

109 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
台灣省第 5 區複賽物理科筆試參考解

[第一題]

1.(a)

設物體的質量為 m ，欲使物體不致掉落地面，則其離地心的最近距離必須至少為 R 。該物體繞地球轉動的軌跡為一橢圓，而最初發射處應為該橢圓軌道上離地心最遠之處。設以 v_a 與 v_p 分別代表物體離地心最遠點和最近點的速率，由力學能守恆定律和角動量守恆定律得

$$\frac{1}{2}mv_a^2 - \frac{GMm}{R+H} = \frac{1}{2}mv_p^2 - \frac{GMm}{R}$$

$$(R+H)mv_a = Rmv_p$$

由上列兩式消去 v_p ，可得

$$v_a^2 \left[\left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 - 1 \right] = 2GM \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+H} \right)$$

$$\Rightarrow v_a = \sqrt{\frac{GM}{(R+H) \left(1 + \frac{H}{2R}\right)}}$$

1.(b)

設在 10°C 時，物體和水的體積分別為 V_1 和 V_2 ，當溫度升至 60°C 時，兩者的體積各為 $V_1 + \Delta V_1$ 和 $V_2 + \Delta V_2$ 。題設當溫度在 60°C 時，水面的高度不變，但物體有十分之一的體積浮出水面，故

$$V_1 + V_2 = f \times (V_1 + \Delta V_1) + (V_2 + \Delta V_2)$$

式中 $f=0.9$ ，因為物體有十分之九的體積在水面之下，整理上式，得

$$f \frac{\Delta V_1}{V_1} = (1-f) - \frac{\Delta V_2}{V_1} = (1-f) - \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{\Delta V_2}{V_2}$$

$$\rightarrow \frac{1}{\Delta T} \frac{\Delta V_1}{V_1} = \frac{1}{\Delta T} \left(\frac{1-f}{f} \right) - \frac{V_2}{V_1} \left(\frac{1}{\Delta T} \frac{\Delta V_2}{V_2} \right)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = \frac{1}{\Delta T} \left(\frac{1-f}{f} \right) - \frac{V_2}{V_1} \beta_2$$

$$= \frac{1}{(60-10)} \left(\frac{1-0.9}{0.9} \right) - \frac{9}{1} \times (2.0 \times 10^{-4})$$

$$= 4.2 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$$

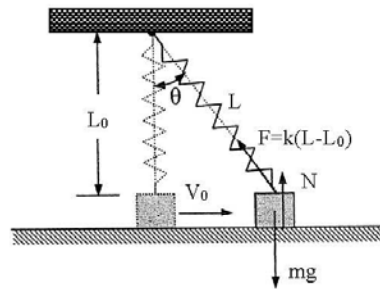
109 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
台灣省第 5 區複賽物理科筆試參考解

[第二題]

2.

參考下圖，當木塊在水平桌面上向右滑動的速度為 V 時，彈簧的長度為 L ，由能量守恆定律可得

$$\frac{1}{2}mV_0^2 = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}k(L - L_0)^2 \quad (1)$$



設此時彈簧與鉛垂線之間的夾角為 θ ，由於木塊仍留在桌面上，故在鉛直方向上木塊所受的合力為零，即

$$mg = N + k(L - L_0)\cos\theta \quad (2)$$

由上式可知木塊能脫離水平面的條件為

$$k(L - L_0)\cos\theta \geq mg \Rightarrow k(L - L_0)\frac{L_0}{L} \geq mg \Rightarrow L \geq \frac{L_0}{1 - \frac{mg}{kL_0}} \quad (3)$$

由(1)式可知

$$\frac{1}{2}mV_0^2 \geq \frac{1}{2}k(L - L_0)^2$$

利用(3)式，可解得

$$V_0 \geq \sqrt{\frac{k}{m} \left(\frac{L_0}{\frac{kL_0}{mg} - 1} \right)}$$

故 V_0 的最小值為

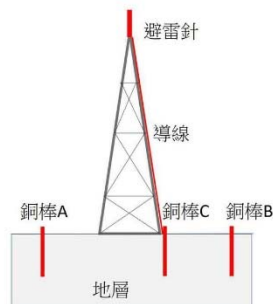
$$\sqrt{\frac{k}{m} \left(\frac{L_0}{\frac{kL_0}{mg} - 1} \right)} \text{ or } \sqrt{\frac{k}{m} \left(\frac{1}{\frac{k}{mg} - \frac{1}{L_0}} \right)} \text{ or } \sqrt{\frac{k}{m} \left(\frac{mgL_0}{kL_0 - mg} \right)} \text{ or } \sqrt{\frac{k}{m} \left(\frac{mg}{k - \frac{mg}{L_0}} \right)}$$

109 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
台灣省第 5 區複賽物理科筆試參考解

[第三題]

第三題

一座鐵塔在安裝避雷針後，透過導線以及銅棒 C，完成接地設置 (如下圖所示)。由於真實的接地端在地層中，無法直接量測接地電阻值 R_g ，所以工程師為了檢查接地電阻值是否符合安全規範，首先在鐵塔兩側將相同規格的銅棒 A 與 B 打入地層，測得銅棒 A 與 B 之間的電阻值為 84Ω 。接著使用導線連接銅棒 A 與 B，再測得銅棒 A 與 C 之間的電阻值為 27Ω 。(a) 簡述避雷針的工作原理。(10 分)(b) 如果接地電阻值小於 10Ω 才符合安全規範，請問這座電塔的避雷針設置符合規定嗎？(15 分)

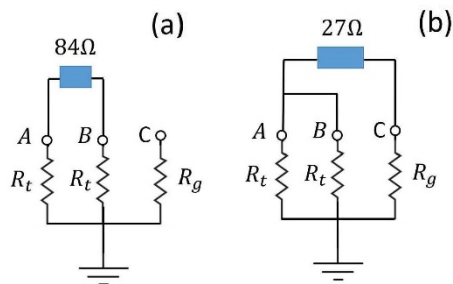


參考等效電路，下圖(a)，可得 $84 = R_t + R_t \Rightarrow R_t = 42$

參考等效電路，下圖(b)，可得 $\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_t} + \frac{1}{R_t} \Rightarrow R_{AB} = 21$

$$27 = R_g + R_{AB} \Rightarrow R_g = 6$$

符合安全規範

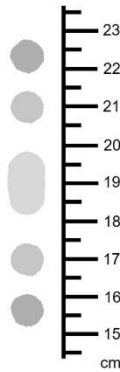


109 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽
台灣省第 5 區複賽物理科筆試參考解

[第四題]

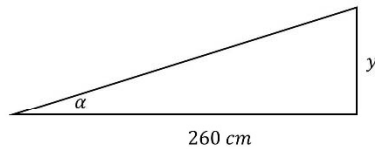
第四題

有一道波長為 532 nm 的綠光通過單狹縫或雙狹縫後，投射至 2.6 m 處的螢幕上，觀察到的光圖案如下圖所示。(a) 請問這是單狹縫實驗還是雙狹縫實驗？並說明原因。(10 分) (b) 如果是單狹縫實驗，請問狹縫寬度是多少？如果是雙狹縫實驗，請問狹縫之間的距離為何？(15 分)



為了提高精密度，測量兩側第二暗紋的位置差

$$2y = 21.7 - 16.3 = 5.4 \Rightarrow y = 2.7$$



$$\tan \alpha = \frac{2.7}{260}$$

$$\sin \alpha = \frac{2\lambda}{a}$$

$$\frac{2.7}{260} = \frac{2\lambda}{a} \Rightarrow a = 0.10 \text{ mm}$$