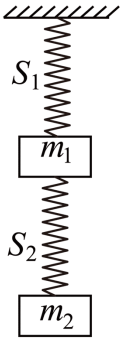
# 2001 年北京春季理综

1. 如图所示，两根相同的轻弹簧 $S_1$、$S_2$，劲度系数皆为 $k=4\times10^2\,\mathrm{N/m}$。悬挂的重物的质量分别为 $m_1=2\,\mathrm{kg}$ 和 $m_2=4\,\mathrm{kg}$。若不计弹簧质量，取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，则平衡时弹簧 $S_1$、$S_2$ 的伸长量分别为 ( C )




A. 5 cm、10 cm　　B. 10 cm、5 cm　　C. 15 cm、10 cm　　D. 10 cm、15 cm

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

2. 下列现象中，与原子核内部变化有关的是 ( C )

A. $\alpha$ 粒子散射　　B. 光电效应　　C. 天然放射现象　　D. 原子发光现象

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

3. 下列说法中正确的是 ( B )

A. 物体的分子热运动动能的总和就是物体的内能

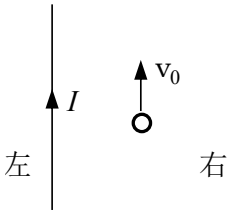
B. 对于同一种气体，温度越高，分子平均动能越大

C. 要使气体的分子平均动能增大，外界必须向气体传热

D. 一定质量的气体，温度升高时，分子间的平均距离一定增大

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

4. 初速为 $v_0$ 的电子，沿平行于通电长直导线的方向射出，直导线中电流方向与电子的初始运动方向如图所示，则 ( A )

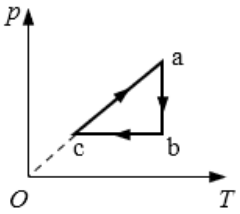



A. 电子将向右偏转，速率不变　　B. 电子将向左偏转，速率改变

C. 电子将向左偏转，速率不变　　D. 电子将向右偏转，速率改变

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

5. 一定质量的理想气体经过一系列过程，如图所示。下列说法中正确的是（AD）




A. $a \to b$ 过程中，气体体积增大，压强减小

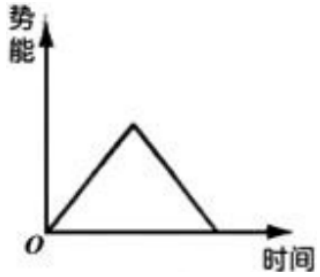
B. $b \to c$ 过程中，气体压强不变，体积增大

C. $c \to a$ 过程中，气体压强增大，体积变小

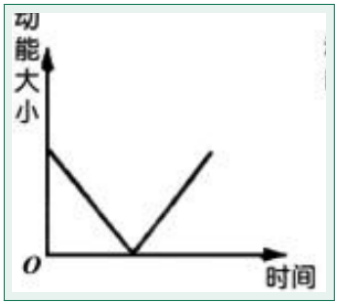
D. $c \to a$ 过程中，气体内能增大，体积不变

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

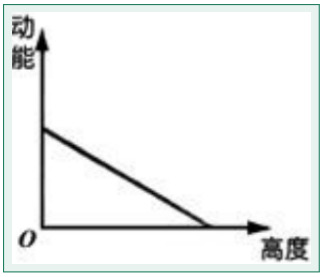
6. 将物体以一定的初速度竖直上抛。若不计空气阻力，从抛出到落回原地的整个过程中，下列四个图线中正确的是（BC）



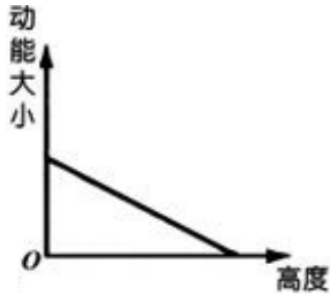

A.




B.




C.




D.

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

7. 一平行板电容器，两板之间的距离 $d$ 和两板面积 $S$ 都可以调节，电容器两板与电池相连接。以 $Q$ 表示电容器的电量，$E$ 表示两极板间的电场强度，则 ( AC )

A. 当 $d$ 增大、$S$ 不变时，$Q$ 减小、$E$ 减小

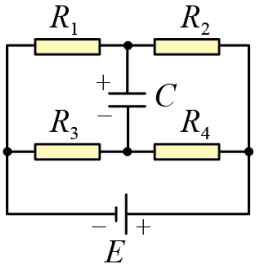
B. 当 $S$ 增大、$d$ 不变时，$Q$ 增大、$E$ 增大

C. 当 $d$ 减小、$S$ 增大时，$Q$ 增大、$E$ 增大

D. 当 $S$ 减小、$d$ 减小时，$Q$ 不变、$E$ 不变

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

8. 在如图所示的电路中，电容器 $C$ 的上极板带正电。为了使该极板仍带正电且电量增大，下列办法中可采用的是 ( AD )




A. 增大 $R_1$，其他电阻不变

B. 增大 $R_2$，其他电阻不变

C. 增大 $R_3$，其他电阻不变

D. 增大 $R_4$，其他电阻不变

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

9. 有一列沿水平绳传播的简谐横波，频率为 10 Hz，振动方向沿竖直方向。当绳上的质点 P 到达其平衡位置且向下运动时，在其右方相距 0.6 m 处的质点 Q 刚好到达最高点。由此可知波速和传播方向可能是 ( BC )

A. 8 m/s，向右传播

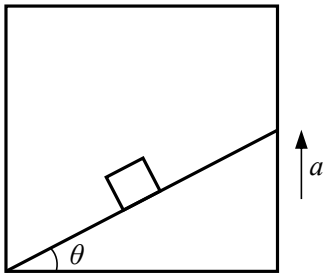
B. 8 m/s，向左传播

C. 24 m/s，向右传播

D. 24 m/s，向左传播

> 本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

10. 一物体放置在倾角为 $\theta$ 的斜面上，斜面固定于加速上升的电梯中，加速度为 $a$，如图所示。在物体始终相对于斜面静止的条件下，下列说法中正确的是 ( BC )



A. 当 $\theta$ 一定时，$a$ 越大，斜面对物体的正压力越小

B. 当 $\theta$ 一定时，$a$ 越大，斜面对物体的摩擦力越大

C. 当 $a$ 一定时，$\theta$ 越大，斜面对物体的正压力越小

D. 当 $a$ 一定时，$\theta$ 越大，斜面对物体的摩擦力越小

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

11. 平衡下列核反应方程式：

(1) ${}^{y}_{x}\mathrm{B} + \alpha \longrightarrow {}^{13}_{7}\mathrm{N} + \mathrm{n}$，$x =$ ，$y =$ 。

(2) ${}^{7}_{3}\mathrm{Li} + \mathrm{p} \longrightarrow \alpha +$

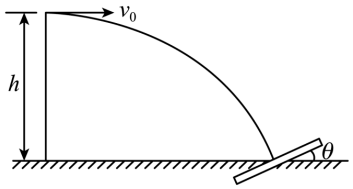
(1) 5，10　(2) ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ 或 $\alpha$

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

12. 一质量为 $4.0 \times 10^{-15}\,\mathrm{kg}$、电量为 $2.0 \times 10^{-9}\,\mathrm{C}$ 的带正电质点，以 $4.0 \times 10^{4}\,\mathrm{m/s}$ 的速度垂直于电场方向从 a 点进入匀强电场区域，并从 b 点离开电场区域。离开电场时的速度为 $5.0 \times 10^{4}\,\mathrm{m/s}$。由此可知，电场中 a、b 两点间的电势差 $U_a - U_b = 9.0 \times 10^{2}\,\mathrm{V}$；带电质点离开电场时，速度在电场方向的分量为 $3.0 \times 10^{4}\,\mathrm{m/s}$。不考虑重力作用。

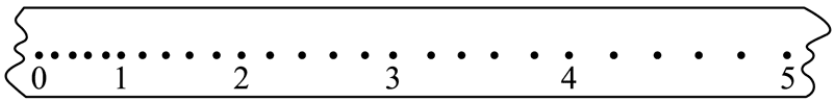
本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

13. 质量为 $m = 0.10\,\mathrm{kg}$ 的小钢球以 $v_0 = 10\,\mathrm{m/s}$ 的水平速度抛出，下落 $h = 5.0\,\mathrm{m}$ 时撞击一钢板，撞后速度恰好反向，则钢板与水平面的夹角 $\theta = 45°$。刚要撞击钢板时小球动量的大小为 $\sqrt{2}\,\mathrm{kg \cdot m/s}$ 或 $\sqrt{2}\,\mathrm{N \cdot s}$。（取 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$）




本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

14. 已知打点计时器接的交流电源频率是 $f$，用它记录一个匀变速运动小车的位移，打出的一条纸带和已选好的计数点 0，1、2、3、4 如图所示。某同学测量出 1 与 2 两点间的距离为 $s_{12}$，3 与 4 两点间的距离为 $s_{34}$，由此可算出小车运动的加速度 $a = \frac{f^2}{32}(s_{34} - s_{12})$。



本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

15. 做测定凸透镜焦距的实验时，把蜡烛和光屏放在透镜的主光轴上，与主光轴垂直。若这时在它们之间无论怎样移动透镜，光屏上都得不到清晰的蜡烛像，则应采取的措施是 加大蜡烛和光屏之间的距离。为了求得凸透镜的焦距，测出蜡烛到光屏的距离 $L$ 和蜡烛在光屏上两次成像时透镜的两个位置之间的距离 $d$，则该透镜的焦距 $f=\frac{L^2-d^2}{4L}$。

本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

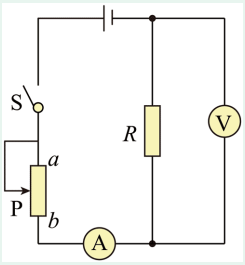
16. 在测定金属电阻率的实验中，用伏安法测量电阻。将实验电路图画在方框中。为了完成整个实验，除你在电路中已画出的器材外，还需要用哪些仪器？用这些仪器测量哪些量？

答：用螺旋测微器测量金属丝的直径 $d$，用米尺测金属丝的长度 $l$。

计算电阻率 $\rho$ 的公式是

$\rho=\frac{\pi U d^2}{4Il}$，式中 $U$ 是电压表测得的电压值，$I$ 是电流表测得的电流值。

实验电路图如图所示。




本题原卷及材料中未提供详解，待补充。

17. 简述光的全反射现象及临界角的定义，并导出折射率为 $n$ 的玻璃对真空的临界角公式。

光线从光密介质射向光疏介质时，折射角大于入射角。若入射角增大到某一角度 $C$，使折射角达到 $90°$，折射光就消失。入射角大于 $C$ 时只有反射光，这种现象称为全反射，相应的入射角 $C$ 叫做临界角。

$\sin C=\frac{1}{n}$

光线从光密介质射向光疏介质时，折射角大于入射角。若入射角增大到某一角度 $C$，使折射角达到 $90°$，折射光就消失。入射角大于 $C$ 时只有反射光，这种现象称为全反射，相应的入射角 $C$ 叫做临界角。

光线由折射率为 $n$ 的玻璃到真空，折射定律为

$\sin r=n\sin i$ ①

其中 $i$ 和 $r$ 分别为入射角和折射角。当入射角 $i$ 等于临界角 $C$ 时，折射角 $r$ 等于 $90°$，代入①式得

$\sin C = \frac{1}{n}$ ②

评分标准：本题 11 分。能正确叙述全反射现象及临界角定义的，给 6 分（如果没有说明全反射，只说临界角是发生全反射的最小入射角的，只给 2 分）。导出②式或 $C = \arcsin \frac{1}{n}$ 的，给 5 分。

18. 两个星球组成双星，它们在相互之间的万有引力作用下，绕连线上某点做周期相同的匀速圆周运动。现测得两星中心距离为 $R$，其运动周期为 $T$，求两星的总质量。

$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$

设两星质量分别为 $M_1$ 和 $M_2$，都绕连线上 $O$ 点作周期为 $T$ 的圆周运动，星球 1 和星球 2 到 $O$ 的距离分别为 $l_1$ 和 $l_2$。由万有引力定律和牛顿第二定律及几何条件可得

$G\frac{M_1 M_2}{R^2} = M_1(\frac{2\pi}{T})^2 l_1$ ①

$G\frac{M_1 M_2}{R^2} = M_2(\frac{2\pi}{T})^2 l_2$ ②

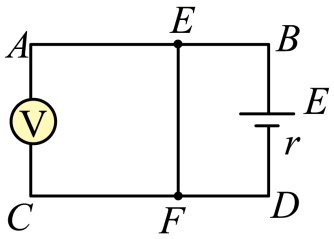
$l_1 + l_2 = R$ ③

联立解得

$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$ ④

评分标准：本题 12 分。①、②、③、④各占 3 分。

19. 如图所示，AB、CD 为两根平行的相同的均匀电阻丝，EF 为另一根电阻丝，其电阻为 $R$，它可以在 AB、CD 上滑动并保持与 AB 垂直，EF 与 AB、CD 接触良好。图中电压表为理想电压表。电池的电动势和内阻都不变。B、D 与电池两极连接的导线的电阻可忽略。当 EF 处于图中位置时，电压表的读数为 $U_1 = 4.0\,\mathrm{V}$。已知将 EF 由图中位置向左移动一段距离 $\Delta L$ 后，电压表的读数变为 $U_2 = 3.0\,\mathrm{V}$。若将 EF 由图中位置向右移动一段距离 $\Delta L$，电压表的读数 $U_3$ 是多少？




$U_3 = 6\,\mathrm{V}$

令 $\rho$ 表示 AB、CD 上单位长度电阻丝的电阻，当 EF 处于图中位置时，设 EB、FD 两段电阻丝的长度皆为 $l$。由于电压表是理想电压表，故电压表的读数就是 EF 两端的电压。由分压关系得

$\frac{R\varepsilon}{r+R+2\rho l}=U_1$ ①

当 EF 由图示位置向左移动一段距离 $\Delta L$，EB、FD 两段电阻丝的总电阻为 $2\rho(l+\Delta L)$。由分压关系得

$\frac{R\varepsilon}{r+R+2\rho(l+\Delta L)}=U_2$ ②

当 EF 由图示位置向右移动一段距离 $\Delta L$，EB、FD 两段电阻丝的总电阻为 $2\rho(l-\Delta L)$。由分压关系得

$\frac{R\varepsilon}{r+R+2\rho(l-\Delta L)}=U_3$ ③

由以上三式，代入数值解得

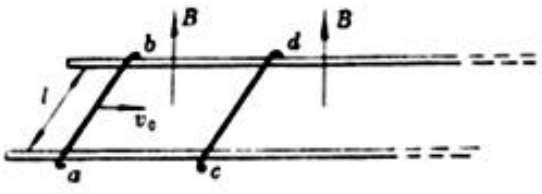
$U_3=6\,\mathrm{V}$ ④

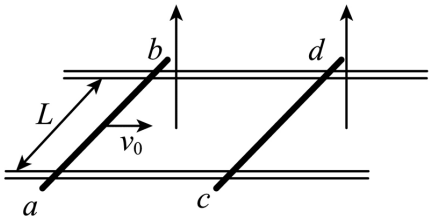
评分标准：本题 12 分。①、②、③、④式各 3 分。

20. 两根足够长的固定的平行金属导轨位于同一水平面内，两导轨间的距离为 $l$。导轨上面横放着两根导体棒 ab 和 cd，构成矩形回路，如图所示。两根导体棒的质量皆为 $m$，电阻皆为 $R$，回路中其余部分的电阻可不计。在整个导轨平面内都有竖直向上的匀强磁场，磁感应强度为 $B$。设两导体棒均可沿导轨无摩擦地滑行。开始时，棒 cd 静止，棒 ab 有指向棒 cd 的初速度 $v_0$（见图）。若两导体棒在运动中始终不接触，求：

(1) 在运动中产生的焦耳热最多是多少；

(2) 当 ab 棒的速度变为初速度的 $\frac{3}{4}$ 时，cd 棒的加速度是多少？




(1) $Q=\frac{1}{4}mv_0^2$　(2) $a=\frac{B^2l^2v_0}{4mR}$

ab 棒向 cd 棒运动时，两棒和导轨构成的回路面积变小，磁通量发生变化，于是产生感应电流。ab 棒受到与运动方向相反的安培力作用作减速运动，cd 棒则在安培力作用下作加速运动。在 ab 棒的速度大于 cd 棒的速度时，回路总有感应电流，ab 棒继续减速，cd 棒继续加速。两棒速度达到相同后，回路面积保持不变，磁通量不变化，不产生感应电流，两棒以相同的速度 $v$ 作匀速运动。

（1）从初始至两棒达到速度相同的过程中，两棒总动量守恒，有

$mv_0 = 2mv$ ①

根据能量守恒，整个过程中产生的总热量

$Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(2m)v^2 = \frac{1}{4}mv_0^2$ ②

（2）设 ab 棒的速度变为初速度的 $\frac{3}{4}$ 时，cd 棒的速度为 $v'$，则由动量守恒可知

$mv_0 = m \cdot \frac{3}{4}v_0 + mv'$ ③

此时回路中的感应电动势和感应电流分别为

$\varepsilon = (\frac{3}{4}v_0 - v')Bl$ ④

$I = \frac{\varepsilon}{2R}$ ⑤

此时 cd 棒所受的安培力

$F = IBl$ ⑥

cd 棒的加速度

$a = \frac{F}{m}$ ⑦

由以上各式，可得

$a = \frac{B^2l^2v_0}{4mR}$ ⑧

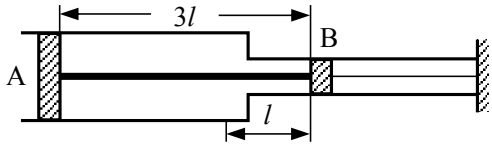
评分标准：本题 12 分。第（1）问 6 分，其中①、②各 3 分。第（2）问 6 分，其中③式 1 分，④式 2 分，⑤式 1 分，⑧式 2 分。

21. 如图所示，一水平放置的气缸，由截面积不同的两圆筒联接而成。活塞 A、B 用一长为 $3l$ 的刚性细杆连接，它们可以在筒内无摩擦地沿水平方向左右滑动。A、B 的截面积分别为 $S_A = 30\,\mathrm{cm}^2$、$S_B = 15\,\mathrm{cm}^2$。A、B 之间封闭着一定质量的理想气体。两活塞外侧（A 的左方和 B 的右方）都是大气，大气压强始终保持为 $p_0 = 1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$。活塞 B 的中心连一不能伸长的细线，细线的另一端固定在墙上。当气缸内气体温度为 $T_1 = 540\,\mathrm{K}$，活塞 A、B 的平衡位置如图所示，此时细线中的张力为 $F_1 = 30\,\mathrm{N}$。

(1) 现使气缸内气体温度由初始的 540 K 缓慢下降，温度降为多少时活塞开始向右移动？

(2) 继续使气缸内气体温度下降，温度降为多少时活塞 A 刚刚右移到两圆筒联接处？

(3) 活塞 A 移到两圆筒联接处之后，维持气体温度不变，另外对 B 施加一个水平向左的推力，将两活塞慢慢推向左方，直到细线拉力重新变为 30 N。求此时的外加推力 $F_2$ 是多大。




(1) $T_2 = 450\,\mathrm{K}$　(2) $T_3 = 270\,\mathrm{K}$　(3) $F_2 = 90\,\mathrm{N}$

（1）设气缸内气体压强为 $p_1$，$F$ 为细线中的张力，则活塞 A、B 及细杆这个整体的平衡条件为

$p_0S_A - p_1S_A + p_1S_B - p_0S_B + F_1 = 0$（1 分），解得 $p_1 = p_0 + \frac{F_1}{S_A - S_B}$ ①（1 分）

对于初始状态，$F = F_1 = 30\,\mathrm{N}$，

代入①式，就得到气缸中气体的初始压强 $p_1 = 1.2 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$（1 分）

由①式看出，只要气体压强 $p_1 > p_0$，细线就会拉直且有拉力，于是活塞不会移动。使气缸内气体温度降低是等容降温过程，当温度下降使压强降到 $p_0$ 时，细线拉力变为零，再降温时活塞开始向右移，设此时温度为 $T_2$，压强 $p_2 = p_0$。有

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_0}{p_1}$ ②（1 分）

得 $T_2 = \frac{5}{6}T_1 = 450\,\mathrm{K}$ ③（1 分）

（2）再降温，细线松了，要平衡必有气体压强 $p = p_0$。是等压降温过程，活塞右移、体积相应减小，当 A 到达两圆筒联接处时，温度为 $T_3$，

由 $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$

即 $\frac{2lS_A + lS_B}{T_2} = \frac{3S_Bl}{T_3}$ ④（2 分）

得 $T_3 = \frac{1}{2}T_1 = 270\,\mathrm{K}$ ⑤（1 分）

（3）维持 $T_3 = 270\,\mathrm{K}$ 不变，向左推活塞，是等温过程，最后压强为 $p_4$。有

$\frac{p_4}{p_0} = \frac{3lS_B}{2lS_A + lS_B}$ ⑥（2 分）

推力 $F_2$ 向左，由力的平衡条件得

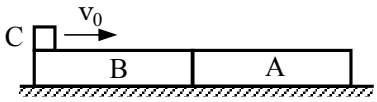
$p_0S_A - p_4S_A + p_4S_B - p_0S_B + F_1 - F_2 = 0$ ⑦（1 分）

解得 $F_2 = 90\,\mathrm{N}$ ⑧（1 分）

评分标准：本题 14 分。第（1）问 6 分，其中①、②、③式各 2 分。第（2）问 4 分，其中④、⑤式各 2 分。第（3）问 4 分，其中⑥式 2 分，⑦式 1 分，⑧式 1 分。

22. 如图所示，A、B 是静止在水平地面上完全相同的两块长木板。A 的左端和 B 的右端相接触。两板的质量皆为 $M = 2.0\,\mathrm{kg}$，长度皆为 $l = 1.0\,\mathrm{m}$。C 是一质量为 $m = 1.0\,\mathrm{kg}$ 的小物块。现给它一初速度 $v_0 = 2.0\,\mathrm{m/s}$，使它从 B 板的左端开始向右滑动。已知地面是光滑的，而 C 与 A、B 之间的动摩擦因数皆为 $\mu = 0.10$。求最后 A、B、C 各以多大的

速度做匀速运动。取重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。




$v_B = 0.155\,\mathrm{m/s}$，$v_C = v_A = 0.563\,\mathrm{m/s}$

先假设小物块 C 在木板 B 上移动 $x$ 距离后，停在 B 上。这时 A、B、C 三者的速度相等，设为 $V$。由动量守恒得

$mv_0 = (m + 2M)V$ ①

在此过程中，木板 B 的位移为 $s$，小物块 C 的位移为 $s + x$。由功能关系得

$-\mu mg(s + x) = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$\mu mgs = \frac{1}{2} \cdot 2MV^2$

相加得

$-\mu mgx = \frac{1}{2}(m + 2M)V^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ②

解①、②两式得

$x = \frac{Mv_0^2}{(2M+m)\mu g}$ ③

代入数值得

$x = 1.6\,\mathrm{m}$ ④

$x$ 比 B 板的长度 $l$ 大。这说明小物块 C 不会停在 B 板上，而要滑到 A 板上。设 C 刚滑到 A 板上的速度为 $v_1$，此时 A、B 板的速度为 $V_1$，则由动量守恒得

$mv_0 = mv_1 + 2MV_1$ ⑤

由功能关系得

$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2} \cdot 2MV_1^2 = \mu mgl$ ⑥

以题给数据代入解得

$V_1 = \frac{8 \pm \sqrt{24}}{20}$

$v_1 = 2 - \frac{8 \pm \sqrt{24}}{5} = \frac{2 \mp \sqrt{24}}{5}$

由于 $v_1$ 必是正数，故合理的解是

$V_1 = \frac{8 - \sqrt{24}}{20} = 0.155\,\mathrm{m/s}$ ⑦

$v_1 = \frac{2 + \sqrt{24}}{5} = 1.38\,\mathrm{m/s}$ ⑧

当滑到 A 之后，B 即以 $V_1 = 0.155\,\mathrm{m/s}$ 做匀速运动。而 C 是以 $v_1 = 1.38\,\mathrm{m/s}$ 的初

速在 A 上向右运动。设在 A 上移动了 $y$ 距离后停止在 A 上，此时 C 和 A 的速度为 $V_2$，由动量守恒得

$MV_1 + mv_1 = (m + M)V_2$ ⑨

解得

$V_2 = 0.563\,\mathrm{m/s}$ ⑩

由功能关系得

$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}MV_1^2 - \frac{1}{2}(m + M)V_2^2 = \mu mgy$ ⑪

解得 $y = 0.50\,\mathrm{m}$ ⑫

$y$ 比 A 板的长度小，故小物块 C 确实是停在 A 板上。最后 A、B、C 的速度分别为 $v_A = V_2 = 0.563\,\mathrm{m/s}$，$v_B = V_1 = 0.155\,\mathrm{m/s}$，$v_C = v_A = 0.563\,\mathrm{m/s}$。

评分标准：本题 14 分。正确论证了 C 不能停在 B 板上而是停在 A 板上，占 8 分。求出 A、B、C 三者的最后速度，占 6 分。