

绝密★启用前

2017年普通高等学校招生全国统一考试（江苏卷）

物理

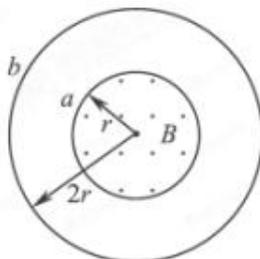
注意事项

考生在答题前请认真阅读本注意事项及各题答题要求

1. 本试卷共8页，包含选择题（第1题~第9题，共9题）、非选择题（第10题~第15题，共6题）两部分。本卷满分为120分，考试时间为100分钟。考试结束后，请将本试卷和答题卡一并交回。
2. 答题前，请务必将自己的姓名、准考证号用0.5毫米黑色墨水的签字笔填写在试卷及答题卡的规定位置。
3. 请认真核对监考员在答题卡上所粘贴的条形码上的姓名、准考证号与本人是否相符。
4. 作答选择题，必须用2B铅笔将答题卡上对应选项的方框涂满、涂黑；如需改动，请用橡皮擦干净后，再选涂其他答案。答非选择题，必须用0.5毫米黑色墨水的签字笔在答题卡上的指定位置作答，在其他位置作答一律无效。
5. 如需作图，须用2B铅笔绘、写清楚，线条、符号等须加黑、加粗。

一、单项选择题：本题共5小题，每小题3分，共计15分。每小题只有一个选项符合题意。

1. 如图所示，两个单匝线圈 $a$ 、 $b$ 的半径分别为 $r$ 和 $2r$ 。圆形匀强磁场 $B$ 的边缘恰好与 $a$ 线圈重合，则穿过 $a$ 、 $b$ 两线圈的磁通量之比为

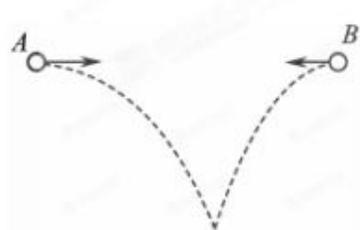


- (A) 1:1 (B) 1:2 (C) 1:4 (D) 4:1

**【答案】A**

**【解析】**根据磁通量的定义，当 $B$ 垂直于 $S$ 时，穿过线圈的磁通量为 $\Phi=BS$ ，其中 $S$ 为有磁感线穿过区域的面积，所以图中 $a$ 、 $b$ 两线圈的磁通量相等，所以A正确；BCD错误。

2. 如图所示，A、B两小球从相同高度同时水平抛出，经过时间  $t$  在空中相遇，若两球的抛出速度都变为原来的 2 倍，则两球从抛出到相遇经过的时间为

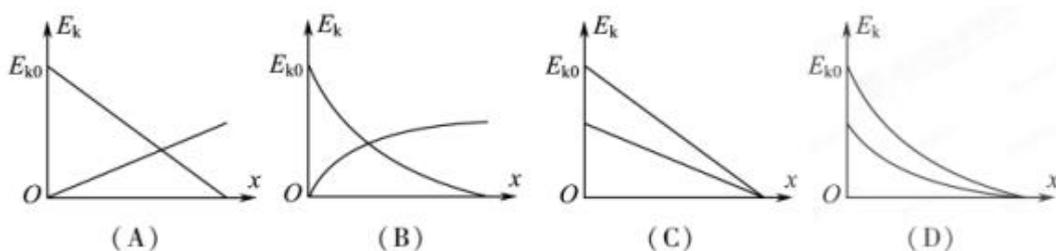


- (A)  $t$  (B)  $\frac{\sqrt{2}}{2}t$  (C)  $\frac{t}{2}$  (D)  $\frac{t}{4}$

【答案】C

【解析】设第一次抛出时 A 球速度为  $v_1$ ，B 球速度为  $v_2$ ，则 A、B 间水平距离  $x=(v_1+v_2)t$ ，第二次两球速度为第一次的 2 倍，但水平距离不变，则  $x=2(v_1+v_2)T$ ，联立得  $T=t/2$ ，所以 C 正确；A、B、D 错误。

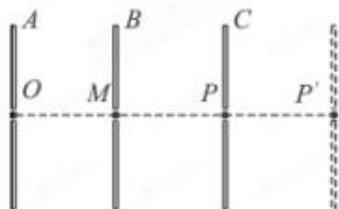
3. 一小物块沿斜面向上滑动，然后滑回到原处。物块初动能为  $E_{k0}$ ，与斜面间的动摩擦因数不变，则该过程中，物块的动能  $E_k$  与位移  $x$  关系的图线是 ( )



【答案】C

【解析】向上滑动的过程中，根据动能定理： $0 - E_{k0} = -(mg + F_f)x$ ，同理，下滑过程，由动能定理可得： $E_k - 0 = (mg - F_f)x$ ，故 C 正确；A、B、D 错误。

4. 如图所示，三块平行放置的带电金属薄板 A、B、C 中央各有一小孔，小孔分别位于 O、M、P 点。由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点。现将 C 板向右平移到 P' 点，则由 O 点静止释放的电子



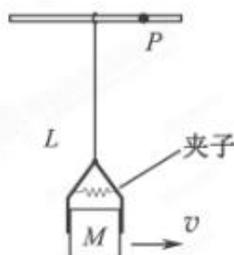
- (A) 运动到  $P$  点返回
- (B) 运动到  $P$  和  $P'$  点之间返回
- (C) 运动到  $P'$  点返回
- (D) 穿过  $P'$  点

【答案】A

【解析】设  $AB$  板间的电势差为  $U_1$ ， $BC$  间电势差为  $U_2$ ，板间距为  $d$ ，电场强度为  $E$ ，第一次由  $O$  点静止释放的电子恰好能运动到  $P$  点，根据动能定理得： $qU_1 = qU_2 = qEd$ ，将  $C$  板向右移动， $BC$  板间的电场强度：

$E = \frac{U}{d} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_0}$  不变，所以电子还是运动到  $P$  点速度减小为零，然后返回，故 A 正确；B、C、D 错误。

5. 如图所示，一小物块被夹子夹紧，夹子通过轻绳悬挂在小环上，小环套在水平光滑细杆上，物块质量为  $M$ ，到小环的距离为  $L$ ，其两侧面与夹子间的最大静摩擦力均为  $F$ 。小环和物块以速度  $v$  向右匀速运动，小环碰到杆上的钉子  $P$  后立刻停止，物块向上摆动。整个过程中，物块在夹子中没有滑动。小环和夹子的质量均不计，重力加速度为  $g$ 。下列说法正确的是



- (A) 物块向右匀速运动时，绳中的张力等于  $2F$
- (B) 小环碰到钉子  $P$  时，绳中的张力大于  $2F$
- (C) 物块上升的最大高度为  $\frac{2v^2}{g}$
- (D) 速度  $v$  不能超过  $\sqrt{\frac{(2F - Mg)L}{M}}$

【答案】D

【解析】由题意知， $F$  为夹子与物块间的最大静摩擦力，但在实际运动过程中，夹子与物块间的静摩擦力没有达到最大，故物块向右匀速运动时，绳中的张力等于  $Mg$ ，不等于  $2F$ ，A 错误；环碰到钉子时，物块做圆周运动， $F_T - Mg = M \frac{v^2}{l}$ ，绳上的拉力大于物块的重力  $Mg$ ，当绳上拉力大于  $2F$  时，物块将从夹子中滑出，即  $2F - Mg = M \frac{v^2}{l}$ ，此时速度  $v = \sqrt{\frac{(2F - Mg)l}{M}}$ ，故 B 错误；D 正确；滑块能上升的最大高度， $h = \frac{v^2}{2g}$ ，所以 C 错误。

二、多项选择题：本题共 4 小题，每小题 4 分，共计 16 分。每小题有多个选项符合题意。全部选对的得 4 分，选对但不全的得 2 分。错选或不答的得 0 分。

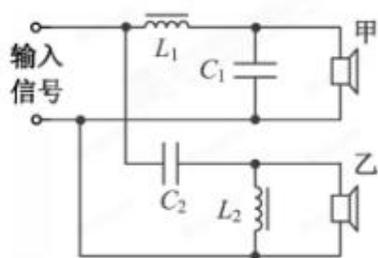
6. “天舟一号”货运飞船于 2017 年 4 月 20 日在文昌航天发射中心成功发射升空，与“天宫二号”空间实验室对接前，“天舟一号”在距离地面约 380 km 的圆轨道上飞行，则其（ ）

- (A) 角速度小于地球自转角速度
- (B) 线速度小于第一宇宙速度
- (C) 周期小于地球自转周期
- (D) 向心加速度小于地面的重力加速度

【答案】BCD

【解析】根据  $G \frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r = ma$  知，天舟一号的角速度大于同步卫星的角速度，而同步卫星的角速度等于地球自转的角速度，所以天舟一号的角速度大于地球自转角速度，周期小于地球自转的周期，故 A 错误；C 正确；第一宇宙速度为最大的环绕速度，所以天舟一号的线速度小于第一宇宙速度，B 正确；地面重力加速度为  $g = \frac{GM}{R^2}$ ，故天舟一号的向心加速度  $a$  小于地面的重力加速度  $g$ ，故 D 正确。

7. 某音响电路的简化电路图如图所示，输入信号既有高频成分，也有低频成分，则（ ）



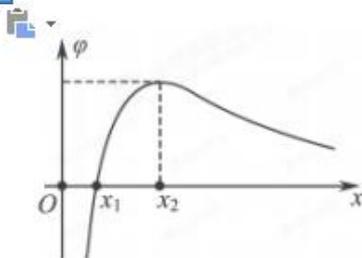
- (A) 电感  $L_1$  的作用是通高频
- (B) 电容  $C_2$  的作用是通高频

- (C) 扬声器甲用于输出高频成分  
(D) 扬声器乙用于输出高频成分

【答案】BD

【解析】电感线圈对交流电的阻碍作用由感抗描述， $X_L = 2\pi fL$ ，频率越高阻碍作用越大，对输入端的高频和低频交流信号的作用是通低频阻高频，所以 A 错误；电容对交流的阻碍作用  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ，频率越高阻碍作用越小，所以是通高频阻低频，故 BD 正确；C 错误。

8. 在  $x$  轴上有两个点电荷  $q_1$ 、 $q_2$ ，其静电场的电势  $\varphi$  在  $x$  轴上分布如图所示。下列说法正确有 ( )

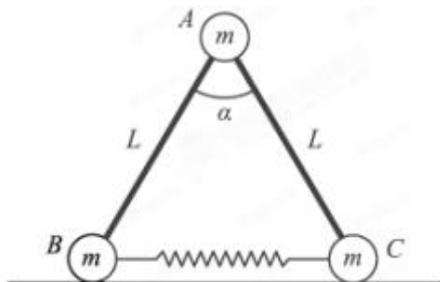


- (A)  $q_1$  和  $q_2$  带有异种电荷  
(B)  $x_1$  处的电场强度为零  
(C) 负电荷从  $x_1$  移到  $x_2$ ，电势能减小  
(D) 负电荷从  $x_1$  移到  $x_2$ ，受到的电场力增大

【答案】AC

【解析】由图知  $x_1$  处的电势等于零，所以  $q_1$  和  $q_2$  带有异种电荷，A 正确，图像的斜率描述该处的电场强度，故  $x_1$  处场强不为零，B 错误；负电荷从  $x_1$  移到  $x_2$ ，由低电势向高电势移动，电场力做正功，电势能减小，故 C 正确；由图知，从  $x_1$  移到  $x_2$ ，电场强度越来越小，故电荷受电场力减小，所以 D 错误。

9. 如图所示，三个小球  $A$ 、 $B$ 、 $C$  的质量均为  $m$ ， $A$  与  $B$ 、 $C$  间通过铰链用轻杆连接，杆长为  $L$ ， $B$ 、 $C$  置于水平地面上，用一轻质弹簧连接，弹簧处于原长。现  $A$  由静止释放下降到最低点，两轻杆间夹角  $\alpha$  由  $60^\circ$  变为  $120^\circ$ ， $A$ 、 $B$ 、 $C$  在同一竖直平面内运动，弹簧在弹性限度内，忽略一切摩擦，重力加速度为  $g$ 。则此下降过程中



- (A)  $A$  的动能达到最大前， $B$  受到地面的支持力小于  $\frac{3}{2}mg$
- (B)  $A$  的动能最大时， $B$  受到地面的支持力等于  $\frac{3}{2}mg$
- (C) 弹簧的弹性势能最大时， $A$  的加速度方向竖直向下
- (D) 弹簧的弹性势能最大值为  $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$

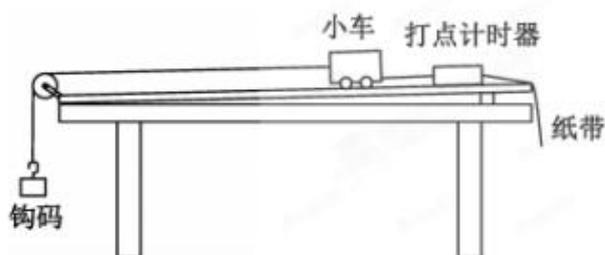
【答案】AB

【解析】 $A$  球动能最大时，速度最大，受合外力为零，以  $ABC$  整体为研究对象，在竖直方向：向下的重力  $3mg$ ，向上的  $B$ 、 $C$  两球受地面的支持力  $F_N$ ，即  $2F_N=3mg$ ，所以  $B$ 、 $C$  受到地面的支持力等于  $\frac{3}{2}mg$ ，故  $B$  正确； $A$  的动能达到最大前，有向下的加速度，所以整体向下的合力小于  $3mg$ ，故  $B$ 、 $C$  受到地面的支持力小于  $\frac{3}{2}mg$ ，所以  $A$  正确；当  $A$  下降至最低点，弹簧形变量最大，弹性势能最大，此时  $A$  的加速度向上，故  $C$  错误；弹簧的最大弹性势能等于  $A$  球下降至最低点时减少的重力势能，即  $E_p = mg \left( \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \right) L$ ，所以  $D$  错误。

三、简答题：本题分必做题（第 10、11 题）和选做题（第 12 题）两部分，共计 42 分。请将解答填写在答题卡相应的位置。

【必做题】

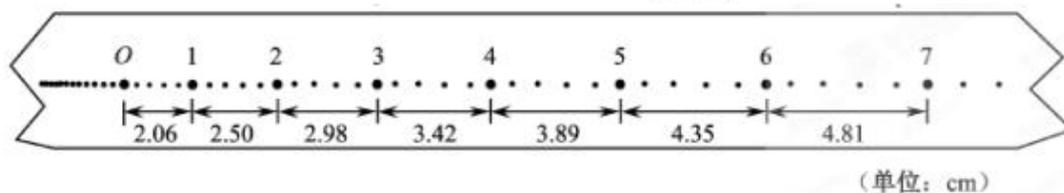
10. (8 分) 利用如题 10-1 图所示的实验装置探究恒力做功与物体动能变化的关系。小车的质量为  $M=200.0\text{g}$ ，钩码的质量为  $m=10.0\text{g}$ ，打点计时器的电源为  $50\text{Hz}$  的交流电。



(题 10-1 图)

(1) 挂钩码前，为了消除摩擦力的影响，应调节木板右侧的高度，直至向左轻推小车观察到 \_\_\_\_\_。

(2) 挂上钩码，按实验要求打出的一条纸带如题 10-2 图所示。选择某一点为  $O$ ，一次每隔 4 个计时点取一个计数点。用刻度尺量出相邻计数点间的距离  $\Delta x$ ，记录在纸带上。计算打出各计数点时小车的速度  $v$ ，其中打出计数点“1”时小车的速度  $v_1 =$  \_\_\_\_\_ m/s。

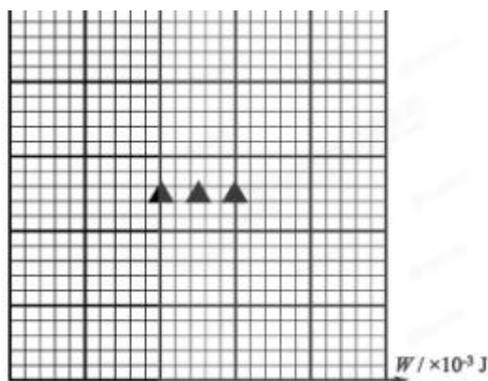


(题 10-2 图)

(3) 将钩码的重力视小车受到的拉力，取  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ ，利用  $W=mg \Delta x$  算出拉力对小车做的功  $W$ 。利用  $E_k = \frac{1}{2} Mv^2$  算出小车动能，并求出动能的变化量  $\Delta E_k$ 。计算结果见下表。

$W / \times 10^{-3} \text{ J}$	2.45	2.92	3.35	3.81	4.26
$\Delta E_k / \times 10^{-3} \text{ J}$	2.31	2.73	3.12	3.61	4.00

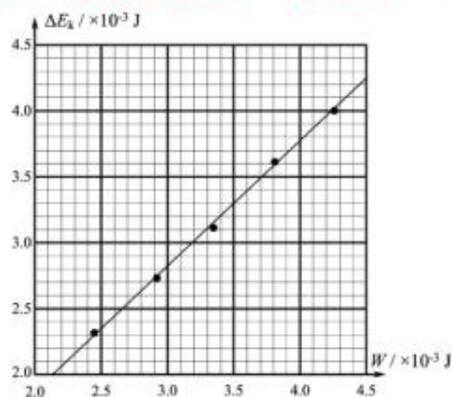
请根据表中的数据，在答题卡的方格纸上作出  $\Delta E_k - W$  图象。



(4) 实验结果表明， $\Delta E_k$  总是略小于  $W$ 。某同学猜想是由于小车所受拉力小于钩码重力造成的。用题中小车和钩码质量的数据可算出小车受到的实际拉力  $F = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

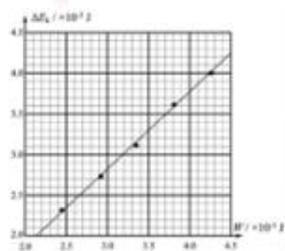
【答案】(1) 小车做匀速运动 (2) 0.228

(3)



(4) 0.093

【解析】(1) 小车能够自由做匀速运动，纸带上打出间距均匀的点，则表明平衡摩擦；(2) 相邻计数点间时间间隔为  $T=0.1\text{s}$ ， $v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 0.228\text{m/s}$ ；(3) 描点画图，如图所示



；(4) 对整体，根据牛顿第二定律： $mg=(m+M)a$ ，钩码： $mg-F_T=ma$ ，联立解得：

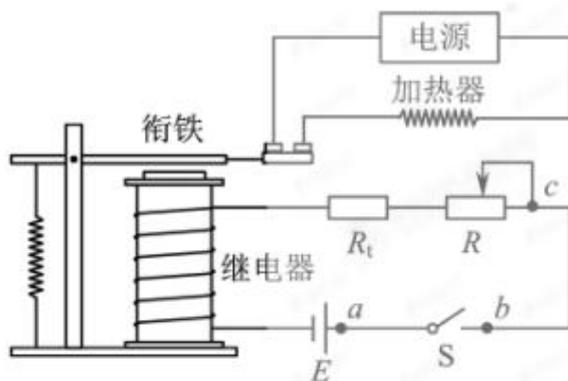
$$\text{绳上拉力：} F_T = \frac{Mm}{M+m}g = 0.093\text{N}$$

11. (10分) 某同学通过实验制作一个简易的温控装置，实验原理电路图如图 11-1 图所示，继电器与热敏电阻  $R_t$ 、滑动变阻器  $R$  串联接在电源  $E$  两端，当继电器的电流超过  $15\text{ mA}$  时，衔铁被吸合，加热器停止加热，实现温控。继电器的电阻约为  $20\ \Omega$ ，热敏电阻的阻值  $R_t$  与温度  $t$  的关系如下表所示

$t / ^\circ\text{C}$	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
$R_t / \Omega$	199.5	145.4	108.1	81.8	62.9	49.1

(1) 提供的实验器材有：电源  $E_1$  (3 V，内阻不计)、电源  $E_2$  (6 V，内阻不计)、滑动变阻器  $R_1$  (0~200 $\Omega$ )、滑动变阻器  $R_2$  (0~500 $\Omega$ )、热敏电阻  $R_t$ 、继电器、电阻箱 (0~999.9  $\Omega$ )、开关  $S$ 、导线若干。

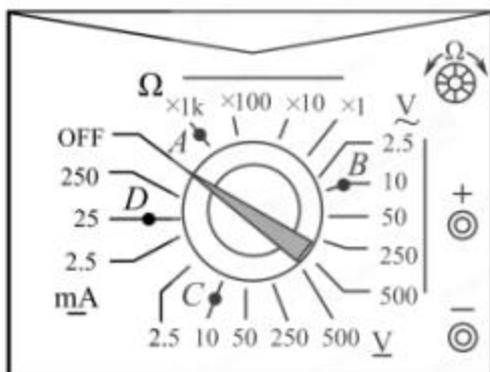
为使该装置实现对  $30\sim 80^\circ\text{C}$  之间任一温度的控制，电源  $E$  应选用 \_\_\_\_\_ (选填“ $E_1$ ”或“ $E_2$ ”)，滑动变阻器  $R$  应选用 \_\_\_\_\_ (选填“ $R_1$ ”或“ $R_2$ ”)。



(题 11-1 图)

(2) 实验发现电路不工作。某同学为排查电路故障，用多用电表测量各接点间的电压，则应将如图 11-2 图所示的选择开关旋至 \_\_\_\_\_ (选填“ $A$ ”、“ $B$ ”、“ $C$ ”或“ $D$ ”)

(3) 合上开关  $S$ ，用调节好的多用电表进行排查，在题 11-1 图中，若只有  $b、c$  间断路，则应发现表笔接入  $a、b$  时指针 \_\_\_\_\_ (选填“偏转”或“不偏转”)，接入  $a、c$  时指针 \_\_\_\_\_ (选填“偏转”或“不偏转”)。



(题 11-2 图)

(4) 排除故障后，欲使衔铁在热敏电阻为  $50^{\circ}\text{C}$  时被吸合，下列操作步骤正确顺序是\_\_\_\_\_。  
(填写各步骤前的序号)

- ①将热敏电阻接入电路
- ②观察到继电器的衔铁被吸合
- ③断开开关，将电阻箱从电路中移除
- ④合上开关，调节滑动变阻器的阻值
- ⑤断开开关，用电阻箱替换热敏电阻，将阻值调至  $108.1\Omega$

【答案】(1)  $E_2$   $R_2$  (2) C (3) 不偏转 偏转 (4) ⑤④②③①

【解析】(1)由表格数据知，当温度为  $30^{\circ}$  时，热敏电阻阻值为  $199.5\Omega$ ，继电器的阻值  $R_0=20\Omega$ ，当电流为  $15\text{mA}$  时， $E=I(R_t+R_0)=3.3\text{V}$ ，所以电源选  $E_2$ ， $80^{\circ}$  时，热敏电阻阻值  $R_t=49.1\Omega$ ，则

$E_2=I(R_t+R_0+R)$ ，此时变阻器阻值  $R=330.9\Omega$ ，所以变阻器选择  $R_2$ ；(2)多用电表做电压表测量电压，旋钮旋至直流电压档 C 处；(3)若只有  $b$ 、 $c$  间断路，表笔接入  $a$ 、 $b$  时，整个回路断路，电表指针不偏转，接入  $a$ 、 $c$  时电流流经电表，故指针偏转；

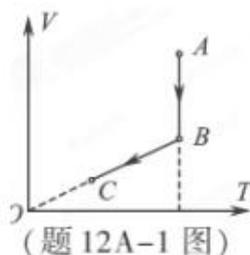
(4)  $50^{\circ}\text{C}$  时，热敏电阻阻值为  $108.1\Omega$ ，所以应将电阻箱阻值调至  $108.1\Omega$ ，调节变阻器，使衔铁吸合，再将电阻箱换成热敏电阻，故顺序为 ⑤④②③①

12. 【选做题】本题包括 A、B、C 三小题，请选定其中两小题，并在相应的答题区域内作答。若多做，则按 A、B 两小题评分。

A. [选修 3-3] (12 分)

(1)一定质量的理想气体从状态 A 经过状态 B 变化到状态 C，其  $V-T$  图象如图 12A-1 图所示。下列说法正确的有\_\_\_\_\_。

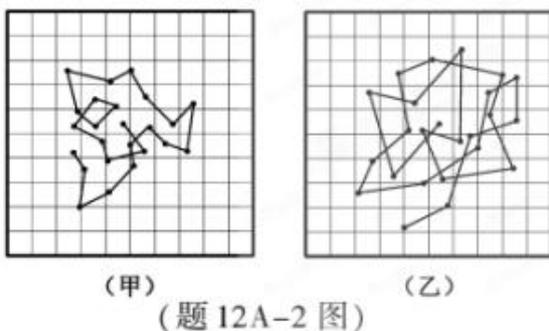
- (B)  $A \rightarrow B$  的过程中，气体放出热量
- (C)  $B \rightarrow C$  的过程中，气体压强不变
- (D)  $A \rightarrow B \rightarrow C$  的过程中，气体内能增加



【答案】BC

【解析】由图知  $A \rightarrow B$  的过程中，温度不变，体积减小，故外界对气体做功，所以 A 错误；根据热力学定律知， $A \rightarrow B$  的过程中，气体放出热量，B 正确； $B \rightarrow C$  的过程为等压变化，气体压强不变，C 正确； $A \rightarrow B \rightarrow C$  的过程中，温度降低，气体内能减小，故 D 错误。

(2) 题 12A-2 (甲) 和 (乙) 图中是某同学从资料中查到的两张记录水中炭粒运动位置连线的图片，记录炭粒位置的时间间隔均为 30 s，两方格纸每格表示的长度相同。比较两张图片可知：若水温相同，\_\_\_\_\_ (选填“甲”或“乙”) 中炭粒的颗粒较大；若炭粒大小相同，\_\_\_\_\_ (选填“甲”或“乙”) 中水分子的热运动较剧烈。



【答案】甲 乙

【解析】温度相同，颗粒越大，布朗运动越不明显，所以若水温相同，甲中炭粒的颗粒较大；若炭粒大小相同，温度越高，布朗运动越明显，故乙中水分子的热运动较剧烈。

(3) 科学家可以运用无规则运动的规律来研究生物蛋白分子。资料显示，某种蛋白的摩尔质量为  $66 \text{ kg/mol}$ ，其分子可视为半径为  $3 \times 10^{-9} \text{ m}$  的球，已知阿伏伽德罗常数为  $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。请估算该蛋白的密度。(计算结果保留一位有效数字)

**【答案】**  $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

**【解析】** 摩尔体积  $V = \frac{4}{3}\pi r^3 N_A$  (或  $V = (2r)^3 N_A$ )

由密度  $\rho = \frac{M}{V}$ , 解得  $\rho = \frac{3M}{4\pi r^3 N_A}$  (或  $\rho = \frac{M}{8r^3 N_A}$ )

代入数据得  $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  (或  $\rho = 5 \times 10^2 \text{ kg/m}^3, 5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3$  都对)

B. [选修3-4] (12分)

(1) 接近光速飞行的飞船和地球上各有一只相同的铯原子钟，飞船和地球上的人观测这两只钟的快慢，下列说法正确的有\_\_\_\_\_。

- (A) 飞船上的人观测到飞船上的钟较快
- (B) 飞船上的人观测到飞船上的钟较慢
- (C) 地球上的人观测到地球上的钟较快
- (D) 地球上的人观测到地球上的钟较慢

**【答案】** AC

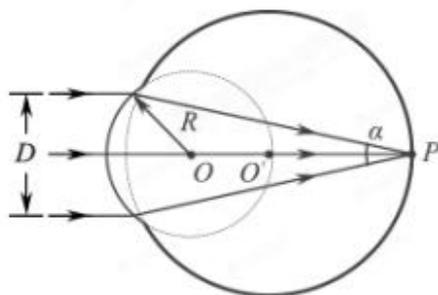
**【解析】** 飞船相对地球高速运动，所以地球上的人观测飞船上的时钟较慢，而地球相对飞船高速运动，所以飞船上的人认为地球上的时钟较慢，所以 A、C 正确；B、D 错误。

(2) 野生大象群也有自己的“语言”。研究人员录下象群“语言”交流时发出的声音，发现以 2 倍速度快速播放时，能听到比正常播放时更多的声音。播放速度变为原来的 2 倍时，播出声波的\_\_\_\_\_ (选填“周期”或“频率”) 也变为原来的 2 倍，声波的传播速度\_\_\_\_\_ (选填“变大”、“变小”或“不变”)。

**【答案】** 频率 不变

**【解析】** 频率由波源决定，播放速度变为原来的 2 倍时，播出声波的频率变为原来两倍，传播速度由介质决定，所以传播速度不变。

(3) 人的眼球可简化为如图所示的模型，折射率相同、半径不同的两个球体共轴，平行光束宽度为  $D$ ，对称地沿轴线方向射入半径为  $R$  的小球，会聚在轴线上的  $P$  点。取球体的折射率为  $\sqrt{2}$ ，且  $D = \sqrt{2} R$ ，求光线的会聚角  $\alpha$ 。(示意图未按比例画出)



【答案】 $30^\circ$

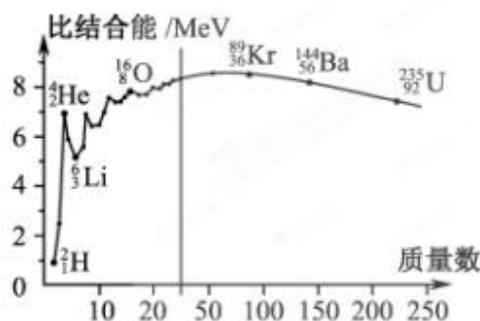
【解析】由几何关系  $\sin i = \frac{D}{2R}$ ，解得  $i = 45^\circ$

则由折射定律  $\frac{\sin i}{\sin \gamma} = n$ ，解得  $\gamma = 30^\circ$

且  $i = \gamma + \frac{\alpha}{2}$ ，解得  $\alpha = 30^\circ$

C. [选修3-5] (12分)

(1) 原子核的比结合能曲线如图所示，根据该曲线，下列判断中正确的有     ▲    。



- (A)  ${}^4_2\text{He}$  核的结合能约为 14 MeV
- (B)  ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核更稳定
- (C) 两个  ${}^2_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时释放能量
- (D)  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核中核子的平均结合能比  ${}^{60}_{36}\text{Kr}$  核中的大

【答案】BC

【解析】由图知  ${}^4_2\text{He}$  核的比结合能约为  $7\text{MeV}$ ，所以结合能约为  $4 \times 7 = 28\text{MeV}$ ，故 A 错误；

${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核的比结合能大，所以更稳定； ${}^4_2\text{He}$  核比  ${}^6_3\text{Li}$  核更稳定，B 正确；两个  ${}^1_1\text{H}$  核结合成  ${}^4_2\text{He}$  核时，即由比结合能小的反应生成比结合能大的释放能量，C 正确；由图知  ${}^{235}_{92}\text{U}$  核中核子的平均结合能比  ${}^{39}_{36}\text{Kr}$  核中的小，所以 D 错误。

(2) 质子 ( ${}^1_1\text{H}$ ) 和  $\alpha$  粒子 ( ${}^4_2\text{He}$ ) 被加速到相同动能时，质子的动量 ▲ (选填“大于”、“小于”或“等于”)  $\alpha$  粒子的动量，质子和  $\alpha$  粒子的德布罗意波波长之比为 ▲。

【答案】小于 2:1

**【解析】** 动量与动能的关系:  $P^2 = 2mE_k$ , 又质子的质量小于  $\alpha$  粒子的质量所以质子的动量小于  $\alpha$  粒子的动量, 且  $\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \frac{1}{2}$ ; 根据  $\lambda = \frac{h}{p}$ , 可得质子和  $\alpha$  粒子的德布罗意波波长之比为 2:1

(3) 甲、乙两运动员在做花样滑冰表演, 沿同一直线相向运动, 速度大小都是 1 m/s, 甲、乙相遇时用力推对方, 此后都沿各自原方向的反方向运动, 速度大小分别为 1 m/s 和 2 m/s. 求甲、乙两运动员的质量之比。

【答案】3:2

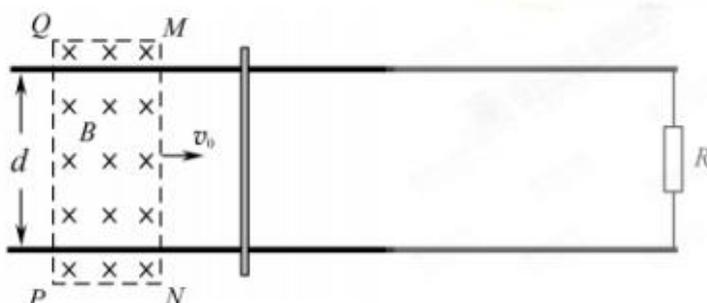
**【解析】** 由动量守恒  $m_1v_1 - m_2v_2 = m_2v'_2 - m_1v'_1$

解得  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2 + v'_2}{v_1 + v'_1}$

代入数据得  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{2}$

四、计算题: 本题共 3 小题, 共计 47 分. 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. 有数值计算的题, 答案中必须明确写出数值和单位.

13. (15 分) 如图所示, 两条相距  $d$  的平行金属导轨位于同一水平面内, 其右端接一阻值为  $R$  的电阻. 质量为  $m$  的金属杆静置在导轨上, 其左侧的矩形匀强磁场区域  $MNPQ$  的磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向下. 当该磁场区域以速度  $v_0$  匀速地向右扫过金属杆后, 金属杆的速度变为  $v$ . 导轨和金属杆的电阻不计, 导轨光滑且足够长, 杆在运动过程中始终与导轨垂直且两端与导轨保持良好接触. 求:



- (1)  $MN$  刚扫过金属杆时，杆中感应电流的大小  $I$ ；  
 (2)  $MN$  刚扫过金属杆时，杆的加速度大小  $a$ ；  
 (3)  $PQ$  刚要离开金属杆时，感应电流的功率  $P$ 。

【答案】(1)  $I = \frac{Bdv_0}{R}$  (2)  $a = \frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$  (3)  $P = \frac{B^2 d^2 (v_0 - v)^2}{R}$

【解析】(1) 感应电动势  $E = Bdv_0$  感应电流  $I = \frac{E}{R}$  解得  $I = \frac{Bdv_0}{R}$

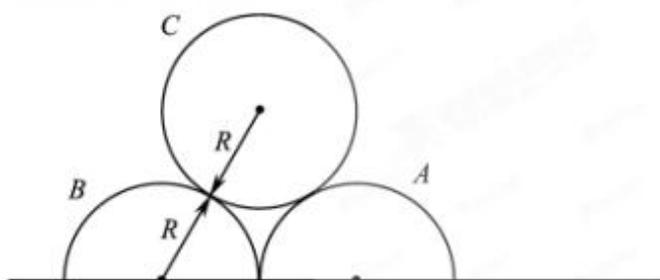
(2) 安培力  $F = BId$  牛顿第二定律  $F = ma$  解得  $a = \frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$

(3) 金属杆切割磁感线的速度  $v' = v_0 - v$ ，则

感应电动势  $E = Bd(v_0 - v)$  电功率  $P = \frac{E^2}{R}$  解得  $P = \frac{B^2 d^2 (v_0 - v)^2}{R}$

14. (16分) 如图所示，两个半圆柱  $A$ 、 $B$  紧靠着静置于水平地面上，其上有一光滑圆柱  $C$ ，三者半径均为  $R$ 。  $C$  的质量为  $m$ ， $A$ 、 $B$  的质量都为  $\frac{m}{2}$ ，与地面的动摩擦因数均为  $\mu$ 。现用水平向右的力拉  $A$ ，使  $A$  缓慢移动，直至  $C$  恰好降到地面。整个过程中  $B$  保持静止。设最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为  $g$ 。求：

- (1) 未拉  $A$  时， $C$  受到  $B$  作用力的大小  $F$ ；  
 (2) 动摩擦因数的最小值  $\mu_{\min}$ ；  
 (3)  $A$  移动的整个过程中，拉力做的功  $W$ 。



【答案】(1)  $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$  (2)  $\mu_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}$  (3)  $W = (2\mu - 1)(\sqrt{3} - 1)mgR$

【解析】(1) C 受力平衡  $2F\cos 30^\circ = mg$  解得  $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$

(2) C 恰好降落到地面时，B 受 C 压力的水平分力最大  $F_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$

B 受地面的摩擦力  $f = \mu mg$  根据题意  $f_{\min} = F_{\max}$ ，解得  $\mu_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

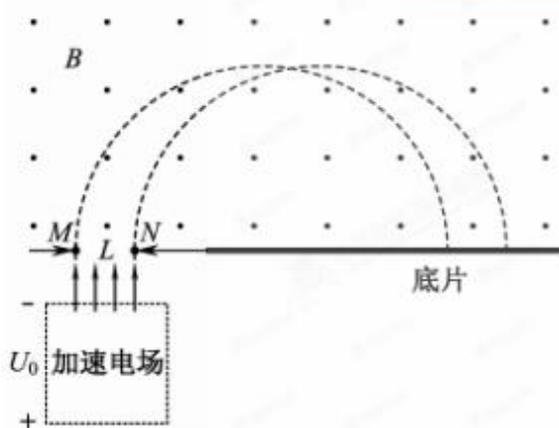
(3) C 下降的高度  $h = (\sqrt{3} - 1)R$  A 的位移  $x = 2(\sqrt{3} - 1)R$

摩擦力做功的大小  $W_f = fx = 2(\sqrt{3} - 1)\mu mgR$

根据动能定理  $W - W_f + mgh = 0 - 0$

解得  $W = (2\mu - 1)(\sqrt{3} - 1)mgR$

15. (16分) 一台质谱仪的工作原理如图所示。大量的甲、乙两种离子飘入电压为  $U_0$  的加速电场，其初速度几乎为 0，经过加速后，通过宽为  $L$  的狭缝  $MN$  沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度为  $B$  的匀强磁场中，最后打到照相底片上。已知甲、乙两种离子的电荷量均为  $+q$ ，质量分别为  $2m$  和  $m$ ，图中虚线为经过狭缝左、右边界  $M$ 、 $N$  的甲种离子的运动轨迹。不考虑离子间的相互作用。



- (1) 求甲种离子打在底片上的位置到  $N$  点的最小距离  $x$ ;
- (2) 在答题卡的图中用斜线标出磁场中甲种离子经过的区域，并求该区域最窄处的宽度  $d$ ;
- (3) 若考虑加速电压有波动，在  $(U_0 - \Delta U)$  到  $(U_0 + \Delta U)$  之间变化，要使甲、乙两种离子在底片上没有重叠，求狭缝宽度  $L$  满足的条件.

**【答案】** (1)  $x = \frac{4}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - L$  (2)  $d = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - \sqrt{\frac{4mU_0}{qB^2} - \frac{L^2}{4}}$

(3)  $L < \frac{2}{B} \sqrt{\frac{m}{q}} [2\sqrt{(U_0 - \Delta U)} - \sqrt{2(U_0 + \Delta U)}]$

**【解析】** (1) 设甲种离子在磁场中的运动半径为  $r_1$

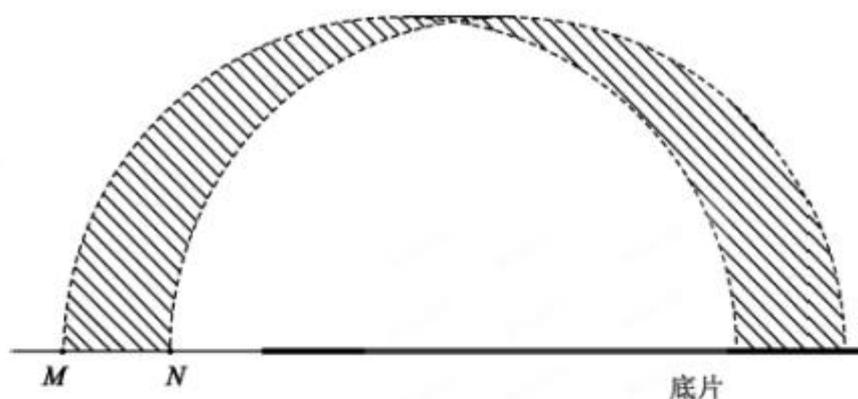
电场加速  $qU_0 = \frac{1}{2} \times 2mv^2$  且  $qvB = 2m \frac{v^2}{r_1}$  解得  $r_1 = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}}$

根据几何关系  $x = 2r_1 - L$  解得  $x = \frac{4}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - L$

(2) (见图) 最窄处位于过两虚线交点的垂线上

$$d = r_1 - \sqrt{r_1^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

解得  $d = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - \sqrt{\frac{4mU_0}{qB^2} - \frac{L^2}{4}}$



(3) 设乙种离子在磁场中的运动半径为  $r_2$   
 $r_2$  的最小半径

$$r_{1\min} = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{m(U_0 - \Delta U)}{q}}$$

$$r_2 \text{ 的最大半径 } r_{2\max} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m(U_0 + \Delta U)}{q}}$$

由题意知  $2r_{1\min} - 2r_{2\max} > L$ , 即  $\frac{4}{B} \sqrt{\frac{m(U_0 - \Delta U)}{q}} - \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2m(U_0 + \Delta U)}{q}} > L$

$$\text{解得 } L < \frac{2}{B} \sqrt{\frac{m}{q}} [2\sqrt{(U_0 - \Delta U)} - \sqrt{2(U_0 + \Delta U)}]$$