

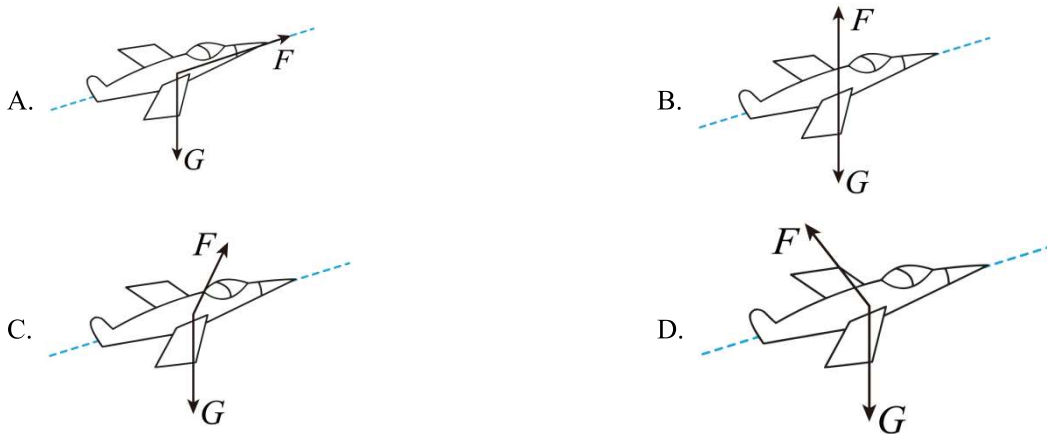
济南市高三上学期期末联考

物理试题

本试卷满分 100 分。考试用时 90 分钟。

一、单项选择题（本题共 8 小题，每小题 3 分，共 24 分。每小题只有一个选项符合题目要求。）

1. 2022 年 11 月 8 日，第 14 届中国国际航空航天博览会在珠海开幕，中国空军的运油—20 首次进行飞行展示。如图所示，运油—20 起飞后在某段时间内沿虚线加速飞行，用 F 表示空气对飞机的作用力，用 G 表示飞机受到的重力。下列飞机受力分析图可能正确的是（ ）



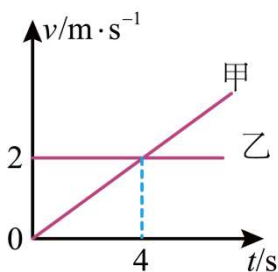
【答案】C

【解析】

【详解】运油—20 起飞后在某段时间内沿虚线加速飞行，可知飞机受到的合力沿虚线向上，根据平行四边形定则可知，空气对飞机的作用力 F 应处于虚线上方偏右。

故选 C。

2. 2022 年卡塔尔世界杯吸引了全球球迷的目光，再次点燃了人们对足球的热情。某次比赛中，甲、乙两名运动员沿同一直线同向运动，两人的速度 v 与时间 t 的关系图像如图所示。 $t = 0$ 时刻甲在乙前方 5m 处， $t = 4s$ 时下列说法正确的是（ ）



A. 甲乙恰好相遇

B. 甲在乙前方 1m 处

C. 乙在甲前方 1m 处

D. 甲在乙前方 4m 处

【答案】B

【解析】

【详解】 $v-t$ 图像的面积代表运动员的位移，则 $t=4s$ 时甲和乙的位移为

$$x_{\text{甲}} = \frac{v}{2}t = 4\text{m}$$

$$x_{\text{乙}} = vt = 8\text{m}$$

而 $t=0$ 时刻甲在乙前方 $x_0 = 5\text{m}$ 处，则两者的距离为

$$\Delta x = x_{\text{甲}} + x_0 - x_{\text{乙}} = 1\text{m}$$

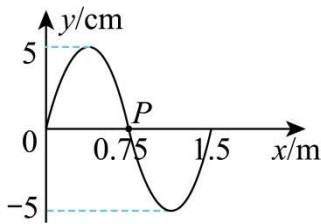
即甲在乙前方 1m 处。

故选 B。

3. 一列沿 x 轴正方向传播的简谐横波在 $t_1 = 0$ 时刻的波形如图所示，该简谐横波传播的速度为

$v = 1.5\text{m/s}$ ， P 为平衡位置在 $x = 0.75\text{m}$ 处的质点。关于质点 P 在 $t_2 = 0.25\text{s}$ 时刻运动的描述，下列说法

正确的是（ ）



A. 速度为零

B. 速度方向沿 y 轴正方向

C. 加速度为零

D. 加速度方向沿 y 轴正方向

【答案】A

【解析】

【详解】AB. 由图知，波长

$$\lambda = 1.5\text{m}$$

周期

$$T = \frac{\lambda}{v} = 1\text{s}$$

波沿 x 轴正方向传播，质点 P 在 $t_2 = 0.25\text{s}$ 时刻运动到波峰处，此时速度为零，故 A 正确，B 错误；

CD. 质点 P 在 $t_2 = 0.25\text{s}$ 时刻在波峰处，位移为正的极大，加速度最大，且加速度方向沿 y 轴负方向，故

CD 错误。

故选 A。

4. 2022 年 11 月 1 日 4 时 27 分，“梦天实验舱”与“天和核心舱”成功对接，这标志着中国空间站建造由

全面实施阶段进入收官阶段。已知组合体的质量为 m ，绕地球做匀速圆周运动的轨道半径为 r ，地球半径为 R ，地球表面处的重力加速度为 g ，不考虑地球自转的影响，则组合体的动能为（ ）

- A. $\frac{2mgr^2}{R}$ B. $\frac{2mgR^2}{r}$ C. $\frac{mgr^2}{2R}$ D. $\frac{mgR^2}{2r}$

【答案】D

【解析】

【详解】万有引力提供向心力

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

则地球表面

$$G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

组合体的动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

联立以上三式得

$$E_k = \frac{mgR^2}{2r}$$

故选 D。

5. 电动自行车是日常短途出行的重要交通工具，为确保消费者的生命财产安全，新国标规定电动自行车的最高速度不能超过 25km/h。某品牌电动自行车所用电动机的额定电压为 48V，额定电流为 12A，内电阻为 1Ω 。若该电动自行车在额定状态下以国标规定的最高速度在水平地面上匀速行驶，不计其自身机械能损耗，则该电动自行车受到的阻力约为（ ）

- A. 83N B. 62N C. 23N D. 17N

【答案】B

【解析】

【详解】对电动机有

$$UI = I^2r + P_{\text{机}}$$

由于电动自行车在额定状态下以国标规定的最高速度在水平地面上匀速行驶，则有

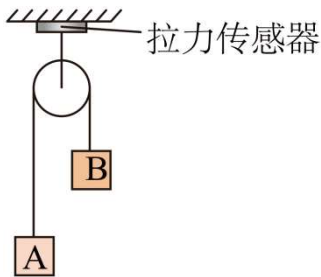
$$P_{\text{机}} = Fv_0, \quad F = f$$

解得

$$f \approx 62\text{N}$$

故选 B。

6. 如图所示，轻定滑轮与固定在天花板上的拉力传感器相连，跨过定滑轮的轻绳两端分别与质量不等的 A、B 两物体相连。用挡板托住物体 B 使 A、B 保持静止，此时拉力传感器的示数为 10N；撤去挡板，物体 A 上升、B 下降，此时拉力传感器的示数为 15N。重力加速度 g 取 10m/s^2 ，则物体 B 的质量为（ ）



- A. 0.75kg B. 1kg C. 1.25kg D. 1.5kg

【答案】D

【解析】

【详解】用挡板托住物体 B 时 A、B 保持静止，此时拉力传感器的示数为 10N，根据平衡条件，A 的重力为

$$m_A g = \frac{10}{2} \text{N} = 5\text{N}$$

撤去挡板，设绳子张力 T ，根据牛顿第二定律

$$m_B g - T = m_B a$$

$$T - m_A g = m_A a$$

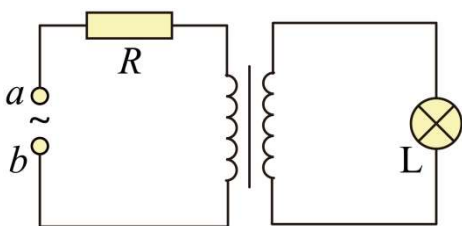
$$2T = 15\text{N}$$

联立解得

$$m_B = 1.5\text{kg}$$

故选 D。

7. 如图所示，理想变压器原副线圈匝数比为 2:1，a、b 两端接 $u = 44\sqrt{2} \sin(100\pi t)\text{V}$ 的交流电源，定值电阻 $R = 10\Omega$ ，灯泡 L 额定电压为 22V，其电阻恒定为 10Ω ，以下说法正确的是（ ）



- A. 灯泡 L 消耗的电功率为 48.4W

B. 流过电阻 R 的电流为 1.1A

C. 若 a 、 b 两端接 $u = 55\sqrt{2} \sin(100\pi t)$ V 的交流电源，灯泡就能正常发光

D. 保持 a 、 b 两端所接电源不变，换用原副线圈匝数比为 4:1 的理想变压器时，灯泡可能正常发光

【答案】C

【解析】

【详解】B. a 、 b 两端接 $u = 44\sqrt{2} \sin(100\pi t)$ V 的交流电源，则有效值为

$$U = \frac{44\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 44 \text{ V}$$

设原线圈电流为 I_1 ，由变压器的原理有

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

对原线圈由全电路的欧姆定律有

$$U = I_1 R + U_1 = I_1 R + \frac{n_1}{n_2} \cdot I_2 R_L = I_1 R + I_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_L$$

其中 $R = 10\Omega$ ， $R_L = 10\Omega$ ， $\frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{1}$ ，代入数据解得

$$I_1 = 0.88 \text{ A}$$

故流过电阻 R 的电流为 0.88A，故 B 错误；

A. 流过副线圈的电流为

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 1.76 \text{ A}$$

则灯泡 L 消耗的电功率为

$$P = I_2^2 R_L = 30.976 \text{ W}$$

故 A 错误；

C. 若 a 、 b 两端接 $u = 55\sqrt{2} \sin(100\pi t)$ V 的交流电源，则

$$U = 55 \text{ V}$$

由

$$U = I_1 R + I_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_L$$

可得

$$I_1 = 1.1\text{A}$$

则流过副线圈的电流为

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 2.2\text{A}$$

而灯泡正常发光的额定电流为

$$I_{\text{额}} = \frac{U_{\text{额}}}{R_L} = 2.2\text{A} = I_2$$

流过灯泡的电流刚好为灯泡正常发光的电流，则灯泡就能正常发光，故 C 正确；

D. 保持 a 、 b 两端所接电源不变，换用原副线圈匝数比为 4:1 的理想变压器时，即

$$U = 44\text{V}, \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{1}$$

由

$$U = I_1 R + I_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_L$$

可得

$$I_1 = \frac{44}{170}\text{A}$$

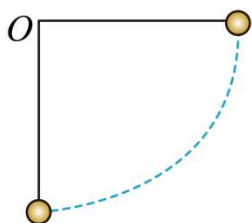
此时流过副线圈的电流为

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = \frac{88}{85}\text{A} < I_{\text{额}}$$

则灯泡不能正常发光，故 D 错误。

故选 C。

8. 如图所示，长为 l 的轻绳一端固定在 O 点，另一端拴一质量为 m 的小球，初始时悬线沿水平方向伸直。将小球由静止释放，不计空气阻力，重力加速度为 g ，小球从开始释放到运动到最低点的过程中重力功率的最大值为 ()



A. $mg\sqrt{2gl}$

B. $\frac{1}{2}mg\sqrt{2gl}$

C. $\frac{2}{3}mg\sqrt{\sqrt{3}gl}$

D. $\frac{1}{3}mg\sqrt{\sqrt{3}gl}$

【答案】C

【解析】

【详解】令轻绳与水平方向夹角为 θ ，则球体向下运动过程有

$$mgl \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2, \quad P = mgv \cos \theta$$

解得

$$P = mg\sqrt{2gl(\sin \theta - \sin^3 \theta)}$$

假设

$$y = \sin \theta - \sin^3 \theta$$

则有

$$y' = \cos \theta - 3\sin^2 \theta \cos \theta = 0$$

解得

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

可知，此时小球重力功率达到最大，则有

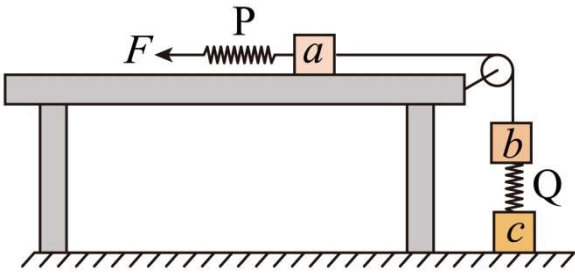
$$P_{\max} = mg\sqrt{2gl\left[\frac{\sqrt{3}}{3} - \left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right)^3\right]} = \frac{2}{3}mg\sqrt{\sqrt{3}gl}$$

故选 C。

二、多项选择题（本题共 4 小题，每小题 4 分，共 16 分。每小题有多个选项符合题目要求，全部选对得 4 分，选对但选不全的得 2 分，有错选或不答的得 0 分）

9. 如图所示，三个相同的木块 a 、 b 、 c 通过两个相同的轻弹簧 P、Q 和一段轻绳连接，其中 a 放在光滑水平桌面上。每个木块的重力均为 10N，轻弹簧的劲度系数均为 500N/m。开始时 P 弹簧处于原长，轻绳好伸直，三个木块均处于静止状态。现用水平力 F 缓慢地向左拉 P 弹簧的左端，直到木块 c 刚好离开水平地面。从开始到木块 c 刚好离开地面的过程中，全科免费下载公众号《高中僧课堂》下列说法正确的是

()



- A. P 弹簧的左端向左移动的距离是 4cm
- B. P 弹簧的左端向左移动的距离是 8cm
- C. 水平力 F 做的功等于 P 弹簧增加的弹性势能
- D. 轻绳对木块 b 做的功等于木块 b 增加的重力势能

【答案】BD

【解析】

【详解】AB. 没有施加拉力时，对 Q 弹簧处于压缩状态，则有

$$mg = kx_1$$

解得

$$x_1 = 2\text{cm}$$

木块 c 刚好离开地面时，Q 弹簧处于拉伸状态，则有

$$mg = kx_2$$

解得

$$x_2 = 2\text{cm}$$

此时 P 弹簧处于拉伸状态，则有

$$F = kx_3$$

对 a 分析有

$$F = T$$

对 b 分析有

$$T = mg + kx_2$$

解得

$$x_3 = 4\text{cm}$$

则 P 弹簧的左端向左移动的距离是

$$x = x_1 + x_2 + x_3 = 8\text{cm}$$

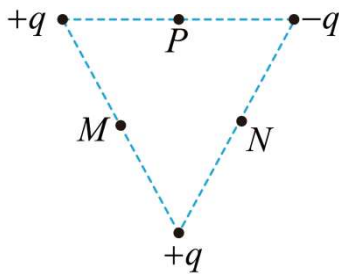
A 错误，B 正确；

C. 根据上述，Q 弹簧初状态的压缩量与末状态的拉伸量相等，则始末状态 Q 弹簧的弹性势能不变，木块 b 重力势能增大，P 弹簧弹性势能增大，根据功能关系可知水平力 F 做的功等于 P 弹簧增加的弹性势能与木块 b 增加的重力势能之和，C 错误；

D. 由于 Q 弹簧初状态的压缩量与末状态的拉伸量相等，则始末状态 Q 弹簧的弹性势能不变，木块 b 重力势能增大，则轻绳对木块 b 做的功等于木块 b 增加的重力势能，D 正确。

故选 BD。

10. 如图所示，正三角形的三个顶点处分别放置 $+q$ 、 $+q$ 、 $-q$ 三个点电荷， M 、 N 、 P 三点分别是三条边的中点，以下说法正确的是 ()



A. M 、 N 两点的电场强度大小相等

B. N 、 P 两点的电场强度大小相等

C. M 点的电势高于 N 点的电势

D. 负点电荷在 M 点的电势能大于在 P 点的电势能

【答案】BC

【解析】

【详解】A. 设正三角形边长为 L ， $+q$ 、 $+q$ 在 M 点的合场强为零， $-q$ 在 M 点的场强方向指向 $-q$ ，大小为

$$E_M = k \frac{q}{(L \sin 60^\circ)^2} = \frac{4}{3} k \frac{q}{L^2}$$

右侧 $+q$ 、 $-q$ 在 N 的场强方向指向 $-q$ ，大小为

$$E_1 = 2k \frac{q}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = 8k \frac{q}{L^2}$$

左上角 $+q$ 在 N 的场强方向垂直 N 点所在直线指向外侧，大小为

$$E_2 = k \frac{q}{(L \sin 60^\circ)^2} = E_M$$

N 点的合场强为

$$E_N = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$$

对比可知

$$E_M < E_N$$

A 错误；

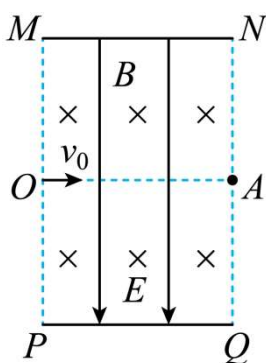
B. 据点电荷的场强特点及场强叠加规律可知， N 、 P 两点的电场强度大小相等，B 正确；

C. 在下方 $+q$ 产生的电场中， M 、 N 两点离该场源电荷距离相等，电势相等，在上方 $+q$ 、 $-q$ 产生的电场中，两电荷连线的中垂线为零势面，在左侧电势高于零，在右侧电势低于零，故 M 点的电势高于 N 点的电势，C 正确；

D. 在左上角 $+q$ 产生的电场中， M 、 P 离该场源电荷距离相等，电势相等，在右侧 $+q$ 、 $-q$ 产生的电场中， M 点电势高于零， P 点电势低于零，即 M 点电势高于 P 点电势，据 $E_p = q\varphi$ 可知，负电荷在电势高的 M 点电势能较小，D 错误。

故选 BC。

11. 如图所示，长为 $\sqrt{3}d$ 的两正对平行金属板 MN 、 PQ 水平放置，板间距离为 $2d$ ，板间有正交的匀强电场和匀强磁场。一带电粒子从 MP 的中点 O 垂直于电场和磁场方向以初速度 v_0 射入，恰沿直线从 NQ 的中点 A 射出；若只撤去电场，该带电粒子仍从 O 点以初速度 v_0 水平射入，则粒子从 N 点射出，粒子重力不计。以下说法正确的是 ()



A. 该粒子一定带正电

B. 该粒子带正电、负电均可

C. 若只撤去磁场，该带电粒子仍从 O 点以初速度 v_0 水平射入，则粒子从 AQ 之间射出

D. 若只撤去磁场，该带电粒子仍从 O 点以初速度 v_0 水平射入，则粒子打在板 PQ 上

【答案】AC

【解析】

【详解】AB. 由于撤去电场时，该带电粒子从 N 点射出，可知洛伦兹力方向向上，根据左手定则可知，粒子带正电，A 正确，B 错误；

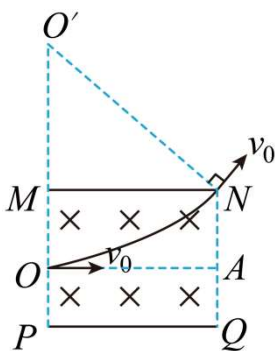
CD. 有电场与磁场作用时，由于粒子恰沿直线从 NQ 的中点 A 射出，可知，此时粒子做匀速直线运动，则有

$$qv_0B = qE$$

解得

$$E = v_0B$$

若只撤去电场，粒子从 N 点射出，作出轨迹如图所示



根据几何关系有

$$R^2 = (\sqrt{3}d)^2 + (R-d)^2$$

解得

$$R=2d$$

在磁场中

$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{R}$$

结合上述解得

$$E = \frac{mv_0^2}{2qd}$$

若只撤去磁场，该带电粒子仍从 O 点以初速度 v_0 水平射入，若粒子从 AQ 之间射出，则有

$$\sqrt{3}d = v_0t, \quad y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} t^2$$

解得

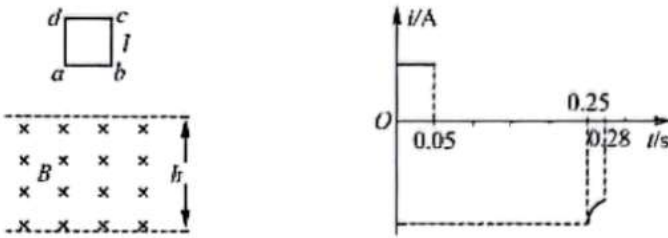
$$y = \frac{3}{4}d < d$$

可知，粒子从 AQ 之间射出，C 正确，D 错误。

故选 AC。

12. 如图所示，正方形金属线框 $abcd$ 从某高度自由下落进入 $B = 1\text{T}$ 的匀强磁场，从 ab 边刚进入磁场到 cd 边刚出磁场过程中，线框中的电流随时间的变化图像如图所示。已知线框边长 $l = 0.1\text{m}$ ，总电阻 $R = 0.1\Omega$ ，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。线框通过磁场过程中 ab 边始终与磁场边界平行。下列说法正确的是

()



- A. 线框质量 $m = 0.02\text{kg}$
- B. 磁场宽度 $h = 0.6\text{m}$
- C. cd 边刚出磁场时的速度为 3.8m/s
- D. 线框穿过整个磁场过程中产生的焦耳热为 0.0556J

【答案】ACD

【解析】

【详解】A. 线框进磁场为匀速直线运动，时间为 $t_1 = 0.05\text{s}$ ，则匀速的速度为

$$v_1 = \frac{l}{t_1} = 2\text{m/s}$$

线框所受的重力与安培力平衡，有

$$mg = BI_1 l = \frac{B^2 l^2 v_1}{R}$$

解得线框质量为

$$m = 0.02\text{kg}$$

故 A 正确；

B. 线框匀速进入磁场后，因双边同向切割磁感线，则无感应电流，不受安培力而只受重力，其加速度为 g 做匀加速直线运动，加速时间为

$$t_2 = (0.25 - 0.05)\text{s} = 0.2\text{s}$$

则有

$$h-l = v_1 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

解得磁场宽度为

$$h = 0.7\text{m}$$

故 B 错误；

C. ab 边出磁场时的速度为

$$v_2 = v_1 + g t_2 = 4\text{m/s}$$

线框出磁场的过程做变加速直线运动，时间为 $t_3 = 0.03\text{s}$ ，由动量定理有

$$m g t_3 - B \bar{I} l \cdot t_3 = m v_3 - m v_2$$

而流过截面的电量为

$$q = \bar{I} \cdot t_3 = \frac{B l^2}{R} = 0.1\text{C}$$

联立解得 cd 边刚出磁场时的速度为

$$v_3 = 3.8\text{m/s}$$

故 C 正确；

D. 对线框穿过磁场的全过程，由动能定理有

$$m g (h + l) - W_{F_{安}} = \frac{1}{2} m v_3^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$W_{F_{安}} = Q$$

解得线框穿过整个磁场过程中产生的焦耳热为

$$Q = 0.0556\text{J}$$

故 D 正确。

故选 ACD。

三、实验题（把答案填在答题卡中的横线上或者按题目要求作答。）

13. 某同学用伏安法测定待测电阻 R_x 的阻值（约为 200Ω ），除了 R_x 、开关 S、导线外，还有下列器材供选用：

电压表 V（量程 $0\sim 1\text{V}$ ，内阻约 $10\text{k}\Omega$ ）

电流表 A_1 （量程 $0\sim 6\text{mA}$ ，内阻约 30Ω ）

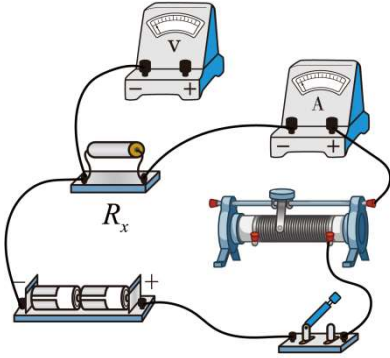
电流表 A_2 (量程 $0\sim 0.6\text{A}$, 内阻约 0.05Ω)

电源 (电动势 1.5V , 额定电流 0.5A , 内阻不计)

滑动变阻器 R_0 (阻值范围 $0\sim 10\Omega$, 额定电流 2A)

(1) 为使测量尽量准确, 电流表应选用_____ ; (选填 “ A_1 ” 或者 “ A_2 ”)

(2) 在选用正确的电流表的情况下, 请用笔画线代替导线, 在答题纸上将实物电路补充完整_____ ;

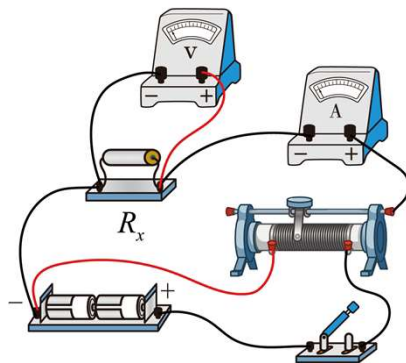


(3) 若该同学仪器选择和电路连接均正确, 其待测电阻的测量值_____ (填 “大于” “小于” 或 “等于”) 真实值。

【答案】

①. A_1

②.



③. 小于

【解析】

【详解】(1) [1]电路中可能出现的最大电流

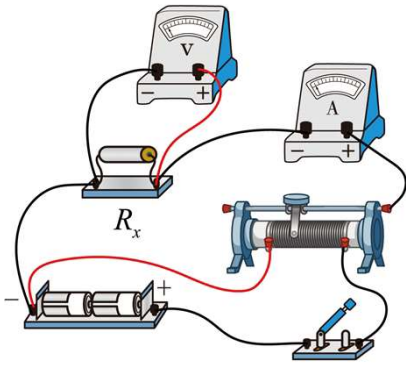
$$I = \frac{U}{R_x} = \frac{1.5}{200} \text{A} = 7.5 \times 10^{-3} \text{A}$$

为使测量尽量准确, 电流表应选用 A_1 ;

(2) [2]由于滑动变阻器的最大阻值较小, 所以滑动变阻器采取分压式接法, 由于

$$\frac{R_V}{R_x} > \frac{R_x}{R_A}$$

采用电流表外接法, 如图



(3) [3]采用电流表外接法，电压表测量值等于真实值，电流表测量值大于真实值，则待测电阻的测量值小于真实值。

14. 流量是指单位时间内流经封闭管道或明渠有效截面的流体的体积，又称瞬时流量，某学习小组用如图所示的实验装置测定桶装水抽水器的水流量和喷水口的横截面积。



实验器材：3m 卷尺， 1000cm^3 量筒一个，手机一部

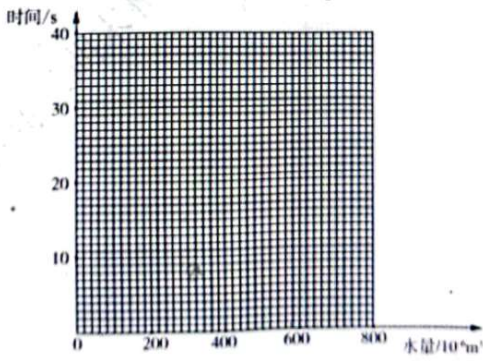
主要实验步骤如下：

- ①调节抽水器喷口的位置和角度，使其末端水平；
- ②打开抽水器开关，将水水平喷出，调节桌面上量筒的位置使水落入量筒中；
- ③用卷尺测得喷口到水平桌面的竖直高度为 $y = 49.0\text{cm}$ 、喷口到水在量筒底部落点的水平位移为 $x = 25.0\text{cm}$ ；
- ④清空量筒中的水，重新打开抽水器开关，待空中水流稳定后用手机计时器计时，实验数据如下表所示：

时间 (s)	11.1	15.3	19.5	24.0	28.2
水量 ($\times 10^{-6}\text{m}^3$)	300	400	500	600	700

(1) 根据流量的定义，从理论上分析，在空中下落的水柱的横截面积会随下落高度的增大而_____（选填“增大”“减小”或者“不变”）；

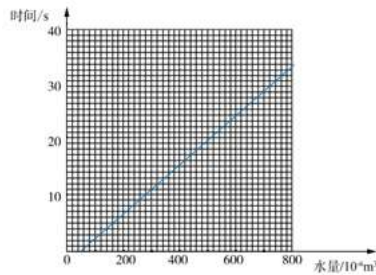
(2) 根据所测数据，在答题卡坐标纸上作出时间与水量的关系图线_____；



(3) 根据图像可得实验中桶装水抽水器的水流量 $Q = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/\text{s}$; (保留 2 位有效数字)

(4) 若已知重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, $\sqrt{10} \approx 3.16$, 根据测量的实验数据可知抽水器的水流量 Q 与抽水器出水口横截面积之比约为 ;

- A. 0.74 B. 0.79 C. 1.27 D. 1.36



【答案】

①. 减小

②.

③. 2.3×10^{-5}

④. B

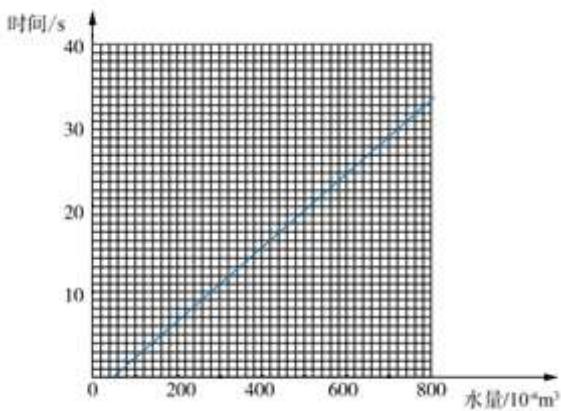
【解析】

【详解】(1) [1] 设空中下落的水的速度为 v , 根据流量定义有

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{Sv\Delta t}{\Delta t} = Sv$$

所以在流量不变时, 随着下落高度的增大, 水的速度在增大, 此时水柱的横截面积会减小。

(2) [2] 根据表中数据可得图线如下:



(3) [3] 根据题意可得水量与流量的关系为

$$V = Q \cdot t$$

所以图线的斜率表示流量的倒数，有

$$\frac{1}{Q} = \frac{28.2 - 11.1}{(700 - 300) \times 10^{-6}}$$

解得

$$Q = 2.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

(4) [4] 设水从出水口射出的水平初速度为 v_0 ，根据平抛运动规律有

$$y = \frac{1}{2}gt^2, \quad x = v_0t$$

联立代入数值解得

$$v_0 = 0.79 \text{ m/s}$$

根据前面分析此时有

$$Q = Sv_0$$

所以可得抽水器的水流量 Q 与抽水器出水口横截面积之比为

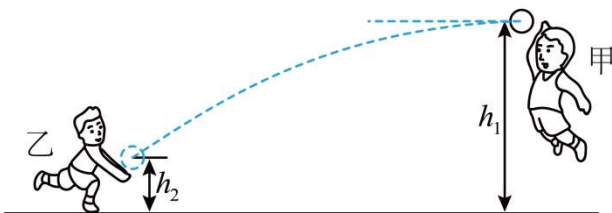
$$\frac{Q}{S} = v_0 = 0.79$$

故选 B。

四、计算题（解答应写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤.只写出最后答案的不能得分。）

15. 研究表明，适当运动可以提高免疫力，抵御新冠病毒。如图所示，某次活动中甲同学在距离地面高 $h_1 = 2.6\text{m}$ 处将排球水平击出，排球的初速度大小为 $v_0 = 8\text{m/s}$ ；乙同学在离地 $h_2 = 0.8\text{m}$ 处将排球垫起，垫起前后瞬间排球的速度大小不变，垫起后排球速度的方向与水平方向夹角为 $\theta = 53^\circ$ 。已知 $\sin 53^\circ = 0.8$ ， $\cos 53^\circ = 0.6$ ，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，不计空气阻力。求：

- (1) 排球被垫起前运动的水平位移 x ；
- (2) 垫起后排球上升的离地最大高度 h_m 。



【答案】(1) 4.8m；(2) 4m

【解析】

【详解】(1) 排球被击出后做平抛运动过程，竖直方向满足

$$h_1 - h_2 = \frac{1}{2}gt^2$$

水平方向满足

$$x = v_0 t$$

联立解得

$$x = 4.8\text{m}$$

(2) 排球被垫起前瞬间竖直方向的分速度大小为

$$v_y = gt$$

合速度大小为

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$$

排球被垫起后瞬间，竖直方向的分速度大小为

$$v_{y2} = v \sin \theta$$

竖直方向上升的最大高度为

$$h_3 = \frac{v_{y2}^2}{2g}$$

垫起后排球上升的离地最大高度为

$$h_m = h_2 + h_3$$

联立解得

$$h_m = 4\text{m}$$

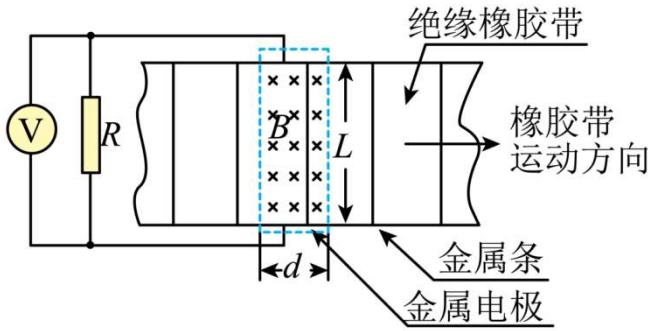
16. 某同学设计了一种可测速的跑步机，测速原理如图所示，该跑步机底面固定有间距为 L 、长度为 d 的平行金属电极。电极间充满磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向里的匀强磁场，且接有量程为 $0 \sim U_m$ 的电压表（内阻很大）和阻值为 R 的电阻，绝缘橡胶带上镀有间距为 d 的平行细金属条，每根金属条的电阻为 r ，磁场中始终仅有一根金属条，且与电极接触良好，求：

(1) 此跑步机可测量的橡胶带运动速率的最大值 v_m ；

(2) 电压表的示数恒为 $\frac{U_m}{2}$ 时，一根金属条经过磁场区域克服安培力做的功 W ；

(3) 若考虑电压表内阻的影响，请判断测得的速度 $v_{测}$ 与实际速度 $v_{实}$ 的大小关系（不要求推导过程，仅

回答“ $v_{\text{测}} > v_{\text{实}}$ ”“ $v_{\text{测}} < v_{\text{实}}$ ”或“ $v_{\text{测}} = v_{\text{实}}$ ”。



【答案】(1) $v_m = \frac{U_m(R+r)}{BLR}$; (2) $W = \frac{BU_m Ld}{2R}$; (3) $v_{\text{测}} < v_{\text{实}}$

【解析】

【详解】(1) 橡胶带达到最大速度时匀速，切割磁感线产生的电动势为

$$E_m = BLv_m$$

由全电路的欧姆定律有

$$U_m = \frac{E_m}{R+r} \cdot R$$

解得

$$v_m = \frac{U_m(R+r)}{BLR}$$

(2) 金属条所受的安培力为

$$F = BIL$$

电流

$$I = \frac{1}{2} \frac{U_m}{R}$$

克服安培力做的功为

$$W = F \cdot d$$

解得

$$W = \frac{BU_m Ld}{2R}$$

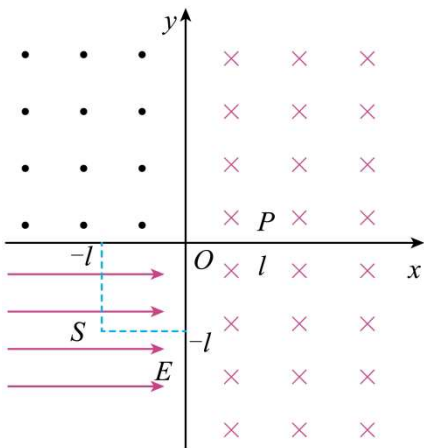
(3) 考虑电压表内阻的影响，匀速时由于电压表的分流，则电压表的示数偏小，可知所测的速度偏小，即

$v_{\text{测}} < v_{\text{实}}$ 。

17. 如图所示，平面直角坐标系 xoy 中第一、二、四象限内存在磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。第一、

四象限内磁场方向垂直纸面向里，第二象限内磁场方向垂直纸面向外。第三象限存在沿 x 轴正方向的匀强电场。质量为 m 、电荷量为 $q (q > 0)$ 的粒子甲从点 $S(-l, -l)$ 由静止释放，进入磁场区域后，与静止在点 $P(l, 0)$ 、质量为 $\frac{m}{3}$ 的中性粒子乙发生弹性正碰，碰撞过程中有一半电量转移给粒子乙。不计粒子重力及碰撞后粒子间的相互作用，求：

- (1) 电场强度的大小 E ;
- (2) 甲乙两粒子碰撞后，粒子甲第 n 次经过 y 轴时甲乙粒子间的距离 d ;
- (3) 当乙粒子第一次经过 y 轴时在第二象限内施加一沿 x 轴负方向、电场强度大小与第三象限电场相同的匀强电场，已知碰后两粒子在 xOy 平面内均做周期性运动，且在任一时刻，粒子沿 y 轴方向的分速度 v_y 与其所在位置的 x 坐标的绝对值成正比，甲离子的比例系数为 $k_{\text{甲}} = \frac{qB}{2m}$ ，乙离子的比例系数为 $k_{\text{乙}} = \frac{3qB}{2m}$ 。求甲乙两粒子最大速度之比 η 。



【答案】(1) $\frac{qB^2 l^2}{2m}$; (2) $(4n-2)l$; (3) $\frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{10}+1}$

【解析】

【详解】(1) 对粒子在电场中有

$$qEl = \frac{1}{2}mv_0^2$$

粒子在第四象限内的磁场中有

$$qBv_0 = m\frac{v_0^2}{R_0}$$

根据几何关系有

$$R_0 = l$$

解得

$$E = \frac{q l B^2}{2m}$$

(2) 碰撞过程有

$$mv_0 = mv_1 + \frac{m}{3}v_2$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{m}{3}v_2^2$$

解得

$$v_1 = \frac{qBl}{2m}$$

$$v_2 = \frac{3qBl}{2m}$$

碰后对甲粒子有

$$\frac{q}{2}Bv_1 = m \frac{v_1^2}{R_1}, \quad \frac{q}{2}Bv_2 = \frac{m}{3} \cdot \frac{v_2^2}{R_2}$$

解得

$$R_1 = l, \quad R_2 = l$$

粒子圆周运动的周期

$$T_1 = \frac{2\pi m}{\frac{q}{2}B}$$

$$T_2 = \frac{2\pi \frac{m}{3}}{\frac{q}{2}B}$$

可知

$$T_1 = 3T_2$$

当甲粒子第一次到达 y 轴 ($y_1 = l$) 时, 乙粒子第二次到达 y 轴 ($y_2 = 3l$), 两粒子相距

$$d_1 = 2l$$

此后每次甲粒子到达 y 轴时, 乙比甲沿 y 轴多移动

$$\Delta d = 4l$$

粒子甲第 n 次经过 y 轴时甲乙粒子间的距离

$$d = (4n - 2)l$$

(3) 由于只有电场力做功, 当粒子 x 方向的位移最大时速度最大, 此时 x 轴方向的分速度为零, 沿 y 轴方

向的分速度即为合速度，则

$$k = \frac{v_m}{x_m}$$

由动能定理有

$$\begin{aligned} \frac{q}{2} E \cdot x_{m1} &= \frac{1}{2} m v_{m1}^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \\ \frac{q}{2} E \cdot x_{m2} &= \frac{1}{2} m v_{m2}^2 - \frac{1}{2} m v_2^2 \end{aligned}$$

解得

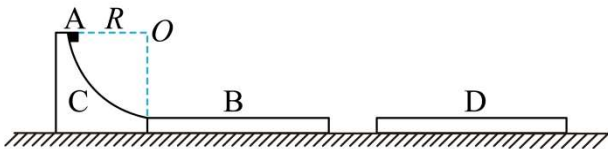
$$\begin{aligned} v_{m1} &= (\sqrt{2} + 1) \frac{qBl}{2m} \\ v_{m2} &= (\sqrt{10} + 1) \frac{qBl}{2m} \end{aligned}$$

则甲乙两粒子最大速度之比

$$\eta = \frac{v_{m1}}{v_{m2}} = \frac{\sqrt{2} + 1}{\sqrt{10} + 1}$$

18. 如图所示，半径为 $R = 0.8\text{m}$ 的 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧槽 C 固定在光滑水平面上，质量为 $m_B = 1\text{kg}$ 的木板 B 紧靠槽 C 静止于水平面上，圆弧槽末端水平且与木板 B 上表面高度相同，木板 B 右侧有一质量为 $m_D = 2\text{kg}$ 的木板 D，木板 B 右端与木板 D 左端相距 $l = \frac{1}{6}\text{m}$ 。某时刻，一个质量为 $m_A = 3\text{kg}$ 的小物块 A（可视为质点）从圆弧槽的顶端由静止滑下，物块 A 与木板 B 间动摩擦因数为 $\mu = 0.4$ 。物块 A 最终恰好不会从木板 B 的右端滑出，木板 B、D 间的碰撞均为弹性碰撞，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) 物块 A 滑至槽 C 末端时槽 C 对物块 A 支持力的大小；
- (2) 木板 B、D 第一次碰后木板 B、D 速度的大小；
- (3) 木板 D 最终速度的大小；
- (4) 木板 B 的长度。



【答案】 (1) $F_N = 90\text{N}$ ；(2) $v_{B1} = 2\text{m/s}$ ， $v_{D1} = \frac{4}{3}\text{m/s}$ ；(3) $v_{D2} = 2\text{m/s}$ ；(4) $L = 1\text{m}$

【解析】

【详解】 (1) 物块 A 滑至槽 C 末端时，根据机械能守恒有

$$m_A g R = \frac{1}{2} m_A v_0^2$$

在槽 C 末端，根据牛顿第二定律有

$$F_N - m_A g = m_A \frac{v_0^2}{R}$$

联立解得

$$F_N = 90\text{N}$$

(2) 假设木板 B、D 第一次碰前物块 A、B 未共速，对 A，根据牛顿第二定律有

$$\mu m_A g = m_A a_1$$

解得

$$a_1 = 4\text{m/s}^2$$

对 B，根据牛顿第二定律有

$$\mu m_A g = m_B a_2$$

解得

$$a_2 = 12\text{m/s}^2$$

根据运动学公式有

$$l = \frac{1}{2} a_2 t_1^2$$

解得

$$t_1 = \frac{1}{6}\text{s}$$

对 A，根据运动学公式有

$$v_{A1} = v_0 - a_1 t_1$$

解得

$$v_{A1} = \frac{10}{3}\text{m/s}$$

对 B，根据运动学公式有

$$v_{B1} = a_2 t_1$$

解得

$$v_{B1} = 2\text{m/s}$$

由于 $v_{A1} > v_{B1}$ 所以假设成立，根据动量守恒

$$m_B v_{B1} = m_B v_{B2} + m_D v_{D1}$$

根据能量守恒

$$\frac{1}{2} m_B v_{B1}^2 = \frac{1}{2} m_B v_{B2}^2 + \frac{1}{2} m_D v_{D1}^2$$

联立解得

$$v_{B1} = 2\text{m/s}, \quad v_{D1} = \frac{4}{3}\text{m/s}$$

(3) 假设木板 B、D 第二次碰前物块 A、B 未共速，则有

$$v_{B2} t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = v_{D1} t_2$$

解得

$$t_2 = \frac{1}{3}\text{s}$$

对 B，根据运动学公式有

$$v_{B2}' = v_{B2} + a_2 t_2$$

解得

$$v_{B2}' = \frac{10}{3}\text{m/s}$$

对 A，根据运动学公式有

$$v_{A2} = v_{A1} - a_1 t_2$$

解得

$$v_{A2} = 2\text{m/s}$$

由于 $v_{B2}' > v_{A2}$ ，所以假设不成立，故物块 A、B 共速后与 D 发生第二次碰撞，根据动量守恒有

$$m_A v_{A1} + m_B v_{B2} = (m_A + m_B) v_{\text{共1}}$$

解得

$$v_{\text{共1}} = \frac{7}{3}\text{m/s}$$

对 B、D 碰撞过程，根据动量守恒和能量守恒有

$$m_B v_{\text{共1}} + m_D v_{D1} = m_B v_{B3} + m_D v_{D2}$$

$$\frac{1}{2} m_B v_{\text{共1}}^2 + \frac{1}{2} m_D v_{D1}^2 = \frac{1}{2} m_B v_{B3}^2 + \frac{1}{2} m_D v_{D2}^2$$

联立解得

$$v_{B3}=1\text{m/s}, v_{D2}=2\text{m/s}$$

物块 A、B 第二次共速，则有

$$v_{\text{共1}} - a_1 t_5 = v_{B3} + a_2 t_5$$

解得

$$t_5 = \frac{1}{12} \text{s}$$

则共同速度为

$$v_{\text{共2}} = v_{\text{共1}} - a_1 t_5 = 2\text{m/s}$$

由于 $v_{\text{共2}} = v_{D2}$ ，故 A、B 第二次共速后无法追上板 D，此后不会发生第三次碰撞

板 D 的最终速度为 $v_{D2}=2\text{m/s}$

(4) 根据能量守恒

$$\mu m_A g L = \frac{1}{2} m_A v_0^2 - \frac{1}{2} (m_A + m_B) v_{\text{共2}}^2 - \frac{1}{2} m_D v_{D2}^2$$

解得

$$L = 1\text{m}$$