

B. 若该图象为 $a-t$ 图象，且物体的初速度为零，则物体的最大速度为 mn

C. 若该图象为 $a-x$ 图象，且物体的初速度为零，则物体的最大速度为 \sqrt{mn}

D. 若该图象为 v^2-x 图象，则物体作匀变速运动，且加速度大小为 $\frac{m}{n}$

【答案】C

【详解】A. 若该图象为 $x-t$ 图象， $x-t$ 图象的斜率表示速度，可知物体速度不变，故 A 错误；

B. 若该图象为 $a-t$ 图象， $a-t$ 图象与坐标轴的面积表示速度，可知则物体的最大速度为

$$v = \frac{1}{2}mn$$

故 B 错误；

C. 若该图象为 $a-x$ 图象，且物体的初速度为零，把物体的位移分为 n 等份，每一等份的位移为 Δx ，若 n 很大， Δx 很小，在 Δx 内，物体可视为做匀加速直线运动，则第 1 个 Δx 内有

$$v_1^2 - 0 = 2a\Delta x$$

第 2 个 Δx 内有

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x$$

第 n 个 Δx 内有

$$v_n^2 - v_{n-1}^2 = 2a\Delta x$$

将上述 n 个等式相加，可得

$$v_n^2 = 2ax$$

可知 $a-x$ 图象与坐标轴的面积表示速度平方值的一半，故物体的最大速度为

$$v_{\max} = \sqrt{2ax} = \sqrt{mn}$$

故 C 正确；

D. 根据动力学公式有

$$v^2 - v_0^2 = -2ax$$

整理得

$$v^2 = -2ax + v_0^2$$

斜率的绝对值为

$$|k| = 2a = \frac{m}{n}$$

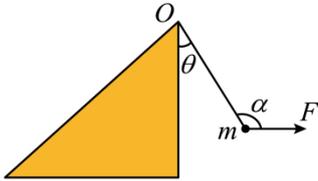
可得物体作匀变速运动，且加速度大小为

$$a = \frac{m}{2n}$$

故 D 错误。

故选 C。

3. 如图所示，斜面静止于水平地面。将一可视为质点的质量为 m 的小球用轻质柔软的细线悬挂于斜面顶端的 O 点，在外力 F 、细线拉力 F_T 和重力 mg 的作用下处于平衡状态。根线与竖直方向的夹角为 θ ，与 F 的夹角为 α ，开始时 F 水平。保持 α 角不变，逐渐缓慢增大 θ 角，直至悬线水平已知该过程中，斜面一直保持静止，则下列说法正确的是（ ）



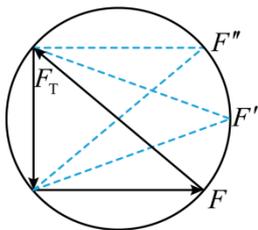
- A. 外力 F 先增大后减小
- B. 细线拉力 F_T 逐渐增大
- C. 地面对斜面的摩擦力先增大后减小
- D. 地面对斜面的支持力先减小后增大

【答案】C

【详解】AB. 如图所示，作出外力 F 、细线拉力 F_T 的合力如图所示，二力的合力和重力大小相等，方向相反，保持 α 角不变，逐渐缓慢增大 θ 角，直至悬线水平，由此可以看出外力 F 逐渐增大，细线拉力 F_T 逐渐减小，选项 AB 错误；

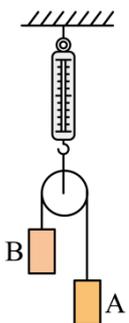
C. 在此过程中，拉力 F 变为 F' 时，水平分力最大，应用整体法可得，地面对斜面的摩擦力先增大后减小，选项 C 正确；

D. 在此过程中，拉力 F 的竖直分力逐渐增大，根据整体法可得，地面对斜面的支持力一直在减小，选项 D 错误。
故选 C。



4. 如图所示，弹簧测力计下端悬挂一轻质滑轮，跨过滑轮的细线两端系有 A、B 两重物 ($m_A > m_B$)，

$m_B = 0.2\text{kg}$ ，不计细线与滑轮间的摩擦。现由静止释放两重物，在 A、B 两重物运动过程中，弹簧测力计的示数可能为（ ） ($g = 10\text{m/s}^2$)



A. 4N

B. 6N

C. 8N

D. 10N

【答案】B

【详解】由于 $m_A > m_B$ ，可知静止释放两重物后，A 向下加速，B 向上减速，设细线拉力为 T ；对 A 根据牛顿第二定律可得

$$m_A g - T = m_A a$$

对 B 根据牛顿第二定律可得

$$T - m_B g = m_B a$$

联立解得

$$a = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} g < g$$

可知细线拉力为

$$T = m_B g + m_B a$$

则有

$$m_B g < T < 2m_B g$$

以轻质滑轮为对象，根据受力平衡可知弹簧测力计的示数为

$$F_{\text{弹}} = 2T$$

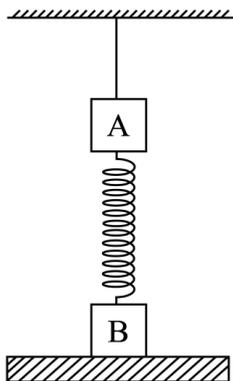
则有

$$4\text{N} < F_{\text{弹}} < 8\text{N}$$

故选 B。

5. 如图所示，质量分别为 m 和 $2m$ 的 A、B 两物块，用一轻弹簧相连，将 A 用轻绳悬挂于天花板上，用一木板托住物块 B。调整木板的位置，当系统处于静止状态时，悬挂 A 物块的悬绳恰好伸直且没有拉力，此时轻弹簧的形变量为 x 突然撤去木板，重力加速度为 g ，物体运动过程中，弹簧始终在弹性限度内，则下列说法正确的是

()



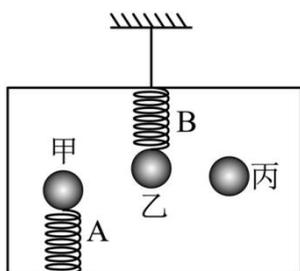
A. 撤去木板瞬间，B 物块的加速度大小为 g

- B. 撤去木板瞬间，B 物块的加速度大小为 $0.5g$
- C. 撤去木板后，B 物块向下运动 $3x$ 时速度最大
- D. 撤去木板后，B 物块向下运动 $2x$ 时速度最大

【答案】C

【详解】撤去木板瞬间，B 物块受到的合力为 $3mg$ ，由牛顿第二定律可知： $a_B=1.5g$ ，故 AB 错误；当 B 物块受到的合外力为零时，速度最大，此时 $T_2=2mg=kx_2$ ，又 $mg=kx$ ，所以弹簧此时的伸长量 $x_2=2x$ ，即 B 物块向下运动 $3x$ 时速度最大，故 C 正确，D 错误。

6. 如图所示，充满某种液体的密闭容器用绳子悬挂在天花板上，轻弹簧 A 下端固定在容器底部，轻弹簧 B 上端固定在容器顶部。甲、乙、丙是三个不同材质的实心球，甲连在 A 的上端，乙连在 B 的下端，丙悬浮在液体中。已知甲、乙、丙和液体的密度关系为 $\rho_{乙} < \rho_{丙} = \rho_{液} < \rho_{甲}$ ，则剪断绳的瞬间相对于容器（不计空气阻力）（ ）



- A. 甲球将向上运动，乙、丙球将向下运动
- B. 甲、丙球将向上运动，乙球将向下运动
- C. 甲球将向上运动，乙球将向下运动，丙球不动
- D. 甲球将向下运动，乙球将向上运动，丙球不动

【答案】C

【详解】依题意，由于 $\rho_{乙} < \rho_{丙} = \rho_{液} < \rho_{甲}$ ，根据浮力公式

$$F_{浮} = \rho_{液} g V_{排}$$

可知，轻弹簧 A、B 均处于压缩状态，剪断绳的瞬间，系统处于完全失重状态，由于弹簧的弹力不会发生突变，根据牛顿第二定律可知，甲的加速度小于 g ，乙的加速度大于 g ，丙的加速度等于 g ，所以三者相对于容器，甲球将向上运动，乙球将向下运动，丙球保持不动。

故选 C。

7. 大家耳熟能详的节气歌“春雨惊春清谷天，夏满芒夏暑相连，秋处露秋寒霜降，冬雪雪冬小大寒”反映了古人的智慧，里面涉及与节气有关的物理现象。下列说法正确的是（ ）

- A. 荷叶上小水珠呈球状是由于液体表面张力使其表面积具有收缩到最小的趋势
- B. 冬天低温下会结冰，如果一定质量的 0°C 水变成 0°C 的冰，体积会增大，分子势能会增大
- C. 夏天气温比春天高，所以夏天大气中所有分子的热运动速率均比春天大
- D. 食盐受潮时会粘在一起，受潮后的食盐是非晶体

【答案】A

【详解】A. 液体的表面张力使液体表面积有收缩到最小的趋势，所以荷叶上小水珠成球状，故 A 正确；

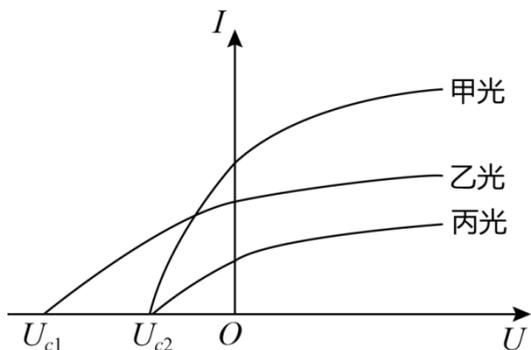
B. 冬天低温下会结冰，如果一定质量的 0°C 水变成 0°C 的冰，体积会增大，放出热量，内能减小，分子的平均动能不变，但分子势能会减小，故 B 错误；

C. 温度越高分子的平均动能越大，分子的平均速率就越大，但并不是每一个分子的速率都大，夏天温度高，所以夏天的分子平均速率比春天的大，故 C 错误；

D. 食盐受潮时粘在一起，受潮后的食盐仍然是晶体，故 D 错误。

故选 A。

8. 某同学用甲、乙、丙三种色光分别照射同一光电管，研究光电流 I 与所加电压 U 之间的关系，得到如图所示的图像。则下列说法正确的是 ()



A. 甲光的波长小于乙光的波长

B. 以相同的入射角从空气斜射入玻璃，乙光的折射角大于丙光的折射角

C. 甲光可能为蓝光，乙光可能为红光

D. 若处于基态的氢原子能吸收甲、乙两种光，且吸收甲光后由高能级向低能级跃迁共能发出 6 种频率的光，则吸收乙光后共能发出超过 6 种频率的光

【答案】D

【详解】A. 根据爱因斯坦光电效应方程结合动能定理可知

$$eU_c = \frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W$$

知入射光的频率越高，对应的遏止电压 U_c 越大。甲光、丙光的遏止电压相等，所以甲光、丙光的频率相等，波长相等，甲光、丙光的遏止电压小于乙光，则甲光、丙光的频率小于乙光，甲光、丙光的波长大于乙光，故 A 错误；

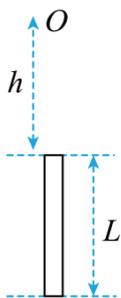
B. 由公式 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 可知，入射角相同，折射率越大的，折射角越小，由于乙的频率大于丙的频率，即乙的折射率大于丙的折射率，所以乙光的折射角小，故 B 错误；

C. 由于甲光的频率小于乙光的频率，则不可出现甲光为蓝光，乙光为红光，故 C 错误；

D. 由于甲光的频率小于乙光的频率，由甲光的光子能量小于乙光光子能量，处于基态的氢原子能吸收甲、乙两种光，乙光能跃迁到更高的能级，则吸收乙光后共能发出超过 6 种频率的光，故 D 正确。

故选 D。

9. 一长为 L 的金属管从地面以 v_0 的速率竖直上抛，管口正上方高 h ($h > L$) 处有一小球同时自由下落，金属管落地前小球从管中穿过。已知重力加速度为 g ，不计空气阻力。关于该运动过程说法正确的是 ()



- A. 小球穿过管所用时间大于 $\frac{L}{v_0}$
- B. 若小球在管上升阶段穿过管，则 $v_0 > \sqrt{(h+L)g}$
- C. 若小球在管下降阶段穿过管，则 $\sqrt{\frac{(2h+L)g}{2}} < v_0 < \sqrt{gh}$
- D. 小球不可能在管上升阶段穿过管

【答案】B

【详解】A. 两物体竖直方向加速度相同，所以小球相对管来说在做匀速直线运动，所以小球穿过管所用时间为

$$t = \frac{L}{v_0}$$

故 A 错误；

B. 刚好在管上升最高点穿过管有

$$L+h - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{2}g\left(\frac{v_0}{g}\right)^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{(h+L)g}$$

若小球在管上升阶段穿过管，则

$$v_0 > \sqrt{(h+L)g}$$

故 B 正确；

C. 若小球在管刚着地时穿管，有

$$h+L = \frac{1}{2}g\left(\frac{2v_0}{g}\right)^2$$

解得

$$v_0 = \sqrt{\frac{g(h+L)}{2}}$$

结合 B 分析可知小球在管下降阶段穿过管则

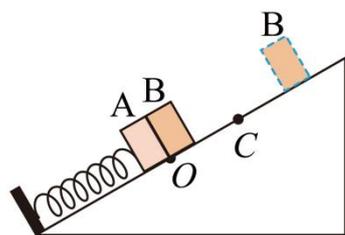
$$\sqrt{\frac{(h+L)g}{2}} < v_0 < \sqrt{(h+L)g}$$

故 C 错误；

D. 根据以上分析可知，故 D 错误。

故选 B

10. 如图所示，轻质弹簧一端固定，另一端与物块 A 连接在一起，物块 B 靠放在 A 右侧，两者位于 O 点，弹簧处于压缩状态。A、B 由 O 点静止释放后沿斜面向上运动，在 C 点分离后 B 上升到某位置静止，A 运动到 C 点下方某位置 D（未画出）速度为零。A、B 与斜面间的动摩擦因数相同，弹簧未超过弹性限度，上述过程中（ ）



- A. 两物块在 C 点时，弹簧处于压缩状态
- B. 弹簧的弹力方向不发生变化
- C. B 速度最大的位置在 OC 之间且在 OC 中点的上方
- D. 位置 D 可能位于 O 点的下方

【答案】C

【详解】AB. 设斜面的倾角为 θ ，两物块在 C 点时分离，此时物块 B 的加速度与 A 的加速度相等，即

$$a_B = g \sin \theta + \mu g \cos \theta = a_A$$

故此时弹簧对 A 的无弹力，弹簧处于原长状态，之后弹簧对 A 施加沿斜面向下的拉力，A 的加速度小于 B 的加速度，两物体沿斜面向上做减速运动，AB 错误；

C. 设 B 速度最大的位置距 C 点的距离为 x_1 ，则

$$kx_1 = (m_A + m_B)g \sin \theta + f$$

从 O 到 C，由动能定理可知

$$\frac{1}{2}kx^2 - [(m_A + m_B)g \sin \theta + f]x = \Delta E_k > 0$$

即

$$\frac{1}{2}kx^2 - kx_1x > 0$$

解得

$$x > 2x_1$$

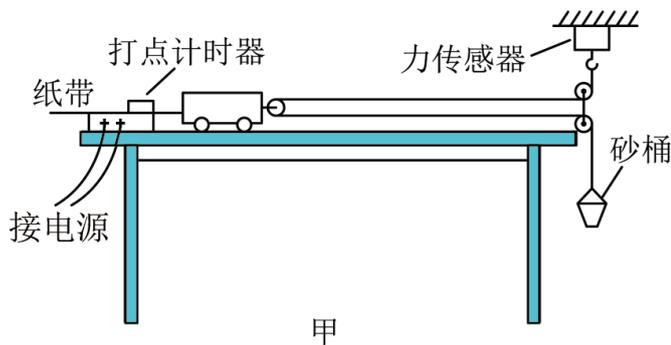
故 B 速度最大的位置在 OC 之间且在 OC 中点的上方，C 正确；

D. 根据能量守恒定律可知，系统的弹性势能不可能比开始时大，D 错误。

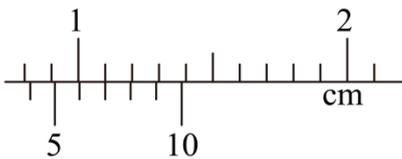
故选 C。

二、非选择题：本题共 5 题，共 60 分。其中第 12 题~第 15 题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；有数值计算时，答案中必须明确写出数值和单位。

11. 在探究物体质量一定时加速度与力的关系的实验中，小明同学做了如图甲所示的实验改进，在调节桌面水平后，添加了力传感器来测细线的拉力。



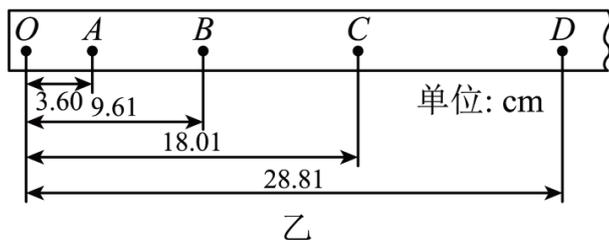
(1) 若用 10 分度的游标卡尺测量某物体的宽度 d ，如图所示，则宽度为_____mm。



(2) 关于该实验的操作，下列说法正确的是_____。

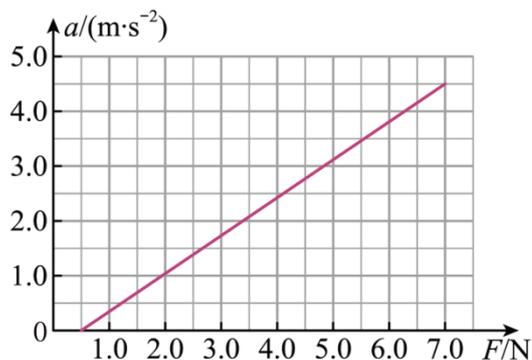
- A. 必须用天平测出砂和砂桶的质量
- B. 小车靠近打点计时器，先接通电源，再释放小车，打出一条纸带，同时记录拉力传感器的示数
- C. 选用电磁打点计时器比选用电火花打点计时器实验误差小
- D. 为减小误差，实验中一定要保证砂和砂桶的总质量远小于小车的质量

(3) 实验得到如图乙所示的纸带，已知打点计时器使用的交流电源的频率为 50Hz ，相邻两计数点之间还有四个点未画出，由图中的数据可知，小车运动的加速度大小是_____ m/s^2 （计算结果保留三位有效数字）；



(4) 由实验得到小车的加速度 a 与力传感器示数 F 的关系如图丙所示，则小车与轨道的滑动摩擦力 $F_f =$

_____ N;



丙

(5) 小明同学不断增加砂子质量重复实验, 发现小车的加速度最后会趋近于某一数值, 从理论上分析可知, 该数值应为_____ m/s^2 (g 取 9.8m/s^2)。

【答案】 ①. 4.7 ②. B ③. 2.40 ④. 1.0 ⑤. 4.9

【详解】(1) [1]由题图可知第 7 条刻度线与主尺刻度线对齐, 游标卡尺读数为

$$11.0\text{mm} - 7 \times 0.9\text{mm} = 4.7\text{mm}$$

(2) [2]A. 小车受到的拉力可由拉力传感器测出来, 不需要用天平测出砂和砂桶的质量, 故 A 错误;

B. 为充分利用纸带, 小车靠近打点计时器, 应先接通电源, 再释放小车, 打出一条纸带, 同时记录传感器的示数, 故 B 正确;

C. 使用电火花打点计时器时由于摩擦力较小, 故实验误差较小, 故 C 错误;

D. 小车受到的拉力可以由拉力传感器测出, 实验中不需要保证砂和砂桶的质量远小于小车的质量, 故 D 错误。

故选 B。

(3) [3]根据题意可知, 纸带上相邻计数点时间间隔

$$T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$$

根据

$$\Delta x = a_0 T^2$$

可得

$$a_0 = \frac{x_{BD} - x_{OB}}{4T^2} \approx 2.40\text{m/s}^2$$

(4) [4]根据牛顿第二定律可知

$$2F - F_f = ma$$

结合题图丙解得

$$F_f = 1.0\text{N}$$

(4) [5]根据实验原理可知小车的加速度是砂和砂桶加速度的 $\frac{1}{2}$, 而砂和砂桶的加速度最大为重力加速度, 即可判

断小车的最大加速度为

$$a' = \frac{1}{2}g = 4.9 \text{ m/s}^2$$

12. 如图甲所示，“隐身装置”可以将儿童的身体部分隐去，却对后面的成人没有形成遮挡；简化模型的俯视图如图乙所示， A 、 B 为两个厚度均为 $a = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m}$ 的直角透明介质，虚线为透明介质的对称轴，儿童站在介质之间虚线框位置处，人体反射的光线均视为与对称轴平行。已知介质折射率 $n = \sqrt{2}$ ，光在真空中的传播速度

图乙所示， A 、 B 为两个厚度均为 $a = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m}$ 的直角透明介质，虚线为透明介质的对称轴，儿童站在介质之间虚线

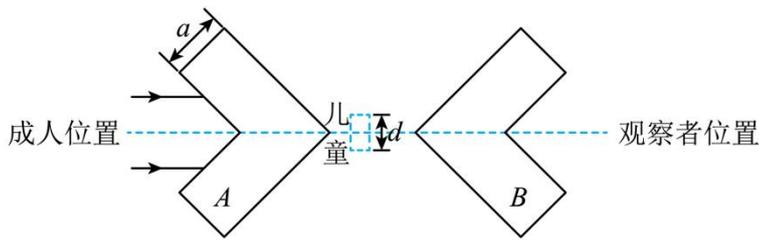
框位置处，人体反射的光线均视为与对称轴平行。已知介质折射率 $n = \sqrt{2}$ ，光在真空中的传播速度

$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ， $\sin 15^\circ = 0.26$ 。求：

- (1) 光线在两透明介质中传播的时间 t ；
- (2) 儿童身体能被隐身，身体宽度的最大值 d 。



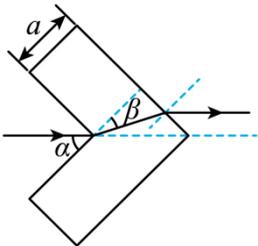
图甲



图乙

【答案】 (1) $t \approx 9.4 \times 10^{-9} \text{ s}$; (2) $d = 0.52 \text{ m}$

【详解】 (1) 光在透明介质 A 中传播的光路如图所示，入射角 $\alpha = 45^\circ$ ，设折射角为 β ，



由折射定律得

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

光在透明介质 A 中运动的路程

$$s = \frac{a}{\cos \beta}$$

光在两介质中需要的时间

$$t = \frac{2s}{v}$$

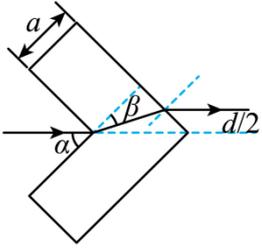
又光在透明介质中的速度

$$v = \frac{c}{n}$$

联立解得

$$t = \frac{2\sqrt{2}}{3} \times 10^{-8} \text{s} \approx 9.4 \times 10^{-9} \text{s}$$

(2) 儿童身体能被隐身时，光从介质 A 中射出时恰好不被儿童身体遮挡，如图所示



根据几何关系有

$$\frac{d}{2} = s \sin(\alpha - \beta)$$

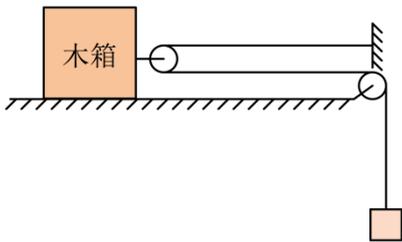
解得

$$d = 0.52 \text{m}$$

13. 如图所示，用轻质细绳绕过两个光滑轻质滑轮将木箱与重物连接，木箱质量 $M = 8\text{kg}$ ，重物质量 $m = 2\text{kg}$ ，木箱与地面间最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。

(1) 要使装置能静止，木箱与地面间的动摩擦因数需满足什么条件？

(2) 若木箱与地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.4$ ，用 $F = 80\text{N}$ 的水平拉力将木箱由静止向左拉动位移 $x = 0.5\text{m}$ 时，求重物的速度 v 。



【答案】(1) $\mu \geq 0.5$ ；(2) $v = \sqrt{2}\text{m/s}$

【详解】(1) 对重物受力分析，根据受力平衡可得

$$T = mg = 20\text{N}$$

对木箱受力分析，可得

$$f = 2T$$

又

$$f = \mu Mg$$

联立解得

$$\mu = 0.5$$

要使装置能静止，木箱与地面间的动摩擦因数需满足

$$\mu \geq 0.5$$

(2) 设木箱加速度大小为 a ，则重物加速度大小为 $2a$ ，对重物受力分析，根据牛顿第二定律可得

$$T - mg = 2ma$$

对木箱受力分析，有

$$F - \mu Mg - 2T = Ma$$

解得

$$a = 0.5\text{m/s}^2$$

当木箱向左匀加速度拉动位移 $x = 0.5\text{m}$ 时，重物向上的位移为

$$h = 2x = 1\text{m}$$

由

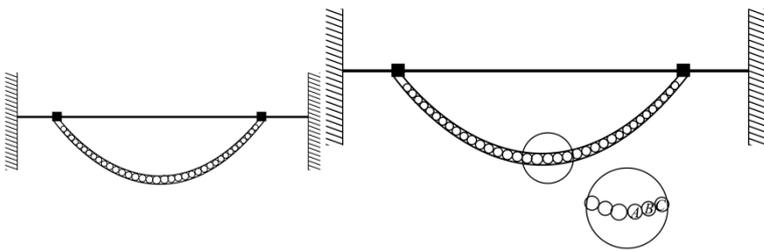
$$2 \times 2a \cdot h = v^2$$

可得此时重物的速度为

$$v = \sqrt{2}\text{m/s}$$

14. 一均匀铁链，重为 G ，由 n (n 为偶数) 个相同、粗细不计的圆形小铁环串联构成，铁链左右两端的小铁环对称套在水平细杆上后恰好处于静止状态 (如下图)。铁链与水平杆之间的动摩擦因数为 μ ，忽略铁环之间的摩擦，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，求：

- (1) 在其中一个悬挂点，水平杆对小铁环的弹力大小；
- (2) 如下图， A 和 B 之间的弹力大小 (A 为最低位置的两个环中的一个)；
- (3) 若 n 为奇数，则最低处的小环与相邻小环的弹力大小。



【答案】(1) $\frac{G}{2}$ ；(2) $\frac{G}{2n}\sqrt{4+\mu^2n^2}$ ；(3) $\frac{G}{2n}\sqrt{1+\mu^2n^2}$

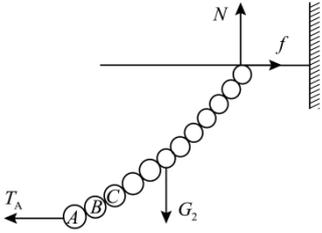
【详解】(1) 根据对称性可知，水平杆对两小铁环的弹力大小相等、摩擦力大小相等。假设水平杆对每个小铁环的弹力大小为 N ，则有

$$2N = G$$

解得

$$N = \frac{G}{2}$$

(2) A 左边与之相邻的环与 A 环之间的弹力大小为 T_A ，以右半侧的铁链为分析对象，受力分析如图所示

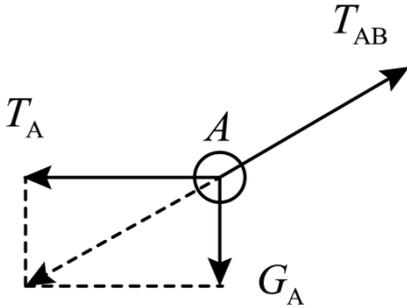


则有

$$G_2 = N = \frac{G}{2}$$

$$T_A = f = \mu N = \frac{\mu G}{2}$$

A 和 B 之间的弹力大小为 T_{AB} 对 A 受力分析如图所示



可知

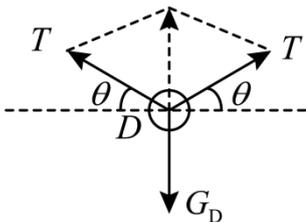
$$G_A = \frac{G}{n}$$

$$T_{AB} = \sqrt{T_A^2 + G_A^2}$$

解得

$$T_{AB} = \frac{G}{2n} \sqrt{4 + \mu^2 n^2}$$

(3) 若 n 为奇数，设最低处的小环 D 与相邻环的弹力大小为 T ，弹力与水平方向的夹角为 θ ，对小环 D 受力分析如图所示

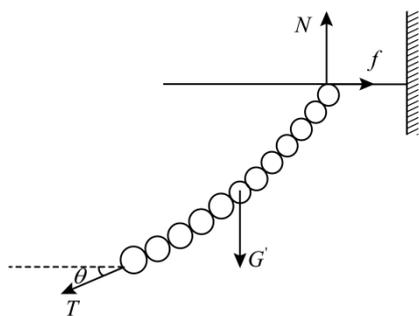


根据平衡条件可得

$$2T \sin \theta = G_D$$

$$G_D = \frac{G}{n}$$

对 D 右侧的铁链受力分析如图所示



根据平衡条件可得

$$T \cos \theta = f$$

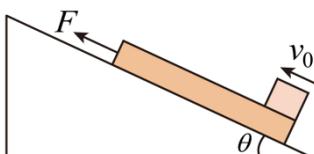
$$f = \mu N = \frac{\mu G}{2}$$

解得

$$T = \frac{G}{2n} \sqrt{1 + \mu^2 n^2}$$

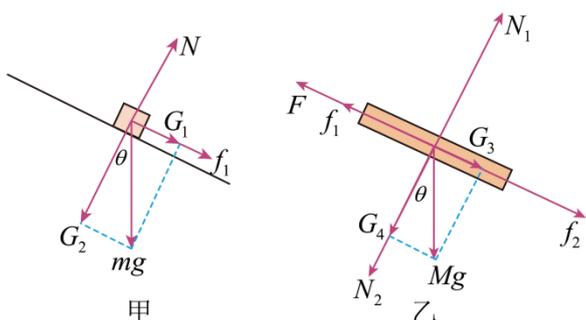
15. 如图所示，一倾角 $\theta = 37^\circ$ 的足够长斜面体固定于地面上，斜面体上有一质量为 $M = 1\text{kg}$ 的木板， $t = 0$ 时刻另一质量为 $m = 1\text{kg}$ 的木块（可视为质点）以初速度 $v_0 = 14\text{m/s}$ 从木板下端沿斜面体向上冲上木板，同时给木板施加一个沿斜面体向上的拉力 $F = 18\text{N}$ ，使木板从静止开始运动。当 $t = 1\text{s}$ 时撤去拉力 F ，已知木板和木块间动摩擦因数 $\mu_1 = 0.25$ ，木板和斜面体间动摩擦因数 $\mu_2 = 0.5$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力， g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ，求：

- (1) 木块和木板速度相等之前各自的加速度；
- (2) 木板从开始运动至到达最高点所经历的时间 t ；
- (3) 若要求木块不从木板的上端冲出，木板至少为多长？



【答案】 (1) $a_1 = 8\text{m/s}^2$ ，方向沿斜面向下； $a_2 = 6\text{m/s}^2$ ，方向沿斜面向上；(2) $t = 1.5\text{s}$ ；(3) $L = 7.75\text{m}$

【详解】 (1) 设二者共速前木块和长木板的加速度大小分别为 a_1 和 a_2 ，木块和长木板受力分析如图甲、乙所示



用牛顿运动定律可得

$$f_1 = \mu_1 mg \cos \theta$$

$$mg \sin \theta + f_1 = ma_1$$

$$f_2 = \mu_2 (M + m) g \cos \theta$$

$$F + f_1 - Mg \sin \theta - f_2 = Ma_2$$

解得

$$a_1 = 8 \text{ m/s}^2$$

方向沿斜面向下；

$$a_2 = 6 \text{ m/s}^2$$

方向沿斜面向上；

(2) 设木块和长木板达到共速所用时间为 t_1 ，则有

$$v_1 = v_0 - a_1 t_1 = a_2 t_1$$

解得

$$t_1 = 1 \text{ s}$$

$$v_1 = 6 \text{ m/s}$$

假设木块、木板在力 F 撤去能保持相对静止，则对木块和木板组成整体有

$$(M + m) g \sin \theta + f_2 = (M + m) a$$

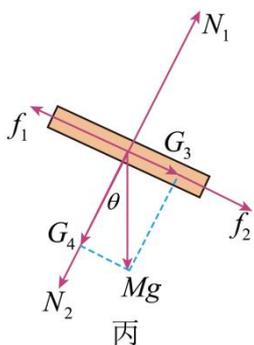
解得

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

当木块受到向下的摩擦力达到最大静摩擦力（大小等于滑动摩擦力）时，加速度最大，其加速度大小为 a_1 ，

$a > a_1$ ，假设不成立，木块相对木板继续发生相对运动，木块继续沿斜面向上运动，所以其加速度仍然为

$a_1 = 8 \text{ m/s}^2$ ，方向沿斜面向下；设此过程长木板加速度大小为 a_3 ，受力分析如图丙所示



则有

$$Mg \sin \theta + f_2 - f_1 = Ma_3$$

解得

$$a_3 = 12 \text{ m/s}^2$$

$$t_2 = \frac{v_1}{a_3} = 0.5 \text{ s}$$

所以上滑时间

$$t = t_1 + t_2 = 1.5 \text{ s}$$

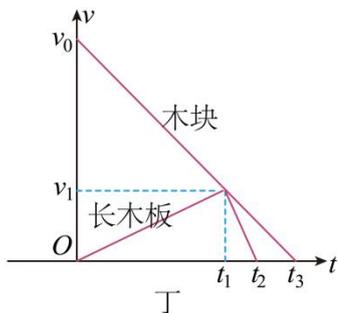
(3) 由于 $a_3 > a_1$ ，长木板速度先减到零，木块继续上滑，假设此过程中长木板静止在斜面上，受到斜面的静摩擦力为 f ，则有

$$Mg \sin \theta = f + \mu_1 mg \cos \theta$$

可得

$$f = 4 \text{ N}$$

因为 $f < f_2$ ，故假设成立，木板静止在斜面上，直到木块上滑过程中速度减为零；在木块和长木板速度减为零过程中的 $v-t$ 图像如图丁所示



设木块的位移为 s_1 ，长木板在加速过程和减速过程的位移为 s_2 和 s_3 ，由运动学公式可得

$$2a_1 s_1 = v_0^2$$

$$s_2 = \frac{v_1}{2} t_1$$

$$v_1^2 = 2a_3 s_3$$

$$L = s_1 - s_2 - s_3$$

解得

$$L = 7.75 \text{ m}$$