

# 2024—2025 高三省级联测考试

## 物理试卷

班级\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_

### 注意事项：

- 答卷前，考生务必将自己的学校、班级、姓名及考号填写在答题卡上。
- 回答选择题时，选出每小题答案后，用 2B 铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑，如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
- 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

一、单项选择题：本题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

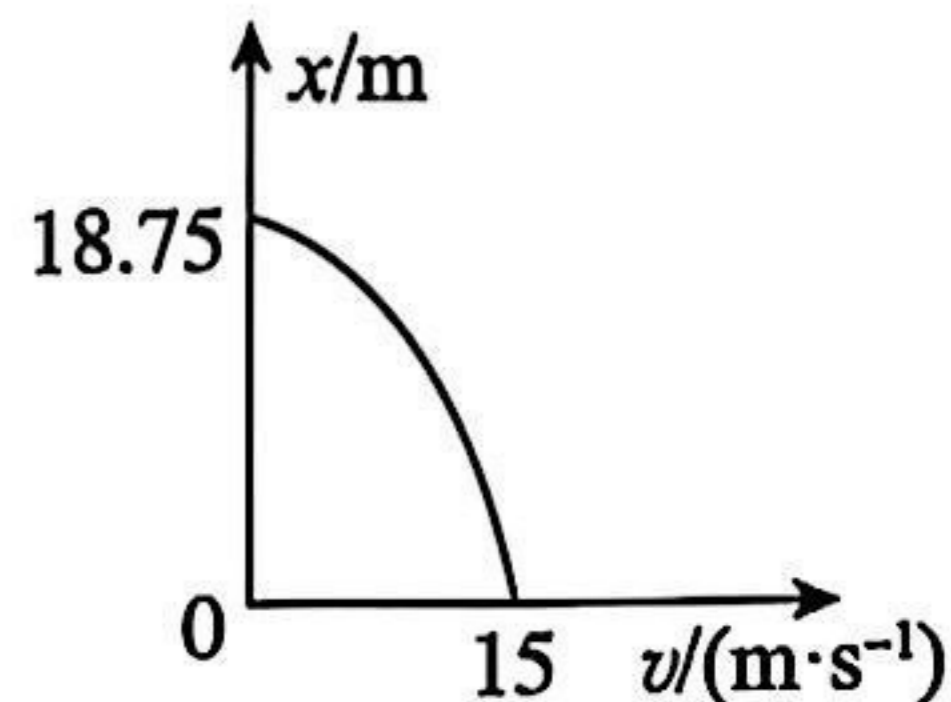
1. 2024 年 1 月，我国首台发射透射电子显微镜 TH-F120(如图)正式发布。电子显微镜以电子束的物质波为光源，由于波长较短，不易发生衍射，电子显微镜的分辨率比光学显微镜高出 1 000 多倍，透射电子显微镜采用加速电压加速电子，为使电子束的物质波波长减小为原来的  $\frac{1}{2}$  以提高分辨率，若电子的初速度可以忽略，需使加速电压变为原来的



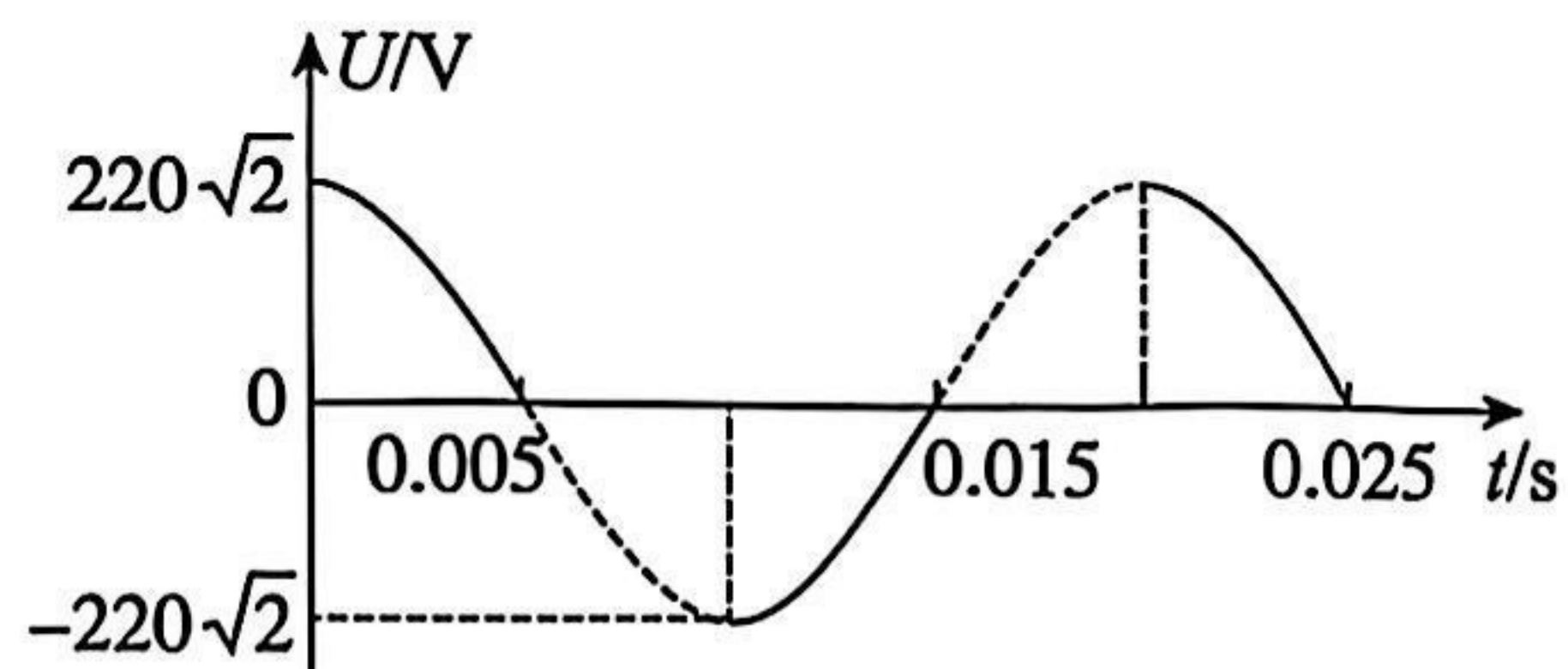
- A.  $\frac{1}{4}$                       B.  $\frac{1}{2}$                       C. 2 倍                      D. 4 倍

2. 截至 2024 年 11 月，我国新能源汽车年度产量首次突破 1 000 万辆，新能源汽车自重较大，对刹车性能提出了更高的要求。某国产新能源汽车刹车性能测试时，汽车以 15 m/s 的速度匀速行驶，踩下刹车后汽车做匀减速直线运动，汽车的位移  $x$  与速度  $v$  变化的图像如图所示，下列说法正确的是

- A. 汽车的刹车时间为 2.5 s  
 B. 汽车刹车时的加速度大小为 4 m/s<sup>2</sup>  
 C. 3 s 时汽车的位移大小为 18 m  
 D. 汽车刹车过程的最后 1 s 内位移大小为 2.5 m

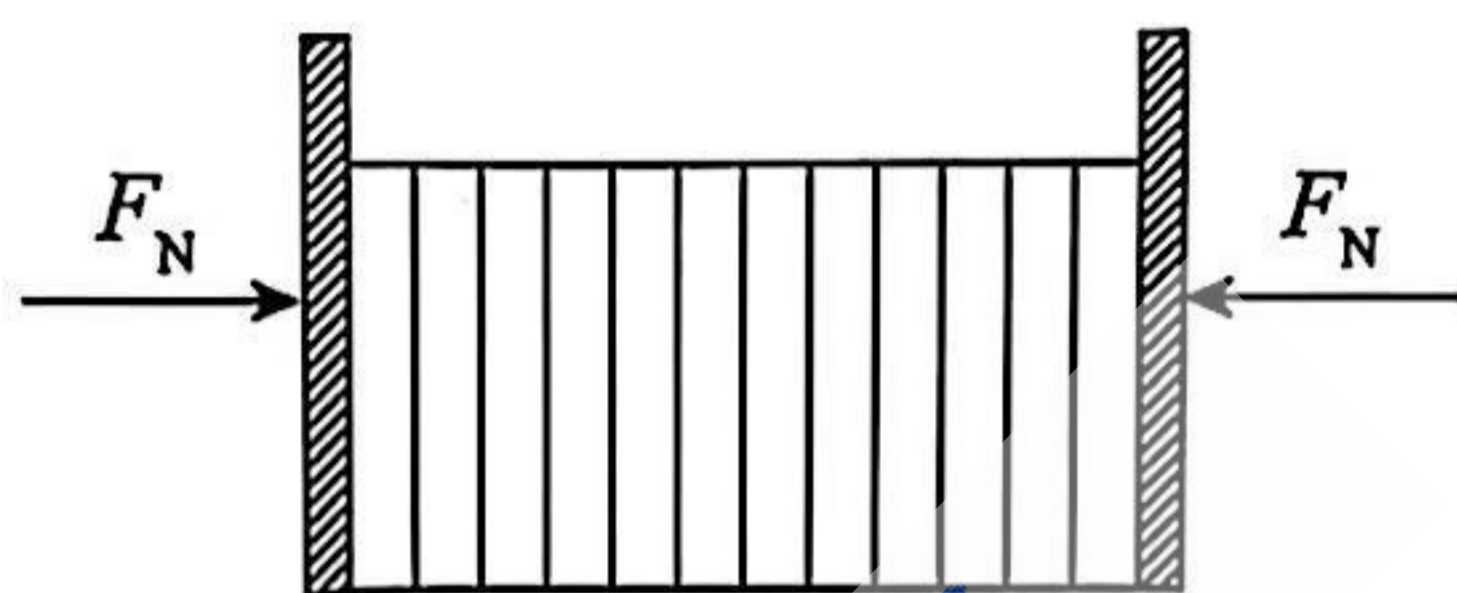


3. 可控硅是一种控制器件,通过可控硅能够实现对电饭煲温度的控制,调节范围广且更加节能,如将可控硅的导通角度设置为  $90^\circ$ ,电饭煲加热电路两端的电压随时间变化的图像如图中实线所示,则此时电饭煲加热电路两端获得电压的有效值为



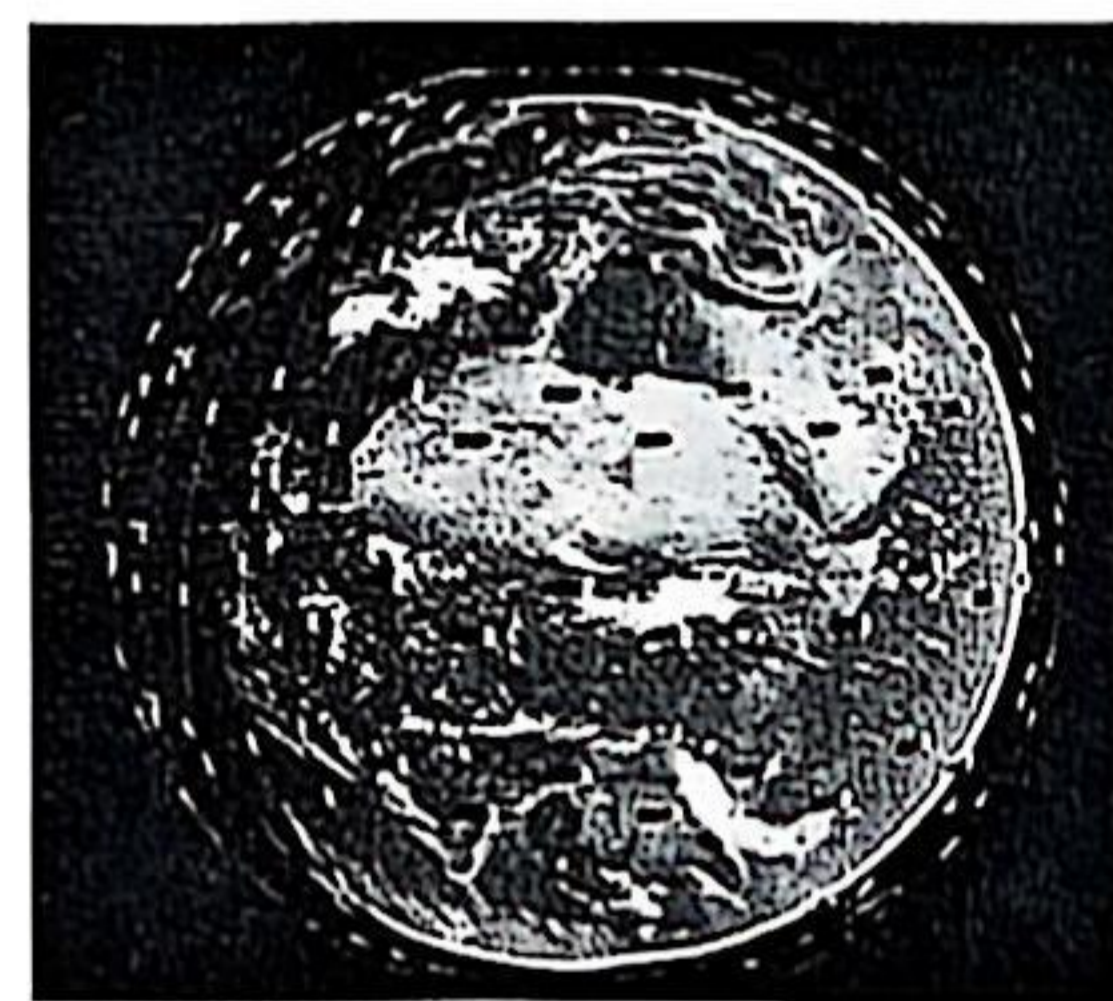
- A.  $110\text{ V}$                       B.  $110\sqrt{2}\text{ V}$                       C.  $55\sqrt{2}\text{ V}$                       D.  $220\text{ V}$

4. 一同学在学校图书馆参加义务劳动,他用两块相同的竖直木板将书夹到中间(如图),在两侧对木板施加水平压力  $F_N$ ,将书一块儿搬到书架上。该同学发现木板之间每次最多可以将相同的 12 本书搬起而不滑落。设木板和书之间的动摩擦因数为  $\mu$ ,书之间的动摩擦因数为  $\mu'$ ,最大静摩擦力等于滑动摩擦力,则  $\mu$  的最小值与  $\mu'$  的最小值之比为



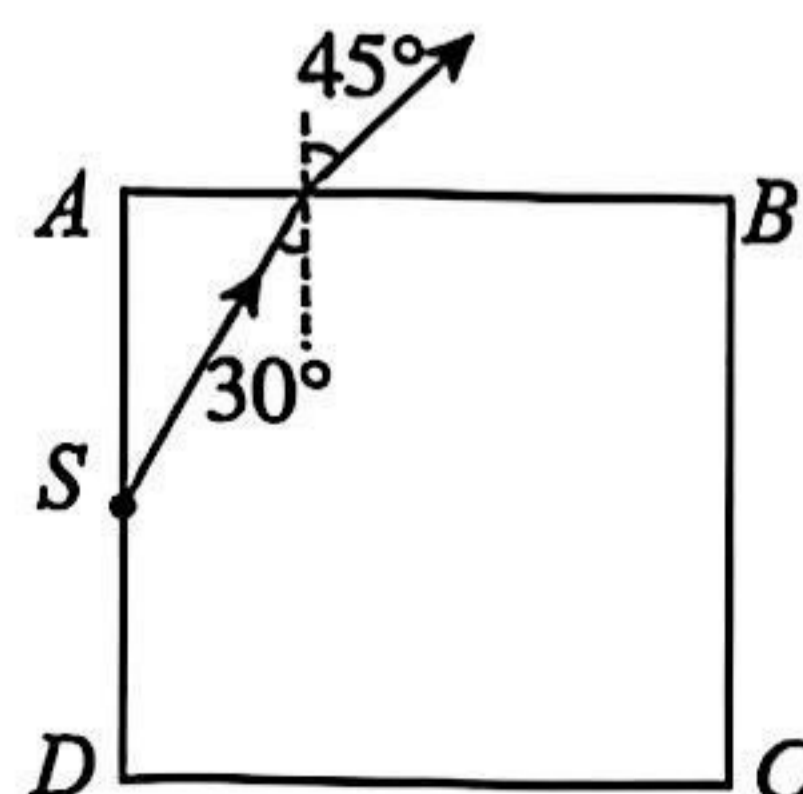
- A.  $\frac{12}{11}$                       B.  $\frac{6}{5}$                       C.  $\frac{5}{3}$                       D.  $\frac{4}{3}$

5. “中国版星链”(如图)被称为“G60 星链”,2024 年 12 月 5 日,其重要组成部分“千帆极轨”03 组卫星发射成功,由 18 颗极地轨道卫星组成。极地轨道卫星的运行轨道平面通过地球的南、北两极上空,有一颗极地卫星周期  $T = \frac{2}{3}\sqrt{6}h$ 。已知地球的半径  $R = 6\,400\text{ km}$ ,地球同步卫星距离地面的高度约为  $h = 35\,600\text{ km}$ ,则下列关于该卫星的说法正确的是



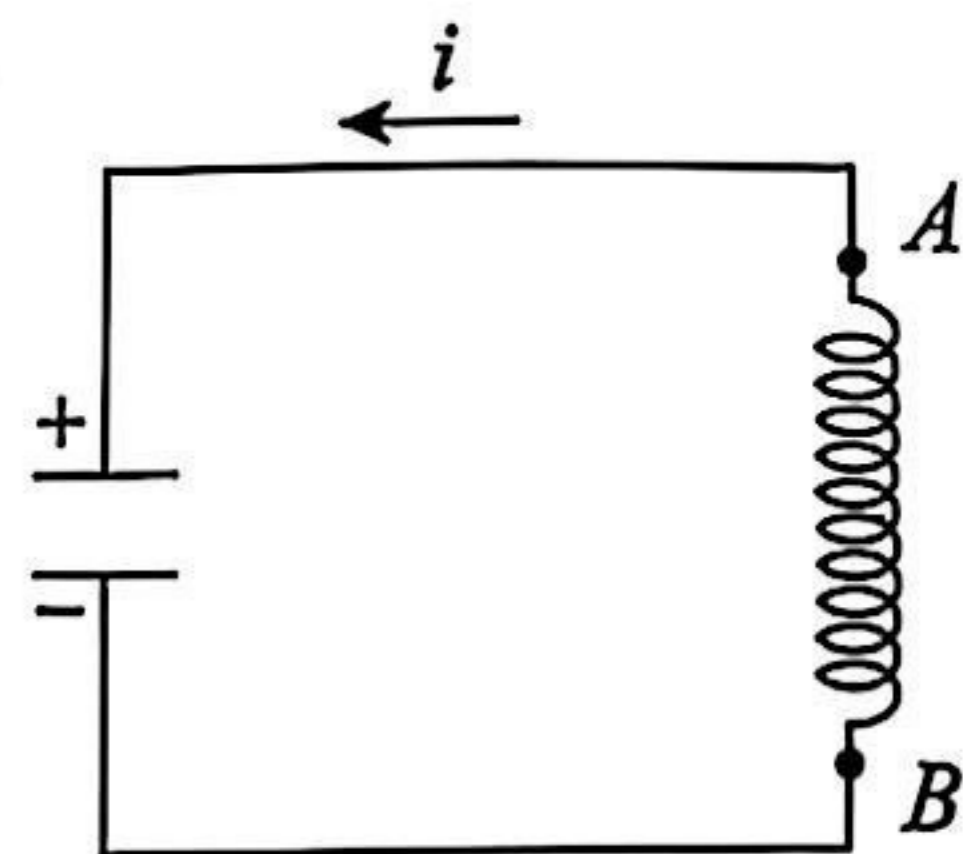
- A. 轨道平面可能与某一经线圈一直共面  
 B. 环绕地球运动的速度大于  $7.9\text{ km/s}$   
 C. 轨道高度约为  $600\text{ km}$   
 D. 若从经过北极点上空开始计时,一天内经过赤道 15 次

6. 如图所示,正四棱柱玻璃的横截面为边长为  $a$  的正方形  $ABCD$ ,  $AD$  边中点有一个点光源  $S$ ,其中一条与  $AB$  边法线成  $30^\circ$  的光线,从玻璃中射出时折射角为  $45^\circ$ ,不考虑多次反射,点光源发出的光在正方形  $ABCD$  边上能直接射出的总区域长度为



- A.  $2a$                       B.  $\frac{3}{2}a$   
 C.  $a$                       D.  $\frac{\sqrt{2}}{2}a$

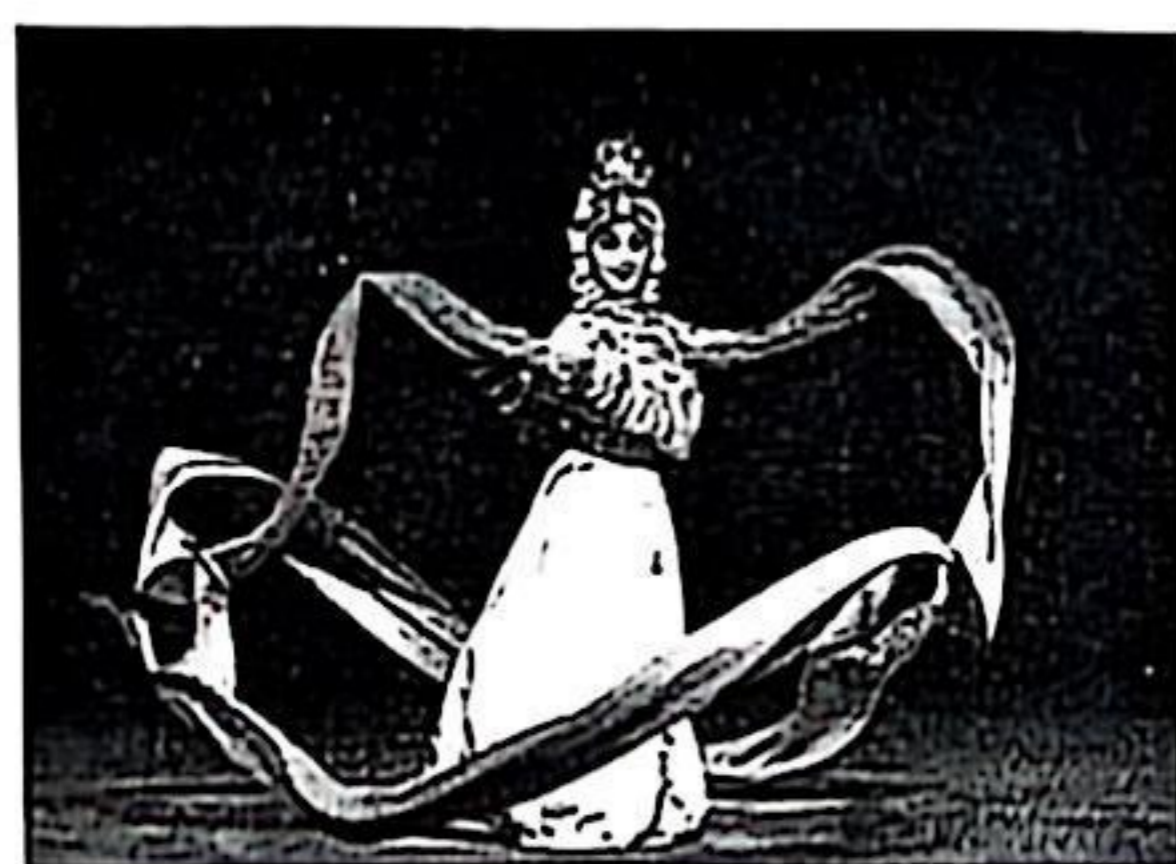
7. 截至 2024 年 8 月底,我国无人机实名登记共计 198.7 万架,遥控器与无人机之间通过电磁波进行通信连接,从而实现遥控操控。遥控器发射的电磁波信号产生自其内部的 LC 振荡电路。若某时刻 LC 振荡电路中的电流方向和电容器极板的带电情况如图所示,则下列说法正确的是



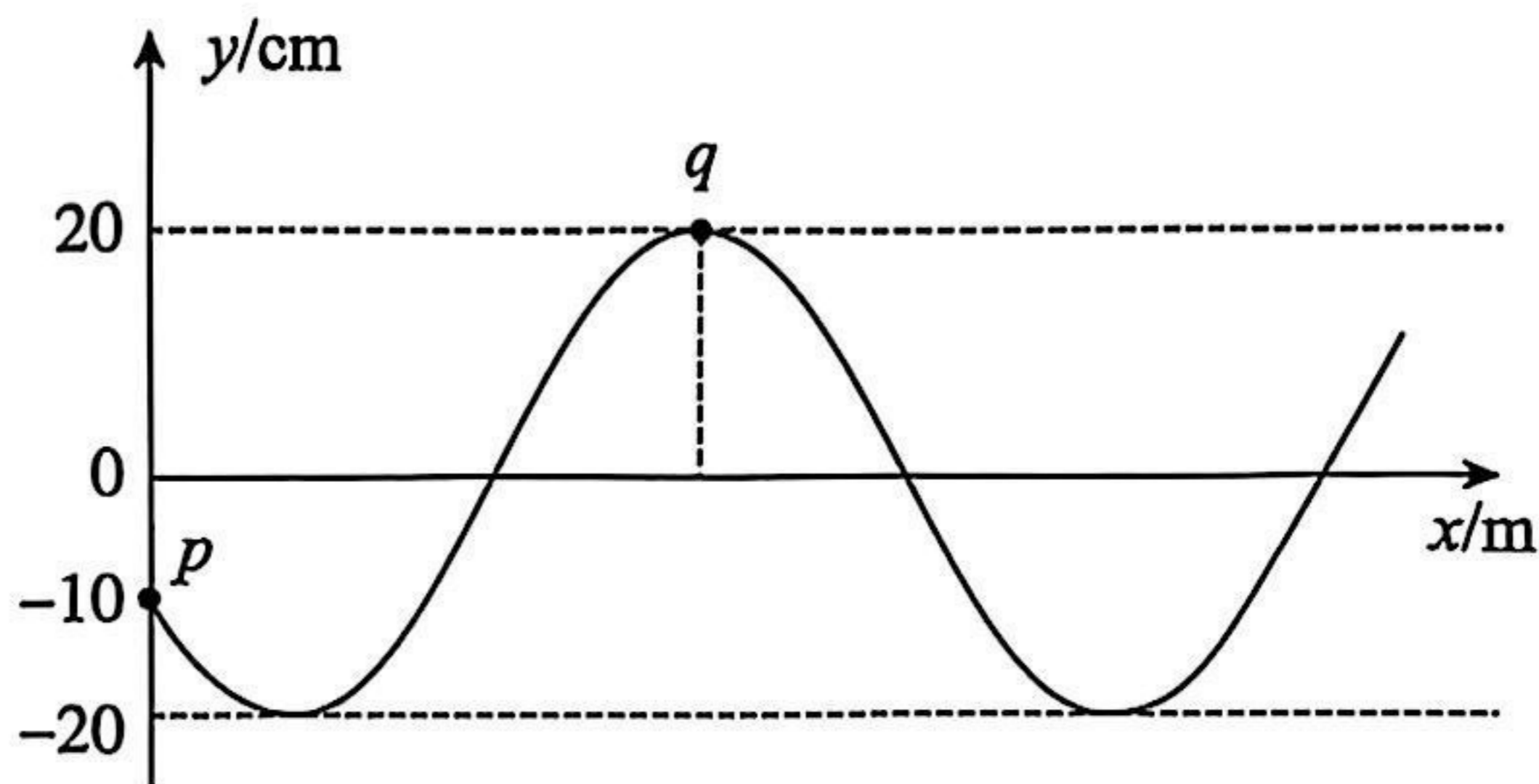
- A. 线圈中的自感电动势在增大
- B. 电路中的电流正在增大
- C. 电容器两极板的电势差正在减小
- D. B 点电势高于 A 点电势

二、多项选择题:本题共 3 小题,每小题 6 分,共 18 分。在每小题给出的四个选项中,有多项是符合题目要求的。全部选对得 6 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

8. 水袖是中国戏曲演员在舞台上夸张表达人物情绪时的一种道具(如图甲)。一次表演中,舞台上戏剧演员使用“抖袖”技法抖出的波浪,可认为是一列在水袖上传播的简谐横波(如图乙)。 $p$ 、 $q$  是该波传播方向上的两个质点, $t=0$  时刻两质点的位移大小分别为  $y_p = -10$  cm 和  $y_q = 20$  cm,且两个质点的平衡位置之间的距离  $\Delta x = 0.8$  m。已知该简谐横波在水袖上以  $v = 2$  m/s 的速度沿  $x$  轴正方向传播,下列说法正确的是

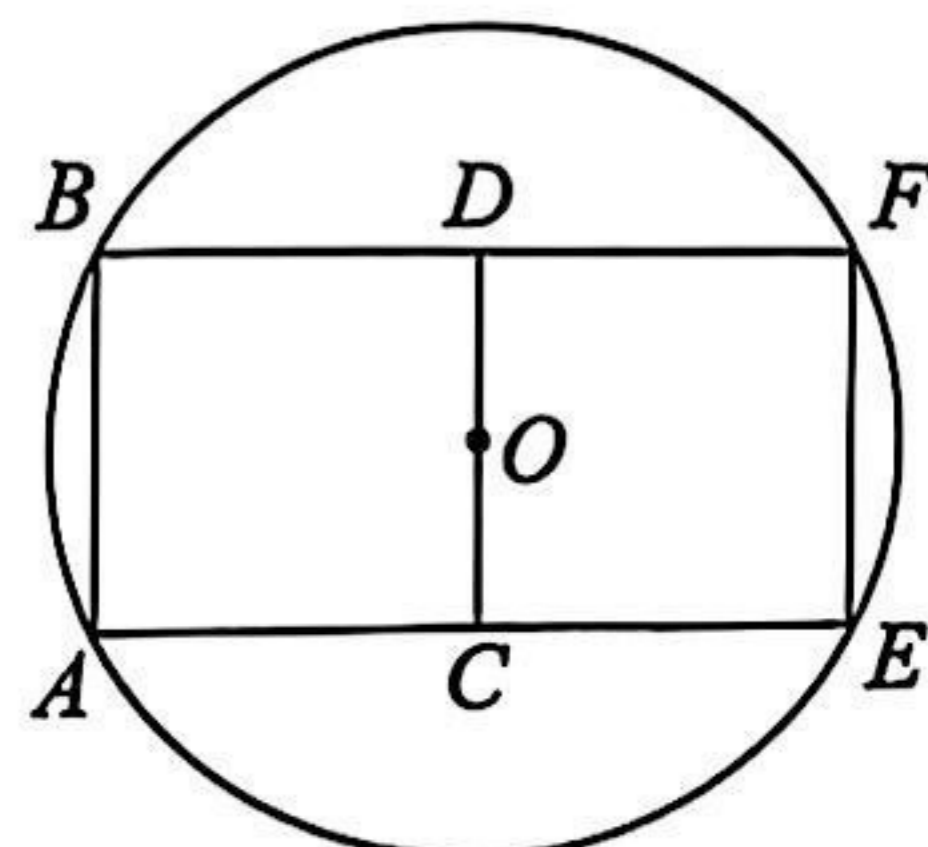


甲



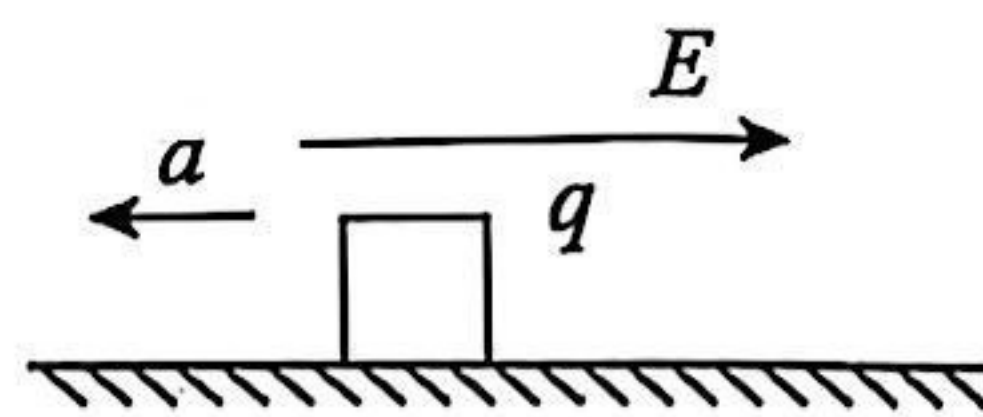
乙

- A. 该波的波长为 1.2 m
  - B. 该波的周期为 1.2 s
  - C.  $t = 0.15$  s 时,质点  $p$  恰好位于平衡位置
  - D. 质点  $p$  的振动方程  $y = 20\sin\left(\frac{10\pi}{3}t - \frac{\pi}{6}\right)$  cm
9. 如图所示,与纸面平行的匀强电场中有  $ABDC$  和  $CDFE$  两个边长均为  $a$  的正方形,圆心  $O$  点为  $CD$  的中点,  $A$  点处有一粒子源,在纸面内朝各个方向发射动能均为  $E_0$  的电荷量为  $q$  的同种带正电粒子,到达  $D$  处的粒子动能为  $3E_0$ ,到达  $F$  处的粒子动能为  $4E_0$ ,不计粒子重力及粒子间的相互作用。下列说法正确的是



- A. 匀强电场的电场强度大小为  $\frac{\sqrt{3}E_0}{qa}$
- B. 匀强电场的电场强度方向由  $C$  指向  $F$
- C. 从圆周上射出的粒子动能最大值为  $\frac{(\sqrt{10}+5)E_0}{2}$
- D. 从圆周上射出的粒子动能最大值为  $(1+\sqrt{10})E_0$

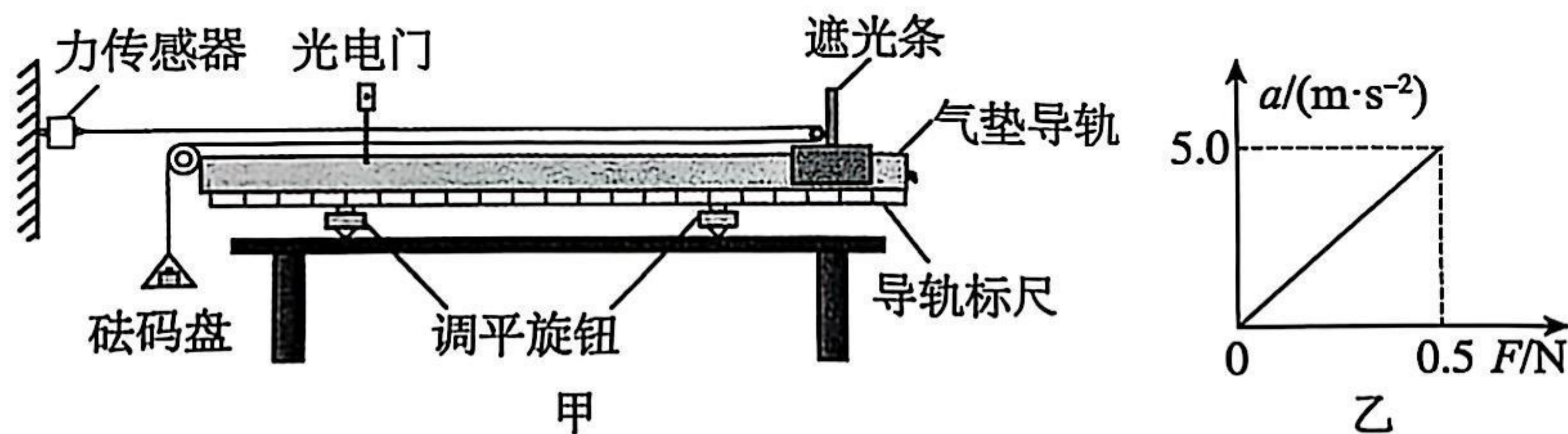
10. 如图所示,空间存在水平向右的匀强电场,电场强度大小为  $100 \text{ N/C}$ ,质量为  $1 \text{ kg}$ 、带电荷量为  $0.1 \text{ C}$  的物块固定在水平桌面上,物块与水平桌面间的动摩擦因数为  $0.75$ ,现释放物块,同时给物块施加一个拉力  $F$ ,使物块能够以  $10 \text{ m/s}^2$  的加速度沿桌面水平向左匀加速运动。重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,下列关于拉力  $F$  的说法正确的是



- A. 与水平方向夹角的正切值为  $\frac{1}{2}$  时,  $F$  最小  
 B. 与水平方向夹角的正切值为  $\frac{3}{4}$  时,  $F$  最小  
 C. 最小值为  $10\sqrt{5} \text{ N}$   
 D. 最小值为  $22 \text{ N}$

三、非选择题:本题共 5 小题,共 54 分。

11. (6 分)利用如图甲所示的装置探究“在质量一定的条件下,物体加速度与合力的关系”,轻绳的左端连接在力传感器上,右端绕过固定在滑块上的轻质滑轮和气垫导轨左侧的轻质滑轮后,系在砝码盘上。用游标卡尺测出遮光条的宽度为  $d$ ,从导轨标尺可以读出初始位置时滑块上的遮光条与光电门之间的距离  $L$ ,滑块及遮光条的总质量  $M$  由天平测出。由静止释放滑块,光电门可以测出滑块上的遮光条通过光电门的时间  $t$ ,力传感器可以显示细绳上拉力  $F$  的数值,改变砝码的质量,多次重复实验进行探究。已知当地重力加速度为  $g$ ,请完成下列问题:



- (1) 下列说法正确的有 \_\_\_\_\_ (多选)。

- A. 为减小误差,实验中需要满足砝码及砝码盘总质量远小于滑块的质量  
 B. 实验时需要平衡摩擦力  
 C. 气垫导轨充气后,需要调节调平旋钮,使滑块在导轨上任意位置均能保持静止  
 D. 初始位置时滑块上的遮光条与光电门之间的距离  $L$  应适当大一些

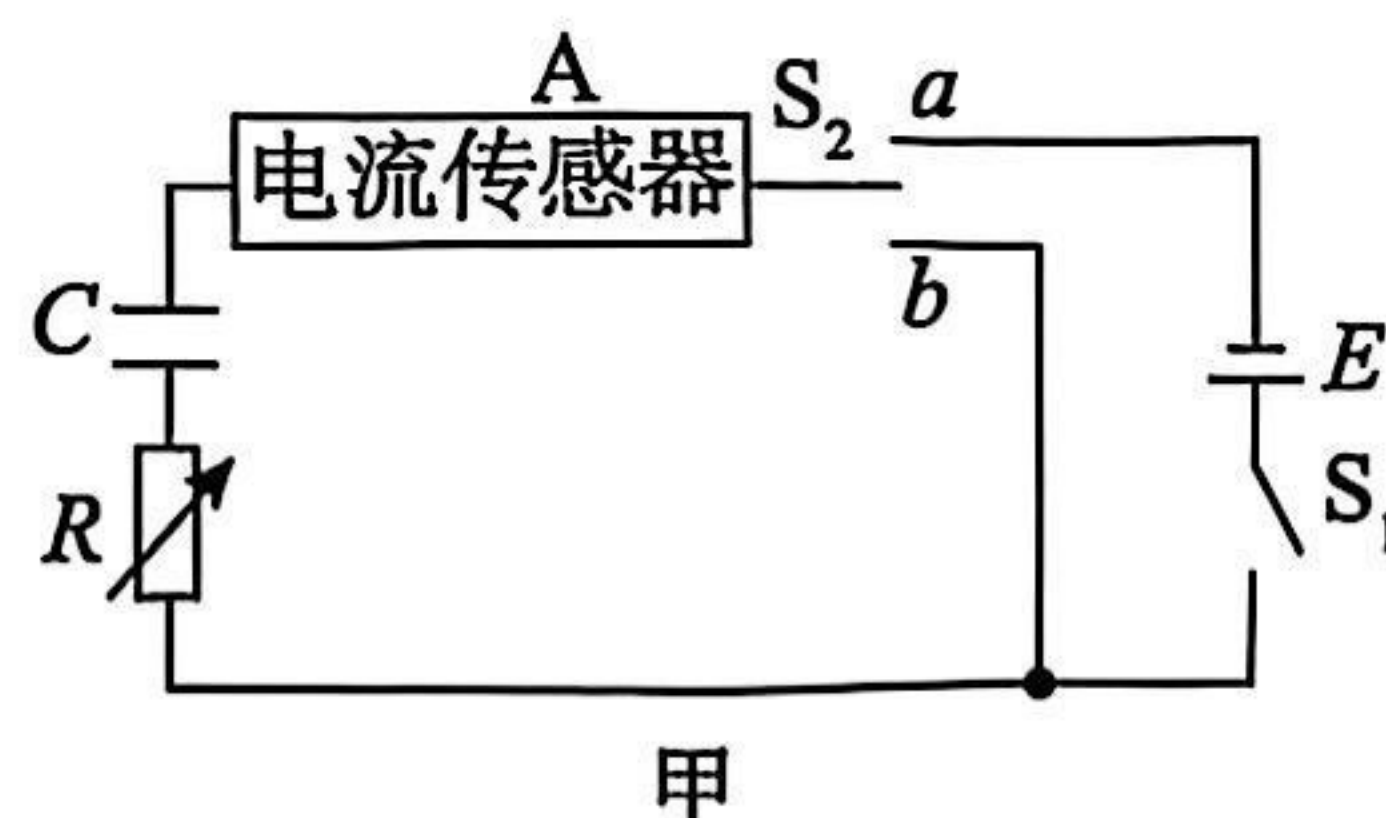
- (2) 由静止释放滑块,滑块将做匀加速直线运动,则滑块的加速度大小  $a = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $d$ 、 $t$ 、 $L$  表示)。

- (3) 根据实验所得多组  $a$ 、 $F$  数据,绘制出如图乙所示的图像,分析图像可以得出实验所用遮光条与滑块的总质量为 \_\_\_\_\_  $g$ 。

12. (8 分)利用电容器进行储能,已经广泛应用于电动汽车和风能、光伏发电储能等领域。物理学习小组用如图甲所示的电路观察电容器的充、放电现象,所用器材如下:

电源  $E$  (电动势  $9 \text{ V}$ , 内阻不计);

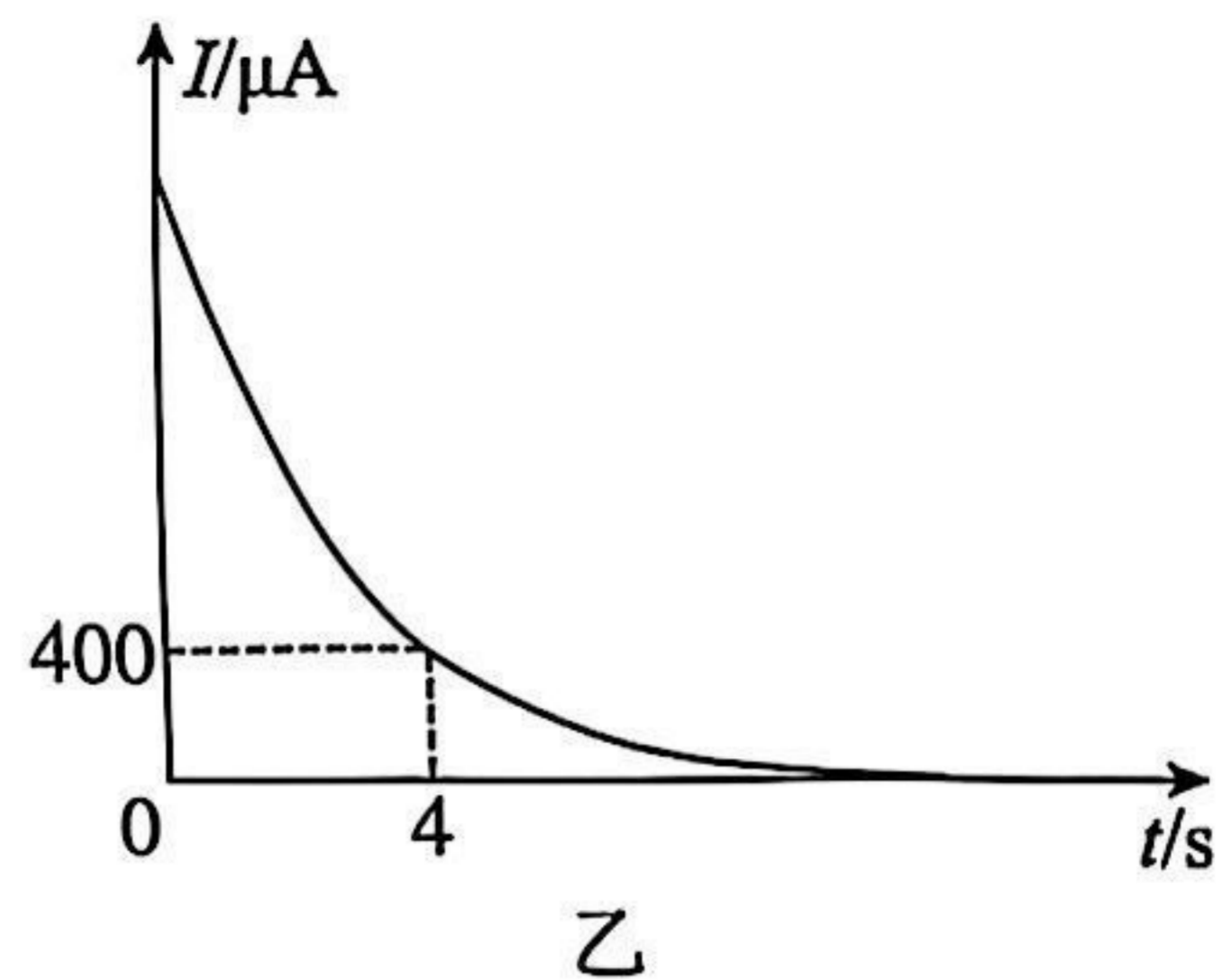
电容器  $C$  (额定电压  $15 \text{ V}$ );



电阻箱  $R$  (最大阻值均为  $9\,999.9\ \Omega$ );  
 电流传感器 A (可以测量电路电流, 内阻可以忽略);  
 单刀单掷开关  $S_1$ , 单刀双掷开关  $S_2$ ;  
 导线若干。

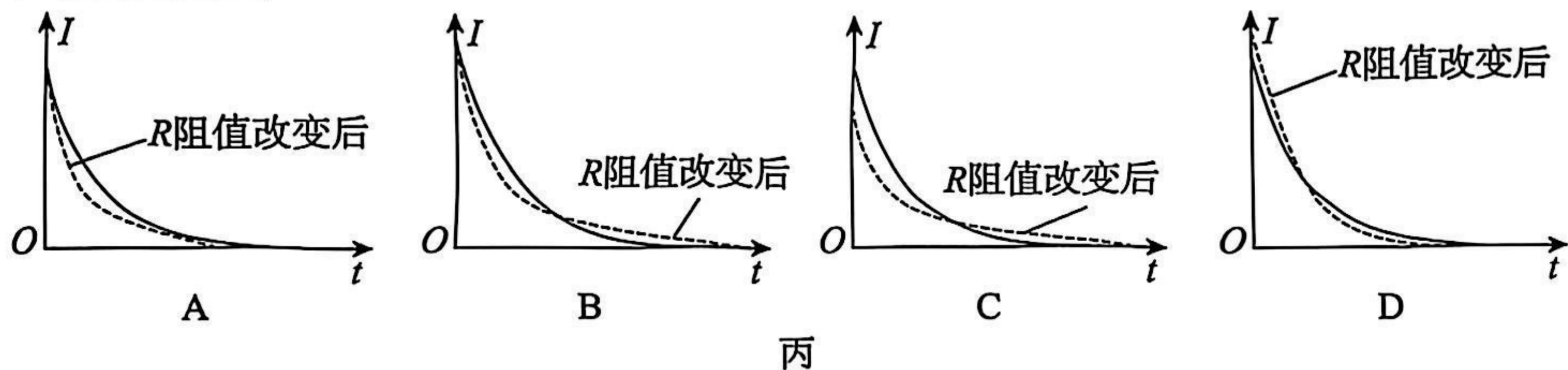
(1) 闭合开关  $S_1$ , 将  $S_2$  接  $a$ , 对电容器进行充电, 电流传感器的示数将\_\_\_\_\_ (填选项标号)。

- A. 缓慢变大之后保持稳定  
 B. 突然增大, 再缓慢减小, 最后减为零  
 C. 突然增大, 之后稳定在某一非零数值  
 D. 缓慢变大, 再缓慢减小, 最后减为零



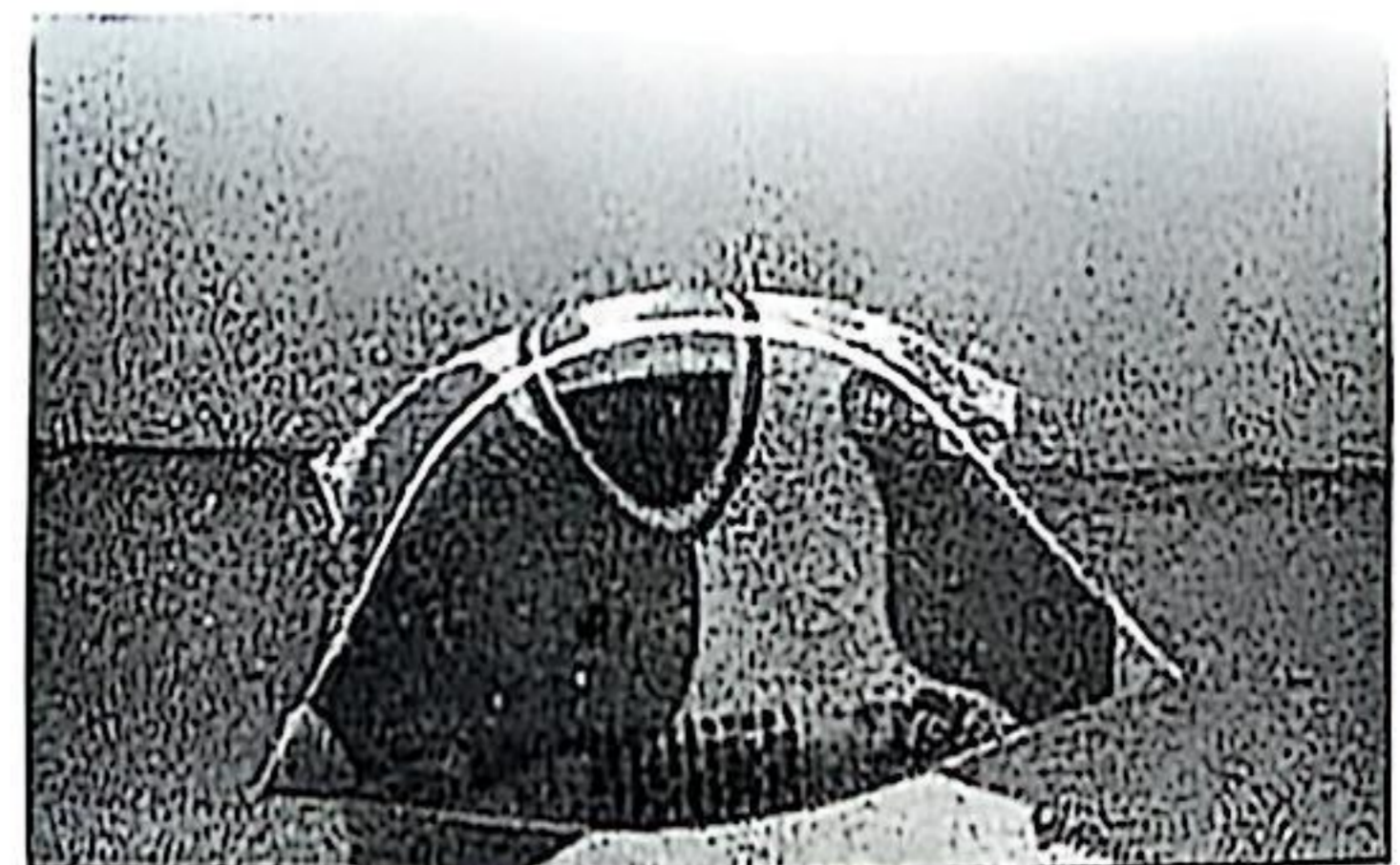
(2) 待电容器充电完成后, 再将开关  $S_2$  接  $b$ , 观察电容器放电现象, 通过传感器将电流信息传入计算机, 计算机绘制出电流随时间变化的  $I-t$  图像如图乙所示, 由于电流传感器故障, 图像上只显示出  $t=4\text{ s}$  时的电流值为  $400\ \mu\text{A}$ , 若已知  $0\sim 4\text{ s}$  内图线与横轴围成的面积是  $4\text{ s}$  后图线与横轴围成面积的 4 倍, 则可求出  $R=$ \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

(3) 若将电阻箱阻值减小, 重复上述实验步骤, 再绘制出其电流随时间变化的  $I-t$  图像 (用虚线表示), 则图丙中能正确表示出两个不同阻值的电阻接入电路时电流随时间变化情况的是\_\_\_\_\_。



13. (10 分) 小李与家人从河北出发到青藏高原旅游, 携带了袋装饮品, 完好的包装袋内除饮品外还密封有体积为  $V_0$ 、压强等于大气压强  $p_0$  的氮气。到达海拔较高的旅游目的地时, 大气温度与出发地相同均为  $T_0$ , 大气压强变为  $0.65p_0$ , 饮品出现了胀袋现象 (如图), 包装袋内密封氮气的体积增大为  $1.25V_0$ 。已知  $V_0=100\text{ mL}$ ,  $p_0=1.0\times 10^5\text{ Pa}$ ,  $t_0=27^\circ\text{C}$ , 热力学温度与摄氏温度间的关系为  $T=t+273\text{ K}$ , 将包装袋内的封闭气体视为理想气体, 包装袋导热良好, 忽略饮品自身体积的变化。求:

- (1) 胀袋后包装袋处于紧绷状态, 求此时该包装袋承受的压强值  $p_1'$ ;  
 (2) 胀袋后饮品包装袋表面积增大且不能再复原, 为防止包装袋破裂, 可将该饮品放入冷藏设备进行冷藏, 冷藏设备中的气压与外界相同, 为使包装袋恰好不处于紧绷状态, 求冷藏设备需设定的温度为多少摄氏度。

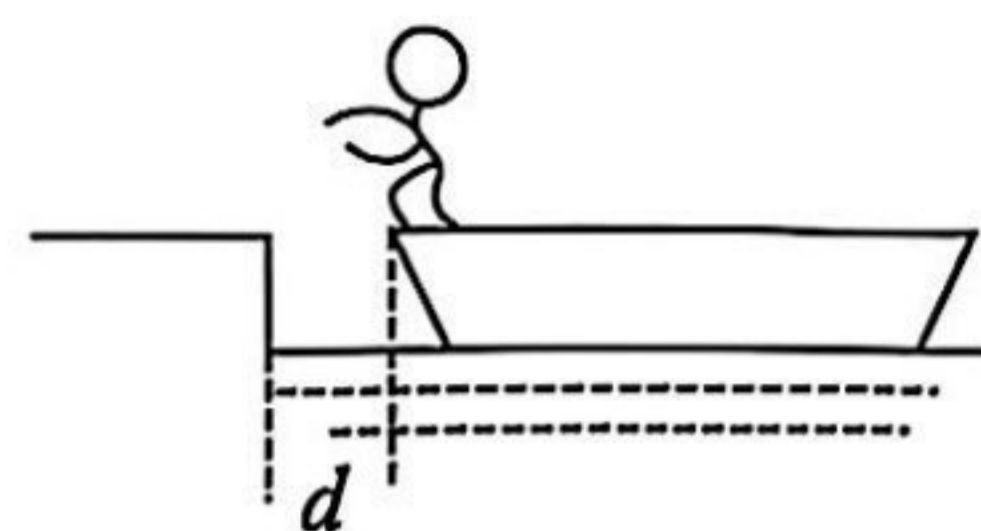


14. (12分) 渔船在靠岸时,不能驶入岸边宽度为  $d=0.5\text{ m}$  的浅水区,渔民需要先将船上的绳套扔到岸上的固定立柱上,拴住船后再从船上跳到岸上。今天渔民忘记带绳套,在船未被拴住的情况下,渔民要从船上跳到岸上。船的质量  $M=100\text{ kg}$ ,渔民的质量  $m=50\text{ kg}$ ,渔船与岸上地面等高,不计水对船的阻力,重力加速度  $g$  取  $10\text{ m/s}^2$ 。求:

(1) 渔民至少应以多大的速度从船上跳出,才能安全落在岸上,以及跳出的速度与水平方向间的夹角;

(2) 渔民至少需要做多少功,才能安全落在岸上。

(结果均可用根号表示)



15. (18分) 如图所示,在  $xOy$  坐标系第二象限内存在沿  $x$  轴负方向的匀强电场,电场强度大小

$E_1 = \frac{eB^2L}{4m}$ ,在第一象限内以  $O_1$  为圆心,  $L$  为半径的圆形区域内存在垂直坐标平面向里、磁

感应强度大小为  $B$  的匀强磁场,圆形磁场区域与  $x$ 、 $y$  轴相切。在第四象限内存在正交的匀强电场和匀强磁场,磁场垂直坐标平面向里、磁感应强度大小为  $B$ ,电场沿  $x$  轴负方向、电场

强度大小  $E_2 = \frac{eB^2L}{m}$ 。  $P$  点坐标为  $(-2L, \frac{2-\sqrt{3}}{2}L)$ 。将一质量为  $m$ ,电荷量为  $-e$  的电子在

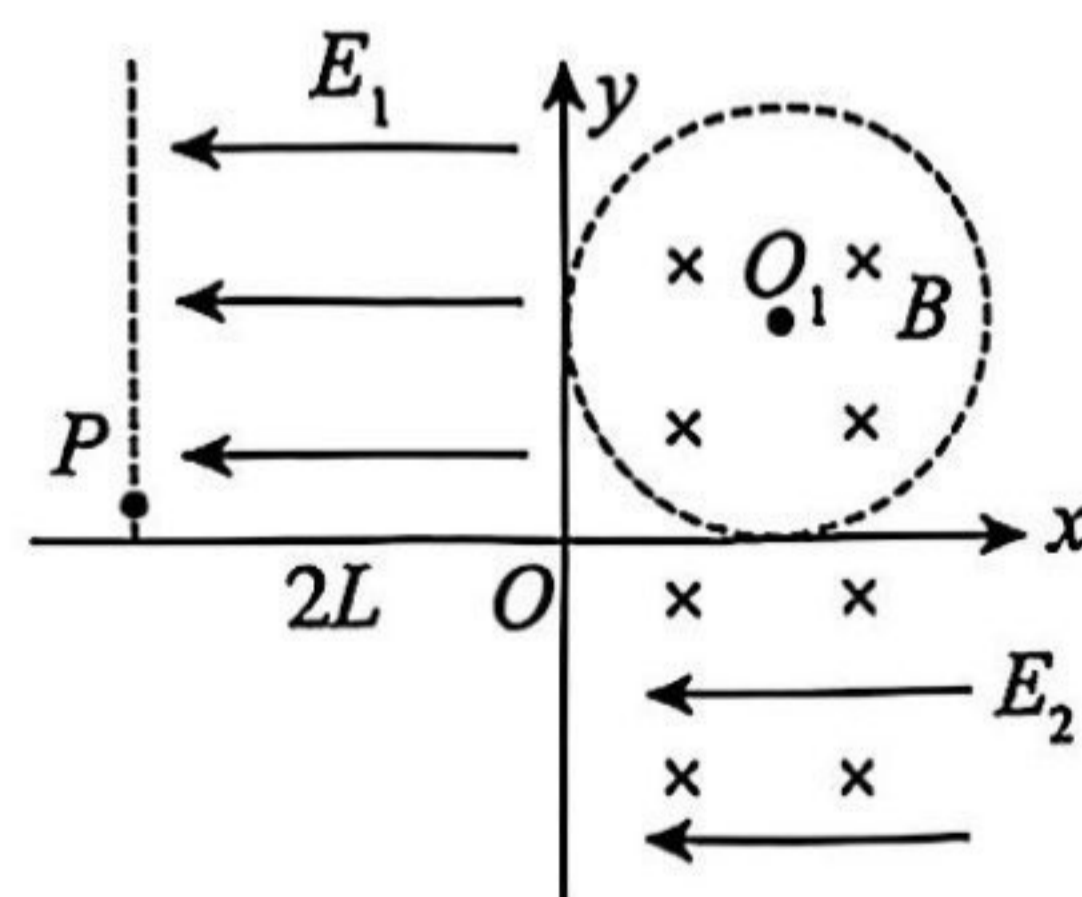
$P$  点无初速度释放,不计电子重力。求:

(1) 电子进入圆形磁场区域时的速度大小  $v_0$ ;

(2) 电子射入第四象限时速度方向与  $x$  轴正方向的夹角及电子在第一、二象限运动的总时间;

(3) 电子在第四象限运动过程中速度的最大值和最小值;

(4) 电子在第四象限运动过程中距离  $y$  轴的最远距离。



# 2024—2025 高三省级联测考试

## 物理参考答案

### 命卷意图

本套物理试卷依托中国高考评价体系,坚持素养立意,落实立德树人根本任务,强化物理观念考查,引导学生夯实学科知识基础,促进学生探索性、创新性思维品质的培养。

试卷注重将知识学习与实践相结合,紧密联系生产生活设计情境,考查学生应用所学的物理知识解决实际问题的能力。第1题以我国首台发射透射电子显微镜为背景,第5题以中国版星链为背景,第2题以新能源汽车刹车测试为背景,第3题以可控硅为背景,第7题以无人机为背景,设置科技类情景;第13题以高原地区的“胀袋”现象为背景,第14题以渔民上岸为背景,设置生活类情境;第4题以劳动为背景,设置劳动情境;第8题以传统文化“水袖”为背景,设置传统文化类情境。结合情境设置恰当的问题,对物质波、开普勒第三定律、匀变速直线运动规律、交流电有效值、电磁振荡、闭合电路欧姆定律、气体实验定律、机械振动与机械波等基本物理观念进行考查,激发学生崇尚科学、探索未知的兴趣,同时强化做中学、用中学,提高学生的物理学科素养。

注重科学思维的考查,结合物理学科特点,通过丰富试题的呈现形式,建构物理模型,开展科学推理和论证,强化对学生思维品质和关键能力的考查,服务拔尖创新人才选拔。第4题对整体法和隔离法进行了考查,第9题、第10题、第14题、第15题对学生的推理能力、分析综合能力、应用数学处理物理问题的能力进行了较为深入的考查。

注重科学探究考查,引导提高学生实验能力。第11题通过力传感器及在滑块上安装滑轮,设置新颖的实验情境,由两倍的绳上的拉力提供滑块加速运动的合外力,对实验探究能力和实验数据的处理能力提出了较高的要求。第12题在对电容器充放电现象设问后,第(2)的解决则需要结合恒定电路的欧姆定律进行求解,通过基于问题情境的多层次设问和问题解决思路的多角度设计,区分考生的物理学科能力发展水平

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

1. D 解析:对电子根据动能定理得  $\frac{1}{2}mv^2 = eU$ , 物质波波长  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ , 电子被加速后的波长  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$ ,

可知为使电子束的波长减小为原来的  $\frac{1}{2}$ , 需使加速电压变为原来的 4 倍, D 正确。

2. A 解析:由匀变速直线运动的速度位移关系公式  $v^2 - v_0^2 = 2ax$  可得  $0 - v_0^2 = 2ax$ , 代入数据解得  $a = \frac{-15^2}{2 \times 18.75} \text{ m/s}^2 = -6 \text{ m/s}^2$ , B 错误。由速度时间公式  $v = v_0 + at$  可得, 汽车的刹车时间  $t_0 = \frac{0 - v_0}{a} =$

2.5 s, A 正确。3 s 时汽车已经刹停, 位移为 18.75 m, C 错误。汽车刹车到停止, 可把汽车运动逆向看做

初速度为零的匀加速直线运动,则由位移时间公式可得,汽车刹车最后 1 s 内的位移大小为  $x_1 = \frac{1}{2}(-a)t_1^2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 1^2 \text{ m} = 3 \text{ m}$ , D 错误。

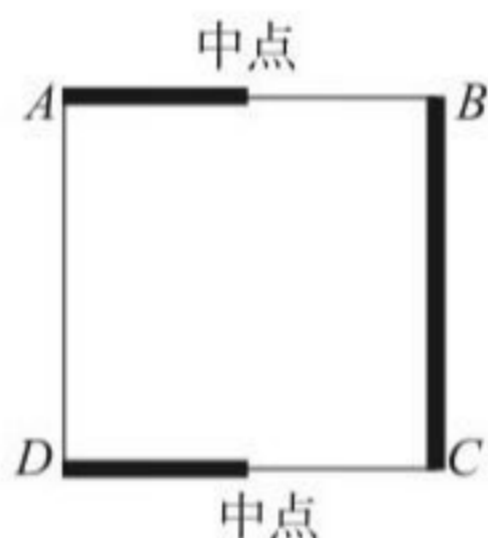
3. B 解析:题图所示的交流电在一个周期内产生的热量为  $Q_1 = \frac{\left(\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \cdot \frac{T}{4} + \frac{\left(\frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \cdot \frac{T}{4}$ , 设该交变

电流的电压有效值为  $U$ , 在一个周期内产生的热量为  $Q_2 = \frac{U^2}{R}T$ , 由  $Q_1 = Q_2$  得  $U = 110\sqrt{2} \text{ V}$ , B 正确。

4. B 解析:先将 12 本书当作整体进行受力分析, 竖直方向受重力、静摩擦力, 有  $2\mu_{\min}F_N = 12mg$ , 再考虑除最外侧两本书之外的整体进行受力分析, 竖直方向受重力、静摩擦力, 设图书之间的动摩擦因数为  $\mu'$ , 有  $2\mu'_{\min}F_N = 10mg$ , 解得  $\frac{\mu'_{\min}}{\mu_{\min}} = \frac{6}{5}$ , B 正确。

5. C 解析:由于地球的自转方向与卫星的绕行方向垂直, 故极地卫星运动的轨道平面不可能始终与某一经线圈一直共面, A 错误。第一宇宙速度是卫星最大的环绕速度, 极地轨道卫星速度小于第一宇宙速度, B 错误。根据题意, 由开普勒第三定律有  $\frac{(R+h_{\text{同}})^3}{T_{\text{同}}^2} = \frac{(R+h')^3}{T'^2}$ , 又有  $T_{\text{同}} = 24 \text{ h}$ , 解得  $h' = 600 \text{ km}$ , C 正确。 $\frac{24 \text{ h}}{T'} = 6\sqrt{6} \approx 14.7$ , 若从经过北极点开始计时, 卫星一天内经过赤道 29 次, D 错误。

6. A 解析:由折射定律得  $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$ , 光线能射出正四棱柱玻璃的临界条件为发生全反射, 有  $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ , 可知  $C = 45^\circ$ 。易知正四棱柱玻璃的横截面  $ABCD$  上点光源发出的光能直接射出的区域分布如图 所示, 长度为  $2a$ , A 正确。



7. A 解析:根据 LC 振荡电路规律, 图示时刻, 电容器正在充电, 电荷量在增大, 电容器两极板电势差增大, 电流减小, B、C 错误。线圈中的自感电动势与电容器两极板间的电势差相等, 可知线圈中的自感电动势在增大, A 正确。A 点电势与电容器上极板电势相等, B 点与电容器下极板电势相等, 可知 B 点电势低于 A 点电势, D 错误。

8. AD 解析:由题意可知  $p$ 、 $q$  两质点平衡位置之间的距离满足  $\Delta x = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2}\right)\lambda = 0.8 \text{ m}$ , 解得  $\lambda = 1.2 \text{ m}$ , 可知周期  $T = \frac{\lambda}{v} = 0.6 \text{ s}$ , A 正确, B 错误。由题意可知  $A = 20 \text{ cm}$ ,  $\varphi = -\frac{1}{6}\pi$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{10\pi}{3}$ , 所以质点  $p$  的振动方程为  $y = A \sin(\omega t + \varphi) = 20 \sin\left(\frac{10\pi}{3}t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ cm}$ , D 正确。将  $t = 0.15 \text{ s}$  代入相位表达式, 得  $\theta = \frac{10\pi}{3}t - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ , 可知质点  $p$  不位于平衡位置, C 错误。

9. BC 解析:易知  $U_{BD} = U_{DF}$ , 则粒子经过 B 点的动能为  $2E_0$ , 设 AD 中点为 G, 则粒子经过 G 点时的动能也为  $2E_0$ , 由几何关系可知 BGC 为等势线, 电场强度方向沿 AD 方向, AD 与 CF 平行, B 正确。匀强电场的电场强度大小为  $E = \frac{U_{AD}}{\sqrt{2}a} = \frac{2E_0}{\sqrt{2}qa} = \frac{\sqrt{2}E_0}{qa}$ , A 错误。圆周的半径  $r = \frac{\sqrt{5}}{2}a$ , 过圆心的电场线与圆周交于



解析:(1)设到达海拔较高的旅游目的地时,包装袋内的压强为  $p_1$

根据玻意耳定律可得  $p_0 V_0 = p_1 \cdot 1.25 V_0$  (2分)

对包装袋分析可得  $0.65 p_0 + p'_1 = p_1$  (2分)

解得  $p'_1 = 1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  (1分)

(2)根据查理定律可得

$$\frac{p_1}{T_0} = \frac{0.65 p_0}{T_m} \quad (2分)$$

易知  $T_0 = 300 \text{ K}$  (1分)

解得  $T_m = 243.75 \text{ K}$  (1分)

故冷藏设备需要设定的最高温度为  $-29.25^\circ\text{C}$  (1分)

14. 答案:(1)  $\sqrt{5} \text{ m/s}$   $45^\circ$  (2)  $\frac{125}{2}\sqrt{6} \text{ J}$

解析:(1)设渔民起跳的速度大小为  $v$ ,方向与水平方向的夹角为  $\theta$ ,根据斜抛运动规律

水平方向上有  $v \cos \theta \cdot t = d$  (1分)

竖直方向上有  $\frac{v \sin \theta}{g} = \frac{t}{2}$  (1分)

解得  $v^2 = \frac{gd}{2 \sin \theta \cos \theta}$  (1分)

$2 \sin \theta \cos \theta = \sin 2\theta$ ,当  $\theta = 45^\circ$ 时 (1分)

$v$  取得最小值  $v_{\min} = \sqrt{gd}$  (1分)

解得  $v_{\min} = \sqrt{5} \text{ m/s}$  (1分)

(2)人跳出时船将后移,系统水平方向动量守恒  $mv \cos \theta = Mv'$  (1分)

根据能量守恒可得渔民做的功为  $W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv'^2$  (1分)

联立得  $W = \frac{125}{4} \cdot \frac{2 + \cos^2 \theta}{\sin \theta \cos \theta} = \frac{125}{4} \cdot \frac{2 \sin^2 \theta + 3 \cos^2 \theta}{\sin \theta \cos \theta} = \frac{125}{4} \left( 2 \tan \theta + \frac{3}{\tan \theta} \right) \text{ J}$  (2分)

当  $2 \tan \theta = \frac{3}{\tan \theta}$ ,即  $\tan \theta = \frac{\sqrt{6}}{2}$ 时 (1分)

$W$  取最小值,代入数值得  $W_{\min} = \frac{125}{2}\sqrt{6} \text{ J}$  (1分)

15. 答案:(1)  $\frac{eBL}{m}$  (2)  $30^\circ$   $\frac{(27+\pi)m}{6eB}$  (3)  $\frac{2eBL}{m}$  0 (4)  $\frac{5L}{2}$

解析:(1)根据牛顿第二定律得  $eE_1 = ma$  (1分)

电子进入圆形磁场区域时的速度  $v_0^2 = 2a \cdot 2L$  (1分)

解得  $v_0 = \frac{eBL}{m}$  (1分)

(如由动能定理求解,同样给分)

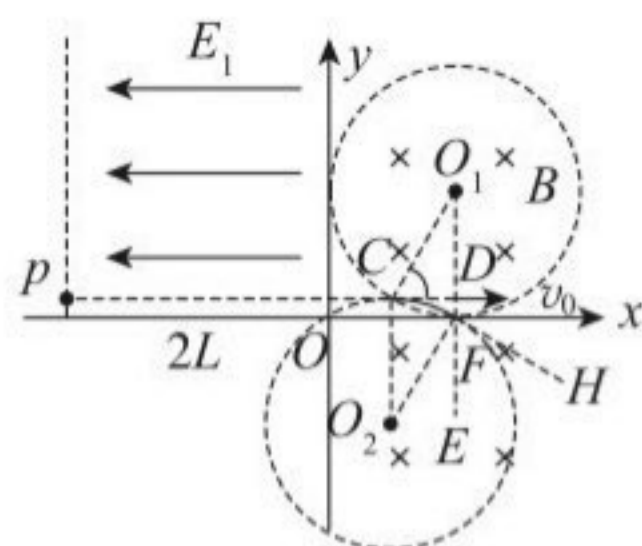
(2)根据洛伦兹力提供向心力有  $ev_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$  (1分)

得  $r = L$ ,作出电子运动轨迹如图(a),由几何关系可知  $O_1 D = \frac{\sqrt{3}}{2}L$ ,  $\sin \angle O_1 CD = \frac{\sqrt{3}}{2}$

得  $\angle O_1 CD = 60^\circ$  (1分)

$FH$  为轨迹在  $F$  点的切线,由几何关系可知  $\angle EFH = \angle O_1 CD = 60^\circ$  (1分)

即电子射入第四象限时速度方向与  $x$  轴正方向夹角为  $30^\circ$  (1分)



图(a)

电子在第二象限运动的时间  $t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4m}{eB}$  (1分)

电子在第一象限无磁场区运动的时间  $t_2 = \frac{L}{2v_0} = \frac{m}{2eB}$  (1分)

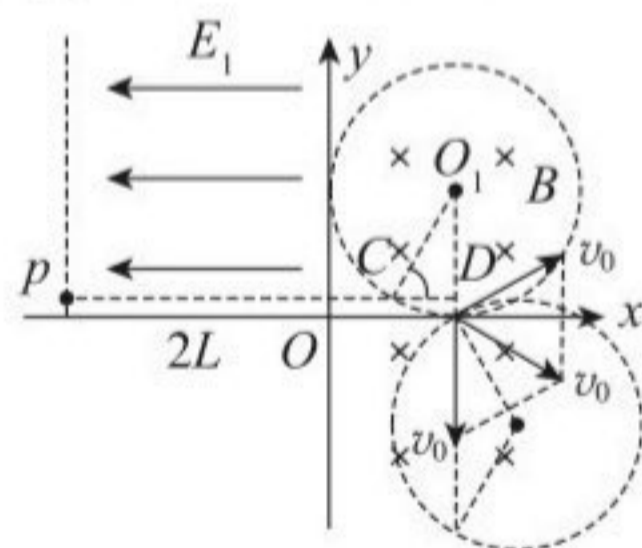
电子在第一象限磁场区运动的时间  $t_3 = \frac{1}{12} \cdot \frac{2\pi m}{eB} = \frac{\pi m}{6eB}$  (1分)

电子在第一、二象限运动的总时间  $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{(27 + \pi)m}{6eB}$  (1分)

(3) 电子射入第四象限时速度方向与 y 轴负方向夹角为  $60^\circ$ , 如图(b), 将速度  $v_0$  分解为沿 y 轴负方向的速度  $v_0$  和与 x 轴正方向夹角为  $30^\circ$  斜向右上方的  $v_0$  (1分)

因为  $E_2 = \frac{eB^2L}{m}$ , 可得  $E_2e = Bev_0$  (1分)

故可知沿 y 轴负方向的速度  $v_0$  产生的洛伦兹力与电场力平衡, 电子同时受到另一方向的洛伦兹力  $Bev_0$  而做匀速圆周运动, 其半径为  $L$ , 故电子一边做半径为  $L$  的顺时针匀速圆周运动, 一边沿 y 轴负方向以速度  $v_0$  做匀速直线运动, 整体上沿 y 轴负方向做旋进运动 (1分)



图(b)

故当圆周运动速度方向沿 y 轴负方向时电子速度最大, 即最大速度为

$$v_{\max} = v_0 + v_0 = 2v_0 = \frac{2eBL}{m} \quad (1分)$$

当圆周运动速度方向沿 y 轴正方向时电子速度最小, 即最小速度为  $v_{\min} = v_0 - v_0 = 0$  (1分)

(4) 当电子做圆周运动到速度方向沿 y 轴负方向时距离 y 轴的距离最远

$$d_{\max} = L + L \sin 30^\circ + L = \frac{5L}{2} \quad (2分)$$