

108年公務、關務人員升官等考試、108年交通  
事業郵政、公路、港務人員升資考試試題

等 級：簡任  
類科(別)：物理  
科 目：熱物理研究  
考試時間：2 小時

座號：\_\_\_\_\_

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、U (內能)、H (熱焓)、F (漢姆赫茲函數 (Helmholtz function))、G (吉布士函數 (Gibbs function)) 是熱力學性質，可視為熱力學位勢 (thermodynamic potential)。可用於推導得到稱為馬克斯威爾關係式 (Maxwell relations) 的一組方程。請由熱力學位勢推導下列馬克斯威爾關係式：(每小題 5 分，共 20 分)

$$(一) \left( \frac{\partial T}{\partial V} \right)_S = - \left( \frac{\partial P}{\partial S} \right)_V$$

$$(二) \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

$$(三) \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = - \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

$$(四) \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_S = \left( \frac{\partial V}{\partial S} \right)_P$$

二、證明  $\left( \frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = -c_v \left( \frac{\partial T}{\partial v} \right)_u$ 。(20 分)

三、(一)計算在正常熔點下冰的熔融曲線的斜率 (單位： $\text{N m}^{-2} \text{K}^{-1}$ )。在此溫度下的熔化熱為  $3.34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$ ，熔化時的比容 (specific volume) 變化為  $-9.05 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ 。(10 分)

(二)冰在一大氣壓和  $-2^\circ\text{C}$  的狀態下等溫壓縮。計算冰開始熔化時的壓力。(10 分)

(三)計算  $-2^\circ\text{C}$  下冰的  $(\partial P/\partial T)_V$ 。 $(-2^\circ\text{C}$  下的膨脹率  $\beta = 15.7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  和等溫壓縮率  $\kappa = 120 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ N}^{-1}$ ) (5 分)

(四)將  $-2^\circ\text{C}$  和一大氣壓下的冰保持在恆定體積的容器中，然後逐漸升高溫度。計算冰開始熔化的溫度和壓力。假設熔融曲線與在恆定體積下之壓力隨溫度的變化都是線性的。(15 分)

四、請利用圖和文字證明：沒有任一熱機的熱效率高於卡諾熱機的熱效率。(20 分)