

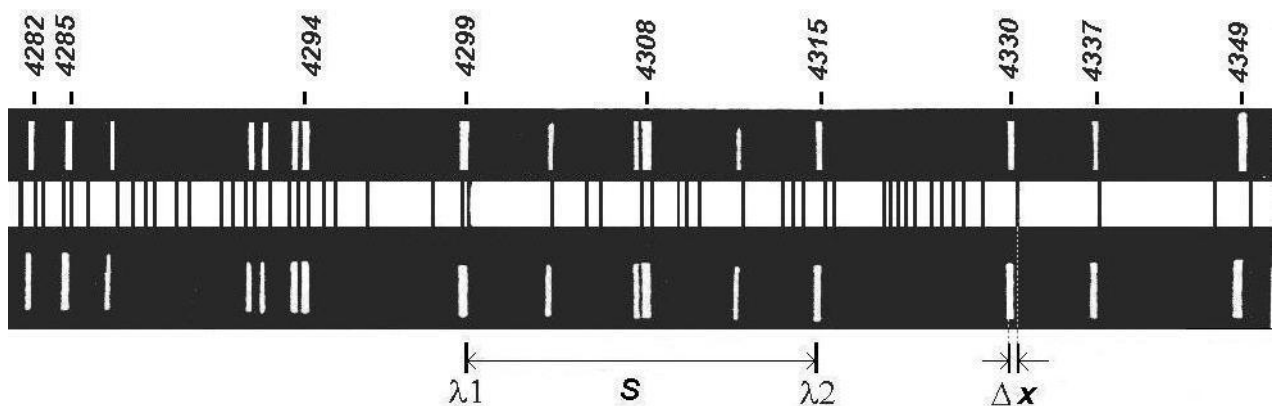
1. На малюнку подано зображення спектрограми зорі Арктур (в центрі) та лабораторні спектри порівняння заліза (вгорі та внизу). Над ними написано довжини хвиль в ангстремах ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$). Спектрограму було одержано 1 липня.

Укажіть напрям променевої швидкості зорі відносно Землі в указану дату.

Визначте дисперсію даної спектрограми, т.т. число ангстремів, що укладаються в 1 мм в масштабі спектрограми.

Виміряйте, скориставшись лупою (з точністю до 0,5 мм на око), зсув центра вибраної лінії у спектрі зорі відносно центра тих самих ліній порівняння. Помноживши розміри зсуву на дисперсію, визначте різницю зоряної та лабораторної довжин хвиль (доплерівське зміщення). Визначте спостережувану довжину хвилі, додавши до лабораторної довжини значення доплерівського зміщення.

Скориставшись принципом Доплера, обчисліть променеву швидкість зорі відносно Землі. Використайте ще декілька ліній і за кінцевий результат візьміть середнє значення з одержаних швидкостей.



Розв'язання

1. Лінії зоряного спектра, які тотожні лініям у спектрі порівняння, зміщені в червоний бік. Отже, зоря Арктур 1 липня віддалялася від земного спостерігача.
2. Виберемо в спектрограмі ототоженні лінії: $\lambda_1 = 4315 \text{ \AA}$, $\lambda_2 = 4299 \text{ \AA}$.
Виміряємо міліметровою лінійкою відстань між ними: $s = 47 \text{ мм}$.

$$\text{Дисперсія спектрограми дорівнюватиме: } n = \frac{(\lambda_1 - \lambda_2)}{s} = \frac{(4315 - 4299)}{47} = \frac{16}{52} = 0,34 \text{ \AA/мм.}$$

3. Виміряємо відстань між положеннями лінії з довжиною хвилі $\lambda_1 = 4330 \text{ \AA}$ у спектрі порівняння й зорі. Вона виявляється рівною: $\Delta x = 1 \text{ мм}$. Обчислюємо доплерівське зміщення цієї лінії: $\Delta \lambda = \Delta x \cdot n = 0,34 \cdot 1 = 0,34 \text{ \AA}$.

4. Знаходимо променеву швидкість зорі Арктур відносно Землі 1 липня:

$$v = \left(\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \right) \cdot c = \left(\frac{0,34}{4330} \right) \cdot 300000 = 23,56 \text{ км/с.}$$

2. На малюнках спектрів далеких галактик показані величезні зміщення ліній поглинання H і K іонізованого кальцію по відношенню до яскравих ліній парів заліза в спектрі земного джерела. Довжини хвиль надписані біля ліній. Довжина хвилі ліній H і K в земних умовах відповідно рівна 3968 і 3934 А.

Оцініть дисперсію спектра.



Визначте довжину хвилі зміщених ліній Н і К.
 Обчисліть променевою швидкість галактики.
 Оцініть відстань до галактики.

Розв'язання

- Візьмемо дві ототожені лінії в лабораторному спектрі порівняння, яким відповідають довжини хвиль $\lambda_1 = 4337$ і $\lambda_2 = 4405$ А.
 Виміряємо відстань між ними: $s = 3$ мм.
 Тоді дисперсія дорівнюватиме:

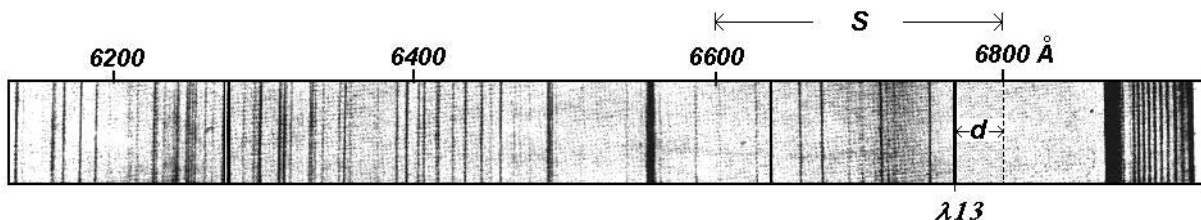
$$n = (\lambda_2 - \lambda_1)/s = (4405 - 4337)/3 = 22,3 \text{ А/мм}$$
- Виміряємо відстань між лінією $\lambda_1 = 4337$ у спектрі порівняння і лінією К у спектрі галактики:
 $s = 2$ мм.
 Спостережувана довжина лінії К у спектрі галактики буде рівною:
 $\lambda_n = \lambda_1 + n \cdot s = 4337 + 22,3 \cdot 2 = 4382 \text{ А.}$
 Тепер можна обчислити доплерівське зміщення лінії К:
 $\Delta\lambda = \lambda_k - \lambda_{ok} = 4382 - 3934 = 448 \text{ А.}$
- Променева швидкість галактики:

$$v = \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_{ok}} \right) \cdot c = \left(\frac{448}{3934} \right) \cdot 300000 = 342000 \text{ км/с.}$$

 Відстань до галактики:

$$r = \frac{v}{H} = \frac{34200}{75} = 456 \text{ Мпк}$$

3. Користуючись спектрограмою Сонця та таблицею спектральних ліній, визначте елемент сонячної атмосфери, який створює умовно позначену лінію λ_{13} .



Розв'язання

- Знаходимо дисперсію n даної спектрограми на проміжку, якому належить дана лінія, т.т. від 6600 до 6800 А. Для цього слід різницю довжин хвиль, що відповідають краям проміжку, поділити на безпосередньо виміряну відстань між цими лініями. Вона рівна $s = 38$ мм.

$$n = (6800 - 6600)/38 = 5,26 \text{ А/мм.}$$
- Лінія λ_{13} розташована від ототожненої лінії, що відповідає довжині хвилі 6800 А, в бік фіолетової частини спектра на відстані $d = 6,5$ мм. Обчислюємо її довжину:

$$\lambda_{13} = 6800 - n \cdot s = 6800 - 5,26 \cdot 6,5 = 6765,8 \text{ А.}$$
- В таблиці спектральних ліній (Додаток 3) найближче до отриманого значення довжини хвилі належить нікелю: $\lambda_{Ni} = 6767,8$ А. Враховуючи неточність наших вимірювань, можна зробити висновок, що лінію обчисленої довжини хвилі утворює нікель (Ni).