

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。

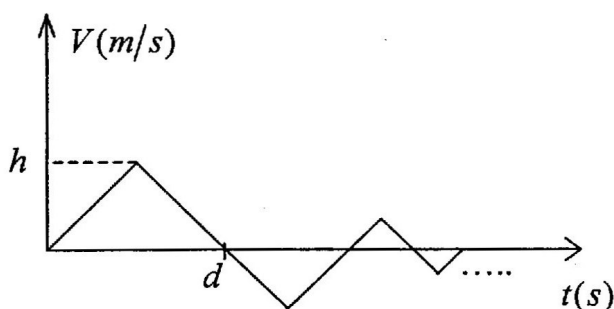
壹、填充題(每格四分，共三十格，合計120分)：

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°C ，另一鉛塊的溫度為 20°C ，則最後鉛塊的溫度為(1) $^{\circ}\text{C}$ 。(鉛的比熱為 $0.03\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)。

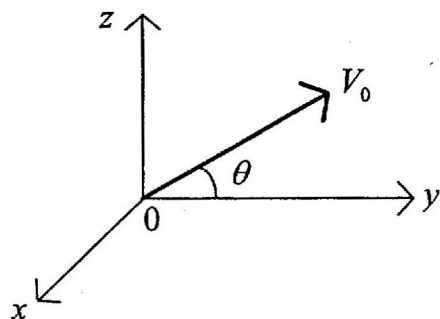
二、一開口鋁容器裝滿了油，溫度為 20°C ，容器的體積為 300ml 。當溫度升高為 110°C 時，有多少體積的油會流出容器？(2) ml 。(已知鋁的線膨脹係數為 $2.55 \times 10^{-5} / ^{\circ}\text{C}$ ；油的體膨脹係數為 $5.3 \times 10^{-4} / ^{\circ}\text{C}$)。

三、某高層建築物頂端有一垂直豎立的招牌看板，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) 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)。



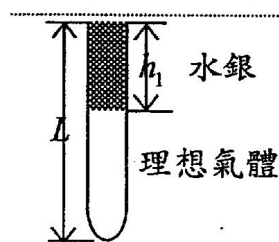
六、機車交通安全手冊上記載，當機車時速為每小時60公里時，正常的煞車距離

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 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$

月球半徑 $R = 1.74 \times 10^6 \text{ m}$

月球質量 $m = 7.34 \times 10^{22} \text{ kg}$

波茲曼常數 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

氧分子質量 $m_0 = 5.34 \times 10^{-26} \text{ kg}$

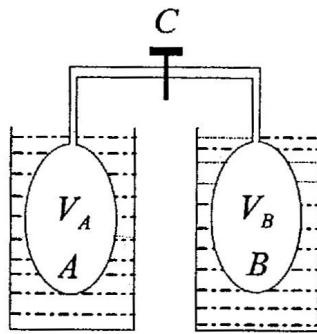
所謂「脫逃速度」是指一質點得以克服引力場的束縛而能運動至無窮遠處，所需的最小初速。依據上述數據，在月球表面上質點的脫逃速度為(10) m/s。要使氧分子均方根速度達到此一脫逃速度，則氧氣溫度約為(11) K。

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)。

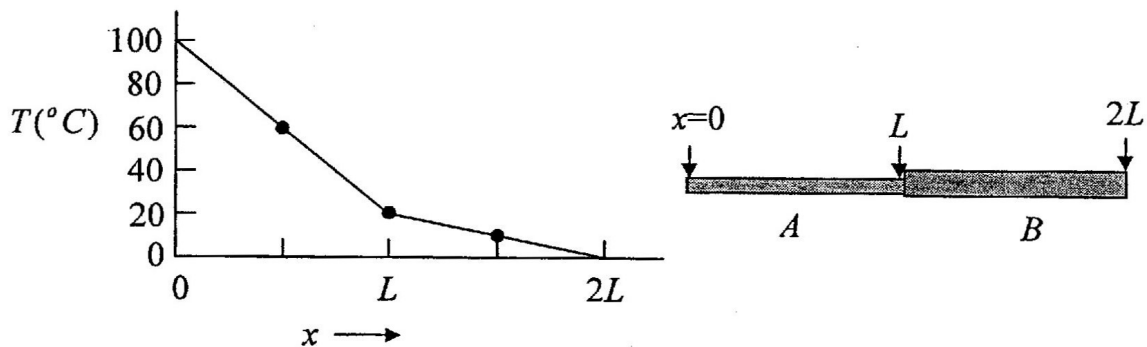
十一、 A 和 B 為二個不變形的容器，內盛理想氣體，中間以細長的連通管連接。連通管上裝有氣體開關閥 C ，控制兩邊氣體之流通。已知 A 、 B 兩容器的體積分別為 V_A 、 V_B 。今先將 C 關閉，使兩邊氣體不相通並將 A 和 B 各浸入絕對溫度為 T_A 及 T_B 之液體中，穩定後發現 A 、 B 內的氣體壓力各為 P_A 及 P_B 。若此

時將C打開，使兩邊氣體可互流通，則穩定後容器內氣體的壓力(15)。

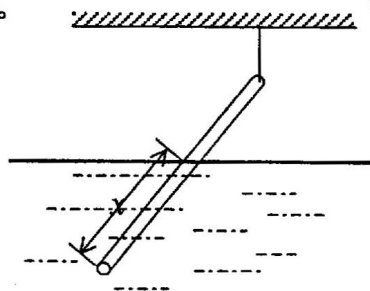


十二、一靜置於地面上質量為 M 的球形炸彈，當其爆炸時，均勻往各方向炸散成許多同質量的碎片（各碎片的初速都相等）。若已測得碎片散佈的半徑為 R ，試求此炸彈的爆炸能量(以已知量表示之)(16)。

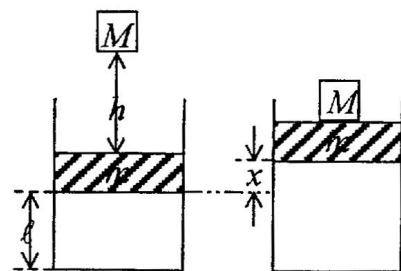
十三、一金屬棒由A和B兩段同一材料，長度同為 L ，但不同直徑的圓棒，頭尾相連接而成。今使A段的一端維持溫度為 100°C ，B段的一端為 0°C ，測得棒上數點的溫度標記如下圖所示。A棒和B棒直徑的比值為(17)。



十四、一長度為 $2l$ 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 g/cm^3 ，則木棒浸於水中的長度 x 為(18) cm。

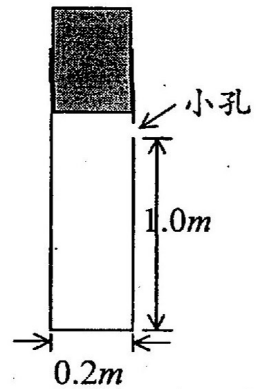


十五、如右圖所示，有一絕熱唧筒，活塞面積為 A ，內裝某定量之單原子理想氣體。假設唧筒外為真空，在達到平衡狀態時，活塞與筒底的距離為 l ，筒內壓力剛好抵消質量為 m 的活塞重量。現在有一質量為 M 之重物在離活塞上方



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)。

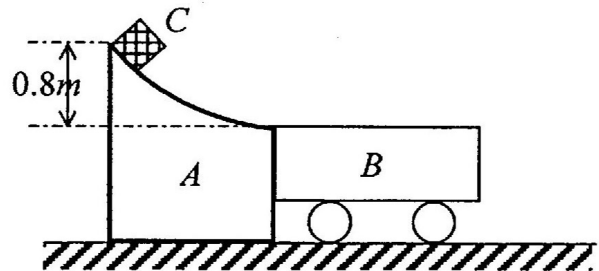
十六、一垂直豎立的開口圓柱氣筒，內部半徑為0.10公尺，在距離底部1.0公尺之處有一與大氣接通的小孔如右圖所示。將100公斤的活塞垂直緩緩放入氣筒。(室溫為 27°C ，重力加速度 $g=9.8\text{m/s}^2$ ，大氣壓力為 $1\text{atm}=1.013\times 10^5\text{N/m}^2$)。



(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。

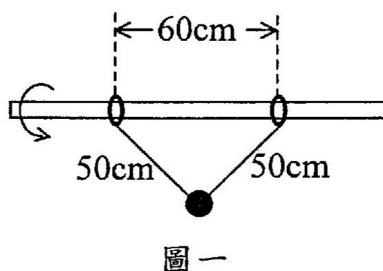
十七、如下圖所示， A 為一固定不動的光滑軌道，質量30Kg的台車 B 緊靠著 A 的右側。現有一質量為20Kg的塊狀重物 C ，在高出台車平面0.8m處，沿軌道以 3m/s 的初速度下滑，衝上小車。設 C 與 B 車板面間的摩擦係數為0.3， B 車與地面間的摩擦可以忽略，則 B 台車的長度至少應為(23) m，重物 C 才不致滑出其板面； B 車被撞後的最後速度為(24) m/s。



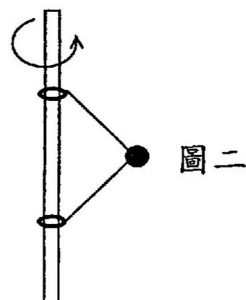
十八、一質量為1kg的小金屬球被兩條長度均為50cm的質輕細桿經小套環固定於一小圓柱上，兩固定點間的距離為60cm。

(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



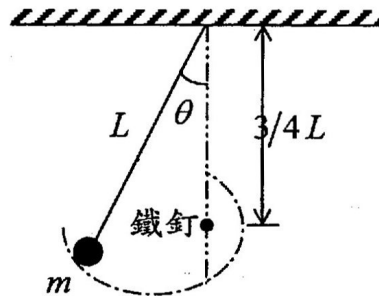
圖二

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 θ 應為 (28) 。

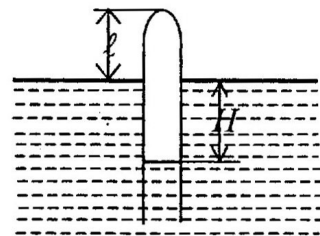


二十、(a)用數學式表示慣性質量的定義(注意不是質量單位的定義)並簡單說明各符號的意義及可能的假設條件： (29) 。

(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 2cm^2 ，露出水面部份的長度 l 為1cm，大氣壓力 P_0 為 10^5Pa ($1\text{Pa}=1\text{牛頓}/\text{米}^2$)，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 θ 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，才可能使大圓環向上運動？

