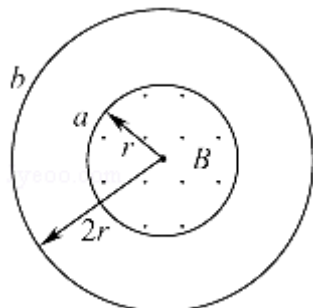


2017 年普通高等学校招生全国统一考试(江苏卷)物理

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. (3 分) 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()

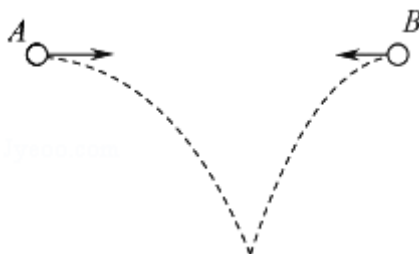


- A. 1: 1
- B. 1: 2
- C. 1: 4
- D. 4: 1

解析：由于线圈平面与磁场方向垂直，故穿过该面的磁通量为： $\Phi=BS$ ，半径为 r 的虚线范围内有匀强磁场，所以磁场的区域面积为： $S=\pi r^2$
结合图可知，穿过两个线圈的磁感线的条数是相等的，所以磁通量都是： $\Phi=\pi Br^2$ 与线圈的大小无关。故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

2. (3 分) 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()

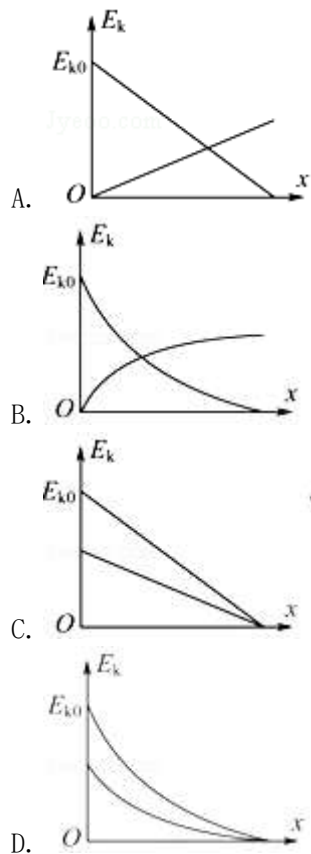


- A. t
- B. $\frac{\sqrt{2}}{2}t$
- C. $\frac{t}{2}$
- D. $\frac{t}{4}$

解析：两球同时抛出，竖直方向上做自由落体运动，相等时间内下降的高度相同，始终在同一水平面上，根据 $x=v_A t+v_B t$ 知，当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 $\frac{t}{2}$ ，故 C 正确，ABD 错误。

答案：C

3. (3 分) 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()



解析：设斜面的倾角为 θ ，物块的质量为 m ，去沿斜面向上为位移正方向；根据动能定理可得：

上滑过程中： $-mgx\sin\theta - \mu mgx\cos\theta = E_k - E_{k0}$ ，所以 $E_k = E_{k0} - (mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta)x$ ；

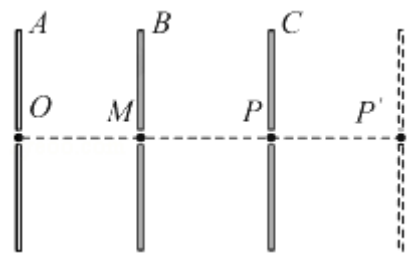
下滑过程中： $mgx'\sin\theta - \mu mgx'\cos\theta = E_k - 0$ ，所以 $E_k = (mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta)x'$ ；

根据能量守恒定律可得，最后的总动能减小。

故 C 正确、ABD 错误。

答案：C

4. (3分) 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

解析：设 AB 间电场强度为 E_1 ，BC 间场强为 E_2 ，根据题意由 O 点释放的电子恰好能运动到 P 点，根据动能定理，有

$$eE_1 x_{OM} - eE_2 x_{MP} = 0 - 0 \text{ ①}$$

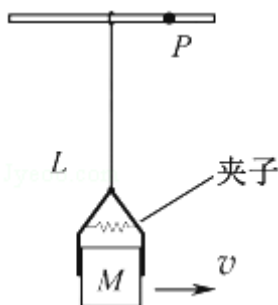
BC 板电量不变，BC 板间的场强

$$E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{Q}{\frac{\epsilon_r S}{4\pi kd} \cdot d} = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S} \quad \text{②}$$

由②知BC板间的场强不随距离的变化而变化,当C板向右平移到P'时,BC板间的场强不变,由①知,电子仍然运动到P点返回,故A正确,BCD错误。

答案: A

5. (3分) 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 $\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$

解析: A、物块向右匀速运动时,则夹子与物体M,处于平衡状态,那么绳中的张力等于Mg,与2F大小关系不确定,故A错误;

B、小环碰到钉子P时,物体M做圆周运动,依据最低点由拉力与重力的合力提供向心力,因此绳中的张力大于Mg,而与2F大小关系不确定,故B错误;

C、依据机械能守恒定律,减小的动能转化为重力势能,则有: $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$,那么物块上升

的最大高度为 $h = \frac{v^2}{2g}$,故C错误;

D、因夹子对物体M的最大静摩擦力为2F,依据牛顿第二定律,结合向心力表达式,对物体

M,则有: $2F - Mg = M\frac{v^2}{L}$,解得: $v = \sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$,故D正确。

答案: D

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. (4分) “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380km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

解析：A、根据卫星的速度公式 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 和 $v = r\omega$ 得： $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 。将“天舟一号”与地球同步

卫星比较，由于“天舟一号”的轨道半径小于地球同步卫星的轨道半径，所以“天舟一号”的角速度大于地球同步卫星的角速度，而地球同步卫星的角速度等于地球自转角速度，所以其角速度大于地球自转角速度。故 A 错误。

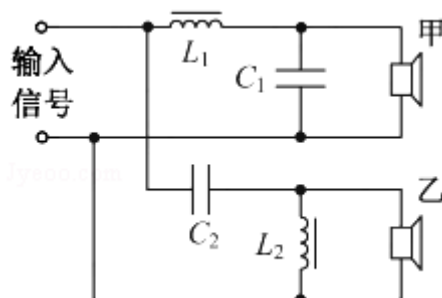
B、第一宇宙速度是卫星绕地球做匀速圆周运动最大的运行速度，知其线速度小于第一宇宙速度。故 B 正确。

C、由 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 知“天舟一号”的周期于地球同步卫星的周期，而地球同步卫星的周期等于地球自转周期，所以其周期小于地球自转周期。故 C 正确。

D、由 $a = \frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2}$ 知，其向心加速度小于近地卫星的向心加速度，而近地卫星的向心加速度约等于地面的重力加速度，所以其向心加速度小于地面的重力加速度。故 D 正确。

答案：BCD

7. (4分) 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

解析：A、电感 L_1 的作用是通低频，阻高频，故 A 错误。

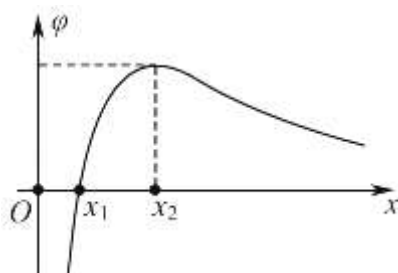
B、电容 C_2 的作用是通高频，阻低频，故 B 正确。

C、电感 L_1 的作用是通低频，阻高频，而电容 C_1 的作用是通高频，阻低频，所以低频部分通过扬声器甲。故 C 错误。

D、电感 L_1 的作用是通低频，阻高频，所以扬声器乙用于输出高频成分，故 D 正确。

答案：BD

8. (4分) 在 x 轴上有两个点电荷 q_1 、 q_2 ，其静电场的电势 ϕ 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

解析: A、由图可知: 无穷远处电势为零, 又有电势为正的地方, 故存在正电荷; 又有电势为负的地方, 故也存在负电荷, 所以, q_1 和 q_2 带有异种电荷, 故 A 正确;

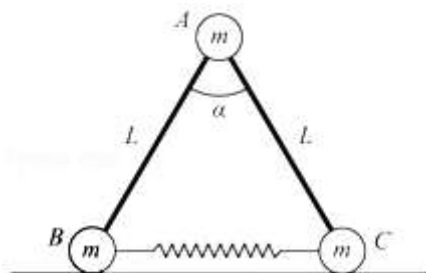
B、电场强度等于图中曲线斜率, x_1 处的斜率不为零, 故电场强度不为零, 故 B 错误;

C、负电荷从 x_1 移到 x_2 , 电势增大, 电势能减小, 故 C 正确;

D、负电荷从 x_1 移到 x_2 , 曲线斜率减小, 及电场强度减小, 所以, 受到的电场力减小, 故 D 错误。

答案: AC

9. (4 分) 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 由静止释放下降到底点, 两轻杆间夹角 α 由 60° 变为 120° , 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 $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$

解析: AB、A 的动能最大时, 设 B 和 C 受到地面的支持力大小均为 F , 此时整体在竖直方向受力平衡, 可得 $2F=3mg$, 所以 $F=\frac{3}{2}mg$; 在 A 的动能达到最大前一直是加速下降, 处于失重

情况, 所以 B 受到地面的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$, 故 A、B 正确;

B、当 A 达到最低点时动能为零, 此时弹簧的弹性势能最大, A 的加速度方向向上, 故 C 错误;

D、A 下落的高度为: $h=L\sin 60^\circ - L\sin 30^\circ$, 根据功能关系可知, 小球 A 的机械能全部转化为弹簧的弹性势能, 即弹簧的弹性势能最大值为 $E_p=mgh=\frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL$, 故 D 错误。

答案: AB

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) 利用如图 1 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 $M=200.0g$, 钩码的质量为 $m=10.0g$, 打点计时器的电源为 50Hz 的交流电。

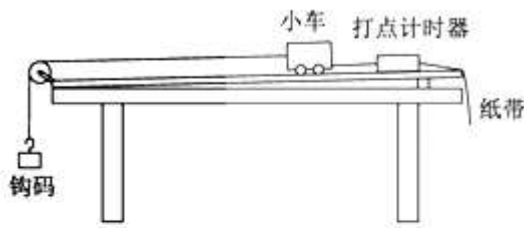


图 1

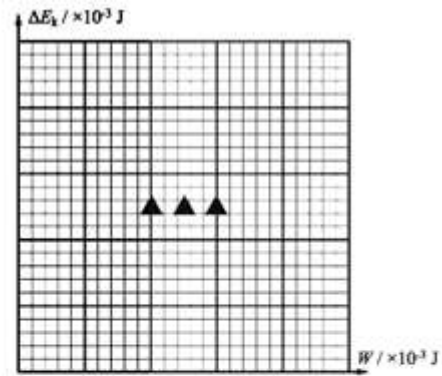


图 3

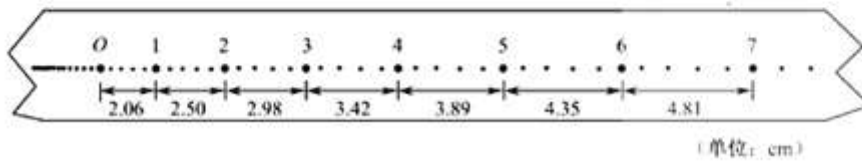


图 2

(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_____。

解析：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小车做匀速运动，摩擦力达到平衡。

答案：小车做匀速运动

(2) 挂上钩码，按实验要求打出的一条纸带如图 2 所示。选择某一点为 0，一次每隔 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 Δx ，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。

解析：计数点 1 的瞬时速度 $v_1 = \frac{x_{02}}{2T} = \frac{(2.06+2.50) \times 10^{-2}}{0.2}$ m/s = 0.228 m/s。

答案：0.228

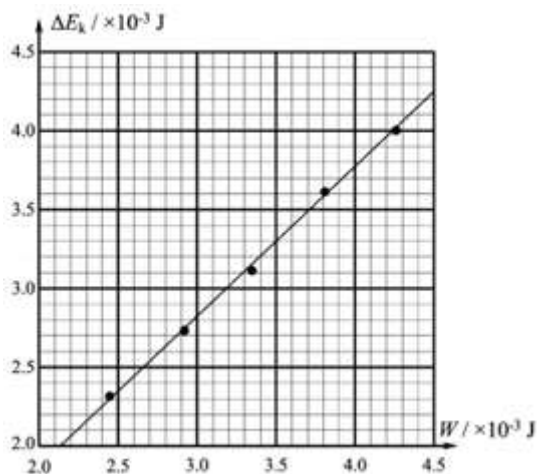
(3) 将钩码的重力视位小车受到的拉力，取 $g=9.80\text{m/s}^2$ ，利用 $W=mg\Delta x$ 算出拉力对小车做的功 W 。利用 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 算出小车动能，并求出动能的变化量 ΔE_k 。计算结果见下表。

$W/\times 10^{-3}\text{J}$	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 $\Delta E_k - W$ 图像。

解析：根据表格中的数据做出 $\Delta E_k - W$ 图像如图所示。

答案：如图所示：



(4) 实验结果表明, ΔE_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 $F = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析: 对整体分析, 根据牛顿第二定律得, $a = \frac{mg}{M+m}$, 则小车受到的实际拉力 $F = Ma = \frac{Mmg}{M+m}$

$$\frac{0.2 \times 0.01 \times 9.8}{0.2 + 0.01} \text{N} = 0.093 \text{N}.$$

答案: 0.093N

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1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 15mA 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 20Ω , 热敏电阻的阻值 R_t 与温度 t 的关系如表所示

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

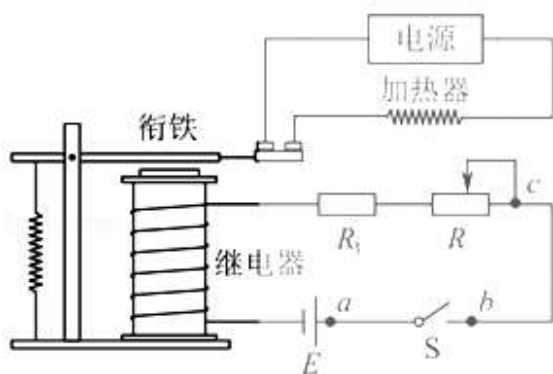


图1

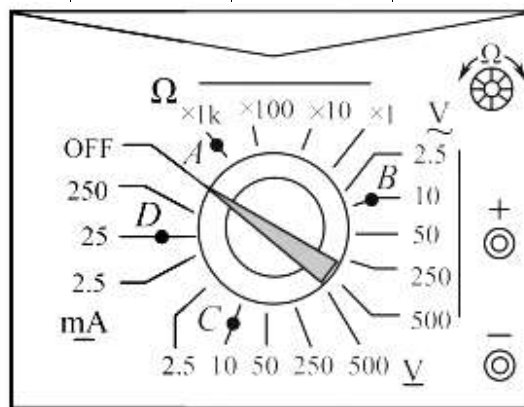


图2

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

为使该装置实现对 30~80 $^\circ\text{C}$ 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 ”)。

解析: 要想控制 30 $^\circ\text{C}$ 时的情况, 此时热敏电阻的阻值约为 200 Ω , 需要最小电动势 $E = 0.015 \times (200 + 20) = 3.3\text{V}$; 由于还要考虑滑动变阻器的阻值, 因此 3V 的电源电动势太小, 应选择 6V 的电源 E_2 ;

滑动变阻器采用限流接法, 因此其阻值应约为热敏电阻的几倍左右, 因此滑动变阻器应采用

R_2 。

答案： E_2 ； R_2 。

(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 2 所示的选择开关旋至_____ (选填“ A ”、“ B ”、“ C ”或“ D ”)

解析：要想测量电压，应将旋钮旋至电压档位上，因电动势为 $6V$ ，因此应选择 $10V$ 量程，故旋至 C 点。

答案： C

(3) 合上开关 S ，用调节好的多用电表进行排查，在图 1 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”)。

解析：若只有 b 、 c 间断路，则应发现表笔接入 a 、 b 时电表与电源不连接，因此指针不偏转；而接入 a 、 c 时，电表与电源直接连接，故指针发生偏转。

答案：不偏转；偏转。

(4) 排除故障后，欲使衔铁在热敏电阻为 $50^{\circ}C$ 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

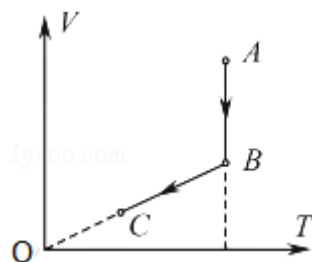
⑤断开开关，用电阻箱替换热敏电阻，将阻值调至 108.1Ω

解析：要使 $50^{\circ}C$ 时被吸合，由表格数据可知，电阻为 108.1Ω ；为了使衔铁在热敏电阻为 $50^{\circ}C$ 时被吸合，应先用电阻箱替换热敏电阻，将阻值调至 108.1Ω ；再合上开关，调节滑动变阻器的阻值，直到观察到继电器的衔铁被吸合；此时再断开开关将电阻箱取下，换下热敏电阻即可实现实验目的；故步骤为⑤④②③①。

答案：⑤④②③①

【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)

12. (2 分) 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 $V-T$ 图像如图所示。下列说法正确的有()



A . $A \rightarrow B$ 的过程中，气体对外界做功

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

解析： A 、 $A \rightarrow B$ 的过程中，温度不变，体积减小，可知外界对气体做功，故 A 错误。

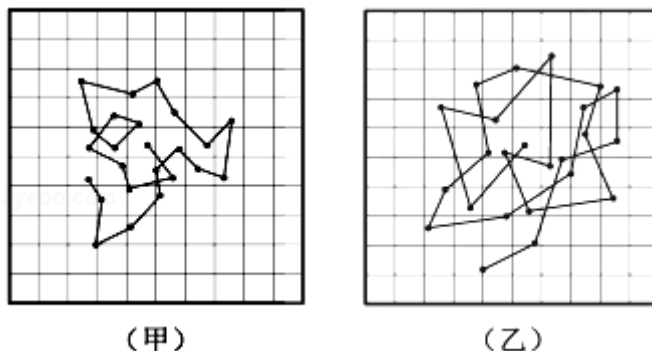
B 、 $A \rightarrow B$ 的过程中，温度不变，内能不变，体积减小，外界对气体做功，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 知， W 为正，则 Q 为负，即气体放出热量，故 B 正确。

C 、因为 $V-T$ 图线中， BC 段的图线是过原点的倾斜直线，则程 $B \rightarrow C$ 的过程中，压强不变，故 C 正确。

D、A 到 B 的过程中，温度不变，内能不变，B 到 C 的过程中，温度降低，内能减小，则 A→B→C 的过程中，气体内能减小，故 D 错误。

答案：BC

13. (8 分) (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 30s，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。



解析：布朗运动是悬浮在液体或气体中的固体小颗粒的永不停息地做无规则运动，布朗运动是由于液体分子对小颗粒的撞击不平衡造成的；颗粒越小，液体分子对颗粒的撞击越不平衡，布朗运动越明显。由图可知，乙图中颗粒的布朗运动更明显，所以若水温相同，甲中炭粒的颗粒较大；

温度越高，布朗运动越激烈，所以若炭粒大小相同，乙中水分子的热运动较剧烈。

答案：甲 乙

14. (2 分) 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 66kg/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)

解析：该蛋白的摩尔体积： $V = \frac{4}{3} \pi r^3 \cdot N_A$

由密度： $\rho = \frac{M}{V}$,

解得： $\rho = \frac{3M}{4\pi r^3 \cdot N_A}$

代入数据得： $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

答案：该蛋白的密度为 $1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$

B. [选修 3-4] (12 分)

15. (2 分) 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

解析：AB、飞船上的人是以飞船为参考系，故地球是高速运动的，根据爱因斯坦质能方程的运动延时效应，飞船上的人观测到地球上的钟较慢，即飞船上的人观测到飞船上的钟较快，故 A 正确，B 错误；

CD、地球上的人以地球为参考系，认为飞船高速运动，同样根据爱因斯坦质能方程的运动延时效应，飞船上的钟较慢，故地球上的人观测到地球上的钟较快，故 C 正确，D 错误。

答案：AC

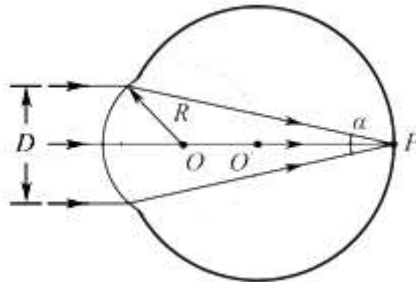
16. (2分)野生大象群也有自己的“语言”。研究人员录下象群“语言”交流时发出的声音，发现以2倍速度快速播放时，能听到比正常播放时更多的声音。播放速度变为原来的2倍时，播出声波的_____ (选填“周期”或“频率”)也变为原来的2倍，声波的传播速度_____ (选填“变大”、“变小”或“不变”)。

解析：波经过录制再次播放，并不改变波的波长、频率等特性；现播放速度变为原来的2倍时，又有波的传播过程中，波长不变，那么周期 $T' = \frac{\lambda}{2v} = \frac{1}{2}T$ ，则频率变为原来的2倍；

又有波的传播速度只与波的形式和介质有关，故只改变播放速度，波的传播速度不变。

答案：频率；不变。

17. (8分)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 α 。(示意图未按比例画出)



解析：设入射角为 i 。由几何关系得： $\sin i = \frac{\frac{D}{2}}{R} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ，

解得： $i=45^\circ$

由折射定律有： $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ，

解得折射角为： $r=30^\circ$

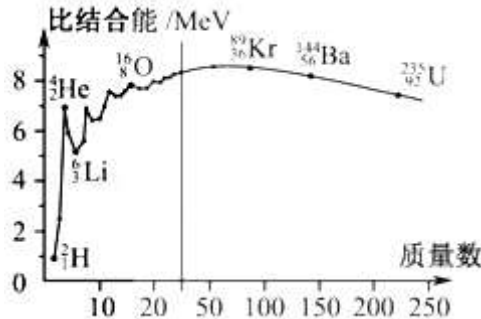
且由几何关系有： $i=r+\frac{\alpha}{2}$ ，

解得： $\alpha=30^\circ$

答案：光线的会聚角 α 是 30° 。

C[选修3-5](12分)

18. 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 14MeV

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. ${}_{92}^{235}\text{U}$ 核中核子的平均结合能比 ${}_{36}^{89}\text{Kr}$ 核中的大

解析：A、由图可知，氦核的结合能大约为 7MeV，氦核的核子数为 4，则氦核的结合能大约为 28MeV，故 A 错误。

B、比结合能越大，原子核越稳定，由图可知，氦核的比结合能大，则 ${}_{2}^{4}\text{He}$ 核比 ${}_{3}^{6}\text{Li}$ 核更稳定，故 B 正确。

C、两个 ${}_{1}^{2}\text{H}$ 核结合成 ${}_{2}^{4}\text{He}$ 核时有质量亏损，释放能量，故 C 正确。

D、由图可知， ${}_{92}^{235}\text{U}$ 核中核子的平均结合能比 ${}_{36}^{89}\text{Kr}$ 核中的小，故 D 错误。

答案：BC

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

解析：动能与动量的关系为： $P = \sqrt{2mE_k}$ ，

物质波的波长： $\lambda = \frac{h}{p}$ ，

联立得到： $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ ，

质子 (${}_{1}^{1}\text{H}$) 和 α 粒子 (${}_{2}^{4}\text{He}$) 质量之比为 1: 4，故物质波的波长之比为 2: 1。

答案：小于，2: 1

20. 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 1m/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 1m/s 和 2m/s。求甲、乙两运动员的质量之比。

解析：甲、乙相遇时用力推对方的过程系统动量守恒，以甲的初速度方向为正方向，由动量守恒定律得：

$$m_{\text{甲}}v_{\text{甲}} + m_{\text{乙}}v_{\text{乙}} = m_{\text{甲}}v_{\text{甲}}' + m_{\text{乙}}v_{\text{乙}}'$$

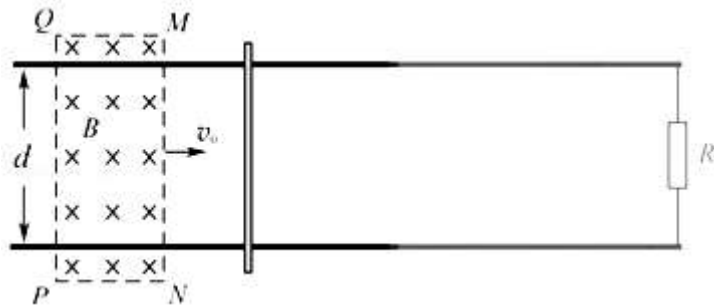
$$\text{代入得：} m_{\text{甲}} \times 1 + m_{\text{乙}} \times (-1) = m_{\text{甲}} \times (-1) + m_{\text{乙}} \times 2,$$

$$\text{解得：} m_{\text{甲}} : m_{\text{乙}} = 3 : 2.$$

答案：甲、乙两运动员的质量之比是 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。

21. (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 ；

解析：MN 刚扫过金属杆时，杆上产生的感应电动势为： $E=Bdv_0$ ，

感应电流为： $I=\frac{E}{R}$

联立解得： $I=\frac{Bdv_0}{R}$ 。

答案：MN 刚扫过金属杆时，杆中感应电流的大小 I 为 $\frac{Bdv_0}{R}$ 。

(2) MN 刚扫过金属杆时，杆的加速度大小 a ；

解析：MN 刚扫过金属杆时，杆受到的安培力为： $F=BI d$

由牛顿第二定律有： $F=ma$

联立解得： $a=\frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$ 。

答案：MN 刚扫过金属杆时，杆的加速度大小 a 为 $\frac{B^2 d^2 v_0}{mR}$ 。

(3) PQ 刚要离开金属杆时，感应电流的功率 P 。

解析：PQ 刚要离开金属杆时，金属杆切割磁感线的速度为： $v'=v_0-v$

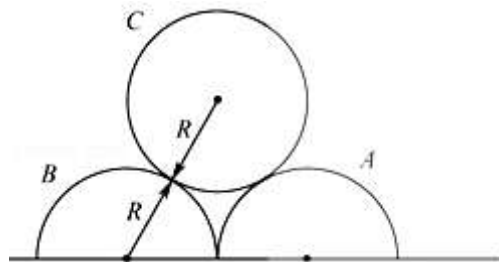
则感应电动势为： $E'=Bd(v_0-v)$

电功率为： $P=\frac{E'^2}{R}$

解得： $P=\frac{B^2 d^2 (v_0-v)^2}{R}$ 。

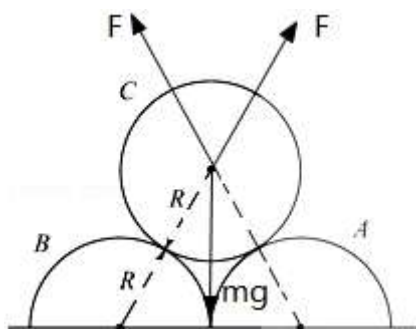
答案：PQ 刚要离开金属杆时，感应电流的功率 P 为 $\frac{B^2 d^2 (v_0-v)^2}{R}$ 。

22. (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 μ 。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 ；

解析：C 受力平衡，如图所示：



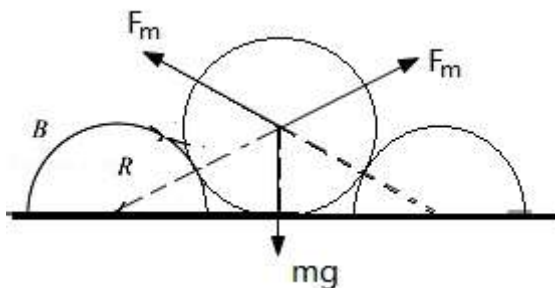
根据平衡条件可得： $2F\cos 30^\circ = mg$,

解得 C 受到 B 作用力的大小为： $F = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ 。

答案：未拉 A 时，C 受到 B 作用力的大小为 $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$ 。

(2) 动摩擦因数的最小值 μ_{\min} ：

解析：C 恰好降落到地面时，B 对 C 支持力最大为 F_m ，如图所示，



则根据力的平衡可得： $2F_m\cos 60^\circ = mg$,

解得： $F_m = mg$ ；

所以最大静摩擦力至少为： $f_m = F_m\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$,

B 对的地面的压力为： $F_N = m_Bg + \frac{1}{2}m_Cg = mg$,

B 受地面的摩擦力为： $f = \mu mg$,

根据题意有： $f_m = f$,

解得： $\mu = \frac{\sqrt{3}}{2}$,

所以动摩擦因数的最小值为： $\mu_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ 。

答案：动摩擦因数的最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 。

(3) A 移动的整个过程中，拉力做的功 W。

解析：C 下降的高度为： $h = (\sqrt{3}-1)R$,

A 的位移为： $x = 2(\sqrt{3}-1)R$,

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

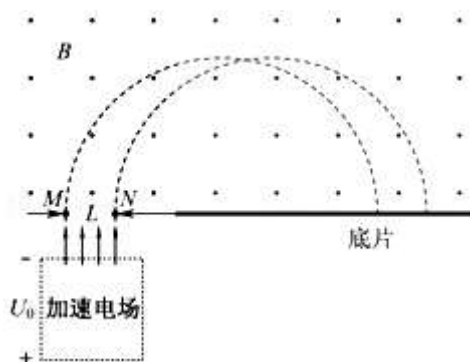
根据动能定理有： $W - W_f + mgh = 0$,

解得： $W = (2\mu - 1)(\sqrt{3}-1)mgR$ 。

答案：A 移动的整个过程中，拉力做的功 W 为 $(2\mu - 1)(\sqrt{3}-1)mgR$ 。

23. (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 ；

解析：设甲种离子在磁场中的运动半径为 r_1

$$\text{电场加速 } qU_0 = \frac{1}{2} \times 2mv^2 \quad \text{且 } qvB = 2m \frac{v^2}{r_1}$$

$$\text{解得 } r_1 = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}}$$

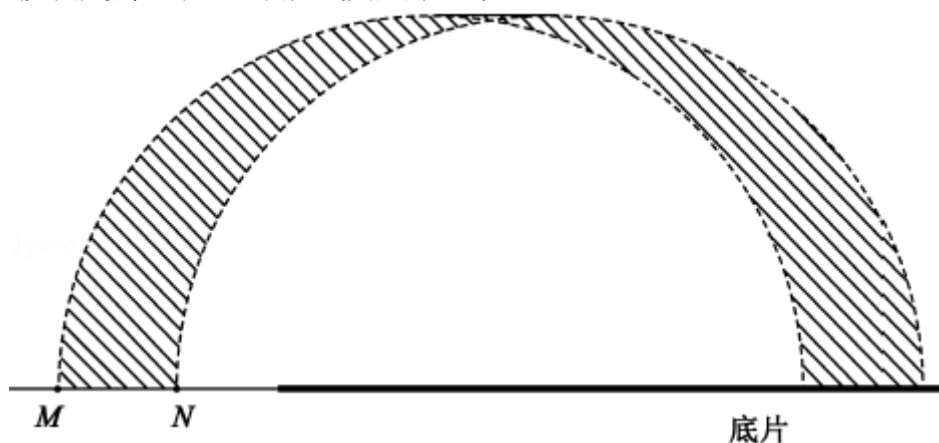
根据几何关系 $x = 2r_1 - L$

$$\text{解得 } x = \frac{4}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - L。$$

答案：甲种离子打在底片上的位置到 N 点的最小距离 x 为 $\frac{4}{B} \sqrt{\frac{mU_0}{q}} - L。$

(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 ；

解析：(见图) 最窄处位于过两虚线交点的垂线上



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

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

答案：在答题卡的图中用斜线标出磁场中甲种离子经过的区域如上图所示，该区域最窄处的

宽度 d 为 $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mU_0}{q}} - \sqrt{\frac{4mU_0}{qB^2} - \frac{L^2}{4}}$ 。

(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。

解析：设乙种离子在磁场中的运动半径为 r_2

r_1 的最小半径

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

r_2 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 $\frac{4}{B}\sqrt{\frac{m(U_0 - \Delta U)}{q}} - \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2m(U_0 + \Delta U)}{q}} > L$

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

答案：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，狭缝宽度 L 满足的条件 $L < \frac{2}{B}\sqrt{\frac{m}{q}}[2\sqrt{(U_0 - \Delta U)} - \sqrt{2(U_0 + \Delta U)}]$ 。