

102 學年度高級中學自然學科能力競賽高雄市複賽

物理科筆試參考解

《第一題》

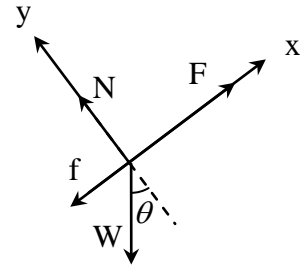
(a)

$$\sum F_x = F - W \sin \theta - f = 0$$

$$\sum F_y = N - W \cos \theta = 0$$

$$f = \mu N$$

$$\therefore \mu = \frac{F - W \sin \theta}{W \cos \theta} = \frac{120 - 150 \times \frac{3}{5}}{150 \times \frac{4}{5}} = \frac{30}{120} = \boxed{0.25}$$



(b)

以 O 為參考點

$$f: \quad \tau_f = 0$$

$$W: \quad \vec{r} = -0.5\hat{i} + 1.5\hat{j}$$

$$\vec{W} = -90\hat{i} - 120\hat{j}$$

$$\tau_w = -60 - 135 = -195 \text{ (順時針為正)}$$

$$N: \quad \vec{r} = -x\hat{i}; \quad \vec{N} = 120\hat{j}$$

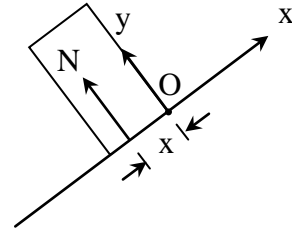
$$\tau_N = +120x$$

$$F: \quad \vec{r} = \hat{j}; \quad \vec{F} = F\hat{i} = 120\hat{i}$$

$$\tau_F = +120$$

$$\tau = \tau_f + \tau_w + \tau_N + \tau_F = 0 \Rightarrow -195 + 120x + 120 = 0$$

$$\therefore x = \frac{5}{8} \text{ m} = \boxed{0.625 \text{ m}}$$



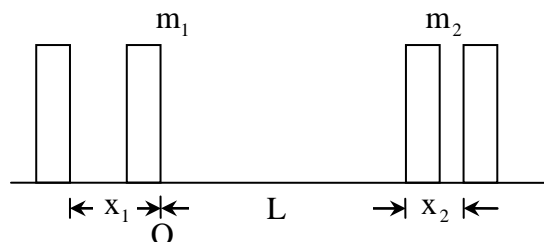
(c)

開始傾倒是以 O 點為軸，即 N 之位置在 O 點上，這時 $\tau_N = 0$ ，且 $\tau > 0$ 。

$$\therefore \tau = F - 195 > 0, \quad F > 195$$

拉力 F 大於 195N，木板將會傾倒。

《第二題》



$t=0$ 時，發射器向右射出一粒子，其質量變為 m'_1 。動量守恆，發射器以 v_1 向左運動

$$m'_1 v_1 + \frac{E}{c} = 0 \quad \therefore v_1 = -\frac{E}{m'_1 c}$$

接收器接收到粒子後，其質量變為 m'_2 。動量守恆，接收器以 v_2 向右運動

$$m'_2 v_2 = \frac{E}{c} \quad \therefore v_2 = \frac{E}{m'_2 c}$$

系統不受外力，質心位置不變

$$t=0 \text{ 時} \quad x_{CM} = \frac{m_2 L}{m_1 + m_2}$$

$$t \text{ 時} \quad x'_{CM} = \frac{-m'_1 x_1 + m'_2 (L + x_2)}{m_1 + m_2}$$

$$-x_1 = v_1 t = -\frac{Et}{m'_1 c}$$

$$x_2 = v_2 \left(t - \frac{L}{c}\right) = \left(\frac{E}{m'_2 c}\right) \left(t - \frac{L}{c}\right) = \frac{Et}{m'_2 c} - \frac{EL}{m'_2 c^2}$$

$$\therefore x'_{CM} = \frac{m'_1 \left(-\frac{Et}{m'_1 c}\right) + m'_2 \left(L + \frac{Et}{m'_2 c} - \frac{EL}{m'_2 c^2}\right)}{m_1 + m_2} = \frac{m'_2 L - \frac{EL}{c^2}}{m_1 + m_2}$$

$$x_{CM} = x'_{CM}$$

$$\frac{m_2 L}{m_1 + m_2} = \frac{m'_2 L - \frac{EL}{c^2}}{m_1 + m_2} \Rightarrow m'_2 - m_2 = \frac{E}{c^2}$$

$$\boxed{\Delta m = \frac{E}{c^2}}$$

《第三題》

求各例中的力矩：

(a) $\Sigma \tau = F(r_{2\perp} - r_{1\perp}) = Fx_2 - Fx_1 = F(x_2 - x_1) = Fd$ ，因 $d = x_2 - x_1$ 。

(b) $\Sigma \tau = F(r_{2\perp} - r_{1\perp}) = F(r_2 \sin \theta_2) - F(r_1 \sin \theta_1) = Fx_2 - Fx_1 = F(x_2 - x_1) = Fd$

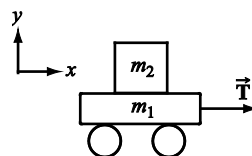
《第四題》

(a)

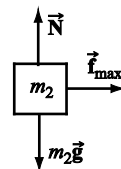
利用牛頓第二定律，設 T 是最大張力求塊體附加在車上時整個系統的加速度。

$$\Sigma F_x = T = (m_1 + m_2) a_x, \quad \text{so} \quad a_x = \frac{T}{m_1 + m_2}$$

塊體 2 系統：



$\Sigma F_y = N - m_2g = 0$, so $N = m_2g$. $\Sigma F_x = f_{\max} = m_2a_x$, 因為塊體不滑動。



$$m_2a_x = m_2 \left(\frac{T}{m_1 + m_2} \right) = f_{\max} = \mu N = \mu m_2g, \text{ so}$$

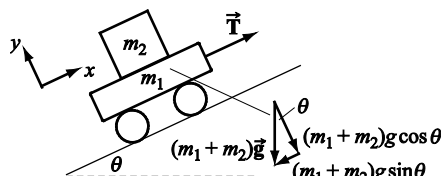
$$T = \boxed{(m_1 + m_2)\mu g}.$$

(b)

求塊體附加在車上時整個系統的加速度(在斜面)。

$$\Sigma F_x = T - (m_1 + m_2)g \sin \theta = (m_1 + m_2)a_x, \text{ so}$$

$$a_x = \frac{T}{m_1 + m_2} - g \sin \theta.$$

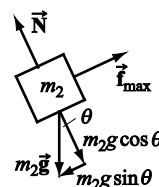


塊體系統：

$$\Sigma F_y = N - m_2g \cos \theta = 0, \text{ so } N = m_2g \cos \theta. \quad \Sigma F_x = f_{\max} = m_2a_x, \text{ 因為塊體}$$

不滑動。

$$m_2a_x = m_2 \left(\frac{T}{m_1 + m_2} - g \sin \theta \right) = f_{\max} = \mu N = \mu m_2g \cos \theta, \text{ so}$$



$$T = \boxed{(m_1 + m_2)g(\mu \cos \theta + \sin \theta)}.$$

《第五題》

在物塊擊中彈性球後，球被壓扁。由於球頂點的高度保持為其質心的兩倍，所以頂點的位移亦為質心的兩倍，故頂點的速度亦為質心的兩倍。當球恢復原狀時，設其時物塊的速率為 v 。由於這時球頂點的速度和物塊一致，故球質心速度 $v_c = v/2$ 由能量守恆定律可得

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}mv_c^2 = Mgh,$$

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2 = Mgh$$

$$v^2 = \frac{2gh}{1 + m/4M}$$

物塊反彈後，可上升的高度為

$$\boxed{h' = \frac{v^2}{2g} = \frac{h}{1 + m/4M}}$$

球反彈後，可上升的高度為

$$\boxed{h_c = \frac{v_c^2}{2g} = \frac{1}{4} \frac{v^2}{2g} = \frac{1}{4} \left(\frac{h}{1 + m/4M} \right)}$$