2015 年全国课标 I

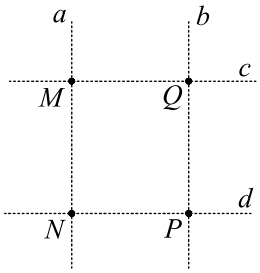
1. 两相邻匀强磁场区域的磁感应强度大小不同，方向平行。一速度方向与磁感应强度方向垂直的带电粒子（不计重力），从较强磁场区域进入到较弱区域后，粒子的 (D)

   A. 轨道半径减小，角速度增大　　B. 轨道半径减小，角速度减小

   C. 轨道半径增大，角速度增大　　D. 轨道半径增大，角速度减小

   > 带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，则有 $qvB = m\frac{v^2}{r}$，解得 $r = \frac{mv}{qB}$。又因为洛伦兹力对运动的电荷不做功，故粒子运动的速率不变；粒子从较强磁场区域进入较弱磁场区域，磁感应强度减小，由 $r = \frac{mv}{qB}$ 可知轨道半径增大。角速度 $\omega = \frac{v}{r}$，因速率不变而半径增大，故粒子运动的角速度减小。综上所述，D 正确。

2. 右图的直线 a、b 和 c、d 是处于匀强电场中的两组平行线，M、N、P、Q 是它们的交点，四点处的电势分别为 φ_M、φ_N、φ_P、φ_Q，一电子由 M 点分别运动到 N 点和 P 点的过程中，电场力所做的负功相等，则 (B)

   A. 直线 a 位于某一等势面内，$\varphi_M > \varphi_Q$

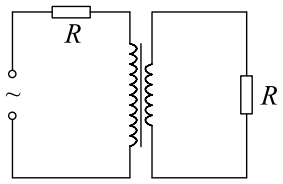
   B. 直线 c 位于某一等势面内，$\varphi_M > \varphi_N$

   C. 若电子由 M 点运动到 Q 点，电场力做正功

   D. 若电子由 P 点运动到 Q 点，电场力做负功

   > 因电子由 M 点分别运动到 N 点和 P 点的过程中电场力所做的负功相等，由 $W = qU$ 知 $U_{MN} = U_{MP}$，即 $\varphi_N = \varphi_P$，N、P 在同一等势面上。在匀强电场中等势面是相互平行的直线，因 $MQ \parallel NP$，故 M、Q 也在同一等势面上，即 $\varphi_M = \varphi_Q$，故 A 错误。电子由 M 点分别运动到 N 点和 P 点电场力做负功，电场线与等势面垂直，故电场强度的方向为 $M \to N$ 或 $Q \to P$，即 $\varphi_M > \varphi_N$，故 B 正确。M、Q 在同一等势面上，电子由 M 点运动到 Q 点电场力不做功，故 C 错误。电子由 P 点运动到 Q 点，逆着电场线运动，电场力做正功，故 D 错误。

3. 一理想变压器的原、副线圈的匝数比为 3 : 1，在原、副线圈的回路中分别接有阻值相同的电阻，原线圈一侧接在电压为 220 V 的正弦交流电源上，如图所示。设副线圈回路中电阻两端的电压为 U，原、副线圈回路中电阻消耗的功率的比值为 k，则 (A)



A. $U=66\,\mathrm{V}$，$k=\frac{1}{9}$

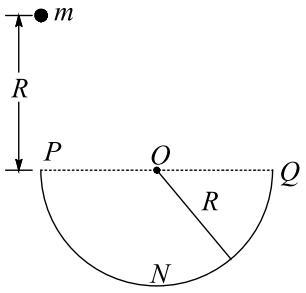
B. $U=22\,\mathrm{V}$，$k=\frac{1}{9}$

C. $U=66\,\mathrm{V}$，$k=\frac{1}{3}$

D. $U=22\,\mathrm{V}$，$k=\frac{1}{3}$

因原、副线圈的匝数比为 3 : 1，由变压器的工作原理得 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$，即原、副线圈中的电流之比 $\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{3}$。因 $P=I^2R$，故原、副线圈回路中电阻消耗的功率的比值 $k=\frac{I_1^2}{I_2^2}=\frac{1}{9}$，故 C、D 错误。设副线圈两端电压为 U，因 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，则原线圈两端电压为 $3U$；副线圈两端电压 $U=I_2R$，与原线圈相接的电阻两端电压 $U'=I_1R=\frac{1}{3}I_2R=\frac{U}{3}$。因原线圈一侧所加电压为 220 V，故 $\frac{U}{3}+3U=220\,\mathrm{V}$，解得 $U=66\,\mathrm{V}$，故 A 正确、B 错误。

4. 如图，一半径为 R、粗糙程度处处相同的半圆形轨道竖直固定放置，直径 POQ 水平。一质量为 m 的质点自 P 点上方高度 R 处由静止开始下落，恰好从 P 点进入轨道。质点滑到轨道最低点 N 时，对轨道的压力为 $4mg$，g 为重力加速度的大小。用 W 表示质点从 P 点运动到 N 点的过程中克服摩擦力所做的功。则 (C)



A. $W=\frac{1}{2}mgR$，质点恰好可以到达 Q 点

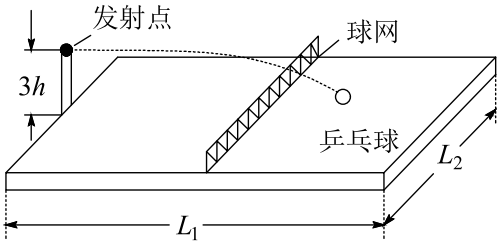
B. $W>\frac{1}{2}mgR$，质点不能到达 Q 点

C. $W=\frac{1}{2}mgR$，质点到达 Q 点后，继续上升一段距离

D. $W<\frac{1}{2}mgR$，质点到达 Q 点后，继续上升一段距离

设质点运动到半圆形轨道最低点时的速度为 v_N，由牛顿第三定律可知轨道对质点的支持力为 $4mg$，由牛顿第二定律得 $4mg-mg=m\frac{v_N^2}{R}$，解得 $\frac{1}{2}mv_N^2=\frac{3}{2}mgR$。从质点由静止释放到运动到最低点 N，由动能定理得 $mg\cdot 2R-W=\frac{1}{2}mv_N^2$，解得 $W=\frac{1}{2}mgR$。从 P 到 N 和从 N 到 Q，由于摩擦力的存在，相同高度处的速率减小，相同高度处的支持力变小，即对应的滑动摩擦力减小，从 N 到 Q 过程克服摩擦力做的功也减小，即 $W>W'$。从 N 到 Q 利用动能定理得 $E_{kQ}-\frac{1}{2}mv_N^2=-mgR-W'$，解得 $E_{kQ}=\frac{1}{2}mv_N^2-mgR-W'=\frac{1}{2}mgR-W'>0$，所以质点到达 Q 点后，还能继续上升一段距离，故 C 正确、A、B、D 错误。

5. 一带有乒乓球发射机的乒乓球台如图所示。水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2，中间球网高度为 h。发射机安装于台面左侧边缘的中点，能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球，发射点距台面高度为 $3h$。不计空气的作用，重力加速度大小为 g。若乒乓球的发射速率 v 在某范围内，通过选择合适的方向，就能使乒乓球落到球网右侧台面上，则 v 的最大取值范围是 (D)



A. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}} < v < L_1\sqrt{\frac{g}{6h}}$

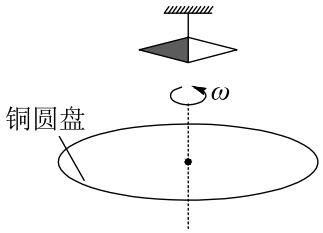
B. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

C. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

D. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

> 乒乓球做平抛运动，由平抛运动规律有 $2h = \frac{1}{2}gt^2$，则乒乓球落到球网最上端的时间 $t = \sqrt{\frac{2\times 2h}{g}} = 2\sqrt{\frac{h}{g}}$。当乒乓球恰好通过球网上边缘中点落在台面右侧时，速率最小，则 $\frac{L_1}{2} = 2v_1\sqrt{\frac{h}{g}}$，解得 $v_1 = \frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}$。当乒乓球刚好落在右侧桌角时，速率最大，由平抛运动规律得 $3h = \frac{1}{2}gt'^2$，则乒乓球落到台面上的时间 $t' = \sqrt{\frac{2\times 3h}{g}} = \sqrt{\frac{6h}{g}}$，最大速率满足 $\sqrt{L_1^2 + \frac{L_2^2}{4}} = v_2\sqrt{\frac{6h}{g}}$，解得 $v_2 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$。故乒乓球落到球网右侧台面上对应的发射速度 v 的最大取值范围是 $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}} < v < \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$，故 D 正确。

6. 1824 年，法国科学家阿拉果完成了著名的“圆盘实验”。实验中将一铜圆盘水平放置，在其中心正上方用柔软细线悬挂一枚可以自由旋转的磁针，如图所示。实验中发现，当圆盘在磁针的磁场中绕过圆盘中心的竖直轴旋转时，磁针也随着一起转动起来，但略有滞后。下列说法正确的是 (AB)



A. 圆盘上产生了感应电动势

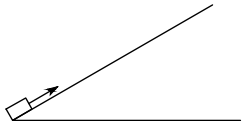
B. 圆盘内的涡电流产生的磁场导致磁针转动

C. 在圆盘转动的过程中，磁针的磁场穿过整个圆盘的磁通量发生了变化

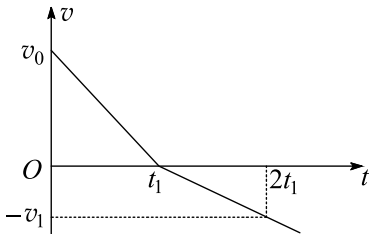
D. 圆盘中的自由电子随圆盘一起运动形成电流，此电流产生的磁场导致磁针转动

把圆盘切割成无数根沿半径方向的导体棒，圆盘转动时，每一根导体棒都在切割磁感线，但每一根导体棒所处的磁场强弱不同，每根导体棒产生的感应电动势不同，故会在圆盘内形成以导体棒为电源的涡流。涡流产生的磁场对小磁针有带动作用，小磁针跟着圆盘的转动而同向转动，故 A、B 正确。对于圆盘整体，转动过程中穿过整个盘面的磁通量不变，故 C 错误。圆盘呈电中性，圆盘的转动不能形成电动势，故 D 错误。

7. 如图 甲，一物块在 $t=0$ 时刻滑上一固定斜面，其运动的 $v-t$ 图线如图 乙 所示。若重力加速度及图中的 v_0、v_1、t_1 均为已知量，则可求出（ ACD ）



图甲



图乙

A. 斜面的倾角

B. 物块的质量

C. 物块与斜面间的动摩擦因数

D. 物块沿斜面向上滑行的最大高度

$v-t$ 图线的斜率表示加速度，与时间轴围成的面积表示位移，故由图像可得物块上滑的加速度大小 $a_{上}=\frac{v_0}{t_1}$，物块下滑的加速度大小 $a_{下}=\frac{v_1}{t_1}$。设斜面倾角为 θ，物块与斜面间的动摩擦因数为 μ，由牛顿第二定律得，上滑时 $g\sin\theta+\mu g\cos\theta=a_{上}$，下滑时 $g\sin\theta-\mu g\cos\theta=a_{下}$，两方程联立可解得斜面的倾角、物块与斜面间的动摩擦因数，故 A、C 正确。物块运动的加速度与质量无直接关系，依据题意无法得出物块的质量，故 B 错误。物块沿斜面上滑的最大距离，即是在 t_1 时间内 $v-t$ 图线与时间轴所围的面积，即 $x=\frac{1}{2}v_0t_1$，则 $h=x\sin\theta$，故 D 正确。

8. 我国发射的“嫦娥三号”登月探测器靠近月球后，先在月球表面附近的近似圆轨道上绕月运行；然后经过一系列过程，在离月面 4 m 高处做一次悬停（可认为是相对于月球静止）；最后关闭发动机，探测器自由下落。已知探测器的质量约为 1.3×10^3 kg，地球质量约为月球的 81 倍，地球半径约为月球的 3.7 倍，地球表面的重力加速度大小约为 $9.8\,\mathrm{m/s^2}$。则此探测器（ BD ）

A. 在着陆前的瞬间，速度大小约为 8.9 m/s

B. 悬停时受到的反冲作用力约为 2×10^3 N

C. 从离开近月圆轨道到着陆这段时间内，机械能守恒

D. 在近月圆轨道上运行的线速度小于人造卫星在近地圆轨道上运行的线速度

设月球的质量为 M、半径为 r，则地球的质量为 $81M$，地球的半径为 $3.7r$。在月球表面有 $\frac{GMm}{r^2}=mg_{月}$，则月球表面的重力加速度 $g_{月}=\frac{GM}{r^2}$；在地球表面有 $\frac{G(81M)m}{(3.7r)^2}=mg$，可得 $g_{月}=\frac{3.7^2}{81}\times 9.8\,\mathrm{m/s^2}=1.66\,\mathrm{m/s^2}$。着陆前探测器自由下落，则 $v_1^2=2g_{月}h$，$v_1=\sqrt{2g_{月}h}=\sqrt{2\times 1.66\times 4}\,\mathrm{m/s}=3.64\,\mathrm{m/s}$，故 A 错误。悬停时探测器受力平衡，反冲作用力大小等于探测器在月球表面所受重力的大小，约为 $F=mg_{月}=2\times 10^3\,\mathrm{N}$，故 B 正确。从离开近月圆轨道到悬停这段时间内，反冲作用力对探测器做负功，探测器的机械能减少，自由落体阶段机械能守恒，故 C 错误。卫星在近月或近地轨道运行时有 $\frac{GMm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$，解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，则 $\frac{v_{月}}{v_{地}}=\sqrt{\frac{M}{r}\cdot\frac{3.7r}{81M}}=\sqrt{\frac{3.7}{81}}<1$，故 D 正确。

9. 某物理小组的同学设计了一个粗测玩具小车通过凹形桥最低点时的速度的实验。所用器材有：玩具小车、压力式托盘秤、凹形桥模拟器（圆弧部分的半径为 $R=0.20\,\mathrm{m}$）。完成下列填空：

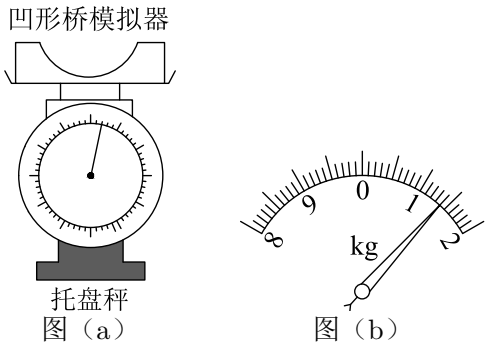
（1）将凹形桥模拟器静置于托盘秤上，如图（a）所示，托盘秤的示数为 $1.00\,\mathrm{kg}$；

（2）将玩具小车静置于凹形桥模拟器最低点时，托盘秤的示数如图（b）所示，该示数为 $1.40\,\mathrm{kg}$；

（3）将小车从凹形桥模拟器某一位置释放，小车经过最低点后滑向另一侧。此过程中托盘秤的最大示数为 m；多次从同一位置释放小车，记录各次的 m 值如下表所示：

序号	1	2	3	4	5
m（kg）	1.80	1.75	1.85	1.75	1.90

（4）根据以上数据，可求出小车经过凹形桥最低点时对桥的压力为 $7.9\,\mathrm{N}$；小车通过最低点时的速度大小为 $1.4\,\mathrm{m/s}$。（重力加速度大小取 $9.80\,\mathrm{m/s^2}$，计算结果保留 2 位有效数字）



（2）$1.40\,\mathrm{kg}$；（4）$7.9\,\mathrm{N}$，$1.4\,\mathrm{m/s}$

（2）托盘秤读数为 $1.40\,\mathrm{kg}$，注意估读。

（4）凹形桥模拟器质量 $m_1=1.00\,\mathrm{kg}$，则小车质量 $m_2=1.40\,\mathrm{kg}-1.00\,\mathrm{kg}=0.40\,\mathrm{kg}$；由（3）中记录表格可得小车经过凹形桥模拟器最低点时，托盘秤示数 m 的平均值为

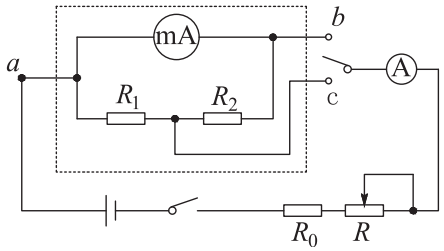
1.81 kg，则小车经过最低点时对桥的压力 $F = mg - m_1 g = 7.9\,\mathrm{N}$，则在最低点时凹形桥对玩具小车的支持力 $N = 7.9\,\mathrm{N}$。由小车在最低点的受力，结合牛顿第二定律有 $N - m_2 g = m_2 \frac{v^2}{R}$，代入数据可解得 $v = 1.4\,\mathrm{m/s}$。

10. 图（a）为某同学改装和校准毫安表的电路图，其中虚线框内是毫安表的改装电路。

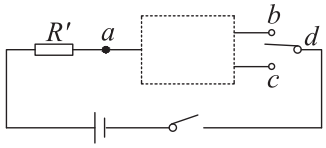
(1) 已知毫安表表头的内阻为 100 Ω，满偏电流为 1 mA；R_1 和 R_2 为阻值固定的电阻。若使用 a 和 b 两个接线柱，电表量程为 3 mA；若使用 a 和 c 两个接线柱，电表量程为 10 mA。由题给条件和数据，可以求出 R_1 =15 Ω，R_2 =35 Ω。

(2) 现用一量程为 3 mA、内阻为 150 Ω 的标准电流表 A 对改装电表的 3 mA 挡进行校准，校准时需选取的刻度为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mA。电池的电动势为 1.5 V，内阻忽略不计；定值电阻 R_0 有两种规格，阻值分别为 300 Ω 和 1000 Ω；滑动变阻器 R 有两种规格，最大阻值分别为 750 Ω 和 3000 Ω。则 R_0 应选用阻值为 300 Ω 的电阻，R 应选用最大阻值为 3000 Ω 的滑动变阻器。

(3) 若电阻 R_1 和 R_2 中有一个因损坏而阻值变为无穷大，利用图（b）的电路可以判断出损坏的电阻。图（b）中的 R' 为保护电阻，虚线框内未画出的电路即为图（a）虚线框内的电路。则图中的 d 点应和接线柱 c（填“b”或“c”）相连。判断依据是：闭合开关时，若电表指针偏转，则损坏的电阻是 R_1；若电表指针不动，则损坏的电阻是 R_2。



图（a）



图（b）

(1) 15 Ω，35 Ω (2) 300 Ω，3000 Ω (3) c；闭合开关时，若电表指针偏转，则损坏的电阻是 R_1；若电表指针不动，则损坏的电阻是 R_2。

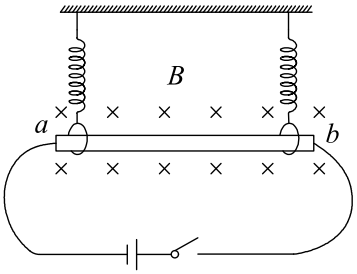
（1）若使用 a 和 b 两个接线柱，则两个电阻串联后与毫安表并联，由串、并联电路的关系有 $I_g R_g = (I - I_g)(R_1 + R_2)$，式中 $I = 3\,\mathrm{mA}$；若使用 a 和 c 两个接线柱，则 R_2 和毫安表串联后再与 R_1 并联，则有 $I_g(R_g + R_2) = (I' - I_g)R_1$，式中 $I' = 10\,\mathrm{mA}$，代入数据可解得 $R_1 = 15\,\Omega$，$R_2 = 35\,\Omega$。

（2）量程为 3 mA 时，内阻 $R = \frac{I_g R_g}{I} = \frac{100}{3}\,\Omega$，电路中保护电阻的最小值 $R_{\min} = \frac{E}{I_{\max}} - R_A - R = 317\,\Omega$，故保护电阻选 300 Ω 的定值电阻。同理由最小电流可求最大电阻 $R_{\max} = \frac{E}{I_{\min}} - R_A - R - R_0 = 2517\,\Omega$，故选用 3000 Ω 的滑动变阻器。

（3）若使用 b 接线柱，两个电阻串联后与毫安表并联，毫安表有读数，无法判断哪一

个电阻是损坏的；当使用 c 接线柱时，R_2 和毫安表串联后再与 R_1 并联，如果 R_2 损坏，电阻无限大，毫安表支路中无电流无读数，如果 R_1 损坏，则毫安表支路中有电流有读数。

11. 如图，一长为 10 cm 的金属棒 ab 用两个完全相同的弹簧水平地悬挂在匀强磁场中；磁场的磁感应强度大小为 0.1 T，方向垂直于纸面向里；弹簧上端固定，下端与金属棒绝缘。金属棒通过开关与一电动势为 12 V 的电池相连，电路总电阻为 2 Ω。已知开关断开时两弹簧的伸长量均为 0.5 cm；闭合开关，系统重新平衡后，两弹簧的伸长量与开关断开时相比均改变了 0.3 cm，重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。判断开关闭合后金属棒所受安培力的方向，并求出金属棒的质量。



安培力方向竖直向下，$m = 0.01\,\mathrm{kg}$。

依题意，开关闭合后，电流方向从 b 到 a，由左手定则可知，金属棒所受安培力方向竖直向下。

开关断开时，两弹簧各自相对于其原长伸长为 $\Delta l_1 = 0.5\,\mathrm{cm}$。由胡克定律和力的平衡条件得

$2k\Delta l_1 = mg$ ①，

式中，m 为金属棒的质量，k 是弹簧的劲度系数，g 是重力加速度的大小。

开关闭合后，金属棒所受安培力的大小为 $F = IBL$ ②，

式中，I 是回路电流，L 是金属棒的长度。两弹簧各自再伸长了 $\Delta l_2 = 0.3\,\mathrm{cm}$，由胡克定律和力的平衡条件得

$2k(\Delta l_1 + \Delta l_2) = mg + F$ ③，

由欧姆定律有 $E = IR$ ④，

式中，E 是电池的电动势，R 是电路总电阻。

联立①②③④式，并代入题给数据得 $m = 0.01\,\mathrm{kg}$ ⑤。

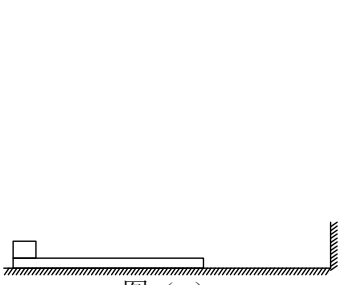
12. 一长木板置于粗糙水平地面上，木板左端放置一小物块；在木板右方有一墙壁，木板右端与墙壁的距离为 4.5 m，如图（a）所示。$t = 0$ 时刻开始，小物块与木板一起以共同

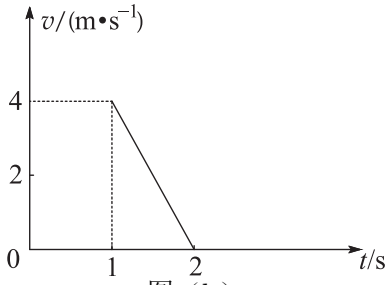
速度向右运动，直至 $t=1\,\mathrm{s}$ 时木板与墙壁碰撞（碰撞时间极短）。碰撞前后木板速度大小不变，方向相反；运动过程中小物块始终未离开木板。已知碰撞后 1 s 时间内小物块的 $v-t$ 图线如图（b）所示。木板的质量是小物块质量的 15 倍，重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。求

(1) 木板与地面间的动摩擦因数 μ_1 及小物块与木板间的动摩擦因数 μ_2；

(2) 木板的最小长度；

(3) 木板右端离墙壁的最终距离。


图（a）



图（b）

(1) $\mu_1=0.1$，$\mu_2=0.4$　(2) 木板的最小长度为 6.0 m　(3) 木板右端离墙壁的最终距离为 6.5 m

（1）规定向右为正方向。木板与墙壁相碰前，小物块和木板一起向右做匀变速运动，设加速度为 a_1，小物块和木板的质量分别为 m 和 M。由牛顿第二定律有

$-\mu_1(m+M)g=(m+M)a_1$ ①，

由图可知，木板与墙壁碰前瞬间速度 $v_1=4\,\mathrm{m/s}$，由运动学公式得

$v_1=v_0+a_1t_1$ ②，$s_0=v_0t_1+\frac{1}{2}a_1t_1^2$ ③，

式中，$t_1=1\,\mathrm{s}$，$s_0=4.5\,\mathrm{m}$ 是木板碰前的位移，v_0 是小物块和木板开始运动时的速度。

联立①②③式和题给条件得 $\mu_1=0.1$ ④。

在木板与墙壁碰撞后，木板以 $-v_1$ 的初速度向左做匀变速运动，小物块以 v_1 的初速度向右做匀变速运动。设小物块的加速度为 a_2，由牛顿第二定律有

$-\mu_2mg=ma_2$ ⑤，

由图可得 $a_2=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$ ⑥，

式中，$t_2=2\,\mathrm{s}$，$v_2=0$，联立⑤⑥式和题给条件得 $\mu_2=0.4$ ⑦。

（2）设碰撞后木板的加速度为 a_3，经过时间 Δt，木板和小物块刚好具有共同速度 v_3。由牛顿第二定律及运动学公式得

$\mu_2 mg+\mu_1(M+m)g=Ma_3$ ⑧，

$v_3=-v_1+a_3\Delta t$ ⑨，$v_3=v_1+a_2\Delta t$ ⑩，

碰撞后至木板和小物块刚好达到共同速度的过程中，木板运动的位移为

$s_1=\frac{-v_1+v_3}{2}\Delta t$⑪，

小物块运动的位移为

$s_2=\frac{v_1+v_3}{2}\Delta t$⑫，

小物块相对木板的位移为 $\Delta s=s_2-s_1$⑬，

联立⑥⑧⑨⑩ ⑪⑫⑬ 式，并代入数值得 $\Delta s=6.0\,\mathrm{m}$⑭，

因为运动过程中小物块没有脱离木板，所以木板的最小长度应为 6.0 m。

（3）在小物块和木板具有共同速度后，两者向左做匀变速运动直至停止，设加速度为 a_4，此过程中小物块和木板运动的位移为 s_3。由牛顿第二定律及运动学公式得

$\mu_1(m+M)g=(m+M)a_4$⑮，$0-v_3^2=2a_4s_3$⑯，

碰后木板运动的位移为 $s=s_1+s_3$⑰，

联立⑥⑧⑨⑩ ⑪⑫⑬⑮⑯⑰ 式，并代入数值得 $s=-6.5\,\mathrm{m}$⑱，

木板右端离墙壁的最终距离为 6.5 m。

13.【物理——选修 3-3】（15 分）

（1）（5 分）下列说法正确的是（BCD）（填正确答案标号，选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分）

A. 将一块晶体敲碎后，得到的小颗粒是非晶体

B. 固体可以分为晶体和非晶体两类，有些晶体在不同的方向上有不同的光学性质

C. 由同种元素构成的固体，可能会由于原子的排列方式不同而成为不同的晶体

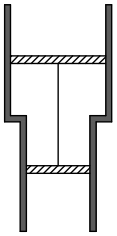
D. 在合适的条件下，某些晶体可以转化为非晶体，某些非晶体也可以转化为晶体

E. 在熔化过程中，晶体要吸收热量，但温度保持不变，内能也保持不变

（2）（10 分）如图，一固定的竖直气缸有一大一小两个同轴圆筒组成，两圆筒中各有一个活塞，已知大活塞的质量为 $m_1=2.50\,\mathrm{kg}$，横截面积为 $S_1=80.0\,\mathrm{cm}^2$，小活塞的质量为 $m_2=1.50\,\mathrm{kg}$，横截面积为 $S_2=40.0\,\mathrm{cm}^2$；两活塞用刚性轻杆连接，间距保持为 $l=40.0\,\mathrm{cm}$，气缸外大气压强为 $p=1.00\times10^5\,\mathrm{Pa}$，温度为 $T=303\,\mathrm{K}$。初始时大活塞与大圆筒底部相距 $\frac{l}{2}$，两活塞间封闭气体的温度为 $T_1=495\,\mathrm{K}$，现气缸内气体温度缓慢下降，活塞缓慢下移，忽略两活塞与气缸壁之间的摩擦，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s}^2$。求：

(1) 在大活塞与大圆筒底部接触前的瞬间，缸内封闭气体的温度；

(2) 缸内封闭的气体与缸外大气达到热平衡时，缸内封闭气体的压强。



(1) $T_2 = 330\,\mathrm{K}$ (2) $p' = 1.01 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$

（1）一个固体是否是晶体是由分子的空间排列结构决定的，与体积大小无关，将一块晶体敲碎后，得到的小颗粒仍是晶体，故 A 错误；由于单晶体具有各向异性的特点，所以有些晶体在不同方向上有不同的光学性质，故 B 正确；有的物质在不同条件下能够生成不同的晶体，原因是组成它们的原子能够按照不同排列方式形成不同的空间分布，故 C 正确；物质是晶体还是非晶体并不是绝对的，在合适的条件下，某些晶体可以转变为非晶体，某些非晶体也可以转变为晶体，故 D 正确；在熔化过程中，晶体要吸收热量，温度不变，分子平均动能不变，分子势能增加，内能增大，故 E 错误。

（2）（i）设初始时气体体积为 V_1，在大活塞与大圆筒底部刚接触时，缸内封闭气体的体积为 V_2，温度为 T_2。由题给条件得

$V_1 = S_2\left(l - \frac{l}{2}\right) + S_1\frac{l}{2}$ ①，$V_2 = S_2 l$ ②，

在活塞缓慢下移的过程中，用 p_1 表示缸内气体的压强，由力的平衡条件得

$S_1(p_1 - p) = m_1 g + m_2 g + S_2(p_1 - p)$ ③，

故缸内气体的压强不变。由盖-吕萨克定律有

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ④，

联立①②④式并代入题给数据得 $T_2 = 330\,\mathrm{K}$ ⑤。

（ii）在大活塞与大圆筒底部刚接触时，被封闭气体的压强为 p_1。在此后与汽缸外大气达到热平衡的过程中，被封闭气体的体积不变。设达到热平衡时被封闭气体的压强为 p'，由查理定律，有

$\frac{p'}{T} = \frac{p_1}{T_2}$ ⑥，

联立③⑤⑥式并代入题给数据得 $p' = 1.01 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$ ⑦。

14.【物理——选修 3-4】（15 分）

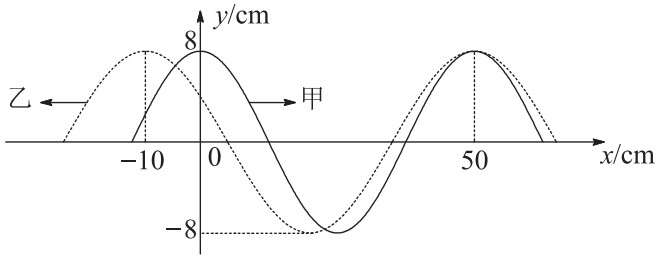
（1）（5 分）在双缝干涉实验中，分别用红色和绿色的激光照射同一双缝，在双缝后的屏幕上，红光的干涉条纹间距 Δx_1 与绿光的干涉条纹间距 Δx_2 相比 $\Delta x_1 > \Delta x_2$（填

“>”、“<”或“=”）。若实验中红光的波长为 630 nm，双缝到屏幕的距离为 1.00 m，测得第 1 条到第 6 条亮条纹中心间的距离为 10.5 mm，则双缝之间的距离为 0.300 mm。

（2）（10 分）甲、乙两列简谐横波在同一介质中分别沿 x 轴正向和负向传播，波速均为 $v=25\,\mathrm{cm/s}$，两列波在 $t=0$ 时的波形曲线如图所示。求：

(1) $t=0$ 时，介质中偏离平衡位置位移为 16 cm 的所有质点的 x 坐标；

(2) 从 $t=0$ 开始，介质中最早出现偏离平衡位置位移为 $-16\,\mathrm{cm}$ 的质点的时间。



(1) $x=(50+300n)\,\mathrm{cm}$，$n=0$，±1，±2，$\cdots$　(2) $t=0.1\,\mathrm{s}$

（1）双缝干涉的条纹间距 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，红光的波长比绿光的长，故红光的条纹间距大于绿光的条纹间距。由题意得实验时的条纹间距为 $\Delta x=\frac{a}{n-1}=\frac{10.5}{6-1}\times10^{-3}\,\mathrm{m}=2.1\times10^{-3}\,\mathrm{m}$，双缝之间的距离 $d=\frac{L\lambda}{\Delta x}=3.00\times10^{-4}\,\mathrm{m}=0.300\,\mathrm{mm}$。

（2）（i）$t=0$ 时，在 $x=50\,\mathrm{cm}$ 处两列波的波峰相遇，该处质点偏离平衡位置的位移为 16 cm。两列波的波峰相遇处的质点偏离平衡位置的位移均为 16 cm。

从图线可以看出，甲、乙两列波的波长分别为 $\lambda_1=50\,\mathrm{cm}$，$\lambda_2=60\,\mathrm{cm}$ ①。

甲、乙两列波波峰的 x 坐标分别为

$x_1=50+k_1\lambda_1$，$k_1=0$，±1，±2，$\cdots$ ②，

$x_2=50+k_2\lambda_2$，$k_2=0$，±1，±2，$\cdots$ ③，

由①②③式得，介质中偏离平衡位置位移为 16 cm 的所有质点的 x 坐标为

$x=(50+300n)\,\mathrm{cm}$，$n=0$，±1，±2，$\cdots$ ④。

（ii）只有两列波的波谷相遇处的质点的位移为 $-16\,\mathrm{cm}$。$t=0$ 时，两波波谷间的 x 坐标之差为

$\Delta x'=\left[50+(2m_2+1)\frac{\lambda_2}{2}\right]-\left[50+(2m_1+1)\frac{\lambda_1}{2}\right]$ ⑤，

式中，m_1 和 m_2 均为整数。将①式代入⑤式得

$\Delta x'=10(6m_2-5m_1)+5$ ⑥，

由于 m_1、m_2 均为整数，相向传播的波谷间的距离最小为 $\Delta x_0'=5\,\mathrm{cm}$ ⑦，

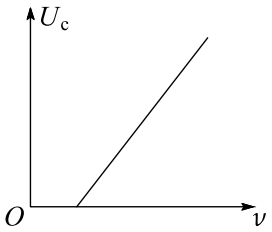
从 $t=0$ 开始，介质中最早出现偏离平衡位置位移为 $-16\,\mathrm{cm}$ 的质点的时间为

$t=\frac{\Delta x_0'}{2v}$ ⑧，

代入数值得 $t=0.1\,\mathrm{s}$ ⑨。

15.【物理——选修 3-5】（15 分）

（1）（5 分）在某次光电效应实验中，得到的遏制电压 U_c 与入射光的频率 ν 的关系如图所示，若该直线的斜率和截距分别为 k 和 b，电子电荷量的绝对值为 e，则普朗克常量可表示为ek，所用材料的逸出功可表示为$-eb$。



（2）（10 分）如图，在足够长的光滑水平面上，物体 A、B、C 位于同一直线上，A 位于 B、C 之间。A 的质量为 m，B、C 的质量都为 M，三者都处于静止状态，现使 A 以某一速度向右运动，求 m 和 M 之间满足什么条件才能使 A 只与 B、C 各发生一次碰撞。设物体间的碰撞都是弹性的。



(1) ek，$-eb$　(2) $(\sqrt{5}-2)M\le m<M$

（1）发生光电效应时，光电子的最大初动能 $E_k=h\nu-W_0$，而遏止电压和最大初动能满足 $E_k=eU_c$，联立可得 $U_c=\frac{h\nu}{e}-\frac{W_0}{e}$，那么图像的斜率 $k=\frac{h}{e}$，截距 $b=-\frac{W_0}{e}$，故 $h=ek$，$W_0=-eb$。

（2）A 向右运动与 C 发生第一次碰撞，碰撞过程中，系统的动量守恒、机械能守恒。设速度方向向右为正，开始时 A 的速度为 v_0，第一次碰撞后 C 的速度为 v_{C1}，A 的速度为 v_{A1}。由动量守恒定律和机械能守恒定律得

$mv_0=mv_{A1}+Mv_{C1}$ ①，$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_{A1}^2+\frac{1}{2}Mv_{C1}^2$ ②，

联立①②式得 $v_{A1}=\frac{m-M}{m+M}v_0$ ③，$v_{C1}=\frac{2m}{m+M}v_0$ ④。

如果 $m>M$，第一次碰撞后，A 与 C 速度同向，且 A 的速度小于 C 的速度，不可能与 B 发生碰撞；如果 $m=M$，第一次碰撞后，A 停止，C 以 A 碰前的速度向右运动，A 不可能与 B 发生碰撞；所以只需考虑 $m<M$ 的情况。

第一次碰撞后，A 反向运动与 B 发生碰撞。设与 B 发生碰撞后，A 的速度为 v_{A2}，B 的速度为 v_{B1}，同样有

> $v_{A2}=\frac{m-M}{m+M}v_{A1}=\left(\frac{m-M}{m+M}\right)^2 v_0$ ⑤，
>
> 根据题意，要求 A 只与 B、C 各发生一次碰撞，应有 $v_{A2}<v_{C1}$ ⑥，
>
> 联立④⑤⑥式得 $m^2+4mM-M^2\geq 0$ ⑦，
>
> 解得 $m\geq(\sqrt{5}-2)M$ ⑧，
>
> 另一解 $m\leq-(\sqrt{5}+2)M$ 舍去。所以，m 和 M 应满足的条件为 $(\sqrt{5}-2)M\leq m<M$ ⑨。