

1997年第28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、質量為 m 的人造衛星距地面的高度為 h ，設地球半徑為 R ，質量為 M ，今取地面為零位能面，則人造衛星之位能為 (1)。

二、1968 年美國人貝蒙在墨西哥奧運會締造了 8.90 m 的世界跳遠記錄。假設他在起跳瞬間的速率為 9.50 m/s ，且墨西哥市的 g 值為 9.78 m/s^2 ，則他的成績和不計空氣阻力時的最大可能的水平距離相差 (2) 公分。

三、兩位溜冰者，質量分別為 60 kg 及 40 kg ，站在溜冰場上共同握著一條長為 10 m ，質量可以不計的木棍。兩人由木棍兩端出發，各自使力拉著木棍往對方走，直到兩人碰在一起為止。假若人跟地面間的摩擦力可以不計，則 40 kg 的人移動了 (3) m 。

四、細長金屬棒 A 的長度為 l_1 ，線膨脹係數為 α_1 ；另一條細長金屬棒 B 的長度為 l_2 ，線膨脹係數為 α_2 。今將金屬棒 A 之一端焊接到金屬棒 B 之一端，則此焊接後之金屬棒的等效線膨脹係數為 (4)。

五、有二物體的質量分別為 m_1 和 m_2 ，比熱分別為 s_1 和 s_2 ，溫度分別為 T_1 和 T_2 。現將此二物體置入一真空的絕熱容器內，經過長時間後，二物體的溫度變為 (5)。

六、在一容器內，有 1 mole 的氮氣和 1 mole 的氧氣，則每秒鐘每單位面積氮分子碰撞器壁的次數為氧分子的 (6) 倍。

七、理想氣體之狀態方程式為 $Pv=RT$ ， P 為壓力， v 為莫耳體積， T 為溫度， R 為常數。實際氣體之狀態方程式可用凡得瓦方程式近似表示為 $P=\frac{RT}{v-b}-\frac{a}{v^2}$ (a, b 為常數)，亦可用所謂的維里展開式(Virial expansion)表示為 $Pv=A+\frac{B}{v}+\frac{C}{v^2}+\dots$ ，式中 $A, B, C\dots$ 稱為維里係數。嚴格滿足凡得瓦方程式的氣體稱為凡得瓦氣體。試求 B 係數(以 R, T, a, b 表示之): $B=$ (7)。

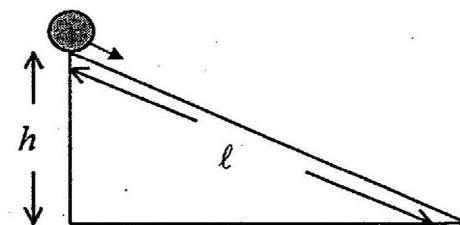
八、已知萬有引力常數 $G=6.67\times 10^{-11}\text{ N m}^2/\text{Kg}^2$ ，地球表面重力場 $g=9.80\text{ m/s}^2$ ，

地球平均半徑為 $6.37 \times 10^6 m$ ，月球繞地球平均週期為 29.5 日，計算地球的密度：(8) Kg/m^3 及地球與月球之間的距離：(9) m 。

九、一小球從距地面高 H 處自由下落，當落下了 y 距離時，與一固定的小斜面產生彈性碰撞，碰撞後小球以原速率水平飛出後掉落地面。若欲使小球落地前的水平位移為最大，則 $y =$ (10)。

十、甲和乙兩小球的質量分別為 m 及 $5m$ ，開始時甲球的速度為 \bar{v}_0 ，乙球靜止。兩球碰撞後，甲球的方向與 \bar{v}_0 垂直，而乙球的方向與 \bar{v}_0 成 θ 角，且已知 $\sin\theta = \frac{3}{5}$ ，則由於碰撞引起的總力學能的損失為 (11)。

十一、如右圖所示，有一質量為 m ，半徑為 R 之實心小鋼球，從斜板的頂端，由靜止開始向下運動。

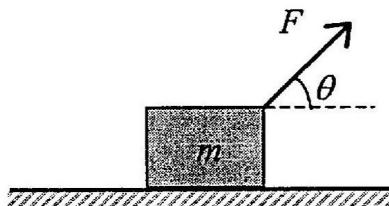


(a)如果斜板表面光滑，則鋼球滑到底端之速度為 (12)。

(b)如果斜板表面粗糙，鋼球是以純滾動的方式滾到底端，則其到達底端之速度為 (13)。（已知鋼球對其質心的轉動慣量為 $\frac{2}{5}mR^2$ ）。

十二、一初速為 v_0 之炮彈從地面上斜向射出後，連續穿過空中的 A 和 B 兩點。若 A 、 B 兩點距離地面的高度均為 h ，而且假設此炮彈具有最大的水平射程，則 A 與 B 兩點間的水平距離為 (14)。

十三、如右圖所示，一物體置於水平面上，其質量為 m ，物體與平面之間的摩擦係數為 μ 。若施力的方向可以調整（即可改變 θ ），則欲使物體能在水平方向上運動，所須的最小力 $F =$ (15)。

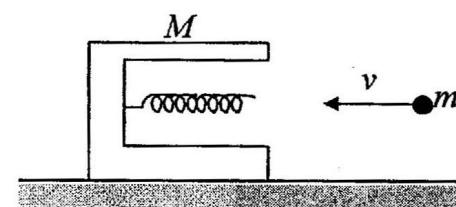


十四、一力常數為 k ，自然長度為 l 之彈簧掛在天花板下，在此彈簧下方掛有一質量為 M 之秤盤，在重力之作用下達到平衡。今趁此秤盤處於靜止狀態時，再放置一質量為 m 之砝碼，秤盤及砝碼會下墜拉長彈簧，則在下墜的過程中，彈簧之最大長度為 (16)。

十五、有 A 和 B 兩單擺掛在同一點而自由下垂，兩者之擺線長度均為 l ，擺錘大小

相同，且擺線遠長於擺錘之半徑。 A 和 B 之質量分別為 m 和 $2m$ 。今將 A 摆錘拉起，使此單擺之擺線與鉛垂線夾成 60° 角，然後自由釋放。當 A 摆至最低點時，與靜止中之 B 摆錘做完全彈性碰撞，則 A 摆錘在碰撞後擺至最高點時，其擺線與鉛垂線所夾成的角度為 (17)。

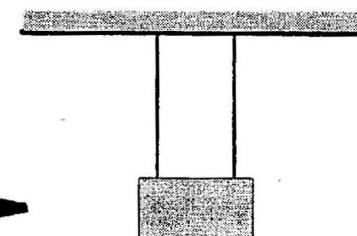
- 十六、如右圖所示，質量為 m 的小球以速度 v 射向一內含有彈簧（力常數 K ）、質量為 M 之靜物，此靜物與地面之摩擦力可以忽略，則彈簧被壓縮之最大距離為 (18)。（彈簧質量可以忽略）。



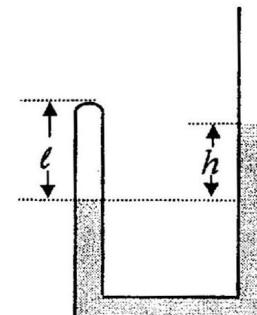
- 十七、某質量為 $m\text{ kg}$ 的釣者站在質量為 $M\text{ kg}$ 之平底船上。船身垂直於湖岸，船頭指向湖心。已知最初船身靜止，船尾距岸邊為 $l_0\text{ m}$ ，釣者以 $a_0(\text{m/s}^2)$ 之等加速度（相對於船）向船尾移動。問經 t 秒後，船尾距岸邊多遠？（不計水對船之阻力）(19)。

- 十八、一質量為 M ，半徑為 R 之均勻圓盤可繞其中心軸自由旋轉（轉動慣量為 $\frac{1}{2}MR^2$ ）。圓盤開始時靜止，今在此圓盤上離軸心 $\frac{R}{2}$ 處，有一質量為 m 之小蟲沿著半徑為 $\frac{R}{2}$ 之圓周，在圓盤上以等角速度爬行。設每隔一分鐘小蟲又回到圓盤上原出發處，則圓盤轉動的角速度為 (20)。

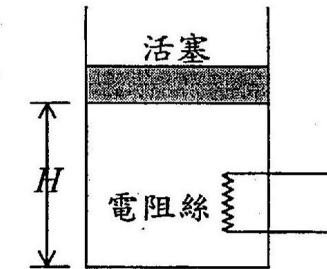
- 十九、 10 g 的子彈以 200 m/s 的水平速度射入右圖中 1990 g 的擺錘，擺錘材料的導熱性良好，並與周圍環境絕熱。子彈的溫度原是 130°C ，擺錘的溫度原為室溫 30°C ，兩者的比熱皆是 $100\text{ J/Kg}\cdot\text{K}$ 。若子彈入射之後陷於擺錘之中，兩者的平衡溫度是 (21) $^\circ\text{C}$ 。如果子彈以 400 m/s 的水平速度射入 2 Kg 的擺錘，並以 200 m/s 的水平速度射出，而且入射前後子彈的溫度約相同，則子彈穿過後擺錘的平衡溫度為 (22) $^\circ\text{C}$ 。



- 二十、一粗細均勻內裝水銀的 U 形玻璃管垂直豎立，玻璃管左端封閉，右端開口，平衡後兩邊液面差為 h ，左管空氣柱長為 l ，如右圖所示。設當時的大氣壓力為 P_0 ，水銀密度為 ρ ，今若 U 形管在原來的鉛直面內自由落下，忽略液面的微小振盪，則下降過程中左右兩管液面高度差為 (23)。



二十一、有一絕熱唧筒置於大氣壓力為 P_0 之地面上（如右圖所示），唧筒內裝一定量之氮氣（ H_2 ）及一加熱用之電阻絲，活塞之厚度與面積分別為 d 與 A ，其質量密度為 ρ 。已知氮氣的起始溫度為 T 時，活塞的平衡高度為 H ，問：

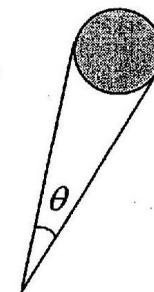


(a) 唧筒內有多少莫耳之氮氣？(24)。

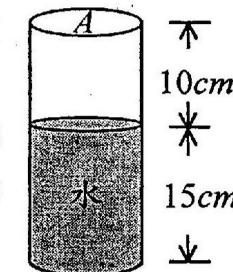
(b) 將電流通過電阻絲加熱氣體，假設總共提供了 Q 之熱量，則氮氣的溫度上升多少？

(25)。

二十二、已知太陽表面每單位時間每單位面積的輻射能（即輻射強度）為 σT^4 ，其中 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$ ， T 為太陽表面溫度 (K)。在大氣層外一人造衛星上接收到的太陽輻射強度為 $1340 (W/m^2)$ 。若人造衛星上觀測到太陽的張角 θ 為 0.533° （相當於 9.30×10^{-3} 弧度），計算太陽表面溫度為 (26) K 。

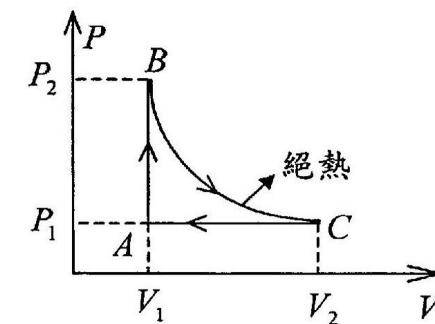


二十三、如右圖所示，一底面積 A 為 $100 cm^2$ ，高度為 $25cm$ 的圓柱筒，內部盛 $15cm$ 高的水。外界空氣壓力為一大氣壓，然後以金屬密封圓柱筒頂端（完全密封），在圓柱筒底部挖一小孔使水流岀，問會流出多少公克的水？（忽略水的表面張力）(27)。



二十四、已知空氣密度為 $\rho_0 = 1.3 kg/m^3$ ，大氣壓力 $P_0 = 1.0 \times 10^5 N/m^2$ ，空氣氣泡在水面下約 (28) m 處，正好不會浮沈。（此題中假設水溫不變，水的密度也不隨深度改變）。

二十五、一單原子理想氣體系統自 (P_1, V_1) 的狀態開始，經過如圖所示的循環過程，回到原先的 (P_1, V_1) 狀態，則在此一循環中此氣體系統所吸之熱能為 (29)。



（註：設 C_p 和 C_v 分別為氣體的定壓和定容莫耳比熱，則 $C_p = C_v + R$ ，式中 R 為氣體常數， $C_v = \frac{3}{2}R$ 。）

二十六、水在不同溫度時的體膨脹係數 β ，如下表所列：

$T(^{\circ}\text{C})$	$\beta(\times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})$	$T(^{\circ}\text{C})$	$\beta(\times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})$
0	-68	6	31
1	-50	7	46
2	-33	8	60
3	-16	9	74
4	0.26	10	88
5	16	11	101

把 1000c.c. , 0°C 的水加溫至 10°C 時，其體積增加了 (30) c.c.。

貳、計算題（每題十五分，共二題，合計 30 分）

一、如圖示的導熱良好的容器，外界溫度為 T (絕對溫度)，

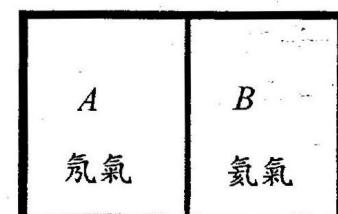
A 和 B 兩室體積均為 V 。今裝入質量均為 M 的氖及氦氣(氖的原子量為 20，氦的原子量為 4)，試求：

(1) 氖及氦氣內能各為多少？

(2) 若隔板可動，則將向那方移動？

(3) 若最後隔板停止運動，則氦氣之壓力及體積為多少？

(4) 若在隔板平衡時，將隔板抽出，則最後氖及氦之分壓比為多少？又混合氣體之壓力及內能各為多少？



二、如下圖所示，一質量為 $m_1=1.0\text{kg}$ 的剛球，壓住一片放置在水平桌面上的金屬板(質量為 $m_2=0.5\text{kg}$)。球心與金屬板左邊緣的距離為 10cm 。剛球與金屬板之間，以及金屬板與桌面之間的摩擦係數皆為 0.1。現以一水平定力 F 作用於金屬板的右邊緣，使金屬板得以抽出。問在金屬板抽出時，為了不致使剛球移動的距離(相對於桌面)，超過 1.0mm ，則所須 F 力的最小值為若干？(設重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$)

