

Задача 1 (16 балів).

Ве зоря.

Зорі Ве типу – це зорі, у яких хоча б один раз за історію їх спостережень спостерігалися емісійні лінії в спектрах. Вважається, що емісійні лінії Ве зір зумовлені наявністю декреційного диску, тобто диску, що утворюється з речовини, яка витікає з поверхні зорі. Як правило, розподіл речовини в цих дисках не є однорідним, що призводить до появи двогорбих профілів ліній випромінювання Гідрогену з різною висотою піків. З часом форма та співвідношення висот піків змінюється, у тому числі і за рахунок обертання диску.

Як правило, Ве зорі швидко обертаються. Вважається, що швидкість їх обертання може сягати 0,8-0,9 від критичної швидкості обертання, тобто такої, коли лінійна швидкість обертання зорі на її екваторі дорівнює першій космічній.

Вам пропонується два спектри: спектр Fe-Ar (Ферум-Аргонної) лампи, як спектр порівняння, та спектр Ве зорі RX J0440.9+4431. На обох спектрах по осі X відкладені значення положень пікселів (послідовні номери елементів приймача випромінювання зліва направо), які є однаковими для обох спектрів. На спектрі Ве зорі кожному значенню номеру пікселя відповідає нормоване значення інтенсивності. Нормованим значенням ми вважаємо значення інтенсивності, за якого інтенсивність неперервного спектру приймається за одиницю. Саме нормовані інтенсивності й варто використовувати для розрахунків. Значення інтенсивностей в спектрі порівняння в розрахунках не використовуються.

1) Користуючись лабораторним спектром Fe-Ar лампи та даними з таблиці для лабораторних довжин хвиль ліній

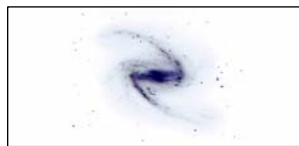
а) з'ясувати вид залежності положення лінії у спектрі порівняння від довжини хвилі;

б) визначити, який діапазон довжин хвиль охоплює дане зображення та кількість ангстрем, яка припадає на 1 піксель;

в) визначити довжину хвилі та інтенсивності центрального мінімуму лінії H_{α} та обох її піків;

г) знайти променеві швидкості обох піків лінії H_{α} та їх різницю Δ_{peaks} (подвоєну лінійну швидкість обертання диску).

2) Вважаючи, що дана зоря обертається зі швидкістю 0,8 від критичної швидкості (тобто першої космічної на екваторі зорі), запишіть формулу та визначте за нею радіус декреційного диску у радіусах зорі. За радіус диску приймаємо радіус, на якому формуються піки інтенсивності лінії H_{α} . Лінійна швидкість на екваторі зорі 240 км/с. Вважати, що диск обертається за законами Кеплера, а не як тверде тіло.



Довжини хвиль ліній в спектрі Fe-Ar (Ферум-Аргонної) лампи в ангстремах
($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$)

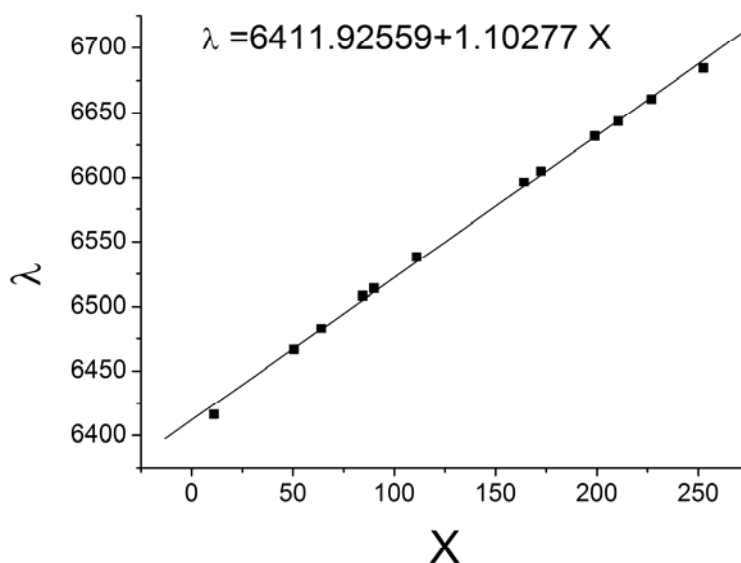
1	6416,307
2	6466,553
3	6483,083
4	6508,172
5	6513,846
6	6538,112
7	6596,114
8	6604,853
9	6632,084
10	6643,698
11	6660,676
12	6684,293

Розв'язок

1)

а) На спектрі порівняння вимірюємо положення декількох ліній від лівого краю рисунку, результати заносимо до таблиці.

№	$\lambda, \text{ \AA}$	$X, \text{ мм}$
1	6416,3	11
2	6466,6	50,5
3	6483,1	64
4	6508,2	84,5
5	6513,8	90
6	6538,1	111
7	6596,1	164
8	6604,9	172,5
9	6632,1	199
10	6643,7	210,5
11	6660,7	227
12	6684,3	252,5

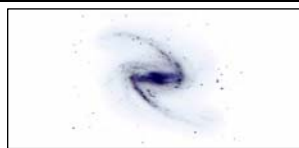


Залежність довжини хвилі від положення лінії у спектрі порівняння зобразимо на графіку, з якого робимо висновок, що зв'язок лінійний.

По точках, які добре лежать на прямій, знаходимо, що на 1 мм припадає 1,1 \AA .

(3 бали)

б) За спектром порівняння з'ясуємо, що 1000 пікселів на спектрі порівняння відповідають 220 мм. Тобто, на 1 піксель приходить 0,24 \AA з урахуванням результату пункту а). Діапазон хвиль, який відповідає спектрам лежить у межах 6412-6715 \AA .



(2 бали)

в) Якщо ми обчислювали залежність довжини хвилі лінії від її положення за допомогою, наприклад, третьої та восьмої лінії, то можемо далі використовувати варіант

$$\lambda = \lambda_3 + 1,1 \cdot (x - x_3) = 6483,083 + 1,1 \cdot (x - 64)$$

де λ – шукана довжина хвилі, x – положення відповідної лінії у спектрі у мм.

Вимірюємо положення піків та центрального мінімуму лінії H_α (130, 132,5, 137 мм, відповідно) від лівого краю рисунку.

За формулою дістаємо довжини хвиль: «синій» пік – 6555,68 Å, «червоний» пік – 6563,38 Å, мінімум – 6561,40 Å.

Вимірюємо на спектрі зорі, яка кількість мм рисунку відповідає одиничній різниці інтенсивностей – 117,5 мм. Вимірюємо перевищення над рівнем неперервного спектру обох піків та центрального мінімуму лінії H_α . (51, 35, 137 мм, відповідно). Тоді отримуємо перевищення над рівнем неперервного спектру «синього» піку – 0,43, «червоного» – 1,17 та центрального мінімуму – 0,30 (в одиницях неперервного спектру)

(4 бали)

г) Вважаючи, що положення піків пов'язані з обертанням диску, та використовуючи формулу ефекту Доплера, обчислюємо променеві швидкості

$$v_r = c \cdot (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$$

де λ_0 – лабораторна довжина хвилі лінії H_α (6562,82 Å), c – швидкість світла (299792,5 км/с). Тоді, $v_{rB} = -326,0$ км/с, $v_{rR} = 25,7$ км/с, лінійна швидкість обертання $v_d = 175,9$ км/с.

(3 бали)

2)

Обчислюємо першу космічну швидкість на екваторі зорі $240/0,8 = 300$ км/с.

Використовуючи формулу колової швидкості на відстанях R_* (радіус зорі) і R_d (радіус диску):

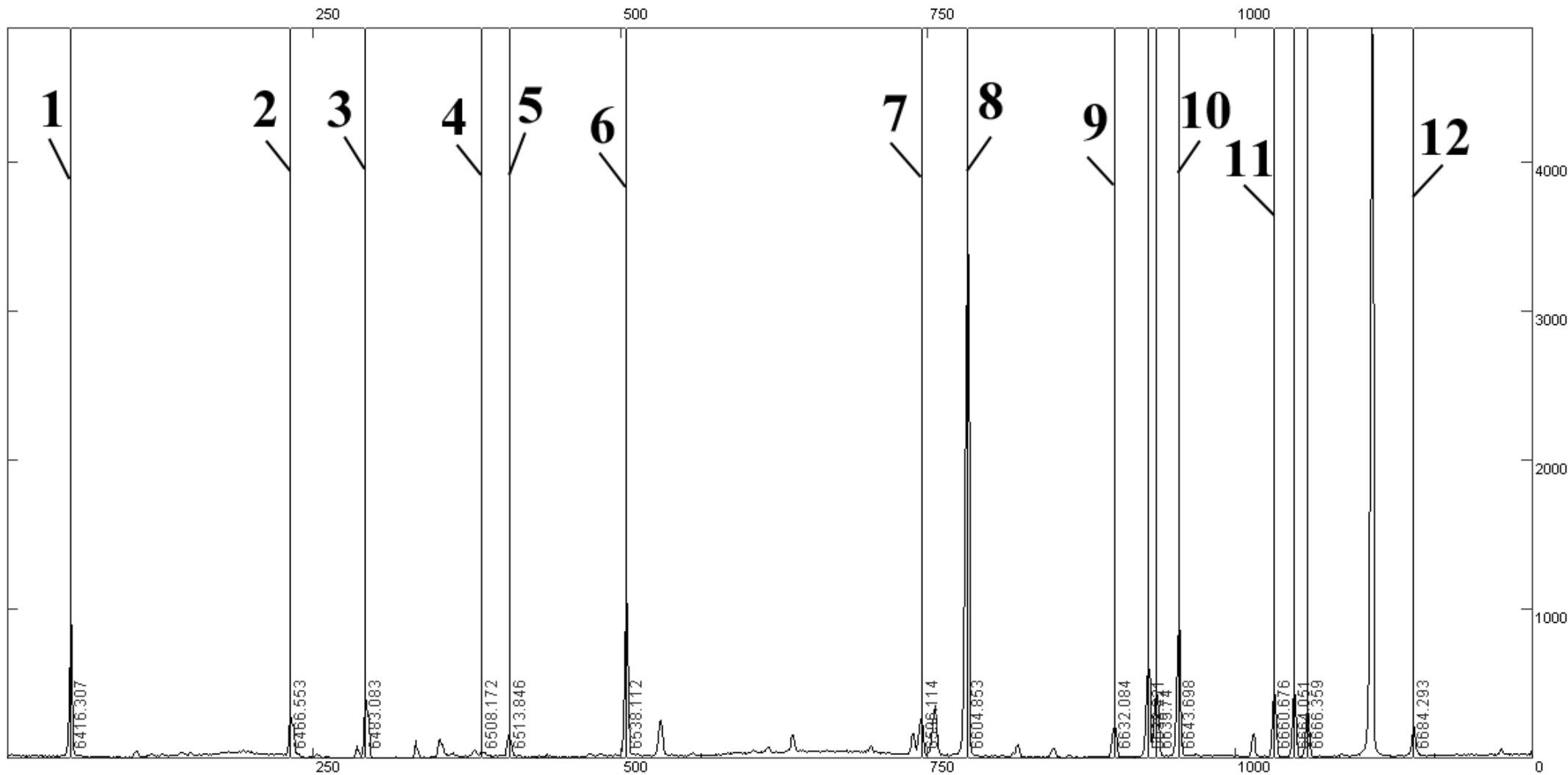
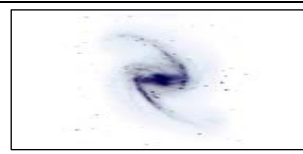
$$v_* = \sqrt{\frac{GM}{R_*}}, v_d = \sqrt{\frac{GM}{R_d}}$$

де G – гравітаційна стала, M – маса зорі, масою диску нехтуємо.

Після елементарних перетворень отримуємо

$$R_d = R_* \left(\frac{v_*}{v_d} \right)^2 = 2,9 R_*$$

(4 бали)

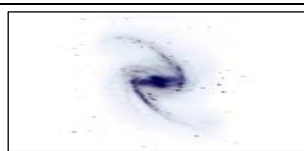


Спектр Fe-Ar (Ферум-Аргонної) лампи. Великими цифрами позначені номери ліній, довжини хвиль яких можна знайти в таблиці.

III Всеукраїнська учнівська олімпіада

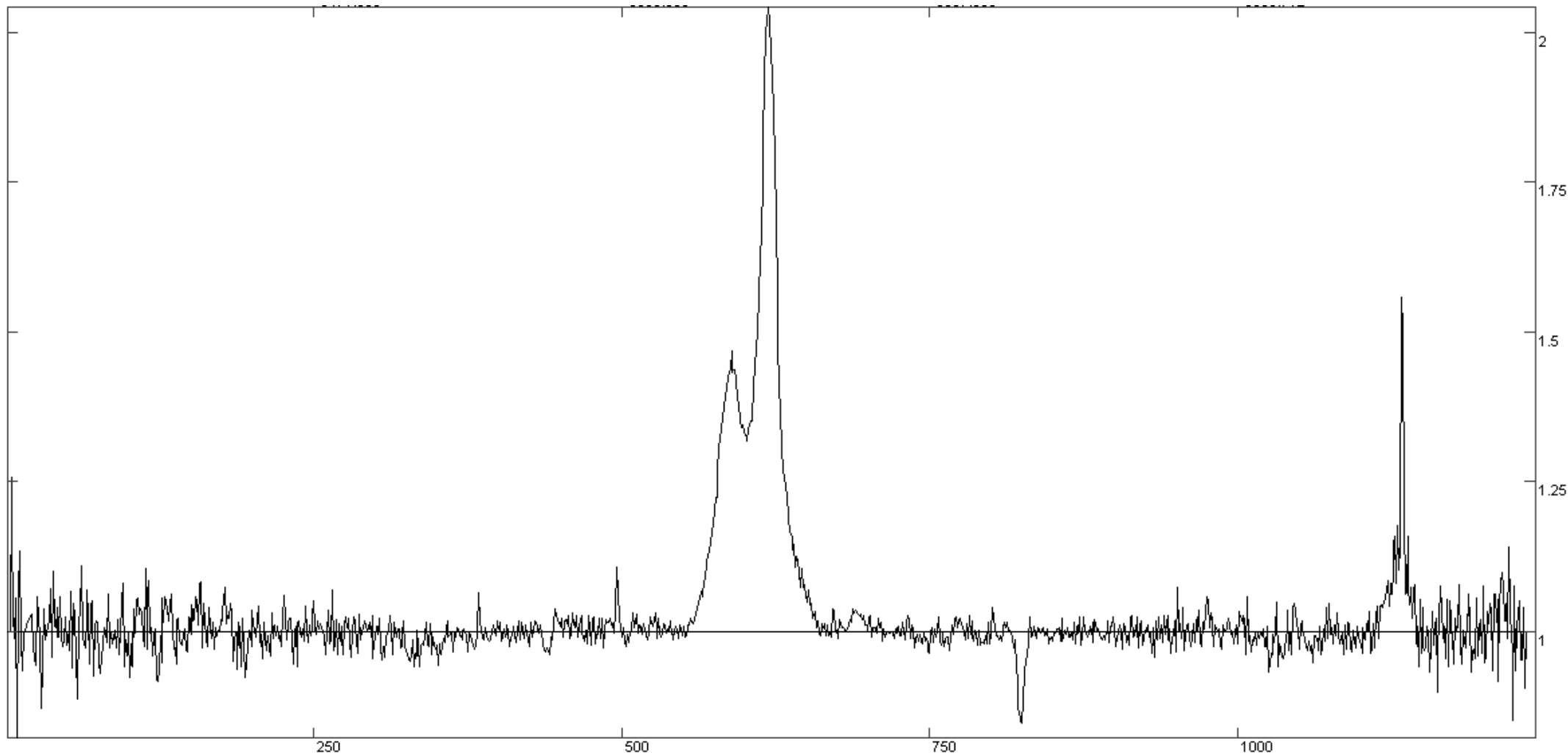
з астрономії

м. Київ, 24-28 березня 2013 р.

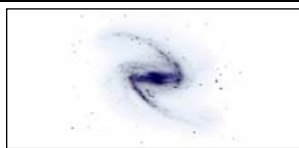


Практичний тур

11 клас



Спектр Be зорі в області лінії H_{α}



Задача 2. (14 балів)

Мала Ведмедиця. За поданими фотографією та картами зоряного неба та за допомогою підручних засобів:

а) позначте на фотографії, які із зір сузір'я UMi (Мала Ведмедиця) потрапили в кадр, підпишіть їх на знімку;

б) побудуйте на фотографії лінії прямих піднесень (лінію 0^h-12^h та лінію 6^h-18^h) та позначте північний полюс світу;

в) знайдіть кутовий розмір поля кадру в градусах;

г) оцініть час, за який було зроблено зображення,

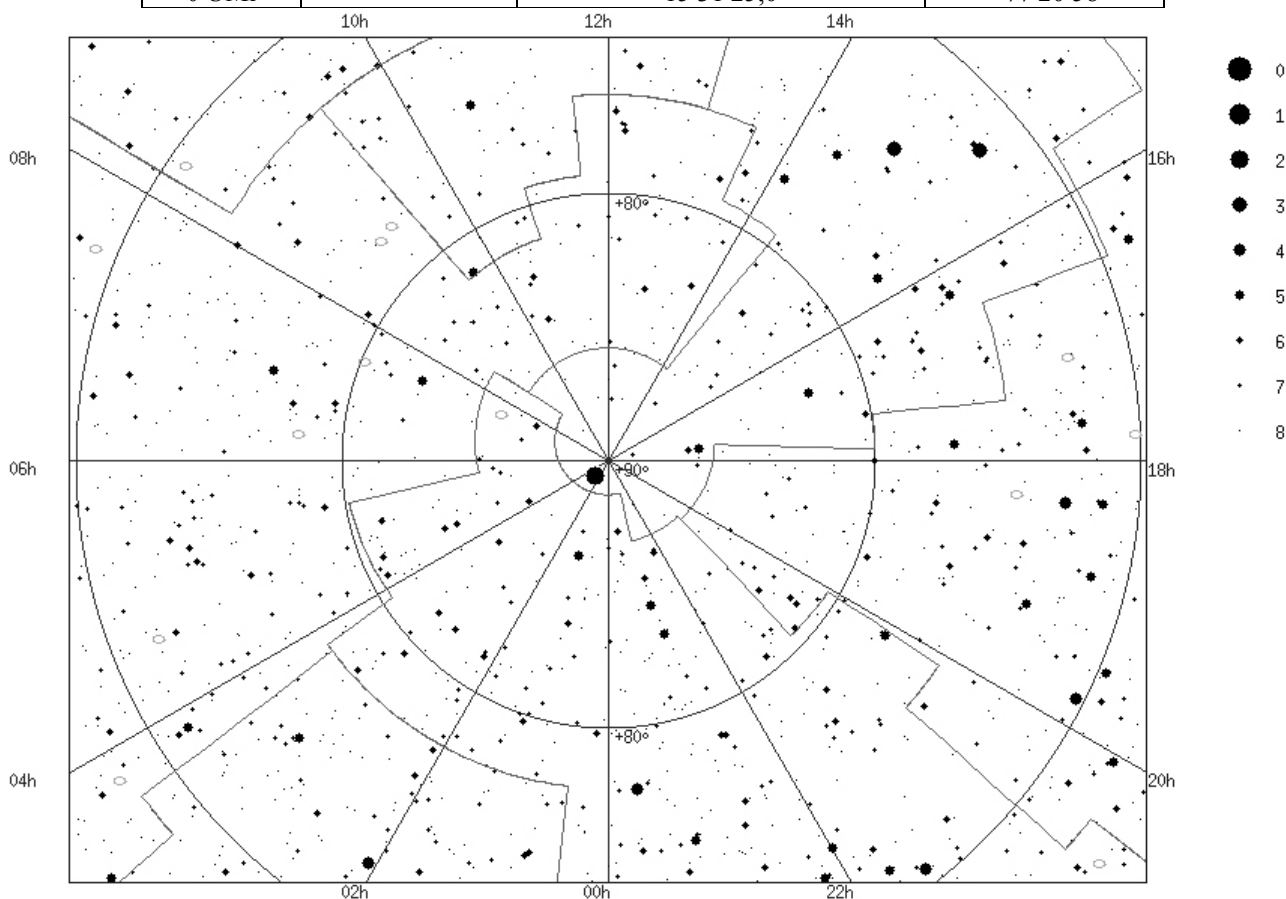
д) знайдіть фокусну відстань об'єктива фотоапарата, якщо розмір зображення на плівці 24x36мм;

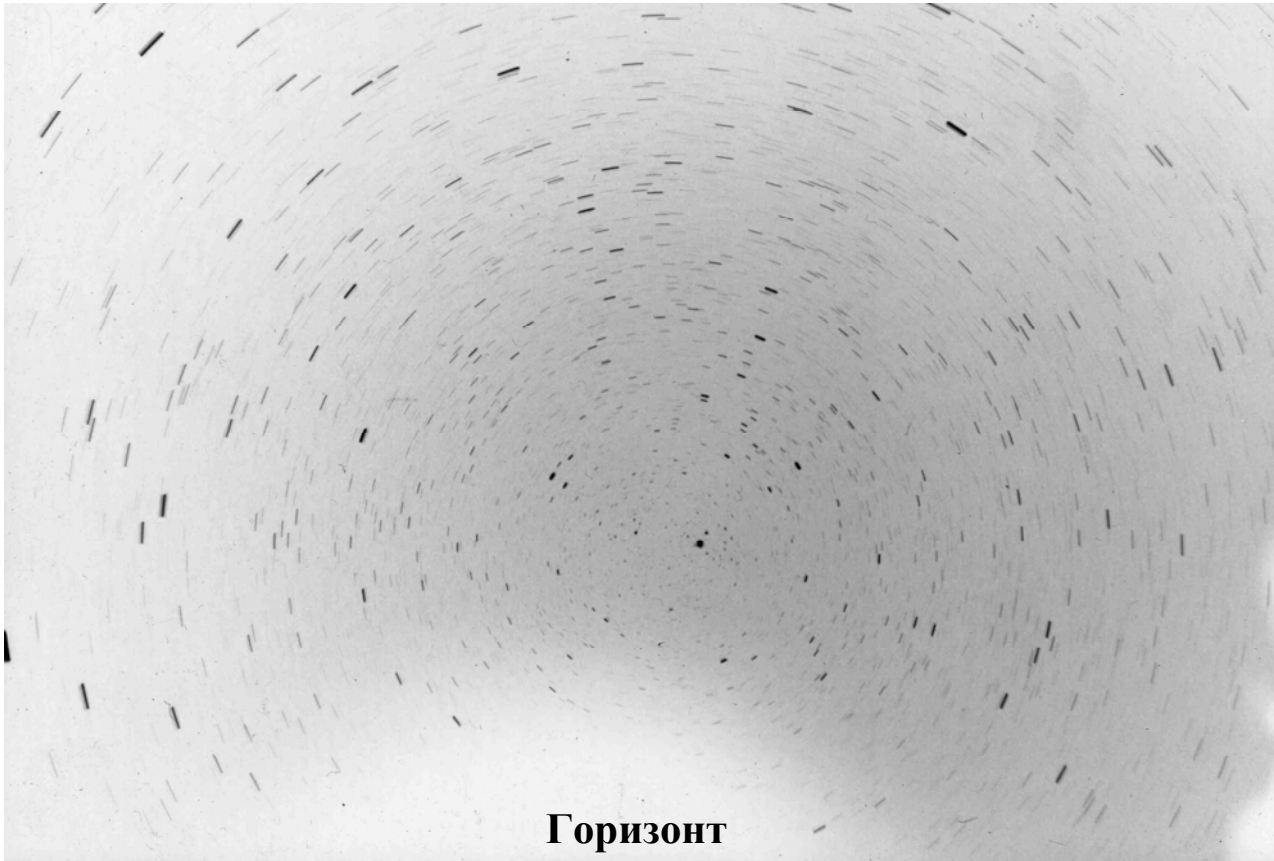
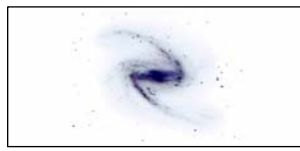
е) оцініть «на око», використовуючи карту №2 граничну зоряну величину зір на фото;

є) оцініть зоряний час в період спостережень;

ж) в яку пору року було зроблене зображення, якщо відомо, що воно отримане близько 20 години.

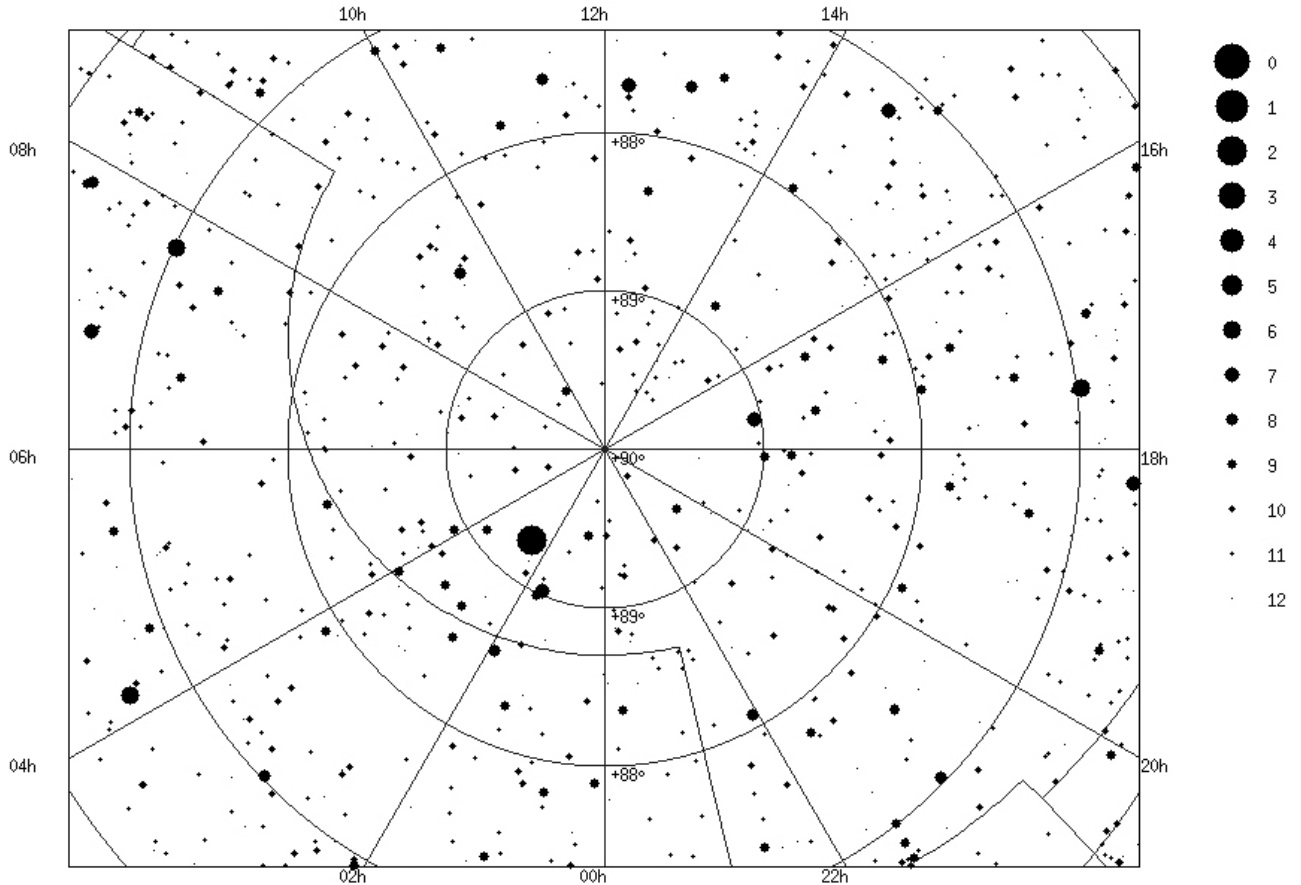
Зоря	Назва	Пряме піднесення hh mm ss,s	Схилення +dd mm ss
α UMi	Полярна зоря	02 31 48,7	+89 15 51
β UMi	Кохаб	14 50 42,3	+74 09 20
γ UMi	Феркад	15 20 43,7	+71 50 02
δ UMi		17 32 12,9	+86 35 11
ϵ UMi		16 45 58,2	+82 02 14
ζ UMi		15 44 03,5	+77 47 40
η UMi		16 17 30,5	+75 45 16
θ UMi		15 31 25,0	+77 20 58



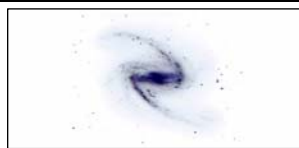


Горизонт

Фото

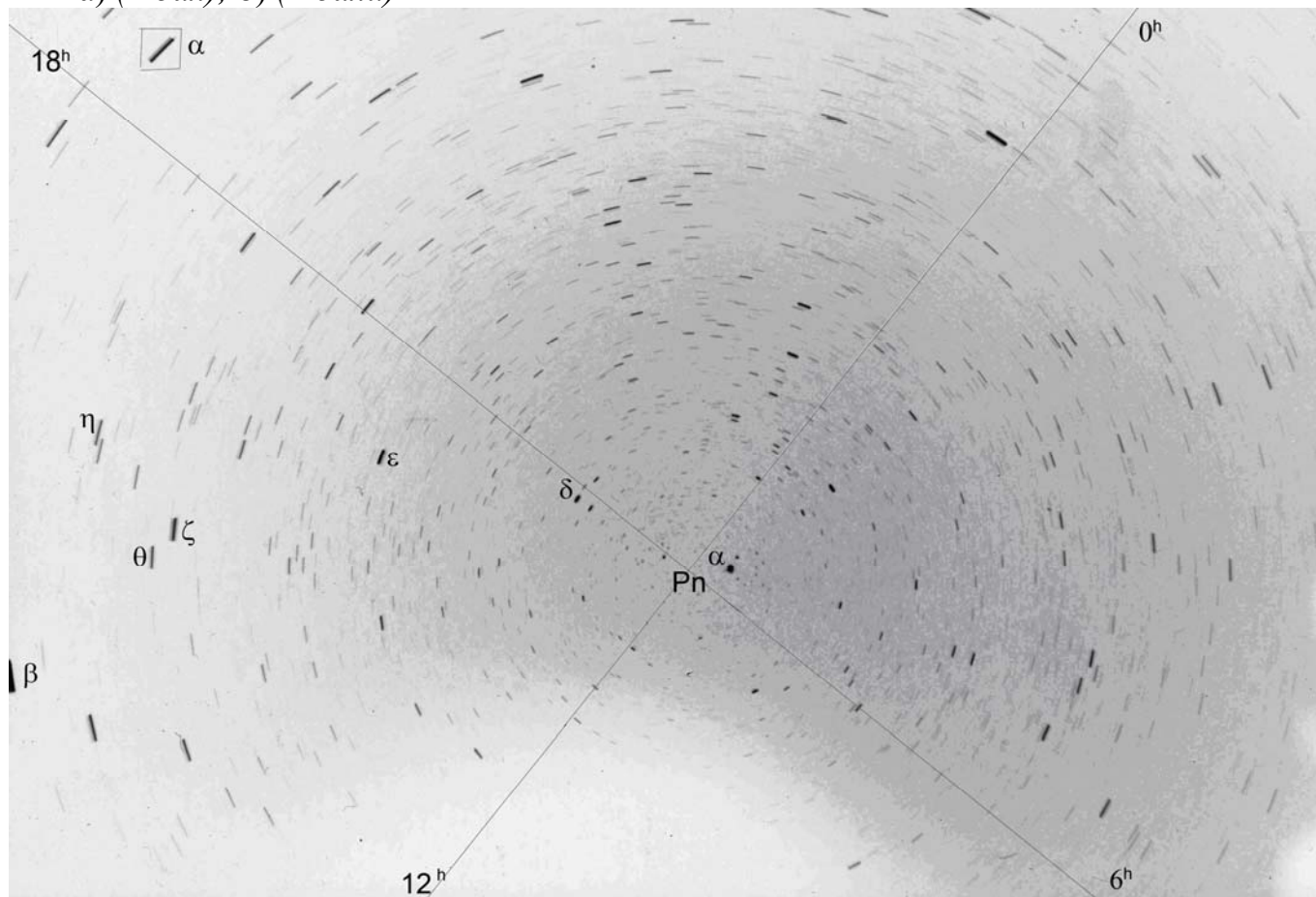


Карта №2



Розв'язок

а) (1 бал), б) (2 бали)



в) для визначення кутового розміру поля зору кадра в градусах потрібно:

- Знайти з таблиці кутову відстань між α та β УМі. $\sim 89^\circ - 74^\circ \sim 15^\circ$;
- Знайти лінійну відстань між цими зорями 90мм;
- Масштаб знімку $15^\circ/90\text{мм} \sim 0,16^\circ/\text{мм}$;
- Довжина кадру $0,16 \cdot 167\text{мм} \sim 26,72^\circ$, ширина кадру $0,16 \cdot 114\text{мм} \sim 18,25^\circ$

(1 бал)

г) вимірюємо лінійну довжину будь-кого чіткого сліду зорі на фотографії в міліметрах (див фото) $a = 5$ мм. Вимірюємо відстань цього сліду від Pn $b = 96$ мм. $a/b = \text{tg}A$. $A = 0,052\text{рад} = 18'$, що відповідає 72с або 1хв 12с часу експозиції.

(1 бал)

д) Половина довжини кадру $a = 18\text{мм}$ що відповідає куту $\sim 13,4^\circ$. Фокусна відстань об'єктива $f = a/\text{tg}A = 18/0,24 \sim 75\text{мм}$

(2 бали)

е) на око видно зорі до 11^m

(2 бали)

є) Після верхньої кульмінації θ УМі пройшло приблизно 6 годин. Пряме піднесення цієї зорі $15^h 31^m$. Зоряний час $S = \alpha_\theta + t_\theta \sim 15^h 31^m + 6^h \sim 21^h 31^m$

(2 бали)

ж) Це фото зроблене в кінці жовтня.

(2 бали)