

普通天文學 作業五

繳交期限和規則

6/2 11:59 pm上傳電子檔(掃描, 拍照皆可)在NTU cool。

請掃描後交電子檔在NTU cool上, 要標註題號, 手寫筆跡如果太潦草無法辨識給分, 請自行負責。也可使用平板書寫或是用打字方式。請轉換成pdf檔。

*作業可以討論, 也可以上網找資料等等以及與生成式AI互動等等, 但是最後要自己寫, 發現抄襲(抄的人和被抄的人), 本課學期成績不及格。如果有參考某些資料或使用AI, 請註明使用方式和出處。

1. [20分] 計算行星的質量。上課我們討論到, 天文學家可以透過觀測行星周圍衛星的週期和距離來計算行星的質量。現在我們就來做一個簡單的計算。

請根據Kepler第三定律, p 為週期 r 為衛星和行星的平均距離, G 是重力常數, M 是行星的質量。

$$p^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$$

- 現在假設我們觀測能看到木星的衛星Io, 發現繞木星的週期為1.77天, 跟木星之間的平均距離為421700 km, 請根據這兩個數值, 計算出木星的質量 (請表示 公克 g)。<[注意單位]
- 但是太陽系中, 水星和金星是沒有衛星的, 請上網查資料並描述實際天文學家如何測量水星和金星質量。<[請記得附上資料來源]

2. [20分] 上課我們討論到, 分子的冷卻機制是恆星形成的一個重要機制, 其中分子CO & H₂O有顯著的貢獻(<https://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/1995ApJS..100..132N>), 請回答以下關於恆星形成的問題:

- 請問宇宙最初的恆星(First stars)正在形成時, 其分子雲的冷卻速率 跟 銀河系分子雲的冷卻速率, 會相同嗎? 為什麼?
- 如果不同了話, 請問這會怎麼影響分子雲的溫度? 請問宇宙最初的分子雲溫度和銀河系分子雲溫度, 那個會比較高?
- 如果分子雲的溫度不同, 這會直接影響到那個我們上課講到恆星形成時, 很重要的一個物理概念?
- 根據以上的物理推論, 請問宇宙最初的恆星的質量 和 銀河系裏面形成的恆星質量, 那個可能比較大? 為什麼?

3. [20分] 課上我們有討論到 Jeans mass, 我們知道Jeans mass是代表的是重力和熱壓力的邊界值, 當系統質量大於Jeans mass重力就會大於熱壓力。我們現在來推導一下

$$M_{Jeans} \propto \left(\frac{T^3}{n} \right)^{1/2}$$

- a. 首先我們可以以能量的角度來看這件事情，假設一個球對稱密度均勻的氣團 半徑為 r

質量為 M ，它的系統重力能量(絕對值)為 $|E_{gr}| \simeq \frac{GM^2}{r}$ ，當該系統如果因重力壓縮，請寫出 $|dE_{gr}| = ?dr$ 。

- b. 當氣體被壓縮，體積也會有所改變， $dV = 4\pi r^2 dr$ ，那相對應的熱能也會改變 $dE_{th} = PdV = nkTdV$ ，最後當 $|dE_{gr}| = dE_{th}$ ，即可推出上面的Jeans Mass的關係式，請將推導完整的寫出來。

4. [20分] 請看此關於New Horizons and Pluto的介紹，

▶ What did NASA's New Horizons discover around Pluto? [只要看到11:57就好，後面是業配]，並回答以下問題：

- 假設你站在Pluto上面看他的衛星 Charon, Charon會旋轉嗎？
- 根據影片Pluto的表面有百分之98, 是由什麼組成？
- Pluto表面是有很多像山的結構，請問那些結構是由什麼組成？
- Pluto有大氣層嗎？

5. [20分] 黑洞本身發出光嗎？根據量子力學，黑洞本身能發出一種叫Hawking radiation的光。請查資料了解Hawking radiation和相對應的公式並回答以下問題 [請附參考資料]：

- 請描述Hawking radiation產生的物理機制(100字以內)[並請設想你講給Hawking radiation的朋友聽]
- 請計算一個質量為 10^9 太陽質量的黑洞，它Hawking radiation相對應的溫度為何？
- 請計算一個質量為 10^9 太陽質量的黑洞，它的Hawking radiation光度為何？請以太陽光度當單位。
- 根據你的計算，你覺得我們能偵測到Hawking radiation嗎？為什麼？