

2024 年江苏省南通市苏北七市高考物理三模试卷

一、单选题：本大题共 11 小题，共 42 分。

1. (4 分) 下列说法正确的是 ()

- A. 研究“天问一号”调整姿态，利用相机拍摄火星表面地貌时，“天问一号”可视为质点
- B. 国产大飞机 C919 商业首飞，航行时间约 2h，航程约 1100km，其中“2h”指的是时刻
- C. “中国天眼”探测到的引力波，传播速度为光速，若频率为 10^{-9}Hz ，则其波长比可见光长
- D. 全球最大实验性核聚变反应堆开始运行，核反应方程为 ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$

2. (4 分) 杭州第 19 届亚运会，在赛艇项目女子轻量级双人双桨决赛中，中国选手邹佳琪和邱秀萍以 7 分 06 秒 78 的成绩斩获本届亚运会首金。下列说法正确的是 ()



- A. 在比赛中，赛艇能加速前进是由于水推桨的力大于桨推水的力
- B. 要研究比赛中运动员的划桨技术技巧，可以将运动员视为质点
- C. 赛艇到达终点后，虽然运动员停止划水，但由于惯性，赛艇仍会继续向前运动
- D. 赛艇比赛全程的平均速度一定等于冲刺终点时瞬时速度的一半

3. (4 分) 如图，一直梯斜靠在竖直光滑墙壁，人站在梯子上，缓慢爬到梯子的顶端，关于此过程，直梯受力情况 ()



- A. 地面对直梯的支持力是由于直梯发生形变产生的
- B. 地面对直梯的作用力始终沿直梯向上
- C. 人站的位置越高，直梯受到地面的摩擦力越大
- D. 竖直墙壁对直梯的作用力保持不变

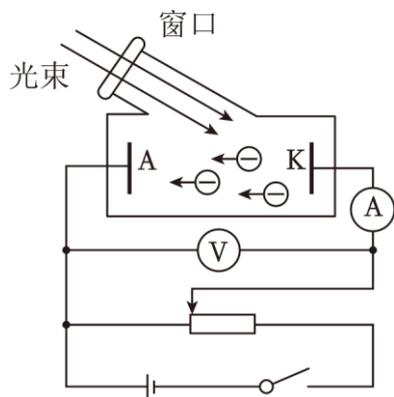
4. (4 分) 2024 年 1 月 17 日，搭载“天舟七号”货运飞船的运载火箭在文昌航天发射场发射。次日凌晨，

“天舟七号”货运飞船成功对接空间站“天和”核心舱，如图所示。对接后，“天舟七号”与空间站组成组合体，运行在离地高度约为 400km 的圆形轨道上，下列说法正确的是（ ）



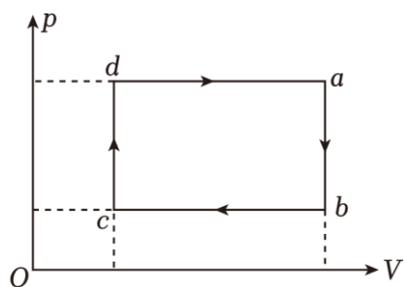
- A. 组合体的角速度小于地球自转的角速度
- B. 组合体的线速度大于地球同步卫星的线速度
- C. 组合体的向心加速度小于地球同步卫星的向心加速度
- D. “天舟七号”携带的一未开封货物，在发射前与对接后的重力相等

5. (4分) 如图所示，是研究光电效应的电路图。实验时，入射光频率大于阴极 K 金属材料的截止频率。当滑动变阻器的滑片从最左端逐渐滑到最右端过程中，关于光电流 I 与光电管两端电压 U 的关系可能正确的是（ ）



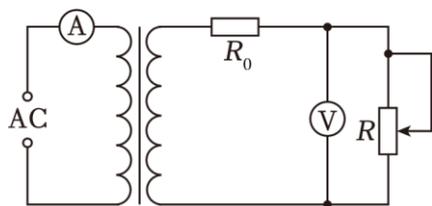
- A.
- B.
- C.
- D.

6. (4分) 如图所示，一定质量的理想气体从状态 a 依次经过状态 b、c 和 d 后再回到状态 a，则（ ）



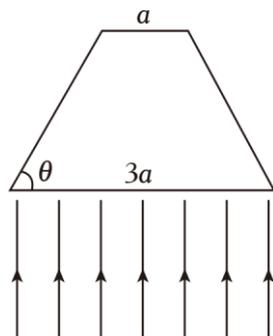
- A. a 到 b 过程，气体内能增大
- B. b 到 c 过程，气体对外界做功
- C. c 到 d 过程，气体吸收热量
- D. 经过一次循环过程，外界对气体做功

7. (4 分) 街头变压器通过降压给用户供电的示意图如图。输出电压通过输电线输送给用户，输电线总电阻为 R_0 ，变阻器 R 代表用户用电器的总电阻。若变压器视为理想变压器，且输入电压保持不变，理想电流表的示数为 I ，理想电压表的示数为 U ，当滑片下移（相当于用户的用电器增加）时（ ）



- A. I 减小
- B. U 减小
- C. R_0 消耗的功率减小
- D. 变压器输入功率减小

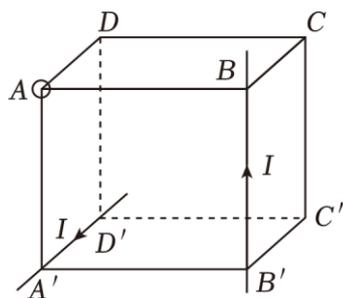
8. (4 分) 如图所示，玻璃砖的横截面为等腰梯形，梯形上底边长为 a ，下底边长为 $3a$ ，底角为 $\theta=60^\circ$ 。一束折射率为 $\sqrt{2}$ 的足够强的单色光垂直射向玻璃砖的整个下底面，对于分别从上底面、两侧面、下底面射出的单色光，其在下底面入射时的面积之比为（ ）



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

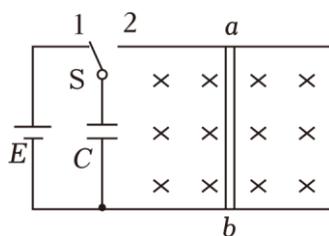
9. (4 分) 如图所示，两通电长直导线沿正方体的 $A'D'$ 边和 BB' 边放置，通过大小相等、方向如图中所示的恒定电流。一闭合圆形金属小线圈，初始位置圆心在 A 点，可沿不同方向以相同速率做匀速直线运动，运动过程中小线圈平面始终与 $AA'B'B$ 平面平行。沿 AD 方向观察，不考虑地磁场影响，

下列说法正确的是（ ）



- A. C 和 D 两点的磁感应强度相同
- B. C' 点的磁感应强度方向由 D 点指向 C' 点
- C. 圆形小线圈由 A 点向 A' 点移动时能产生顺时针方向的感应电流
- D. 圆形小线圈由 A 点向 D 点移动时能产生逆时针方向的感应电流

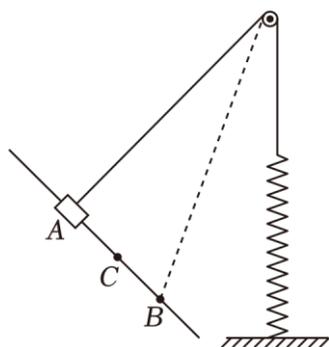
10. (4分) 如图所示，匀强磁场中水平放置两足够长的光滑平行金属导轨，导轨的左侧连接电池 E 和电容器 C，单刀双掷开关 S 接 1，金属棒 ab 在导轨上处于静止状态。在 t_0 时刻 S 接 2，金属棒 ab 在导轨上向右运动过程中棒始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触，不计导轨电阻。则金属棒两端电压 U_{ab} 、速度 v 、电容器所带电荷量 q 、回路中电流强度 i 随时间 t 变化的关系图像可能正确的是（ ）



- A.
- B.
- C.
- D.

11. (4分) 如图所示，在竖直面内，倾斜长杆上套一小物块，跨过轻质定滑轮的细线一端与物块连接，另一端与固定在水平面上的竖直轻弹簧连接。使物块位于 A 点时，细线自然拉直且垂直于长杆，弹簧处于原长。现将物块由 A 点静止释放，物块沿杆运动的最低点为 B，C 是 AB 的中点。弹簧始终在弹性限

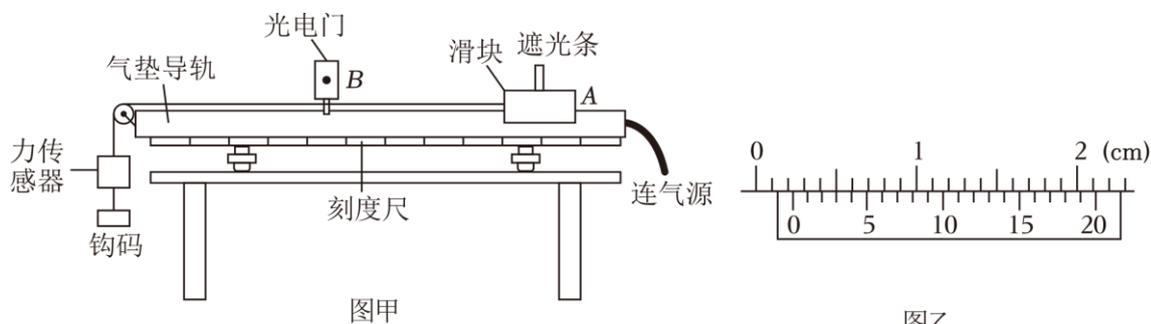
度内，不计一切阻力，则（ ）



- A. A 到 B 过程物块运动的加速度先增大后减小
- B. A 到 C 过程重力对物块做的功小于 C 到 B 过程重力对物块做的功
- C. A 到 C 过程物块所受合力做的功大于 C 到 B 过程物块克服合力做的功
- D. 物块下滑过程中，弹簧的弹性势能在 A 到 C 过程的增量小于 C 到 B 过程的增量

二、实验题：本大题共 1 小题，共 15 分。

12. (15 分) 如图甲所示是某同学探究加速度与力的关系、验证机械能守恒定律的实验装置。他在气垫导轨上安装了一个光电门 B，滑块上固定一遮光条，测量在 A 处的遮光条到光电门 B 的距离 x ，滑块用细线绕过气垫导轨左端的定滑轮与力传感器相连，传感器下方悬挂钩码。开动气泵，调节气垫导轨，每次滑块都从 A 处由静止释放。



(1) 该同学用游标卡尺测量遮光条的宽度 d ，如图乙所示，则 $d =$ _____ mm。

(2) 开动气泵后，将滑块从 A 处由静止释放，由数字计时器读出遮光条通过光电门 B 的时间 t ，则滑块的加速度大小是 _____ (各物理量均用字母表示)。

(3) 探究加速度与力的关系，下列不必要的一项实验要求是 _____。(请填写选项前对应字母)

- A. 应使滑块质量远大于钩码和力传感器的总质量
- B. 应使 A 位置与光电门间的距离适当大些
- C. 应将气垫导轨调节水平
- D. 应使细线与气垫导轨平行

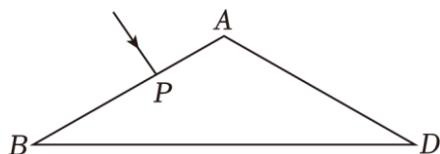
(4) 改变钩码质量, 测出对应的力传感器的示数 F 和遮光条通过光电门的时间 t , 分别求出滑块对应的加速度 a , 通过描点作出 $a - F$ 图像, 研究滑块的加速度 a 与力 F 的关系, 所作图线的特点是 _____。

(5) 在如图甲所示的装置中撤去力传感器, 将钩码直接与定滑轮下的细线相连, 开动气泵后, 仍将滑块从 A 处由静止释放, 由数字计时器读出遮光条通过光电门 B 的时间 t' , 已知钩码质量为 m 、滑块和遮光条的总质量为 M , 重力加速度为 g , 则验证 m 与 M 组成的系统机械能守恒定律的表达式为 _____。

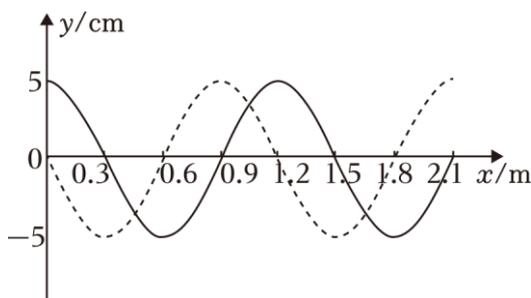
三、计算题: 本大题共 4 小题, 共 41 分。

13. (10 分) 如图所示, 等腰三棱镜 ABD , 顶角 $\angle A = 120^\circ$, BD 的长度为 12cm , 一束光从某点 P 垂直于 AB 边界射入三棱镜, 恰好在 BD 边界上发生全反射, 再直接经过 AD 边界射出三棱镜。已知真空中的光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$, 不考虑光在 AD 边界的反射。求:

- (1) 三棱镜折射率 n ;
- (2) 从 AD 边界射出的光在三棱镜中的传播速度 v 和时间 t 。



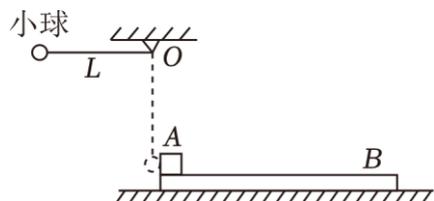
14. (10 分) 如图所示, 实线和虚线分别是沿 $-x$ 轴方向传播的一列简谐横波在 $t_1 = 0$ 和 $t_2 = 0.6\text{s}$ 时刻的波形图, 波的周期满足 $0.6\text{s} > T > 0.4\text{s}$, 求该波的周期和波速 v 。



15. (10 分) 如图所示, 木板 B 静止于光滑水平面上, 物块 A 放在 B 的左端, A 、 B 质量均为 $M = 3\text{kg}$, 另一质量 $m = 1\text{kg}$ 的小球用长 $L = 0.8\text{m}$ 的轻绳悬挂在固定点 O 。锁定木板 B , 将小球向左拉至轻绳呈水平状态并由静止释放小球, 小球在最低点与 A 发生弹性正碰, 碰撞时间极短, 碰后 A 在 B 上滑动, 恰好未从 B 的右端滑出。已知 A 、 B 间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$, 物块与小球可视为质点, 不计空气阻力, 取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

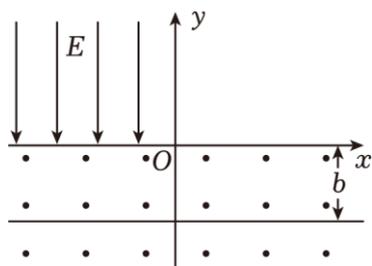
- (1) 求小球与 A 碰撞前瞬间绳中的拉力大小 F ;
- (2) 求木板 B 的长度 d ;

(3) 若解除 B 的锁定，仍将小球拉到原处静止释放，在小球与 A 碰撞结束后对 B 施加一个水平方向的恒力 F，使得 A 不滑离 B，求恒力 F 的可能值。



16. (11 分) 如图所示，为研究带电粒子在电磁场中的运动情况，在纸面内建立 xOy 坐标系。在第二象限存在沿 y 轴负方向、场强大小为 E 的匀强电场。在该电场区域内存在一连续分布的曲线状离子源，它们可沿 x 轴正方向持续发射质量均为 m 、电荷量均为 $+q$ 、速度大小均为 v 的离子，且离子源纵坐标的区间为 $[0, \frac{3mv^2}{2qE}]$ 。在 x 轴的下方存在方向垂直纸面向外的匀强磁场，在该磁场区域内有一足够长的探测板平行 x 轴放置，它与 x 轴的距离 b 可调。已知所有离子均能经过坐标原点 O 并射入磁场区域，速度大小为 v 的离子在磁场中做圆周运动的半径为 R ，不计离子重力及离子间相互作用力。

- (1) 求纵坐标为 $\frac{3mv^2}{2qE}$ 处的离子源发射的离子进入 O 点时的速度大小 v' ；
- (2) 求离子源所在曲线的轨迹方程；
- (3) 若 $b=R$ ，求离子打在探测板上的区域长度 s ；
- (4) 若离子源发射的离子按 y 坐标均匀分布，求探测板的收集率 η 与 b 的函数关系（关系式中字母仅含 R 、 b ）。



2024 年江苏省南通市苏北七市高考物理三模试卷

参考答案与试题解析

一、单选题：本大题共 11 小题，共 42 分。

1.（4 分）下列说法正确的是（ ）

- A. 研究“天问一号”调整姿态，利用相机拍摄火星表面地貌时，“天问一号”可视为质点
- B. 国产大飞机 C919 商业首飞，航行时间约 2h，航程约 1100km，其中“2h”指的是时刻
- C. “中国天眼”探测到的引力波，传播速度为光速，若频率为 10^{-9}Hz ，则其波长比可见光长
- D. 全球最大实验性核聚变反应堆开始运行，核反应方程为 ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$

【答案】C

【分析】A.根据质点的概念进行具体分析判断；

B.根据时间和时刻的概念进行辨别；

C.根据波长和波速的关系判断波长，再和可见光的波长进行对比分析；

D.根据聚变反应和裂变反应的区别进行判断。

【解答】解：A.由于研究“天问一号”运行姿态，这个时候是不能把物体当作质点的，如果把它看成质点就无法研究姿态，故 A 错误；

B.这里的“2h”指的是运行时间，不是时刻，故 B 错误；

C.天眼的波长概率为厘米波，其波长远大于可见光，故 C 正确；

D.该核反应方程为核裂变反应方程，不是核聚变反应，故 D 错误。

故选：C。

2.（4 分）杭州第 19 届亚运会，在赛艇项目女子轻量级双人双桨决赛中，中国选手邹佳琪和邱秀萍以 7 分 06 秒 78 的成绩斩获本届亚运会首金。下列说法正确的是（ ）



- A. 在比赛中，赛艇能加速前进是由于水推桨的力大于桨推水的力
- B. 要研究比赛中运动员的划桨技术技巧，可以将运动员视为质点

- C. 赛艇到达终点后，虽然运动员停止划水，但由于惯性，赛艇仍会继续向前运动
- D. 赛艇比赛全程的平均速度一定等于冲刺终点时瞬时速度的一半

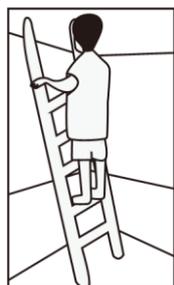
【答案】 C

【分析】 根据作用力与反作用力判断；根据看作质点的条件判断；根据惯性判断；根据平均速度判断。

- 【解答】**解：A. 水推浆的力和浆推水的力是一对作用力与反作用力，大小相等，方向相反，故 A 错误；
- B. 要研究比赛中运动员的划桨技术技巧，运动员的大小和形状对问题研究的影响不能忽略，不能将运动员视为质点，故 B 错误；
- C. 赛艇到达终点后，虽然运动员停止划水，但由于惯性，赛艇仍会继续向前运动，故 C 正确；
- D. 比赛过程，赛艇的运动不一定是初速度为零的匀加速直线运动，故赛艇比赛全程的平均速度不一定等于冲刺终点时瞬时速度的一半，故 D 错误。

故选：C。

- 3.（4分）如图，一直梯斜靠在竖直光滑墙壁，人站在梯子上，缓慢爬到梯子的顶端，关于此过程，直梯受力情况（ ）



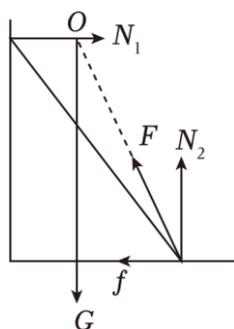
- A. 地面对直梯的支持力是由于直梯发生形变产生的
- B. 地面对直梯的作用力始终沿直梯向上
- C. 人站的位置越高，直梯受到地面的摩擦力越大
- D. 竖直墙壁对直梯的作用力保持不变

【答案】 C

【分析】 支持力是一种弹力，是由发生弹性形变的物体产生的。分析直梯的受力情况，根据力的合成法分析地面对直梯的作用力方向。对人和梯子整体受力分析，作出受力示意图，根据平衡条件分析直梯受到地面的摩擦力和墙壁对直梯的作用力变化情况。

- 【解答】**解：A、地面对直梯的支持力是由于地面发生形变而产生的，故 A 错误；
- B、地面对直梯的作用力是地面对直梯的支持力和摩擦力的合力，地面对直梯的支持力垂直地面向上，而地面对直梯的静摩擦力平行地面向左，根据力的合成可知，地面对直梯的作用力斜向左上方，故 B 错误；

CD、对人和梯子组成的整体受力分析如图所示。



整体受重力 G 、竖直墙壁的支持力 N_1 、地面的支持力 N_2 和地面的摩擦力 f ，图中 F 为 N_2 与 f 的合力。

根据共点力平衡条件可知， F 、 G 和 N_1 三力平衡，三个力的延长线交于一点 O ，人站在梯子上，缓慢爬到梯子的顶端的过程中，梯子和人整体的重心大致向左上移动，则三力交汇点 O 水平向左平移，则知 F 与竖直方向的夹角增大，设该夹角为 θ ，而 F 在竖直方向的分量 N_2 始终与重力 G 平衡，即始终有

$$F\cos\theta = N_2 = G$$

显然， F 与竖直方向的夹角增大，力 F 必然增大，而力 F 的水平分量 $F\sin\theta = f$

则可知地面对直梯的摩擦力增大，而水平方向始终有 $f = N_1$

由上分析可知，人站的位置越高，直梯受到地面的摩擦力越大，竖直墙壁对直梯的作用力越大，故 C 正确，D 错误。

故选：C。

4. (4分) 2024年1月17日，搭载“天舟七号”货运飞船的运载火箭在文昌航天发射场发射。次日凌晨，“天舟七号”货运飞船成功对接空间站“天和”核心舱，如图所示。对接后，“天舟七号”与空间站组成组合体，运行在离地高度约为400km的圆形轨道上，下列说法正确的是（ ）



- A. 组合体的角速度小于地球自转的角速度
- B. 组合体的线速度大于地球同步卫星的线速度
- C. 组合体的向心加速度小于地球同步卫星的向心加速度
- D. “天舟七号”携带的一未开封货物，在发射前与对接后的重力相等

【答案】B

【分析】地球同步卫星的轨道半径大于组合体的轨道半径，根据由万有引力提供向心力得到角速度、线

速度表达式进行分析；根据牛顿第二定律分析向心加速度大小；根据万有引力大小分析重力的大小。

【解答】解：A、地球同步卫星距离地面的高度大约是 36000km，其角速度等于地球自转的角速度。卫星绕地球做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力有： $\frac{GMm}{r^2}=m\omega^2 r$ ，解得： $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，所以组合体的

角速度大于地球同步卫星的角速度，即大于地球自转的角速度，故 A 错误；

B、卫星绕地球做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力有： $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ ，解得： $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，所以组合

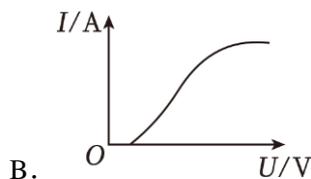
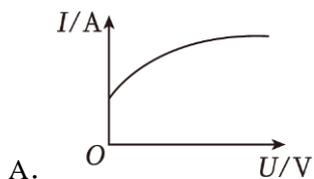
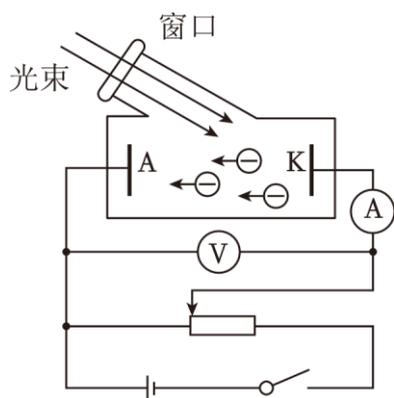
体的线速度大于地球同步卫星的线速度，故 B 正确；

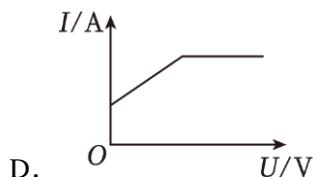
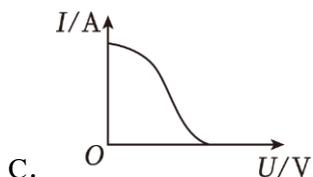
C、根据牛顿第二定律可得 $\frac{GMm}{r^2}=ma$ ，解得 $a=\frac{GM}{r^2}$ ，所以组合体的向心加速度大于地球同步卫星的向心加速度，故 C 错误；

D、根据万有引力可得： $F=\frac{GMm}{r^2}$ ，“天舟七号”携带的一未开封货物，在发射前受到的地球引力大于对接后受到的引力，所以“天舟七号”携带的一未开封货物，在发射前的重力大于对接后的重力，故 D 错误。

故选：B。

- 5.（4分）如图所示，是研究光电效应的电路图。实验时，入射光频率大于阴极 K 金属材料的截止频率。当滑动变阻器的滑片从最左端逐渐滑到最右端过程中，关于光电流 I 与光电管两端电压 U 的关系可能正确的是（ ）





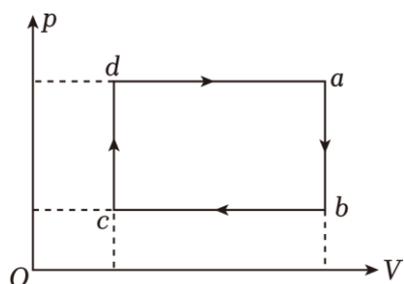
【答案】A

【分析】根据光电效应的条件结合电场力做功分析。

【解答】解：由于入射光频率大于金属的截止频率，滑动变阻器的滑片在最左端时光电管两端电压为零，由于存在光电流，所以电流表中的示数不为零，随着滑动片从最左端向右慢慢滑动过程中，滑动片 P 左端的电阻变大，电压表的示数变大，正向电压变大，则光电流也逐渐增大，当电流达到饱和值后，即使光电管两端电压再增加，光电流也不再增大，故 A 正确，BCD 错误。

故选：A。

6.（4分）如图所示，一定质量的理想气体从状态 a 依次经过状态 b、c 和 d 后再回到状态 a，则（ ）



- A. a 到 b 过程，气体内能增大
- B. b 到 c 过程，气体对外界做功
- C. c 到 d 过程，气体吸收热量
- D. 经过一次循环过程，外界对气体做功

【答案】C

【分析】a 到 b 过程、c 到 d 过程，为等容变化，由理想气体状态方程判断温度变化，再分析内能变化；体积减小，外界对气体做功，等容变化，气体对外界不做功；

由 $W=pV$ ，分析气体对外界做功。

【解答】解：A. a 到 b 过程，为等容变化，气体对外界不做功，由理想气体状态方程 $\frac{p_a}{p_b} = \frac{T_a}{T_b}$

可得 $T_a > T_b$

则气体内能减少，故 A 错误；

B. b 到 c 过程，体积减小，外界对气体做功，故 B 错误；

C. c 到 d 过程，为等容变化，气体对外界不做功，由理想气体状态方程 $\frac{p_c}{p_d} = \frac{T_c}{T_d}$

可得 $T_d > T_c$

则气体内能增加，根据热力学第一定律可知，气体吸收热量，故 C 正确；

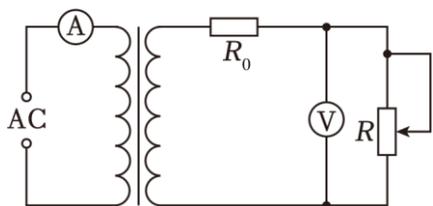
D. 由

$W = pV$ ， $p - V$ 图像面积代表做功

可知，经过一次循环过程，由 d 到 a 气体对外做功大于由 b 到 c 外界对气体做功，故一个循环过程后，气体对外界做功，故 D 错误。

故选：C。

7. (4 分) 街头变压器通过降压给用户供电的示意图如图。输出电压通过输电线输送给用户，输电线总电阻为 R_0 ，变阻器 R 代表用户用电器的总电阻。若变压器视为理想变压器，且输入电压保持不变，理想电流表的示数为 I ，理想电压表的示数为 U ，当滑片下移（相当于用户的用电器增加）时（ ）



- A. I 减小
B. U 减小
C. R_0 消耗的功率减小
D. 变压器输入功率减小

【答案】 B

【分析】 滑片下移，电阻减小，根据欧姆定律判断电流的变化，根据理想变压器原副线圈电流比等于匝数反比判断电流表示数的变化；根据串并联规律判断电压表示数的变化；根据 $P = I_2^2 R_0$ 判断电阻消耗的功率变化；根据 $P_{\text{输入}} = U_1 I_1$ 判断输入功率的变化。

【解答】 解：A、当滑片下移时，变压器输出电路的总电阻减小，根据欧姆定律得： $I_2 = \frac{U_2}{R_0 + R}$

则副线圈电流增大，理想变压器原副线圈电流比等于匝数反比，有： $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$

则理想电流表的示数增大，故 A 错误；

B、根据串并联规律得： $U_2 = I_2 R_0 + U$

U_2 不变，电流 I_2 增大，则理想电压表的示数 U 减小，故 B 正确；

C、根据 $P = I_2^2 R_0$

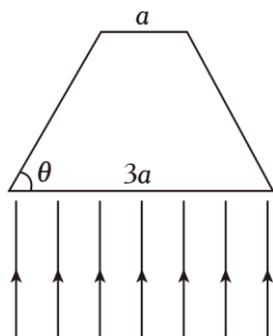
可知 R_0 消耗的功率增大，故 C 错误；

D、变压器输入功率为 $P_{\text{输入}} = U_1 I_1$

输入电压不变，则输入功率增大，故 D 错误。

故选：B。

8. (4分) 如图所示，玻璃砖的横截面为等腰梯形，梯形上底边长为 a ，下底边长为 $3a$ ，底角为 $\theta = 60^\circ$ 。一束折射率为 $\sqrt{2}$ 的足够强的单色光垂直射向玻璃砖的整个下底面，对于分别从上底面、两侧面、下底面射出的单色光，其在下底面入射时的面积之比为 ()



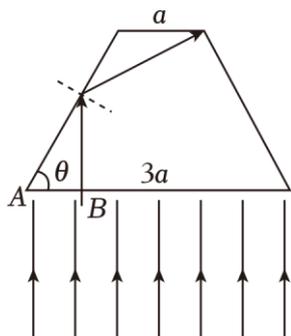
- A. 1: 1: 1 B. 1: 1: 3 C. 1: 2: 2 D. 1: 2: 3

【答案】 B

【分析】 先根据临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 求出临界角 C 的大小，由题意作出光路图，根据几何知识求出光在棱镜中发生全反射的临界位置，再由几何关系求出从下底面射出的光的长度。

【解答】 解：根据全反射临界角公式有 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ，可得临界角为 $C = 45^\circ$

根据几何关系可知，光射到侧面时入射角为 60° ，大于临界角，则射到侧面的光会发生全反射，反射光射到侧面时垂直射出侧面，如图所示。

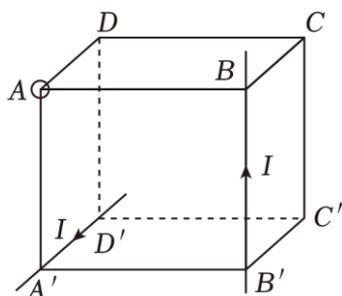


根据几何关系可知： $AB = \frac{1}{2} a$

根据对称性可知从侧面射出的光线对应的下底面入射时的边长为 a ；在光线到达上底面时，与上底面垂直，可直接射出，对应的下底面入射时的边长为 a ；下底面的光会发生反射，对应的下底面入射时的边长为 $3a$ ，结合几何知识可知，在下底面入射时的面积之比为 1: 1: 3，故 ACD 错误，B 正确。

故选：B。

9. (4分) 如图所示，两通电长直导线沿正方体的 $A'D'$ 边和 BB' 边放置，通过大小相等、方向如图中所示的恒定电流。一闭合圆形金属小线圈，初始位置圆心在 A 点，可沿不同方向以相同速率做匀速直线运动，运动过程中小线圈平面始终与 $AA'B'B$ 平面平行。沿 AD 方向观察，不考虑地磁场影响，下列说法正确的是 ()

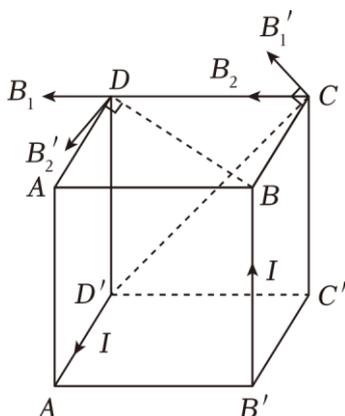


- A. C 和 D 两点的磁感应强度相同
- B. C' 点的磁感应强度方向由 D 点指向 C' 点
- C. 圆形小线圈由 A 点向 A' 点移动时能产生顺时针方向的感应电流
- D. 圆形小线圈由 A 点向 D 点移动时能产生逆时针方向的感应电流

【答案】 D

【分析】 根据安培定则判断电流产生的磁场的方向，用平行四边形定则进行合成；根据楞次定律判断感应电流的方向。

【解答】 解：A. 设 $A'D'$ 边导线在 C 点与 D 点产生的磁感应强度分别为 B_1 、 B_1' 和 BB' 边导线在 C 点与 D 点产生的磁感应强度分别为 B_2 、 B_2' ，根据右手螺旋定则，在 C 和 D 两点产生的磁场方向如图所示



根据矢量的合成，知 C 和 D 两点的合磁场大小相等，方向不同，故 A 错误；

B. 根据右手螺旋定则，知 $A'D'$ 边导线在 C' 点产生的磁场方向由 $C' \rightarrow C$ ， BB' 边导线在 C' 点产生的磁场方向由 $C' \rightarrow D'$ ，根据矢量的合成，得 C' 点的磁感应强度方向由 C' 点指向 D 点，故 B

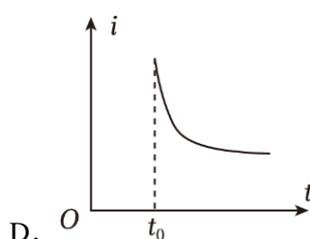
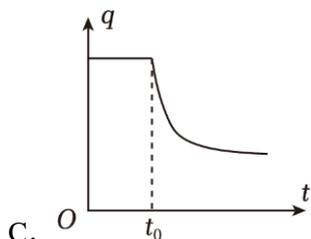
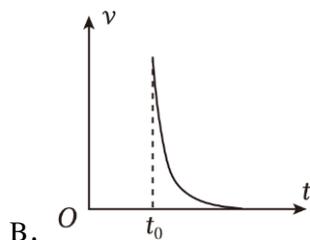
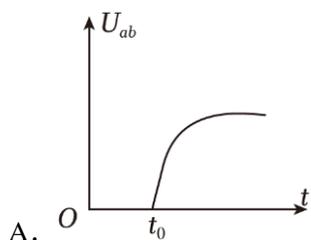
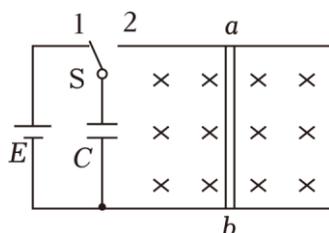
错误；

C. 根据安培定则，电流 AD' 产生的磁场与小线圈平行，则穿过小线圈的磁通量为零；电流 $B'B$ 产生的磁场与小线圈垂直，圆形小线圈由 A 点向 A' 点移动时，小线圈到电流 $B'B$ 的距离不变，又因为小线圈平面始终与 $AA'B'B$ 平面平行，故磁通量不变，无感应电流产生，故 C 错误；

D. 结合 C 的分析，当圆形小线圈由 A 点向 D 点移动时，小线圈到电流 $B'B$ 的距离增大，所以穿过小线圈的磁通量减小，根据楞次定律得感应电流磁场方向垂直纸面向外，产生逆时针方向的感应电流，故 D 正确。

故选：D。

10. (4分) 如图所示，匀强磁场中水平放置两足够长的光滑平行金属导轨，导轨的左侧连接电池 E 和电容器 C，单刀双掷开关 S 接 1，金属棒 ab 在导轨上处于静止状态。在 t_0 时刻 S 接 2，金属棒 ab 在导轨上向右运动过程中棒始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触，不计导轨电阻。则金属棒两端电压 U_{ab} 、速度 v 、电容器所带电荷量 q 、回路中电流强度 i 随时间 t 变化的关系图像可能正确的是 ()



【答案】C

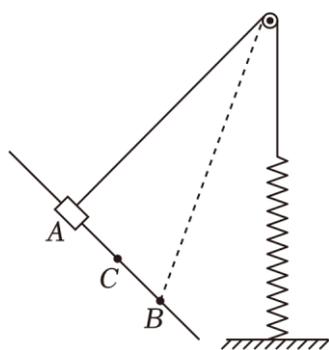
【分析】 开关接到 2 时，电容器将形成由 a 到 b 的放电电流，金属棒向右运动，切割磁感线，金属棒运动时将形成与原电流相反的感应电流，当二者相等时，导体棒匀速运动；

【解答】 解：电容器充电完毕后，开关打在 2 处时，处于放电状态，有流过导体棒从 a 到 b 的电流，在安培力作用下导体棒向右运动，在金属棒运动过程中，由于切割磁感线也将产生电动势，该电动势方向和电容器电压相反，故电路中电流是变化的，当金属棒的感应电动势和电容器电压相等时，金属棒匀速

运动，电容器充完电带电量为 $Q=CE$ ，故金属棒先做加速度逐渐减小的加速运动，最后匀速运动，回路中电流为 0，电容器两个极板之间有电势差，仍带有一定的电荷量，开始的时候 ab 的电压等于 E ， t_0 时候切割电动势为零，金属棒电压等于电容器电压 E ，速度增大，切割电动势增大，电路电流减小， ab 电压降低，最终为零，故 C 正确，ABD 错误。

故选：C。

11. (4 分) 如图所示，在竖直面内，倾斜长杆上套一小物块，跨过轻质定滑轮的细线一端与物块连接，另一端与固定在水平面上的竖直轻弹簧连接。使物块位于 A 点时，细线自然拉直且垂直于长杆，弹簧处于原长。现将物块由 A 点静止释放，物块沿杆运动的最低点为 B，C 是 AB 的中点。弹簧始终在弹性限度内，不计一切阻力，则 ()



- A. A 到 B 过程物块运动的加速度先增大后减小
- B. A 到 C 过程重力对物块做的功小于 C 到 B 过程重力对物块做的功
- C. A 到 C 过程物块所受合力做的功大于 C 到 B 过程物块克服合力做的功
- D. 物块下滑过程中，弹簧的弹性势能在 A 到 C 过程的增量小于 C 到 B 过程的增量

【答案】 D

- 【分析】** A: 分析可知物块的运动性质，即先做加速度减小的加速运动，后做加速度增大的减速运动；
 B: 根据重力做功的特点判断；
 C: 根据动能定理判断；
 D: 根据能量守恒定律判断。

【解答】 解: A. 依题意，可知物块从 A 运动到 B，先加速后减速，到 B 点速度为零，细绳上拉力不断变大，物块加速度先减小后反向增大，故 A 错误；
 B. 重力做功与路径无关，物块从 A 到 C 和 C 到 B 下降距离相等，因此 A 到 C 过程和 C 到 B 过程重力对物块做的功相等，故 B 错误；
 C. 由题意可知，物块在 A 点和 B 点的速度都为零，根据动能定理可知，物块从 A 到 C，合力做的功等于动能的增量；物块从 C 到 B，克服合力做功等于动能的减少量，故两个过程物块动能的变化量相等，

即以 A 到 C 过程物块所受合力做的功等于 C 到 B 过程物块克服合力做的功，故 C 错误；

D. 结合选项 B 和 C，已知物块在 A 和 B 动能为零，物块从 A 到 C 和 C 到 B 减少的重力势能相同，根据能量守恒定律可知，物块从 A 到 C 减少的重力势能等于物块增加的动能与弹簧增加的弹性势能之和，即

$$\Delta E_{P1} = \Delta E_P - \Delta E_k$$

物块从 C 到 B 减少的重力势能和动能等于弹簧增加的弹性势能，即

$$\Delta E_{P2} = \Delta E_P + \Delta E_k$$

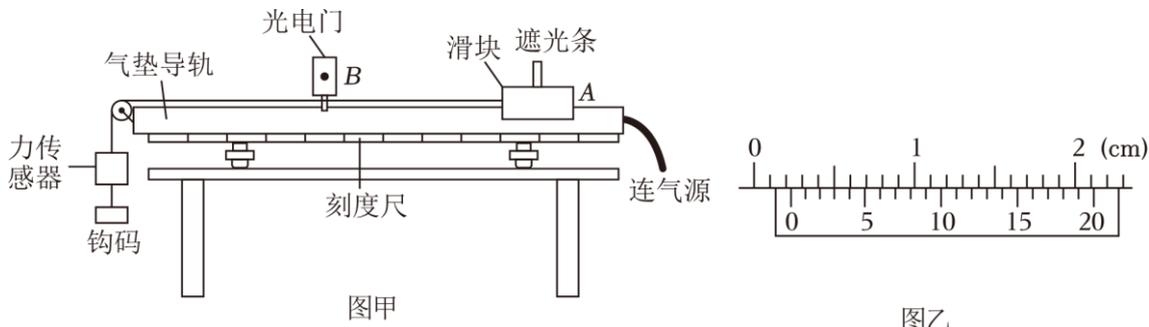
由以上两式可知

$$\Delta E_{P1} < \Delta E_{P2}, \text{ 故 D 正确。}$$

故选：D。

二、实验题：本大题共 1 小题，共 15 分。

12. (15 分) 如图甲所示是某同学探究加速度与力的关系、验证机械能守恒定律的实验装置。他在气垫导轨上安装了一个光电门 B，滑块上固定一遮光条，测量在 A 处的遮光条到光电门 B 的距离 x，滑块用细线绕过气垫导轨左端的定滑轮与力传感器相连，传感器下方悬挂钩码。开动气泵，调节气垫导轨，每次滑块都从 A 处由静止释放。



(1) 该同学用游标卡尺测量遮光条的宽度 d ，如图乙所示，则 $d = \underline{2.15}$ mm。

(2) 开动气泵后，将滑块从 A 处由静止释放，由数字计时器读出遮光条通过光电门 B 的时间 t ，则滑块的加速度大小是 $\underline{\frac{d^2}{2xt^2}}$ (各物理量均用字母表示)。

(3) 探究加速度与力的关系，下列不必要的一项实验要求是 A。(请填写选项前对应字母)

- A. 应使滑块质量远大于钩码和力传感器的总质量
- B. 应使 A 位置与光电门间的距离适当大些
- C. 应将气垫导轨调节水平
- D. 应使细线与气垫导轨平行

(4) 改变钩码质量，测出对应的力传感器的示数 F 和遮光条通过光电门的时间 t ，分别求出滑块对应的加速度 a ，通过描点作出 $a - F$ 图像，研究滑块的加速度 a 与力 F 的关系，所作图线的特点是 通过坐标原点的一条倾斜直线。

(5) 在如图甲所示的装置中撤去力传感器，将钩码直接与定滑轮下的细线相连，开动气泵后，仍将滑块从 A 处由静止释放，由数字计时器读出遮光条通过光电门 B 的时间 t' ，已知钩码质量为 m 、滑块和遮光条的总质量为 M ，重力加速度为 g ，则验证 m 与 M 组成的系统机械能守恒定律的表达式为

$$\frac{(m+M)d^2}{2t'^2} = mgx$$

【答案】 (1) 2.15; (2) $\frac{d^2}{2xt^2}$; (3) A; (4) 通过坐标原点的一条倾斜直线; (5) $\frac{(m+M)d^2}{2t'^2} = mgx$

【分析】 (1) 根据游标卡尺的读数规则得出对应的宽度;

(2) 根据运动学公式联立等式得出加速度的表达式;

(3) 根据实验原理掌握正确的实验操作;

(4) 根据牛顿第二定律得出 $a - F$ 图像的特点;

(5) 根据机械能守恒定律得出对应的表达式。

【解答】 解：(1) 游标卡尺的分度值为 0.05mm ，不需要估读，其读数为：

$$d = 2\text{mm} + 3 \times 0.05\text{mm} = 2.15\text{mm}$$

(2) 滑块从 A 处由静止释放，做匀加速直线运动，根据速度—位移公式可得：

$$v^2 = 2ax$$

$$\text{又 } v = \frac{d}{t}$$

$$\text{联立解得： } a = \frac{d^2}{2xt^2}$$

(3) A、拉力直接通过传感器测量，与滑块质量和钩码质量大小没有关系。故 A 错误；

B、A 位置与光电门间的距离适当大些，有利于减小误差。故 B 正确；

CD、气垫导轨调节水平，细线与气垫导轨平行，才使拉力等于合力。故 CD 正确。

本题选错误的，故选：A。

(4) 当滑块的质量不变时，其加速度 a 与力 F 成正比关系，其图线为通过坐标原点的一条倾斜直线。

(5) 根据机械能守恒定律，可得 $\frac{1}{2}(M+m)v'^2 = mgx$

$$\text{又 } v' = \frac{d}{t'}$$

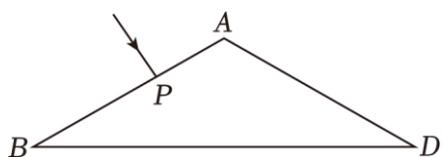
$$\text{联立解得: } \frac{(m+M)d^2}{2t'^2} = mgx$$

$$\text{故答案为: (1) 2.15; (2) } \frac{d^2}{2xt^2}; \text{ (3) A; (4) 通过坐标原点的一条倾斜直线; (5) } \frac{(m+M)d^2}{2t'^2} = mgx$$

三、计算题：本大题共 4 小题，共 41 分。

13. (10 分) 如图所示，等腰三棱镜 ABD，顶角 $\angle A = 120^\circ$ ，BD 的长度为 12cm，一束光从某点 P 垂直于 AB 边界射入三棱镜，恰好在 BD 边界上发生全反射，再直接经过 AD 边界射出三棱镜。已知真空中的光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ ，不考虑光在 AD 边界的反射。求：

- (1) 三棱镜折射率 n ;
- (2) 从 AD 边界射出的光在三棱镜中的传播速度 v 和时间 t 。



【答案】 (1) 三棱镜折射率为 2.0;

(2) 从 AD 边界射出的光在三棱镜中的传播速度为 $1.5 \times 10^8 \text{m/s}$; 时间为 $4.0 \times 10^{-10} \text{s}$ 。

【分析】 (1) 根据全反射条件，求折射率;

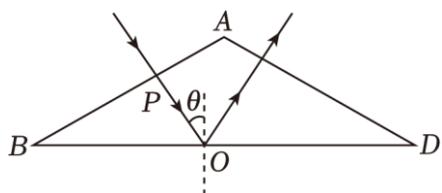
(2) 根据 $v = \frac{c}{n}$ 求波速，根据传播距离和传播速度关系，求传播时间。

【解答】 解：(1) 垂直于 AB 边界入射的光沿直线传播到 BD 边界的入射角 $\theta = 30^\circ$ ，根据全反射条件，由题意可知 $\sin \theta = \frac{1}{n}$ ，代入数据解得 $n = 2.0$

(2) 根据 $v = \frac{c}{n}$

代入数据解得 $v = 1.5 \times 10^8 \text{m/s}$

光传播的光路如图，



则光在棱镜中传播距离 $s = s_{BO} \cdot \sin 30^\circ + s_{OD} \cdot \sin 30^\circ$

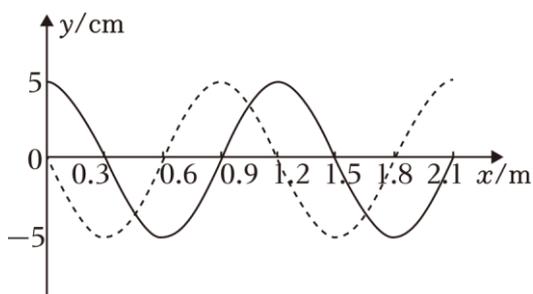
传播时间 $t = \frac{s}{v}$

代入数据解得 $t=4.0 \times 10^{-10}\text{s}$

答：（1）三棱镜折射率为 2.0；

（2）从 AD 边界射出的光在三棱镜中的传播速度为 $1.5 \times 10^8\text{m/s}$ ；时间为 $4.0 \times 10^{-10}\text{s}$ 。

- 14.（10 分）如图所示，实线和虚线分别是沿 -x 轴方向传播的一列简谐横波在 $t_1=0$ 和 $t_2=0.6\text{s}$ 时刻的波形图，波的周期满足 $0.6\text{s} > T > 0.4\text{s}$ ，求该波的周期和波速 v 。



【答案】该波的周期为 0.48s，波速 v 为 2.5m/s。

【分析】根据波的传播方向，根据时间和周期的关系得出周期的可能值，结合波速公式计算波速。

【解答】解：波沿 x 轴负向传播，则 $(n+\frac{1}{4})T=\Delta t=0.6\text{s}$ ($n=0, 1, 2, \dots$)，解得： $T=\frac{2.4}{4n+1}\text{s}$ ($n=0, 1, 2, \dots$)

周期满足 $0.6\text{s} > T > 0.4\text{s}$ ，则 $n=1$ ，周期 $T=0.48\text{s}$

由图可知该波波长 $\lambda=1.2\text{m}$ ，波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{1.2}{0.48}\text{m/s}=2.5\text{m/s}$

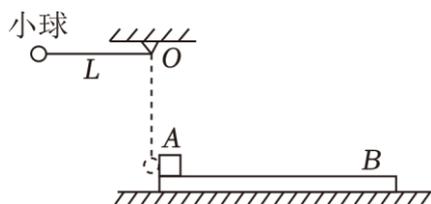
答：该波的周期为 0.48s，波速 v 为 2.5m/s。

- 15.（10 分）如图所示，木板 B 静止于光滑水平面上，物块 A 放在 B 的左端，A、B 质量均为 $M=3\text{kg}$ ，另一质量 $m=1\text{kg}$ 的小球用长 $L=0.8\text{m}$ 的轻绳悬挂在固定点 O。锁定木板 B，将小球向左拉至轻绳呈水平状态并由静止释放小球，小球在最低点与 A 发生弹性正碰，碰撞时间极短，碰后 A 在 B 上滑动，恰好未从 B 的右端滑出。已知 A、B 间的动摩擦因数 $\mu=0.2$ ，物块与小球可视为质点，不计空气阻力，取 $g=10\text{m/s}^2$ 。

（1）求小球与 A 碰撞前瞬间绳中的拉力大小 F ；

（2）求木板 B 的长度 d ；

（3）若解除 B 的锁定，仍将小球拉到原处静止释放，在小球与 A 碰撞结束后对 B 施加一个水平方向的恒力 F ，使得 A 不滑离 B，求恒力 F 的可能值。



【答案】 (1) 小球与 A 碰撞前瞬间绳中的拉力大小 F 为 30N；

(2) 木板 B 的长度 d 为 1m；

(3) 恒力 F 的可能值为当恒力 F 方向水平向左时其大小不超过 6N，当恒力 F 方向水平向右时其大小不超过 12N。

【分析】 (1) 根据动能定理求得小球下摆至最低点时的速度，根据牛顿第二定律求解；

(2) 根据动量守恒定律与机械能守恒定律求得碰撞后的速度，对 A 在 B 上滑行过程，根据动能定理求解；

(3) 依据恒力 F 方向向左或者向右进行讨论。确定临界条件，根据牛顿第二定律解答。

【解答】 解：(1) 设小球下摆至最低点时的速度为 v_0 ，根据动能定理有：

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

解得： $v_0 = 4\text{m/s}$

在最低点根据牛顿第二定律得：

$$F - mg = m\frac{v_0^2}{L}$$

解得： $F = 30\text{N}$

(2) 小球与 A 弹性碰撞，设碰撞后瞬间小球的速度为 v_1 ，A 的速度为 v_2 ，以向右为正方向，根据动量守恒定律与机械能守恒定律得：

$$mv_0 = mv_1 + Mv_2$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

解得： $v_2 = 2\text{m/s}$

A 在 B 上滑行过程，根据动能定理得：

$$-\mu Mg d = 0 - \frac{1}{2}Mv_2^2$$

解得： $d = 1\text{m}$

(3) ①若恒力 F 方向水平向左，设 F 的最大值为 F_{m1} 时使 B 恰好保持静止，A 恰好不从 B 右端滑离。对 B 由平衡条件得：

$$F_{m1} = \mu Mg = 0.2 \times 3 \times 10N = 6N$$

故 $F \leq 6N$ 时可满足题意。

②若恒力 F 方向水平向右，设 F 的最大值为 F_{m2} 时， A 恰好不从 B 左端滑离。 A 、 B 共速后一起相对静止向右做匀加速直线运动，根据牛顿第二定律得：

$$a_A = \mu g = 0.2 \times 10m/s^2 = 2m/s^2$$

$$F_{m2} = 2Ma_A = 2 \times 3 \times 2N = 12N$$

故 $F \leq 12N$ 时可满足题意。

综上分析可得：当恒力 F 方向水平向左时其大小不超过 $6N$ ，当恒力 F 方向水平向右时其大小不超过 $12N$ 。

答：（1）小球与 A 碰撞前瞬间绳中的拉力大小 F 为 $30N$ ；

（2）木板 B 的长度 d 为 $1m$ ；

（3）恒力 F 的可能值为当恒力 F 方向水平向左时其大小不超过 $6N$ ，当恒力 F 方向水平向右时其大小不超过 $12N$ 。

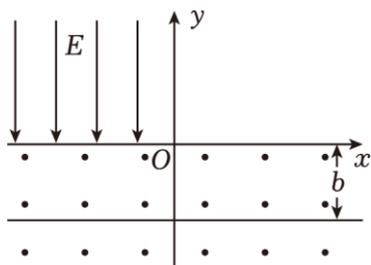
- 16.（11分）如图所示，为研究带电粒子在电磁场中的运动情况，在纸面内建立 xOy 坐标系。在第二象限存在沿 y 轴负方向、场强大小为 E 的匀强电场。在该电场区域内存在一连续分布的曲线状离子源，它们可沿 x 轴正方向持续发射质量均为 m 、电荷量均为 $+q$ 、速度大小均为 v 的离子，且离子源纵坐标的区间为 $[0, \frac{3mv^2}{2qE}]$ 。在 x 轴的下方存在方向垂直纸面向外的匀强磁场，在该磁场区域内有一足够长的探测板平行 x 轴放置，它与 x 轴的距离 b 可调。已知所有离子均能经过坐标原点 O 并射入磁场区域，速度大小为 v 的离子在磁场中做圆周运动的半径为 R ，不计离子重力及离子间相互作用力。

（1）求纵坐标为 $\frac{3mv^2}{2qE}$ 处的离子源发射的离子进入 O 点时的速度大小 v' ；

（2）求离子源所在曲线的轨迹方程；

（3）若 $b=R$ ，求离子打在探测板上的区域长度 s ；

（4）若离子源发射的离子按 y 坐标均匀分布，求探测板的收集率 η 与 b 的函数关系（关系式中字母仅含 R 、 b ）。



【答案】（1）纵坐标为 $\frac{3mv^2}{2qE}$ 处的离子源发射的离子进入 O 点时的速度大小 v'_m 为 $2v$ ；

（2）离子源所在曲线的轨迹方程为 $y = \frac{qE x^2}{2mv^2}$ ；

（3）若 $b=R$ ，离子打在探测板上的区域长度 s 为 $(\sqrt{3}-1)R$ ；

（4）探测板的收集率 η 与 b 的函数关系为 $\eta = \frac{(R+b)(3R-b)}{3R^2}$ 。

【分析】（1）粒子在电场中做类平抛运动，应用类平抛运动规律和速度的合成法则求解。

（2）从粒子源的任意一点 (x, y) 发射的粒子，进入电场合做类平抛运动，并都从原点 O 进入磁场，根据类平抛规律求轨迹方程；

（3）粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，求出粒子的半径，结合首尾两种临界情况所打的位置和题设条件，由几何关系求出打在探测板上的长度；

（4）考虑粒子的轨迹恰与探测板相切的极端情况，求出此种情况下的收集率。

【解答】解：（1）根据题意，从 $y_m = \frac{3mv^2}{2qE}$ 发射的离子进入磁场时，根据速度—位移关系有： $v_y^2 =$

$$2 \times \frac{qE}{m} \times y_m$$

代入数据得到： $v_y = \sqrt{3}v$

经过 O 点时的合速度： $v_m' = \sqrt{v^2 + v_y^2} = \sqrt{v^2 + (\sqrt{3}v)^2} = 2v$

（2）设某一离子源的坐标为 (x, y) ，根据类平抛运动的规律

沿 x 轴正方向做匀速运动： $x = vt$

沿 y 轴负方向做匀加速运动： $y = \frac{1}{2} \frac{qE}{m} t^2$

联立整理得到： $y = \frac{qE x^2}{2mv^2}$

（3）根据题意，从 O 点进入磁场后做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力： $qvB = \frac{mv^2}{R}$

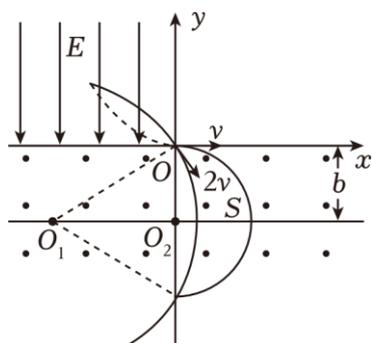
变形后得到半径： $R = \frac{mv}{qB}$

由（1）和题意可知从 $y_m = \frac{3mv^2}{2qE}$ 发射的离子在磁场中运动的半径最大为 $2R$

设从纵坐标为 y 的离子源发射的离子进入磁场时的速度 v' 与 x 轴正方向夹角为 α ，因为： $v' = \frac{v}{\cos \alpha}$

所以该离子在磁场中运动半径： $R' = \frac{R}{\cos \alpha}$

结合此种情况下 $b=R$ ，那么所有离子在磁场中做圆周运动的轨迹圆心均在探测板上



由几何关系可知粒子在探测板上的长度： $s=R-(2-\sqrt{3})R=(\sqrt{3}-1)R$

(4) 根据题意，结合上述分析，画出临界状态下粒子运动轨迹，如上图所示

①当 $0 \leq b \leq 2R$ 时： $\eta=1$

②当 $b \geq 3R$ 时： $\eta=0$

③当 $2R < b < 3R$ 时，从纵坐标为 y 的离子源发射的离子在磁场中的运动轨迹恰好与探测板相切，则：

$$\eta = \frac{y_m - y}{y_m} = 1 - \frac{y}{y_m}$$

离子轨迹与探测板相切时： $b=R + \frac{mv'}{qB} = R(1 + \frac{v'}{v})$

由运动学得： $v'^2 = v^2 + 2\frac{qE}{m}y$

即： $v'^2 = v^2(1 + \frac{3y}{y_m})$

联立上述两式得： $\frac{y}{y_m} = \frac{1}{3}(\frac{b^2}{R^2} - \frac{2b}{R})$

则有： $\eta = 1 - \frac{1}{3}(\frac{b^2}{R^2} - \frac{2b}{R}) = \frac{3R^2 + 2bR - b^2}{3R^2} = \frac{(R+b)(3R-b)}{3R^2}$

答：(1) 纵坐标为 $\frac{3mv^2}{2qE}$ 处的离子源发射的离子进入 O 点时的速度大小 v'_m 为 $2v$ ；

(2) 离子源所在曲线的轨迹方程为 $y = \frac{qEx^2}{2mv^2}$ ；

(3) 若 $b=R$ ，离子打在探测板上的区域长度 s 为 $(\sqrt{3}-1)R$ ；

(4) 探测板的收集率 η 与 b 的函数关系为 $\eta = \frac{(R+b)(3R-b)}{3R^2}$ 。