2021 年山东

1. 在测定年代较近的湖泊沉积物形成年份时，常利用沉积物中半衰期较短的 $^{210}_{82}\mathrm{Pb}$，其衰变方程为 $^{210}_{82}\mathrm{Pb} \longrightarrow {}^{210}_{83}\mathrm{Bi} + \mathrm{X}$。以下说法正确的是（　）

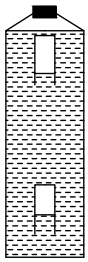
A. 衰变方程中的 X 是电子

B. 升高温度可以加快 $^{210}_{82}\mathrm{Pb}$ 的衰变

C. $^{210}_{82}\mathrm{Pb}$ 与 $^{210}_{83}\mathrm{Bi}$ 的质量差等于衰变的质量亏损

D. 方程中的 X 来自于 $^{210}_{82}\mathrm{Pb}$ 内质子向中子的转化

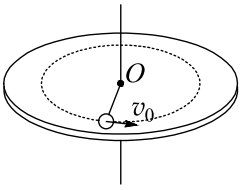
2. 如图所示，密封的矿泉水瓶中，距瓶口越近水的温度越高。一开口向下、导热良好的小瓶置于矿泉水瓶中，小瓶中封闭一段空气。挤压矿泉水瓶，小瓶下沉到底部；松开后，小瓶缓慢上浮，上浮过程中，小瓶内气体（　）



A. 内能减少　　B. 对外界做正功

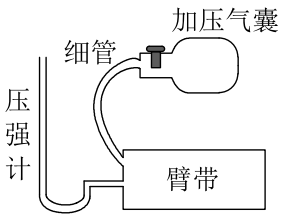
C. 增加的内能大于吸收的热量　　D. 增加的内能等于吸收的热量

3. 如图所示，粗糙程度处处相同的水平桌面上有一长为 L 的轻质细杆，一端可绕竖直光滑轴 O 转动，另一端与质量为 m 的小木块相连。木块以水平初速度 v_0 出发，恰好能完成一个完整的圆周运动。在运动过程中，木块所受摩擦力的大小为（　）



A. $\frac{mv_0^2}{2\pi L}$　　B. $\frac{mv_0^2}{4\pi L}$　　C. $\frac{mv_0^2}{8\pi L}$　　D. $\frac{mv_0^2}{16\pi L}$

4. 血压仪由加压气囊、臂带、压强计等构成，如图所示。加压气囊可将外界空气充入臂带，压强计示数为臂带内气体的压强高于大气压强的数值，充气前臂带内气体压强为大气压强，体积为 V；每次挤压气囊都能将 $60\,\mathrm{cm}^3$ 的外界空气充入臂带中，经 5 次充气后，臂带内气体体积变为 $5V$，压强计示数为 $150\,\mathrm{mmHg}$。已知大气压强等于 $750\,\mathrm{mmHg}$，气体温度不变。忽略细管和压强计内的气体体积。则 V 等于（　）



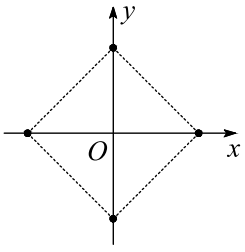
A. $30\,\mathrm{cm}^3$　　B. $40\,\mathrm{cm}^3$　　C. $50\,\mathrm{cm}^3$　　D. $60\,\mathrm{cm}^3$

5. 从“玉兔”登月到“祝融”探火，我国星际探测事业实现了由地月系到行星际的跨越。已知火星质量约为月球的 9 倍，半径约为月球的 2 倍，“祝融”火星车的质量约为“玉兔”月球车的 2 倍。在着陆前，“祝融”和“玉兔”都会经历一个由着陆平台支撑的悬停过程。悬停时，“祝融”与“玉兔”所受着陆平台的作用力大小之比为（　）

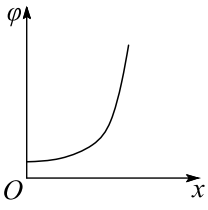


A. $9:1$　　B. $9:2$　　C. $36:1$　　D. $72:1$

6. 如图 甲 所示，边长为 a 的正方形，四个顶点上分别固定一个电荷量为 $+q$ 的点电荷；在 $0 \leqslant x < \frac{\sqrt{2}}{2}a$ 区间，x 轴上电势 φ 的变化曲线如图 乙 所示。现将一电荷量为 $-Q$ 的点电荷 P 置于正方形的中心 O 点，此时每个点电荷所受库仑力的合力均为零。若将 P 沿 x 轴向右略微移动后，由静止释放，以下判断正确的是（　）



图甲

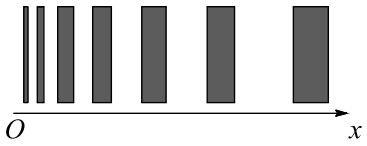


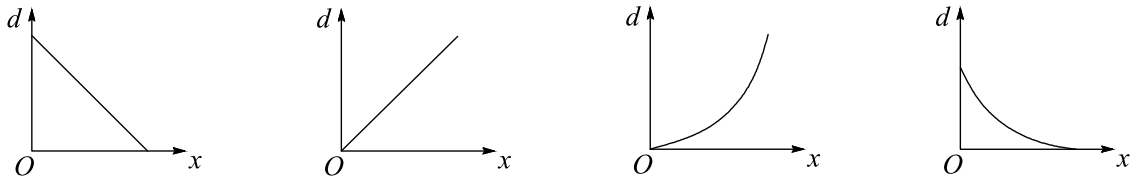
图乙

A. $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$，释放后 P 将向右运动　　B. $Q = \frac{\sqrt{2}+1}{2}q$，释放后 P 将向左运动

C. $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$，释放后 P 将向右运动　　D. $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4}q$，释放后 P 将向左运动

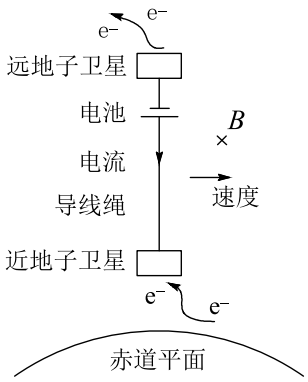
7. 用平行单色光垂直照射一层透明薄膜，观察到如图所示明暗相间的干涉条纹。下列关于该区域薄膜厚度 d 随坐标 x 的变化图像，可能正确的是（　）





A. B. C. D.

8. 迷你系绳卫星在地球赤道正上方的电离层中，沿圆形轨道绕地飞行。系绳卫星由两子卫星组成，它们之间的导体绳沿地球半径方向，如图所示。在电池和感应电动势的共同作用下，导体绳中形成指向地心的电流，等效总电阻为 r。导体绳所受的安培力克服大小为 f 的环境阻力，可使卫星保持在原轨道上。已知卫星离地平均高度为 H，导体绳长为 L（$L \ll H$），地球半径为 R，质量为 M，轨道处磁感应强度大小为 B，方向垂直于赤道平面。忽略地球自转的影响。据此可得，电池电动势为（　）



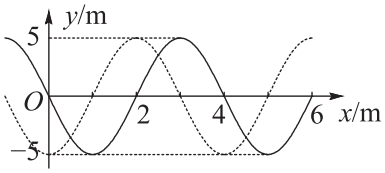
A. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}}+\frac{fr}{BL}$　B. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}}-\frac{fr}{BL}$　C. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}}+\frac{BL}{fr}$　D. $BL\sqrt{\frac{GM}{R+H}}-\frac{BL}{fr}$

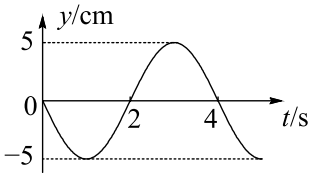
9. 输电能耗演示电路如图所示。左侧变压器原、副线圈匝数比为 1 : 3，输入电压为 7.5 V 的正弦交流电。连接两理想变压器的导线总电阻为 r，负载 R 的阻值为 10 Ω。开关 S 接 1 时，右侧变压器原、副线圈匝数比为 2 : 1，R 上的功率为 10 W；接 2 时，匝数比为 1 : 2，R 上的功率为 P。以下判断正确的是（　）



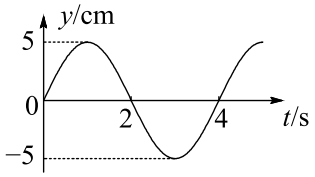
A. $r=10\,\Omega$　B. $r=5\,\Omega$　C. $P=45\,\mathrm{W}$　D. $P=22.5\,\mathrm{W}$

10. 一列简谐横波沿 x 轴传播，如图所示，实线为 $t_1=2\,\mathrm{s}$ 时的波形图，虚线为 $t_2=5\,\mathrm{s}$ 时的波形图。以下关于平衡位置在 O 处质点的振动图像，可能正确的是（　）

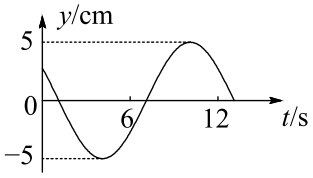




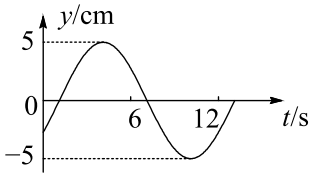
A.



B.

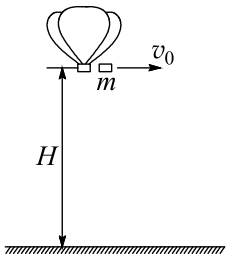


C.



D.

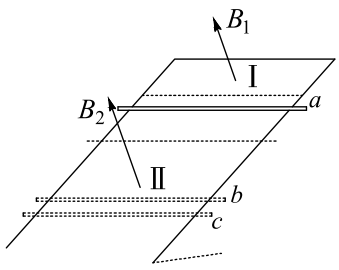
11. 如图所示，载有物资的热气球静止于距水平地面 H 的高处，现将质量为 m 的物资以相对地面的速度 v_0 水平投出，落地时物资与热气球的距离为 d。已知投出物资后热气球的总质量为 M，所受浮力不变，重力加速度为 g，不计阻力，以下判断正确的是（　）



A. 投出物资后热气球做匀加速直线运动　　B. 投出物资后热气球所受合力大小为 mg

C. $d=\left(1+\frac{m}{M}\right)\sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g}+H^2}$　　D. $d=\sqrt{\frac{2Hv_0^2}{g}+\left(1+\frac{m}{M}\right)^2H^2}$

12. 如图所示，电阻不计的光滑 U 形金属导轨固定在绝缘斜面上。区域Ⅰ、Ⅱ中磁场方向均垂直斜面向上，Ⅰ区中磁感应强度随时间均匀增加，Ⅱ区中为匀强磁场。阻值恒定的金属棒从无磁场区域中 a 处由静止释放，进入Ⅱ区后，经 b 下行至 c 处反向上行。运动过程中金属棒始终垂直导轨且接触良好。在第一次下行和上行的过程中，以下叙述正确的是（　）



A. 金属棒下行过 b 时的速度大于上行过 b 时的速度

B. 金属棒下行过 b 时的加速度大于上行过 b 时的加速度

C. 金属棒不能回到无磁场区

D. 金属棒能回到无磁场区，但不能回到 a 处

13. 某乒乓球爱好者，利用手机研究乒乓球与球台碰撞过程中能量损失的情况。实验步骤如下：

① 固定好手机，打开录音功能；

② 从一定高度由静止释放乒乓球；

③ 手机记录下乒乓球与台面碰撞的声音，其随时间（单位：s）的变化图像如图所示。

根据声音图像记录的碰撞次序及相应碰撞时刻，如下表所示。

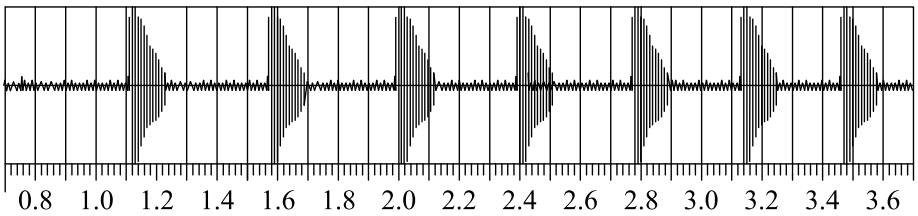
碰撞次序	1	2	3	4	5	6	7
碰撞时刻（s）	1.12	1.58	2.00	2.40	2.78	3.14	3.47

根据实验数据，回答下列问题：

(1) 利用碰撞时间间隔，计算出第 3 次碰撞后乒乓球的弹起高度为 ____ m（保留 2 位有效数字，当地重力加速度 $g = 9.80\,\mathrm{m/s^2}$）。

(2) 设碰撞后弹起瞬间与该次碰撞前瞬间速度大小的比值为 k，则每次碰撞损失的动能为碰撞前动能的 _____ 倍（用 k 表示），第 3 次碰撞过程中 $k =$ ____（保留 2 位有效数字）。

(3) 由于存在空气阻力，第（1）问中计算的弹起高度 ____（填“高于”或“低于”）实际弹起高度。



14. 热敏电阻是传感器中经常使用的元件，某学习小组要探究一热敏电阻的阻值随温度变化的规律。可供选择的器材有：

- 待测热敏电阻 R_T（实验温度范围内，阻值约几百欧到几千欧）；
- 电源 E（电动势 1.5 V，内阻 r 约为 0.5 Ω）；

- 电阻箱 R（阻值范围 $0 \sim 9999.99\,\Omega$）；
- 滑动变阻器 R_1（最大阻值 $20\,\Omega$）；
- 滑动变阻器 R_2（最大阻值 $2000\,\Omega$）；
- 微安表（量程 $100\,\mu A$，内阻等于 $2500\,\Omega$）；
- 开关两个，温控装置一套，导线若干。

同学们设计了如图 甲 所示的测量电路，主要实验步骤如下：

① 按图示连接电路；

② 闭合 S_1、S_2，调节滑动变阻器滑片 P 的位置，使微安表指针满偏；

③ 保持滑动变阻器滑片 P 的位置不变，断开 S_2，调节电阻箱，使微安表指针半偏；

④ 记录此时的温度和电阻箱的阻值。

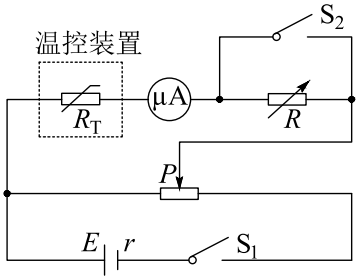
回答下列问题：

(1) 为了更准确地测量热敏电阻的阻值，滑动变阻器应选用 ____（填“R_1”或“R_2”）。

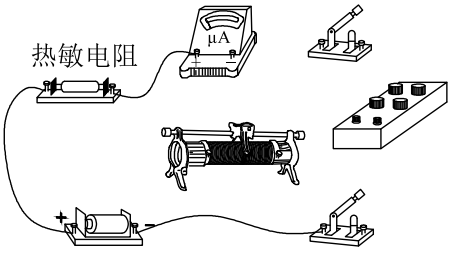
(2) 请用笔画线代替导线，将实物图（不含温控装置）连接成完整电路 _____。

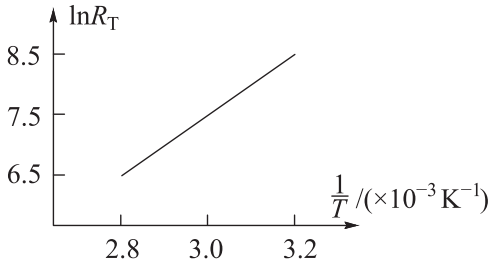
(3) 某温度下微安表半偏时，电阻箱的读数为 $6000.00\,\Omega$，该温度下热敏电阻的测量值为 ____ Ω（结果保留到个位），该测量值 ____（填“大于”或“小于”）真实值。

(4) 多次实验后，学习小组绘制了如图 乙 所示的图像。由图像可知，该热敏电阻的阻值随温度的升高逐渐 ____（填“增大”或“减小”）。



图甲



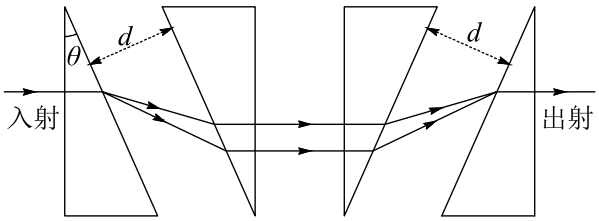


图乙

15. 超强超短光脉冲产生方法曾获诺贝尔物理学奖，其中用到的一种脉冲激光展宽器截面如图所示。在空气中对称放置四个相同的直角三棱镜，顶角为 θ。一细束脉冲激光垂直第一个棱镜左侧面入射，经过前两个棱镜后分为平行的光束，再经过后两个棱镜重新合成为一束，此时不同频率的光前后分开，完成脉冲展宽。已知相邻两棱镜斜面间的距离 $d = 100.0\,\mathrm{mm}$，脉冲激光中包含两种频率的光，它们在棱镜中的折射率分别为 $n_1 = \sqrt{2}$ 和 $n_2 = \frac{\sqrt{31}}{4}$。取 $\sin 37^\circ = 0.6$，$\cos 37^\circ = 0.8$，$\frac{5}{\sqrt{7}} = 1.890$。

(1) 为使两种频率的光都能从左侧第一个棱镜斜面射出，求 θ 的取值范围；

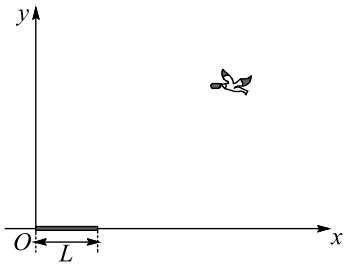
(2) 若 $\theta = 37^\circ$，求两种频率的光通过整个展宽器的过程中，在空气中的路程差 ΔL（保留 3 位有效数字）。



16. 海鸥捕到外壳坚硬的鸟蛤（贝类动物）后，有时会飞到空中将它丢下，利用地面的冲击打碎硬壳。一只海鸥叼着质量 $m = 0.1\,\mathrm{g}$ 的鸟蛤，在 $H = 20\,\mathrm{m}$ 的高度、以 $v_0 = 15\,\mathrm{m/s}$ 的水平速度飞行时，松开嘴巴让鸟蛤落到水平地面上。取重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，忽略空气阻力。

(1) 若鸟蛤与地面的碰撞时间 $\Delta t = 0.005\,\mathrm{s}$，弹起速度可忽略，求碰撞过程中鸟蛤受到的平均作用力的大小 F；（碰撞过程中不计重力）

(2) 在海鸥飞行方向正下方的地面上，有一与地面平齐、长度 $L = 6\,\mathrm{m}$ 的岩石，以岩石左端为坐标原点，建立如图所示坐标系。若海鸥水平飞行的高度仍为 $20\,\mathrm{m}$，速度大小在 $15\,\mathrm{m/s} \sim 17\,\mathrm{m/s}$ 之间，为保证鸟蛤一定能落到岩石上，求释放鸟蛤位置的 x 坐标范围。

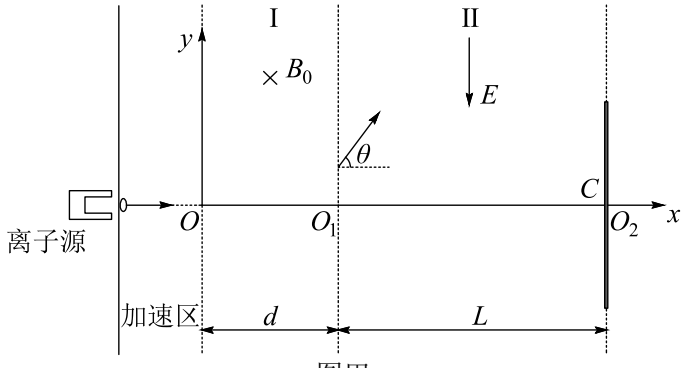


17. 某离子实验装置的基本原理如图 甲 所示。Ⅰ区宽度为 d，左边界与 x 轴垂直交于坐标原点 O，其内充满垂直于 xOy 平面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B_0；Ⅱ区宽度为 L，左边界与 x 轴垂直交于 O_1 点，右边界与 x 轴垂直交于 O_2 点，其内充满沿 y 轴负方向的匀强电场。测试板垂直 x 轴置于Ⅱ区右边界，其中心 C 与 O_2 点重合。从离子源不断飘出电荷量为 q、质量为 m 的正离子，加速后沿 x 轴正方向过 O 点，依次经Ⅰ区、Ⅱ区，恰好到达测试板中心 C。已知离子刚进入Ⅱ区时速度方向与 x 轴正方向的夹角为 θ。忽略离子间的相互作用，不计重力。

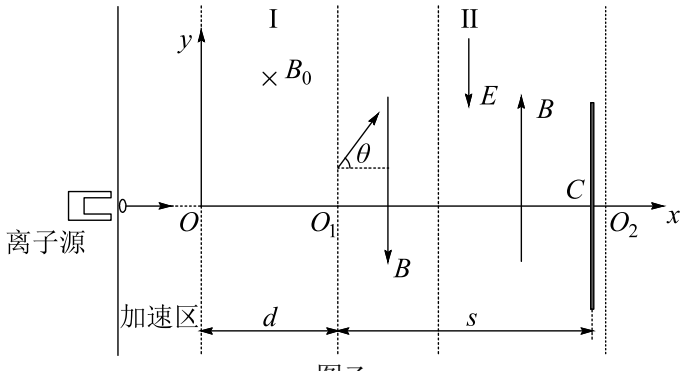
(1) 求离子在Ⅰ区中运动时速度的大小 v；

(2) 求Ⅱ区内电场强度的大小 E；

(3) 保持上述条件不变，将Ⅱ区分为左右两部分，分别填充磁感应强度大小均为 B（数值未知）方向相反且平行 y 轴的匀强磁场，如图 乙 所示。为使离子的运动轨迹与测试板相切于 C 点，需沿 x 轴移动测试板，求移动后 C 到 O_1 的距离 S。



图甲



图乙

18. 如图所示，三个质量均为 m 的小物块 A、B、C，放置在水平地面上，A 紧靠竖直墙壁，一劲度系数为 k 的轻弹簧将 A、B 连接，C 紧靠 B，开始时弹簧处于原长，A、B、C 均静止。现给 C 施加一水平向左、大小为 F 的恒力，使 B、C 一起向左运动，当速度为零时，立即撤去恒力，一段时间后 A 离开墙壁，最终三物块都停止运动。已知 A、B、C 与地面间的滑动摩擦力大小均为 f，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，弹簧始终在弹性限度内。（弹簧的弹性势能可表示为：$E_p=\frac{1}{2}kx^2$，k 为弹簧的劲度系数，x 为弹簧的形变量）

(1) 求 B、C 向左移动的最大距离 x_0 和 B、C 分离时 B 的动能 E_k；

(2) 为保证 A 能离开墙壁，求恒力的最小值 $F_{\min}$；

(3) 若三物块都停止时 B、C 间的距离为 x_{BC}，从 B、C 分离到 B 停止运动的整个过程，B 克服弹簧弹力做的功为 W，通过推导比较 W 与 fx_{BC} 的大小；

(4) 若 $F=5f$，请在所给坐标系中，画出 C 向右运动过程中加速度 a 随位移 x 变化的图像，并在坐标轴上标出开始运动和停止运动时的 a、x 值（用 f、k、m 表示），不要求推导过程。以撤去 F 时 C 的位置为坐标原点，水平向右为正方向。

