

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

**Общински кръг на олимпиадата по астрономия**  
**2019 – 2020 учебна година**  
**Възрастова група IX-X клас – решения**

**1 задача. Звездата на Барнард.**

- А) Намерете необходимата информация и определете средната плътност на звездата на Барнард.
- Б) Какъв тип звезда е тя?
- В) Пресметнете отношенията на средната плътност на звездата на Барнард към средната плътност на Слънцето, Земята и най-плътния метал.

**Решение:**

Необходимите величини, от които можем да намерим плътността  $\rho$  на звездата на Барнард, са нейният радиус  $R = 136360 \text{ km}$  и нейната маса  $M = 2.864 \times 10^{29} \text{ kg}$ :

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \approx 27 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Звездата на Барнард е червено джудже. Нейният радиус е около 5 пъти по-малък от радиуса на Слънцето.

Средната плътност на Слънцето е  $\rho_S = 1.41 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , а на Земята  $\rho_T = 5.51 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Най-плътният метал е осмият – неговата плътност е  $\rho_{Os} = 22.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Намираме следните съотношения:

$$\frac{\rho}{\rho_S} \approx 19$$

$$\frac{\rho}{\rho_T} \approx 5$$

$$\frac{\rho}{\rho_{Os}} \approx 1.2$$

Получаваме удивителни резултати. Оказва се, че средната плътност на звездата на Барнард е сравнима с плътността на най-плътния метал. Макар да става въпрос за звезда, нейната плътност е 19 пъти по-висока от тази на Слънцето и дори 5 пъти по-висока от плътността на Земята. *Плътността на всички червени джуджета е много голяма и е сравнима с плътността на звездата на Барнард.*

*Критерии за оценяване (общо 10 т.):*

*За намиране на необходимите данни за звездата на Барнард – 1 т.*

*За пресмятане на нейната средна плътност – 3 т.*

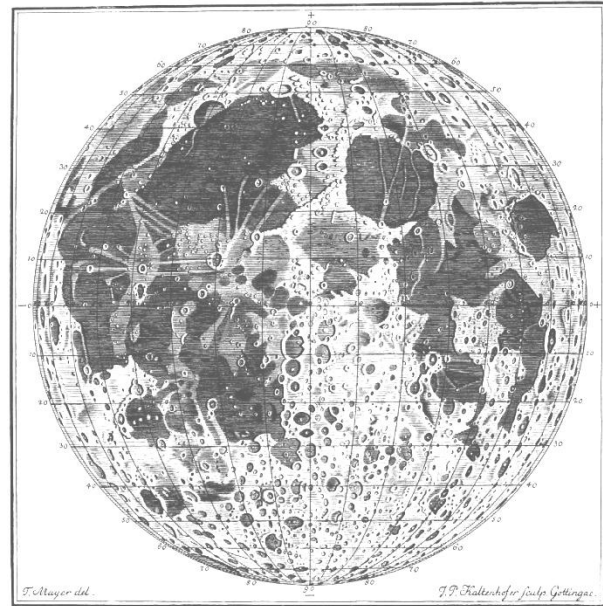
*За намиране на необходимите данни за Слънцето, Земята и осмия – 2 т.*

*За пресмятане на съотношенията и изводи – 4 т.*

*(В различни източници на информация може да се срещнат леко различни числени данни или дори информация, че металът с най-голяма плътност е иридият. Добре обосновани и правилно пресметнати отговори на основата на такива данни следва да се считат за верни).*

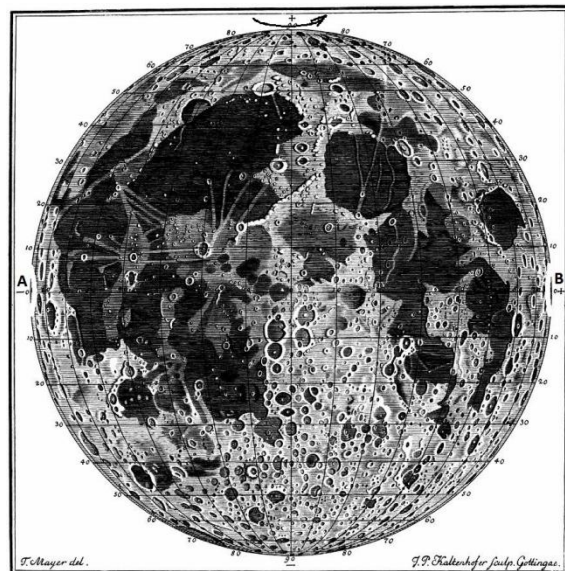
**2 задача. Земя над хоризонта.** На снимката вляво виждате Земята на лунния хоризонт.

- А) На картата вдясно нарисуйте приблизително къде трябва да се намира лунният наблюдател, за да вижда Земята по този начин в посока изток.
- Б) Къде трябва да бъде лунният наблюдател, за да вижда в същия момент Земята ниско над хоризонта на запад? Нарисуйте как ще изглежда за него Земята.



**Решение:**

На картата е изобразена видимата от Земята страна на Луната. Северният полюс на Луната е най-горната точка на видимия лунен диск, показан на картата. Луната се върти около оста си в посоката, означена от нас със стрелка. От гледна точка на лунен наблюдател посоката изток е надясно, а запад – наляво. За наблюдател, намиращ се в центъра на видимата от нас страна на Луната, Земята ще бъде в зенита. Земята ще се вижда малко над хоризонта за точки от лунната повърхност, намираща се по периферията на лунния диск, изобразен на картата. Земята ще се вижда ниско над хоризонта точно на изток, ако лунният наблюдател е около екуатора на Луната, т.е. приблизително в областта, означена на картата с А. (Луната има, макар и съвсем лек наклон на оста спрямо вертикалата към еклиптиката. Освен това нейната орбита е леко наклонена към еклиптиката. Поради тези причини не винаги Земята ще бъде точно на изток ниско над хоризонта за наблюдател, който е точно на лунния екватор).



Земята ще се вижда на запад за наблюдател в областта, означена с В.

За наблюдател, който в същия момент се намира в областта В, Земята ще изглежда обърната на  $180^\circ$ , ако я сравним с начина, по който тя изглежда за наблюдател в областта А, както е показано на горната фигура.

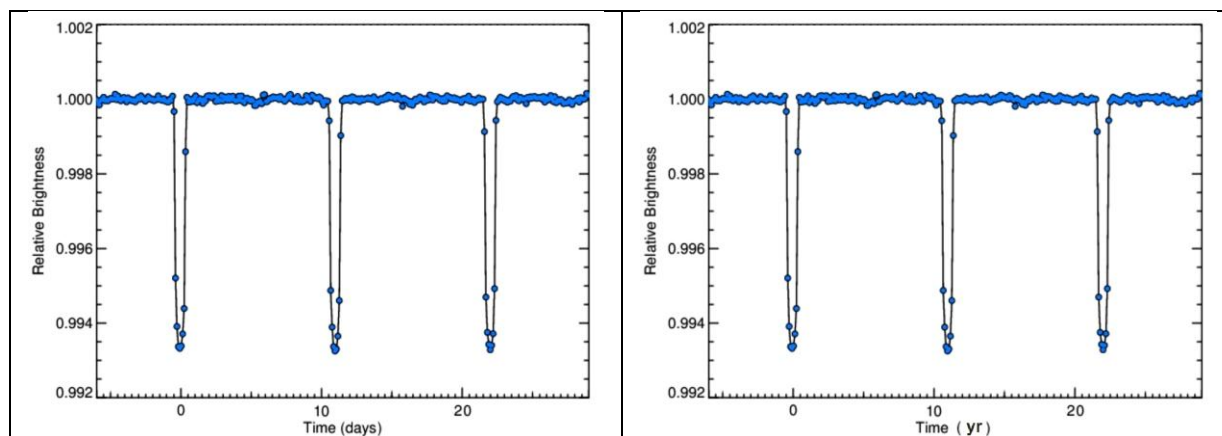
Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За отбелязване на картата откъде Земята ще се вижда на хоризонта на изток и обяснение – 4 т.

За отбелязване къде Земята ще се вижда на запад – 3 т.

За рисунка, показваща как ще изглежда Земята за втория наблюдател – 3 т.

**3 задача. Две звезди - две планети.** Нека си представим две звезди, подобни на Слънцето. Около всяка от тях се движи по една планета. Планетите са с еднакви размери. Пасажите на двете планети пред звездите се наблюдават от Земята и кривите на блясъка на звездите изглеждат почти еднакви, подобно на кривите, показани на фигурите по-долу. Има обаче една разлика между тях, която предизвиква съществено различие в някои физически характеристики на тези планети. Открийте разликата. До какви съществени различия на планетите довежда тя?



### Решение:

Единствената разлика между двете графики е във времевата скала. Графиките показват, че периодът на обикаляне на първата планета около нейната звезда е около 12 дни, а периодът на втората планета е около 12 години, или примерно равен на орбиталния период на Юпитер. Звездите са еднакви и подобни на Слънцето. Следователно първата планета е на разстояние от своята звезда няколко пъти по-малко от разстоянието, на което е Меркурий от Слънцето. Втората планета е примерно на същото разстояние от своята звезда, на което е Юпитер от Слънцето.

От графиката се вижда, че и в двата случая отношението на наблюдавания блясък на звездата по време на пасажа на планетата към блясъка на звездата в интервалите извън пасажите е равно на 0.9934. Това означава, че планетата закрива  $1 - 0.9934 = 0.0066$  части от площта на видимия диск на звездата. Ако означим с  $R_0$  радиуса на звездата, а с  $R$  радиуса на планетата, то получаваме:

$$\frac{\pi R^2}{\pi R_0^2} = 0.0066$$

$$\frac{R}{R_0} = \sqrt{0.0066} \approx 0.081$$

Оттук следва, че радиусът на всяка от планетите е около 12.3 пъти по-малък от този на Слънцето, или тези планети по размери са почти колкото Сатурн. Следователно можем да предположим, че двете планети са газови гиганти. Първата планета, която е много близо до

своята звезда, е от вида „горещ Юпитер”. Температурата в нейната атмосфера трябва да е твърде висока. Втората планета трябва да е хладен газов гигант, подобен на Юпитер и Сатурн.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За посочване на разликата между двете графики – 1 т.*

*За правилни изводи относно разстоянията на двете планети до своите звезди – 3 т.*

*За предположение относно характеристиките на всяка от планетите –  $2 \times 3 т. = 6 т.$*

**4 задача. Звездни купове.** Дадена ви е снимка на разсеяните звездни купове Хиади и Плеяди. Хиадите са отдалечени от нас на разстояние 153 светлинни години, а Плеядите – на 444 светлинни години. Направете необходимите измервания върху снимката и определете кой от двата звездни купа е по-голям по размер.

**Решение:**

Измерваме диаметрите на двата купа върху снимката и получаваме 21 мм за Плеядите и 63 мм за Хиадите. Тези размери са пропорционални на видимите ъглови размери на двата звездни купа. Те зависят право пропорционално от действителните им размери и обратно пропорционално от разстоянията до тях. Да означим с  $D_P$  и  $D_H$  линейните размери съответно на Плеядите и на Хиадите. Тогава в сила е следното съотношение:

$$\frac{21 \text{ mm}}{63 \text{ mm}} = \frac{D_P}{D_H} \cdot \frac{153 \text{ ly}}{444 \text{ ly}}$$

$$\frac{D_P}{D_H} \approx 0.97 \approx 1$$

Оттук следва, че Плеядите и Хиадите имат приблизително еднакви размери.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

*За измервания върху снимката – 2 т.*

*За правилен метод на пресмятане – 6 т.*

*За краен резултат и извод – 2 т.*

**5 задача. Млечният път.**



Пред вас е красив нощен пейзаж с Млечния път, който величествено се издига от хоризонта право нагоре в небето.

От какви географски ширини по Земята може да се види Млечният път по този начин? Обяснете вашия отговор.

### Решение:

Ние се намираме в диска, или по-точно, в плоската съставяща на нашата Галактика. Северният галактичен полюс има деклинация приблизително  $27^\circ$ . Това означава, че галактичната равнина е наклонена спрямо небесния екватор на ъгъл  $90^\circ - 27^\circ = 63^\circ$ . На снимката Млечният път е перпендикулярен на хоризонта. Оттук следва първо, че в дадения момент Млечният път минава през зенита за наблюдателя в този пункт и второ, че галактичните полюси са на хоризонта. В зависимост от това можем да подходим към решението по два начина. Първо, деклинацията на небесно светило, намиращо се в зенита за определено място по Земята, е равен на географската ширина на това място. Деклинацията на различни точки от централната линия на Млечния път би трябвало да варира между  $-63^\circ$  и  $+63^\circ$ . Следователно географските пунктове, от които може да се наблюдава в някакъв момент Млечният път перпендикулярно на хоризонта, се намират между  $63^\circ$  северна ширина и  $63^\circ$  южна ширина. Второ, ако галактичните полюси лежат в дадения момент на хоризонта, то те трябва да бъдат изгряващи и залязващи точки от небесната сфера за наблюдател на даденото място. Северният галактичен полюс е незалязващ за места със северна географска ширина, по-висока от  $63^\circ$ . Той е неизгряващ за места с южна географска ширина, по-висока от  $63^\circ$ . Следователно във всички точки по земната повърхност, извън тези две области, Млечният път може да се наблюдава перпендикулярно на хоризонта в дадени моменти от време. А това са областите между  $63^\circ$  северна ширина и  $63^\circ$  южна ширина. (Тук не отчитаме факта, че Слънцето не се намира точно върху централната равнина на галактичния диск, поради което централната линия на Млечния път не представлява точно голям кръг от небесната сфера).

### Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За намиране на информация за разположението на Млечния път спрямо небесния екватор и небесни координати на определени точки – 2 т.

За правилни разсъждения по въпроса, който се задава в задачата – 6 т.

За правилен краен отговор – 2 т.

**6 задача. Галактиката и свръхновите.** Разполагате с три снимки на една от най-забележителните галактики в историята на астрономията (Фиг.1.). За първи път при нея е била забелязана и описана спиралната структура на галактиките.

- А) Коя е тази галактика?
- Б) Кой е астрономът, който първи е наблюдавал и описал спиралната структура на галактиката? С какъв телескоп го е направил?
- В) Намерете изображение на неговата рисунка на галактиката и я прерисувайте във вашата работа.
- Г) В последните 15 години в тази галактика два пъти избухва свръхнова звезда. Дадените ви изображения са негативни. В две от тях присъстват свръхновите звезди. Открийте ги и ги посочете със стрелки на изображенията на галактиката.

### Решение:

На снимките е галактиката М 51, известна още като галактиката Водовъртеж. Астрономът, който е описал нейната спирална структура, е Уилям Парсънс, известен още като лорд Рос, живял от 1800 до 1867 г. Той е наблюдавал тази галактика със своя телескоп, наречен Левиатан. Телескопът е бил конструиран от лорд Рос, имал е диаметър на обектива 183 см и е бил най-големият телескоп в света до началото на ХХ век. По времето на лорд Рос астрономите не са могли да използват фотографски методи в своите наблюдения и единственият начин да демонстрират какво са видели, е бил да правят зарисовки. Ето как лорд Рос е нарисувал галактиката М 51:



Свръхновите звезди, избухнали в М 51, са означени със стрелки върху следващите изображения.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

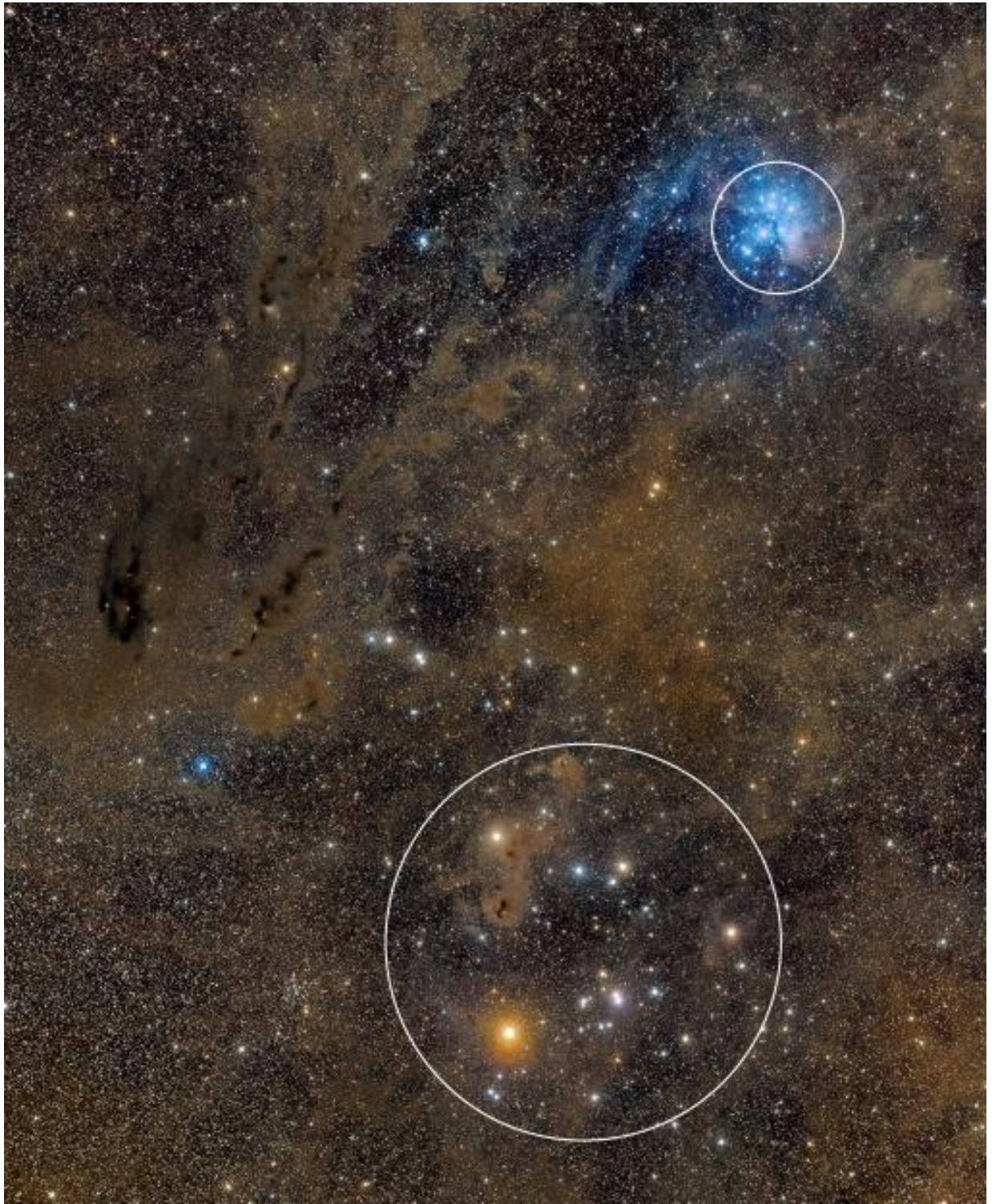
За определяне коя е галактиката – 1 т.

За посочване на астронома, който я е изследвал и неговия телескоп – 3 т.

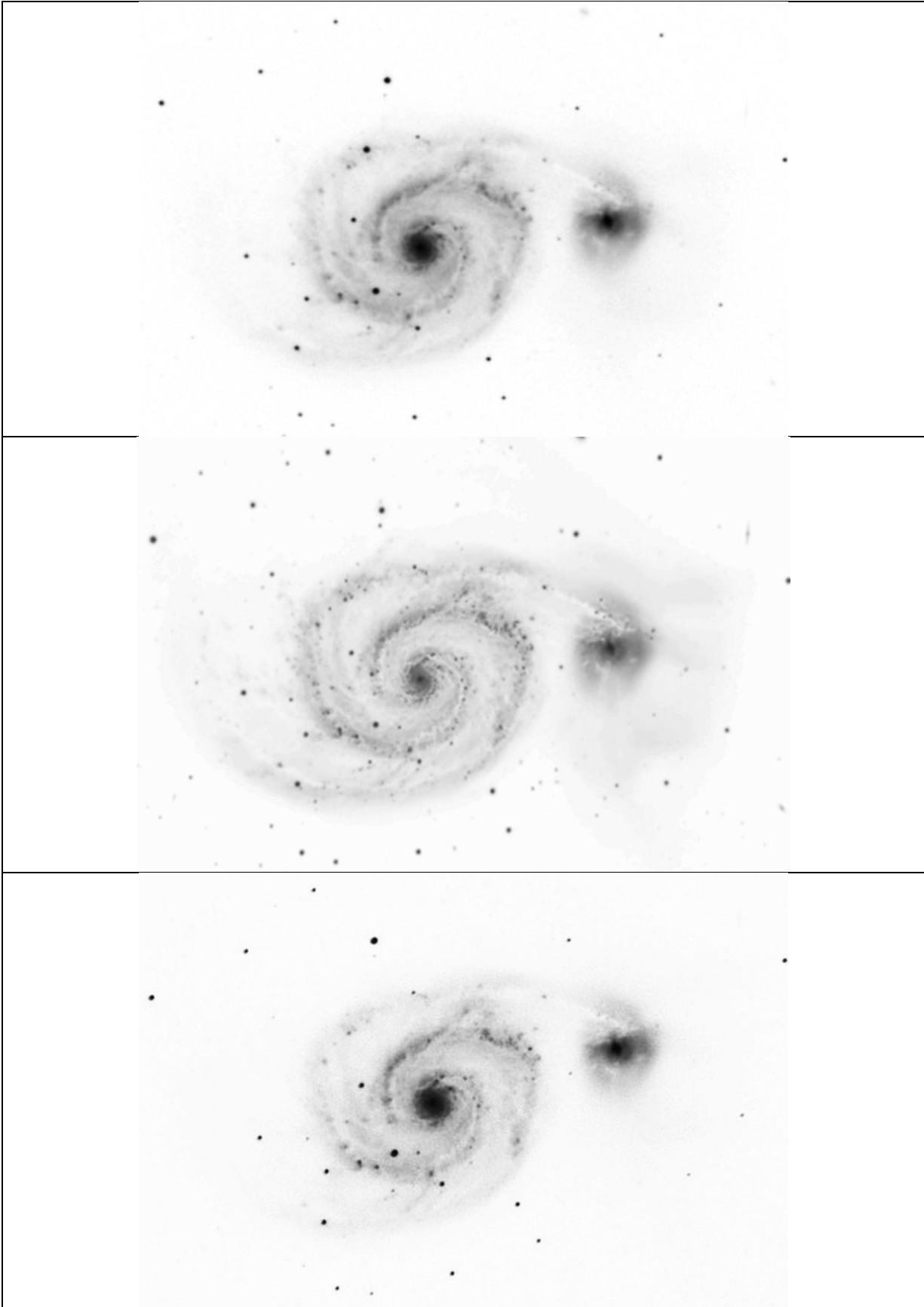
За прерисуване на зарисовката – 3 т.

За идентифициране на свръхновите – 3 т.



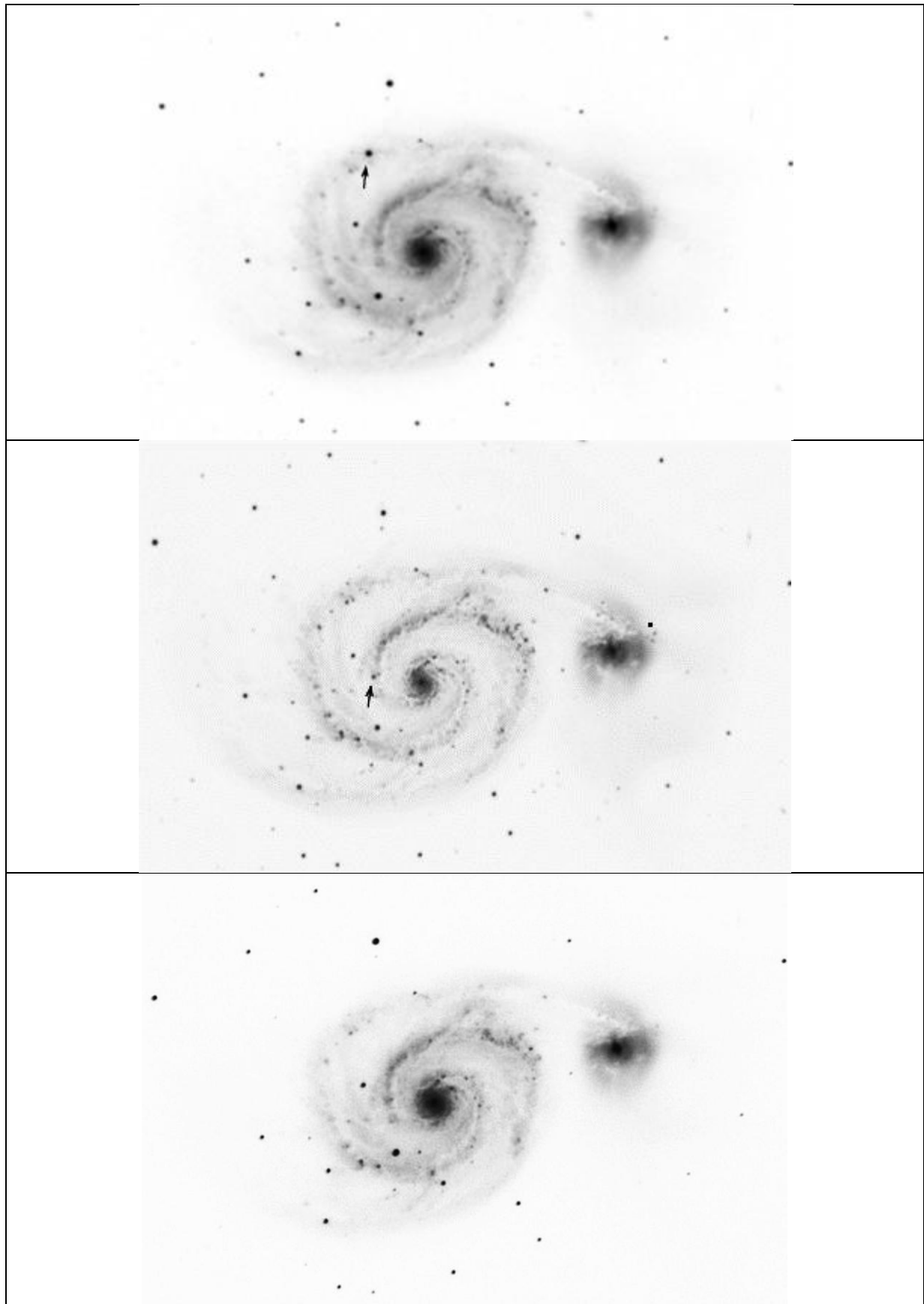


Звездните купове Плеяди и Хиади



Фиг. 1.





Фиг. 1 – решение с обозначения на откритите свръхнови