

襄阳四中 2024 级高二年级 9 月月考

物理试卷

★祝考试顺利★

一、选择题：本题共 10 小题，每小题 4 分，共 40 分（在每小题给出的四个选项中，第 1~7 题只有一项符合题目要求，第 8~10 题有多项符合题目要求。每小题全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分，有选错的得 0 分）

1. 某静电除尘装置由带电的金属圆筒 Q 和带电的电极 P 组成，其横截面上的电场线分布及方向如图所示，A、B、M、N 四点到 P 距离相等，下列说法正确的是

- A. A、B 两点电场强度相同
- B. C 点的电场强度比 B 点大
- C. 金属圆筒 Q 带正电，电极 P 带负电
- D. 带正电的粉尘在 M 点和 N 点，所受电场力相同



2. 某种不导电溶液的相对介电常数 ϵ_r 与浓度 C_m 的关系如图 (a) 所示，将平行板电容器的两极板全部插入该溶液中，并与恒压电源、电流表构成如图 (b) 所示电路，闭合开关 S 后，若降低溶液浓度，则

- A. 电容器的电容减小
- B. 电容器所带的电荷量增大
- C. 电容器两极板之间的电势差增大
- D. 溶液浓度降低过程中电流方向为 M→N

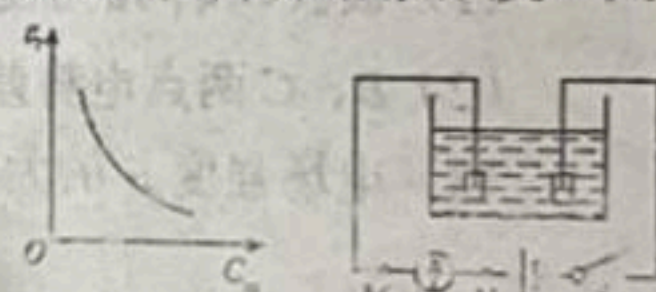
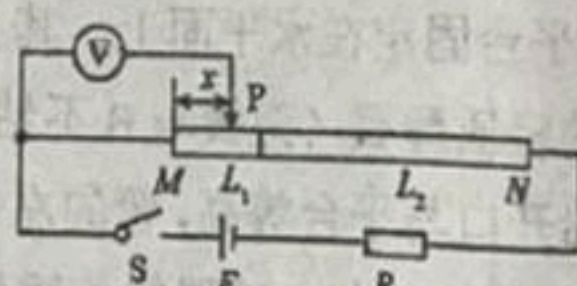


图 (a)

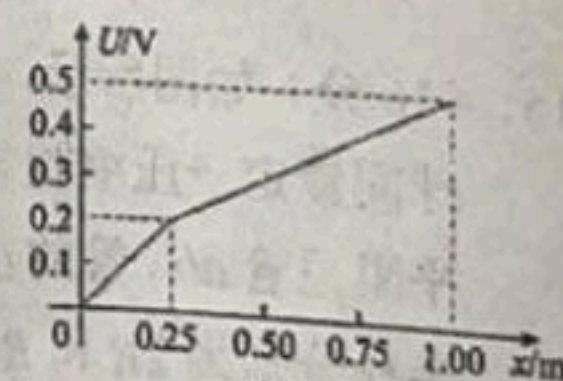
图 (b)

3. 将横截面相同、材料不同的两段导体 L_1 、 L_2 无缝连接成一段导体，总长度为 1.00m，接入图甲电路。闭合开关 S，滑片 P 从 M 端滑到 N 端，理想电压表读数 U 随滑片 P 的滑动距离 x 的变化关系如图乙，则导体 L_1 、 L_2 的电阻率之比约为

- A. 2:3
- B. 2:1
- C. 5:3
- D. 1:3



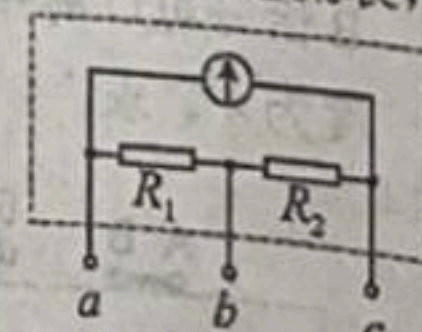
图甲



图乙

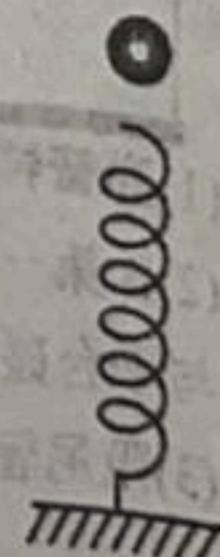
4. 如图所示，用内阻为 110Ω 、满偏电流为 50mA 的表头改装成量程为 0.6A 和 3A 的双量程电流表，接线柱 a 为公共接线柱，下列说法正确的是

- A. 用 a、b 两个接线柱时量程为 0.6A
- B. R_1 的阻值为 2Ω
- C. R_2 的阻值为 10Ω
- D. R_1 和 R_2 的阻值之和为 14Ω



5. 竖直放置的轻质弹簧，下端固定在水平地面上，一小球从弹簧正上方某一高度处自由下落，从小球开始接触弹簧到将弹簧压缩至最短的过程中，下列说法正确的是

- A. 小球和弹簧组成的系统动量守恒
- B. 小球的动量一直减小
- C. 弹簧对小球冲量的大小大于重力对小球冲量的大小
- D. 小球的机械能守恒



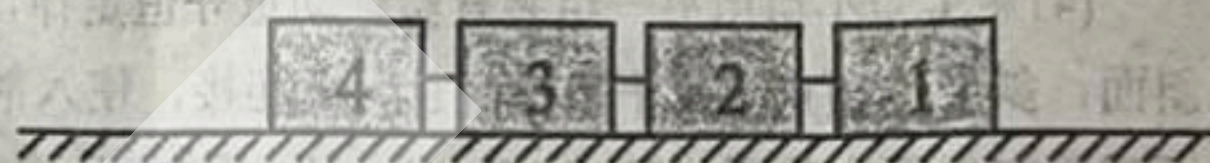
6. 如图所示, 在竖直平面内有水平向左的匀强电场, 在匀强电场中有一根长为 L 的绝缘细线, 细线一端固定在 O 点, 另一端系一质量为 m 的带电小球。小球静止时细线与竖直方向成 θ 角, 此时让小球获得初速度且恰能绕 O 点在竖直平面内沿逆时针方向做圆周运动, 重力加速度为 g 。下列说法正确的是



- A. 匀强电场的电场强度 $E = \frac{mg \sin \theta}{q}$
- B. 小球做圆周运动过程中动能的最小值为 $E_{\min} = \frac{mgL}{2 \cos \theta}$
- C. 小球运动至圆周轨迹的最高点时机械能最小
- D. 小球从初始位置开始, 在竖直平面内运动一周的过程中, 其电势能先减小后增大

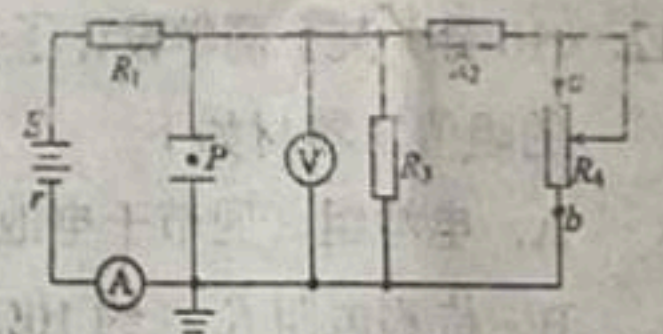
7. 如图所示, 列车由质量为 m 的 4 节车厢组成, 1 号车厢为动力车厢。列车由静止开始以额定功率 P 运行, 经过一段时间达到最大速度。列车向右运动过程中, 1 号车厢会受到前方空气的阻力, 假设车厢碰到空气前空气的速度为 0, 碰到空气后空气的速度立刻与列车速度相同, 已知空气密度为 ρ 。1 号车厢的迎风面积 (垂直运动方向上的投影面积) 为 S , 不计其他阻力。当列车由静止开始以额定功率运行到速度为最大速度的 $\frac{1}{3}$ 时, 1 号车厢对 2 号车厢的力大小为

- A. $\frac{26}{9} \sqrt{P^2 \rho S}$
- B. $\frac{13}{6} \sqrt{P^2 \rho S}$
- C. $\frac{26}{9} \sqrt{P \rho S}$
- D. $\frac{13}{6} \sqrt{P \rho S}$



8. 如图所示, 平行金属板中有一个带电油滴悬浮在两极间的 P 点, 电表均为理想电表, 选地面的电势为零, 当滑动变阻器 R_4 的滑片向 b 端移动时, 下列说法正确的是

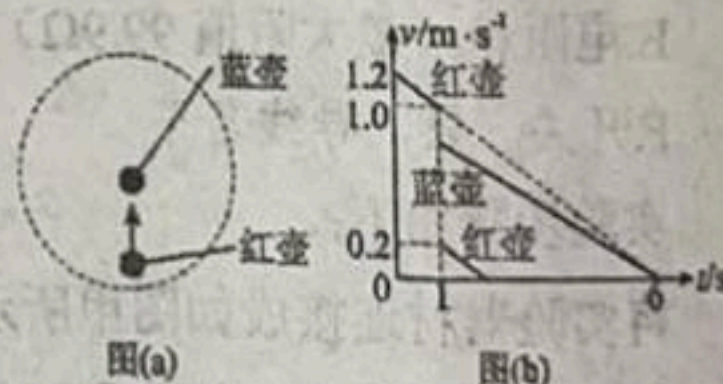
- A. 油滴带负电, 将向下运动
- B. 电压表示数变大
- C. 电源的效率变低



D. 若电压表、电流表的示数变化量分别为 ΔU 和 ΔI , 则 $\frac{|\Delta U|}{|\Delta I|} < r + R_1$

9. 在冰壶比赛中, 某队员利用红壶去碰撞对方的蓝壶, 两者在大本营中心发生对心碰撞如图 (a) 所示, 碰撞前后两壶运动的 $v-t$ 图线如图 (b) 中实线所示, 其中红壶碰撞前后的图线平行, 两冰壶质量相等, 下列说法正确的是

- A. 碰后蓝壶速度为 0.8 m/s
- B. 两壶发生的碰撞是弹性碰撞
- C. 碰后蓝壶移动的距离为 1 m
- D. 碰后红壶所受的摩擦力大于蓝壶所受的摩擦力



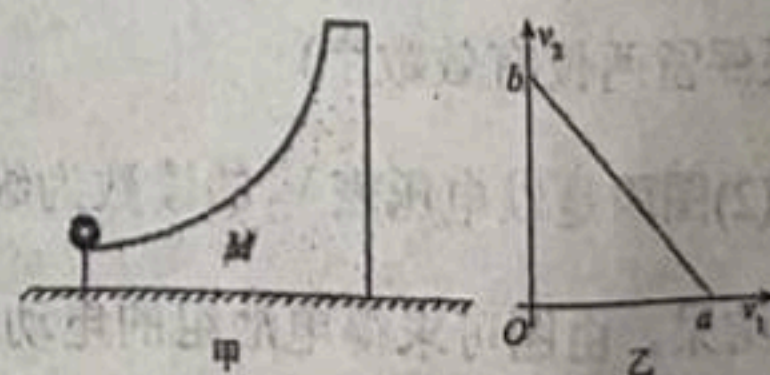
10. 如图甲所示, 曲面为四分之一圆弧、质量为 M 的滑块静止在光滑水平地面上, 一光滑小球以某一速度水平冲上滑块的圆弧面, 且没有从滑块上端冲出去, 若测得在水平方向上小球与滑块的速度大小分别为 v_1 、 v_2 , 作出图像如图乙所示, 重力加速度为 g , 不考虑任何阻力, 则下列说法正确的是

A. 小球的质量为 $\frac{b}{a} M$

B. 小球运动到最高点时的速度为 $\frac{ab}{a+b}$

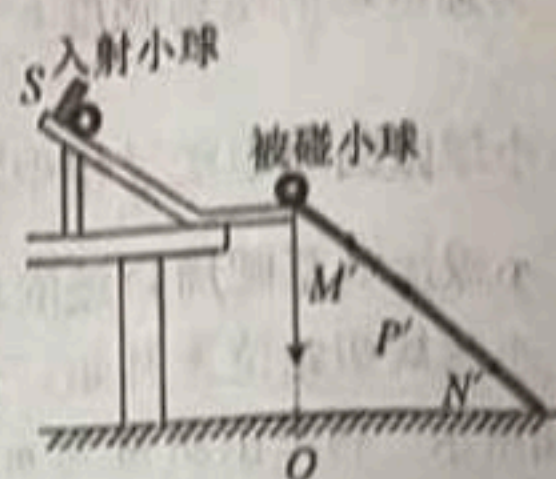
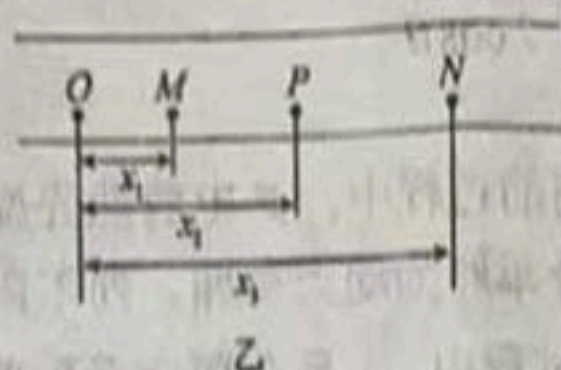
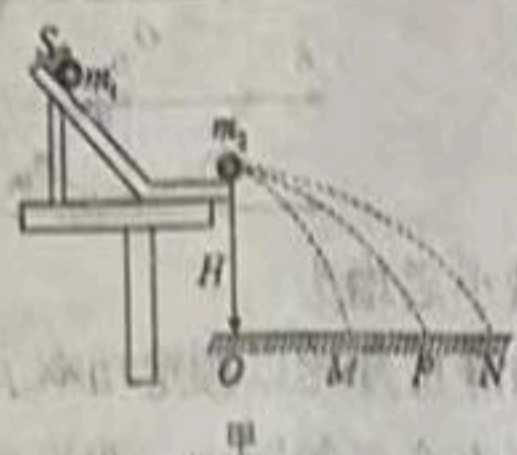
C. 小球能够上升的最大高度为 $\frac{a^2}{(a+b)g}$

D. 若 $a > b$, 小球在与圆弧滑块分离后向左做平抛运动



二、非选择题：本题共5小题，共60分。

11. (8分) 某同学用图甲实验装置验证动量守恒定律。已知入射小球质量为 m_1 ，被碰小球质量为 m_2 。记录小球抛出点在水平地面上的垂直投影点 O ，测出碰撞前后两小球的平均落地点的位置 M 、 P 、 N 与 O 的距离分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 ，如图乙，分析数据：



(1) 若入射小球半径为 r_1 ，被碰小球半径为 r_2 ，则要求_____ (填字母代号)：

- A. $m_1 > m_2, r_1 > r_2$ B. $m_1 < m_2, r_1 < r_2$ C. $m_1 > m_2, r_1 = r_2$ D. $m_1 < m_2, r_1 = r_2$

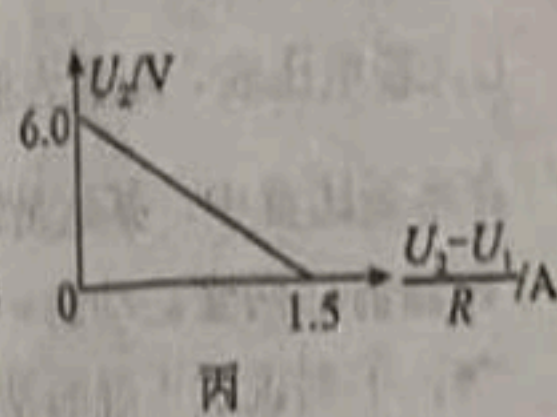
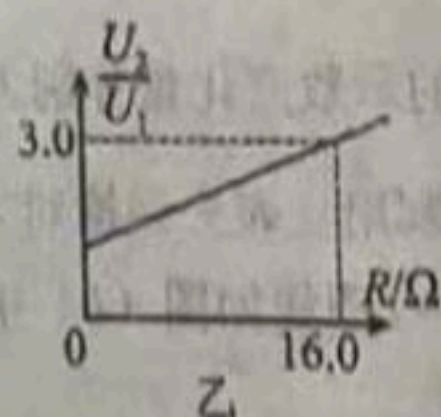
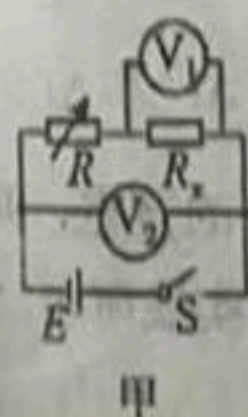
(2) 入射小球从轨道上滑下时，轨道的粗糙程度对实验结论_____ (选填“有影响”或“无影响”)；

(3) 若两球碰撞时的动量守恒，应满足的关系式为_____ (用题中所给物理量的符号表示)。

(4) 某实验小组用另一组装置验证动量守恒定律，如图所示，在水平槽末端与水平地面间放置了一个斜面，斜面的顶点与水平槽等高且无缝连接，使入射小球仍从斜槽上 S 点由静止滑下，多次实验，得到两球落在斜面上的平均落点 M' 、 P' 、 N' 。用刻度尺测量斜面顶点到 M' 、 P' 、 N' 三点的距离分别为 l_1 、 l_2 、 l_3 ，则验证两球碰撞过程中动量守恒的表达式为_____ (用所测物理量的符号表示)。

12. (10分) 某个同学设计了一个电路，既能测量电池组的电动势 E 和内阻 r ，又能同时测量未知电阻 R_x 的阻值。器材如下：

- A. 电池组 (四节干电池)
B. 待测电阻 R_x (约 10Ω)
C. 电压表 V_1 (量程 $3V$ 、内阻很大)
D. 电压表 V_2 (量程 $6V$ 、内阻很大)
E. 电阻箱 (最大阻值 99.9Ω)
F. 开关一只，导线若干



实验步骤如下：
将实验器材连接成如图甲所示的电路，闭合开关，调节电阻箱的阻值，先让电压表 V_1 接近满偏，逐渐增加电阻箱的阻值，并分别读出两只电压表的读数。

(1) 根据记录的电压表 V_1 的读数 U_1 和电压表 V_2 的读数 U_2 ，以 $\frac{U_2}{U_1}$ 为纵坐标，以对应的电阻箱的阻值 R 为横坐标，得到的实验结果如图乙所示。由图可求得图像在纵轴的截距为_____，待测电阻 $R_x =$ _____ Ω 。(结果保留两位有效数字)

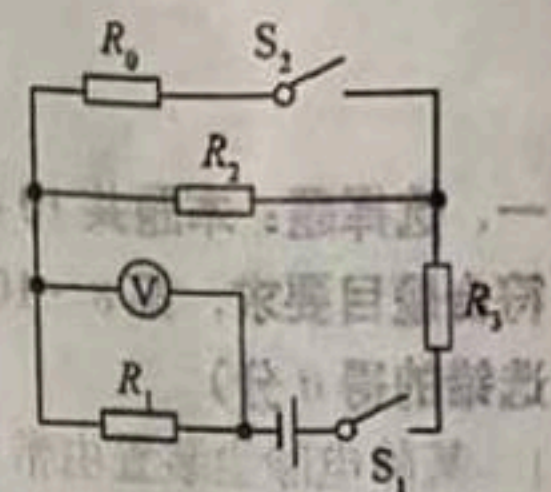
(2) 图丙是以电压表 V_2 的读数为纵坐标，以两电压表读数之差与电阻箱阻值的比值 $\frac{U_2 - U_1}{R}$ 为横坐标得到结果。由图可求得电池组的电动势 $E =$ _____ V ，内阻为 _____ Ω 。(结果保留两位有效数字)

(3) 本实验测定的电动势和内电阻的测量值和真实值比较，测量结果分别为 ()

- A. 偏大 偏大 B. 偏大 偏小 C. 偏小 偏大 D. 偏小 偏小

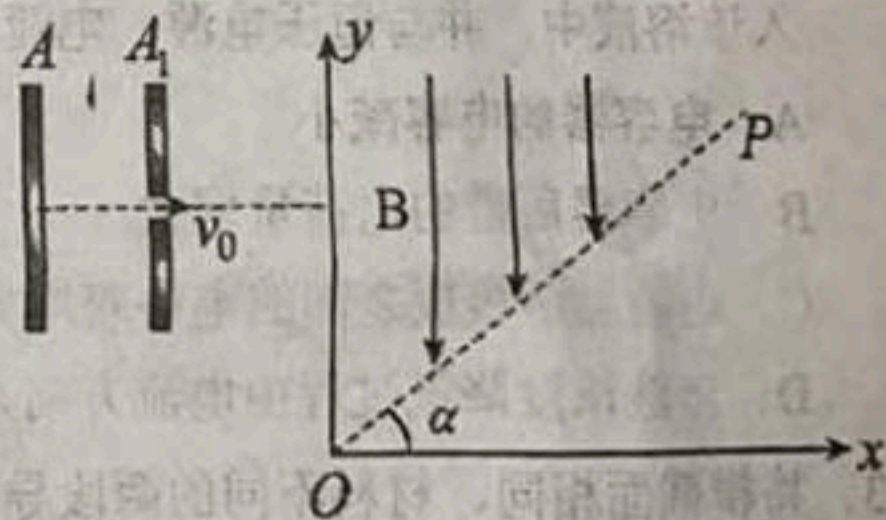
13. (12分) 在如图所示电路中, 电阻 $R_1 = 5\Omega$, 电阻 $R_2 = 1\Omega$ 。闭合开关 S_1 , 在开关 S_2 断开的情况下, 理想电压表的读数为 $2.5V$; 在开关 S_2 闭合的情况下, 电压表的读数为 $3V$ 。电源电动势为 $6V$, 不计电源内阻, 求:

- (1) 在开关 S_2 断开的情况下, 电阻 R_2 消耗的功率;
- (2) 在开关 S_2 闭合的情况下, 电阻 R_0 和 R_2 消耗的功率分别是多大。

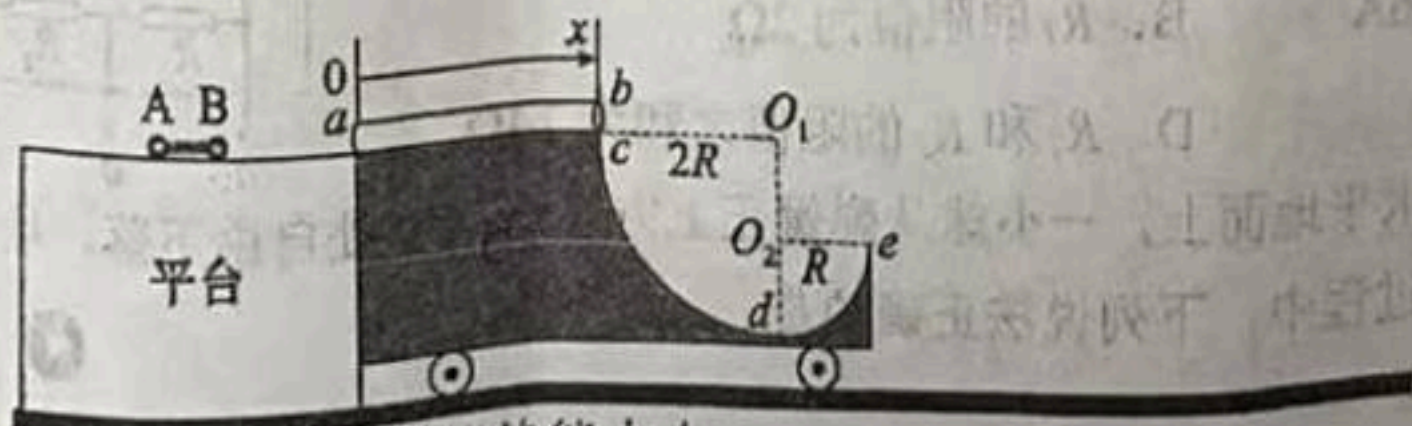


14. (14分) 在“质子疗法”中, 质子先被加速到具有较高的能量, 然后被引向轰击肿瘤, 杀死细胞。如图所示, 质量为 m 、电荷量为 q 的质子从极板 A 处由静止加速, 通过极板 A_1 中间的小孔以 $v_0 = 1 \times 10^7 m/s$ 射出, 然后从坐标系 xOy 中的 B 点 $(0, d)$ 平行于 x 坐标轴进入 yOP 区域, 该区域充满沿 y 轴负方向的匀强电场, 电场强度为 E , OP 与 x 轴夹角 $\alpha = 30^\circ$ 。质子在电场中偏转垂直击中边界 OP 的 C 点 (图中未标出)。取质子比荷为 $\frac{q}{m} = 1 \times 10^8 C/kg$, $d = 0.5m$, 不计重力作用。求:

- (1) 极板 AA_1 间的加速电压 U ;
- (2) B 、 C 两点电势差 U_{BC} ;
- (3) 电场强度 E 的大小。



15. (16分) 如图所示, 一平台固定在水平面上, 其上表面静置着质量分别为 $2m$ 和 m 的小球 A 与 B , 小球间锁定一压缩状态的轻质弹簧 (弹簧与 B 不粘连)。紧挨平台静置着一小车 C , 车上固定着一段水平阻尼管 ab , 管的左端开口与平台等高, 管的右端开口处平滑衔接两段均为四分之一圆弧的滑槽 cde , 半径分别为 $2R$ 和 R , 小车连同车上装置的总质量为 $3m$ 。现解锁弹簧, 当弹簧恢复原长时, B 的速度为 $v_B = 2\sqrt{gR}$; B 在阻尼管所受阻力 f 与其相对管的运动位移 x 成正比, 即 $f = kx$ (k 为已知常数), B 恰好可以离开阻尼管, 落入滑槽 cde 。除阻尼管内阻力外, 其它摩擦及阻力均忽略不计, 重力加速度为 g 。求:



- (1) 弹簧锁定时的弹性势能大小;
- (2) B 第一次离开 e 点时小车的速度大小, 以及 B 第一次腾空过程中, 小车的位移大小 (已知 C 不会返回与平台碰撞);
- (3) 阻尼管的长度 l , 以及 B 第二次滑至滑槽最低点 d 时 (此时半径为 $2R$) 所受弹力大小。

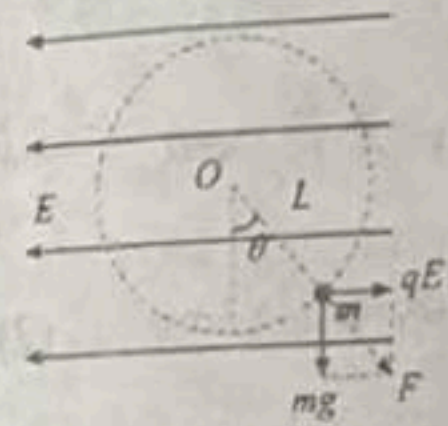
襄阳四中 2024 级高二年级 9 月月考

物理试卷评分细则

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	B	B	B	C	B	B	AC	AD	ABD

6. B【详解】A. 小球静止时细线与竖直方向成 θ 角，对小球进行受力分析，如图所示

由平衡关系可知 $\tan \theta = \frac{qE}{mg}$ 解得 $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$



B. A 点为小球绕 O 点在竖直平面内沿逆时针方向做圆周运动的等效最高点

A 点时小球的速度最小，动能最小，由牛顿第二定律可知 $\frac{mg}{\cos \theta} = \frac{mv_{\min}^2}{L}$

动能 $E_{k\min} = \frac{1}{2}mv_{\min}^2$ 联立解得 $E_{k\min} = \frac{mgL}{2 \cos \theta}$

C. 由机械能守恒定律可知，机械能的变化量等于除重力和弹簧弹力之外的其他力做的功，此处即电场力做的功。由题意可知，当小球运动到最左边与 O 点等高时，电场力做负功最多，机械能最小，故 C 错误；
D. 电场力先做正功后做负功再做正功，所以电势能先减小后增大再减小，故 D 错误。

7. B【详解】根据题意，设列车的最大速度为 v_m ，列车对空气的阻力为 f ，由动量定理有 $f \Delta t = \rho S v \Delta t v - 0$

解得 $f = \rho S v_m^2$ 当牵引力等于阻力时，列车速度最大，则有 $P = f v_m$ 联立解得 $v_m = \sqrt[3]{\frac{P}{\rho S}}$

当列车运行到速度为最大速度的 $\frac{1}{3}$ 时，阻力为 $f_1 = \rho S \left(\frac{1}{3}v_m\right)^2 = \frac{1}{9} \rho S v_m^2$ 此时，牵引力为 $F = \frac{P}{\frac{1}{3}v_m} = 3f$

1 号车厢对 2 号车厢的作用力大小为 F' ，对 2 号、3 号、4 号车厢整体，由牛顿第二定律有 $F' = 3ma$

对 4 节车厢整体，由牛顿第二定律有 $3f - f_1 = 4ma$ 联立解得 $F' = \frac{13}{6} \rho S v_m^2 = \frac{13}{6} \sqrt[3]{P^2 \rho S}$

8. AC【详解】AB. 油滴原来静止在电容器内，受向上的电场力与向下的重力且二力平衡，由题图可知，电容器内部电场方向向下，所以油滴带负电。当滑片向 b 端移动时，滑动变阻器接入电路的电阻减小，则电路中总电阻减小，由闭合电路欧姆定律可知，电路中的总电流增大，路端电压减小，所以 R_1 两端的电压增大，则电容器两端电压减小，即电压表示数变小，电容器内场强减小，油滴所受电场力小于重力，将向下运动，故 A 正确，B 错误；

C. 电源的效率为 $\eta = \frac{I^2 R_{\text{外}}}{I^2 (R_{\text{外}} + r)} \times 100\% = \frac{R_{\text{外}}}{R_{\text{外}} + r} \times 100\% = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_{\text{外}}}} \times 100\%$

当滑动变阻器 R_1 的滑片向 b 端移动时, 其阻值减小, 则外电阻 $R_{外}$ 减小, 电源的效率变低, 故 C 正确;

D. 根据闭合电路欧姆定律可知 $E = U + I(R_1 + r)$ 可得 $U = -I(R_1 + r) + E$ $\frac{|\Delta U|}{|\Delta I|} = r + R_1$

9. AD 【详解】 AB. 由图可知碰前红壶的速度为 $v_0 = 1.0 \text{ m/s}$, 碰后速度为 $v_0' = 0.2 \text{ m/s}$, 可知碰后红壶沿原方向运动, 设碰后蓝壶的速度为 v , 取碰撞前红壶的速度方向为正方向, 可得 $mv_0 = mv_0' + mv$ 代入数据

解得 $v = 0.8 \text{ m/s}$ 根据 $\frac{1}{2}mv_0^2 > \frac{1}{2}mv_0'^2 + \frac{1}{2}mv^2$ 可知碰撞过程机械能有损失, 碰撞为非弹性碰撞;

C. 红壶的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1.2 - 1.0}{1} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$ 若红壶未发生碰撞, 停止运动的时间为 $t = \frac{v_0}{a} = \frac{1.2}{0.2} \text{ s} = 6 \text{ s}$

根据速度图像与坐标轴围成的面积表示位移, 可得, 碰后蓝壶移动的位移大小为 $x = \frac{0.8}{2} \times (6 - 1) \text{ m} = 2.0 \text{ m}$

D. 根据图像的斜率表示加速度, 可知碰后红壶的加速度大于蓝壶的加速度, 两者的质量相等, 由牛顿第二定律知碰后红壶所受摩擦力大于蓝壶所受的摩擦力, 故 D 正确。

10. ABD 【详解】 A. 设小球的质量为 m , 初速度为 v_0 , 在水平方向上由动量守恒定律有 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$

得 $v_2 = -\frac{m}{M}v_1 + \frac{m}{M}v_0$ 结合图乙可得 $\frac{m}{M} = \frac{b}{a}$, $\frac{m}{M}v_0 = b$ 求得 $m = \frac{b}{a}M$

B. 小球运动到最高点时, 竖直方向速度为零, 在水平方向上与滑块具有相同的速度, 在水平方向上由动量守恒定律得 $mv_0 = (m + M)v$ 解得 $v = \frac{mv_0}{m + M} = \frac{ab}{a + b}$

C. 小球从开始运动到最高点的过程中, 得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(m + M)v^2 + mgh$ $h = \frac{a^3}{2(a + b)g}$

D. 分离时有 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$ $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$ $v_1 = \frac{m - M}{m + M}v_0 = \frac{(b - a)}{(a + b)}v_0$

若 $a > b$ 时, $v_1 < 0$, 即小球的速度方向向左, 所以小球与圆弧分离后将向左做平抛运动。

11. (每空 2 分) (1) C (2) 无影响 (3) $m_1x_2 = m_1x_1 + m_2x_3$ (4) $m_1\sqrt{l_2} = m_1\sqrt{l_1} + m_2\sqrt{l_3}$

【详解】 (1) 为了保证碰撞后入射小球不反弹, 需要满足入射小球质量大于被碰小球质量, 即 $m_1 > m_2$;

为了保证两小球发生对心正碰, 两小球半径需要相等, 即 $r_1 = r_2$ 。

(2) 入射小球从轨道上滑下时, 轨道的粗糙程度对实验结论没有影响, 小球滑到底端时速度相同即可;

(3) [1][2] 碰撞前小球 m_1 落点为 P , 碰撞后小球 m_1 落点为 M , 小球 m_2 落点为 N ; 由于两小球在空中下

落的高度相同，所以平抛运动时间相同，设为 t ，由题意得 $v = \frac{x_2}{t}$, $v_1 = \frac{x_1}{t}$, $v_2 = \frac{x_2}{t}$

根据动量守恒定律可得 $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$

若两球碰撞时的动量守恒，应满足的关系式为 $m_1 x_2 = m_1 x_1 + m_2 x_2$

(4) 碰撞前小球 m_1 落点为 P' ，碰撞后小球 m_1 落点为 M' ，小球 m_2 落点为 N' ，设斜面倾角为 α ，由平抛

规律得 $l_2 \sin \alpha = \frac{1}{2} g t^2$, $l_2 \cos \alpha = vt$ 解得 $v = \sqrt{\frac{gl_2 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$ 同理可得 $v_1 = \sqrt{\frac{gl_1 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$, $v_2 = \sqrt{\frac{gl_2 \cos^2 \alpha}{2 \sin \alpha}}$

根据动量守恒表达式 $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$ 可得 $m_1 \sqrt{l_2} = m_1 \sqrt{l_1} + m_2 \sqrt{l_2}$

12. (每空 2 分) (1) 1.0 8.0(2) 6.0 4.0 (3) D

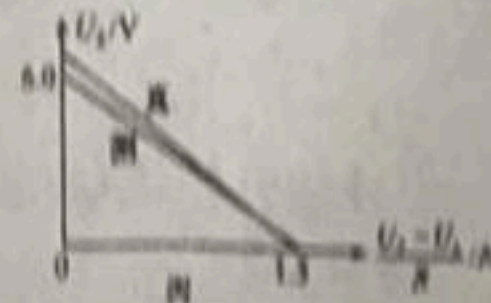
【详解】(1) [1][2] 串联电路电流处处相等，由图甲所示电路图可知 $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_1 + R_2}$

整理有 $\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{R_2} R_1 + 1.0$ 则 $\frac{U_2}{U_1} - R$ 图像的纵轴截距 $b = 1.0$ 斜率 $k = \frac{1}{R_2} = \frac{3-1}{16}$ 解得 $R_2 = 8.0 \Omega$

(2) $U_2 - \frac{U_2 - U_1}{R}$ 图线是电源的 $U-I$ 图像，电源电动势为 $E = 6.0 \text{V}$ 内阻 $r = \frac{\Delta U_1}{\Delta \frac{U_2 - U_1}{R}} = 4.0 \Omega$

(3) 由于电压表不是理想电压表，两个电压表存在分流作用， $\frac{U_2 - U_1}{R}$ 的值小于流过电源的电流，当外电路短路时，电流的测量值等于真实值，除此之外电压表的分流作用，电流的测量值小于真实值，所以其图像如图所示

由图像可知，电源的电动势和内阻的测量值都小于真实值。



13. (4+8) (1) 1.5W; (2) 0.48W, 0.96W

【详解】(1) 在开关 S_2 断开的情况下， R_1 中的电流为 $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{2.5}{5} \text{A} = 0.5 \text{A}$

因为 $U = IR_1 + IR_2 + IR_3$ $R_2 = \frac{U - IR_1 - IR_3}{I} = 6 \Omega$ R_2 消耗的功率 $P_2 = I^2 R_2 = 0.5^2 \times 6 \text{W} = 1.5 \text{W}$

(2) 在开关 S_2 闭合的情况下，电阻 R_0 与电阻 R_2 并联，电路中的总电流 $I' = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3}{5} \text{A} = 0.6 \text{A}$

并联部分的电压 $U_{\#} = U - U_1 = I' R_1 = 6 \text{V} - 3 \text{V} = 0.6 \times 1 \text{V} = 2.4 \text{V}$ $R_{\#} = \frac{U_{\#}}{I'} = \frac{2.4}{0.6} \Omega = 4 \Omega$ $\frac{1}{R_{\#}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_0}$

解得 $R_0 = \frac{R_2 R_{\#}}{R_2 - R_{\#}} = \frac{6 \times 4}{6 - 4} \Omega = 12 \Omega$ 电阻 R_0 消耗的功率 $P_0 = \frac{U_{\#}^2}{R_0} = \frac{2.4^2}{12} \text{W} = 0.48 \text{W}$

电阻 R_2 消耗的功率 $P_2' = \frac{U_{\#}^2}{R_2} = \frac{2.4^2}{6} \text{W} = 0.96 \text{W}$

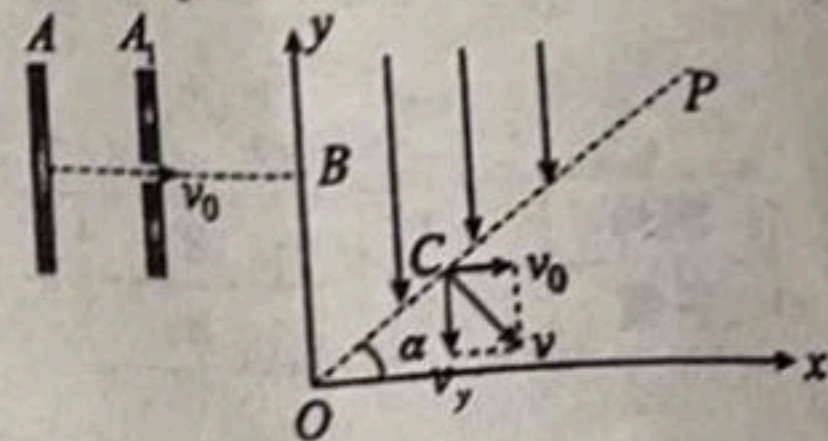
14. (4+5+5) (1) $5 \times 10^3 \text{V}$; (2) $1.5 \times 10^8 \text{V}$; (3) $5 \times 10^3 \text{V/m}$

【详解】(1) 质子在极板 AA_1 间加速, $qU = \frac{1}{2}mv_0^2$ 得极板 AA_1 间的加速电压 $U = \frac{mv_0^2}{2q} = 5 \times 10^5 \text{ V}$

(2) 质子在电场中偏转垂直击中边界 OP 的 C 点, 如图

则质子到达 C 点时的速度 $v = \frac{v_0}{\sin \alpha} = 2 \times 10^7 \text{ m/s}$ 质子从 B 点到 C 点由动能

定理得 $qU_{BC} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ 解得 B, C 两点电势差 $U_{BC} = 1.5 \times 10^6 \text{ V}$



(3) 质子在电场中运动到达 OP 上的 C 点时间为 t , 竖直方向速度为 v_y ,

水平位移为 x , 竖直位移为 y , 加速度为 a . 由运动学公式有 $x = v_0 t$ $y = \frac{1}{2}at^2$ $v_y = at$

由几何关系得 $\tan \alpha = \frac{d-y}{x}$ $\tan \alpha = \frac{v_0}{v_y}$ 解得 $x = \frac{\sqrt{3}}{5} \text{ m}$ $y = 0.3 \text{ m}$ 由 $E = \frac{U_{BC}}{y}$, 解得 $E = 5 \times 10^6 \text{ V/m}$

15. (4+6+6)(1) $3mgR$ (2) $\frac{1}{2}\sqrt{gR}$, $\sqrt{2}R$ (3) $l = \sqrt{\frac{3mgR}{k}}$, $\frac{11}{3}mg$

【详解】(1) 弹簧解锁过程, A 与 B 组成系统动量守恒 $0 = 2mv_A + mv_B$

能量守恒 $E_p = \frac{1}{2} \times 2mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$ 解得 $E_p = 3mgR$

(2) B 进入滑槽运动的过程中, B 与 C 系统水平方向动量守恒, 从 a 到 b 过程有 $mv_B = (m+3m)v_{BC}$

从 a 到 e 过程有 $mv_B = (m+3m)v_x$ 解得 $v_{BC} = v_x = \frac{1}{2}\sqrt{gR}$

B 从 b 到 e 过程, 系统能量守恒 $\frac{1}{2}(m+3m)v_{BC}^2 + mgR = \frac{1}{2} \times 3mv_x^2 + \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2)$ 得 $v_y = \sqrt{2gR}$

B 离开 e 点后相对 C 做竖直上抛运动, 腾空时间 $t = \frac{2v_y}{g}$ 解得 $t = 2\sqrt{\frac{2R}{g}}$

因此 B 第一次腾空过程, C 的位移大小 $s = v_x t = \sqrt{2}R$

(3) B 从 a 到 b , 系统能量守恒 $\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}(m+3m)v_{BC}^2 + \frac{1}{2}kl^2$ 解得 $l = \sqrt{\frac{3mgR}{k}}$

B 从离开阻尼管滑至 d 过程, B 与 C 系统水平方向动量守恒及机械能守恒, 有 $(m+3m)v_{BC} = mv_1 + 3mv_2$,

$\frac{1}{2}(m+3m)v_{BC}^2 + mg \times 2R = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 3mv_2^2$

解得第一次滑至 d 时的速度 $v_1 = \frac{1+2\sqrt{3}}{2}\sqrt{gR}$, $v_2 = \frac{3-2\sqrt{3}}{6}\sqrt{gR}$ (舍去)

第二次滑至 d 时的速度 $v_1' = \frac{1-2\sqrt{3}}{2}\sqrt{gR}$, $v_2' = \frac{3+2\sqrt{3}}{6}\sqrt{gR}$

B 在 d 点有 $N - mg = m \frac{(v_1' - v_2')^2}{2R}$ 解得 $N = \frac{11}{3}mg$