

### 普通天文學 作業三

#### 繳交期限和規則

**4/28 11:59pm**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. [50分] (探索多波段天文星系資料) 我們來稍微探索一下實際的天文觀測資料, 用合併星系 NGC 4676當作例子,

- 在你的網頁視窗輸入<https://www.legacysurvey.org/viewer>, 你會看到一個巡天計畫 DESI Legacy Imaging Surveys 的影像, 請在左下角 Jump to object 的欄位中輸入 NGC 4676, 請問你看到是的兩個星系正在合併嗎? 請將你視窗中看到的影像截圖貼在以下。
- 當你的游標移到兩個星系中, 位於畫面下方的那個星系的中心時, 請看畫面左上角, 有RA, DEC標示, 請問該星系的RA和DEC為何?
- 請閱讀此網站 <https://voyages.sdss.org/preflight/locating-objects/ra-dec/>, 理解後請用兩句總結RA和DEC是什麼?
- 好, 我們現在回到剛剛NGC 4676的影像。右邊有一個可以選擇的介面, 請先點選 spectroscopy, 之後接著點裡面的SDSS spectra。畫面中, 有SDSS光譜資料的星系或天體會被圈起來, 點擊那兩個星系, 會開啟SDSS的星系光譜和相關資料。其中z代表紅移的意思, 請問兩個星系的相對速度約為?
- 請觀察兩個星系中位於畫面上方的星系光譜, 該光譜紅光比藍光多, 請問是什麼東西造成的? 從影像中你能找到其他支持你理由的證據嗎?
- 那我們再回到剛剛的影像, 右邊的介面上面有Images的部分, 有一個選項是unWISE, 請點選該選項, 你會看到一個比較糊的影像, 請猜猜看為什麼unWISE的影像比較糊? [請用你現在學會的知識猜] 並請寫出理由。
- 接著請去查Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE, unWISE的影像是WISE觀測計畫取得的) 的觀測設計, 請問WISE的觀測波長為何? 當你更了解這個觀測後, 請問你現在知道畫面比較糊的原因嗎? 請問原因為何?
- 我們現在不看合併星系了, 現在看星系團, 請到 <https://www.legacysurvey.org/dr8/gallery/> 這個頁面分享大尺度結構中, 很大質量的星系團, 其暗物質的質量能高達 $10^{15}$  太陽質量, 請觀察這些星系團中星系的觀測性質, 請問你有發現這些星系有什麼共同的性質嗎? [跟星系顏色有關]
- 請猜想是什麼情況, 讓星系有這個共同的性質?

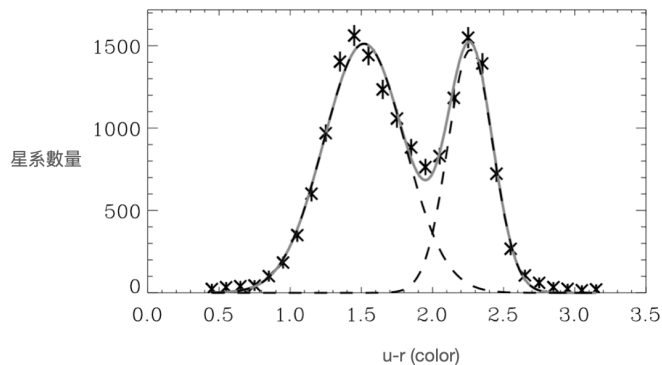
2. [20分] 關於星系形成與演化, 請看這個演講[演講到50分左右]

📺 Understanding the Formation and Evolution of Galaxies - Cameron Hummels - 12/14/2...

並回答以下問題:

- 請問Andromeda galaxy and Milky Way 未來會怎麼樣?
- 請問這個演講中, 有什麼是你已經知道的?
- 請問這個演講中, 有什麼是你還是不清楚的?
- 請分享你看完這個演講的心得。[字數不限]

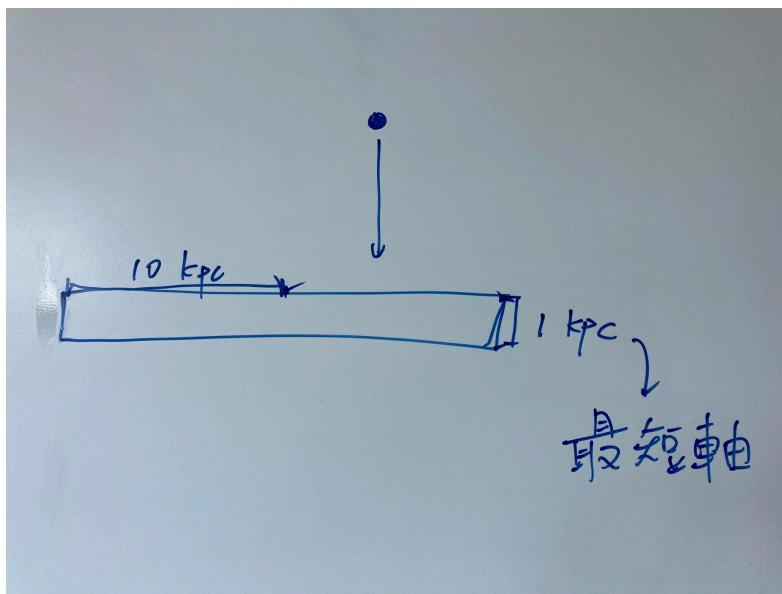
3. [10分] 當我們看天空上的星系，並去看星系顏色的分佈會大約得到以下的分佈 [from Baldry et al. 2004], 左邊是藍色星系，右邊是紅色星系。有趣的是這個分佈中間有一個類似山谷的地方( $u-r \sim 2$ )，請問如果我們現在假設紅色的星系是由藍色的星系演化而來，請問根據這個顏色分佈，從藍色星系變化成紅色星系過程所需的時間，跟整個星系能存在的年齡相比，因為何種關係 (大於或小於)？請根據這個顏色分佈，請嘗試解釋為什麼？



4. [10分] 一個有趣的問題是，當兩個星系在合併的時候，兩個星系的恆星會不會撞在一起？要回答這個問題，我們可以做一些簡單的計算。

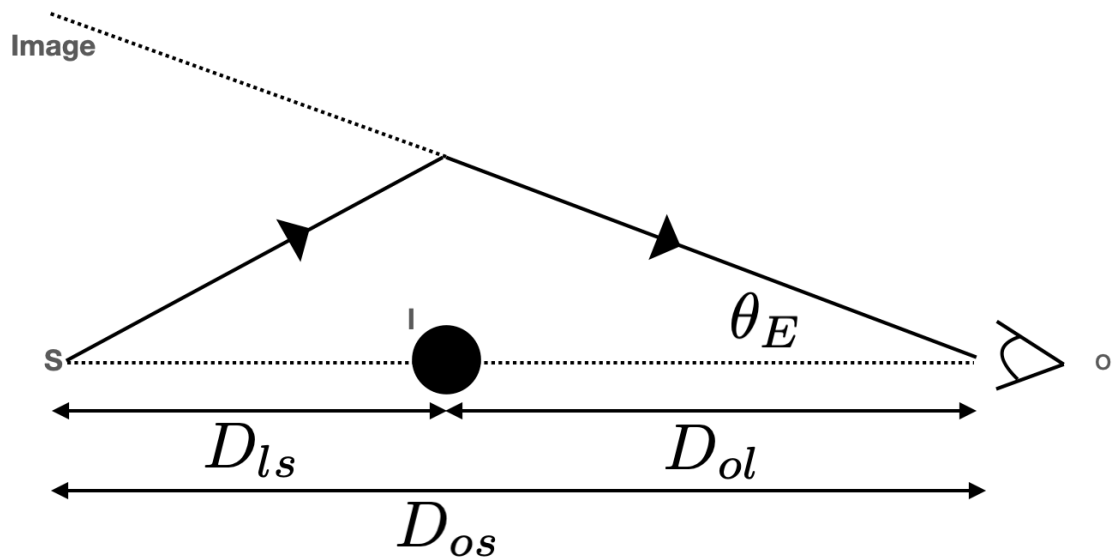
a. 首先我們假設星系中所有的恆星都是太陽質量，大小跟太陽一樣，接著我們可以考慮一個恆星沿著星系最短軸的方向完全穿過像Andromeda galaxy的星系(星系恆星質量為  $10^{11}$  太陽質量，假設恆星分佈如一個盤子，半徑為 10 kpc 厚度約為 1 kpc)會撞到另一個恆星的次數，請算出該次數。

b. 那我們現在考慮，有  $10^{11}$  太陽質量的星系，穿過Andromeda星系，可能會有幾個恆星相撞？



5. [10分] [4/23更新: 之前的公式少了開根號, 並增加新的假設] 我們有辦法和有機會透過強重力透鏡估算銀河系中心黑洞的質量嗎? 以下是根據廣義相對論推出的重力透鏡計算公式, 如果有一個天體s, 剛好與觀測者o, 和中間質量為M的天體l, 視線連成一線。因為重力關係產生強重力透鏡效應, 改變光行進路徑, 在天空投影會產生一環狀天體, 天空角度為 $\theta_E$ 。此角度與l天體質量和各天體距離相關示意圖如下 [G為重力常數、c為光速]。假設銀河系中心黑洞質量為 $4 \times 10^6$ 太陽質量, 地球與銀河系中心距離為8 kpc, 假設銀河系恆星分佈最大半徑為8 kpc, 請問

- 這個 $\theta_E$  最大可為多少 arcsec? [請注意單位和radian -> arcsec的轉換]
- 如果根據現有的儀器是否能解析這個角度? [e.g., Keck + 自適應光學]
- 我們目前沒有看到銀河系中心黑洞對背景恆星所產生的強重力透鏡效應, 請問有可能的原因為何? (請根據所學, 做出推論)



$$\theta_E = \left( \frac{4GM}{c^2} \frac{D_{ls}}{D_{ol}D_{os}} \right)^{1/2} [\text{radian}]$$