

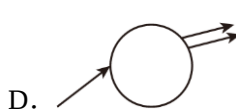
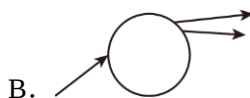
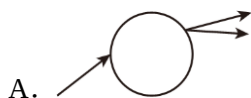
2022-2023 学年江苏省南通市海安市高三（上）期末物理试卷

一、单项选择题：共 10 题，每题 4 分，共 40 分。每题只有一个选项最符合题意。

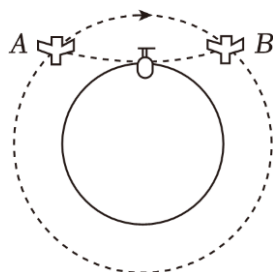
- 1.（4 分）中国三名航天员在“天和”核心舱“住”了三个月，他们每天都能看到 16 次日出日落，可知“天和”核心舱的（ ）

A. 角速度比地球同步卫星的小
B. 周期比地球同步卫星的长
C. 向心加速度比地球同步卫星的大
D. 线速度比地球同步卫星的小

- 2.（4 分）由两种不同单色光组成的一束复色光，沿图示方向从空气射向圆柱形玻璃砖，经过玻璃砖两次折射后射出，可能的光路是（ ）

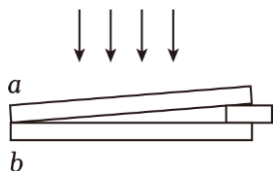


- 3.（4 分）中国空间站持续发出频率为 f 的监测电波，地面监测站先后接收到空间站通过 A、B 位置时的信号频率分别为 f_A 、 f_B ，则（ ）



A. $f_A > f > f_B$ B. $f_A < f < f_B$ C. $f_A = f_B < f$ D. $f_A = f_B = f$

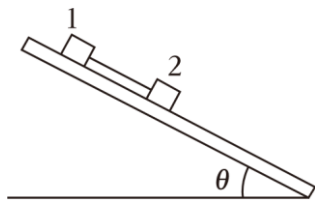
- 4.（4 分）如图所示，将一块平板玻璃 a 放置在另一平板玻璃 b 上，在一端垫一个薄片，当红光从上方入射后，从上往下可以看到干涉条纹。则（ ）



A. 干涉条纹是由 a、b 两板的上表面反射的光叠加产生的
B. 干涉条纹间的亮条纹是由于两反射光叠加减弱产生的
C. 换用蓝光照射时，产生的条纹变密

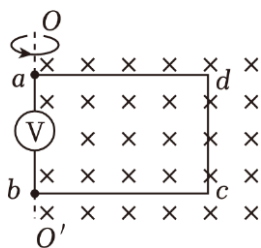
D. 将薄片向左移动，产生的条纹变疏

5. (4分) 如图，两材质不同的物块用细线连接，放在粗糙的斜面上加速下滑，加速度分别为 a_1 和 a_2 ，两物块与斜面间的动摩擦因数分别为 μ_1 和 μ_2 ，则下列关系正确的是 ()



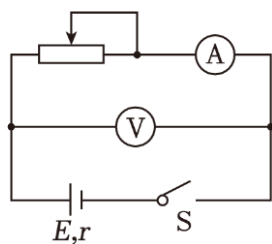
- A. 若 $\mu_1 > \mu_2$ ，则 $a_1 > a_2$ B. 若 $\mu_1 > \mu_2$ ，则 $a_1 < a_2$
C. 若 $\mu_1 < \mu_2$ ，则 $a_1 < a_2$ D. 若 $\mu_1 < \mu_2$ ，则 $a_1 > a_2$

6. (4分) 如图所示， OO' 右侧空间有垂直纸面向里的匀强磁场 B ，面积为 S 的金属“ $\square$ ”形线框 $adcb$ 与电压表接触良好，线框绕 OO' 以角速度 ω 匀速转动，则电压表示数为 ()



- A. $\frac{BS\omega}{2}$ B. $\frac{BS\omega}{\sqrt{2}}$ C. $BS\omega$ D. 0

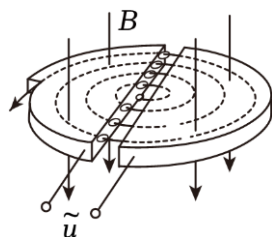
7. (4分) 如图所示电路，电源电动势为 E ，内阻为 r 。闭合开关，调节滑动变阻器滑片，电压表示数为 U 、电流表示数为 I 。电源的总功率 P 与电压 U 、电流 I 的关系正确的是 ()



- A. B.
C. D.

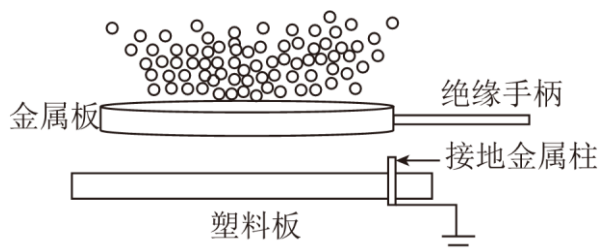
8. (4分) 如图所示是回旋加速器示意图，交变电压 u 大小和频率保持不变，磁场 B 的磁感应强度大小可

以调节。用该装置分别对质子（ ${}^1_1\text{H}$ ）和氦核（ ${}^4_2\text{He}$ ）加速，则质子和氦核的最大动能之比（ ）

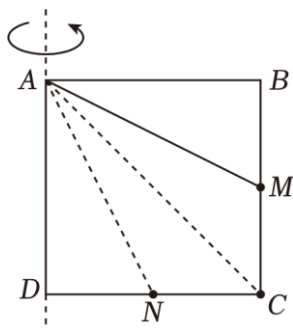


- A. 1: 8 B. 1: 4 C. 1: 2 D. 1: 1

- 9.（4 分）将金属板靠近带负电的塑料板，金属板下表面与接地金属柱接触，在金属板上表面撒细纸屑，上抬金属板至某一位置时，可以看到静置的纸屑从金属板上飞溅出来，这就是“静电飞花”实验。关于本实验下列说法正确的是（ ）



- A. 金属板碰触接地金属柱后不带电
B. 上抬金属板，金属板容纳电荷本领增强
C. 纸屑飞离的瞬间，金属板的电势降低
D. 纸屑是因为带负电相互排斥而不断飞出
- 10.（4 分）如图，矩形框 ABCD 竖直放置，橡皮筋一端固定在 A 点，另一端与圆环连接，圆环套在矩形框上，当矩形框绕 AD 轴以角速度 ω_M 匀速转动时，圆环相对框架静止于 M 点。若缓慢减小转速，当角速度减为 ω_C 时，圆环下落至 C 点，且恰好对框架无作用力。则（ ）



- A. 圆环从 M 到 C 过程中，橡皮筋增加的弹性势能等于圆环减少的机械能
B. 线框由 ω_C 增大角速度，圆环一定能由 C 上升到 M 点
C. 线框由 ω_C 减小角速度，圆环一定能由 C 运动到 N 点
D. 若圆环稳定在 N 点，线框转动的角速度可以为 ω_C

二、非选择题：共 5 题，共 60 分。其中第 12 题～第 15 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11. 在“探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验中，某实验小组利用智能手机中自带的定位传感器设计了如图 1 所示的实验，手机软件中的“定位”功能可以测量手机竖直方向的位移。

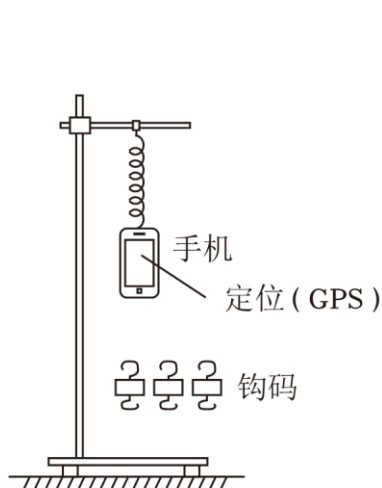


图1

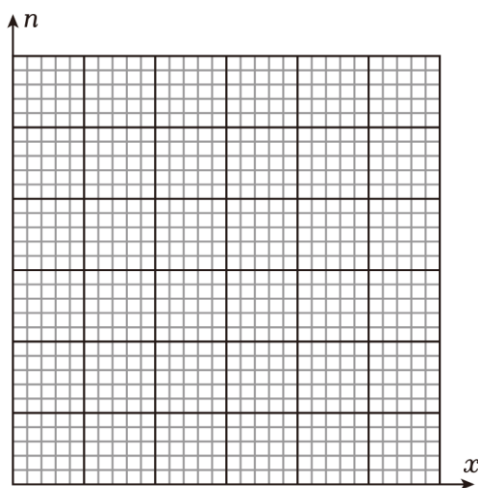


图2

(1) 实验小组进行了如下主要的实验步骤，正确的顺序是 _____。

- A. 按图安装实验器材，弹簧分别与手机和上螺栓连接，手机重心和弹簧在同一竖直线；
- B. 重复上述操作；
- C. 手掌托着手机缓慢下移，当手机与手分离时，打开手机中的位移传感器软件；
- D. 根据钩码数量及对应手机下降高度的数值画 $n - x$ 图像；
- E. 在手机下方悬挂等重钩码，缓慢释放，当钩码平衡时记录下手机下降的高度 x 。

(2) 根据表格中的数据，在答题纸图 2 中描点作出钩码数量与手机位移 $n - x$ 图像；

钩码数目 n	1	2	3	4	5	6
手机位移 x/cm	0.49	1.01	1.51	1.99	2.39	2.51

(3) 根据图像可得出弹簧弹力与弹簧伸长量的关系是 _____；

(4) 已知每个钩码的质量为 5.0g ，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ ，由图像可以求得弹簧的劲度系数为 N/m 。

(5) 实验中未考虑弹簧自身受到的重力，这对弹簧劲度系数的测量结果 _____（选填“有”或“无”）影响，说明理由 _____。

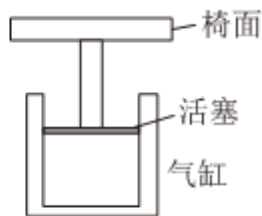
12. 图甲为气压升降椅，图乙为其模型简图，活塞与椅面的总质量为 m ，活塞横截面积为 S ，气缸内封闭

一定质量的理想气体，稳定时气体柱长度为 L 。设气缸气密性、导热性能良好，忽略摩擦力。已知大气压强为 p_0 ，室内温度 T_0 ，重力加速度为 g 。

- (1) 某同学盘坐上椅面，稳定后缸内气体柱长为 $\frac{L}{2}$ ，求该同学的质量 M ；
- (2) 该同学坐稳定后，室内气温缓上升至 $1.1T_0$ ，求该过程外界对缸内气体做的功 W 。



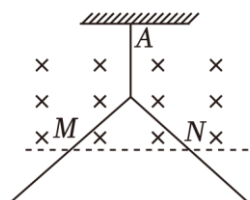
图甲



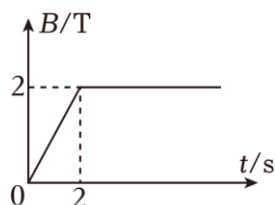
图乙

13. 如图甲所示，质量 $m=0.1\text{kg}$ 、电阻 $R=1\Omega$ 的单匝等腰直角三角形线框用细绳悬挂于 A 点，三角形的直角边长为 $a=2\sqrt{2}\pi$ ，MN 为三角形两边的中点。从零时刻起，在 MN 连线上方加垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小按图乙规律变化。在 $t=2\text{s}$ 时细绳恰好被拉断，线框向下运动，穿出磁场时速度为 $v=2\text{m/s}$ ，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。求：

- (1) $0\sim 2\text{s}$ 内，绳中拉力 F 随时间 t 的变化关系；
- (2) 从零时刻到线框全部离开磁场，线框中产生的总热量 Q 。



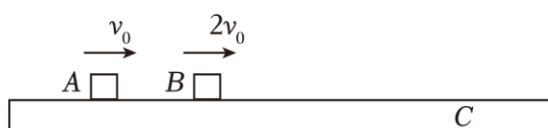
甲



乙

14. 质量为 $2m$ 的木板 C 静止在光滑水平面上。现将速度分别为 v_0 、 $2v_0$ 的木块 A、B 同时放上木板，运动方向如图，木块的质量均为 m ，A、B 间的距离为 d ，木块与木板之间的动摩擦因数均为 μ ，木板足够长，重力加速度取 g ，求：

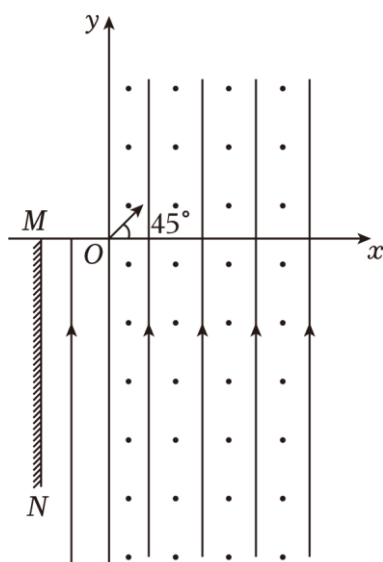
- (1) 木块 A 在木板 C 上的滑行时间 t ；
- (2) 木块 A、B 运动过程中摩擦产生的总热量 Q ；
- (3) 运动过程中木块 A 和木块 B 间的最大距离 L 。



15. 如图所示，在 xOy 竖直平面一、四象限内有匀强磁场和竖直向上的匀强电场，电场强度为 E ，第三象

限竖直向上的匀强电场，电场强度为 $\frac{E}{2}$ ，MN 为固定的竖直弹性绝缘挡板、一带正电小球甲，从坐标原点 O 沿与 x 轴正方向 45° 夹角以速度 v_0 射出，小球恰能做圆周运动；另一质量和电荷量都是甲球两倍带正电的小球乙，从 x 轴上 M 点沿 x 轴正方向以速度 $\sqrt{2}v_0$ 射出，两球在第一次到达 y 轴时恰好发生正碰，碰后两球连为一体，且碰撞时总电荷量不变。球可视为质点，与挡板弹性碰撞时水平速度大小不变，方向相反，挡板 MN 长为 $L = \frac{20v_0^2}{g}$ ，重力加速度取 g。求：

- (1) 乙球抛出后的加速度 a；
- (2) 甲、乙两球释放的时间差 Δt ；
- (3) 甲、乙两球碰撞后经过 y 轴的位置。



2022-2023 学年江苏省南通市海安市高三（上）期末物理试卷

参考答案与试题解析

一、单项选择题：共 10 题，每题 4 分，共 40 分。每题只有一个选项最符合题意。

1. (4 分) 中国三名航天员在“天和”核心舱“住”了三个月，他们每天都能看到 16 次日出日落，可知“天和”核心舱的（ ）

- A. 角速度比地球同步卫星的小
- B. 周期比地球同步卫星的长
- C. 向心加速度比地球同步卫星的大
- D. 线速度比地球同步卫星的小

【答案】C

【分析】根据“天和”核心舱每天都能看到 16 次日出日落，计算运行周期；根据万有引力提供向心力，结合不同的向心力公式，分析线速度、加速度和运行半径。

【解答】解：B. 根据题意可知，同步卫星周期为 24h，“天和”核心舱的周期为：

$$T_{\text{天}} = \frac{24}{16}h = 1.5h < T_{\text{同}} = 24h$$

即“天和”核心舱的周期比地球同步卫星的短，故 B 错误；

A. 根据角速度和周期的关系： $\omega = \frac{2\pi}{T}$

由于“天和”核心舱的周期小于地球同步卫星的周期，则 $\omega_{\text{天}} > \omega_{\text{同}}$

即“天和”核心舱的角速度比地球同步卫星的大，故 A 错误；

C. 根据万有引力提供向心力： $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$

$$\text{解得： } r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

由于“天和”核心舱的周期小于地球同步卫星的周期，则 $r_{\text{天}} < r_{\text{同}}$

根据万有引力提供加速度： $G\frac{Mm}{r^2} = ma$

则有 $a_{\text{天}} > a_{\text{同}}$

即“天和”核心舱的向心加速度比地球同步卫星的大，故 C 正确；

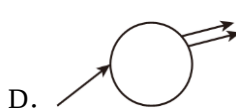
D. 根据万有引力提供向心力： $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

解得： $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

根据上述，可知“天和”核心舱的线速度比地球同步卫星的大，故 D 错误。

故选：C。

- 2.（4 分）由两种不同单色光组成的一束复色光，沿图示方向从空气射向圆柱形玻璃砖，经过玻璃砖两次折射后射出，可能的光路是（ ）



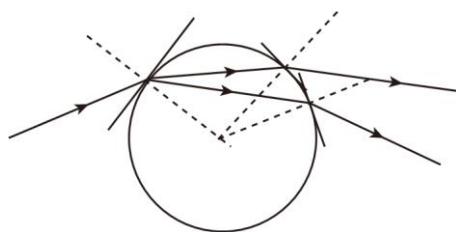
【答案】B

【分析】根据折射定律和几何知识判断出射角和入射角的关系判断。

【解答】解：由于两种不同单色光的折射率不同，在由空气进入玻璃时，入射角相同，根据

$$n = \frac{\sin \theta_{\text{空}}}{\sin \theta_{\text{介}}}$$

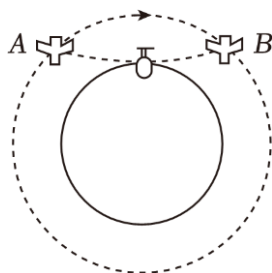
可知由空气进入玻璃时，两单色光的折射角不同，作出完整光路图如图所示



由几何知识可知第一次的折射角和第二次的入射角相同，根据折射定律可知第二次的折射角和第一次的入射角相同，所以出射光线不平行。

故选：B。

- 3.（4 分）中国空间站持续发出频率为 f 的监测电波，地面监测站先后接收到空间站通过 A、B 位置时的信号频率分别为 f_A 、 f_B ，则（ ）



- A. $f_A > f > f_B$ B. $f_A < f < f_B$ C. $f_A = f_B < f$ D. $f_A = f_B = f$

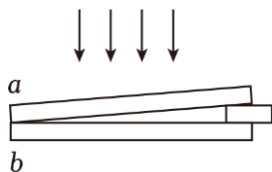
【答案】A

【分析】明确多普勒效应的形成原因，知道发生多普勒效应时波源的频率没有发生变化，只是观察者感到频率变化。

【解答】解：空间站先后经过 A、B 位置，先靠近地面监测站后逐渐远离监测站，根据多普勒效应可知，信号频率在靠近过程增大，在远离过程频率减小，因此 $f_A > f > f_B$ ，故 BCD 错误，A 正确。

故选：A。

- 4.（4 分）如图所示，将一块平板玻璃 a 放置在另一平板玻璃 b 上，在一端垫一个薄片，当红光从上方入射后，从上往下可以看到干涉条纹。则（ ）



- A. 干涉条纹是由 a、b 两板的上表面反射的光叠加产生的
B. 干涉条纹间的亮条纹是由于两反射光叠加减弱产生的
C. 换用蓝光照射时，产生的条纹变密
D. 将薄片向左移动，产生的条纹变疏

【答案】C

【分析】从空气膜的上下表面分别反射的两列光是相干光，其光程差为空气层厚度的 2 倍，当光程差 $\Delta x = n\lambda$ 时此处表现为亮条纹，故相邻亮条纹之间的空气层的厚度差为 $\frac{1}{2}\lambda$ 。

【解答】解：A. 从空气膜的上下表面分别反射的两列光是相干光，因此应是上玻璃板 a 的下表面与下玻璃板 b 的上表面反射光的叠加现象，故 A 错误；

B. 干涉条纹间的亮条纹是由于上玻璃板 a 的下表面与下玻璃板 b 的上表面反射光叠加加强产生的，故 B 错误；

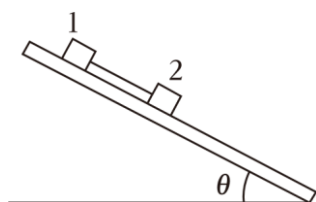
CD. 当光程差满足 $\Delta x = n\lambda$ ，干涉条纹为亮条纹，可知相邻两条亮条纹的光程差之间的差值为 $\Delta x_n - \Delta x_{n-1} = \lambda$ ，设平板玻璃 a 倾角为 θ ，相邻两条亮条纹的间距为 d，

根据几何关系得 $\Delta x_n - \Delta x_{n-1} = 2d \tan \theta$ ，联立解得 $d = \frac{\lambda}{2 \tan \theta}$ 。

换用蓝光照射时，由于蓝光的波长小于红光的波长，可知相邻两条亮条纹的间距 d 变小，产生的条纹变密；将薄片向左移动，可知倾角 θ 变大，相邻两条亮条纹的间距 d 变小，产生的条纹变密，故 C 正确，D 错误。

故选：C。

- 5.（4分）如图，两材质不同的物块用细线连接，放在粗糙的斜面上加速下滑，加速度分别为 a_1 和 a_2 ，两物块与斜面间的动摩擦因数分别为 μ_1 和 μ_2 ，则下列关系正确的是（ ）



- A. 若 $\mu_1 > \mu_2$ ，则 $a_1 > a_2$ B. 若 $\mu_1 > \mu_2$ ，则 $a_1 < a_2$
C. 若 $\mu_1 < \mu_2$ ，则 $a_1 < a_2$ D. 若 $\mu_1 < \mu_2$ ，则 $a_1 > a_2$

【答案】D

【分析】若 $\mu > \tan \theta$ ，即 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$ ，施加 F 后合外力增大，根据受力情况分析加速度大小；若 $\mu < \tan \theta$ ，即 $mg \sin \theta > \mu mg \cos \theta$ ，施加 F 后合外力增大，但质量不变，据此分析即可。

【解答】解：若细线存在张力 T ，细线处于伸直状态，两者加速度相同，即 $a_1 = a_2$ ，根据牛顿第二定律，

$$\text{物块 1 的加速度 } a_1 = \frac{T + m_1 g \sin \theta - \mu_1 m_1 g \cos \theta}{m_1} = g \sin \theta - \mu_1 g \cos \theta + \frac{T}{m_1}$$

对整体由牛顿第二定律可得：

$$(m_1 + m_2) g \sin \theta - \mu_1 m_1 g \cos \theta - \mu_2 m_2 g \cos \theta = (m_1 + m_2) a_1 = (m_1 + m_2) \left(g \sin \theta - \mu_1 g \cos \theta + \frac{T}{m_1} \right)$$

$$\text{可得：} \mu_2 m_2 g \cos \theta = \mu_1 m_2 g \cos \theta - \frac{m_1 + m_2}{m_1} T$$

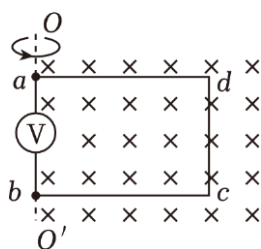
可得： $\mu_1 > \mu_2$

说明：若 $\mu_1 > \mu_2$ ，则 $a_1 = a_2$

相反的，若 $\mu_1 < \mu_2$ ，则细线不存在拉力，细线要处于松弛状态，则有 $a_1 > a_2$ ，故 ABC 错误，D 正确。

故选：D。

- 6.（4分）如图所示， OO' 右侧空间有垂直纸面向里的匀强磁场 B ，面积为 S 的金属“ $\square$ ”形线框 $adcb$ 与电压表接触良好，线框绕 OO' 以角速度 ω 匀速转动，则电压表示数为（ ）



- A. $\frac{BS\omega}{2}$ B. $\frac{BS\omega}{\sqrt{2}}$ C. $BS\omega$ D. 0

【答案】A

【分析】根据先由题中模型计算出电动势有效值，再推导电压表的有效值。

【解答】解：假设该线框 OO' 左右两侧空间均有垂直纸面向里的匀强磁场 B ，且有一个阻值为 R 电阻组成闭合回路，回路中感应电动势的峰值为：

$$E_m = BS\omega$$

此时电动势的有效值为：

$$E_{\text{有效}} = \frac{BS\omega}{\sqrt{2}}$$

在如图所示的磁场中，线框绕 OO' 以角速度 ω 匀速转动时，只有半个周期产生感应电动势，设电压表的示数为 U_V ，设此时感应电动势的有效值 $E'_{\text{有效}}$ ，仍假设有一个阻值为 R 电阻与线框组成闭合回路。设周期为 T ，根据电流的热效应可得：

$$\frac{\left(\frac{BS\omega}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \times \frac{T}{2} = \frac{E'^2_{\text{有效}}}{R} \times T$$

解得

$$E'_{\text{有效}} = \frac{BS\omega}{2}$$

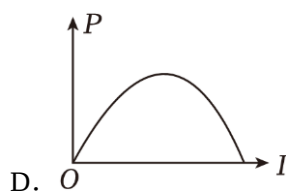
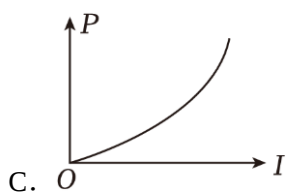
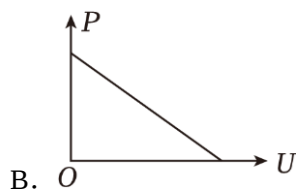
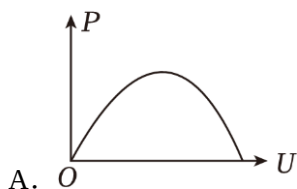
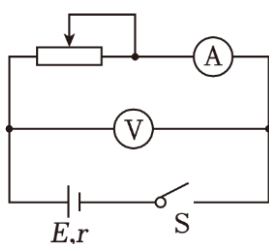
可知电压表示数为

$$U_V = \frac{BS\omega}{2}$$

故 A 正确；BCD 错误。

故选：A。

- 7.（4分）如图所示电路，电源电动势为 E ，内阻为 r 。闭合开关，调节滑动变阻器滑片，电压表示数为 U 、电流表示数为 I 。电源的总功率 P 与电压 U 、电流 I 的关系正确的是（ ）



【答案】B

【分析】利用电源的总功率 $P=EI$ ，判断 $P-I$ 图线；先用电动势 E ，内阻 r ，和路端电压 U 表示出电路中的电流，再表示 P 与 U 的关系式，确定 $P-U$ 图象。

【解答】解：AB. 由闭合电路欧姆定律有 $E=U+Ir$

$$\text{化简得 } I = \frac{E-U}{r}$$

$$\text{则电源的总功率为 } P=EI = E \cdot \frac{E-U}{r} = \frac{E^2}{r} - \frac{E}{r} U$$

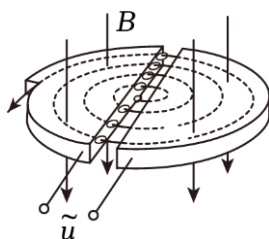
若 U 是自变量，则电源的总功率 P 与电压 U 是一次函数关系，结合选项的图像，故 A 错误，B 正确；

CD. 若 I 是自变量，则电源的总功率 P 与电压满足 $P=EI$ ，其中电源电动势不变，

故电源的总功率 P 与电流 I 是正比例关系，故 CD 错误。

故选：B。

8. (4分) 如图所示是回旋加速器示意图，交变电压 u 大小和频率保持不变，磁场 B 的磁感应强度大小可以调节。用该装置分别对质子 (${}^1_1\text{H}$) 和氦核 (${}^4_2\text{He}$) 加速，则质子和氦核的最大动能之比 ()



A. 1: 8

B. 1: 4

C. 1: 2

D. 1: 1

【答案】B

【分析】粒子在磁场中运动的周期和高频交流电的周期相等，当粒子从 D 形盒中出来时，速度最大，此时运动的半径等于 D 形盒的半径。

【解答】解：带电粒子在磁场中运动时，洛伦兹力提供向心力，有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ ，解得 $r = \frac{mv}{qB}$ ，当粒子射出时的最大半径为 D 形盒的半径时，粒子射出时速度最大，动能也最大；

故两种粒子射出时的运动半径相等，设 D 形盒的半径为 R，由 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ， $v = \frac{2\pi R}{T}$

可得粒子射出的最大速度为 $v_m = \frac{qBR}{m}$

粒子周期为 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

交变电压频率保持不变意味着两种粒子在磁场中运动的周期相同，即 $\frac{2\pi m_H}{q_H B_H} = \frac{2\pi m_{He}}{q_{He} B_{He}}$

由题意可知 $\frac{m_H}{m_{He}} = \frac{1}{4}$ ， $\frac{q_H}{q_{He}} = \frac{1}{2}$

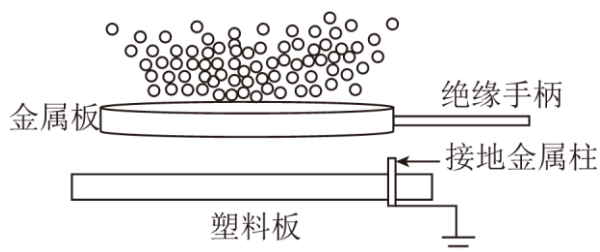
联立可得 $\frac{B_H}{B_{He}} = \frac{1}{2}$

结合题意可得，由动能公式可得， $E_k = \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$

则质子和氦核的最大动能之比为 $E_{kH} : E_{kHe} = 1 : 4$ ，故 ACD 错误，B 正确。

故选：B。

9. (4 分) 将金属板靠近带负电的塑料板，金属板下表面与接地金属柱接触，在金属板上表面撒细纸屑，上抬金属板至某一位置时，可以看到静置的纸屑从金属板上飞溅出来，这就是“静电飞花”实验。关于本实验下列说法正确的是 ()



- A. 金属板碰触接地金属柱后不带电
- B. 上抬金属板，金属板容纳电荷本领增强
- C. 纸屑飞离的瞬间，金属板的电势降低
- D. 纸屑是因为带负电相互排斥而不断飞出

【答案】C

【分析】根据静电平衡现象分析出金属板的电荷量的变化；

根据电容的决定式得出电容的变化，从而得出其容纳电荷本领的强弱变化；

根据电场力的做功特点得出电势能的变化，进而分析出电势的变化。

【解答】解：A. 塑料板带负电，金属板靠近后，金属板的下表面带正电，上表面带负电，当下表面与接地金属柱接触后，上表面的负电荷会流到大地，只有下表面带正电，故 A 错误；

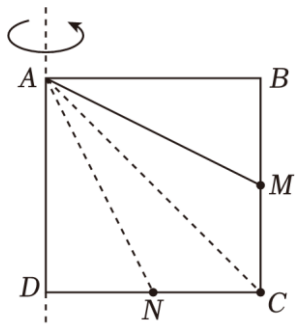
B. 上抬金属板，金属板与塑料板的距离增大，根据电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$ 可知，电容减小，所以容纳电荷本领减弱，故 B 错误；

C. 由于金属板容纳电荷的本领变小，所以纸屑带了一小部分正电荷，飞离金属表面，所以静电力做正功，电势能减少，金属板的电势降低，故 C 正确；

D. 纸屑与金属板接触，所以纸屑与金属板间因为同种电荷（正电荷）相互排斥，所以飞离金属板上表面，故 D 错误。

故选：C。

- 10.（4 分）如图，矩形框 ABCD 竖直放置，橡皮筋一端固定在 A 点，另一端与圆环连接，圆环套在矩形框上，当矩形框绕 AD 轴以角速度 ω_M 匀速转动时，圆环相对框架静止于 M 点。若缓慢减小转速，当角速度减为 ω_C 时，圆环下落至 C 点，且恰好对框架无作用力。则（ ）



- A. 圆环从 M 到 C 过程中，橡皮筋增加的弹性势能等于圆环减少的机械能
 B. 线框由 ω_C 增大角速度，圆环一定能由 C 上升到 M 点
 C. 线框由 ω_C 减小角速度，圆环一定能由 C 运动到 N 点
 D. 若圆环稳定在 N 点，线框转动的角速度可以为 ω_C

【答案】D

【分析】小球在水平面内做匀速圆周运动，由合外力提供向心力，根据小球在竖直方向受力平衡，分析小球的受力即向心力的变化即可判断出杆对小球弹力的变化，由向心力公式列式分析杆对小球的作用力

如何变化，即可由牛顿第三定律分析小球对杆的压力变化情况。由向心力公式 $F_n = m\omega^2 r$ 分析小球所受合外力变化情况。

【解答】解：A. 圆环从 M 点到 C 点的过程中，设橡皮筋与水平方向夹角为 θ ，橡皮筋拉力为 T，则在竖直方向上根据受力平衡可知 $T\sin\theta = mg + f$

由于从 M 到 C 的过程中， θ 增大，橡皮筋形变量增大，则 T 增大，因此 f 不可能一直零，即存在摩擦力做功。

该过程中，以 DC 边所在的位置为重力势能零势能面，则由动能定理可得

$$-\Delta E_p + mgh_{MC} - W_f = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_M^2$$

$$\text{整理得 } \frac{1}{2}mv_M^2 + mgh_{MC} - \frac{1}{2}mv_C^2 - W_f = \Delta E_p$$

$$\text{也即 } E_M - E_C > E_M - E_C - W_f = \Delta E_p$$

所以圆环机械能的变化量大于橡皮筋增加的弹性势能，故 A 错误；

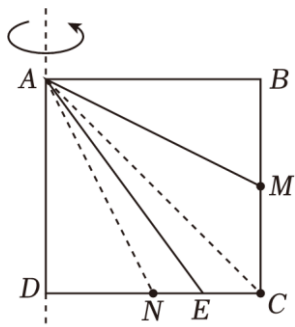
B. 以圆环和橡皮筋作为研究对象的整体，由 A 中结论可知 $E_M - E_C - W_f = \Delta E_p = E_{pC} - E_{pM}$

$$\text{整理得 } E_M + E_{pM} - W_f = E_{pC} + E_C$$

即圆环和橡皮筋作为研究对象的整体在 M 点的机械能大于在 C 点的机械能，因此缓慢增大转速从 C 点上升到 M 点时，必须有非橡皮筋弹力、圆环重力之外的其它力做正功，而摩擦力在运动过程中仅做负功，因此在无外界其他力做正功的条件下，圆环是无法从 C 点上升到 M 点，故 B 错误；

C. 由于在 C 点时，以角速度 ω_C 旋转时圆环对框架无压力，所以此时圆环不受摩擦力作用，根据牛顿第二定律有 $T\cos\theta_C = m\omega_C^2 L_{DC}$

当角速度降低时，则拉力 T 会减小，即圆环会向左运动，假设运动到 E 点，如下图所示



设此时橡皮筋与水平方向夹角为 α ，则在水平方向上根据牛顿第二定律可知 $T\cos\alpha - f = m\omega^2 L$ ，在竖直方向上根据受力平衡可知 $T\sin\alpha + N = mg$

$$\text{解得 } f = T\cos\alpha - m\omega^2 L \leq T\cos\alpha, \quad N = mg - T\sin\alpha$$

只要圆环和框架之间的静摩擦满足 $f_{\max} = (mg - T\sin\alpha)\mu \geq T\cos\alpha$

即可保证圆环在后续角速度降低时仍然停留在 E 点，因此线框在 C 点减小转速，圆环不一定能由 C 运动到 N 点，故 C 错误；

D. 圆环稳定在 N 点时，若角速度仍为 ω_C ，设此时橡皮筋与水平方向夹角为 α_1 ，则有

$$T \cos \alpha_1 - f' = m \omega_C^2 L, T \sin \alpha_1 + N = mg$$

$$\text{又因为 } T_C \cos \theta_C = m \omega_C^2 L_{DC}, T_C \sin \theta_C = mg$$

$$\text{解得 } f' = T \cos \alpha_1 - \frac{mgL}{\tan \theta_C L_{DC}}, T < T_C = \frac{mg}{\sin \theta_C}$$

可知若圆环稳定在 N 点，线框转动的角速度可以为 ω_C ，故 D 正确。

故选：D。

二、非选择题：共 5 题，共 60 分。其中第 12 题～第 15 题解答时请写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤，只写出最后答案的不能得分；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11. 在“探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验中，某实验小组利用智能手机中自带的定位传感器设计了如图 1 所示的实验，手机软件中的“定位”功能可以测量手机竖直方向的位移。

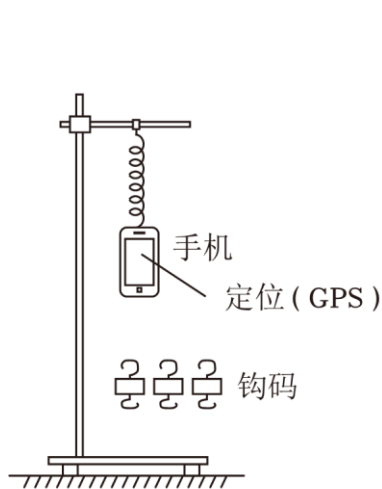


图1

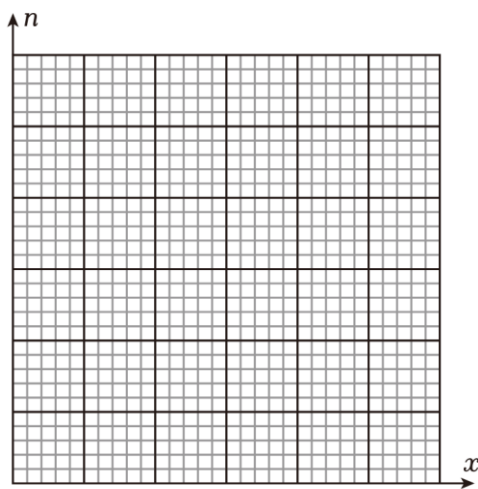


图2

(1) 实验小组进行了如下主要的实验步骤，正确的顺序是 ACEBD。

- A. 按图安装实验器材，弹簧分别与手机和上螺栓连接，手机重心和弹簧在同一竖直线；
- B. 重复上述操作；
- C. 手掌托着手机缓慢下移，当手机与手分离时，打开手机中的位移传感器软件；
- D. 根据钩码数量及对应手机下降高度的数值画 $n - x$ 图像；
- E. 在手机下方悬挂等重钩码，缓慢释放，当钩码平衡时记录下手机下降的高度 x 。

(2) 根据表格中的数据，在答题纸图 2 中描点作出钩码数量与手机位移 $n - x$ 图像；

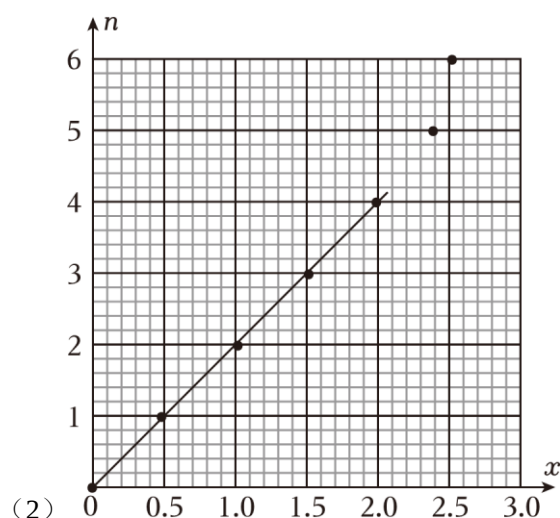
钩码数目 n	1	2	3	4	5	6
手机位移 x/cm	0.49	1.01	1.51	1.99	2.39	2.51

(3) 根据图像可得出弹簧弹力与弹簧伸长量的关系是 在弹性限度内，弹簧的弹力与伸长量成正比 9.8~10.2；

(4) 已知每个钩码的质量为 5.0g ，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，由图像可以求得弹簧的劲度系数为 10 N/m 。

(5) 实验中未考虑弹簧自身受到的重力，这对弹簧劲度系数的测量结果 无（选填“有”或“无”）影响，说明理由 劲度系数是通过图像斜率 $k=\frac{\Delta F}{\Delta x}$ 测得的。

【答案】(1) 正确的顺序是 ACEBD；



(2) 0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0

(3) 在弹性限度内，弹簧的弹力与伸长量成正比 9.8~10.2；

(4) 弹簧的劲度系数为 10N/m ；

(5) 无，劲度系数是通过图像斜率 $k=\frac{\Delta F}{\Delta x}$ 测得的。

【分析】(1) 探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验步骤为：将弹簧竖直悬挂在装置上，在弹簧下端悬挂等重钩码，并记录弹簧伸长的长度，逐一添加钩码，重复实验，最后处理实验数据；

(2) 以 x 为横坐标， n 为纵坐标，在坐标纸中描点画线，让多数的点分布在直线上，其余点均匀分布直线两侧，偏差太多的点舍弃；

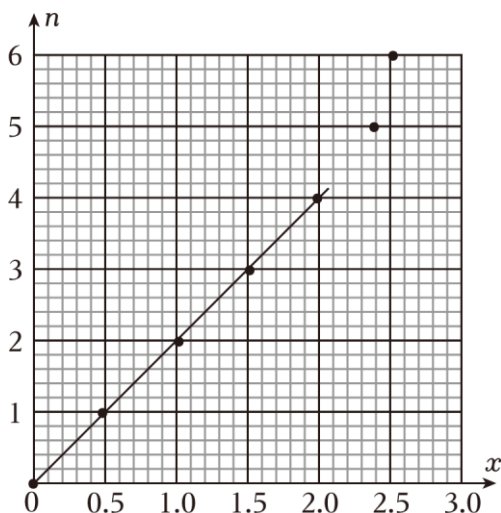
(3) 由图像为一过原点的直线可知，钩码数量与弹簧伸长长度成正比。又因为钩码为等重钩码，弹簧弹力等于钩码总重量；

(4) 根据胡克定律，由图像可以求得弹簧的劲度系数；

(5) 劲度系数是通过图像斜率 $k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$ 测得的，故弹簧自身重力对弹簧劲度系数的测量结果无影响。

【解答】解：(1) 探究弹簧弹力与形变量的关系”的实验步骤为：将弹簧竖直悬挂在装置上，在弹簧下端悬挂等重钩码，并记录弹簧伸长的长度，逐一添加钩码，重复实验，最后处理实验数据。本次实验中利用手机软件测量弹簧伸长的长度，故正确的实验步骤为 ACEBD；

(2) 以 x 为横坐标， n 为纵坐标，在坐标纸中描点画线，让多数的点分布在直线上，其余点均匀分布直线两侧，偏差太多的点舍弃，所得图像如下图



(3) 由图像为一过原点的直线可知，钩码数量与弹簧伸长长度成正比。又因为钩码为等重钩码，弹簧弹力等于钩码总重力，故在弹性限度内，弹簧的弹力与弹簧伸长量成正比；

(4) 由胡克定律 $k = \frac{F_{\text{弹}}}{x} = \frac{4 \times 5.0 \times 10^{-3} \times 10}{1.99 \times 10^{-2}} \text{ N/m} \approx 10 \text{ N/m}$ ；

(5) 劲度系数是通过图像斜率 $k = \frac{\Delta F}{\Delta x}$ 测得的，故弹簧自身重力对弹簧劲度系数的测量结果无影响。

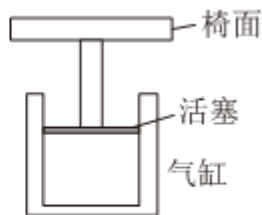
12. 图甲为气压升降椅，图乙为其模型简图，活塞与椅面的总质量为 m ，活塞横截面积为 S ，气缸内封闭一定质量的理想气体，稳定时气体柱长度为 L 。设气缸气密性、导热性能良好，忽略摩擦力。已知大气压强为 p_0 ，室内温度 T_0 ，重力加速度为 g 。

(1) 某同学盘坐上椅面，稳定后缸内气体柱长为 $\frac{L}{2}$ ，求该同学的质量 M ；

(2) 该同学坐稳定后，室内气温缓上升至 $1.1T_0$ ，求该过程外界对缸内气体做的功 W 。



图甲



图乙

【答案】（1）某同学盘坐上椅面，稳定后缸内气体柱长为 $\frac{L}{2}$ ，该同学的质量为 $m + \frac{p_0 S}{g}$ ；

（2）该同学坐稳定后，室内气温缓上升至 $1.1T_0$ ，该过程外界对缸内气体做的功为 $-0.1(p_0 S + mg)L$ 。

【分析】（1）气体做等温变化，结合玻意耳定律和受力分析联立等式得出同学的质量；

（2）气体发生等压膨胀，根据盖—吕萨克定律列式得出气体的体积，结合功的计算公式完成分析。

【解答】解：（1）人坐上椅子，缸内压强由 p_1 变为 p_2 ，气体做等温压缩，根据玻意耳定律可得：

$$p_1 L S = p_2 \times \frac{L S}{2}$$

以活塞与椅面为对象，根据受力平衡可得：

$$p_1 S = p_0 S + mg \quad p_2 S = p_0 S + mg + Mg$$

$$\text{联立解得 } M = m + \frac{p_0 S}{g}$$

（2）室内气温缓上升至 $1.1T_0$ ，气体等压膨胀，气柱的高度为 L' ，则有

$$\frac{\frac{L}{2} S}{T_0} = \frac{L' S}{1.1 T_0}$$

$$\text{又 } W = -p_2 S \left(L' - \frac{L}{2} \right)$$

$$\text{联立解得：} W = -0.1(p_0 S + mg)L$$

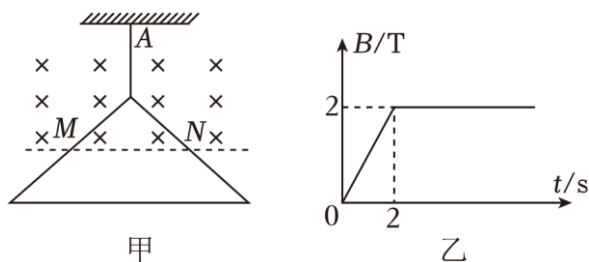
答：（1）某同学盘坐上椅面，稳定后缸内气体柱长为 $\frac{L}{2}$ ，该同学的质量为 $m + \frac{p_0 S}{g}$ ；

（2）该同学坐稳定后，室内气温缓上升至 $1.1T_0$ ，该过程外界对缸内气体做的功为 $-0.1(p_0 S + mg)L$ 。

13. 如图甲所示，质量 $m=0.1\text{kg}$ 、电阻 $R=1\Omega$ 的单匝等腰直角三角形线框用细绳悬挂于 A 点，三角形的直角边长为 $a=2\sqrt{2}\pi$ ，MN 为三角形两边的中点。从零时刻起，在 MN 连线上方加垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小按图乙规律变化。在 $t=2\text{s}$ 时细绳恰好被拉断，线框向下运动，穿出磁场时速度为 $v=2\text{m/s}$ ，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。求：

（1）0~2s 内，绳中拉力 F 随时间 t 的变化关系；

（2）从零时刻到线框全部离开磁场，线框中产生的总热量 Q 。



【答案】（1）0~2s 内，绳中拉力 F 随时间 t 的变化关系为 $F = (2t+1) \text{ N}$ ；

（2）从零时刻到线框全部离开磁场，线框中产生的总热量 Q 为 2.8J。

【分析】（1）根据法拉第电磁感应定律计算出感应电动势，根据安培力公式，计算出安培力的大小，根据平衡条件可得到拉力 F 的表达式；

（2）理解整个变化过程中的能量转化特点，分段计算出线圈产生的焦耳热。

【解答】解：（1）由题目所给的图象可知，0 - 2s 内，磁场随时间均匀变化，关系式为： $B = t$

$$\text{线框中有恒定电流为： } I = \frac{\frac{\Delta B}{\Delta t} S}{R}$$

$$\text{上式中的 } S \text{ 是线框在磁场中有效面积： } S = \frac{\frac{1}{2} a^2}{4}$$

对线框进行受力分析，由平衡条件有： $F = BIL + mg$ ，（其中 $B = 2T$ ）

$$\text{上式中的 } L \text{ 为等效长度： } L = \frac{\sqrt{2} a}{2}$$

联立代入数据解得： $F = (2t+1) \text{ N}$

（2）0 - 2s 内，线框中热量 Q_1 ，由焦耳定律有： $Q_1 = I^2 R t = 1^2 \times 1 \times 2 \text{ J} = 2 \text{ J}$

绳断后到线框全部离开磁场，线框中热量为 Q_2 ，由能量守恒定律有： $mg \frac{\sqrt{2} a}{4} = Q_2 + \frac{1}{2} m v^2$

解得： $Q_2 = 0.8 \text{ J}$

总热量： $Q = Q_1 + Q_2 = 2 \text{ J} + 0.8 \text{ J} = 2.8 \text{ J}$

答：（1）0~2s 内，绳中拉力 F 随时间 t 的变化关系为 $F = (2t+1) \text{ N}$ ；

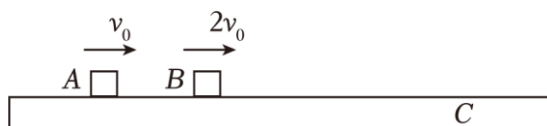
（2）从零时刻到线框全部离开磁场，线框中产生的总热量 Q 为 2.8J。

14. 质量为 $2m$ 的木板 C 静止在光滑水平面上。现将速度分别为 v_0 、 $2v_0$ 的木块 A 、 B 同时放上木板，运动方向如图，木块的质量均为 m ， A 、 B 间的距离为 d ，木块与木板之间的动摩擦因数均为 μ ，木板足够长，重力加速度取 g ，求：

（1）木块 A 在木板 C 上的滑行时间 t ；

(2) 木块 A、B 运动过程中摩擦产生的总热量 Q；

(3) 运动过程中木块 A 和木块 B 间的最大距离 L。



【答案】(1) 木块 A 在木板 C 上的滑行时间 t 为 $\frac{v_0}{2\mu g}$ ；

(2) 木块 A、B 运动过程中摩擦产生的总热量 Q 为 $\frac{11}{8}mv_0^2$ ；

(3) 运动过程中木块 A 和木块 B 间的最大距离 L 为 $(d + \frac{7v_0^2}{8\mu g})$ 。

【分析】(1) 根据牛顿第二定律分别求出各物体的加速度，当 A 与 C 速度相等时，再由运动学公式求出 A 在木板 C 上的滑行时间；

(2) 对 ABC 组成的系统研究，运用动量守恒定律求出 ABC 的共同速度，再由能量守恒定律求摩擦生热；

(3) 对 BC 组成的系统和 ABC 组成的系统分别运用能量守恒定律，求出 A、B 与 C 之间的相对距离，从而求出小木块 A 与小木块 B 的最终距离。

【解答】解：(1) A、B 刚放上 C 时，A 做加速度大小为 a_A 的匀减速运动，根据牛顿第二定律可得： $\mu mg = ma_A$

C 做加速度大小为 a_C 的匀加速运动，根据牛顿第二定律可得： $\mu mg + \mu mg = 2ma_C$

滑行时间 t 后 A 与 C 共速 v_1 ，则有 $v_1 = v_0 - a_A t = a_C t$

联立解得： $t = \frac{v_0}{2\mu g}$ ， $v_1 = \frac{v_0}{2}$

(2) A、B 和 C 系统动量守恒，共同速度为 v_2 ，则有 $mv_0 + m \cdot 2v_0 = (m + m + 2m) \cdot v_2$

解得： $v_2 = \frac{3}{4}v_0$

以 A、B 和 C 的系统为对象，根据能量守恒可得： $\frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}m(2v_0)^2 = \frac{1}{2}(m + m + 2m)v_2^2 + Q$

解得： $Q = \frac{11}{8}mv_0^2$

(3) A、B 相对 C 滑行的总距离： $\Delta x = \frac{Q}{\mu mg} = \frac{\frac{11}{8}mv_0^2}{\mu mg} = \frac{11v_0^2}{8\mu g}$

A 相对 C 滑行的距离： $\Delta x_A = \frac{v_0 + v_1}{2}t = \frac{0 + v_1}{2}t$

代入解得： $\Delta x_A = \frac{v_0^2}{4\mu g}$

所以 B 相对 C 滑行的距离： $\Delta x_B = \Delta x - \Delta x_A = \frac{9v_0^2}{8\mu g} \Delta x_B = \Delta x - \Delta x_A = \frac{11v_0^2}{8\mu g} - \frac{v_0^2}{4\mu g} = \frac{9v_0^2}{8\mu g}$

A 相对 B 间最大距离： $L = d + \Delta x_B - \Delta x_A$

代入解得： $L = d + \frac{7v_0^2}{8\mu g}$

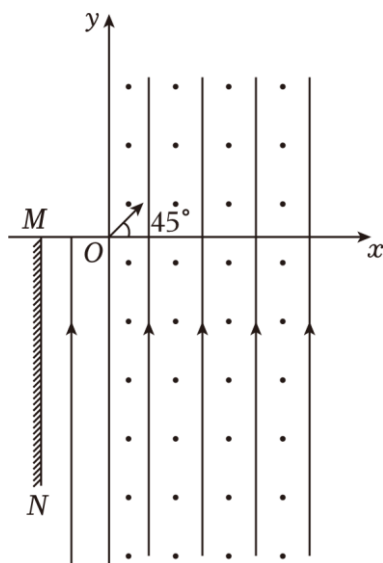
答：（1）木块 A 在木板 C 上的滑行时间 t 为 $\frac{v_0}{2\mu g}$ ；

（2）木块 A、B 运动过程中摩擦产生的总热量 Q 为 $\frac{11}{8}mv_0^2$ ；

（3）运动过程中木块 A 和木块 B 间的最大距离 L 为 $(d + \frac{7v_0^2}{8\mu g})$ 。

15. 如图所示，在 xOy 竖直平面一、四象限内有匀强磁场和竖直向上的匀强电场，电场强度为 E ，第三象限竖直向上的匀强电场，电场强度为 $\frac{E}{2}$ ，MN 为固定的竖直弹性绝缘挡板、一带正电小球甲，从坐标原点 O 沿与 x 轴正方向 45° 夹角以速度 v_0 射出，小球恰能做圆周运动；另一质量和电荷量都是甲球两倍带正电的小球乙，从 x 轴上 M 点沿 x 轴正方向以速度 $\sqrt{2}v_0$ 射出，两球在第一次到达 y 轴时恰好发生正碰，碰后两球连为一体，且碰撞时总电荷量不变。球可视为质点，与挡板弹性碰撞时水平速度大小不变，方向相反，挡板 MN 长为 $L = \frac{20v_0^2}{g}$ ，重力加速度取 g 。求：

- （1）乙球抛出后的加速度 a ；
- （2）甲、乙两球释放的时间差 Δt ；
- （3）甲、乙两球碰撞后经过 y 轴的位置。



【答案】（1）乙球抛出后的加速度 a 为 $\frac{g}{2}$ ；

（2）甲、乙两球释放的时间差 Δt 为 $(\frac{3\sqrt{2}\pi}{2} - 2\sqrt{2})\frac{v_0}{g}$ ；

（3）甲、乙两球碰撞后经过 y 轴的位置分别为 $y_1 = -\frac{4v_0^2}{g}$, $y_2 = -\frac{44v_0^2}{g}$, $y_3 = -\frac{46v_0^2}{g}$ 。

【分析】（1）根据甲球求解电场强度，对乙球用牛顿第二定律求解加速度的；

（2）甲球在电场中做类平抛运动，根据类平抛运动的规律求解甲球运动的时间；乙球在复合场中做匀速圆周运动，根据圆周运动的规律求解乙球运动的时间，再求时间差；

（3）根据动量守恒定律求解甲、乙碰撞之后的速度，求出在复合场中做匀速圆周运动在 y 轴下降的距离，求出在电场中运动在竖直方向下降的高度，同时求出在电场中水平方向的位移判断能否到 y 轴，进一步求出甲、乙两球碰撞后经过 y 轴的位置。

【解答】解：（1）甲球恰能做圆周运动，根据平衡条件有

$$qE = mg$$

解得

$$E = \frac{mg}{q}$$

对乙球受力分析，根据牛顿第二定律

$$2mg - 2q \cdot \frac{E}{2} = 2ma$$

解得

$$a = \frac{g}{2}$$

(2) 甲、乙两球在 y 轴正碰，乙球速度与 y 轴成 45° ，设甲运动时间 $t_{\text{甲}}$ ，乙运动时间 $t_{\text{乙}}$ ；

在 y 轴乙球与甲球发生正碰，故乙球速度与 y 轴的夹角为 45° ，则竖直方向根据速度与时间关系有

$$t_{\text{乙}} = \frac{\frac{\sqrt{2} v_0}{\tan 45^\circ}}{a} = \frac{2\sqrt{2} v_0}{g}$$

竖直方向根据位移与时间关系有

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{2} t_{\text{乙}}^2 = \frac{2v_0^2}{g}$$

设甲球运动半径 r，根据几何知识可知

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

根据周期公式有

$$T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi}{v_0} \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{2v_0^2}{g} = \frac{2\sqrt{2} \pi v_0}{g}$$

圆心角为 270° ，则时间为

$$t_{\text{甲}} = \frac{270^\circ}{360^\circ} \times \frac{4\sqrt{2} \pi v_0}{g} = \frac{3\sqrt{2} \pi v_0}{2g}$$

时间差为

$$\Delta t = t_{\text{甲}} - t_{\text{乙}}$$

代入解得

$$\Delta t = \left(\frac{3\sqrt{2} \pi}{2} - 2\sqrt{2} \right) \frac{v_0}{g};$$

(3) 甲、乙碰撞后速度为 v_1 ，以甲球速度的方向为正方向，根据动量守恒定律可知

$$2m \frac{\sqrt{2} v_0}{\cos 45^\circ} - m v_0 = 3m v_1$$

解得

$$v_1 = v_0$$

一起在电场和磁场的复合场中做匀速圆周运动，如下图所示，由几何知识可知下降的位移为

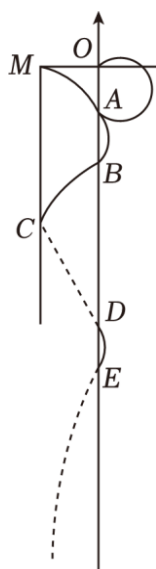
$$\Delta l_1 = 2r_1 \sin 45^\circ = \sqrt{2} r$$

圆周运动经过 y 轴 B 点的长度 y_1

$$y_1 = y_{OA} + \Delta l_1 = \frac{2v_0^2}{g} + \frac{2v_0^2}{g} = \frac{4v_0^2}{g}$$

以速度 v_1 再次进入第三象限，加速度不变仍为 a ，运动时间 t_1 与挡板碰撞，水平位移关系

$$v_1 \sin 45^\circ \cdot t_1 = \sqrt{2} v_0 \cdot t_2$$



做类平抛运动与 MN 弹性碰撞向下的长度 y_{BC}

$$y_{BC} = v_0 \cos 45^\circ \cdot t_1 + \frac{1}{2} a (t_1)^2 = \frac{12v_0^2}{g}$$

$$y_{OC} = y_{OB} + y_{BC} = \frac{16v_0^2}{g} < L = \frac{20v_0^2}{g}$$

能够和 MN 碰撞于 C 点

从 B 点到与 MN 碰撞后运动至 D 点交于 y 轴，下降的位移 y_{BD}

$$y_{BD} = v_0 \cos 45^\circ \cdot 2t_1 + \frac{1}{2} a (2t_1)^2 = \frac{40v_0^2}{g}$$

$$y_2 = y_1 + y_{BD} = \frac{44v_0^2}{g}$$

与 MN 碰撞后经过 y 轴的速度在 x 方向的分量 v_x 始终不变，做圆周运动时，DE 距离

$$\Delta l_2 = 2r_2 \sin \theta = 2 \frac{3mv_2}{3qB} \sin \theta = 2 \frac{mv_x}{qB} = 2 \frac{mv_0 \sin 45^\circ}{qB} = \Delta l_1$$

做圆周运动经过 y 轴 E 点的长度 y_3

$$y_3 = y_2 + \Delta l = \frac{46v_0^2}{g} > L = \frac{20v_0^2}{g}$$

与 MN 不再碰

故小球碰撞后有 3 次经过 y 轴位置分别为 $y_1 = -\frac{4v_0^2}{g}$ $y_2 = -\frac{44v_0^2}{g}$ $y_3 = -\frac{46v_0^2}{g}$ 。

答：（1）乙球抛出后的加速度 a 为 $\frac{g}{2}$ ；

（2）甲、乙两球释放的时间差 Δt 为 $(\frac{3\sqrt{2}\pi}{2} - 2\sqrt{2})\frac{v_0}{g}$ ；

（3）甲、乙两球碰撞后经过 y 轴的位置分别为 $y_1 = -\frac{4v_0^2}{g}$ ， $y_2 = -\frac{44v_0^2}{g}$ ， $y_3 = -\frac{46v_0^2}{g}$ 。