

2026 年第 26 屆亞洲物理奧林匹亞競賽及
第 56 屆國際物理奧林匹亞競賽

國家代表隊初選考試

理論試題

2025 年 11 月 1 日

13：30~16：30

考試時間：三小時

〈〈注意事項〉〉

- 1、本試題包括選擇填充混合題三十格及計算題兩大題，合計總分為 150 分。
- 2、選擇填充混合題部分，請直接將答案填入指定之答案格內，未填入指定之位置者不予計分。
- 3、計算題部分，請在答案卷指定之位置作答。
- 4、可使用掌上型計算器（含科學工程式計算機）。
- 5、限以藍色或黑色原子筆作答。

常用到的數學公式(t 為時間, x 為任意物理量) 與轉動慣量之平行軸定理

$$1. f'(x) \equiv \frac{df}{dx}, \quad f''(x) \equiv \frac{d^2f}{dx^2} = \frac{d}{dx} \left(\frac{df}{dx} \right);$$

$$\dot{x}(t) \equiv \frac{dx}{dt}, \quad \ddot{x}(t) \equiv \frac{d^2x}{dt^2}.$$

$$2. \frac{d}{dx}(ax+b)^m = ma \cdot (ax+b)^{m-1}; \quad \frac{d}{dx} \ln(ax+b) = a \cdot (ax+b)^{-1};$$

$$\frac{de^{ax}}{dx} = ae^{ax}; \quad \frac{d \sin(ax)}{dx} = a \cos(ax); \quad \frac{d \cos(ax)}{dx} = -a \sin(ax)$$

$$3. \int (ax+b)^m dx = \frac{(ax+b)^{m+1}}{(m+1)a} + C, \quad m \neq -1; \quad \int (ax+b)^{-1} dx = \frac{1}{a} \ln(ax+b) + C;$$

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C; \quad \int \cos(ax) dx = \frac{1}{a} \sin(ax) + C,$$

$$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C; \quad \int \frac{dx}{x} = \ln x + C. \quad (\text{在此, } C \text{ 為一個常數})$$

$$4. \sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos(2\alpha)}{2}, \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos(2\alpha)}{2}$$

$$5. \text{當 } |x| \ll 1, \quad (1+x)^\alpha \approx 1+ax,$$

$$e^x \approx 1+x, \quad \sin x \approx x, \quad \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}.$$

$$6. I_n \equiv \int_0^\infty x^n e^{-x^2} dx, \quad I_0 = \sqrt{\pi}/2, \quad I_1 = 1/2, \quad I_2 = \sqrt{\pi}/4$$

平行軸定理:

設直線 L_{CM} 通過一剛體的質心, 若有一旋轉軸 L 平行於 L_{CM} , 則剛體繞此旋轉軸 L 轉動之轉動慣量 I 可寫為:

$$I = I_{CM} + Md^2$$

其中 I_{CM} 為剛體繞質心旋轉軸 L_{CM} 轉動的轉動慣量, M 是剛體的質量, d 為 L 與 L_{CM} 之間的距離。

2026 年第 26 屆亞洲物理奧林匹亞競賽
及第 56 屆國際物理奧林匹亞競賽
國家代表隊初選考試試題

※本試題含選擇填充混合題和計算題兩部分，總分為 150 分，考試時間三小時。

壹、選擇填充混合題(每格 4 分，共 30 格，合計 120 分)

一、如圖 1，球從斜坡上滾下直到脫離下方的水平坡道。忽略空氣阻力與浮力，當球剛離開水平坡道而在空中移動時，作用在球上的總外力為？

答：_____ (1)

- (A) 一個維持運動的水平力。
- (B) 球的重量，垂直向下作用。
- (C) 一個方向隨運動方向改變的力。
- (D) 球的重量和一個水平力。

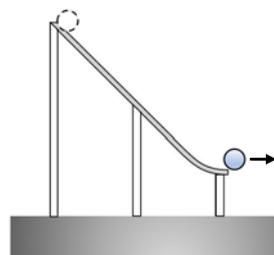


圖 1

二、海港欲保鮮漁獲，擬建造儲存魚貨的冷凍庫，冷凍庫室內藉由冷凍機工作保持在低溫為 250 K。冷凍庫容量大小結構要求相同，其外環境溫度約為 300 K，在長時間後的穩定狀態下，**僅考慮**壁面傳導的熱量散失時，由下表 1 中之建材建成的冷凍庫，何者在單位時間內，冷凍機必須做功(耗電)排出的熱量最少？

答：_____ (2)

表 1：不同建材的熱相關係數與可取得之材料厚度。

建材	石	木	磚	鋁
密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.6	0.4	1.6	2.7
比熱($\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	0.84	2.5	0.9	0.9
熱傳導係數($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	3.8	0.11	1.0	240
材料固定厚度(cm)	19	5.5	5.0	2.0

- (A) 石 (B) 木 (C) 磚 (D) 鋁

三、以 210 J 熱量加熱定量的雙原子分子理想氣體，使其在定壓下膨脹，若在適當的溫度範圍內，只會激發氣體分子轉動，但不會激發氣體分子雙原子間振動，則此雙原子氣體的內能增加了_____ (3) J。

四、懸掛自屋頂的一個雙質點彈簧系統，處在靜止狀態，如圖 2 所示。兩質點的質量分別為 m_1 、 m_2 ，彈簧的彈性常數為 k ，彈簧的自然長度為 l_0 ，彈簧的質量不計，重力加速度為 g 。 m_1 與 m_2 的垂直座標分別為 x_1 與 x_2 。今在時間 $t = 0$ 時，與 m_1 連接的懸掛繩子突然瞬間斷裂，此時 $x_1(0) = 0$ 。在繩子突然斷開後的瞬間， m_1 的加速度 $a_1(0) = \ddot{x}_1(0)$ 為下列何者？答：_____ (4)

(A) $\frac{m_1}{m_1+m_2}g$

(B) $\left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)g$

(C) $\left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)g$

(D) $\frac{m_2}{m_1+m_2}g$

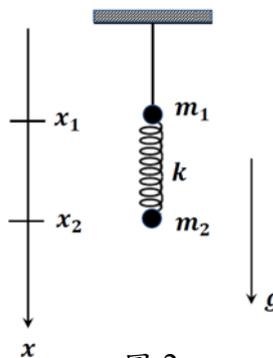


圖 2

五、如圖 3 所示，水平面桌面上，一輸送帶以速率 v 沿正 x 軸方向移動。桌面上另有一質量為 m 的金屬塊沿垂直輸送帶移動方向 (y 軸)，以速率 v 滑上該輸送帶。假設輸送帶夠寬且其表面與桌面齊平，金屬塊滑上輸送帶過程中底面始終保持與桌面和輸送帶表面完全接觸，無傾斜或任何跳動的情形。若金屬塊與桌面和其與輸送帶表面間的摩擦係數分別為 0 和 μ ，重力加速度為 g ，且金屬塊滑上輸送帶所花的時間可忽略，則下述有關該金屬塊在輸送帶上停止滑動的時間 t 為何？

答：_____ (5)

(A) $t = \frac{v}{\sqrt{2}\mu g}$

(B) $t = \frac{\sqrt{2}v}{\mu g}$

(C) $t = \frac{v}{\mu g}$

(D) $t = \frac{2v}{\mu g}$



圖 3

六、承上題，若考慮輸送帶給予金屬塊一個與速度成正比、方向相反的阻力，即 $\vec{f} = -k\vec{u}$

其中 \vec{f} 為阻力、 \vec{u} 為金屬塊與輸送帶的相對速度、 k 為常數。求金屬塊在輸送帶上停止前移動的距離：_____ (6)。(以 k 、 m 與 v 表示)

七、質量 50 kg 的同學站在一艘長度為 6 m、靜止於湖面上的木筏上遠離碼頭的一端。空木筏的質量 100 kg 且質心在正中央。木筏的另一端距離碼頭 1 m，以至於該生尚

未移動之前，距離碼頭 7 m。接著同學朝碼頭方向走，直到走到木筏的另一端並停下來。這段期間該生相對於碼頭移動了 _____ (7) _____ m。(不計水產生的阻力。)

八、 n 莫耳的雙原子分子理想氣體在封閉系統中，壓力為 P ，溫度為 T_i 。定容莫耳比熱

$$C_V = \frac{5}{2}R, R \text{ 為理想氣體常數，其體積由 } V \text{ 膨脹成 } 2V。$$

若膨脹過程為可逆絕熱膨脹，膨脹後的溫度變為 T_f ，膨脹過程中熵的變化為 ΔS ；若膨脹過程為自由膨脹（膨脹至真空空間），膨脹後的溫度變為 T_f' ，膨脹過程中熵的變化為 $\Delta S'$ 。則 T_f 、 T_f' 與 ΔS 、 $\Delta S'$ 為何？答：_____ (8) _____

- (A) $T_f \approx 0.63 T_i, T_f' = 0.5 T_i, \Delta S = 0, \Delta S' = 0。$
 (B) $T_f \approx 0.63 T_i, T_f' = T_i, \Delta S = 0, \Delta S' = 0.69 nR。$
 (C) $T_f \approx 0.63 T_i, T_f' = T_i, \Delta S = 0, \Delta S' = 0。$
 (D) $T_f \approx 0.76 T_i, T_f' = T_i, \Delta S = 0, \Delta S' = 0.69 nR。$

九、一個長度 L 、質量 m 的均勻長桿的左、右兩端點分別連接力常數為 k_1 、 k_2 的彈簧吊掛在橫樑上， $k_1 > k_2$ ， $|k_1 - k_2| \ll k_1, k_2$ 。兩個彈簧的原長相同，在長桿上吊掛一個質量 M 的物體 ($M > \frac{m}{2}$)，使得在靜止時長桿為水平，如圖 4，則

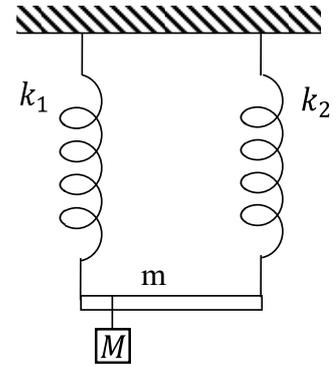


圖 4

k_1 彈簧的總伸長量為 _____ (9) _____；
 M 和長桿左端點的距離為 _____ (10) _____。

十、如圖 5 所示，固定於 $z = 0$ 平面的無限大固體平板表面上，靜置有半徑為 R 、表面張力為 S 的截球形液滴。若在定溫 T 、周圍氣體的壓力為定值 P_0 、且無重力之條件下，當液滴處於熱力學平衡時，液滴表面與平板的接觸角為 θ 。

在平板表面上 O 點處，液體對平板的靜液壓力 P 為下列何者？

答：_____ (11) _____

(A) $P = P_0$

(B) $P = P_0 + \frac{S}{R}$

(C) $P = P_0 + \frac{2S}{R}$

(D) $P = P_0 + \frac{4S}{R}$

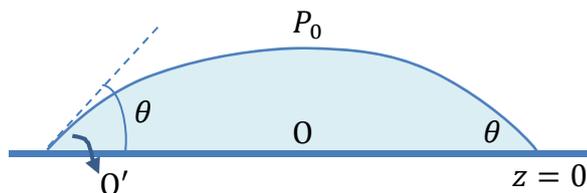


圖 5

十一、承上題，平板對接觸線角落 O' 處的液體，每單位接觸線長度所施加的力的 z 分量 $f_z = \underline{\hspace{2cm}}$ (12) (以向上為 z 軸正方向)

十二、無摩擦的水平桌面上，一質量為 m 的小球以初速 V_i 垂直撞擊一根均質細桿，細桿原本靜止，如圖 6 左圖所示。細桿的質量為 M 、長度為 L ，小球撞擊點與桿中心的距離為 $\frac{1}{4}L$ 。撞擊後的瞬間， m 以速度 V_f 向前，而桿中心運動速度為 V_c ；繞桿中心的角速度為 ω ；如圖 6 右圖所示，則

(i) $\omega/V_c = \underline{\hspace{2cm}}$ (13) ; (ii) 若撞擊後的瞬間，細桿撞擊點速度為 V ，且碰撞的恢復係數 $(V - V_f)/V_i = 3/4$ ；則 $V_c/V_i = \underline{\hspace{2cm}}$ (14) 。

註：細桿繞質心的轉動慣量 $I_{cm} = \frac{1}{12}ML^2$

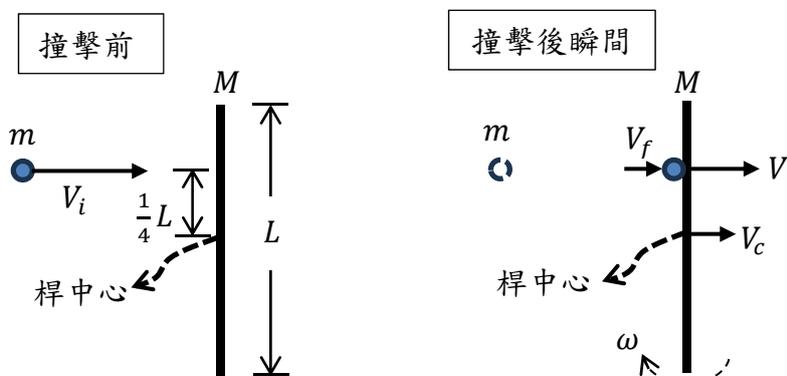


圖 6

十三、討論形變時，微小量一般只保留到一階。在此近似下，如圖 7 左圖所示，一個立方體的上、下表面受到方向相反，量值為 F 的切力作用，同時左、右表面也受到方向相反，量值為 F 的切力作用，以致立方體在微小形變下處於靜止平衡，其體積不變，切應變則如圖 7 右圖所示，以微小量 θ 代表，即：

$$\theta \approx \tan \theta = \frac{AA'}{AD} = \frac{BB'}{BC}$$

此種形變相當於沿一條對角線的方向被拉伸長，但沿垂直的另一條對角線的方向則被擠壓縮短。若只需考慮微小量 θ 的首階貢獻，則：

該伸長應變為 $\underline{\hspace{2cm}}$ (15) ，縮短應變為 $\underline{\hspace{2cm}}$ (16) 。

註：伸長應變是伸長量與原長度的比，縮短應變是縮短量與原長度的比。

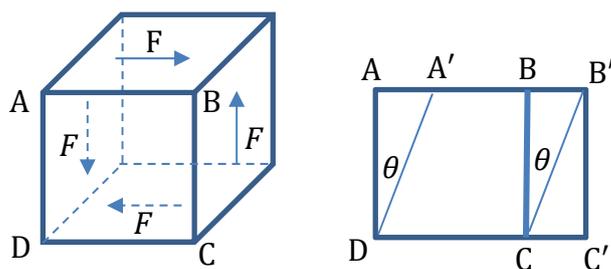


圖 7

十四、虹吸管裝置是將內管置入一個大水槽，當管內注滿水後，水可以由水槽外較長的外管流出，如下圖 8 所示。圖 8(a)顯示虹吸管頂端高出液面 h ，內管開口插入液面的深度為 h ，且管的兩端開口的高度差亦為 h ；此時水流的速率為 v_a 。圖 8(b)顯示與圖 8(a)相同的虹吸管，但其頂端恰與液面齊平；此時水流的速率為 v_b 。圖 8(c)顯示內外管等長的虹吸管，其頂端沒入液面的深度為 h ；此時水流的速率為 v_c 。假設水是穩流、無黏滯、不可壓縮的理想流體，則 $v_a : v_b : v_c =$ _____ (17)

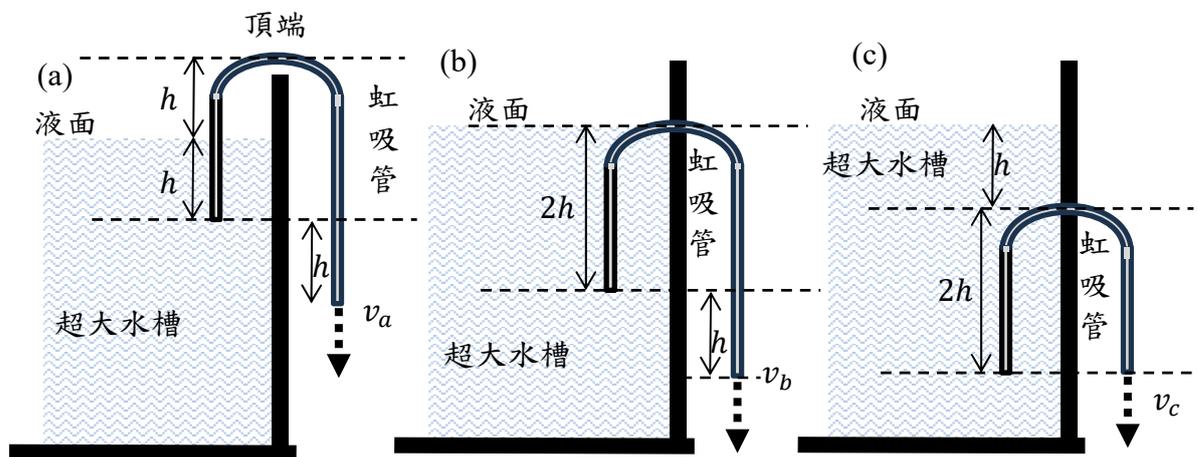


圖 8

十五、容器中裝有密度隨深度增加的液體，密度與深度關係可表示為 $\rho(h) = \rho_0 + \alpha h$ ， ρ_0 為液體表面的密度、 h 為深度、 α 為一常數。若有一密度等於 ρ_0 的小球，自液面上方 H 處自由落下，如圖 9 所示（忽略小球大小與液體黏滯力）。試問：

小球沒入液體的最大深度為：_____ (18) _____；

小球在液面下歷經的時間為：_____ (19) _____。

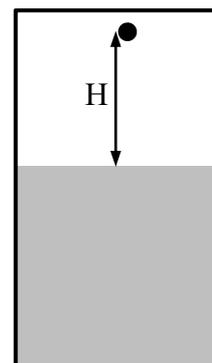


圖 9

十六、二質量相同的人造衛星原以速率 $v = 1 \times 10^4$ m/s，在相同的圓形軌道上繞行地球。在某一時刻，第一顆衛星面向地球中心點燃推進器，作用瞬間使該衛星在軌道徑向上獲得一速度改變量 $\Delta v_r = 1$ m/s；同時，第二顆衛星亦向後點燃其推進器，使其切線速度量值瞬間增加 Δv_t 。假設推進器點燃瞬間耗損的燃料質量遠小於衛星的質量，可以忽略。若在推進器瞬間作用之後，二人造衛星繞行地球的軌道運動，仍具有相同的週期，試估計切線方向 Δv_t 的量值= _____ (20) _____ m/s

十七、一質量密度為 ρ 之理想氣體中的分子速率(v)分佈為 $f(v)$ ，即在此理想氣體中找到分子之速率落在 $(v, v + dv)$ 區間之機率為 $f(v)dv$ ，若此理想氣體只包含同一種分子，試問由 $(v, v + dv)$ 區間中之分子所貢獻的壓力為_____ (21) _____。

十八、本題考慮自由粒子在一維系統的運動：考慮如圖 10 的兩個座標系。一條具延展性的橡皮筋上面標記座標系 r 。當 $t=0$ 時，座標系 r 上的刻度 1, 2, 3, ... 與空間中靜止座標系 x 的刻度重合。當 $t>0$ ，橡皮向外延伸（如圖 10 中箭頭的示意圖），橡皮筋上的刻度 r 在 x 座標的位置為 $x = a(t)r$ ， $a(t) \geq 1$ ， $\dot{a}(t) > 0$ ； $H(t) \equiv \frac{\dot{a}(t)}{a(t)}$ 為一時間函數。當 $t > 0$ ，橡皮筋上刻度為 r 處與靜止座標原點 $x=0$ 的相對速度為 v 。若將 v 表示成 $v = \beta x^n$ ，則 $(n, \beta) =$ _____ (22)
 (β 請用以下參數表示： $H(t)$, $a(t)$, $\dot{a}(t)$)

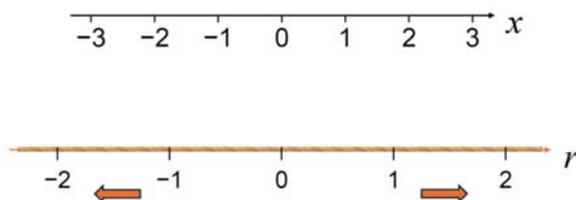


圖 10

十九、以下這個過程，類似一個體操選手自單槓上運動後落地的過程。考慮一根長度為 L 、質量 M 的均質細桿，一端接於支點 O ，可以在鉛直面上繞此支點自由轉動，摩擦力可忽略，如圖 11。支點 O 距離水平地面的鉛直高度大於 L 。初始時，此桿為鉛直、質心位於支點的正上方、質心速率為 v ，此後當質心到達支點的正下方時，桿與支點間突然鬆開、鬆開的過程中彼此間無交互作用力，此後細桿進行自由落體運動。當此桿接觸到地平面時，桿身與地面正好垂直。細桿以質心為支點的轉動慣量為 $ML^2/12$ 。重力加速度為 g 。

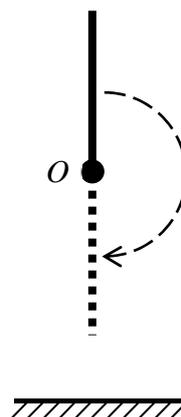


圖 11

- (i) 求細桿在與支點鬆開瞬間相對 O 點的角速率 = _____ (23)。
 (ii) 若支點 O 離地的鉛直高度可表示為 $Cn^2 + L$ ，其中 n 為正整數，求 $C =$ _____ (24)。

二十、重力波一般認為是由兩個相互繞行、接近、最後撞擊合併在一起的黑洞所發出來的。今考慮一個簡化的系統，假設觀測初始瞬間 t_1 時，兩個黑洞的質量分別為 M_1 及 m_1 ，距離為 D_1 ；之後在某另一瞬間 t_2 時，兩個黑洞的質量分別為 M_2 及 m_2 ，距離為 D_2 。過程中沒有外力介入，兩個黑洞皆可視為質點、都沒有自旋，且 $M_1 + m_1 > M_2 + m_2$ ，其中所減損的總質量以重力波的形式向外傳播，重力波沒有質量、以光速前進。整個系統包括：這兩個黑洞以及它們所發出的重力波。答：_____ (25)

考慮從 t_1 到 t_2 的過程，以下選項何者正確？

- (A) 過程中，兩個黑洞各自的動能不變。
 (B) 過程中，兩個黑洞間的重力位能不變。
 (C) 過程中，系統的總角動量守恆。
 (D) 過程中，系統的總動量不守恆。

二十一、**承上題**，假設兩個黑洞繞行其質心旋轉的軌道在每一瞬時都約略為正圓、對應到一個圓周運動的周期，而且過程中，兩個黑洞相對於其質心旋轉的角動量總和約略不變，求在 t_1 與 t_2 時的周期比值：_____ (26)。

二十二、考慮一恆星-行星系統，其中恆星的質量為 M ，行星的質量為 m ，恆星與行星之間的距離為 r ，假設 $m \ll M$ ，因此質心可視為與恆星的中心重疊，且在恆星固定、

以角速率 $\Omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ (G 為重力常數) 轉動之坐標系中，行星在距離恆星 r 處之位置靜止，此時考慮在此坐標系中，恆星與行星之間的連心線上之一個質量為 μ ($\mu \ll m, M$) 的隕石，若隕石可靜止在與行星的距離 r_H 的位置上，試以 G 、 r 、 m 、 M 與 Ω 表示 r_H 所滿足的方程式：_____ (27)。

註：以 r_H 為半徑的球是所謂的希爾球(Hill sphere)，在此球內，由行星的重力主導。

二十三、如圖 12 所示，考慮一個長寬分別為 L 、 W 的長方體容器， $W \ll L$ ，容器中有兩個密度分別為 ρ_1 及 ρ_2 的液體。定義兩液體的界面為 $z = 0$ ，若選擇 $z = 0$ 為重力位能的零位面，求這個系統的重力位能 $U_g =$ _____ (28)。

當 $\rho_2 > \rho_1$ ，則這個系統可以透過顛倒此二液體的上下位置來降低其重力位能。但要達成這個目標，系統必須先克服因液體界面上的面積變化，所增加的界面能量。如圖 13 所示，考慮兩液體界面產生一個形式為

$z = \epsilon \sin(2\pi nx/L)$ 的小幅形變，其中 $\epsilon > 0$ ， $-L/2 \leq x \leq L/2$ ，且 $\epsilon \ll 1$ ， n 為正整數。假設液體與容器間的界面能量可忽略，且兩液體界面的表面張力為 γ ，求這個界面的小幅形變，對此系統所造成的表面張力能量變化 $\Delta U_\gamma =$ _____ (29)

及重力位能變化 $\Delta U_g =$ _____ (30)。

(ΔU_γ 及 ΔU_g 的答案僅需保留至 ϵ 的第二階。)

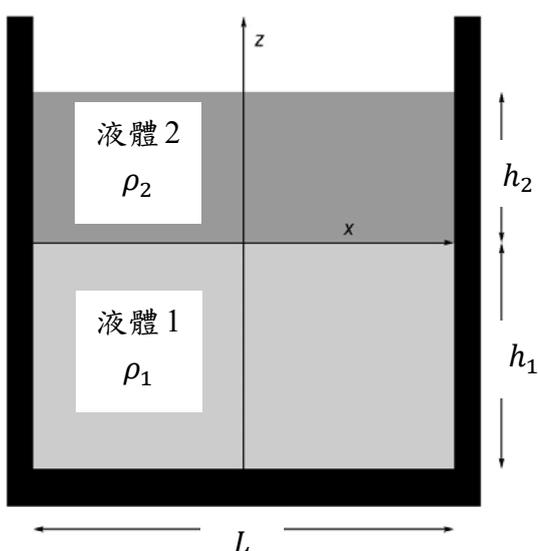


圖 12

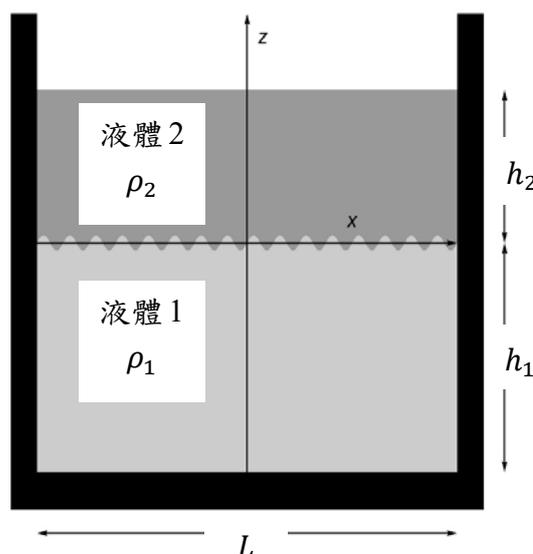


圖 13

貳、計算題（每題 15 分，共二題，合計 30 分）

一、利用繩子將一根細長桿子緩慢放倒的過程：

一根長度為 $4l_0$ 的細長均勻光滑桿子，質量為 M ，緊鄰一堵高牆（牆頂為 C 的灰色區，牆高為 $6l_0$ ），桿子以通過 O 且垂直紙面的轉軸自由轉動。長繩子的一端連上一個光滑的輕質套環套在桿子上 A 與 B 之間，輕質套環與桿子之間無摩擦力，桿子上的 A 與 B 點處有防止套環通過的裝置，此裝置的大小與質量皆可忽略；長繩子的另一端跨過高牆的 C 點。繩子從輕質套環到 C 點的這一段維持張力狀態，其長度為 l ，如圖 14 所示為輕質套環在 A 點時的情形。考慮緩慢增加 l ，使 θ 增加（範圍在 $0 < \theta \leq \pi/2$ 之間）：桿子與牆的夾角為 θ ，重力加速為 g ， $OCAB$ 在同一平面上。

試問：

(A) 試求輕質套環與 A 點維持接觸時，繩子最大張力 T_{AM} 。(5 分)

(B) 試求輕質套環與 A 點沿桿子方向的最大作用力 $R_{A,max}$ 。(5 分)

(C) 試求整個過程中，輕質套環與 C 之間繩子的最大張力 T_{max} 。(5 分)

註： B 點為桿子的中點。

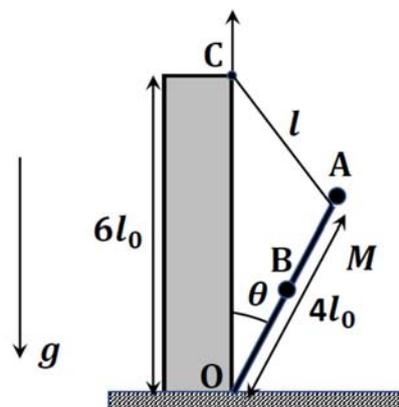


圖 14

二、考慮一個水平放置的氣缸，其由兩個相連通的圓柱形氣室 A 與 B 組成，且體積 $V_A = 2V_B$ 。A 氣室中設有一個可無摩擦移動的活塞，B 氣室中則裝有一個閥門。氣缸、活塞與閥門皆由絕熱材料製成，質量與熱容量可忽略不計。閥門將 B 氣室的體積平均分隔為兩部分。初始條件如圖 15(a) 所示：活塞位於氣室 A 中間位置，使 A 氣室的體積平均分隔為兩部分。A 與 B 氣室中皆充滿單原子理想氣體，初始時氣室中具有相同壓力 ($P_0 = 1.5 \text{ atm}$) 與溫度 (T_0)。已知氣室 A 左側隔室中含有 1 莫耳氣體。回答以下問題：

(A) 在閥門保持關閉的情況下，外力緩慢推活塞向右移動，直到碰觸 B 氣室的左側

壁面為止，此時 A 氣室中氣體的平衡溫度為 $T_A = \left(\frac{1}{2}\right)^\alpha T_0$ 。求出 α 的數值。(3 分)

(B) 承上題(A)的狀況，當系統達到熱平衡時，整體內能的變化量可表示為 $\Delta U = \beta RT_0$ ，其中 R 為莫耳氣體常數。請求出 β 的數值。(6 分)

(C) 承接上題(B)的狀況，現在假設活塞被鎖定不動，並打開閥門，如圖 15(b) 所示，B 氣室中的氣體開始混合。求出 B 氣室的最終壓力 P_f 。(6 分)

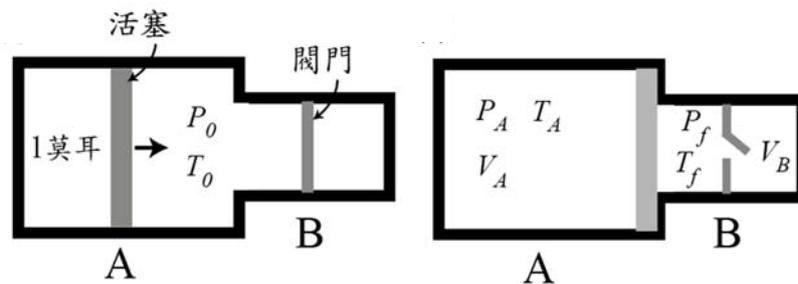


圖 15(a)

圖 15(b)

2026 年第 26 屆亞洲物理奧林匹亞競賽
及第 56 屆國際物理奧林匹亞競賽
國家代表隊初選考試參考解答

壹、選擇填充混合題(每格 4 分，共 30 格，合計 120 分)

一、

參考解答：(1) (B)

二、

參考解答：(2) (B)

三、

參考解答：(3) 150

四、

參考解答：(4) (C)

五、

參考解答：(5) (B)

六、

參考解答：(6) $\frac{\sqrt{2}mv}{k}$

七、

參考解答：(7) 4 m

八、

參考解答：(8) (D)

九、

參考解答：(9) $\frac{M+m}{k_1+k_2}g$, (10) $\left(\frac{k_2}{k_1+k_2}\right)L - \left(\frac{m}{2M}\right)\left(\frac{k_1-k_2}{k_1+k_2}\right)L$

十、

参考解答：(11) (C)

十一、

参考解答：(12) $-S \sin \theta$

十二、

参考解答：(13) $\frac{3}{L}$, (14) $\frac{7m}{7m + 4M}$

十三、

参考解答：(15) $\frac{\theta}{2}$, (16) $\frac{\theta}{2}$

十四、

参考解答：(17) $2 : \sqrt{6} : \sqrt{6}$

十五、

参考解答：(18) $\sqrt{\frac{2\rho_0 H}{\alpha}}$, (19) $\pi \sqrt{\frac{\rho_0}{\alpha g}}$

十六

参考解答：(20) $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

十七

参考解答：(21) $\frac{1}{3} \rho f(v) v^2 dv$

十八、

参考解答：(22) $(1, H)$ 或 $(1, \frac{\dot{a}}{a})$

十九、

参考解答：(23) $\frac{1}{L} \sqrt{4v^2 + 6gL}$, (24) $\frac{g\pi^2 L^2}{8v^2 + 12gL}$

二十、

参考解答：(25) (C)

二十一、

参考解答：(26) $\frac{M_1 m_1 (M_2 + m_2) D_1^2}{M_2 m_2 (M_1 + m_1) D_2^2}$ 或 $\left(\frac{M_2 + m_2}{M_1 + m_1}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{\frac{3}{2}}$

二十二、

参考解答：(27) $\frac{Gm}{r_H^2} - \frac{GM}{(r - r_H)^2} + \Omega^2(r - r_H) = 0$

二十三、

参考解答：(28) $(LWg/2)(\rho_2 h_2^2 - \rho_1 h_1^2)$, (29) $\frac{\gamma LW}{4} \left(\frac{2\pi n}{L}\right)^2 \epsilon^2$,

(30) $\frac{(\rho_1 - \rho_2)WLg}{4} \epsilon^2$

計算題（每題 15 分，共二題，合計 30 分）

第 1 題評分標準：

小題 總分	未全對時，部分給分內容	得 分	備註
(A) 5 分	寫出正確的張力一般式 $T_A = \frac{Mg l}{12 l_0}$ ，	2	正確才給分
	判斷 AC 與 OA 垂直時張力最大	1	
(B) 5 分	寫出正確的一般式 $R_A = \frac{Mg}{12} \sqrt{\left(\frac{l}{l_0}\right)^2 - 36 \sin^2 \theta}$ ，	2	正確才給分
	判斷 AC 與 O 幾乎平行 R_A 最大，即 $\sin \theta \approx 0$	1	
(C) 5 分	正確寫出恰離開 A 點後，至恰碰觸 B 點時，AB 的張力一般式： $T_{AB} = \frac{Mg}{3} \tan \theta$	1	正確才給分 注意： θ 與 l 可交互使用， $\tan \theta = \frac{l}{\sqrt{36l_0^2 - l^2}}$
	正確寫出正確寫出接觸 B 點後，張力一般式： $T_B = \frac{Mg l}{6 l_0}$	2	正確才給分 注意： θ 與 l 可交互使用， $l^2 = 52l_0^2 - 48l_0^2 \cos \theta$

第 2 題評分標準：

小題 總分	未全對，或不完整時，部分給分內容	得分	備註
(A) 3 分	寫出的 $TV^{\gamma-1}$ 為常數，或 PV^{γ} 為常數	1	正確才給分
(B) 6 分	寫出 A 室正確的內能變化，得 $\Delta U_A = \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right] RT_0 = -0.56RT_0,$	2	註： 用(A)小題之 T_A 即可
	寫出 B 左室正確的內能變化，得 $\Delta U_{Bl} = \frac{9}{4} \left(3^{\frac{2}{3}} - 1 \right) RT_0 = 2.43RT_0,$	2	正確才給分
(C) 6 分	寫出 B 室最後的溫度： $T_f = \left(\frac{3}{2} \times (3)^{2/3} + \frac{1}{2} \right) \times \frac{1}{2} T_0 = 1.81T_0$	3	正確才給分