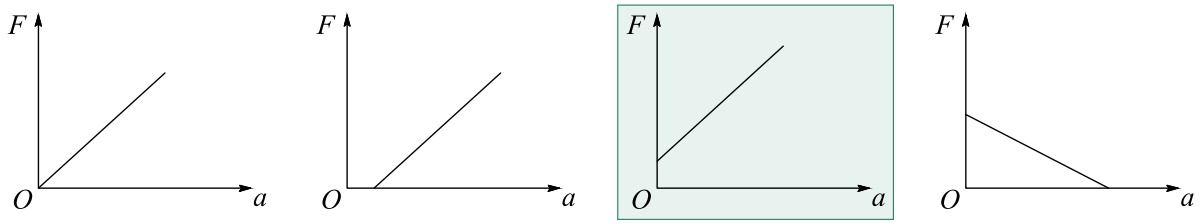
# 2013 年全国新课标 II

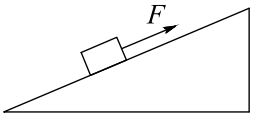
1. 一物块静止在粗糙的水平桌面上。从某时刻开始，物块受到一方向不变的水平拉力作用。假设物块与桌面间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。以 $a$ 表示物块的加速度大小，$F$ 表示水平拉力的大小。能正确描述 $F$ 与 $a$ 之间的关系的图像是（C）




A. B. C. D.

> 静摩擦力随外力而改变，当外力大于最大静摩擦力时，物体才产生加速度，可利用牛顿第二定律列方程求解。物块受到拉力和摩擦力作用，根据牛顿第二定律 $F-\mu mg=ma$，当 $F\leq F_{f\max}$ 时，$a=0$；当 $F>F_{f\max}$ 时，$a$ 与 $F$ 成一次函数关系，故选项 C 正确。

2. 如图，在固定斜面上的一物块受到一外力 $F$ 的作用，$F$ 平行于斜面向上。若要物块在斜面上保持静止，$F$ 的取值应有一定范围，已知其最大值和最小值分别为 $F_1$ 和 $F_2$（$F_2>0$）。由此可求出（C）

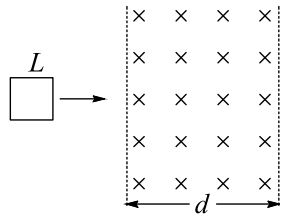


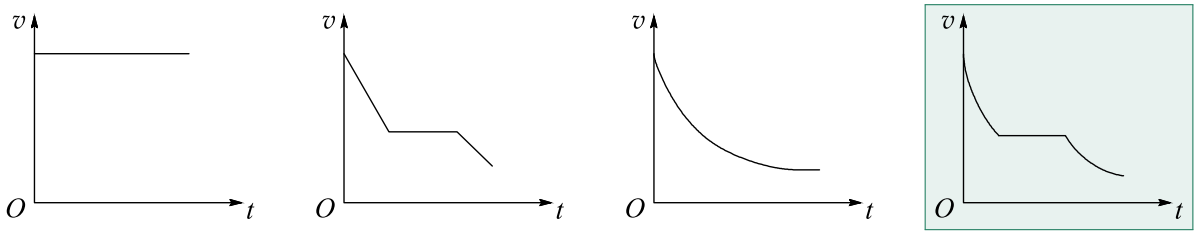

A. 物块的质量　　B. 斜面的倾角

C. 物块与斜面间的最大静摩擦力　　D. 物块对斜面的正压力

> 当力 $F$ 取最大值 $F_1$ 时，物块有上滑的趋势，最大静摩擦力方向沿斜面向下，$mg\sin\theta+f=F_1$；当力 $F$ 取最小值 $F_2$ 时，物块有下滑的趋势，最大静摩擦力方向沿斜面向上，$mg\sin\theta=F_2+f$。由以上两式可得 $f=\frac{F_1-F_2}{2}$，故 C 正确，ABD 中的物理量均不能求出。

3. 如图，在光滑水平桌面上有一边长为 $L$、电阻为 $R$ 的正方形导线框；在导线框右侧有一宽度为 $d$（$d>L$）的条形匀强磁场区域，磁场的边界与导体框的一边平行，磁场方向竖直向下，导线框以某一初速度向右运动，$t=0$ 时导线框的右边恰与磁场的左边界重合，随后导线框进入并通过磁场区域。下列 $v-t$ 图像中，可能正确描述上述过程的是（D）




A. B. C. D.

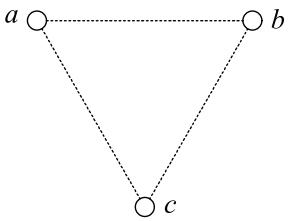
线框进入磁场的过程中，穿过线框的磁通量发生变化，闭合线框中产生感应电流，线框受到安培力 $F_{安}=\frac{B^2L^2v}{R}$ 的作用，方向与线框运动方向相反，其速度会减小，所以线框进入磁场区域的过程中做减速运动。又由于线框速度减小，产生的感应电动势减小，感应电流也减小，安培力也会减小，所以线框的加速度 $a=\frac{B^2L^2v}{mR}$ 也将减小。综上，线框进入磁场的过程做加速度减小的减速运动。线框全部进入磁场之后，穿过线框的磁通量不变，没有安培力，$F_{安}=0$，$a=0$，线框做匀速运动。同理，线框在离开磁场的过程中，将继续做加速度越来越小的减速运动。正确选项 D。

4. 空间有一圆柱形匀强磁场区域，该区域的横截面的半径为 $R$，磁场方向垂直横截面。一质量为 $m$、电荷量为 $q$（$q>0$）的粒子以速率 $v_0$ 沿横截面的某直径射入磁场，离开磁场时速度方向偏离入射方向 60°。不计重力，该磁场的磁感应强度大小为 ( A )

A. $\frac{\sqrt{3}mv_0}{3qR}$ B. $\frac{mv_0}{qR}$ C. $\frac{\sqrt{3}mv_0}{qR}$ D. $\frac{3mv_0}{qR}$

由带电粒子在匀强磁场中做圆周运动的半径表达式 $r=\frac{mv_0}{qB}$ 可知，若能求出圆周半径 $r$，就可求出磁感应强度 $B$ 的大小。由几何关系知 $r=R\tan 60°$，可得 $B=\frac{mv_0}{qr}=\frac{\sqrt{3}mv_0}{3qR}$，故 A 正确。

5. 如图，在光滑绝缘水平面上，三个带电小球 $a$、$b$ 和 $c$ 分别位于边长为 $l$ 的正三角形的三个顶点上；$a$、$b$ 带正电，电荷量均为 $q$，$c$ 带负电。整个系统置于方向水平的匀强电场中。已知静电力常量为 $k$。若三个小球均处于静止状态，则匀强电场场强的大小为 ( B )




A. $\frac{\sqrt{3}kq}{3l^2}$ B. $\frac{\sqrt{3}kq}{l^2}$ C. $\frac{3kq}{l^2}$ D. $\frac{2\sqrt{3}kq}{l^2}$

> 对 $c$ 球受力分析，设 $c$ 球所带电荷量为 $q_1$，则 $a$、$b$ 对 $c$ 的合力 $F=2\frac{kqq_1}{l^2}\cos 30^\circ=\sqrt{3}\frac{kqq_1}{l^2}$。由于 $c$ 处于平衡状态，匀强电场对 $c$ 的作用力的大小必与 $F$ 相等，即 $q_1E=F$，解得 $E=\sqrt{3}\frac{kq}{l^2}$，故 B 正确。

6. 在物理学发展过程中，观测、实验、假说和逻辑推理等方法都起到了重要作用。下列叙述符合史实的是（ABD）

   A. 奥斯特在实验中观察到电流的磁效应，该效应解释了电和磁之间存在联系

   B. 安培根据通电螺线管的磁场和条形磁铁的磁场的相似性，提出了分子电流假说

   C. 法拉第在实验中观察到，在通有恒定电流的静止导线附近的固定导线圈中，会出现感应电流

   D. 楞次在分析了许多实验事实后提出，感应电流应具有这样的方向，即感应电流的磁场总要阻碍引起感应电流的磁通量的变化

> 通有恒定电流的直导线附近的磁场是稳定不变的，处在其附近的线框中的磁通量不变，不会出现感应电流，故 ABD 正确，C 错误。

7. 目前，在地球周围有许多人造地球卫星绕着它运转，其中一些卫星的轨道可近似为圆，且轨道半径逐渐变小。若卫星在轨道半径逐渐变小的过程中，只受到地球引力和稀薄气体阻力的作用，则下列判断正确的是（BD）

   A. 卫星的动能逐渐减小

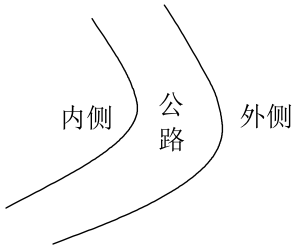
   B. 由于地球引力做正功，引力势能一定减小

   C. 由于气体阻力做负功，地球引力做正功，机械能保持不变

   D. 卫星克服气体阻力做的功小于引力势能的减小

> 由于卫星做圆周运动的向心力主要来自地球引力，有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$。轨道半径 $r$ 越小，速度越大，动能也越大，故 A 错误；高度减小，引力做正功，引力势能减小，故 B 正确；气体阻力做负功，地球引力做正功，但机械能不守恒，因为克服阻力做功会有一部分机械能转化为内能，故 C 错误；结合对 A、C 的分析可知 D 正确。正确选项 BD。

8. 公路急转弯处通常是交通事故多发地带。如图，某公路急转弯处是一圆弧，当汽车行驶的速率为 $v_c$ 时，汽车恰好没有向公路内外两侧滑动的趋势。则在该弯道处（AC）



A. 路面外侧高内侧低

B. 车速只要低于 $v_c$，车辆便会向内侧滑动

C. 车速虽然高于 $v_c$，但只要不超出某一最高限度，车辆便不会向外侧滑动

D. 当路面结冰时，与未结冰时相比，$v_c$ 的值变小

> 车在弯道处没有滑动的趋势，所以其向心力与摩擦力无关，即不受摩擦力，只受重力和支持力，两个力的合力在水平方向上，支持力只能斜向上，故 A 正确；对车受力分析可得 $F_n = mg\tan\theta = m\frac{v_c^2}{r}$，当线速度小于 $v_c$ 时，所需向心力减小，会有向内侧滑动的趋势，但由于有摩擦力产生，不一定就向内侧滑动，故 B 错误；当速度超过 $v_c$ 时，车有向外侧运动的趋势，由于摩擦力的作用，也不一定向外侧滑动，除非所需的摩擦力大于最大静摩擦力，故 C 正确；没有滑动趋势时没有摩擦力作用，临界速度 $v_c$ 不变，故 D 错误。正确选项 AC。

9. 某同学利用下述装置对轻质弹簧的弹性势能进行探究：一轻质弹簧放置在光滑水平桌面上，弹簧左端固定，右端与一小球接触而不固连；弹簧处于原长时，小球恰好在桌面边缘，如图（a）所示。向左推小球，使弹簧压缩一段距离后由静止释放；小球离开桌面后落到水平地面。通过测量和计算，可求得弹簧被压缩后的弹性势能。

回答下列问题：

(1) 本实验中可认为，弹簧被压缩后的弹性势能 $E_p$ 与小球抛出时的动能 $E_k$ 相等。已知重力加速度大小为 $g$。为求得 $E_k$，至少需要测量下列物理量中的（ABC）

A. 小球的质量 $m$

B. 小球抛出点到落地点的水平距离 $s$

C. 桌面到地面的高度

D. 弹簧的压缩量 $\Delta x$

E. 弹簧原长 $l_0$

(2) 用所选取的测量量和已知量表示 $E_k$，得 $E_k = \frac{mgs^2}{4h}$。

(3) 图（b）中的直线是实验测量得到的 $s-\Delta x$ 图线。从理论上可推出，如果 $h$ 不变，$m$ 增加，$s-\Delta x$ 图线的斜率会减小（填“增大”、“减小”或“不变”）；如果 $m$ 不变，$h$ 增加，$s-\Delta x$ 图线的斜率会增大（填“增大”、“减小”或“不变”）。由图（b）中给出的直线关系和 $E_k$ 的表达式可知，$E_p$ 与 $\Delta x$ 的 2 次方成正比。

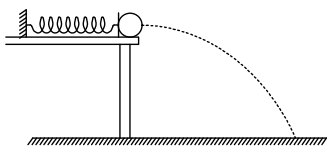


图 a

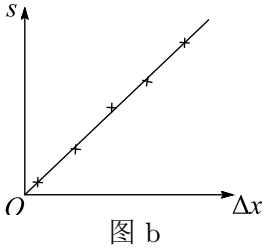



图 b

(1) ABC　(2) $\frac{mgs^2}{4h}$　(3) 减小，增大，2

（1）验证机械能守恒，要通过计算小球离开桌面的动能来间接得到弹性势能，$E_p = E_k = \frac{1}{2}mv_0^2$，因此质量需要测量；而测量小球速度，需要测出平抛运动的射程和高度，由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$，$v_0 = \frac{s}{t} = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$，故 ABC 正确。

（2）由 $s = v_0 t$ 和 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $v_0 = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$，所以 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{mgs^2}{4h}$。

（3）由 $s = \sqrt{\frac{4hE_k}{mg}} = \sqrt{\frac{4hE_p}{mg}} = \sqrt{\frac{4h}{mg}} \cdot \sqrt{E_p}$，又由图像可知 $s$ 与 $\Delta x$ 成正比，所以 $\sqrt{E_p}$ 与 $\Delta x$ 成正比，设比例系数为 $k$，则有 $\sqrt{E_p} = k\Delta x$，代入得 $s = k\sqrt{\frac{4h}{mg}}\Delta x$。由此可知，当 $\Delta x$ 和 $h$ 不变、$m$ 增加时斜率减小；当 $\Delta x$ 和 $m$ 不变、$h$ 增大时斜率增大。由 $\sqrt{E_p}$ 与 $\Delta x$ 成正比可知，$E_p$ 与 $\Delta x$ 的二次方成正比。

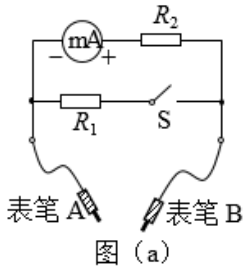
10. 某同学用量程为 1 mA、内阻为 120 Ω 的表头按图（a）所示电路改装成量程分别为 1 V 和 1 A 的多用电表。图中 $R_1$ 和 $R_2$ 为定值电阻，S 为开关。回答下列问题：

(1) 根据图（a）所示的电路，在图（b）所示的实物图上连线。

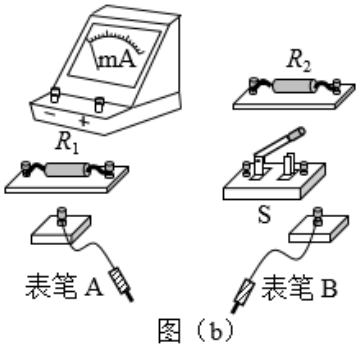
(2) 开关 S 闭合时，多用电表用于测量电流（填“电流”、“电压”或“电阻”）；开关 S 断开时，多用电表用于测量电压（填“电流”、“电压”或“电阻”）。

(3) 表笔 A 应为黑色（填“红”或“黑”）。

(4) 定值电阻的阻值 $R_1$ =1.00 Ω，$R_2$ =880 Ω。（结果取 3 位有效数字）

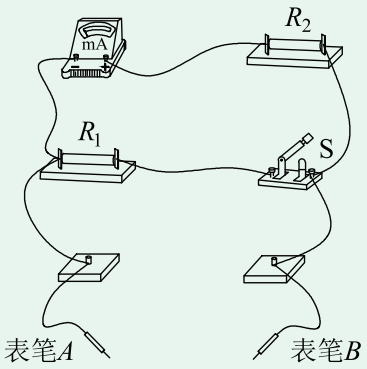


图（a）



图（b）

(1) 如右图。




(2) 电流，电压　(3) 黑　(4) 1.00 Ω，880 Ω

（2）表头作为电压表时，需要一个电阻起分压作用，电阻要与表头串联；一般电压表的内阻较大，因此是用一个电阻与表头串联。表头作为电流表时，应有一个电阻与表头并联起分流作用，且电流表内阻较小。表头若作为欧姆表，则需要内部有电源。

（3）电流从红表笔流入、从黑表笔流出。内部表头右边是正接线柱，所以电流从右边流入、左边流出，表笔 A 应为黑表笔。

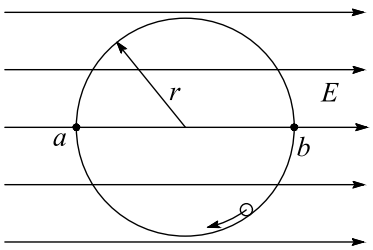
（4）开关 S 断开时，由 $I_g(r_g+R_2)=U$，得

$$R_2=\frac{U}{I_g}-r_g=\frac{1}{0.001}\,\Omega-120\,\Omega=880\,\Omega$$

开关 S 闭合时，由 $I_g(r_g+R_2)=(I-I_g)R_1$，得

$$R_1=\frac{I_g(r_g+R_2)}{I-I_g}=\frac{0.001\times(120+880)}{1-0.001}\,\Omega=1.00\,\Omega$$

11. 如图，匀强电场中有一半径为 $r$ 的光滑绝缘圆轨道，轨道平面与电场方向平行。$a$、$b$ 为轨道直径的两端，该直径与电场方向平行。一电荷量为 $q$（$q>0$）的质点沿轨道内侧运动，经过 $a$ 点和 $b$ 点时对轨道压力的大小分别为 $N_a$ 和 $N_b$。不计重力，求电场强度的大小 $E$、质点经过 $a$ 点和 $b$ 点时的动能。




$E=\frac{1}{6q}(N_b-N_a)$，$E_{ka}=\frac{r}{12}(N_b+5N_a)$，$E_{kb}=\frac{r}{12}(5N_b+N_a)$

质点所受电场力的大小为

$$f = qE$$

①

设质点质量为 $m$，经过 $a$ 点和 $b$ 点时的速度大小分别为 $v_a$ 和 $v_b$，由牛顿第二定律有

$$f + N_a = m\frac{v_a^2}{r}$$

②

$$N_b - f = m\frac{v_b^2}{r}$$

③

设质点经过 $a$ 点和 $b$ 点时的动能分别为 $E_{ka}$ 和 $E_{kb}$，有

$$E_{ka} = \frac{1}{2}mv_a^2$$

④

$$E_{kb} = \frac{1}{2}mv_b^2$$

⑤

根据动能定理有

$$E_{kb} - E_{ka} = 2rf$$

⑥

联立①②③④⑤⑥式得

$$E = \frac{1}{6q}(N_b - N_a)$$

⑦

$$E_{ka} = \frac{r}{12}(N_b + 5N_a)$$

⑧

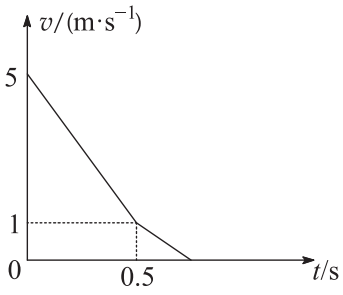
$$E_{kb} = \frac{r}{12}(5N_b + N_a)$$

⑨

12. 一长木板在水平地面上运动，在 $t = 0$ 时刻将一相对于地面静止的物块轻放到木板上，以后木板运动的速度-时间图像如图所示。已知物块与木板的质量相等，物块与木板间及木板与地面间均有摩擦，物块与木板间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力，且物块始终在木板上。取重力加速度的大小 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$，求：

(1) 物块与木板间、木板与地面间的动摩擦因数；

(2) 从 $t = 0$ 时刻到物块与木板均停止运动时，物块相对于木板的位移的大小。




(1) $\mu_1 = 0.20$，$\mu_2 = 0.30$　(2) $s = 1.125\,\mathrm{m}$

（1）从 $t = 0$ 时开始，木板与物块之间的摩擦力使物块加速、使木板减速，此过程一直持续到物块和木板具有共同速度为止。

由图可知，在 $t_1 = 0.5\,\mathrm{s}$ 时，物块和木板的速度相同，设 $t = 0$ 到 $t = t_1$ 时间间隔内，物块和木板的加速度大小分别为 $a_1$ 和 $a_2$，则

$$a_1 = \frac{v_1}{t_1}$$

①

$$a_2 = \frac{v_0 - v_1}{t_1}$$

②

式中 $v_0 = 5\,\mathrm{m/s}$，$v_1 = 1\,\mathrm{m/s}$ 分别为木板在 $t = 0$、$t = t_1$ 时速度的大小。

设物块和木板为 $m$，物块和木板间、木板与地面间的动摩擦因数分别为 $\mu_1$ 和 $\mu_2$，由牛顿第二定律得

$$\mu_1 mg = ma_1$$

③

$$(\mu_1 + 2\mu_2)mg = ma_2$$

④

联立①②③④式得

$$\mu_1 = 0.20$$

⑤

$$\mu_2 = 0.30$$

⑥

（2）在 $t_1$ 时刻后，地面对木板的摩擦力阻碍木板运动，物块与木板之间的摩擦力改变方向。设物块与木板之间的摩擦力大小为 $f$，物块和木板的加速度大小分别为 $a_1'$ 和 $a_2'$，则由牛顿第二定律得

$$f = ma_1'$$

⑦

$$2\mu_2 mg - f = ma_2'$$

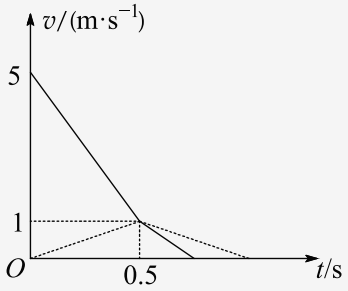
⑧

假设 $f < \mu_1 mg$，则 $a_1' = a_2'$；由⑤⑥⑦⑧式得 $f = \mu_2 mg > \mu_1 mg$，与假设矛盾，故

$$f = \mu_1 mg$$

⑨

由⑦⑨式知，物块的加速度的大小 $a_1'$ 等于 $a_1$；物块的 $v-t$ 图象如图中点划线所示。




由运动学公式可推知，物块和木板相对于地面的运动距离分别为

$$s_1 = 2 \times \frac{v_1^2}{2a_1}$$

⑩

$$s_2 = \frac{v_0 + v_1}{2} t_1 + \frac{v_1^2}{2a_2'}$$

⑪

物块相对于木板的位移的大小为

$$s = s_2 - s_1$$

⑫

联立①⑤⑥⑧⑨⑩ ⑪⑫ 式得 $s = 1.125\,\mathrm{m}$⑬。

13. (1)（5 分）关于一定量的气体，下列说法正确的是（ABE）（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. 气体的体积指的是该气体的分子所能到达的空间的体积，而不是该气体所有分子体积之和

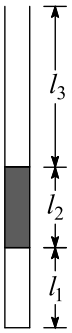
B. 只要能减弱气体分子热运动的剧烈程度，气体的温度就可以降低

C. 在完全失重的情况下，气体对容器壁的压强为零

D. 气体从外界吸收热量，其内能一定增加

E. 气体在等压膨胀过程中温度一定升高

(2)（10 分）如图，一上端开口、下端封闭的细长玻璃管竖直放置。玻璃管的下部封有长 $l_1 = 25.0\,\text{cm}$ 的空气柱，中间有一段长 $l_2 = 25.0\,\text{cm}$ 的水银柱，上部空气柱的长度 $l_3 = 40.0\,\text{cm}$。已知大气压强为 $p_0 = 75.0\,\text{cmHg}$。现将一活塞（图中未画出）从玻璃管开口处缓慢往下推，使管下部空气柱长度变为 $l_1' = 20.0\,\text{cm}$。假设活塞下推过程中没有漏气，求活塞下推的距离。




(1) ABE (2) 15.0 cm

以 cmHg 为压强单位。在活塞下推时，玻璃管下部空气柱的压强为

$$p_1 = p_0 + l_2$$

①

设活塞下推后，下部空气柱的压强为 $p_1'$，由玻意耳定律得

$$p_1 l_1 = p_1' l_1'$$

②

如图，设活塞下推距离为 $\Delta l$，则此时玻璃管上部空气柱的长度为

$$l_3' = l_3 + l_1 - l_1' - \Delta l$$

③

设此时玻璃管上部空气柱的压强为 $p_3'$，则

$$p_3' = p_1' - l_2$$

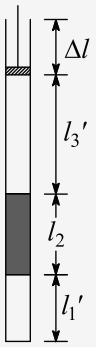
④

由玻意耳定律得

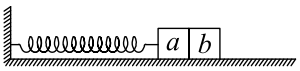
$$p_0 l_3 = p_3' l_3'$$

⑤

由①至⑤式及题给数据解得 $\Delta l = 15.0\,\mathrm{cm}$ ⑥。



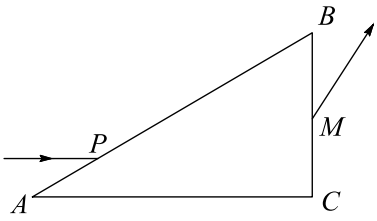

14. (1)（5 分）如图，一轻弹簧一端固定，另一端连接一物块构成弹簧振子，该物块是由 $a$、$b$ 两个小物块粘在一起组成的。物块在光滑水平面上左右振动，振幅为 $A_0$，周期为 $T_0$。当物块向右通过平衡位置时，$a$、$b$ 之间的粘胶脱开；以后小物块 $a$ 振动的振幅和周期分别为 $A$ 和 $T$，则 $A$<$A_0$（填“>”、“<”或“=”），$T$<$T_0$（填“>”、“<”或“=”）。




(2)（10 分）如图，三棱镜的横截面为直角三角形 $ABC$，$\angle A = 30^\circ$，$\angle B = 60^\circ$。一束平行于 $AC$ 边的光线自 $AB$ 边的 $P$ 点射入三棱镜，在 $AC$ 边发生反射后从 $BC$ 边的 $M$ 点射出，若光线在 $P$ 点的入射角和在 $M$ 点的折射角相等，

i. 求三棱镜的折射率；

ii. 在三棱镜的 $AC$ 边是否有光线透出，写出分析过程。（不考虑多次反射）




(1) <，< (2) $n = \sqrt{3}$，三棱镜的 $AC$ 边无光线透出。

（i）光路图如图所示，图中 $N$ 点为光线在 $AC$ 边发生反射的入射点。设光线在 $P$ 点的入射角为 $i$、折射角为 $r$，在 $M$ 点的入射角为 $r'$、折射角依题意也为 $i$，有

$$i = 60^\circ$$

①

由折射定律有

$$\sin i = n \sin r$$

②

$$n\sin r' = \sin i$$

③

由②③式得

$$r = r'$$

④

$OO'$ 为过 $M$ 点的法线，$\angle C$ 为直角，$OO' \parallel AC$，由几何关系有

$$\angle MNC = r'$$

⑤

由反射定律可知

$$\angle PNA = \angle MNC$$

⑥

联立④⑤⑥式得

$$\angle PNA = r$$

⑦

由几何关系得 $r = 30°$ ⑧。

联立①②⑧式得

$$n = \sqrt{3}$$

⑨

（ii）设在 $N$ 点的入射角为 $i''$，由几何关系得

$$i'' = 60°$$

⑩

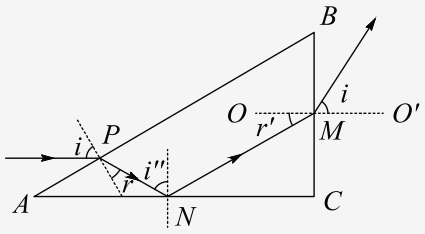
此三棱镜的全反射临界角满足

$$n\sin\theta_c = 1$$

⑪

由⑨⑩ ⑪ 式得 $i'' > \theta_c$⑫。

此光线在 $N$ 点发生全反射，三棱镜的 $AC$ 边没有光线透出。




15. (1)（5 分）关于原子核的结合能，下列说法正确的是（ABC）（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. 原子核的结合能等于使其完全分解成自由核子所需的最小能量

B. 一重原子核衰变成 $\alpha$ 粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和一定大于原来重核的结合能

C. 铯原子核（${}^{133}_{55}\mathrm{Cs}$）的结合能小于铅原子核（${}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$）的结合能

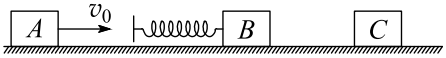
D. 比结合能越大，原子核越不稳定

E. 自由核子组成原子核时，其质量亏损所对应的能量大于该原子核的结合能

(2)（10 分）如图，光滑水平直轨道上有三个质量均为 $m$ 的物块 $A$、$B$、$C$。$B$ 的左侧固定一轻弹簧（弹簧左侧的挡板质量不计）。设 $A$ 以速度 $v_0$ 朝 $B$ 运动，压缩弹簧；当 $A$、$B$ 速度相等时，$B$ 与 $C$ 恰好相碰并粘接在一起，然后继续运动。假设 $B$ 和 $C$ 碰撞过程时间极短。求从 $A$ 开始压缩弹簧直至与弹簧分离的过程中，

i. 整个系统损失的机械能；

ii. 弹簧被压缩到最短时的弹性势能。




(1) $\frac{1}{16}mv_0^2$　(2) $\frac{13}{48}mv_0^2$

（i）从 $A$ 压缩弹簧到 $A$ 与 $B$ 具有相同速度 $v_1$ 时，对 $A$、$B$ 与弹簧组成的系统，由动量守恒定律得

$$mv_0 = 2mv_1$$

①

此时 $B$ 与 $C$ 发生完全非弹性碰撞，设碰撞后的瞬时速度为 $v_2$，损失的机械能为 $\Delta E$。对 $B$、$C$ 组成的系统，由动量守恒和能量守恒定律得

$$mv_1 = 2mv_2$$

②

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \Delta E + \frac{1}{2}(2m)v_2^2$$

③

联立①②③式得

$$\Delta E = \frac{1}{16} m v_0^2$$

④

（ii）由②式可知 $v_2 < v_1$，$A$ 将继续压缩弹簧，直至 $A$、$B$、$C$ 三者速度相同，设此时速度为 $v_3$，此时弹簧被压缩至最短，其弹性势能为 $E_p$。由动量守恒和能量守恒定律得

$$m v_0 = 3 m v_3$$

⑤

$$\frac{1}{2} m v_0^2 - \Delta E = \frac{1}{2} (3m) v_3^2 + E_p$$

⑥

联立④⑤⑥式得

$$E_p = \frac{13}{48} m v_0^2$$

⑦