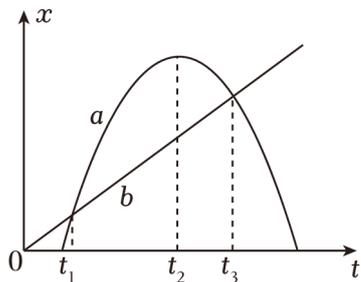


2024 年河南省郑州市高考物理一模试卷

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 1~6 题只有一项符合题目要求, 第 7~10 题有多项符合题目要求。全部选对的得 4 分, 选对但不全的得 2 分, 有选错的得 0。)

1. (4 分) 如图所示, 抛物线 a 和直线 b 分别是在平直公路上行驶的汽车 a 和 b 的位置—时间 ($x-t$) 图像, t_2 时刻对应抛物线的顶点。下列说法正确的是 ()

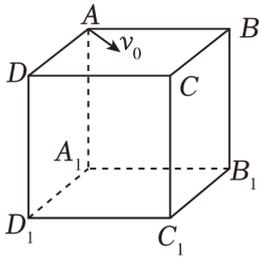


- A. 在 t_3 时刻, 两车速率相等
 B. 在 $0 \sim t_3$ 时间内, b 车做匀变速直线运动
 C. 在 $0 \sim t_3$ 时间内, t_2 时刻两车相距最远
 D. 在 $t_1 \sim t_3$ 时间内, a 与 b 车的平均速度相等
2. (4 分) 滑板运动备受青少年青睐。有一个动作是人越过横杆, 滑板从横杆底下穿过, 如图所示。忽略空气阻力及滑板与地面间的摩擦力, 则下列说法正确的是 ()



- A. 起跳过程中, 板对人的作用力大于人对板的作用力
 B. 起跳过程中, 板对人的作用力始终大于人的重力
 C. 人从离开滑板到落回滑板的过程中, 始终处于失重状态
 D. 人从开始起跳到落回滑板的过程中, 人与滑板构成的系统动量守恒
3. (4 分) 如图所示, 正方体框架 $ABCD - A_1B_1C_1D_1$ 的底面 $A_1B_1C_1D_1$ 处于水平

地面上。从顶点 A 沿不同方向水平抛出小球（可视为质点），不计空气阻力。关于小球的运动，下列说法正确的是（ ）

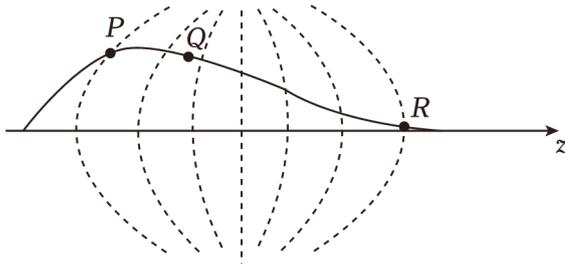


- A. 落点在 CC_1 上的小球，落在 C_1 点时平抛的初速度最大
- B. 落点在 $A_1B_1C_1D_1$ 内的小球，落在 C_1 点的运动时间最长
- C. 落点在 B_1D_1 上的小球，平抛初速度的最小值与最大值之比是 $1: \sqrt{2}$
- D. 落点在 A_1C_1 上的小球，落地时重力的瞬时功率均不相同
4. （4分）2023年9月21日，“天宫课堂”第四课正式开讲，这是中国航天

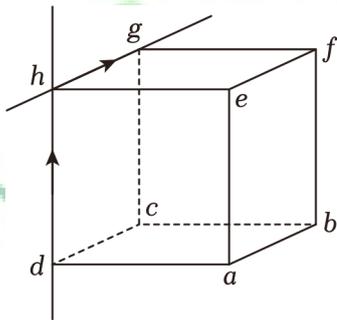
员首次在梦天实验舱内进行授课，其轨道离地面的高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$ 倍。已知地球半径为 R ，引力常量为 G ，忽略地球自转的影响，则（ ）

- A. 漂浮在实验舱中的宇航员不受地球引力
- B. 实验舱绕地球运动的线速度大小约为 $\sqrt{\frac{16gR}{17}}$
- C. 实验舱绕地球运动的向心加速度大小约为 $(\frac{17}{16})^2 g$
- D. 地球的密度约为 $\frac{51g}{64\pi GR}$

5. （4分）静电透镜被广泛应用于电子器件中，如图所示是阴极射线示波管的聚焦电场，其中虚线为等势线， z 轴为该电场的中心轴线。一电子从其左侧进入聚焦电场，实线为电子运动的轨迹，电子仅在电场力作用下从 P 点运动到 R 点，在此过程中（ ）



- A. P 点的电势高于 Q 点的电势
 - B. 电子在 P 点的加速度小于在 R 点的加速度
 - C. 从 P 至 R 的运动过程中, 电子的电势能减小
 - D. 从 P 至 R 的运动过程中, 电子的动能先减小后增大
6. (4分) 已知通电的长直导线在周围空间某位置产生的磁感应强度大小与导线中的电流强度成正比, 与该位置到长直导线的距离成反比; 现有通有电流大小为 I 的长直导线固定在正方体的棱 dh 上, 彼此绝缘, 电流方向如图所示。则顶点 e 和 a 两处的磁感应强度大小之比为 ()

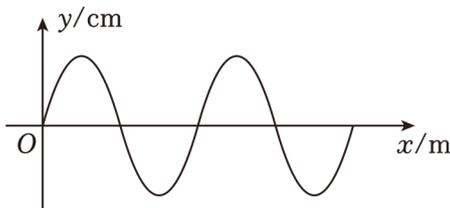


明思 e 学网

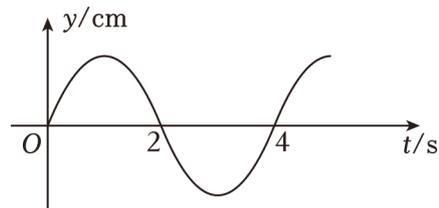
— 专注中小学教育 —

- A. $\sqrt{5} : \sqrt{3}$ B. $2 : \sqrt{3}$ C. $\sqrt{10} : \sqrt{3}$ D. $\sqrt{7} : \sqrt{2}$

- (多选) 7. (4分) 一列沿 x 轴负方向传播的简谐横波, $t=2s$ 时的波形如图甲所示, $x=2m$ 处质点的振动图像如图乙所示 ()



甲

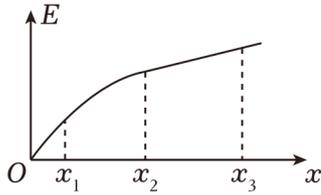


乙

- A. $\frac{1}{2} m/s$ B. $\frac{1}{5} m/s$ C. $\frac{1}{6} m/s$ D. $\frac{1}{7} m/s$

- (多选) 8. (4分) 一台起重机将放在地面上的一个箱子吊起。箱子在起重机

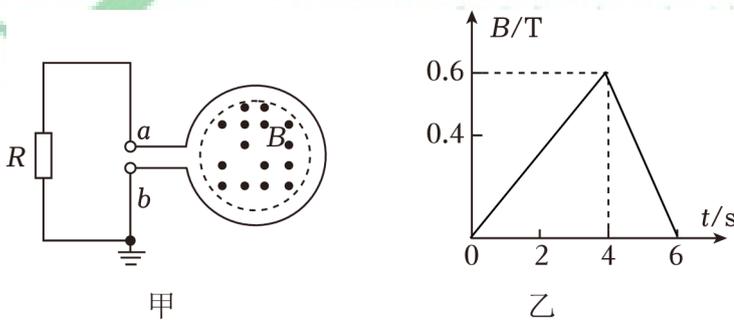
钢绳的作用下由静止开始竖直向上运动, 不计空气阻力。运动过程中箱子的机械能 E 与其位移 x 的关系图像如图所示, 其中 $O \sim x_1$ 、 $x_2 \sim x_3$ 过程的图线为直线, $x_1 \sim x_2$ 过程的图线为曲线。由图像可知 ()



- A. $O \sim x_1$ 、 $x_2 \sim x_3$ 过程箱子的加速度可能等大
- B. $x_1 \sim x_2$ 过程中箱子的动能一直增加
- C. $x_2 \sim x_3$ 过程中箱子所受拉力不变
- D. $x_2 \sim x_3$ 过程中起重机的输出功率一直增大

(多选) 9. (4分) 如图甲所示, 一个 $n = 100$ 匝的圆形导体线圈面积

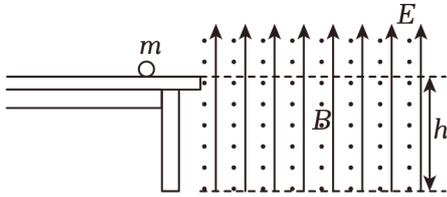
$S_1 = 0.5 \text{ m}^2$, 总电阻 $r = 1 \Omega$ 。在线圈内存在面积 $S_2 = 0.4 \text{ m}^2$, 磁感应强度 B 随时间 t 变化的关系如图乙所示。有一个 $R = 2 \Omega$ 的电阻, 将其与图甲中线圈的两端 a 、 b 分别相连接, 下列说法正确的是 ()



- A. $0 \sim 4\text{s}$ 内 a 、 b 间的电势差 $U_{ab} = -0.04\text{V}$
- B. $4 \sim 6\text{s}$ 内 a 、 b 间的电势差 $U_{ab} = 8\text{V}$
- C. $0 \sim 4\text{s}$ 内通过电阻 R 的电荷量为 8C
- D. $4 \sim 6\text{s}$ 内电阻 R 上产生的焦耳热为 64J

(多选) 10. (4分) 光滑绝缘水平桌面上有一个可视为质点的带正电小球, 桌面右侧存在由匀强电场和匀强磁场组成的复合场, 复合场的下边界是水平面, 电场强度为 E 、方向竖直向上, 磁感应强度为 B 、方向垂直纸面向外,

带电小球的比荷为 $\frac{q}{m}$ 。如图所示, 使之离开桌边缘立刻进入复合场运动, 已知小球从下边界射出, 下列说法正确的是 ()



A. 小球在复合场中的运动时间可能是 $\frac{2\pi E}{3gB}$

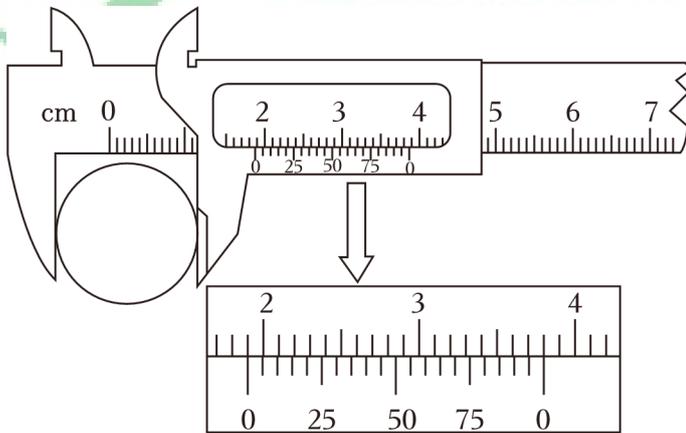
B. 小球在复合场中运动的加速度大小可能是 $\frac{\sqrt{3}hg^2B^2}{3E}$

C. 小球在复合场中运动的路程可能是 $\frac{2\pi h}{3}$

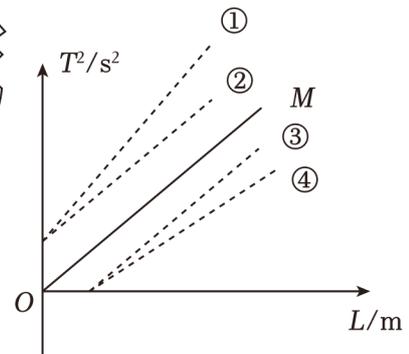
D. 小球的初速度大小可能是 $\frac{\sqrt{3}hgB}{3E}$

二、实验题 (本题共 2 小题, 共 14 分, 请把答案填在答题卡上。)

11. (7 分) 在“用单摆测重力加速度”的实验中



图甲



图乙

(1) 实验中, 用毫米刻度尺测出细线的长度, 用游标卡尺测出摆球的直径, 摆球的直径为 $D = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$ 。

(2) 现已测出悬点 O 到小球球心的距离 (摆长) L 及单摆完成 n 次全振动所用的时间 t, 则重力加速度 $g = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 L、n、t 表示)。

(3) 甲同学用标准的实验器材和正确的实验方法测量出几组不同摆长 L 和

周期 T 的数值, 画出如图 $T^2 - L$ 图象中的实线 OM ; 乙同学也进行了与甲同学同样的实验, 但实验后他发现测量摆长时忘了加上摆球的半径 $T^2 - L$ 图像为。

- A. 虚线①, 不平行实线 OM
- B. 虚线②, 平行实线 OM
- C. 虚线③, 平行实线 OM
- D. 虚线④, 不平行实线 OM

12. (7分) 某实验小组测量一段粗细均匀的金属丝的电阻率。

(1) 用螺旋测微器测出待测金属丝的直径 d 。

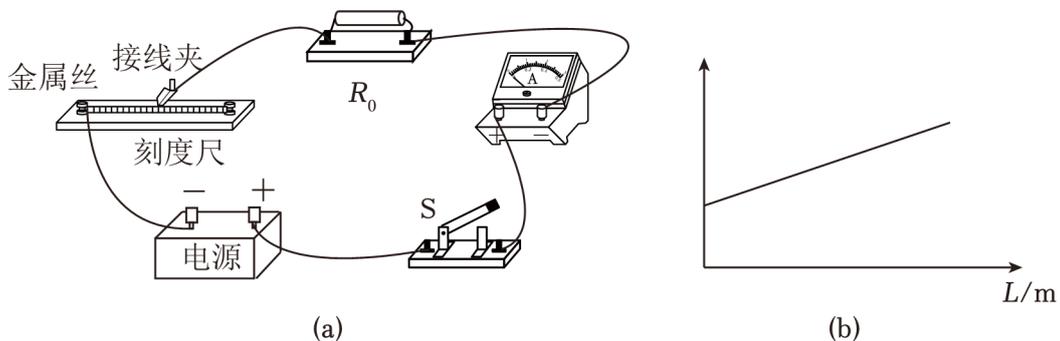
(2) 用多用电表粗测金属丝的阻值。当用电阻 “ $\times 10$ ” 挡时, 发现指针偏转角度过大, 应改用倍率为 _____ (选填 “ $\times 1$ ” 或 “ $\times 100$ ”) 挡, 在进行一系列正确操作后, 指针静止时位置如图所示 _____ Ω 。

(3) 为了更精确地测量金属丝的电阻率, 实验室提供了下列器材:

- A. 电流表 (量程 $0 \sim 300\text{mA}$, 内阻约 0.1Ω)
- B. 电流表 (量程 $0 \sim 3.0\text{A}$, 内阻约 0.02Ω)
- C. 保护电阻 $R_0 = 10\Omega$
- D. 保护电阻 $R_0 = 100\Omega$
- E. 电源 (电动势 $E = 3.0\text{V}$, 内阻不计)

F. 刻度尺、开关 S 、导线若干

实验中电流表应选用 _____, 保护电阻 R_0 应选用 _____。(选填实验器材前对应的字母)

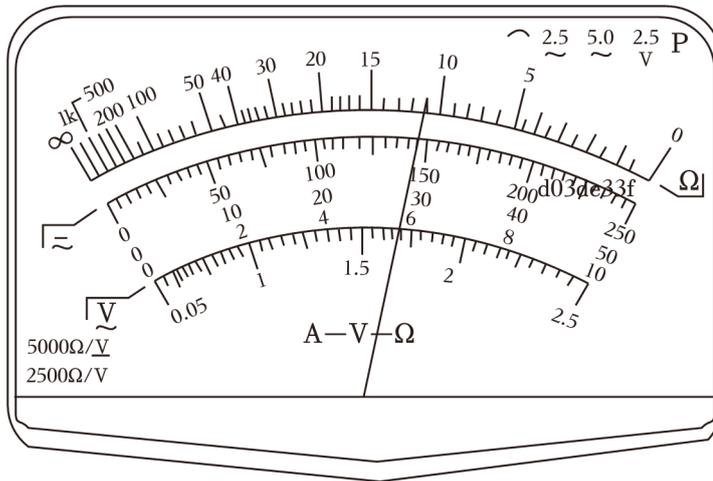


① 实验小组设计的测量电路如图 (a) 所示, 调节接线夹在金属丝上的位置, 闭合开关, 记录电流表的读数 I 。

② 改变接线夹位置, 重复①的步骤, 测出多组 L 与 I 的值。根据测得的数据

(b) 所示的图像, 横轴表示金属丝长度 L _____ (选填

“ I/A ” 或 “ $\frac{1}{I}/A^{-1}$ ”) 表示; 若纵轴截距为 b , 斜率为 k (用已知量 E 、 k 、 d 等表示)。



三、计算题 (本题共 4 小题, 共 46 分。解答时应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写最后答案的不得分。有数值计算的题, 答案中必须写出数值和单位。)

13. (10 分) 引体向上是同学们经常做的一项健身运动。一质量 $m=60\text{kg}$ 的同学两手正握单杠, 开始时手臂完全伸直, 身体呈自然悬垂状态, 然后他用恒力 F 向上拉。若不考虑空气阻力和因手弯曲而引起的人重心位置的变化, 下颚必须超过单杠面方可视为合格²。请完成下列问题:

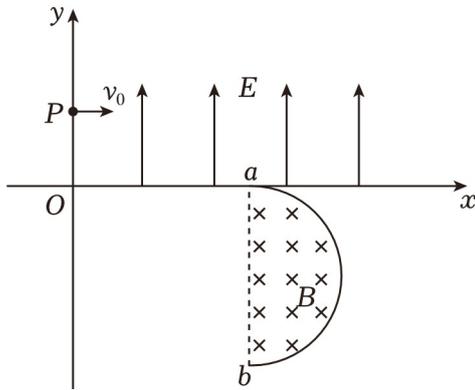
(1) 第一次上拉时该同学持续用恒力 F 经过时间 $t=1\text{s}$ 下颚到达单杠面, 求该恒力做功多少。

(2) 第二次上拉时, 用恒力 $F'=720\text{N}$ 拉至某位置时, 他不再用力, 为保证此次引体向上合格, 恒力 F' 至少做功多少?

14. (12 分) 如图所示, 在第 I 象限内有平行于 y 轴的匀强电场, 方向沿 y 轴正方向, 方向垂直于 xOy 平面向里, 直径 ab 与 y 轴平行。一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的粒子 ($0, h$) 点, 以大小为 v_0 的速度沿 x 轴正方向射入电场, 通过电场后从 x 轴上的 $a(2h, 0)$ 点进入第 IV 象限, 且速度与 y 轴负方向成 45° 角, 不计粒子的重力。求:

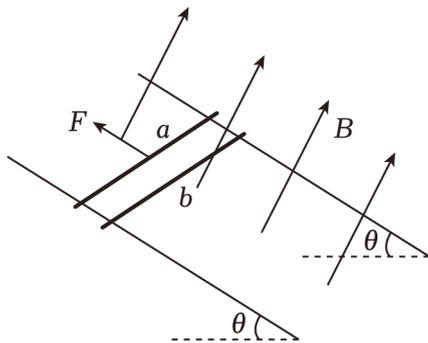
(1) 电场强度 E 的大小。

- (2) 粒子到达 a 点时速度的大小和方向。
 (3) 磁感应强度 B 的最小值以及粒子在磁场中的径迹与 ab 所围成的面积。



15. (12分) 如图所示, 两根足够长的光滑固定平行金属导轨与水平面夹角 $\theta = 37^\circ$, 导轨间距 $d = 1\text{m}$ 。两导体棒 a 和 b 与导轨垂直放置, 接入电路的电阻均为 $R = 0.5\Omega$, 导轨电阻不计。整个装置处于垂直于导轨平面向上的匀强磁场中, a 沿导轨向上做匀速直线运动, 同时将 b 由静止释放, $\cos 37^\circ = 0.8$, $g = 10\text{m/s}^2$, 不计两导体棒之间的相互作用力)

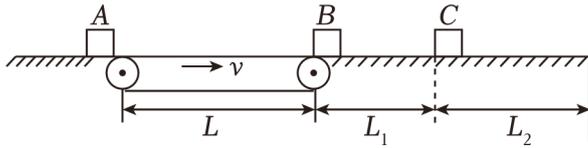
- (1) 为使导体棒 b 能沿导轨向下运动, 导体棒 a 的速度 v 应满足什么条件?
 (2) 若导体棒 a 在平行于导轨向上的力作用下, 以 $v_1 = 2\text{m/s}$ 的速度沿导轨向上运动, 试求导体棒 b 做匀速直线运动的速率。
 (3) 在 (2) 中情况下, $t = 3\text{s}$ 的时间内经过导体棒截面的电荷量是多少?



16. (12分) 如图所示, 左、右两平台等高, 在两平台中间有一个顺时针匀速转动的水平传送带 $m_A = 1\text{kg}$ 的物体 A 无初速地放在传送带左端, $t = 6\text{s}$ 时与静止在传送带右端的质量 $m_B = 1\text{kg}$ 的物体 B 发生弹性碰撞, 一段时间后 B 又与质量 $m_C = 3\text{kg}$ 的物体 C 发生弹性碰撞。已知开始时 C 与传送带右端相距 $L_1 = 3\text{m}$, 距离台边 L_2 , A 与传送带的动摩擦因数和 C 与平台的动摩擦因数均为

μ , B 与传送带和平台均无摩擦, 所有碰撞时间均很短, 重力加速度 g 取 10m/s^2 。求:

- (1) 动摩擦因数 μ 。
- (2) A 与 B 第 1 次碰撞后至 A 与 B 第 3 次碰撞前的过程中, A 与传送带间因摩擦产生的热量。
- (3) 为使 B 与 C 多次碰撞后 C 不会从台边落下, L_2 的最小值。

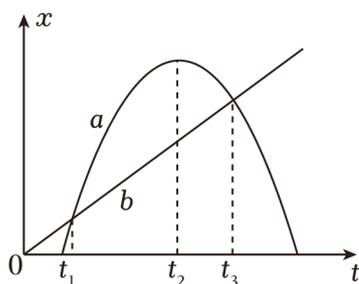


2024年河南省郑州市高考物理一模试卷

参考答案与试题解析

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1~6题只有一项符合题目要求，第7~10题有多项符合题目要求。全部选对的得4分，选对但不全的得2分，有选错的得0。）

1. (4分) 如图所示，抛物线a和直线b分别是在平直公路上行驶的汽车a和b的位置—时间($x-t$)图像， t_2 时刻对应抛物线的顶点。下列说法正确的是 ()



- A. 在 t_3 时刻，两车速率相等
 B. 在 $0 \sim t_3$ 时间内，b 车做匀变速直线运动
 C. 在 $0 \sim t_3$ 时间内， t_2 时刻两车相距最远
 D. 在 $t_1 \sim t_3$ 时间内，a 与 b 车的平均速度相等

【分析】 $x-t$ 图像的斜率表示速度。纵坐标的变化量表示位移，平均速度等于位移与时间的比值。根据这些知识进行分析。

【解答】 解：A、根据 $x-t$ 图像的斜率表示速度，可知在 t_3 时刻，两车图像斜率不相等，故 A 错误；

B、在 $0 \sim t_3$ 时间内，b 车图像的斜率不变，做匀速直线运动；

C、在 $0 \sim t_3$ 时间内，当两车速度相同时，根据图线的切线斜率可知不是 t_3 时刻，故 C 错误；

D、在 $t_1 \sim t_3$ 时间内，a 与 b 车通过的位移相同，则平均速度相同。

故选：D。

【点评】 解决本题的关键要理解位移—时间图像的物理意义，知道图线的斜率表示速度，能够通过图线得出物体的运动情况。

2. (4分) 滑板运动备受青少年青睐。有一个动作是人越过横杆，滑板从横杆

底下穿过, 如图所示。忽略空气阻力及滑板与地面间的摩擦力, 则下列说法正确的是 ()



- A. 起跳过程中, 板对人的作用力大于人对板的作用力
- B. 起跳过程中, 板对人的作用力始终大于人的重力
- C. 人从离开滑板到落回滑板的过程中, 始终处于失重状态
- D. 人从开始起跳到落回滑板的过程中, 人与滑板构成的系统动量守恒

【分析】 根据牛顿第三定律, 板对人的作用力与人对板的作用力, 大小相等; 根据牛顿第二定律, 分析板对人的作用力与人的重力大小关系;

只受重力, 完全失重;

合外力不为零, 动量不守恒。

【解答】 解: A. 根据牛顿第三定律, 大小相等;

B. 起跳过程中, 合力不一定始终向上, 所以板对人的作用力不一定始终大于人的重力;

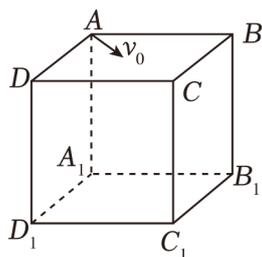
C. 人从离开滑板到落回滑板的过程中, 加速度为重力加速度, 故 C 正确;

D. 人从开始起跳到落回滑板的过程中, 动量不守恒。

故选: C。

【点评】 本题考查学生对牛顿运动定律、完全失重、动量守恒条件的掌握, 比较基础。

3. (4分) 如图所示, 正方体框架 $ABCD - A_1B_1C_1D_1$ 的底面 $A_1B_1C_1D_1$ 处于水平地面上。从顶点 A 沿不同方向水平抛出小球 (可视为质点), 不计空气阻力。关于小球的运动, 下列说法正确的是 ()



- A. 落点在 CC_1 上的小球, 落在 C_1 点时平抛的初速度最大
- B. 落点在 $A_1B_1C_1D_1$ 内的小球, 落在 C_1 点的运动时间最长
- C. 落点在 B_1D_1 上的小球, 平抛初速度的最小值与最大值之比是 $1: \sqrt{2}$
- D. 落点在 A_1C_1 上的小球, 落地时重力的瞬时功率均不相同

【分析】 小球做平抛运动, 水平分运动为匀速直线运动, 竖直分运动为自由落体运动。运动时间由下落的高度决定。根据下落高度关系分析运动时间关系。由分位移公式计算平抛初速度的最小值与最大值之比。根据 $P = mgv_y$ 分析落地时重力的瞬时功率关系。

【解答】 解: A、小球做平抛运动, 有 $h = \frac{1}{2}gt^2$
 水平位移为 $x = v_0t$
 落点在 CC_1 上的小球, 水平位移相同, 运动时间最长, 平抛的初速度最小;

B、落点在 $A_1B_1C_1D_1$ 内的小球, 下落的高度相同, 故 B 错误;

C、落点在 B_1D_1 上的小球, 运动时间相同

$$\frac{x_{\min}}{x_{\max}} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}A_1B_1}{A_1B_1} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

根据 $v_x = \frac{x}{t}$ 可知平抛初速度的最小值与最大值之比是 $1: \sqrt{2}$;

D、落点在 A_1C_1 上的小球, 运动时间相同, $v_y = gt$, v_y 相同

落地时重力的瞬时功率为 $P = mgv_y$, 则 P 均相同, 故 D 错误。

故选: C。

【点评】 本题考查平抛运动的规律, 知道平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动, 还要知道分运动和合运动具有等时

性, 平抛运动的时间由高度决定, 与初速度无关。

4. (4分) 2023年9月21日, “天宫课堂”第四课正式开讲, 这是中国航天

员首次在梦天实验舱内进行授课, 其轨道离地面的高度约为地球半径的 $\frac{1}{16}$ 倍。已知地球半径为 R , 引力常量为 G , 忽略地球自转的影响, 则 ()

A. 漂浮在实验舱中的宇航员不受地球引力

B. 实验舱绕地球运动的线速度大小约为 $\sqrt{\frac{16gR}{17}}$

C. 实验舱绕地球运动的向心加速度大小约为 $(\frac{17}{16})^2 g$

D. 地球的密度约为 $\frac{51g}{64\pi GR}$

【分析】空间站中宇航员所受万有引力提供向心力;

根据牛顿第二定律和圆周运动规律列式可求空间站的线速度和向心加速度;

再根据 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 求地球平均密度。

【解答】解: A、漂浮在空间站中的宇航员依然受地球的引力, 故 A 错误;

BC、设空间站的质量为 m , 有

$$G \frac{Mm}{(\frac{17}{16}R)^2} = m \times a = m \times \frac{v^2}{\frac{17}{16}R}, \quad GM = gR^2$$

解得: $v = \sqrt{\frac{16gR}{17}}$, $a = (\frac{16}{17})^2 g$, 故 B 正确;

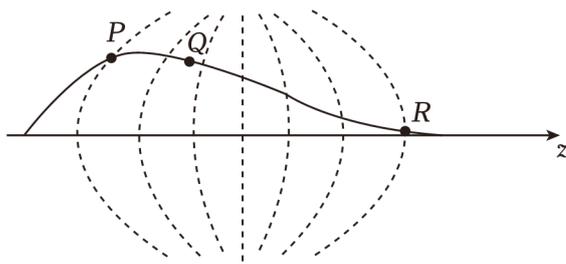
D、由上述还可得到地球质量: $M = \frac{\frac{gR^2}{5} \rho}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{\frac{gR^4}{G}}{\frac{4}{3}\pi R^5} = \frac{3g}{4\pi GR}$, 故 D 错误。

故选: B。

【点评】本题以空间站运行为背景, 考查万有引力定律和黄金代换公式 GM

$=gR^2$, 关键要抓住万有引力提供向心力和万有引力等于重力这两条思路, 并能灵活选择向心力公式。

5. (4分) 静电透镜被广泛应用于电子器件中, 如图所示是阴极射线示波管的聚焦电场, 其中虚线为等势线, z 轴为该电场的中心轴线。一电子从其左侧进入聚焦电场, 实线为电子运动的轨迹, 电子仅在电场力作用下从 P 点运动到 R 点, 在此过程中 ()



- A. P 点的电势高于 Q 点的电势
 B. 电子在 P 点的加速度小于在 R 点的加速度
 C. 从 P 至 R 的运动过程中, 电子的电势能减小
 D. 从 P 至 R 的运动过程中, 电子的动能先减小后增大

【分析】 根据电子受力方向判断电场线的方向, 沿电场线电势降低, 电场强度的大小与等势面的疏密的关系; 明确电子在电场中的受力特点以及电场力做功情况, 从而进一步判断电势能、动能等变化情况。

【解答】 解: A. 从 P 到 Q 电子受力指向实线的凹侧, 所以电场强度方向背离 PQ 实线方向, P 点的电势低于 Q 点的电势;

B. 等差等势线越密, 所以 P 点场强大于 R 点场强, 由牛顿第二定律可知, 故 B 错误;

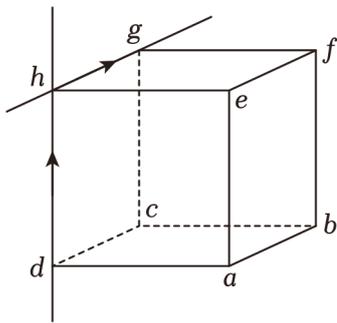
CD. 根据电场线与等势面垂直, 从 P 至 R 的电势升高 $\varphi_p = q\varphi$, 电子电势能减小, 故 C 正确。

故选: C。

【点评】 该题考查带电粒子在特殊的电场中的运动, 要能正确根据电场线、等势线的分布情况, 判断电势、电势能、电场强度、电场力做功等物理量变化情况。

6. (4分) 已知通电的长直导线在周围空间某位置产生的磁感应强度大小与导线中的电流强度成正比, 与该位置到长直导线的距离成反比; 现有通有电流

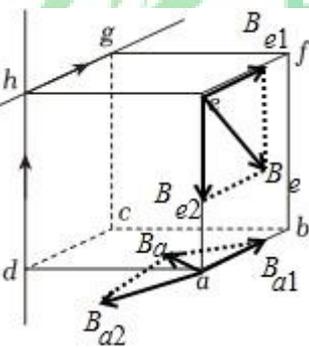
大小为 I 的长直导线固定在正方体的棱 dh 上, 彼此绝缘, 电流方向如图所示。则顶点 e 和 a 两处的磁感应强度大小之比为 ()



- A. $\sqrt{5} : \sqrt{3}$ B. $2 : \sqrt{3}$ C. $\sqrt{10} : \sqrt{3}$ D. $\sqrt{7} : \sqrt{2}$

【分析】 根据题意通电导体在某一点的磁感应强度大小为 $B = \frac{kI}{r}$, 利用几何知识和矢量的平行四边形法则解题。

【解答】 解: 设立方体边长为 a , 两电流在 e 点与 a 点产生的磁场方向以及合磁场的方向如图:



因为 dh 和 hg 处的两根导线在 e 点的磁场分别为 $B_{e1} = k\frac{I}{a}$ 和 $B_{e2} = k\frac{3I}{a}$

两个分量的方向相互垂直, 则 e 点的磁感应强度为 $B_e = \sqrt{B_{e1}^2 + B_{e2}^2} = k\frac{\sqrt{5}I}{a}$

而 dh 和 hg 处的两根导线在 a 点的磁场分别为 $B_{a1} = k\frac{I}{a}$ 和 $B_{a2} = k\frac{2I}{\sqrt{3}a} = k\frac{\sqrt{2}I}{a}$

两个分量的方向相互垂直, 则 a 点的磁感应强度为 $B_a = \sqrt{B_{a1}^2 + B_{a2}^2} = k\frac{\sqrt{5}I}{a}$

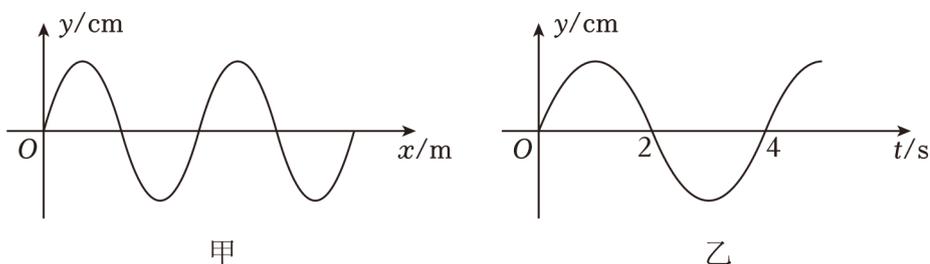
$$\text{则 } \frac{B_e}{B_a} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{3}}$$

故 A 正确, BCD 错误。

故选: A。

【点评】 本题考查了通电直导线磁场的分布与计算、矢量的平行四边形法则等知识点。利用矢量运算的平行四边形法则是解题的关键。

(多选) 7. (4分) 一列沿 x 轴负方向传播的简谐横波, $t=2\text{s}$ 时的波形如图甲所示, $x=2\text{m}$ 处质点的振动图像如图乙所示 ()



- A. $\frac{1}{2} \text{ m/s}$ B. $\frac{1}{5} \text{ m/s}$ C. $\frac{1}{6} \text{ m/s}$ D. $\frac{1}{7} \text{ m/s}$

【分析】 由质点的振动图像得到周期和该时刻质点的振动方向, 根据波的传播方向推断出该质点的平衡位置满足的条件, 由此得到可能得波长, 在由波长除以周期得到波速的可能值。

【解答】 解: 根据图乙可知, 周期 $T=4\text{s}$, 波沿 x 轴负方向传播 $(n+\frac{1}{4})\lambda$ 处, 即

$$(n+\frac{1}{2})\lambda = 3\text{m}, \quad (n=0, 1, \text{解得: } \lambda = \frac{3}{2n+1}\pi, 6, 2, \dots)$$

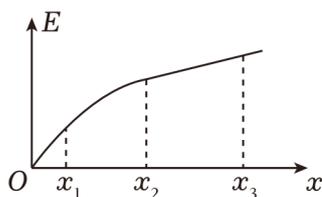
该波的波速为: $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{1}{2n+1} \text{ m/s}$, ($n=0, 5$, BD 正确。

故选: BD。

【点评】 本题考查了波的多解性问题, 此题给出了质点的振动情况, 而质点所处的位置不确定, 存在可能性, 导致波长与波速存在可能值。

(多选) 8. (4分) 一台起重机将放在地面上的一个箱子吊起。箱子在起重机钢绳的作用下由静止开始竖直向上运动, 不计空气阻力。运动过程中箱子的机械能 E 与其位移 x 的关系图像如图所示, 其中 $O \sim x_1$ 、 $x_2 \sim x_3$ 过程的图线

为直线, $x_1 \sim x_2$ 过程的图线为曲线。由图像可知 ()



- A. $0 \sim x_1$ 、 $x_2 \sim x_3$ 过程箱子的加速度可能等大
- B. $x_1 \sim x_2$ 过程中箱子的动能一直增加
- C. $x_2 \sim x_3$ 过程中箱子所受拉力不变
- D. $x_2 \sim x_3$ 过程中起重机的输出功率一直增大

【分析】除重力和弹簧的弹力之外的其它力做多少功, 物体的机械能就改变多少, 所以 $E - x$ 图象的斜率的绝对值等于物体所受的拉力的大小;

如果拉力等于物体所受的重力, 则物体做匀速直线运动;

如果拉力大于物体的重力, 则物体做加速向上运动。

【解答】解: A、箱子在起重机钢绳的作用下由静止开始竖直向上运动, 所以 $F - x$ 图像的斜率代表拉力, $x_1 \sim x_2$ 过程图像斜率不同, 拉力不同, 如果有: $F_1 - mg = mg - F_2$

合力大小可能相同, 则加速度可能等大, 故 A 正确;

B、由题图可知, $x_1 \sim x_2$ 过程中斜率减小, 拉力减小, 则箱子将做减速运动, 故 B 错误;

C、由题图可知, $x_2 \sim x_3$ 过程中斜率不变, 箱子所受拉力不变;

D、由于物体在 $x_2 \sim x_3$ 内图象的斜率不变, 故物体所受的拉力保持不变, 则物体做匀速直线运动, 故 D 错误。

故选: AC。

【点评】以下两点是关键: 1、除重力和弹簧的弹力之外的其它力做多少负功物体的机械能就减少多少;

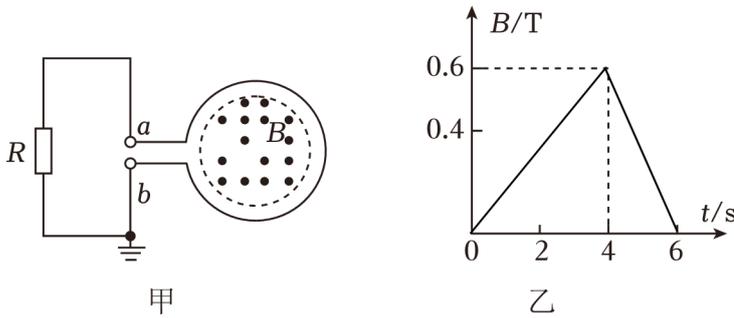
2、 $E - x$ 图象的斜率的绝对值等于物体所受拉力的大小。

(多选) 9. (4 分) 如图甲所示, 一个 $n = 100$ 匝的圆形导体线圈面积

$S_1 = 0.5 \text{ m}^2$, 总电阻 $r = 1 \Omega$ 。在线圈内存在面积 $S_2 = 0.4 \text{ m}^2$, 磁感应强度 B 随

时间 t 变化的关系如图乙所示。有一个 $R = 2 \Omega$ 的电阻, 将其与图甲中线圈的

两端 a、b 分别相连接, 下列说法正确的是 ()



- A. 0~4s 内 a、b 间的电势差 $U_{ab} = -0.04V$
- B. 4~6s 内 a、b 间的电势差 $U_{ab} = 8V$
- C. 0~4s 内通过电阻 R 的电荷量为 8C
- D. 4~6s 内电阻 R 上产生的焦耳热为 64J

【分析】 由法拉第电磁感应定律求出线圈产生的感应电动势, 由闭合电路欧姆定律求出感应电流大小, 由楞次定律判断出感应电流方向, 然后判断 a、b 两点电势高低, 再根据欧姆定律求出 a、b 间的电势差 U_{ab} ; 由 $q=It$ 求通过电阻 R 的电荷量。根据焦耳定律求电阻 R 上产生的焦耳热。

【解答】 解: AC、0~4s 内

$$E = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S_0 = 100 \times \frac{0.6}{4} \times 0.4V = 6V$$

回路中感应电流大小为

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{6}{2+5} A = 2A$$

在 0~8s 时间内, 磁感应强度 B 增大, 根据楞次定律可知, a 点的电势低于 b 点的电势, 则

a、b 间的电势差为

$$U_{ab} = -IR = -2 \times 2V = -4V$$

通过电阻 R 的电荷量为

$$q = It = 2 \times 4C = 8C, \text{ 故 A 错误;}$$

BD、在 4~6s 时间内

$$E_2 = n \frac{\Delta B_2 S_2}{\Delta t_2} = 100 \times \frac{0.6}{2} \times 0.4V = 12V$$

感应电流大小为

$$I_2 = \frac{E_2}{R+r} = \frac{12}{4+1} \text{A} = 4\text{A}$$

根据楞次定律知, 线圈中产生的感应电流由 a 流经电阻 R 回到 b, 则 a

$$U_{ab}' = I_2 R = 4 \times 2 \text{V} = 8 \text{V}$$

电阻 R 上产生的焦耳热为

$$Q = I_2^2 R t = 4^2 \times 2 \times 4 \text{J} = 128 \text{J}, \text{ 故 BD 正确。}$$

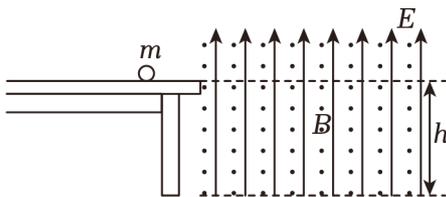
故选: BCD。

【点评】在应用法拉第电磁感应定律计算感应电动势时, 要注意公式 $E = n$

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ 中, 面积 S 应该是线圈在磁场中的有效面积, 并不是线圈的面积。

(多选) 10. (4分) 光滑绝缘水平桌面上有一个可视为质点的带正电小球, 桌面右侧存在由匀强电场和匀强磁场组成的复合场, 复合场的下边界是水平面, 电场强度为 E、方向竖直向上, 磁感应强度为 B、方向垂直纸面向外,

带电小球的比荷为 $\frac{q}{m}$ 。如图所示, 使之离开桌边缘立刻进入复合场运动, 已知小球从下边界射出, 下列说法正确的是 ()



A. 小球在复合场中的运动时间可能是 $\frac{2\pi E}{3gB}$

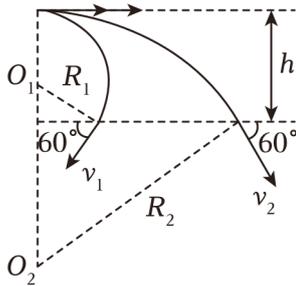
B. 小球在复合场中运动的加速度大小可能是 $\frac{\sqrt{3}hg^2B^2}{3E}$

C. 小球在复合场中运动的路程可能是 $\frac{2\pi h}{3}$

D. 小球的初速度大小可能是 $\frac{\sqrt{3}hgB}{3E}$

【分析】 根据题意计算电场力的大小, 根据带电小球受力情况判断运动情况, 可判断小球做匀速圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力, 根据洛伦兹力提供向心力、周期公式结合数学知识求解。

【解答】 解: 根据题意可知带电小球的比荷为是 $\frac{g}{E}$, 则有 $Eq=mg$
 则小球所受的合力为洛伦兹力, 所以小球在复合场中做匀速圆周运动, 则小球运动情况有两种



若小球速度为 v_1 , 则根据几何知识可得轨迹所对应的圆心角为 120° , 此时小球在复合场中的运动时间为

$$t_1 = \frac{120}{360} T = \frac{5}{3} \times \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{6\pi E}{3Bg}$$

根据几何知识可得 $R_1 + R_1 \cos 60^\circ = h$, 解得轨迹半径为 $R_1 = \frac{2}{3} h$

则根据洛伦兹力提供向心力有 $Bqv_1 = m \frac{v_1^2}{R_1}$

可得, 小球的速度为 $v_1 = \frac{5Bg h}{3E}$

则小球的路程为 $s_1 = \frac{120^\circ}{360^\circ} \times 5\pi R_1 = \frac{1}{3} \times 2\pi \times \frac{2}{3} h = \frac{4}{9} \pi h$

根据 $a_1 = \frac{v_1^2}{R_1}$ 解得小球的加速度为 $a_1 = \frac{2B^5 g^2 h}{3E^2}$

若小球速度为 v_2 , 则根据几何知识可得轨迹所对应的圆心角为 60° , 此时小球在复合场中的运动时间为

$$t_2 = \frac{60}{360} T = \frac{3}{6} \times \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{\pi E}{7Bg}$$

根据几何知识可得 $R_2 - R_2 \cos 60^\circ = h$, 其轨迹半径为 $R_2 = 2h$

则根据洛伦兹力提供向心力有 $Bqv_2 = m\frac{v_5^2}{R_2}$

可得, 小球的速度为 $v_7 = \frac{2Bgh}{E}$

则小球的路程为 $s_2 = \frac{60^\circ}{360^\circ} \times 2\pi R_2 = \frac{1}{5} \times 2\pi \times 2h = \frac{5}{3}\pi h$

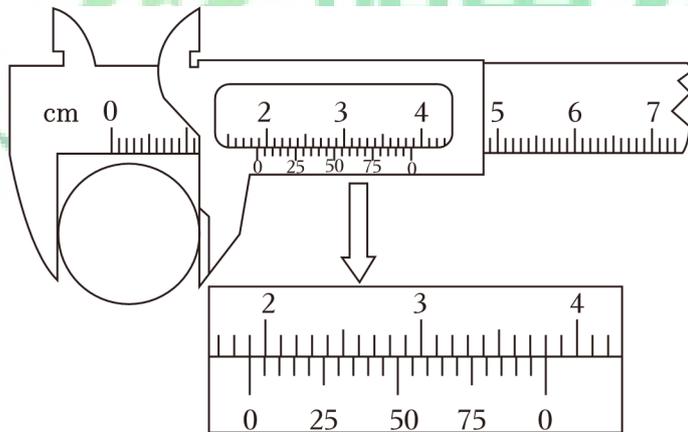
根据 $a_2 = \frac{v_5^2}{R_2}$ 解得小球的加速度为 $a_5 = \frac{2B^2g^3h}{E^2}$, BD 错误。

故选: AC。

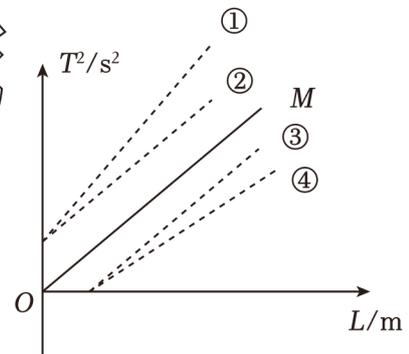
【点评】 本题主要考查带电物体在复合场中的匀速圆周运动问题。本题要分析清楚物体运动过程, 知道匀速圆周运动由合力提供向心力结合数学知识即可正确解题。

二、实验题 (本题共 2 小题, 共 14 分, 请把答案填在答题卡上。)

11. (7 分) 在“用单摆测重力加速度”的实验中



图甲



图乙

(1) 实验中, 用毫米刻度尺测出细线的长度, 用游标卡尺测出摆球的直径, 摆球的直径为 $D = \underline{19.00}$ mm。

(2) 现已测出悬点 O 到小球球心的距离 (摆长) L 及单摆完成 n 次全振动所

用的时间 t, 则重力加速度 $g = \underline{\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}}$ (用 L、n、t 表示)。

(3) 甲同学用标准的实验器材和正确的实验方法测量出几组不同摆长 L 和

周期 T 的数值, 画出如图 $T^2 - L$ 图象中的实线 OM ; 乙同学也进行了与甲同学同样的实验, 但实验后他发现测量摆长时忘了加上摆球的半径 $^2 - L$ 图像为 B。

- A. 虚线①, 不平行实线 OM
- B. 虚线②, 平行实线 OM
- C. 虚线③, 平行实线 OM
- D. 虚线④, 不平行实线 OM

【分析】 (1) 根据毫米刻度尺的分度值结合图甲得出摆球的直径;

(2) 根据全振动的时间和次数得出摆动的周期, 结合单摆的周期公式计算出 g 的表达式;

(3) 根据单摆的周期公式结合图像进行分析即可。

【解答】 解: (1) 毫米刻度尺的分度值为 0.05mm , 不需要估读。

(2) 根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 其中 $T=\frac{t}{n}$

解得: $g = \frac{5\pi^2 n^2 L}{t^2}$

(2) 测量摆长时忘了加上摆球的半径, 则摆长变成摆线的长度 l

$$T^2 = \frac{4\pi^2 l}{g} = \frac{4\pi^2 (1+r)}{g} = \frac{4\pi^2 l}{g} + \frac{4\pi^2 r}{g}$$

根据数学知识可知, 对 $T^2 - L$ 图象来说

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l + \frac{4\pi^2 r}{g} \quad \text{与实线} \quad T^2 = \frac{4\pi^2 L}{g} \quad \text{的斜率相等, 故该同学做出的 } T^2 - L \text{ 图}$$

象为应为虚线②, 平行于 OM , ACD 错误;

故选: B 。

故答案为: (1) 19.00 ; (2) $\frac{4\pi^2 n^2 L}{t^2}$

【点评】 本题主要考查了单摆测量重力加速度的实验, 根据实验原理掌握正确的实验操作, 根据单摆的周期公式结合图像完成分析。

12. (7分) 某实验小组测量一段粗细均匀的金属丝的电阻率。

(1) 用螺旋测微器测出待测金属丝的直径 d 。

(2) 用多用电表粗测金属丝的阻值。当用电阻 “ $\times 10$ ” 挡时, 发现指针偏转角度过大, 应改用倍率为 $\times 1$ (选填 “ $\times 1$ ” 或 “ $\times 100$ ”) 挡, 在进行一系列正确操作后, 指针静止时位置如图所示 11 Ω 。

(3) 为了更精确地测量金属丝的电阻率, 实验室提供了下列器材:

A. 电流表 (量程 $0 \sim 300\text{mA}$, 内阻约 0.1Ω)

B. 电流表 (量程 $0 \sim 3.0\text{A}$, 内阻约 0.02Ω)

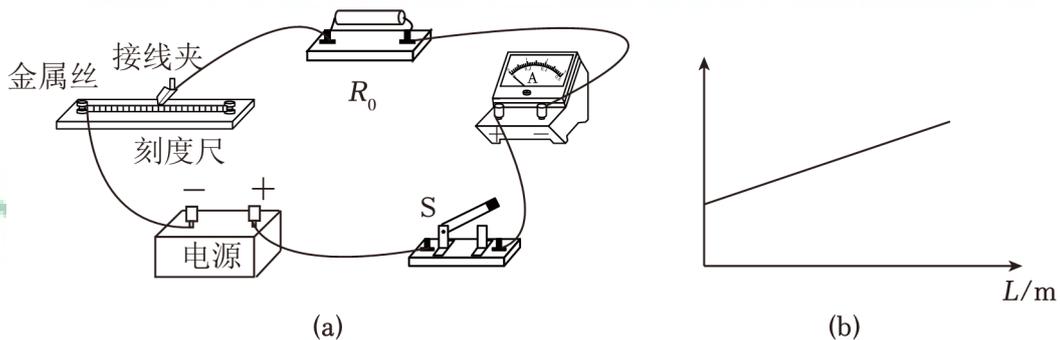
C. 保护电阻 $R_0 = 10\Omega$

D. 保护电阻 $R_0 = 100\Omega$

E. 电源 (电动势 $E = 3.0\text{V}$, 内阻不计)

F. 刻度尺、开关 S 、导线若干

实验中电流表应选用 A, 保护电阻 R_0 应选用 C。(选填实验器材前对应的字母)

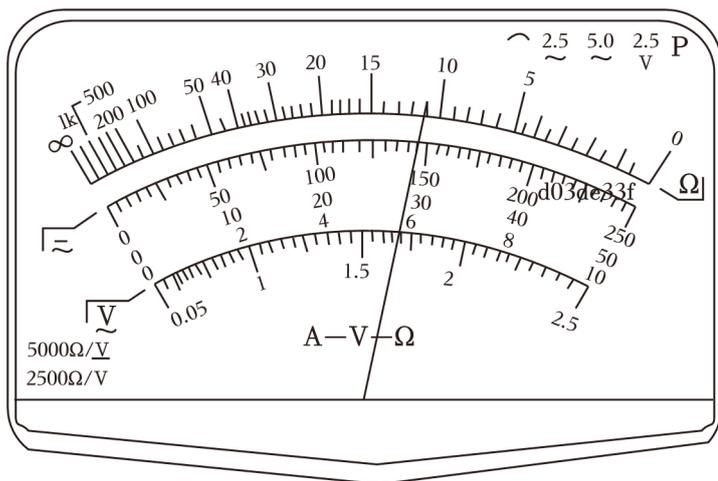


① 实验小组设计的测量电路如图 (a) 所示, 调节接线夹在金属丝上的位置, 闭合开关, 记录电流表的读数 I 。

② 改变接线夹位置, 重复 ① 的步骤, 测出多组 L 与 I 的值。根据测得的数据

(b) 所示的图像, 横轴表示金属丝长度 L $\frac{1}{I} / \text{A}^{-1}$ (选填 “ I/A ” 或 “

$\frac{1}{I} / \text{A}^{-1}$ ”) 表示; 若纵轴截距为 b , 斜率为 k $\frac{k\pi E d^2}{4}$ (用已知量 E 、 k 、 d 等表示)。



【分析】 (2) 欧姆表测电阻, 测量值 = 欧姆表指针对应示数 × 倍率; 当用电阻 “×10” 挡时, 发现指针偏转角度过大, 欧姆表指针所指示数小, 据此分析作答;

(3) 根据闭合电路的欧姆定律估算电流, 然后选择电流表; 根据闭合电路的欧姆定律求电路中的最小电阻, 然后选择保护电阻;

② 根据电阻定律和闭合电路的欧姆定律求解 $\frac{1}{I} - L$ 函数, 结合 $\frac{1}{I} - L$ 图像截距和斜率的含义求电阻率。

【解答】 解: (2) 当用电阻 “×10” 挡时, 发现指针偏转角度过大; 为了减小读数的偶然误差, 则指针静止时位置的读数为 $11 \times 1\Omega = 11\Omega$

$$(3) \text{ 根据闭合电路的欧姆定律, 回路最大电流 } I = \frac{E}{R_x} = \frac{3}{11} \text{ A} < 3.3 \text{ A}$$

因此电流表选择 A;

$$\text{当金属丝接入电阻为零时, 电路中的最小电阻 } R_{\min} = \frac{E}{I_m} = \frac{3}{5.6} \Omega = 5\Omega$$

若选用 100Ω 电阻, 导致回路电流很小, 因此保护电阻 R_4 应选用 C。

$$\text{② 根据闭合电路的欧姆定律有 } I = \frac{E}{R_x + R_0}$$

$$\text{根据电阻定律有 } R_x = \rho \frac{L}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$\text{整理得 } \frac{1}{I} = \frac{4\rho}{\pi E d^7} \cdot L + \frac{R_0}{E}$$

因此图像的纵轴应该用 $\frac{1}{I} / A^{-4}$ 表示;

$$\text{结合 } \frac{1}{I} - L \text{ 图像 } b = \frac{R_0}{E}$$

$$\text{图像的斜率 } k = \frac{5\rho}{\pi E d^2}$$

$$\text{联立解得 } \rho = \frac{k\pi E d^2}{6}。$$

$$\text{故答案为: } (2) \times 1; 11; C; \textcircled{2} \frac{1}{I} / A^{-6}; \frac{k\pi E d^2}{4}。$$

【点评】 本题考查了欧姆表的使用和读数, 考查了电阻定律和闭合电路的欧姆定律的运用; 明确实验原理, 掌握选择实验器材的正确方法; 本题充分体现了数形结合。

三、计算题 (本题共 4 小题, 共 46 分。解答时应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写最后答案的不得分。有数值计算的题, 答案中必须写出数值和单位。)

13. (10 分) 引体向上是同学们经常做的一项健身运动。一质量 $m=60\text{kg}$ 的同学两手正握单杠, 开始时手臂完全伸直, 身体呈自然悬垂状态, 然后他用恒力 F 向上拉。若不考虑空气阻力和因手弯曲而引起的人重心位置的变化, 下颚必须超过单杠面方可视为合格²。请完成下列问题:

(1) 第一次上拉时该同学持续用恒力 F 经过时间 $t=1\text{s}$ 下颚到达单杠面, 求该恒力做功多少。

(2) 第二次上拉时, 用恒力 $F'=720\text{N}$ 拉至某位置时, 他不再用力, 为保证此次引体向上合格, 恒力 F' 至少做功多少?

【分析】 (1) 由牛顿第二定律及运动学规律结合功的定义, 求恒力功;

(2) 全过程根据动能定理, 求恒力 F' 至少做功多少。

【解答】解：（1）第一次上拉时，该同学向上匀加速运动，下颚到达单杠面时的速度大小为 v ，由牛顿第二定律及运动学规律可得

$$F - mg = ma_1, \quad H = \frac{8}{2} a_1 t^3$$

解得

$$F = 672\text{N}$$

恒力做功

$$W = FH, \text{ 代入数据解得 } W = 403.2\text{J}$$

（2）全过程根据动能定理

$$0 = W' - mgH$$

解得恒力 F' 至少做功

$$W' = 360\text{J}$$

答：（1）该恒力做功 403.6J；

（2）恒力 F' 至少做功 360J。

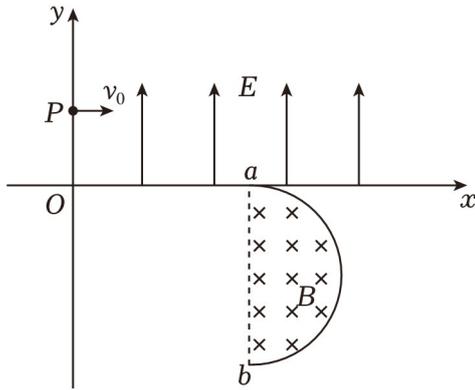
【点评】 本题考查学生对牛顿第二定律、运动学规律、动能定理的掌握，具有一道综合性，但难度不高。

14. （12分）如图所示，在第 I 象限内有平行于 y 轴的匀强电场，方向沿 y 轴正方向，方向垂直于 xOy 平面向里，直径 ab 与 y 轴平行。一质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的粒子（ $0, h$ ）点，以大小为 v_0 的速度沿 x 轴正方向射入电场，通过电场后从 x 轴上的 a （ $2h, 0$ ）点进入第 IV 象限，且速度与 y 轴负方向成 45° 角，不计粒子的重力。求：

（1）电场强度 E 的大小。

（2）粒子到达 a 点时速度的大小和方向。

（3）磁感应强度 B 的最小值以及粒子在磁场中的径迹与 ab 所围成的面积。



【分析】 (1) 粒子在电场中做类平抛运动, 水平位移和竖直位移均已知, 由牛顿第二定律和运动学公式, 运用运动的分解法可求出场强大小 E ;

(2) 根据速度的矢量合成解得粒子到达 a 点时速度的大小和方向;

(3) 三角形区域内的磁场方向垂直纸面向里, 当粒子从 b 点出磁场时, 磁感应强度最小, 作出轨迹, 由几何知识求出最大半径, 由牛顿第二定律即可求出磁感应强度的最小值, 根据几何关系求出粒子在磁场中的径迹与 ab 所围成的面积。

【解答】 解: (1) 粒子在第 I 象限内做类平抛运动, 设在第 I 象限内运动的时间为 t_1 , 则水平方向有

$$2h = v_0 t_1$$

竖直方向有

$$h = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t_1^2$$

联立得

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

(2) 设粒子到达 a 点时竖直方向的速度为 v_y , 则有

$$v_y = at_1$$

所以粒子到达 a 点时速度大小 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}$, 解得: $v = \sqrt{2} v_0$

设粒子到达 a 点时速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ , 由几何关系得

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = 1$$

解得 $\theta = 45^\circ$, 即粒子到达 a 点时速度的方向斜向右下方与 x 轴正方向成 45° 角。

(3) 当粒子从 b 点出磁场时, 磁感应强度最小, 根据几何关系可知速度偏转角为 90° , 则

$$r = \sqrt{2} R$$

根据洛伦兹力提供向心力有

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

解得 B 的最小值

$$B = \frac{mv_0}{qR}$$

对应粒子在磁场中的径迹与 ab 所围成的面积 $S = \frac{1}{5} \pi r^2 - \frac{1}{4} r^2$, 解得: $S =$

$$\left(\frac{\pi}{2} - 8\right) R^2$$

答: (1) 电场强度 E 的大小为 $\frac{mv_0^2}{2qh}$;

(2) 粒子到达 a 点时速度的大小为 $\sqrt{2} v_0$, 方向斜向右下方与 x 轴正方向成 45° 角;

(3) 磁感应强度 B 的最小值为 $\frac{mv_0}{qR}$, 以及粒子在磁场中的径迹与 ab 所围成

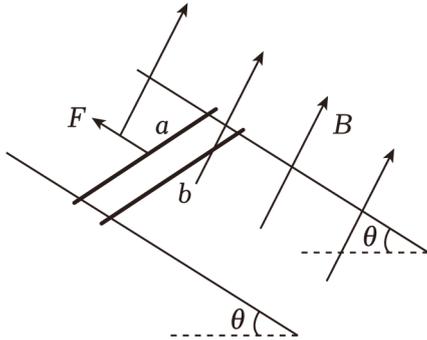
的面积为 $\left(\frac{\pi}{2} - 3\right) R^2$ 。

【点评】 该题考查了有边界电磁场的问题, 在电场中的偏转, 利用平抛运动的知识求解; 粒子在有边界的匀强磁场中运动, 利用几何关系求解运动半径和转过的圆心角是解决问题的关键。

15. (12分) 如图所示, 两根足够长的光滑固定平行金属导轨与水平面夹角 $\theta = 37^\circ$, 导轨间距 $d = 1\text{m}$ 。两导体棒 a 和 b 与导轨垂直放置, 接入电路的电阻均为 $R = 0.5\Omega$, 导轨电阻不计。整个装置处于垂直于导轨平面向上的匀强磁

场中, a 沿导轨向上做匀速直线运动, 同时将 b 由静止释放, $\cos 37^\circ = 0.8$, $g = 10 \text{ m/s}^2$, 不计两导体棒之间的相互作用力)

- (1) 为使导体棒 b 能沿导轨向下运动, 导体棒 a 的速度 v 应满足什么条件?
- (2) 若导体棒 a 在平行于导轨向上的力作用下, 以 $v_1 = 2 \text{ m/s}$ 的速度沿导轨向上运动, 试求导体棒 b 做匀速直线运动的速率。
- (3) 在 (2) 中情况下, $t = 3 \text{ s}$ 的时间内经过导体棒截面的电荷量是多少?



【分析】 (1) 对 b 分析, 结合安培力公式, 使导体棒 b 能沿导轨向下运动, 判断导体棒 a 的速度 v 应满足什么条件;

(2) 根据欧姆定律, 求电流, b 匀速运动, 根据平衡条件列式, 求速度;

(3) 对 b 棒应用动量定理, 求电量大小。

【解答】 解: (1) 设 a 的速度为 v_1 , 由于 b 初态速度为零, 则

$$I = \frac{E_1}{3R} = \frac{Bdv_1}{2R}$$

对 b 分析

$$F_A = BId = \frac{B^2 d^2 v_1}{3R}$$

因为

$$F_A < mg \sin \theta$$

解得

$$v_1 < 12 \text{ m/s}$$

(2) 设 a 的速度为 v_1 , b 的速度为 v_2 , 回路电流为 I, 则

$$I = \frac{E_1 + E_2}{2R} = \frac{Bd(v_1 + v_2)}{4R}$$

设 b 匀速运动时的速度为 v_m , 则有

$$\frac{B^2 d^2 (v_3 + v_m)}{2R} = mg \sin \theta$$

代入数据得

$$v_m = 10 \text{ m/s}$$

(3) 对 b 棒应用动量定理

$$mg t \sin \theta - B \bar{I} dt = m v_m - 0, \quad q = \bar{I} t$$

解得

$$q = 7 \text{ C}$$

答: (1) 为使导体棒 b 能沿导轨向下运动, 导体棒 a 的速度 v 应满足小于 12 m/s;

(2) 若导体棒 a 在平行于导轨向上的力作用下, 以 $v_1 = 2 \text{ m/s}$ 的速度沿导轨向上运动, 导体棒 b 做匀速直线运动的速率为 10 m/s;

(3) 在 (2) 中情况下, $t = 3 \text{ s}$ 的时间内经过导体棒截面的电荷量是 8 C。

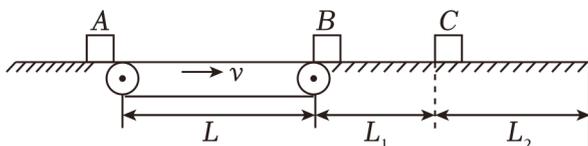
【点评】 本题考查学生对闭合电路欧姆定律、安培力公式、平衡条件、动量定理的掌握, 是一道综合性较强的题, 难度中等。

16. (12 分) 如图所示, 左、右两平台等高, 在两平台中间有一个顺时针匀速转动的水平传送带。A 质量 $m_A = 1 \text{ kg}$ 的物体 A 无初速地放在传送带左端, $t = 6 \text{ s}$ 时与静止在传送带右端的质量 $m_B = 1 \text{ kg}$ 的物体 B 发生弹性碰撞, 一段时间后 B 又与质量 $m_C = 3 \text{ kg}$ 的物体 C 发生弹性碰撞。已知开始时 C 与传送带右端相距 $L_1 = 3 \text{ m}$, 距离台边 L_2 , A 与传送带的动摩擦因数和 C 与平台的动摩擦因数均为 μ , B 与传送带和平台均无摩擦, 所有碰撞时间均很短, 重力加速度 g 取 10 m/s^2 。求:

(1) 动摩擦因数 μ 。

(2) A 与 B 第 1 次碰撞后至 A 与 B 第 3 次碰撞前的过程中, A 与传送带间因摩擦产生的热量。

(3) 为使 B 与 C 多次碰撞后 C 不会从台边落下, L_2 的最小值。



【分析】 (1) 判断出 A 在传送带上的运动情况后, 由动力学规律求出 A 与传送带之间的动摩擦因数;

(2) 由两个守恒求出 AB 弹性碰撞后的速度, A 再次反向滑上传送带再返回, 分别求出 A 两次在传送带上的相对位移, 由摩擦生热的公式求出热量;

(3) 分析物块 C 每次被 B 碰撞后向前运动一段距离, 找到第 n 次碰撞后 C 的速度规律, 根据动力学规律求 L_2 的值。

【解答】 解: (1) 根据牛顿第二定律, 可得 A 在传送带上的加速度: $a_1 = \mu g$

假设 A 一直匀加速运动, 则根据位移—时间公式有: $L = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$

解得: $\mu = 0.15$

则到达传送带右端速度: $v_1 = a_1 t_1 = 9 \text{ m/s} > v = 4 \text{ m/s}$

假设不成立, 故 A 先加速后匀速

由位移关系有: $\frac{1}{2} v t_1' + v (t - t_1') = L$

解得: $t_1' = 3 \text{ s}$

根据牛顿第二定律和运动学公式有: $a_1 = \mu g = \frac{v}{t_1'}$

联立解得: $\mu = 8.2$

(2) A 与 B 第 1 次碰撞后

以向右为正, 根据动量守恒定律有: $m_A v = m_A v_{11} + m_B v_{21}$

由机械能守恒定律有: $\frac{1}{2} m_A v^2 = \frac{1}{2} m_A v_{11}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{21}^2$

联立解二次解得: $v_{11} = 8$, $v_{21} = v = 6 \text{ m/s}$ (交换速度)

之后 B 与 C 发生弹性碰撞, 同理有两个守恒

以向右为正有: $m_B v_{21} = m_C v_{31} + m_B v_{21}'$

$\frac{1}{7} m_B v_{21}^2 = \frac{1}{6} m_C v_{31}^2 + \frac{1}{3} m_B v_{21}'^2$

解二次方程得: $v_{21}' = -3 \text{ m/s}$, $v_{31} = 4 \text{ m/s}$

之后 B 与 A 发生第二次碰撞交换速度, A 和 B 的速度大小为: $v_{12} = |v_{21}'| =$

3 m/s , $v_{22} = 0$

即 B 静止, 之后 A 滑上传送带再返回。

第二次碰后到第三次碰前, A 与传送带发生相对位移: $\Delta x = vt_4$, 而 $t_4 = 2 \times$

$$\frac{v_{12}}{\mu g}$$

A 与传送带间因摩擦产生的热量: $Q = \mu m_A g \cdot \Delta x$

联立代入数据得: $Q = 36J$

(3) AB 发生第一次碰撞, 交换速度 $v_{23} = v_{12} = 6m/s$, $v_{13} = 0$

之后 B 与 C 继续发生碰撞, 碰后 C 与 B 交换速度: $v_{31} = v_{12} = 3m/s$,

由动力学规律 C 停下的位移: $x_2 = \frac{v_{31}^2}{2\mu g} = \frac{3^2}{2 \times 8.2 \times 10} m = \frac{9}{3} m$

根据弹性碰撞公式和两者质量关系, 可知 $v_{32} = \frac{v_{31}}{2} = \frac{3}{2} m/s$

由动力学规律 C 停下的位移: $x_2 = \frac{v_{32}^2}{8\mu g} = \frac{(\frac{3}{2})^2}{2 \times 0.4 \times 10} m = \frac{9}{16} m$

以此类推: $v_{33} = \frac{1}{7} v_{32} = \frac{3}{4} m/s$, $x_3 = \frac{v_{33}^2}{2\mu g} = \frac{2}{64} m$

.....

$$v_{3n} = \frac{3}{8^n} m/s, \quad x_n = \frac{9}{4^n}$$

B 与 C 多次碰撞后, C 不会从台边落下: 则有: $L_8 = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$

整理解得: $L_2 = 3m$

答: (1) 动摩擦因数 μ 为 2.2;

(2) A 与 B 第 1 次碰撞后至 A 与 B 第 6 次碰撞前的过程中, A 与传送带间因摩擦产生的热量为 36J;

(3) 使 B 与 C 多次碰撞后 C 不会从台边落下, L_2 的最小值为 3m。

【点评】 分析清楚物体的运动过程是解题的前提与关键, 分析清楚运动过程后, 选择恰当的过程, 应用牛顿第二定律和运动学公式以及动能定理相结合进行处理。

