

等 別：三等考試

類 科：天文

科 目：天文學

考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(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、(一)我們偶爾會聽到要閏秒，主要因為地球自轉越來越慢之緣故，請問造成地球越轉越慢最主要的原因為何？(10分)
- (二)而上述之機制會同時造成月球離地球越來越遠，請問原因為何？(10分)
- 二、(一)主序星的能量來源為氫核融合反應，要使氫核融合發生，必須將二個質子拉近到距離約 10^{-13} 公分，使核力產生作用，這必須要讓質子有足夠的動能才能突破質子之間的「庫倫障蔽 (Coulomb barrier)」，如果質子的動能是由熱運動而來 (稱之熱核融合)，依古典物理估計，溫度須達到約 10^{10} 度 K 才能完成，但事實上主序星核心的溫度僅約 10^7 度 K 左右，請問為何在如此「低溫」下，主序星仍能有足夠的氫核融合反應率維持其持續輻射？(10分)
- (二)主序星星內的氫核融合反應主要分成二種，一為質子-質子鏈 (proton-proton chain)，一為碳氮氧循環 (CNO cycle)，而碳氮氧循環要在大質量恆星中才比較重要，請問原因為何？(5分)
- (三)在大質量恆星演化時，許多較高原子序的元素會不斷經由複雜的核融合產生，但當鐵 ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ 產生後，卻無法藉由熱核融合反應使 ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ 變成更高原子序的核種，請問原因為何？(5分)
- (四)事實上我們地球上仍有發現少量比鐵更重的元素 (稱之超鐵元素，如金、鈾等)，請問這些元素又是如何產生的？請描述其過程。(10分)

- 三、(一)小質量恆星死亡後，最後可能留下一顆白矮星，白矮星是表面溫度非常高，發光功率卻很低的星，然而白矮星既然是一顆已死亡恆星，恆星內部已無核融合反應，請問其為何能持續發光？(5分)
- (二)由亮度與表面溫度推估，白矮星非常小，大約與地球差不多，但其質量約與太陽相當，在如此高的密度下，表面重力場非常強，就算白矮星溫度高，也無法以其熱壓力平衡重力，而天文學家發現是「電子簡併壓」平衡了白矮星的重力，請問何謂「電子簡併壓」？它又是如何產生強大的壓力來平衡白矮星的重力？(15分)
- (三)依上述機制，天文學家可以計算出白矮星的質量與半徑關係，並發現白矮星的質量有上限。因此在大質量恆星死亡後，留下的緻密天體不是白矮星，而可能是中子星，中子星半徑比白矮星更小，約十公里左右，但質量通常比白矮星還大，而天文學家認為僅用「中子簡併壓」恐怕無法解釋中子星重力平衡問題，以致於中子星的質量與半徑關係至今仍是天文學上未解難題之一，請問原因為何？(5分)
- 四、2019年天文學的一件大事就是公布了人類第一次拍到了在 M87 的黑洞剪影，事實上，天文學家基本上已早知我們的宇宙存在著黑洞，依質量分類，可分為恆星級黑洞，其質量約為數倍之太陽質量，與超大質量黑洞，其質量約為太陽質量的數百萬倍至百億倍。
- (一)孤立的黑洞僅能發出極微弱的霍金輻射，以人類目前觀測能力尚無法觀測這種輻射，請問天文學家大多是利用觀測那一種天文物理的現象去研究黑洞？而又是主要觀測那些天體分別去研究上述二種黑洞？(10分)
- (二)關於銀河系外的超大質量黑洞，除 M87 目前可用直接顯影的方式觀測，請問天文學家是觀測到那些的現象，進而推論出這些現象是由於存在著超大質量黑洞所造成？(10分)
- (三)天文學家已發現我們銀河系中心有一超大質量黑洞(約 460 萬倍太陽質量)，請問天文學家主要是觀測什麼現象得知其存在？(5分)