

1994年第25屆國際物理奧林匹亞競賽

國家代表隊複選考試

理論試題

1994年2月18日

考試時間：三小時

<<注意事項>>

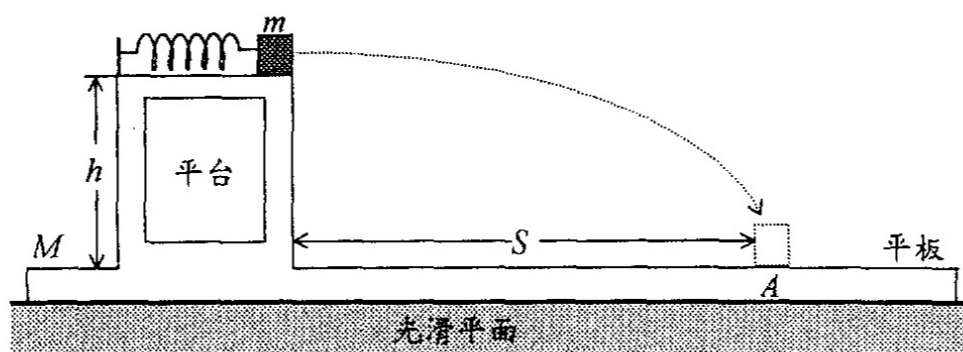
- 1、本試題共有計算題五大題。
- 2、各計算題請在答案卷上指定之位置作答。
(未於指定位置作答者，不予計分)
- 3、可使用無程式之掌上型計算器。

一、如圖一所示，在一光滑的地面上，有一甚長的平板，平板上固定有一突起的平台(高為 h)，平板與平台的總質量為 M ，平台上水平方向固定有一質量可忽略的彈簧。

(a)若平板被固定在地面上，並將一質量為 m 的小物體放在彈簧前端，以手推小物體將彈簧壓縮 d_1 的距離，鬆手後發現小物體被彈射到離平台底端 S 距離的 A 點，試問彈簧之彈力常數為何？

(b)若平板不被固定在地面上，但以手扶住平台而將質量 m 的小物體放在彈簧前端並以手推小物體，將彈簧壓縮 d_2 的距離，則鬆手後(同時放開小物體及平台)小物體會被彈射至平板上何處(即小物體落至平板上時，和平台底端距離為何)？

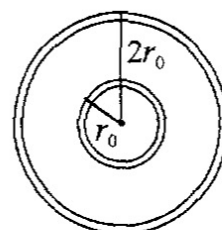
(假設小物體與平台平面間無摩擦，且平板甚長，小物體不會彈至平板之外。)



圖一

二、兩同心金屬薄球殼，半徑分別為 r_0 與 $2r_0$ (如圖二)。半徑為 r_0 之球殼內部無電荷，其殼上帶有電量 Q_0 ，半徑 $2r_0$ 之球殼則為電中性。

(a)請繪圖描述並說明兩球殼(r_0 與 $2r_0$ 處)，各自的內層面與外層面電荷分佈的情形。



圖二

今另取相同電量之電荷 Q_0 置於距球心 $4r_0$ 處，

(b)說明兩球殼各自的內、外層電荷分佈有何變化？

(c)兩球殼(半徑 r_0 與 $2r_0$ 處)的電位分別為何？

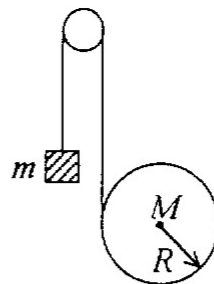
(d)若將($2r_0$)處的外球殼接地後，再將其與地絕緣，則此時外球殼帶電量為 Q' 。試計算其值為何？此時半徑(r_0)處的內球殼電位為何？

若於 $t = t_0$ 時，在兩球殼間置入電阻係數為 ρ 的均勻導體，則

(e)兩球殼間的電阻 R 的量值為何？

(f)兩球殼間的電流 I 隨時間如何的變化？

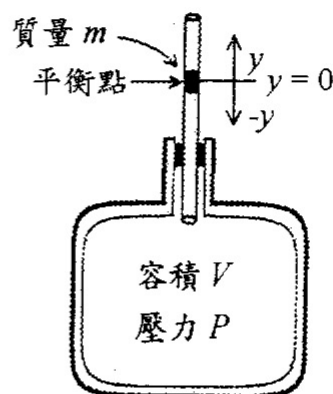
三、有一質量為 M 、半徑為 R ，中間無凹槽的圓盤溜溜球。令環繞此圓盤溜溜球的繩線繞過釘在牆上的光滑圓柱，且在繩線的下端掛有另一質量為 m 的物體，如圖三所示。由靜止鬆手後：



圖三

- (a) 求繩線上的張力。
- (b) 試討論兩物體上、下運動的條件。
- (c) 若固定圓柱並非光滑，繩線與圓柱間有摩擦，其靜摩擦係數為 μ 。試求 m 質量的物體能維持靜止不動的條件。

四、圖四所示的裝置可用以測量定壓比熱 C_p 與定容比熱 C_v 的比值 γ 。玻璃瓶的容積為 V ，瓶口插入一細玻璃管，其截面積為 A 。今以一質量為 m 且直徑合適的鋁圓柱體封口，其作用猶如活塞，當其上下滑動時不漏氣，且摩擦力很小(可以忽略不計)。瓶內氣體可視為理想氣體。封口前，瓶內外的壓力均為 P_0 ，投入鋁圓柱體後，看到該鋁塊在玻璃管中做上下振動。



圖四

- (a) 鋁塊上下振動迅速，瓶內氣體壓力 P 與體積 V 的變化，可視為是絕熱過程的變化，則：
 - (i) 當鋁塊振動到平衡點 $y=0$ 處時，瓶內的壓力 P'_0 為何？
 - (ii) 鋁塊振動到平衡點 y 處時，其所受的合力 F 為何？
 - (iii) 鋁塊的振動模式有何特徵？其振動週期 τ 為何？

(設動力加速度為 g ，將上述之 P'_0 、 F 及 τ 均以 P_0 、 m 、 g 、 A 、 γ 、 V 、 y 等符號表示之。)
- (b) 實測玻璃瓶容積 V 為 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，鋁塊柱體質量為 $5.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ，玻璃管的截面積為 $1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ，測得振動週期為 0.31 秒。
 - (i) 據此計算 $\gamma (= C_p / C_v)$ 之量值為若干？
 - (ii) 依據理想氣體 C_p 與 C_v 之關係，求瓶中氣體的定容比熱 C_v ？
 - (iii) 若此實驗是在室溫下操作的，試依上述所得結果推測瓶中氣體是單原子分子、雙原子分子或多原子分子的那一種？

五、人造衛星以電磁波將觀測數據傳至地面，這些電磁波訊號所載有的資料中，最基本的是該衛星的速率和位置。本題所述狀況，可以說明由電磁波訊號推算出衛星速率和位置的原理。

距地面 400km 的軌道上，有一人造衛星，向地面發射微波訊，其波長為 0.15m。

地面接收站有相距 100m 的兩支天線。到達天線的微波電場訊號，會轉變成天線上的電流訊號，而且此電流訊號的大小與電場訊號的強弱成正比。這兩個電流訊號被輸入於一個儀器，直接相加而成為最後的訊號 I 。設衛星通過接收站附近上空時，衛星軌道平行於兩天線底座連線，且地表可視為平面。

- (a) 以適當的座標和記號，根據題意畫圖表示衛星的瞬時位置及天線間的距離，並略作文字說明。
- (b) 以適當的式子，表示到達兩天線的微波訊號行程之差。
- (c) 寫出到達兩天線的微波訊號 I 成為最弱及最強的條件。
- (d) 若訊號 I 值的變化週期為 0.10 秒，則衛星的速率為何？
- (e) 接收到的微波訊號頻率值如何隨衛星位置變化？