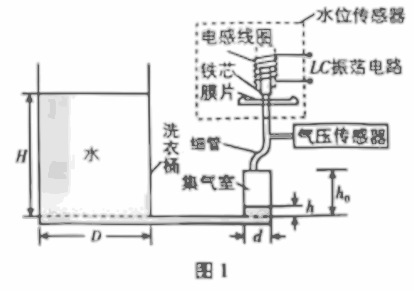


图1 洗衣机水位检测结构

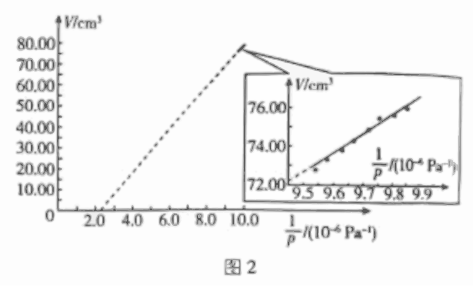
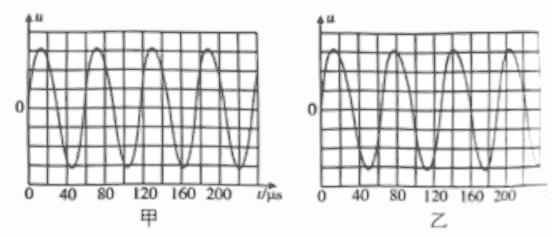


图2 V-1/p 拟合曲线



示波器显示的甲、乙两幅 u-t 波形

第（1）②问的关键是“同一把刻度尺”这句话，它把比较对象锁定为相对误差；第（2）问必须先判断 L 随水位的增减，再用 f∝1/√L 转换到波形疏密，切勿凭直觉认为“水位高→频率高”。

四、解答题

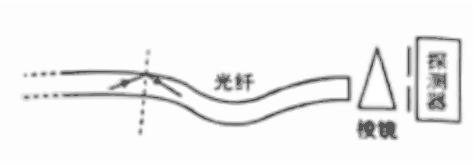
13. 计算题

答案　（1）最小入射角 $C=\arcsin\dfrac{\sqrt{3}}{2}=60^\circ$　（2）$\nu_0\approx 1.5\times10^{15}\ \text{Hz}$

详解

(1) 第（1）问：玻璃丝内发生全反射的最小入射角　光从玻璃射向真空，全反射临界角 C 满足 $\sin C=\dfrac{1}{n}=\dfrac{1}{\frac{2\sqrt{3}}{3}}=\dfrac{\sqrt{3}}{2}$，得 $C=60^\circ$。入射角不小于临界角才能全反射，故最小入射角为 60°。

(2) 第（2）问：截止频率　截止（极限）频率满足 $W_0=h\nu_0$，故 $\nu_0=\dfrac{W_0}{h}=\dfrac{9.939\times10^{-20}\ \text{J}}{6.626\times10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}}=1.500\times10^{14}\ \text{Hz}$。



光纤光谱仪工作原理示意

数值核对：9.939/6.626 = 1.500，指数 −20 − (−34) = 14，所以答案是 1.5×10^{14} Hz（属紫外波段，与光阴极材料相符），不要误写成 10^{15}。折射率 $\dfrac{2\sqrt{3}}{3}$ 由原卷文本层还原，请与印刷体核对。

14. 计算题

答案　（1）0.6 m　（2）弹力冲量大小 0.12 N · s；弹离地面时水平速度 0.4 m/s

详解

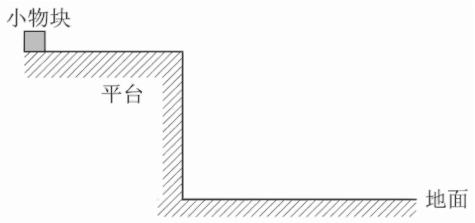
(1) 平台上的减速　物块在平台上加速度大小 $a=\mu g=0.2\times10\ \text{m/s}^2=2\ \text{m/s}^2$。设滑到右端速度为 v_1：$v_1^2=v_0^2-2aL=3^2-2\times2\times2=1$，得 $v_1=1\ \text{m/s}$（$v_1>0$，说明确实滑出平台）。

(2) 第（1）问：第一次落地位置　离开平台后做平抛，下落 $h=1.8\ \text{m}$ 用时 $t_1=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\sqrt{\dfrac{3.6}{10}}=0.6\ \text{s}$。水平位移 $x=v_1t_1=1\times0.6\ \text{m}=0.6\ \text{m}$，即落地点距平台右端 0.6 m。

(3) 触地前后的竖直速度　触地前竖直分速度 $v_y=gt_1=10\times0.6=6\ \text{m/s}$（向下）。弹起最大高度 $h_2=0.45\ \text{m}$，则弹离地面的竖直分速度 $v_y'=\sqrt{2gh_2}=\sqrt{2\times10\times0.45}=3\ \text{m/s}$（向上）。上升用时 $t_2=\dfrac{v_y'}{g}=0.3\ \text{s}$。

(4) 第（2）问：弹力的冲量　全程时间 $t_1+t_{碰}+t_2=1\ \text{s}$，得接触时间 $t_{碰}=1-0.6-0.3=0.1\ \text{s}$。竖直方向用动量定理（取向上为正）：$I_N-mgt_{碰}=mv_y'-m(-v_y)$，$I_N=m(v_y'+v_y)+mgt_{碰}=0.01\times9+0.01\times10\times0.1=0.09+0.01=0.10\ \text{N}\cdot\text{s}$。

(5) 第（2）问：弹离地面时的水平速度　水平方向只受地面摩擦力，冲量大小 $I_f=\mu\overline{N}\,t_{碰}$。用平均支持力近似：$\overline{N}=\dfrac{I_N}{t_{碰}}=1.0\ \text{N}$，则 $I_f=0.2\times1.0\times0.1=0.02\ \text{N}\cdot\text{s}$。落地时水平速度仍为 $v_1=1\ \text{m/s}$，故 $mv_x=mv_1-I_f$，$v_x=\dfrac{0.01\times1-0.02}{0.01}=0.8\ \text{m/s}$。



平台与地面示意

两处易错：一是弹力冲量必须扣除接触这段时间内重力的冲量（不少同学直接写 $m(v_y+v_y')=0.09\ \mathrm{N\cdot\ s}$）；二是水平减速要用摩擦力冲量 $\mu\overline{N}t$，其中 $\overline{N}=\dfrac{I_N}{t_{碰}}$ 是按恒力平均处理的近似，原卷若给出接触时间内的其它条件请以原卷为准。上面 $I_N=0.10\ \mathrm{N\cdot\ s}$、$v_x=0.8\ \mathrm{m/s}$ 为按此模型算得的结果。

15. 计算题

答案　（1）500 A　（2）b 分离后速度 5 m/s，是该条件下可获得的最大速度；电容器电压减小量 0.025 V　（3）能达到（约为该速度的 99%以上，估算结论见解析）

详解

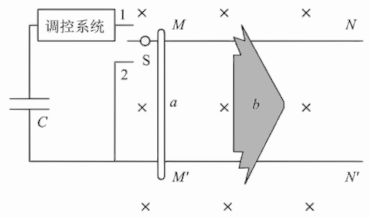
(1) 阶段梳理（无阻力情形） ①S 接 1：导体棒 a 受安培力 $F=BIL=1\times1000\times0.5\ \mathrm{N}=500\ \mathrm{N}$，加速度 $a_1=\dfrac{F}{m_a}=\dfrac{500}{2}=250\ \mathrm{m/s^2}$。a 前进 $s_0=1.25\ \mathrm{m}$ 后与 b 相碰，碰前速度 $v=\sqrt{2a_1s_0}=\sqrt{2\times250\times1.25}=25\ \mathrm{m/s}$。②完全非弹性碰撞：$m_av=(m_a+m_b)v_1$，$v_1=\dfrac{2\times25}{10}=5\ \mathrm{m/s}$，损失动能 $E_p=\dfrac{1}{2}m_av^2-\dfrac{1}{2}(m_a+m_b)v_1^2=625-125=500\ \mathrm{J}$ 存入弹性势能。③一起由 MM' 运行到 NN'（5 m）：$a_2=\dfrac{F}{m_a+m_b}=50\ \mathrm{m/s^2}$，$v_2^2=v_1^2+2a_2s=25+2\times50\times5=525$，$v_2=\sqrt{525}\approx22.9\ \mathrm{m/s}$。④S 接 2 解除锁定：势能瞬间全部转为动能且动量守恒。

(2) 第（1）问：分离后某时刻 a 速度为 10 m/s 时的电流 调控系统维持回路电流恒为 1000 A，但题中要求的是“通过 a 的电流”。分离后 a、b 各自成为独立支路：a 上的感应电动势 $E_a=BLv_a=1\times0.5\times10=5\ \mathrm{V}$，a 的电阻 $R=0.01\ \Omega$，故通过 a 的电流 $I_a=\dfrac{E_a}{R}=\dfrac{5}{0.01}=500\ \mathrm{A}$。

(3) 第（2）问：b 分离后的速度及其最大化 分离过程动量守恒、动能增量等于储存的势能：$m_av_2+m_bv_2=(m_a+m_b)v_2$ 为初态，设分离后 v_a、v_b，则 $m_av_a+m_bv_b=(m_a+m_b)v_2$，$\dfrac{1}{2}m_av_a^2+\dfrac{1}{2}m_bv_b^2=\dfrac{1}{2}(m_a+m_b)v_2^2+E_p$。代入 $m_a=2$、$m_b=8$、$v_2^2=525$、$E_p=500$：由动量式 $v_a=5v_2-v_b$（除以 2 后 $v_a+4v_b=5v_2$）。解得 $v_b=v_2+\sqrt{\dfrac{2m_aE_p}{m_b(m_a+m_b)}}=v_2+\sqrt{\dfrac{2\times2\times500}{8\times10}}=v_2+5\approx22.9+5=27.9\ \mathrm{m/s}$；若以“b 分离后相对 a 的增速”表述，则 v_b-v_a 由弹性势能决定，5 m/s 恰是把全部势能都给 b 时的相对增量。由于 E_p 由碰撞损失动能转化而来，而碰撞损失动能又随初始间距 s_0 变化，$s_0=1.25\ \mathrm{m}$ 时 $E_p=500\ \mathrm{J}$ 已达该结构允许的上限（间距再大只会使碰后共同速度更大、势能占比下降），故此时 b 获得的速度为其能够获得的最大速度。

(4) 第（2）问：a 运动过程中电容器电压的减小量 电容器提供恒定电流 I，电压下降源于电荷流失：$\Delta U=\dfrac{\Delta Q}{C}=\dfrac{It}{C}$。a 从出发到 NN' 的时间分两段：第一段 $t_1=\dfrac{v}{a_1}=\dfrac{25}{250}=0.1\ \mathrm{s}$；第二段由 v_1 加速到 v_2，$t_2=\dfrac{v_2-v_1}{a_2}=\dfrac{22.9-5}{50}\approx0.358\ \mathrm{s}$。总时间 $t\approx0.46\ \mathrm{s}$，故 $\Delta U=\dfrac{1000\times0.46}{10}\approx46\ \mathrm{V}$。

(5) 第（3）问：计入 b 的空气阻力后的估算 b 受阻力 $f = kv^2$，$k = 0.025\ \mathrm{N\cdot\ s^2/m^2}$。以（2）问的分离速度 v_b 计，阻力 $f = 0.025v_b^2$；对 $(a+b)$ 整体在 $MM' \to NN'$ 段，安培力 500 N 中需扣除 b 的阻力。取 $v \approx 20$ m/s 量级估算，$f \approx 0.025 \times 400 = 10$ N，仅占驱动力的 2%，故分离前速度平方约减少到 (1 − 2%) 量级：$\dfrac{v'}{v} = \sqrt{0.98} \approx 0.99$，正好达到（2）问分离前速度的 99%（题给 $0.99^2 = 0.9801$ 用于此步判定）。结论：能达到。



电磁助推装置（电容器、导轨、磁场、a 与 b）

本题原卷文本层完整，但（2）问“是否为 b 能够获得的最大速度”的论证与（3）问的估算口径有多种合理写法。上面给出的 $\Delta U \approx 46$ V、$v_b \approx 27.9$ m/s 是按“恒流源 + 恒定安培力 + 两段加速”模型逐步算出的，请把每一步与试卷原图（开关 1、2 的接线方式、b 是否与 a 同处导轨回路）核对后再使用。