

## 1996年第27屆國際物理奧林匹亞競賽

## 國家代表隊初選考試試題

※本試題含填充題和計算題兩部分，總分為150分。考試時間三小時。

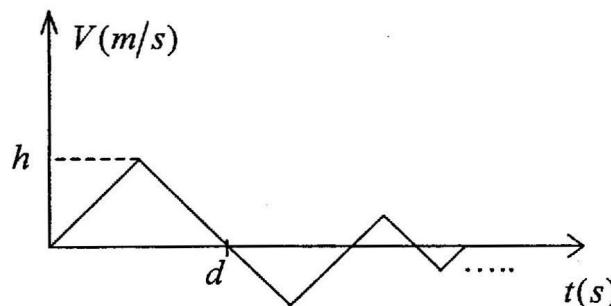
**壹、填充題(每格四分，共三十格，合計120分)：**

一、一重10克的鉛塊以每秒100公尺的速率向一固定在牆壁上的等重鉛塊撞擊，碰撞後兩鉛塊結合為一。若入射鉛塊的溫度為 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，另一鉛塊的溫度為 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，則最後鉛塊的溫度為(1) $\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。(鉛的比熱為 $0.03\text{cal/g }^{\circ}\text{C}$ )。

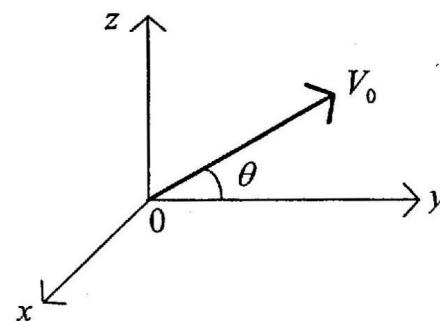
二、一開口鋁容器裝滿了油，溫度為 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，容器的體積為 $300\text{ml}$ 。當溫度升高為 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 時，有多少體積的油會流出容器？(2) $\text{ml}$ 。(已知鋁的線膨脹係數為 $2.55 \times 10^{-5} / \text{ }^{\circ}\text{C}$ ；油的體膨脹係數為 $5.3 \times 10^{-4} / \text{ }^{\circ}\text{C}$ )。

三、某高層建築物頂端有一垂直豎立的招牌看版，風速為 $\bar{V}_0$ 時，看板承受的總風力量值為 $F$ 。若風速變為 $n\bar{V}_0$ 時，則所承受的總風力量值為(3)。

四、一質點自原點出發沿 $x$ 軸做一維運動，其速度 $v$ 與時間 $t$ 之關係如右圖所示，其中連續兩次速度為0之間的關係曲線均為折線。折線與 $x$ 軸間形成三角形，三角形之底及高均成規則性遞減，依次減半。設最大之三角形之底為 $d$ ，高為 $h$ ，則當 $t \rightarrow \infty$ 時，此質點離開原點之距離為(4) $\text{m}$ 。



五、如右圖所示， $x$ - $y$ 為水平地面，一質點從原點 $O$ 處沿 $y$ - $z$ 面斜向拋出。設在 $y$ 方向之初速分量為 $v_0 \cos \theta$ ，在 $z$ 方向之初速分量為 $v_0 \sin \theta$ ，重力在負 $z$ 方向(即鉛直向下)。此質點自拋出後，受一沿正 $x$ 方向之定值橫向力 $F$ (即 $F$ 為常數)。設此質點之質量為 $m$ ，重力加速度為 $g$ ，則此質點落地時，其位置座標( $x$ ， $y$ ， $z$ )為(5)。落地時的動能較拋出時增加多少？(6)。

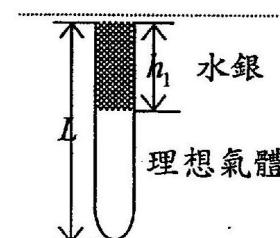


六、機車交通安全手冊上記載，當機車時速為每小時60公里時，正常的煞車距離

為32公尺，跟車距離至少應為40公尺。請依上述資料估算：

- (a)機車輪胎與地面之間的摩擦係數為 (7) 。
- (b)一般人的反應時間(即從看到前方有狀況到真正開始煞車的時間)為 (8) 秒。

七、一端開口之玻璃管長  $L$  cm，管中裝有理想氣體，氣體上方有  $h_1$  cm 高之水銀柱，如右圖所示。今先將管口封住，然後將管子倒置，因而有部分水銀會流出來。若當時的大氣壓為  $P_0$  cm 水銀柱高，則倒置後水銀柱的高度為 (9) cm。



八、已知下列常數值：

重力常數	$G = 6.67 \times 10^{-11} m^3/kg \cdot s^2$
月球半徑	$R = 1.74 \times 10^6 m$
月球質量	$m = 7.34 \times 10^{22} kg$
波茲曼常數	$k = 1.38 \times 10^{-23} J/K$
氧分子質量	$m_0 = 5.34 \times 10^{-26} kg$

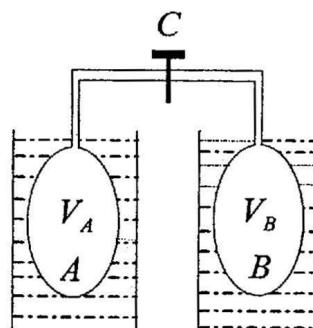
所謂「脫逃速度」是指一質點得以克服引力場的束縛而能運動至無窮遠處，所需的最小初速。依據上述數據，在月球表面上質點的脫逃速度為 (10) m/s。要使氧分子均方根速度達到此一脫逃速度，則氧氣溫度約為 (11) K。

九、質量  $M$ 、長度  $L$  的小船靜停在湖面上。有一質量  $m_1$  的小孩站立在船頭，另一質量  $m_2$  的小孩站立在船尾。假定  $m_1 > m_2$  且不計水的阻力，則在他們互換位置後，船移動的距離為 (12) 。

十、一小球從離地高度為  $h$  處靜止下落。在與地面碰撞後反彈而回，又復落下碰撞，如此往復進行。設小球與地面碰撞的恢復係數為  $e$ ，( $e$ 的定義是小球碰撞後速率與撞前速率之比)，則此小球第  $n$  次觸地後反跳之速率為 (13) (假設空氣阻力可忽略不計)。此球經多次彈跳直到最後靜止於地面時，在空中往返所經歷之總時間為 (14) 。

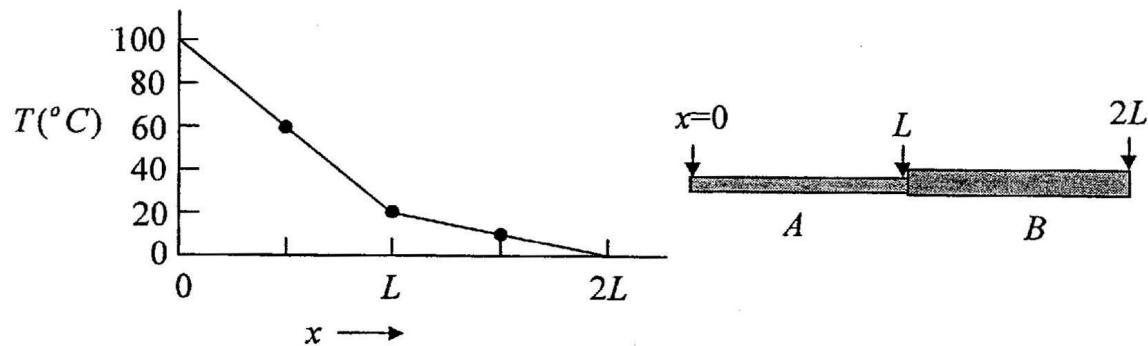
十一、 $A$ 和 $B$ 為二個不變形的容器，內盛理想氣體，中間以細長的連通管連接。連通管上裝有氣體開關閥  $C$ ，控制兩邊氣體之流通。已知  $A$ 、 $B$ 兩容器的體積分別為  $V_A$ 、 $V_B$ 。今先將  $C$ 關閉，使兩邊氣體不相通並將  $A$ 和 $B$ 各浸入絕對溫度為  $T_A$  及  $T_B$  之液體中，穩定後發現  $A$ 、 $B$ 內的氣體壓力各為  $P_A$  及  $P_B$ 。若此

時將C打開，使兩邊氣體可互通，則穩定後容器內氣體的壓力 (15)。

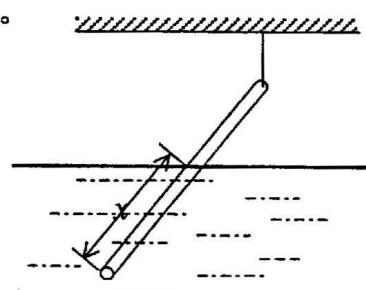


十二、一靜置於地面上質量為 $M$ 的球形炸彈，當其爆炸時，均勻往各方向炸散成許多同質量的碎片（各碎片的初速都相等）。若已測得碎片散佈的半徑為 $R$ ，試求此炸彈的爆炸能量（以已知量表示之）(16)。

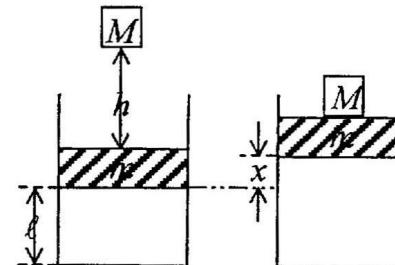
十三、一金屬棒由A和B兩段同一材料，長度同為 $L$ ，但不同直徑的圓棒，頭尾相連接而成。今使A段的一端維持溫度為 $100^{\circ}\text{C}$ ，B段的一端為 $0^{\circ}\text{C}$ ，測得棒上數點的溫度標記如下圖所示。A棒和B棒直徑的比值為(17)。



十四、一長度為 $2\ell$ 的均勻細木棒；一端用繩子吊著，另一端有部分靜止沉入水中，如下圖所示。若木棒的密度為 $0.75 \text{ g/cm}^3$ ，則木棒浸於水中的長度 $x$ 為(18) cm。

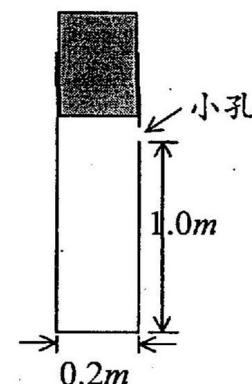


十五、如右圖所示，有一絕熱唧筒，活塞面積為 $A$ ，內裝某定量之單原子理想氣體。假設唧筒外為真空，在達到平衡狀態時，活塞與筒底的距離為 $\ell$ ，筒內壓力剛好抵消質量為 $m$ 的活塞重量。現在有一質量為 $M$ 之重物在離活塞上方



高度為 $h$ 處，自靜止落下。假設不計筒壁、活塞及重物所吸收的熱量，則活塞新平衡位置較原來位置高多少？(負數代表較原來位置低) $X=(19)$ 。如果唧筒內氣體的溫度慢慢地回復到原來的溫度時，則 $X=(20)$ 。

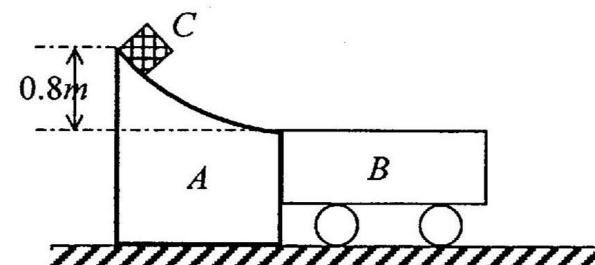
十六、一垂直豎立的開口圓柱氣筒，內部半徑為0.10公尺，在距離底部1.0公尺之處有一與大氣接通的小孔如右圖所示。將100公斤的活塞垂直緩緩放入氣筒。(室溫為 $27^{\circ}\text{C}$ ，重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ ，大氣壓力為 $1\text{atm}=1.013\times 10^5\text{N/m}^2$ )。



(a)達成平衡之後，氣筒內溫度與室溫相同，此時氣筒內空氣柱的高度為(21)公尺。

(b)應將氣筒內的溫度升高到(22) $^{\circ}\text{C}$ ，才能使氣筒內空氣柱的高度升高為1公尺。

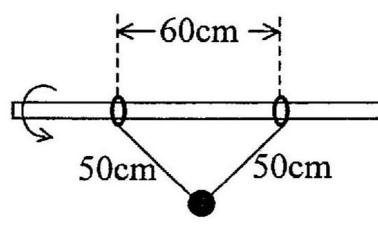
十七、如下圖所示， $A$ 為一固定不動的光滑軌道，質量 $30\text{Kg}$ 的台車 $B$ 緊靠著 $A$ 的右側。現有一質量為 $20\text{Kg}$ 的塊狀重物 $C$ ，在高出台車平面 $0.8\text{m}$ 處，沿軌道以 $3\text{m/s}$ 的初速度下滑，衝上小車。設 $C$ 與 $B$ 車板面間的摩擦係數為 $0.3$ ， $B$ 車與地面間的摩擦可以忽略，則 $B$ 台車的長度至少應為(23)m，重物 $C$ 才不致滑出其板面； $B$ 車被撞後的最後速度為(24)m/s。



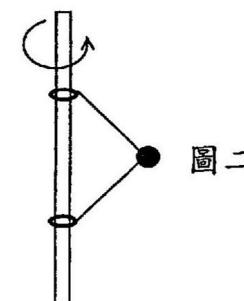
十八、一質量為 $1\text{kg}$ 的小金屬球被兩條長度均為 $50\text{cm}$ 的質輕細桿經小套環固定於一小圓柱上，兩固定點間的距離為 $60\text{cm}$ 。

(a)今小圓柱水平放置，並使系統繞其長軸轉動，如圖一所示。若轉速為5轉/秒，則當小金屬球在最低點時，各細桿的張力為(25)N。

(b)若小圓柱垂直豎立，系統繞軸之轉速仍為5轉/秒，如圖二所示，則上方細桿的張力為(26)N。



圖一

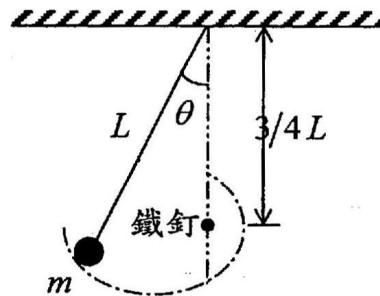


圖二

十九、一單擺的擺錘質量為 $m$ ，擺繩之長為 $L$ ，在懸吊點的下方 $\frac{3}{4}L$ 之處，有一鐵釘阻擋擺動如下圖所示。

(a)如果擺錘起始角位置 $\theta = 90^\circ$ ，則擺錘到達鐵釘正上方時的擺繩張力為  
(27)。

(b)若欲使擺錘到達鐵釘正上方時，擺繩張力恰為零，則擺錘的起始角度 $\theta$ 應為(28)。

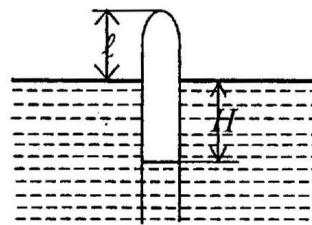


二十、(a)用數學式表示慣性質量的定義(注意不是質量單位的定義)並簡單說明各符號的意義及可能的假設條件：(29)。

(b)寫出兩種能用於判定一力學系統作簡諧運動的數學式，並註明各符號所代表的意義：(30)。

## 貳、計算題（每題十五分，共二題，合計30分）

一、把一均勻橫截面積的試管，以開口向下鉛直插入水中，放掉部份空氣後鬆手，試管就筆直地浮在水中，如右圖所示。假設試管的質量 $m$ 為50克，其橫截面積 $A$ 為 $2\text{cm}^2$ ，露出水面部份的長度 $l$ 為1cm，大氣壓力 $P_0$ 為 $10^5\text{Pa}$ ( $1\text{Pa}=1\text{牛頓}/\text{米}^2$ )，管壁厚度及管內空氣質量皆可不計，重力加速度值為 $10\text{米}/\text{秒}^2$ ，則：



(a)試求試管內外水面的高度差 $H$ 。

(b)將試管緩慢地向下壓到某一深度時，鬆手後試管既不上浮，也不下沉，試求此時試管頂端和管外水面之間的高度差？

(c)承接上題，試管位置稍微偏離此一深度，情況將怎樣？假設在移動過程中，管內外溫度不變。

二、如下圖，一質量為 $m_1$ 的大圓環，用細繩沿鉛垂面懸掛，環上套有兩個質量均為 $m_2$ 的小圓環。假設大小圓環各由不同的材料製成且大小環間無摩擦。今將兩小圓環從大圓環的頂端自靜止釋放(一左一右自由滑落)，問當小圓環掉落至何種角度 $\theta$ 時，大圓環才有可能開始向上運動？又 $m_1$ 及 $m_2$ 須滿足什麼關係？

係，才可能使大圓環向上運動？

