

114年公務、關務人員升官等考試、114年  
交通事業郵政、港務人員升資考試試題

等 級：薦任  
類科(別)：天文  
科 目：宇宙學  
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、(本特利佯謬)在牛頓提出萬有引力理論後，劍橋大學三一學院院長 Richard Bentley 便於 1692 年提出了對牛頓宇宙觀中「靜態宇宙不穩定」的質疑，也就是後來所稱的 Bentley's Paradox。

(一)請描述 Bentley's Paradox 的內容。(10 分)

(二)請問現代宇宙論如何看待或回答這個問題？(5 分)

二、Albert Einstein 於 1917 年引進了宇宙學常數  $\Lambda$ ，而將場方程式改寫為

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

根據廣義相對論與宇宙學原理 (cosmological principle)，Alexander Friedmann 於 1922 年得到 Friedmann 方程：

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\Lambda c^2}{3}$$
$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}\left(\rho + \frac{3p}{c^2}\right) + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

(一)請說明何謂宇宙學原理？(10 分)

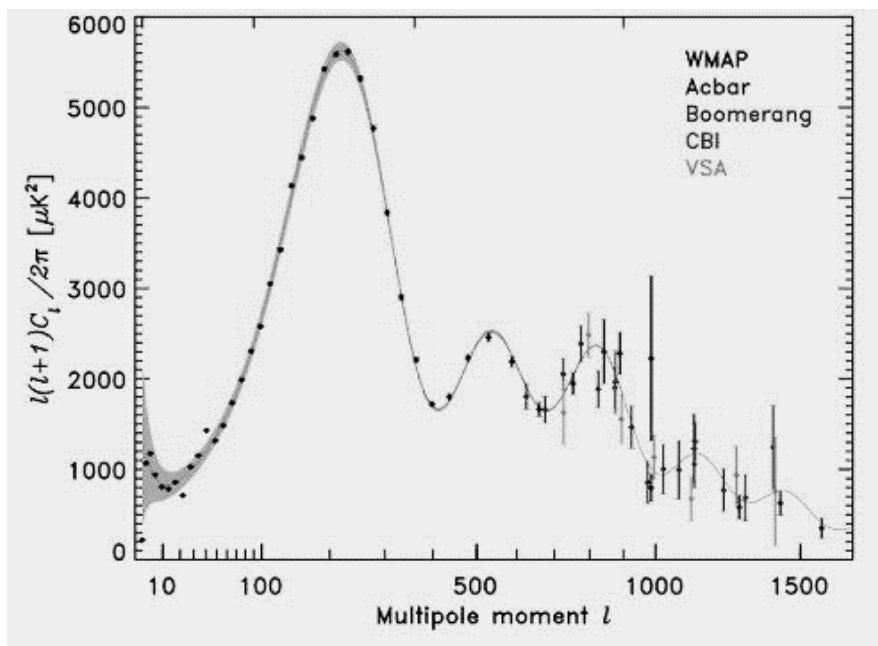
(二)在不考慮宇宙學常數時，如何定義宇宙的臨界密度？(5 分)

(三)已知重力常數  $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg/s}^2$ ，若哈伯常數  $H_0 \approx 70 \text{ km/s/Mpc}$ ，則臨界密度約為多少？(5 分)

(四)請解釋為何可以將  $\Lambda$  視為真空斥力或暗能量？(10 分)

三、宇宙微波背景的異向性能譜（power spectrum of the CMB anisotropy）可以算是現代宇宙學中最重要觀測證據，下圖為藉由幾個不同實驗的觀測結果所得到的能譜。

- (一)請說明何謂宇宙微波背景的異向性（CMB anisotropy）？（10 分）
- (二)這個能譜（power spectrum）如何描述宇宙微波背景的異向性？（5 分）
- (三)能譜中很明顯的可以看到在  $\ell \approx 200$  有一個峰值。請說明它對應的異向性為何？（5 分）以及它在宇宙學上的物理意義？（5 分）



四、（多重宇宙與人擇原理）有幾位天文學家都曾提出一個概念：「我們觀察到宇宙呈現今日之樣貌，是因為若非如此，我們便無法存在以觀測它。」請分析下列幾個可能性：（每小題 10 分，共 30 分）

- (一)現代宇宙學的觀測認為宇宙的年齡約 138 億年。若宇宙年齡小一個數量級，為什麼生命存在的可能性不大？如果大一個數量級呢？
- (二)現代宇宙學的觀測認為宇宙的平均密度接近所謂的臨界密度。若這個密度小一個數量級，宇宙的狀態會是如何？如果大一個數量級呢？
- (三)假設在平行宇宙當中，弱交互作用與強交互作用的強度與我們的宇宙有所不同，對那樣的宇宙又會分別有什麼影響？