

2018 年第 19 屆亞洲物理奧林匹亞競賽
及第 49 屆國際物理奧林匹亞競賽
國家代表隊初選考試試題參考解答(暫定)

壹、填充題(每格 4 分，共 30 格，合計 120 分)

一、(1) 27
(2) 0.63

二、(3) 1.6

三、(4) $\frac{R_1 R_3}{R R_2}$

(5) $N_f = \frac{mg}{L}(x + \mu_k h), \quad N_r = \frac{mg}{L}(L - x - \mu_k h)$

四、(6) 16.48
(7) 0.32

五、(8) $PV^{\beta+1} = C_1 C_2 = \text{constant}$

(9) $x_0 = \frac{V_0}{A} [(1 - mg/(P_0 A))^{-1/(\beta+1)} - 1] = \frac{V_0}{A} [(1 - mg/P_0 A)^{-3/5} - 1]$

(10) $T = 2\pi \sqrt{\frac{3mV_0}{5A^2 P_0}}$

六、(11) $\{(\sqrt{2} - 1)M/m + \sqrt{2}\}v_0$

(12) 23

七、(13) 3.80×10^5

(14) 289

八、(15) $5g/14$

(16) $\sqrt{g(5h/14 + 2H)}$

九、(17) $P_0 + (W_1 + W_2)/(A_1 - A_2)$

(18) 333.3K

十、(19) $3 \times 10^{14} \text{kg/m}^3$

(20) $-2.2 \times 10^{-21} \text{rad/s}^2$

十一、(21) $-\frac{3GM^2}{5R}$

(22) $(GMm)/5k_B R$

十二、(23) $5mg$

十三、(24) $2\pi \sqrt{\frac{3(m+\frac{M}{9})}{8k}}$

十四、(25) $(L-b)/2$

十五、(26) $h/2R_2$

(27) $\gamma_1(1/R_1 - 1/R_2)$

十六、(28) $\rho \alpha u^2$

(29) $\frac{1}{2} \leq r < 1$

十七、(30) $1.65 dga^4$

計算題（每題 15 分，共二題，合計 30 分）

第 1 題評分標準：

小題	內容	得分
(A) 4 分	列出 $a^2 = b^2 + c^2$,	1
	算出 $c = 6.0 \times 10^{11}$ m ,	1
	列出離心率 $e = c/a = 0.8$	1
	算出 $e = 0.8$.	1
(B) 3 分	列出克卜勒第三定律： $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$	1
	算出 $x = \frac{4\pi^2 a^3}{Gm T^2} = \frac{4\pi^2}{6.67 \times 10^{-11}} \times \frac{(7.5 \times 10^{11})^3}{(300 \times 24 \times 60 \times 60)^2}$ $= 3.7 \times 10^8$	2
(C) 4 分	列出系統的角動量 $L = \frac{2m}{T} \pi ab$	2
	算出 $L =$ $\frac{2 \times 1 \times 10^{24}}{300 \times 24 \times 60 \times 60} \times \pi \times 7.5 \times 10^{11} \times 4.5$ $\times 10^{11} = 8.2 \times 10^{40} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	2
(C) 4 分	由角動量守恆求得 C 點的速率： $V_C = \frac{8.2 \times 10^{40}}{1 \times 10^{24} \times 1.35 \times 10^{12}} \cong 6.1 \times 10^4 \text{ m/s}$	1
	求得 B 點到恆星的距離為 $d = 7.5 \times 10^{11}$ 公尺	1
	列出由角動量守恆 $L = m \times 7.5 \times 10^{11} \times V_B \times \frac{3}{5}$,	1
	得出 $V_B = \frac{8.2 \times 10^{40}}{1 \times 10^{24} \times 7.5 \times 10^{11} \times \frac{3}{5}} \cong 1.8 \times 10^5 \text{ m/s}$	1

第 2 題評分標準：

小題	內容	得分
(A)部分 (1)2 分	等溫氦氣滿足理想氣體定律 $PV/T_0 =$ 定值，即 $\gamma_1 = 1$	1
	絕熱氦氣滿足 $PV^{\gamma_2} =$ 定值。 $\gamma_2 = 5/3$ 。	1
(A)部分 (2)3 分	由 $PV^\gamma =$ 定值，得出 $\{P_0 + (w_0 + w_s)/A\}(h_f A)^\gamma$ $= (P_0 + w_0/A)(h_0 A)^\gamma$	1
	汽缸甲 $\gamma_1 = 1$ ，得： $\frac{h_1}{h_0} = \frac{P_0 + w_0/A}{P_0 + (w_0 + w_s)/A}$	1
	汽缸乙 $\gamma_2 = 5/3$ ，得出： $\frac{h_2}{h_0} = \left\{ \frac{P_0 + w_0/A}{P_0 + (w_0 + w_s)/A} \right\}^{3/5}$	1
(B)部分 (3)4 分	甲汽缸中，氦氣的最終溫度 T_1 與最初溫度 T_0 相同， $\Delta U_1 = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}\Delta(PV) = 0$ 。	2
	乙汽缸中，氦氣的最終與最初壓力分別為 $(P_0 + \frac{w_0 + w_s}{A})$ 與 $(P_0 + \frac{w_0}{A})$ ，最終與最初體積 分別為 $(H_2 A)$ 與 $(h_0 A)$ 。 $\Delta U_2 = \frac{3}{2}\Delta(PV)$ $= \frac{3}{2}[(P_0 + \frac{w_0 + w_s}{A})H_2 - (P_0 + \frac{w_0}{A})h_0]A$	2
(B)部分 (4)6 分	甲汽缸內的氦氣，其最初溫度與壓力，以 及最終溫度與壓力，均與小題(2)相同， $\gamma = \gamma_1 = 1$ 。 $\frac{H_1}{h_0} = \frac{1}{1 + w_s/(P_0 A + w_0)}$	2
	整個過程為絕熱，轉移的熱量 $\Delta Q = 0$ ，故 由熱力學第一定律可知能量必須守恆， $\Delta U_2 + (w_0 + w_s)(h_0 - H_2) = W_2 =$ $(P_0 A)(h_0 - H_2)$	2
	將(5)式的結果代入上式，化簡可得 $\frac{H_2}{h_0} =$ $\frac{P_0 + w_0/A + 2w_s/(5A)}{P_0 + (w_0 + w_s)/A}$	2