

## Фотоелектрична фотометрія Плеяд

### Мета

Провести фотометричні визначення відносних видимих та абсолютних величин зірок для отримання відстані до зоряного скупчення на прикладі Плеяд.

### Завдання

Використовуючи модельний фотометр, виміряти видимі UBV величин зірок у розсіяному скупченні Плеяди. Побудувати діаграму спектр-світність та порівняти її зі стандартною з метою знаходження зв'язку між видимою та абсолютною величинами.

Визначити відстань до зоряного скупчення

### Вступ

Комп'ютерна програма, яку ви будете використовувати, є досить реалістичною моделлю UBV фотометра, приєднаного до телескопа середніх розмірів. Телескоп керується комп'ютером, що дозволяє вам переходити від зірки до зірки та робити вимірювання. Для проведення окремого спостереження можна вибрати різні UBV фільтри та підібрати час експозиції. Комп'ютер також виконує більшу частину роботи, необхідної для переведення відліку кількості зібраних фотонів у видиму зоряну величину та для оцінки якості отриманих значень.

Ви повинні використати цей інструмент для спостереження 24 зірок в Плеядах. Для кожної зірки треба виміряти видимі зоряні величини у всіх трьох кольорах. *Ми покладемо, що всі ці зірки знаходяться приблизно на одній віддалі від нас.* Це припущення необхідне, однак, воно також і майже очевидне, бо всі ці зірки є членами одного зоряного скупчення, розміри якого набагато менші, ніж відстань до нього.

Виконавши спостереження, ми отримаємо інформацію, за якою необхідно побудувати діаграму Герцшпрунга-Рессела, тобто залежність видимої зоряної величини членів скупчення від їх показника кольору B-V. Будуючи діаграму, відкладіть значення B-V по осі абсцис, а видиму зоряну величину по осі ординат. Не забувайте, що слабші зірки мають більше значення зоряної величини. Яскраві зірки мають малі і навіть від'ємні значення зоряної величини. Для вашої діаграми можна порекомендувати межі від -0.4 до +1.8 по осі абсцис і від 0 (зверху) до +25 (знизу) по осі ординат.

Діаграма повинна бути найбільшого можливого розміру, наприклад займати цілий аркуш формату A4, оскільки на малих за розміром "експериментальних" діаграмах дуже важко робити точні відмітки.

Далі ви повинні побудувати інший графік, з розташованими аналогічно осями, але на листі чистої кальки. На цю другу діаграму ви повинні нанести групу зірок головної послідовності з відомими абсолютними величинами. Далі накладаємо два малюнки і пробуємо їх змістити по вертикалі до найкращого суміщення. Це дозволить зв'язати між собою видимі величини зірок скупчення ( $m$ ) з абсолютними величинами стандартних зірок головної послідовності ( $M$ ).

Знання абсолютної та видимої зоряної величини дозволять вам знайти відстань до зірки:

$$\log D = \frac{m - M + 5}{5},$$

тут  $m, M$  - видима та абсолютна зоряні величини відповідно,

$D$  - відстань, виражена у парсеках.

### Методика спостережень

У центрі екрана маємо вікно з зображенням поля нічного неба. Елементи управління та текстові поля розташовані зліва та справа від поля зору.

**Dome** – відкриває та закриває купол башти телескопа. Відкривши купол активізуємо інші елементи управління.

**Tracking** – вмикає та вимикає двигун системи годинникового механізму.

**Slew Rate** – встановлює швидкість тонкої корекції положення телескопа. Можливі значення - 1,2,4,8,16 умовних одиниць швидкості.

**N, S, E, W** - ці кнопки вказують напрямок руху корекції. Телескоп, як правило, можна трохи повернути у довільному напрямку. Рух відбувається у напрямку, на який показує натиснута кнопка, з моменту натиснення кнопки, до її повторного натиснення, або натиснення на іншу. Червоний сигнал збоку від цих кнопок показує напрямок руху телескопа.

**Right ascension** – показує пряме піднесення центра поля зору.

**Declination** – показує схилення центра поля зору.

**Monitor** – перемикач поля зору. Перемикає поле гіда та поле фотометра. У випадку поля гіда червоний квадрат показує поле зору фотометра. Для роботи з фотометром треба перейти у режим **Photometer**. Текстове поле під кнопкою показує розмір поля зору інструмента.

**Set coordinates** – натискаємо цю кнопку коли треба перемістити телескоп у іншу точку неба. Після цього треба набрати нові координати у вікнах **Right ascension** та **Declination** а після натиснути **Ok**.

Управління фотометром здійснюється у вікні фотометра, рис.19 (див.дискету, файл Figs\Pic19.gif).

**Filter** - натиснення на цю кнопку циклічно міняє фільтри: **U** (ультрафіолетовий), **B** (синій), **V** (візуальний).

**Seconds** – дозволяє встановити тривалість накопичення світла фотометром. Це число має бути в межах 0.1 – 10.0 секунд. Чим слабша зірка, тим більше часу потрібно для отримання точного відліку.

**Integrations** – дозволяє встановити число повторів фотометричних вимірювань. Багаторазові вимірювання усереднюються.

**Take reading** – ця кнопка запускає ряд вимірювань, в кількості **Integrations** разів по **Seconds** кожне з фільтром **Filter**. При цьому також, мусить бути відкритим купол, **Monitor** мусить бути в положенні **Photometer**. Але перед початком збору даних ви повинні виконати вимірювання фону нічного неба через усі три фільтри. Якщо ви цього не зробите, то отримаєте повідомлення про помилку і фотометр не запуститься. Будьте уважні.

**Obs UT** – UTC моменту спостереження.

**JD** – юліанська дата **Obs UT**.

**Elapsed** – кількість секунд, які вже пройшли з моменту початку останнього вимірювання.

**Completed** – кількість уже закінчених вимірювань.

**Raw counts** – фотометр моделює систему лічби фотонів. Це число показує кількість зареєстрованих протягом даної експозиції фотонів.

**S/N ratio** - відношення сигнал/шум. Ми вважаємо, що єдина похибка, яка впливає на процес відліку фотонів, є квантовий шум. Величина S/N ratio показує якість результату. Слід добиватися високих значень S/N, наприклад, шляхом збільшення часу одного вимірювання, детальніше про це було в роботі №1.

**Mean sky count/sec** – кількість фонових фотонів, що приходять у фотометр за секунду.

**Magnitude** – видима величина зірки у окремій смузі спектра.

### Спостереження

Обсерваторія працює, купол відчинений. Телескоп можна наводити на довільну зірку неба. Червоний квадрат в центрі - це поле зору фотометра. Маленьке коло в центрі квадрата – так звана фотометрична апертура, тобто шматочок неба, світло від якого проходить у фотометр. Зірку потрібно дуже точно та ретельно розмістити всередині апертури фотометра. В іншому випадку, частина світла зірки може не попадати в діафрагму, та втрачатись, що приведе до заниженні видимої зоряної величини зірки.

Оскільки діафрагма значно більша, ніж зображення зірки і небо не абсолютно чорне, а теж трохи “світиться”, небо, яке попадає в апертуру, додає до зоряних фотонів трохи своїх фотонів, шумових за походженням. Потік цих фотонів враховується відліком фотометра при наведенні діафрагми на фон (небо без зірок). Далі фотометр направляється на зірку і таким чином отримують відлік зорі. Важливо щоб світло неба та світло зірки проходило через той самий фільтр. Тоді справжній відлік фотометра по зорі знаходять віднявши від відліку зорі відлік неба.

**Знайдіть відлік фону неба у всіх трьох фільтрах, інтегруючи його п’ять разів по десять секунд та осереднивши результати. Запишіть отримані відліки по кожному з фільтрів.**

Пряме піднесення та схилення центра діафрагми фотометра показується у верхньому правому куті екрана. Виберіть фільтр (U, B, V) та час накопичення. Для яскравих зірок вибирайте короткі експозиції, для слабких - довші. Час інтегрування задається в секундах.

Ретельно неведіть фотометр на зірку і починайте відлік. Комп’ютер виконає стільки інтегрувань, скільки задано параметром **Integrations**, і покаже середній та останній відлік фотонів у текстовому полі справа внизу. Після інтегрування комп’ютер використовує значення відліку фону неба для відповідного фільтра і обчислює видиму зоряну величину, яку показує у нижньому правому куті вікна спектрометра.

Також відображається відношення сигнал/шум. Велике значення цього параметра вказує на те, що фотонів досить. Ви повинні добиватися значення 100 і більше. Величина S/N прямо пропорційна до квадратного кореня від загальної кількості зібраних фотонів, тому чим більший час інтегрування, тим більше S/N.

У кінці роботи (додаток 6) наведено список зірок, які треба фотометрувати. Знаходьте зірку за її координатами. Розміщуйте зірку у центрі діафрагми і вимірюйте B, V та U величини. Запишіть отримані значення з точністю до 0.001.

Обчисліть показники кольору B-V кожної зірки, запишіть їх. Гарячі голубі зірки мають малі або й від’ємні значення показника кольору. У холодних червоних зірок B-V великий та додатний і навіть більший одиниці.

**Побудуйте на міліметровому папері діаграму Герцшпрунга-Рессела, так як описано у вступі до роботи. Знайдіть головну послідовність. Проведіть через неї лінію, чітко її наведіть. Знайдіть три можливих червоних гіганти та запишіть їх небесні координати.**

**Розгляньте зірку з наближеними координатами  $3^h44^m$  і  $24^o35'$ . По відношенню до головної послідовності вона розташована дещо дивно. До якого типу зірок може вона належати? На чому ґрунтується ваш висновок?**

### **Визначення відстані до скупчення.**

Візьміть чистий листок кальки, розмістіть її поверх вашого графіка, проведіть осі координат так, як вони проведені на графіку. Вісь абсцис нехай буде такою ж, а на осі ординат поставте межі від  $-8$  зверху до  $+17$  внизу. Тепер вісь ординат треба назвати **Абсолютна величина**. Якщо залишити листок кальки поверх графіка, то при нанесенні точок на нього, можна користуватися осями основного графіка.

Тепер нанесемо на кальку дані списку, наведеного у додатку 7. Це так звана стандартна головна послідовність для класу світності V.

Закінчивши нанесення стандартної головної послідовності візьмемо листок кальки і дотримуючись паралельності осей обох графіків зсуємо його по осі ординат так, щоб стандартна головна послідовність на кальці якнайкраще співпала з нанесеною на паперовому графіку головною послідовністю скупчення. Зрозуміло, що на нижньому графіку ця послідовність досить “розмита”, тому шукаємо найкраще співпадіння центральних частин графіків. Допускається, щоб холодні червоні зірки в нижній правій частині нижнього графіка співпадали погано.

Спробуємо в цьому розібратися. Отже, у нас є два графіки, на яких нанесено зірки головної послідовності. Один із них (нижній, на міліметровому папері) виконано у видимих величинах, другий (верхній, на кальковому аркуші) – у абсолютних. Якщо сумістити ці дві послідовності, то кожна (будь-яка) зірка головної послідовності буде представлена на двох графіках, з яких і можна прочитати видиму ( $m$ ) та абсолютну ( $M$ ) зоряні величини для однієї і тієї ж зірки.

Звернемо увагу на те, що як тільки дві головні послідовності зведено, встановлюється чітке співвідношення між видимими величинами, та абсолютними. Тому, в принципі, головні послідовності можна взагалі відкинути, залишивши тільки співвідношення між осями ординат, що дозволяє для будь-якої видимої величини встановити абсолютну.

Тепер можна скористатися формулою, наведеною у вступі для отримання відстані до скупчення.

**Знайдіть відстань до скупчення Плеяди і порівняйте його з даними Г.Джонсона та Р.Мітчел, які знайшли її рівною 410 світлових років.**

**Яка буде видима величина Сонця, якщо розмістити його у скупченні Плеяди.** (Сонце звичайна зірка спектрального класу G2V,  $B-V=+0.62$ ,  $m=+4.62$ ).

**Як впливає міжзоряне поглинання світла на визначення відстані описаним методом?**