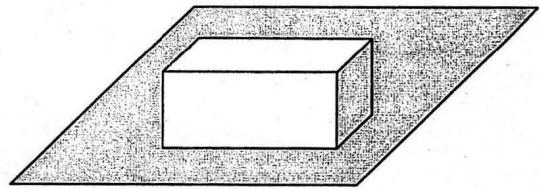


2002 年第三屆亞洲物理奧林匹亞競賽  
及第三十三屆國際物理奧林匹亞競賽  
國家代表隊初選考試試題

※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)

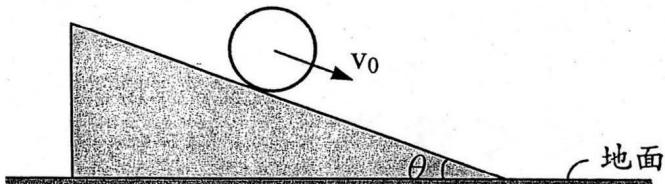
- 一、右圖所示為一置於水平地面上的海運用 20呎長標準貨櫃，其外圍尺寸分別為長度 6.06m，寬度 2.44m，高度 2.59m；皮重（即空櫃的重量）為 2,330kg。若該貨櫃為空櫃，且密封不透水，則當地面積水多深時，可將該貨櫃浮起？(1) m。



- 二、瞬時風速為 60m/s 的強烈颱風，正面吹向一建築物的牆面，則該牆面可能承受的最大壓力為(2) N/m<sup>2</sup>。（設當時的空氣密度為 1.2kg/m<sup>3</sup>。）

- 三、一質量為 m 的太空船，以半徑 a 繞地球做圓軌道運動。現欲進入半徑 b 的圓軌道（a 和 b 均從地球中心算起，且 b>a），若不計空氣阻力的影響，則太空船的引擎至少需提供多少能量？(3)。（設地球質量為 M，萬有引力常數為 G）。

- 四、一圓環以純滾動（即不滑動）的方式沿一斜角為  $\theta$  的斜面滾下，已知在某一瞬間，圓環中心的速率為  $v_0$ ，則在該瞬間：(a) 圓環上與斜面的接觸點的速率為 (4)。  
(b) 圓環上最高點（相對於水平地面）之速度的水平分量為 (5)。



- 五、一枚硬幣置於一活塞的頂面，此活塞以頻率 f 及振幅 A 作鉛直方向的簡諧振動。若振幅固定，頻率由小變大，則當頻率 f 等於(6) 時，在活塞運動至最高點處，該枚硬幣會與活塞失去接觸。

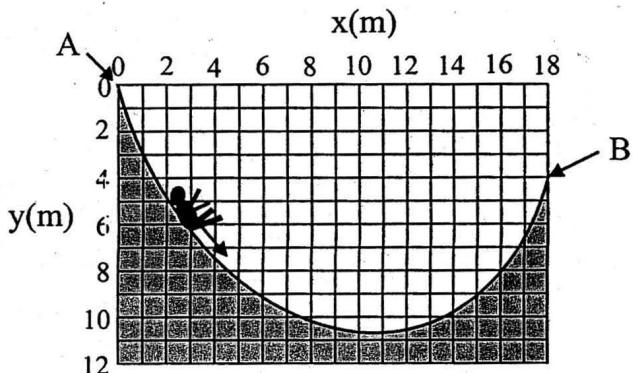
- 六、一質量為 m 的物體以一初速沿斜角為  $\theta$  的斜面上滑，滑行 d 距離後折返下滑。當其滑回原處時的速率減為初速的  $\frac{1}{3}$ ，求物體與斜面之間的動摩擦係數為 (7)。

- 七、有一鉛直懸掛的輕彈簧（質量可忽略不計），其力常數為 k，在彈簧的下端掛上一質量為 m 的小砝碼（可視為質點）。現在使小砝碼作振幅為 d 的上下振動，當小砝碼達到最低點時，迅速地加掛另一質量同為 m 的小砝碼。若新加的小砝碼的初速

為零，則加掛該小砝碼後，其新振幅為 (8)。

- 八、有一呈弧面的固定滑梯，如右圖所示，一小孩從頂端 A 點自靜止開始沿弧面自由滑下。若小孩和滑梯表面之間的動摩擦係數  $\mu = 0.5$ ，則小孩滑停處的坐標  $(x, y)$  為何？ $x = \underline{(9)}\text{ m}$ ,  $y = \underline{(10)}\text{ m}$ 。

【註：由於滑行速率甚慢，可忽略在弧面滑動時的法線加速度。】



- 九、有一梯子斜靠在一鉛直的牆壁上，梯子和水平地面之間的夾角為  $\theta$ ，設梯子與牆壁之間無摩擦力，而與地面之間的靜摩擦係數為  $\mu_s$ 。若梯子的質量很輕可以忽略不計，現有一質量為  $m$  的人在梯子上向上爬，則梯子不會滑動的條件為 (11)。

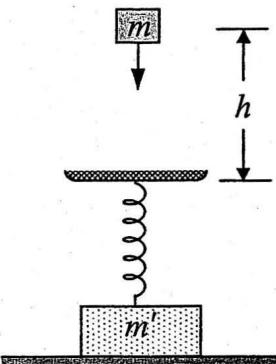
- 十、有一質量為  $m$  的小球，在水平地面上以  $45^\circ$  仰角向正東方向拋射。當小球達到最高點（高度為  $h$ ）時，因內部炸藥爆發，沿水平面方向炸成三塊，其質量分別為  $\frac{m}{2}$ 、

$\frac{m}{4}$ ，和  $\frac{m}{4}$ （炸藥部分的質量可以忽略不計）。若取小球的拋射點為坐標原點， $x$ - $y$  平

面為通過原點的水平面，正  $x$  軸指向正東方，正  $y$  軸指向正北方，已知質量為  $\frac{m}{2}$  的小塊落地時的  $(x, y)$  坐標為  $(4h, h)$ ，兩小塊質量為  $\frac{m}{4}$  之一的落地坐標為  $(2h, -h)$ ，則另一小塊的落地坐標  $(x, y)$  為 (12)。

- 十一、一學生在水平地面上，以手推出鉛球。若重力加速度為  $g$ ，鉛球的拋射仰角為  $\theta$ ，初速  $\sqrt{2gh}$ ，離手時的高度為  $h$ ，落地時的水平射程為  $2\sqrt{2}h$ ，則  $\tan \theta = \underline{(13)}$ 。

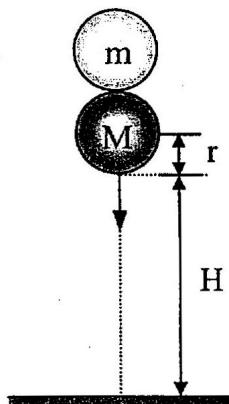
- 十二、如右圖所示，一質量為  $m'$  的木塊放置在水平地面上，其上方連結有一鉛直豎立的輕彈簧，其力常數為  $k$ 。該彈簧的上端平放一質量可忽略的秤盤。今在秤盤中央的上方距離為  $h$  處，自靜止自由落下一質量為  $m$  的小鐵塊。若  $h = \frac{12mg}{k}$ ，小鐵塊與秤盤之間的碰撞為完全非彈性碰撞，則欲使地面上之木塊  $m'$  自地面跳起， $\frac{m}{m'}$  之比值必須滿足何種關係？(14)。



- 十三、直昇機可以停滯在空中，是因為利用裝置在其上方的螺旋槳轉動時，向下推壓空氣，藉所產生的向上反作用力以支撐其重量。(a)假設被推壓向下的空氣流速為  $v$ ，空氣的密度為  $\rho$ ，螺旋槳葉片掃過的面積為  $A$ ，則直昇機引擎驅動螺旋槳所產生的向上推力  $F$  等於 (15) (以  $v$ 、 $\rho$ 、和  $A$  表示之)。(b)若一直昇

機的引擎需要發出  $1.0 \times 10^5$  W 的功率才可以停滯在空中，現有一模型直昇機是以比例尺 1:10 依照實際直昇機的式樣複製打造，則此模型機欲停滯在空中時，所需的引擎輸出功率是 (16) W。

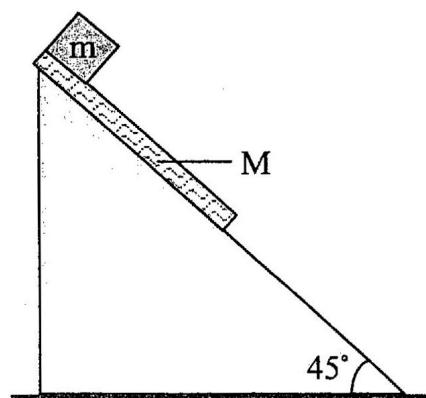
- 十四、兩個完全彈性的圓球，半徑均為  $r$ ，但質量不同，分別為  $m$  和  $M$  ( $m < M$ )。如右圖所示，當重球  $M$  的球心離地的高度為  $(H+r)$  時，輕球  $m$  緊貼在重球的頂端，兩球一起自靜止開始自由落下。若在碰觸堅硬地面反彈後，測得輕球球心離地的最大高度為  $(3r+4H)$ ，則重球對輕球的質量比值  $\frac{M}{m} =$  (17)。



- 十五、在地面上，人站在磅秤上，可以稱出自己的重量，這是因為人和磅秤之間有交互作用力，磅秤受力而顯示體重。假想將人和磅秤一起如同丟石頭一樣，向空中拋射，則人和磅秤在空中飛行時的加速度同等於重力加速度，因此人和磅秤之間沒有交互作用力，磅秤的讀數將為零，這就是所謂的「失重狀態」。如果飛機在空中的飛行軌跡為一在鉛直面上的拋物線，則飛機上的乘客將感受失重狀態。為了進行失重狀況下的實驗，科學家搭乘用波音 707 改裝，代號為 KC-135 的飛機，在高空中沿鉛直面上的拋物線軌跡飛行。在飛行過程中，為了能安全操控 KC-135，飛機的飛行速率不能小於 300km/h，也不能大於 500 km/h。若想要得到最長的失重狀態時間，則 KC-135 由開始的平飛拉起機頭，進入拋物線軌跡的拋射角應為多少度？(18)。在飛機上科學家可獲得的失重時間最長為 (19) 秒。

- 十六、一鉛直懸掛的鐵鏈，其質量為  $m$ ，長度為  $l$ 。起始時，使鐵鏈的下端剛剛觸及一固定磅秤的秤盤上。現將鐵鏈上端自靜止起自由釋放，而使鐵鏈逐漸落在磅秤的秤盤上。當鐵鏈完全落在秤盤上的瞬間，磅秤上的讀數為何？(20)。

- 十七、一質量  $M = 1\text{kg}$ ，長度  $L = 1.5\text{m}$  的木板靜置於一斜角為  $45^\circ$  的固定斜面上，其頂端和斜面的頂端相齊。另有一質量  $m = 0.5\text{kg}$  的小木塊置於木板上端如右圖所示。木板與斜面之間的靜摩擦係數  $\mu_s = 0.8$ ，但木塊與木板間的摩擦力很小可以忽略。起始時木板與小木塊均靜止不動。(a)木板下滑所需克服的摩擦力為 (21) N；(b)小木塊滑至木板底端所需的時間為 (22) 秒。



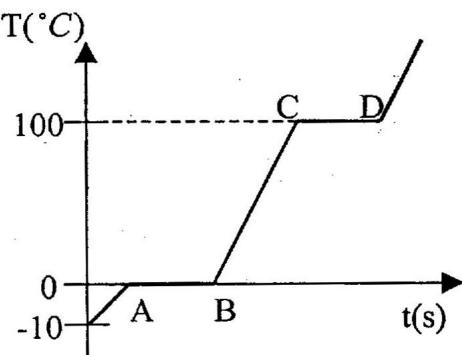
- 十八、總質量為  $M$  的飛機以等速度巡航時，其引擎所生的推力與空氣阻力相抵銷。在維持此固定推力之下，飛機向前發射質量為  $m$  的子彈，(a)若子彈相對槍口的速度為  $v_b$ ，在發射第  $N$  顆子彈之前和之後，飛機速度的變化量為何？(23)；(b)若飛機每秒向前連發  $R$  顆子彈，則在發射子彈的過程中，飛機引擎需提供多少額外的平均推力以保持等速度向前飛行？(24)。

十九、一定量的單原子理想氣體系統，依次進行下列兩階段熱力學過程：(a)使氣體作等壓膨脹，壓力保持為  $10^5 \text{ N/m}^2$ ，氣體的體積膨脹 1 公升；(b)使氣體作等溫膨脹，對外界做功 50J，則在此兩階段過程中，此氣體系統總共吸熱 (25) J。

二十、在一絕熱容器中盛裝有質量為  $m$ ，比熱為  $C$  的某液體，此液體的起始溫度為  $T_h$ ，其凝固點(熔點)為  $T_0$ 。現在液體中放入一質量為  $2m$ ，溫度為  $T_f$  的固體，當達到熱平衡時，溫度變成  $T_0$ ，而且有質量為  $\frac{m}{6}$  的液體變成固態。此時若在液體

中再放入另一質量為  $2m$ ，溫度為  $T_f$  的固體，則平衡溫度仍為  $T_0$ ，但有  $\frac{m}{2}$  的液體變成固態，此液體的凝固熱為 (26)。(在本題中， $T_h > T_0 > T_f$ ，所加入的固體熔點高於  $T_h$ ，且容器本身的熱容量可以不計。)

二十一、某人取一塊純冰加熱，量得溫度  $T$  與加熱時間  $t$  的關係圖，如右圖所示。若將橫軸坐標換成冰或水所吸收的總熱量，則配合新的坐標軸所畫的關係圖中，CD 段與 AB 段長度的比值約為 (27)。



二十二、A 和 B 兩絕熱容器內各裝有相同的理想氣體，已知 A 容器的體積為 B 容器的  $\frac{1}{2}$ ；A 容器內的氣體溫度為  $300\text{K}$ ，B 容器內的氣體溫度為  $600\text{K}$ ；兩容器的氣體壓力相等。(a)A 和 B 容器內的氣體分子的方均根速率比值為 (28)；(b)若在絕熱情況下，使 A 和 B 兩容器相互連通，則平衡後的氣體溫度為 (29) K。

二十三、有一  $25\text{W}$  的電燈泡，燈絲的直徑為  $0.030\text{cm}$ ，長度為  $3.5\text{cm}$ ，發射率為  $0.35$ ，若使用時燈泡表面的溫度為  $77^{\circ}\text{C}$ ，則燈絲的溫度為 (30)  $^{\circ}\text{C}$ 。(僅考慮熱輻射的作用。)

【註】：若一物體表面的絕對溫度為  $T$ ，發射率為  $e$ ，則該物體表面每單位面積在每單位時間內所輻射出的電磁波能量，稱為輻射能通量密度， $J = e\sigma T^4 (\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2})$ ，式中  $\sigma = 5.670 \times 10^{-8} (\text{Js}^{-1}\text{m}^{-2}\text{K}^{-4})$ ，稱為史特凡-波茲曼常數。通常  $e < 1$ ，但對黑體而言， $e = 1$ (即為完全輻射)。如果物體周圍的環境溫度為  $T_0$ ，則須考慮物體表面對入射輻射能的吸收。假定入射的輻射能通量密度為  $\sigma T_0^4$ ， $a$  為物體表面的吸收率，則該物體表面所吸收的輻射能通量密度為  $J' = a\sigma T_0^4$ ，通常  $a < 1$ ，但對黑體而言， $a = 1$ (即為完全吸收)。因此物體表面對入射能量的反射率為  $r = 1 - a$ 。從理論上我們可以證明物體表面的放射率和吸收率相等，即  $e = a$ ，此稱為克希何夫定律(Kirchhoff's Law)。我們可以說：容易輻射能量的物體，也容易吸收入射的能量。

## 貳、計算題(每題十五分，共二題，合計 30 分)

一、一登山客重  $60 \text{ kg}$ ，皮膚表面積  $A=1.2 \text{ m}^2$ ，於 2 小時內攀升  $500 \text{ m}$  的高度，在此期間其體內代謝率(即其內能消耗率)為  $7.0 \text{ W/kg}$ ，其體溫  $T_b$  維持為  $37^\circ\text{C}$ ，大氣溫度  $T_a$  為  $28^\circ\text{C}$ 。此人皮膚因空氣對流作用之散熱功率  $H_c$  可表示為  $H_c = D_c A(T_b - T_a)$ ，因熱輻射作用之散熱功率  $H_r$  亦可近似地表示為  $H_r = D_r A(T_b - T_a)$ 。回答下列問題：

- 若此人的皮膚可視為黑體，則因熱輻射作用的散熱係數  $D_r$  約為多少  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ？
- 已知汗水在  $37^\circ\text{C}$  時的蒸發熱為  $2,427 \text{ kJ/kg}$ ，因對流與熱輻射作用的散熱係數之和， $D_c + D_r = 13.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ，另此人肺部因呼吸作用的散熱功率  $H_L = 10.5 \text{ W}$ ，則此人每小時蒸發的汙水量平均約為多少  $\text{kg}$ ？

【註】參考填充題第二十三題的註解。

二、在容積固定的密閉容器中盛裝有溫度為  $100^\circ\text{C}$  的飽和水蒸汽和殘餘的水。假如水蒸汽的質量  $M = 50\text{g}$ ，水的質量  $m = 1.0\text{g}$ ，將容器加熱，一直到容器內的水全部蒸發為止，則：

- 此時水蒸汽的溫度有多高？
- 透過容器輸入的熱量有多少焦耳？

已知溫度每升高  $1\text{K}$ ，水的飽和蒸氣壓增大  $3.7 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。水的汽化熱為  $2.25 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ，水蒸氣的定容比熱為  $1.38 \times 10^3 \text{ J/(kg \cdot K)}$ 。水在  $100^\circ\text{C}$  時的飽和蒸氣壓為  $10^5 \text{ Pa}$ 。在運算過程中，水蒸汽可視為理想氣體。水所佔的體積相對於水蒸汽的體積非常小，可以忽略不計。