

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Общински кръг на олимпиадата по астрономия
2019 – 2020 учебна година
Възрастова група V-VI клас – решения

1 задача. Научна апаратура. На следващите снимки са показани различни инструменти и съоръжения. Кои от тях се използват при наблюдение и изследване на космическите тела и как се наричат?



1



2



3



4



5



6



7



8



9

Упътване: Названията на два от показаните инструменти са квадрант и радиотелескоп.

Решение:

Като инструменти и съоръжения, използвани от астрономите днес или в предишни времена, следва да се посочат часовникът (1), радиотелескопът (4), фотоапаратът (5), космическата станция (6), телескопът (7) и квадрантът (8). В това число биха могли да се включат колбите и епруветките (2) и микроскопът (3), ако става въпрос за изследване на метеорити, паднали на Земята, или проби от други обекти (Луна, астероиди, комети), доставени на нашата планета от космически станции.

Астрономите задължително трябва да регистрират моментите от време, когато наблюдават изследваните от тях обекти и явления. С радиотелескопите те улавят радиовълните, които се излъчват от космическите обекти. Фотографските изображения служат за изследване на местоположението, блясъка и много други характеристики на небесните тела. Космическите станции фотографират изучаваните обекти отблизо или могат да кацат на тяхната повърхност. Телескопите са „очите“ на астрономите. С помощта на квадрантите някога са се определяли точните положения на небесните светила.

Очевидно сакът за пеперуди няма как да влезе в тази група (преди да се открият малки летящи същества на някоя екзопланета ...).

Критерии за оценяване (общо 10 т.)

За правилно назоваване и посочване на уредите, използвани от астрономите (всички без химическите прибори, микроскопа и сака за пеперуди) – 10 т.

За посочване на микроскопа или химическите прибори като средства за изследване на проби от космически обекти в земни лаборатории могат да се дават до 2 допълнителни точки за награда.

2 задача. Океани. Най-големият океан на Земята е Тихият океан, в който има много бури.

• А) На кое космическо тяло се намира Океанът на бурите, в който няма нито една буря?

• Б) Можем ли да пътуваме с платноходен кораб в Океана на бурите?
Обяснете вашите отговори.

Решение:

Океанът на бурите се намира на Луната. В него не може да се пътува с кораб, защото няма вода. Океанът на бурите и различните лунни морета са впадини, покрити с тъмна вулканична лава, застинала преди милиарди години.

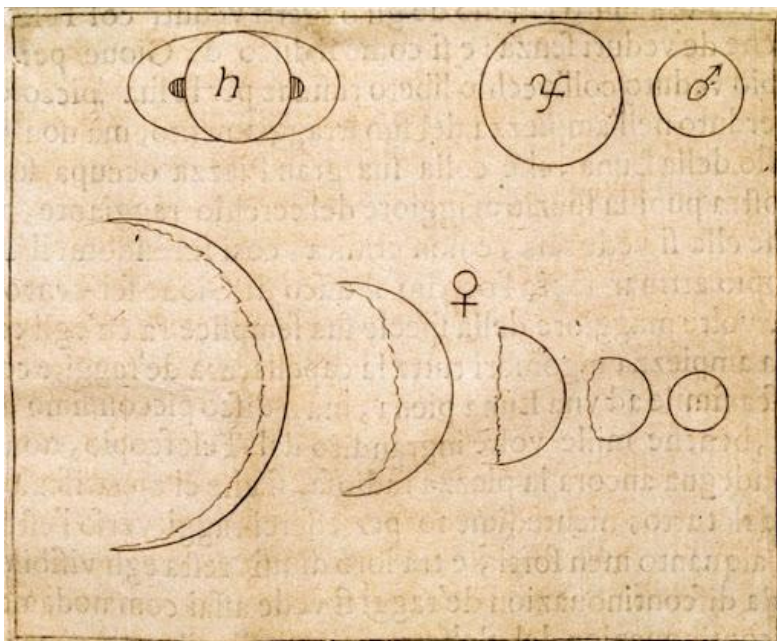
Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За посочване къде се намира Океанът на бурите – 3 т.

За правилен отговор дали там може да се пътува с кораб – 3 т.

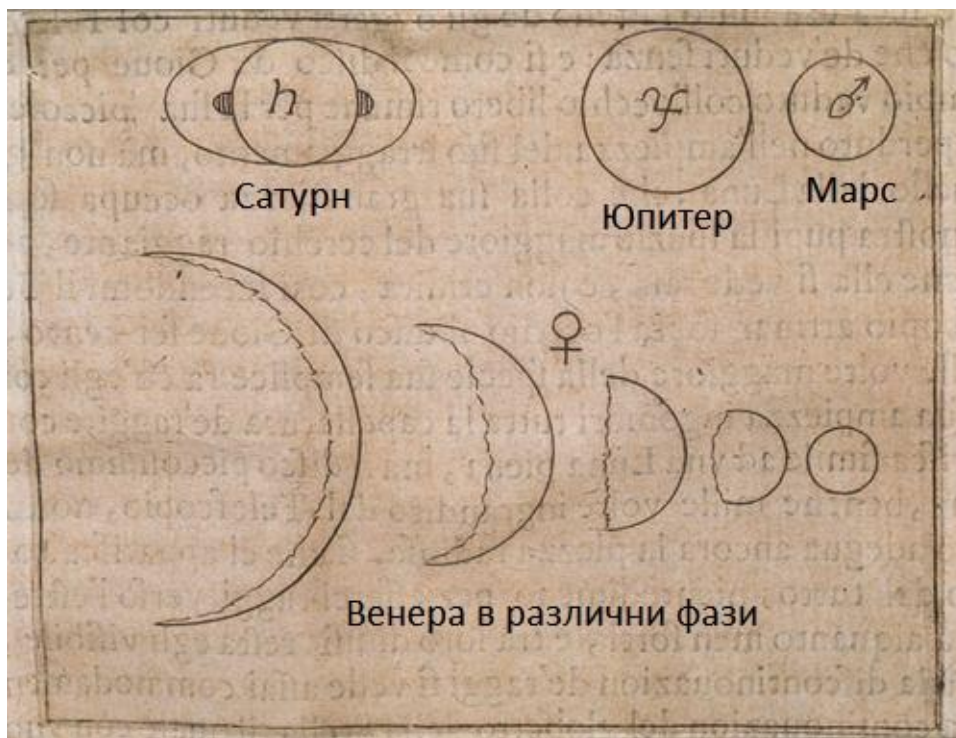
За обяснение на отговора – 4 т.

3 задача. Галилео Галилей. През 1609 г. великият италиански учен Галилео Галилей за първи път конструира телескоп и наблюдава през него небесните тела. Пред вас е рисунка, направена от Галилей. На нея са изобразени планети от Слънчевата система. Кои са тези планети? Напишете имената на планетите до техните изображения върху рисунката.



Решение:

На рисунката са изобразени Сатурн с неговите пръстени, които Галилео не е могъл добре да различи в своите все още недостатъчно съвършени телескопи, Юпитер, Марс и Венера в различни фази, които тя показва за земния наблюдател при различни свои положения относно Слънцето и Земята. Планетите са обозначени с техните астрономически знаци.



Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилно означаване върху рисунката на четирите планети $2.5 \times 4 = 10$ т.

4 задача. Коледна поща. Пощенската служба на Дядо Коледа се състои от множество вълшебни шейни с летящи елени. На 1 декември те тръгват от южния полюс и всяка от тях се движи по своя меридиан право на север. Първия ден шейните изминават 20° по географска ширина, втория ден 19° , третия 18° и така всеки ден с по един градус по-малко, защото шейните натежават от писмата до Дядо Коледа.

- А) На коя дата една от шейните ще прелети над вашето селище?
- Б) Ще успеят ли шейните да стигнат до Северния полюс поне три дни преди Коледа, за да могат джуджетата да изработят желаните от децата подаръци?

Решение:

Шейните тръгват от южния полюс и се движат право на север. Следователно всяка шейна лети по някакъв определен меридиан и не променя географската си дължина, а само своята ширина. Нека предположим, че един участник в олимпиадата, който решава тази задача, се намира в Стара Загора. Според информацията, която можем да намерим в Интернет, Стара Загора има географска ширина около $42^\circ 25'$. Писмата на децата от този град ще бъдат събрани от шейната, летяща по най-близкия меридиан. Тя трябва да прелети 90° по географска ширина от южния полюс до екватора и още $42^\circ 25'$. Това прави общо $132^\circ 25'$. Шейната ще прелети последователно:

20° (1 декември) + 19° (2 декември) + 18° (3 декември) + 17° (4 декември) + 16° (5 декември) + 15° (6 декември) + 14° (7 декември) + 13° (8 декември) + $0^\circ 25'$ (9 декември)

Следователно тя ще прелети най-близо до Стара Загора на 9 декември.

Общият път от южния до северния полюс е 180° .

132° (до 8 декември) + 13° (9 декември) + 12° (10 декември) + 11° (11 декември) + 10° (12 декември) + 9° (13 декември) + 6° (14 декември)

Шейните ще стигнат до Северния полюс на 14 декември и джуджетата ще имат достатъчно дни до Коледа, за да направят подаръците.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За съобразяване, че времето за пътуване на шейните зависи от географската ширина и намиране на географската ширина на мястото, където живее решаващият задачата – 2 т.

За правилен метод на определяне на датата, когато шейната ще прелети над родното място на решаващия задачата – 3 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

За правилен метод за определяне на датата, когато шейните ще достигнат до северния полюс – 3 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

5 задача. До Луната и обратно. Веднага след Нова Година спешно заминавате за Луната. Главната лунна база с Лунното училище се намира точно в центъра на видимата страна на Луната. В бързината сте забравили почти всички лунни справочници освен една малка таблица с моментите на настъпване на основните лунни фази през януари 2020 г.:

Фаза	Първа четвърт	Пълнолуние	Последна четвърт	Новолуние
Дата	3 януари	10 януари	17 януари	24 януари
Време	6:46:35	21:22:24	14:59:34	23:43:12

Това, което още си спомняте за Луната е, че едно лунно денонощие продължава средно 29.53 земни денонощия.

Пристигате със специалната експресна линия на 2-ри януари и забелязвате, че на Лунната база все още е нощ.

- А) Кога за лунната база официално ще започне денят?

Въпреки че току-що сте пристигнали, се замисляте кога ще се върнете обратно. Вашето обучение на Луната трябва да продължи около една година, но вие искате да се приберете за коледните празници през декември 2020 година. Разрешават ви да излетите през декември, обаче ракетите излитат веднъж всеки месец, няколко часа преди залеза на Слънцето, а редовният полет трае три денонощия.

- Б) На коя дата ще излетите от Луната и ще успеете ли се приберете за коледните празници?

Решение:

Когато Луната е в първа четвърт, терминаторът – линията, разделяща тъмната от светлата част на нашия спътник (или деня от нощта) – минава през центъра на видимата страна на Луната, а следователно и през Главната лунна база с Лунното училище. В следващите дни осветената част от видимата от нас страна на Луната расте и настъпва пълнолуние. Моментът на пълнолуние е средата на лунния ден за Главната лунна база. Следователно денят за Лунното училище започва при фаза на Луната първа четвърт, или в случая – на 3 януари в 6ч 46мин.35сек.

Денят завършва за Главната лунна база, когато Луната е във фаза последна четвърт. Луната е в последна четвърт на 17 януари 2020 г. Да прибавим към тази дата 11 лунни месеца. Получаваме:

17 януари 14 ч. 59 мин. 34 с. \approx 17 януари 15 ч.

17 януари 15 ч. + 11 \times 29.53 дни = 17 януари 15 ч. + 324.83 дни =
= 17 януари 15 ч. + 324 дни 19 ч. 55 мин. = 18 януари 0 ч. + 324 дни 10 ч. 55 мин.

324 дни 10 ч. 55 мин. = 13 дни (до края на януари) + 29 дни (февруари, 2020 г. е високосна) + 31 дни (март) + 30 дни (април) + 31 дни (май) + 30 дни (юни) + 31 дни (юли) + 31 дни (август) + 30 дни (септември) + 31 дни (октомври) + 30 дни (ноември) + 7 (декември) +
+ 10 ч. 55 мин. от 8 декември

Следователно вие ще трябва да излетите от Луната 8 декември 2020 г. няколко часа преди 10 ч. 55 мин. Справка с календар на лунните фази от 2020 г. показва същата дата.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За определяне кога започва денят в Главната база през януари и обяснение – 4 т.

За съобразяване, че денят завършва при фаза последна четвърт – 2 т.

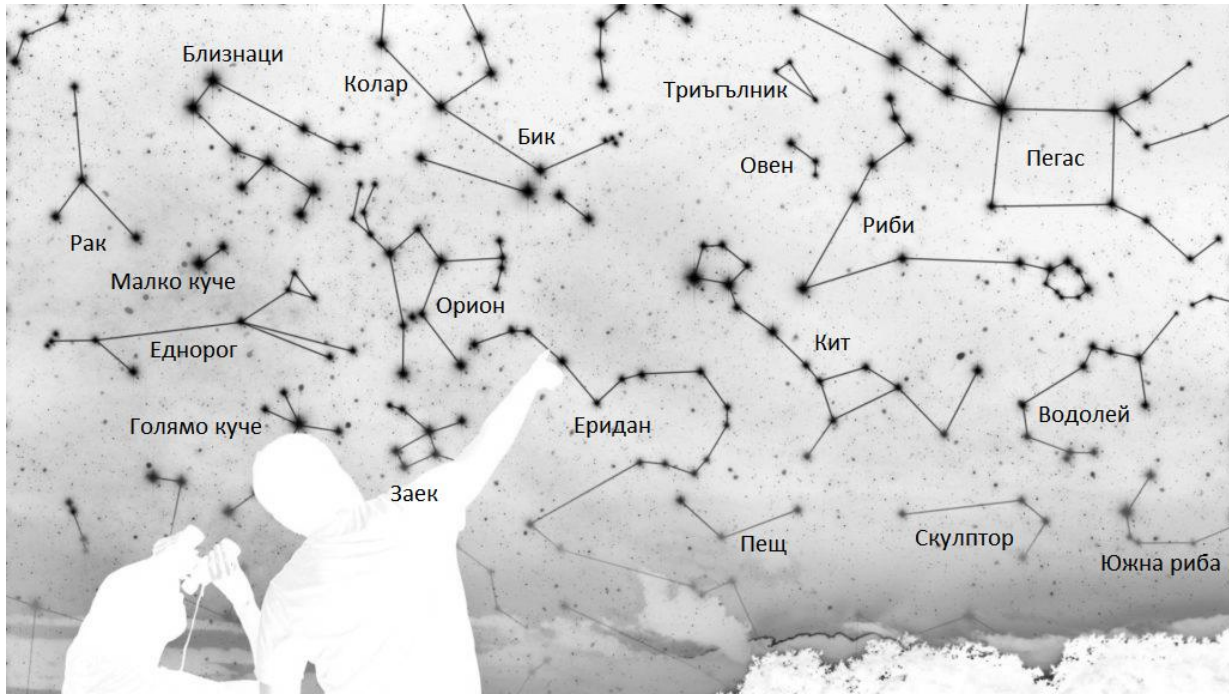
За определяне кога Луната е в последна четвърт през декември 2020 г. – 4 т.

(В задачата е казано, че ученикът не носи със себе си справочни материали на Луната. В случай, че отговорът е получен не чрез пресмятане, а директно чрез справка с лунен календар за 2020 г. – 2 т.)

6 задача. Съзвездия. Означете на следващата картинка имената на поне 8 съзвездия. Използвайте за справка звездна карта.



Решение:



Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилно означаване на поне 8 съзвездия – 10 т.

За означаване на повече съзвездия – до 2 допълнителни точки за награда.

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Общински кръг на олимпиадата по астрономия
2019 – 2020 учебна година
Възрастова група VII-VIII клас – решения

1 задача. Ютака Кагая. Виждате две картини на японския художник Ютака Кагая.

- А) Какво астрономическо явление е изобразено на първата картина?
- Б) Какъв космически обект виждате на втората картина?
- В) Каква е връзката между явлението на първата картина и космическия обект на втората картина?



1



2

Решение:

На първата рисунка виждаме метеори, чиито мислени продължения назад се пресичат приблизително в една точка. Това е така, защото те са метеори от един и същ метеорен поток, чиято активност явно е много висока.

На втората рисунка е изобразена комета с нейната синкава газова опашка и бяла прахова опашка.

Явлението метеорен поток се наблюдава, когато Земята при движението си около Слънцето пресича рой метеорни частици. Роевете метеорни частици се образуват при постепенното разпадане на кометите. Кометите имат ядра, съставени главно от лед с примеси от скални частици и прах. Те се движат около Слънцето по силно издължени орбити. При периодичните сближавания на дадена комета със Слънцето нейното ядро се нагрива, ледът започва да се изпарява и от него се отделят скалните частички, пращинки и малки частици лед. Те формират метеорния рой, който поражда кометата. В това се състои връзката между кометите и метеорните потоци.

Критерии за оценяване (общо 10 точки):

За правилно назоваване на това, което е изобразено на рисунките 2 × 3 т. = 6 т.

За обяснение на връзката между метеорните потоци и кометите – 4 т.

2 задача. Релефни форми. Напишете собствените имена на следните релефни форми и посочете на кои тела от Слънчевата система се намират:

№	Вид релефна форма	Личност, чието име носи
1	Планински връх	Знаменит английски физик, съставил уравненията на електромагнитното поле
2	Кратер	Древногръцки математик, открил най-прочутата теорема за правоъгълния триъгълник
3	Планински връх	Поет революционер, написал стихотворенията „На прощаване”, „Моята молитва” и др.
4	Кратер	Велик композитор, автор на балета „Лешникотрошачката”

Решение:

Знаменитият английски физик е Джеймс Максвел и неговото име носи най-високият планински връх на Венера. Всички останали релефни форми на Венера носят женски имена.

Всички знаем теоремата на Питагор за правоъгълния триъгълник, а кратерът Питагор се намира на Луната. На лунните кратери са дадени имена на велики учени.

Поетът революционер е Христо Ботев. Може би някои от участниците в олимпиадата по астрономия са се изкачвали на връх Ботев в Стара планина, който е на планетата Земя.

Музиката на балета „Лешникотрошачката” е съчинена от великия руски композитор Чайковски. В негова чест е наречен един кратер на Меркурий. Кратерите на тази планета носят имена на хора на изкуството.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

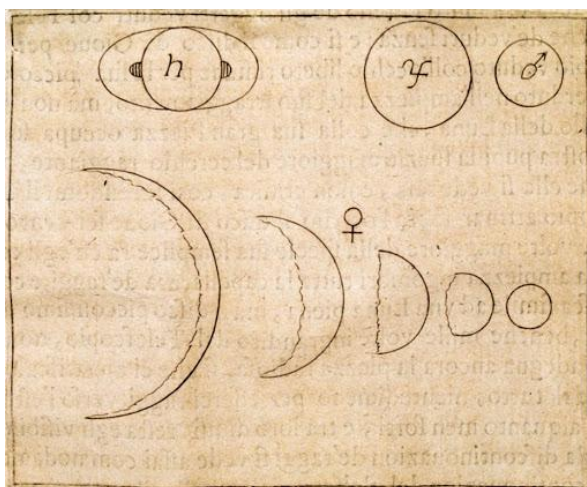
За правилно посочване на имената на релефните форми – $4 \times 1 \text{ т.} = 4 \text{ т.}$

За посочване на космическите тела, където те се намират – $4 \times 1.5 \text{ т.} = 6 \text{ т.}$

3 задача. Галилео Галилей. През 1609 г. великият италиански учен Галилео Галилей за първи път конструира телескоп и го използва, за да наблюдава небесните тела. Пред вас е рисунка, направена от Галилей. На нея са изобразени планети от Слънчевата система.

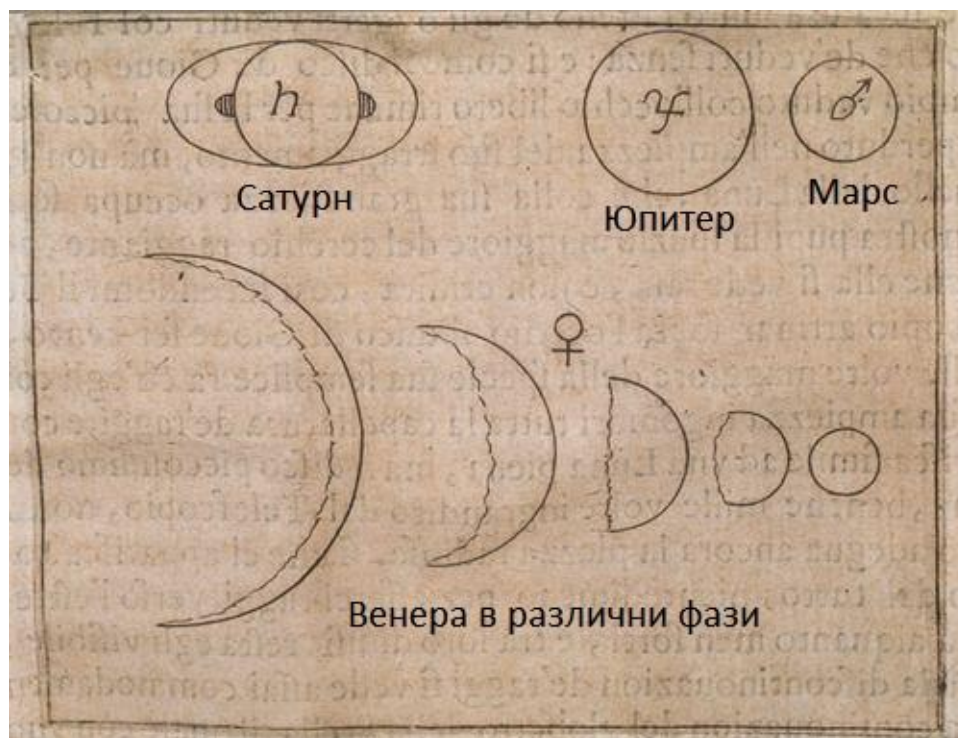
- А) Кои са тези планети? Напишете имената на планетите до техните изображения върху рисунката.

- Б) Измерете размерите на планетите върху рисунката, направете необходимите сравнения и проверете дали горните три планети са изобразени около моментите, когато са били на минимално разстояние от Земята.



Решение:

На рисунката са изобразени Сатурн с неговите пръстени, които Галилео не е могъл добре да различи в своите все още недостатъчно съвършени телескопи, Юпитер, Марс и Венера в различни фази, които тя показва за земния наблюдател при различни свои положения относно Слънцето и Земята. Планетите са обозначени с техните астрономически знаци.



Максимално сближаване на една вътрешна планета със Земята настъпва, когато планетата е в долно съединение, а за външна планета – когато планетата е в противостояние (опозиция). На рисунката са представени пет изображения на Венера в различни фази и очевидно, при различни нейни разстояния до Земята. Можем да приемем, че първото изображение, стоящо най-вляво, е близко до позицията на Венера в долно съединение и съответства приблизително на видимия ъглов размер на планетата при максимално сближаване със Земята. Всички останали планети, дадени на рисунката,

ще сравняваме с това изображение. Да означим с d_V диаметъра на Венера в тази фаза, измерен в милиметри от рисунката, а с d_S , d_J , и d_M – измерените диаметри съответно на Сатурн, Юпитер и Марс. Нека D_V , D_S , D_J и D_M бъдат истинските диаметри на Венера, Сатурн, Юпитер и Марс в километри, а r_V , r_S , r_J и r_M – техните разстояния до Слънцето. Разстоянието от Земята до Слънцето ще означим с r_T . Разстоянията между Земята и всяка от планетите при максимално сближаване ще бъдат:

$$\Delta r_V = r_T - r_V$$

$$\Delta r_S = r_S - r_T$$

$$\Delta r_J = r_J - r_T$$

$$\Delta r_M = r_M - r_T$$

Видимият ъглов диаметър на една планета, наблюдавана от Земята при максимално сближаване, трябва да е пропорционален на нейния линеен диаметър и обратно пропорционален на разстоянието до нея. Можем да приемем, че относителните размери, с които са нарисувани планетите, отразяват техните относителни видими ъглови размери, наблюдавани от Галилей. За да разберем дали дадена планета P е била наблюдавана при максимално сближаване със Земята, ние трябва да сравним нейния видим ъглов диаметър с този на Венера и да проверим дали се изпълнява равенството:

$$\frac{d_P}{d_V} = \frac{D_P}{\Delta r_P} / \left(\frac{D_V}{\Delta r_V} \right)$$

Резултатите от нашите измервания и пресмятания можем да представим в следната таблица:

Планета	Разстояние до Слънцето, км	Линеен диаметър, км	Измерен диаметър, мм	$\frac{d_P}{d_V}$	$\frac{D_P}{\Delta r_P} / \left(\frac{D_V}{\Delta r_V} \right)$
Земя	149.6×10^6				
Венера	108.2×10^6	12 104	53		
Сатурн	$1\,427 \times 10^6$	116 460	17.5	0.33	0.31
Юпитер	778.4×10^6	139 820	23	0.43	0.76
Марс	227.9×10^6	6 779	14	0.26	0.30

Получените стойности показват, че видимият ъглов размер на Сатурн, отразен в рисунката, е близък до този при максимално сближаване със Земята. Видимият ъглов размер на Марс е малко по-малък от този при противостояние на Марс в момент, когато планетата е на средното си разстояние от Слънцето. Както е известно, марсианската орбита е доста изтеглена елипса и когато Марс е във велико противостояние (противостояние, което се случва близо до момента на преминаване на Марс през перихелий), неговият видим ъглов размер може да е съществено по-голям. Юпитер очевидно е нарисуван с видим ъглов размер доста по-малък от този, който би имал при максимално сближаване. Допълнителни пресмятания показват, че нарисуваният размер на Юпитер е малко по-малък дори от този, който планетата би имала при максимално отдалечаване от Земята. Това означава, че тази планета не е нарисувана особено точно.

Възможно е да бъдат намерени данни директно за видимите ъглови размери на планетите и да се направи съответствие между тях и линейните размери на изображенията на планетите върху рисунката. Тогава не е необходимо да се правят пресмятания, а само да се разсъждава върху отношенията на размерите на изобразените планети. Този метод също следва да се приема за правилен.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилно означаване върху рисунката на четирите планети $4 \times 1 т. = 4т.$

За правилен метод на измервания, пресмятания и сравнения – 4 т.

За правилни крайни изводи – 2 т.

Забележка: Числените резултати на учениците могат до известна степен да се отличават от показаните тук поради различни мащаби на отпечатване на рисунката, по която се правят измервания и поради различаващи се изходни данни, които могат да се намерят в справочните източници. При оценяването следва да се имат предвид принципните разсъждения.

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. До Луната и обратно. Веднага след Нова Година спешно заминавате за Луната. Главната лунна база с Лунното училище се намира точно в центъра на видимата страна на Луната. В бързината сте забравили почти всички лунни справочници освен една малка таблица с моментите на настъпване на основните лунни фази през януари 2020 г.:

Фаза	Първа четвърт	Пълнолуние	Последна четвърт	Новолуние
Дата	3 януари	10 януари	17 януари	24 януари
Време	6:46:35	21:22:24	14:59:34	23:43:12

Това, което още си спомняте за Луната е, че едно лунно денонощие продължава средно 29.53 земни денонощия.

Пристигате със специалната експресна линия на 2-ри януари и забелязвате, че на Лунната база все още е нощ.

- А) Кога за лунната база официално ще започне денят?

Въпреки че току-що сте пристигнали, се замисляте кога ще се върнете обратно. Вашето обучение на Луната трябва да продължи около една година, но вие искате да се приберете за коледните празници през декември 2020 година. Разрешават ви да излетите през декември, обаче ракетите излитат веднъж всеки месец, няколко часа преди залеза на Слънцето, а редовният полет трае три денонощия.

- Б) На коя дата ще излетите от Луната и ще успеете ли се приберете за коледните празници?

Решение:

Когато Луната е в първа четвърт, терминаторът – линията, разделяща тъмната от светлата част на нашия спътник (или деня от нощта) – минава през центъра на видимата страна на Луната, а следователно и през Главната лунна база с Лунното училище. В следващите дни осветената част от видимата от нас страна на Луната расте и настъпва пълнолуние. Моментът на пълнолуние е средата на лунния ден за Главната лунна база. Следователно денят за Лунното училище започва при фаза на Луната първа четвърт, или в случая – на 3 януари в 6ч 46мин.35сек.

Денят завършва за Главната лунна база, когато Луната е във фаза последна четвърт. Луната е в последна четвърт на 17 януари 2020 г. Да прибавим към тази дата 11 лунни месеца. Получаваме:

17 януари 14 ч. 59 мин. 34 с. \approx 17 януари 15 ч.

$$\begin{aligned} & 17 \text{ януари } 15 \text{ ч.} + 11 \times 29.53 \text{ дни} = 17 \text{ януари } 15 \text{ ч.} + 324.83 \text{ дни} = \\ & = 17 \text{ януари } 15 \text{ ч.} + 324 \text{ дни } 19 \text{ ч. } 55 \text{ мин.} = 18 \text{ януари } 0 \text{ ч.} + 324 \text{ дни } 10 \text{ ч. } 55 \text{ мин.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 324 \text{ дни } 10 \text{ ч. } 55 \text{ мин.} = 13 \text{ дни (до края на януари)} + 29 \text{ дни (февруари, 2020 г. е} \\ & \text{високосна)} + 31 \text{ дни (март)} + 30 \text{ дни (април)} + 31 \text{ дни (май)} + 30 \text{ дни (юни)} + 31 \text{ дни} \\ & \text{(юли)} + 31 \text{ дни (август)} + 30 \text{ дни (септември)} + 31 \text{ дни (октомври)} + 30 \text{ дни (ноември)} + 7 \\ & \text{(декември)} + \\ & + 10 \text{ ч. } 55 \text{ мин. от 8 декемри} \end{aligned}$$

Следователно вие ще трябва да излетите от Луната 8 декември 2020 г. няколко часа преди 10 ч. 55 мин. Справка с календар на лунните фази от 2020 г. показва същата дата.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За определяне кога започва денят в Главната база през януари и обяснение – 4 т.

За съобразяване, че денят завършва при фаза последна четвърт – 2 т.

За определяне кога Луната е в последна четвърт през декември 2020 г. – 4 т.

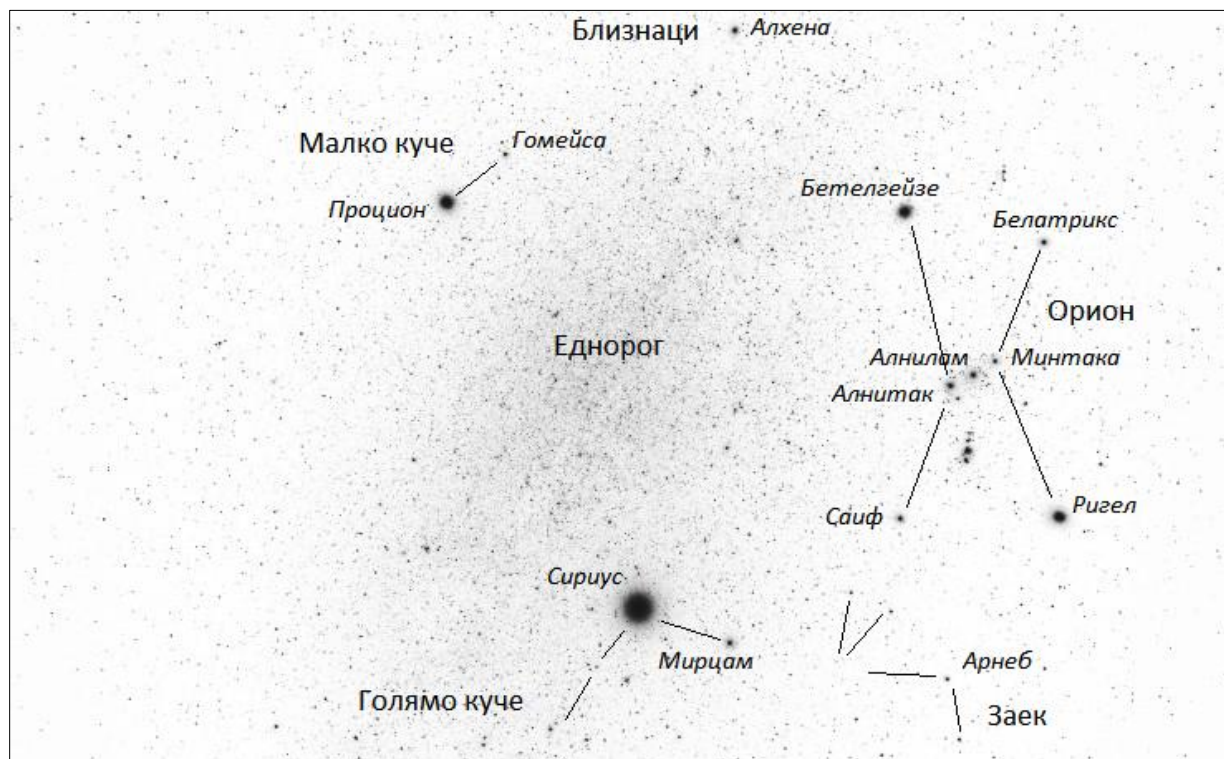
(В задачата е казано, че ученикът не носи със себе си справочни материали на Луната. В случай, че отговорът е получен не чрез пресмятане, а директно чрез справка с лунен календар за 2020 г. – 2 т.)

6 задача. Зимни съзвездия. Разполагате с негативно изображение на най-красивата област от зимното звездно небе. Намерете нужната информация и означете върху него съзвездията и имената на ярките звезди. Коя от тези ярки звезди:

- е най-близката до нас;
- има най-голям радиус;
- е най-гореща;
- е с най-ниска температура;
- има най-висока светимост;
- е в най-късен стадий на своята еволюция?

Решение:

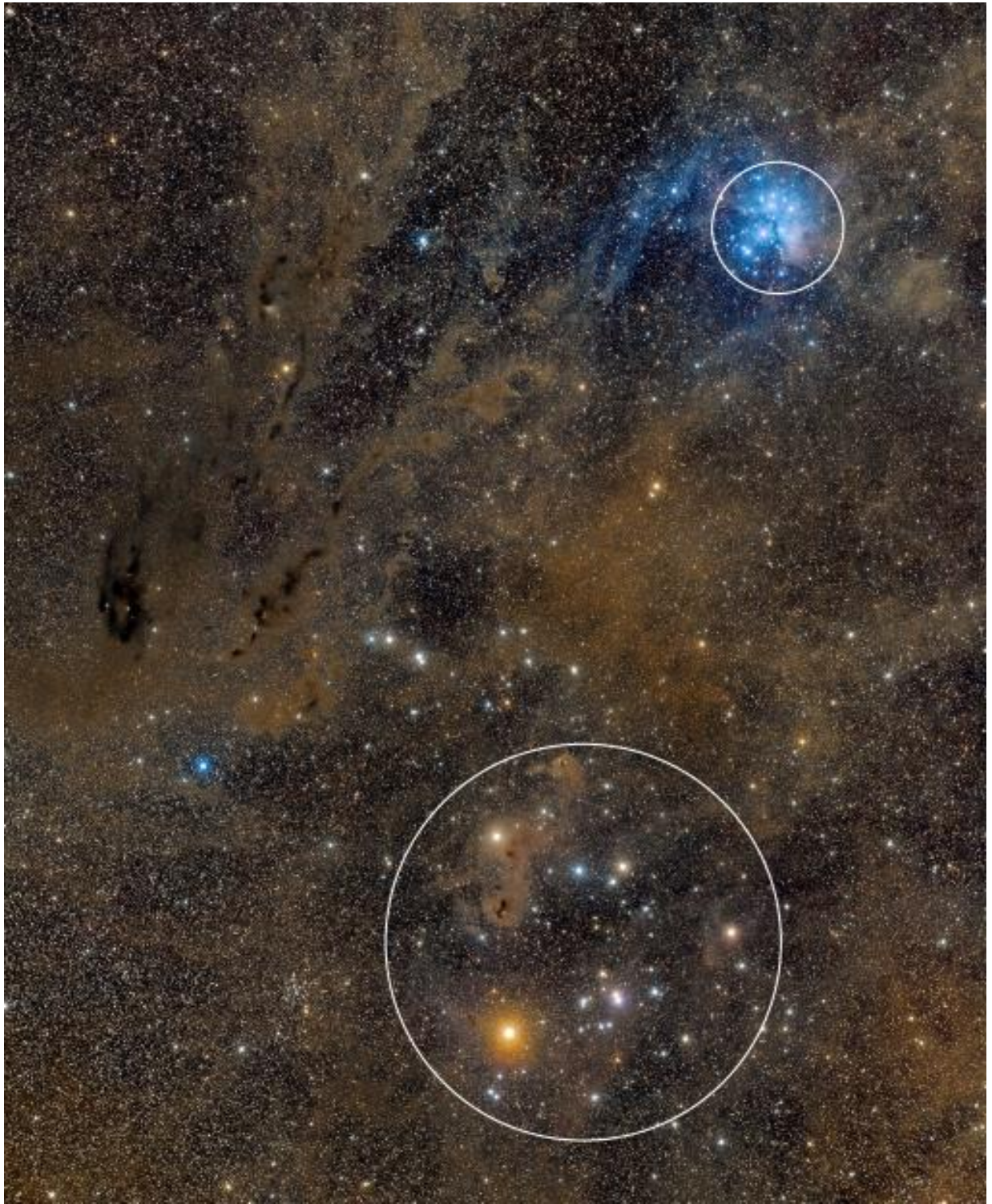
На фигурата по-долу са означени съзвездията и по-ярките звезди. Най-близка до нас е звездата Сириус. Най-голяма по размер е звездата Бетелгейзе, която е около 1000 пъти по-голяма от Слънцето. Най-гореща е звездата Алнитак с температура около 30 000 К. Най-хладна е звездата Бетелгейзе с температура около 3 600 К. Най-висока светимост има звездата Алнилам – около 540 000 пъти по-висока от тази на Слънцето. В най-късен стадий от своята еволюция е Бетелгейзе, която вече е в стадия на червен свръхгигант.



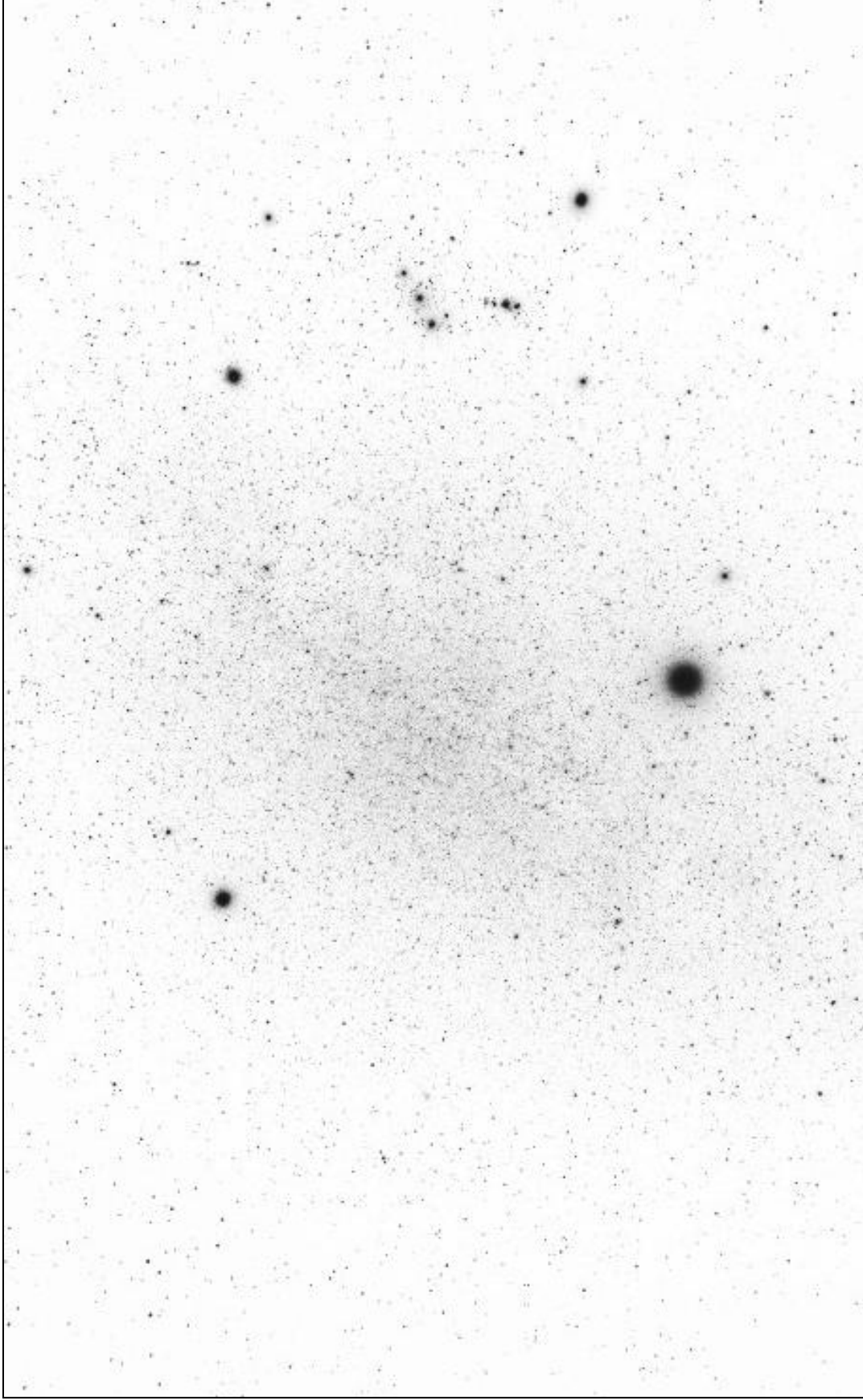
Критерии за оценяване (общо 10 т.)

За означаване на поне 5 съзвездия и 9 ярки звезди – 4 т.

За намиране на информация за параметрите на звездите – 6 т.



Звездните купове Плеяди и Хиади



Зимно небе – към задача 6.

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 ρ 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.

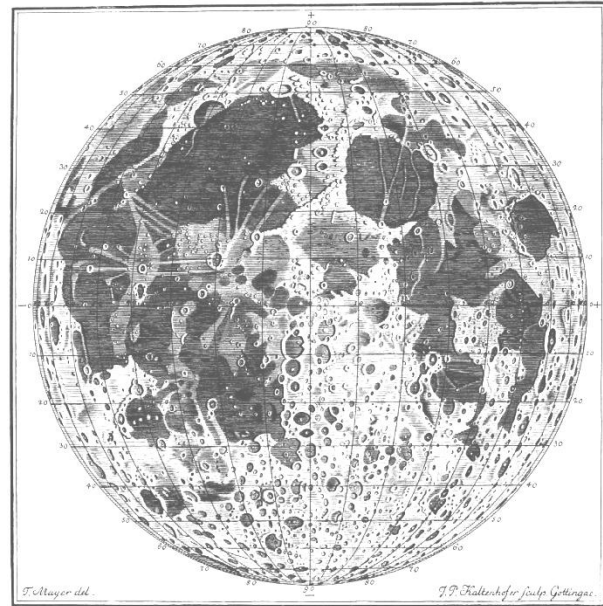
За намиране на необходимите данни за Слънцето, Земята и осмия – 2 т.

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).

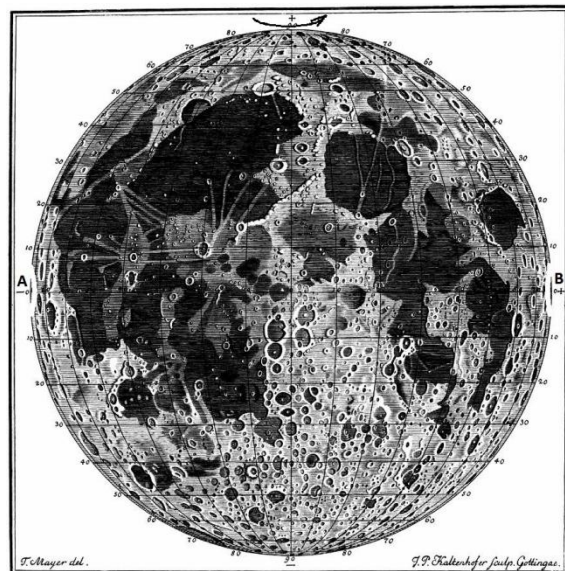
2 задача. Земя над хоризонта. На снимката вляво виждате Земята на лунния хоризонт.

- 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? Нарисувайте 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 еkvатора 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° , ако я сравним с начина, по който тя изглежда за наблюдател в областта А, както е показано на горната фигура.

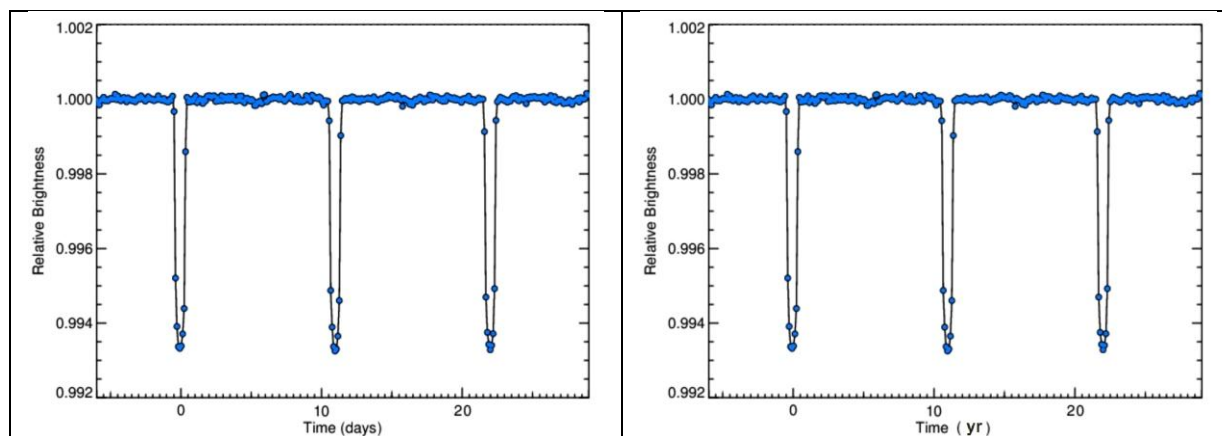
Критерии за оценяване (общо 10 т.):

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° . 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° и $+63^\circ$. Следователно географските пунктове, от които може да се наблюдава в някакъв момент Млечният път перпендикулярно на хоризонта, се намират между 63° северна ширина и 63° 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° . Той е неизгряващ за места с южна географска ширина, по-висока от 63° . 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° северна ширина и 63° 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.

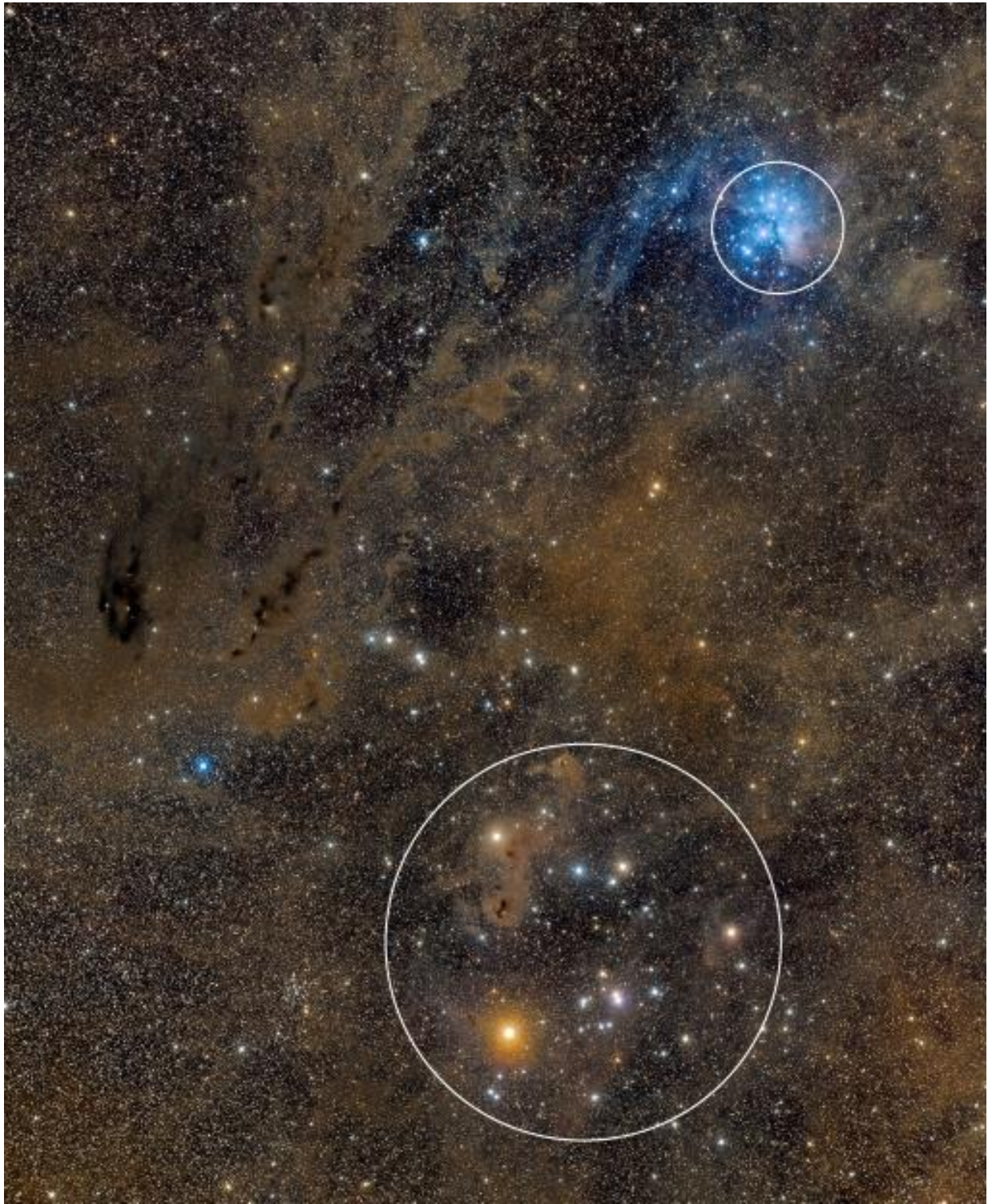
Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За определяне коя е галактиката – 1 т.

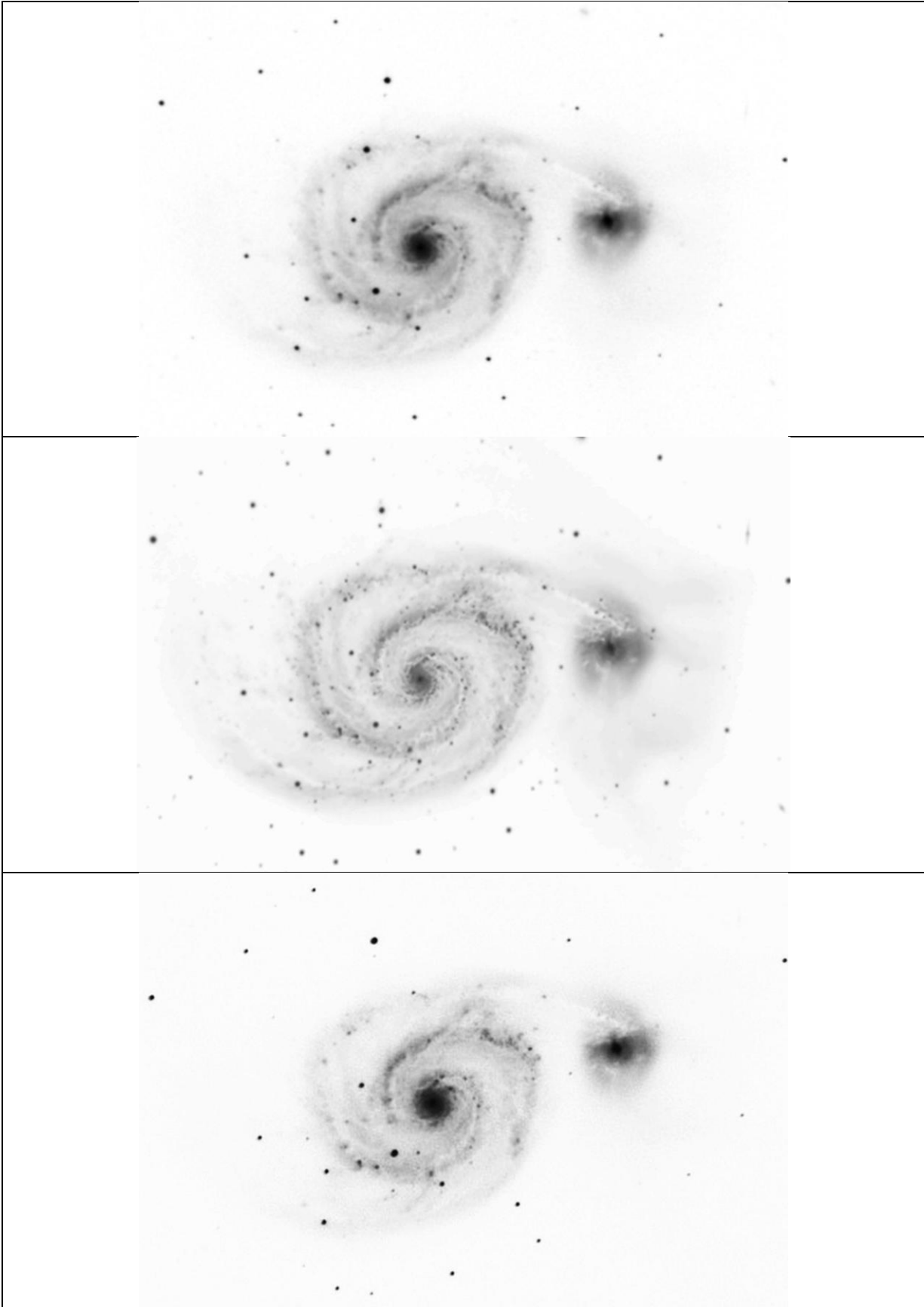
За посочване на астронома, който я е изследвал и неговия телескоп – 3 т.

За прерисуване на зарисовката – 3 т.

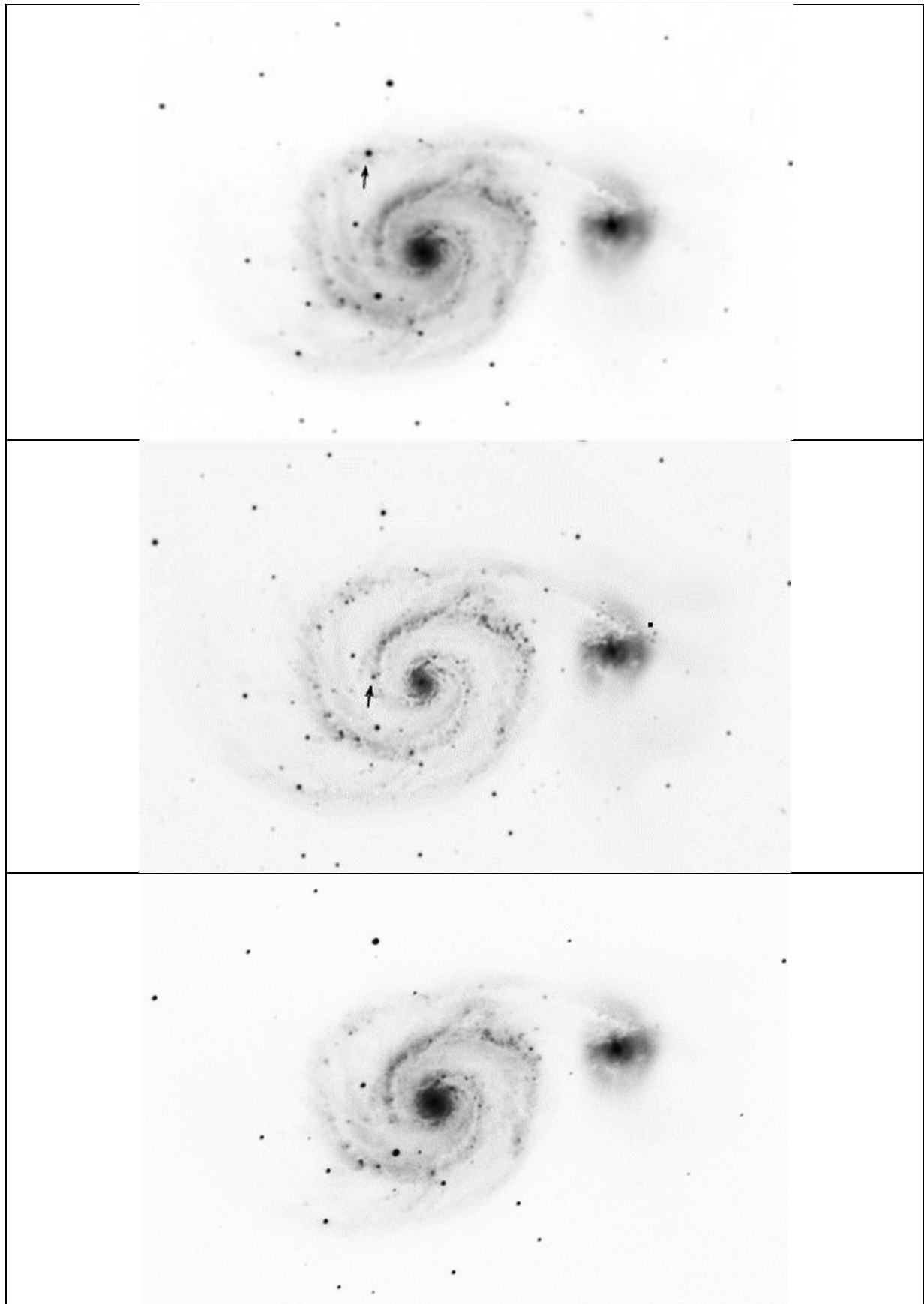
За идентифициране на свръхновите – 3 т.



Звездните купове Плеяди и Хиади



Фиг. 1.

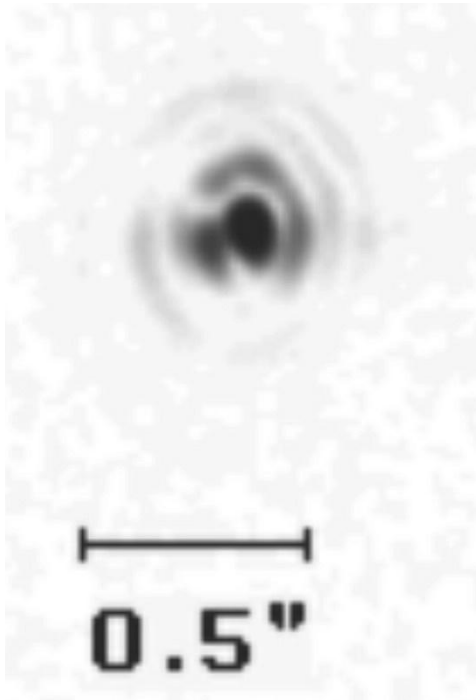


Фиг. 1 – решение с обозначения на откритите свръхнови

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Общински кръг на олимпиадата по астрономия
2019 – 2020 учебна година
Възрастова група XI-XII клас – решения

1 задача. Течно огледало.



Фиг.1.

От много десетилетия се работи върху създаването на големи телескопи с течни живачни огледала, които се въртят около вертикална ос и така придобиват идеална параболична форма. Такъв телескоп може да наблюдава само в зенита, но затова пък е с десетки пъти по-ниска стойност отколкото същия по размери телескоп със стъклено огледало. Вече е построен 6-метров телескоп с течно огледало и се мисли за още по-голям. При предварителната подготовка за това начинание се провеждаха опити с по-малки огледала. На Фиг.1. виждате дифракционно изображение на изкуствена звезда, получено с едно от опитните течни огледала. Дефектите в дифракционното изображение се дължат на вибрациите на течната повърхност на огледалото.

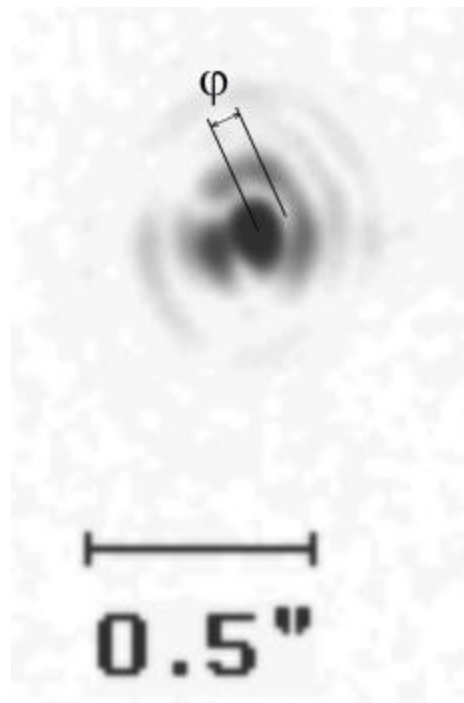
Нека източникът на светлина за изкуствената звезда има максимум на излъчване в спектрална област с дължина на вълната около 660 nm.

• Какъв е диаметърът на течното огледало, с което е получено това изображение? Внимателно нарисуйте схема, на която ясно е показано и обяснено какво точно измервате и как пресмятате стойността на исканата величина.

Решение: Размерът на дифракционното изображение на звездите е обратно пропорционален на диаметъра на главното огледало на телескопа и право пропорционален на дължината на вълната на светлината, която формира изображението. Връзката се дава от формулата на Ейри:

$$\varphi = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

Линейните величини λ и D трябва да са в еднакви единици, примерно в метри. Тук φ е радиусът на първия минимум в дифракционното изображение, т.е. от центъра до средата на първия светъл пръстен (изображението е негативно).



Измерваме радиуса на пръстена в милиметри с максимална точност и получаваме, че:

$$\varphi = 4.0 \text{ mm}$$

Измерваме машабната отсечка в милиметри и получаваме за дължината ѝ:

$$l = 29.0 \text{ mm}$$

Следователно в дъгови секунди радиусът на дифракционното изображение е:

$$\varphi = \frac{4.0}{2 \cdot 29.0} = 0.069''$$

Във формулата на Ейри ъгълът се получава в радиани. За да преминем от дъгови секунди в радиани трябва да разделим стойността на ъгъла, в дъгови секунди, на броя на дъговите секунди в един радиан, т.е. на 206265. Окончателно за диаметъра на телескопа получаваме:

$$D = \frac{206265 \cdot 1.22 \cdot \lambda}{\varphi} = 2.4 \text{ m}$$

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилни измервания върху снимката и правилен начин на определяне на ъгловия размер на дифракционното изображение – 4 т.

За разбиране и правилно използване формулата на Ейри – 5 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

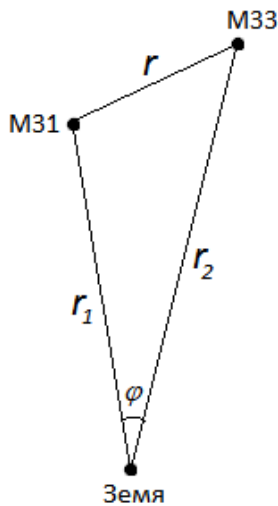
2 задача. Галактики. На снимката виждате двете най-близки до нас големи галактики – М31, или галактиката в Андромеда, и М33 в съзвездието Триъгълник. Разстоянието до М31 е 2.54×10^6 светлинни години, а до М33 – 2.73×10^6 светлинни години. Видимото ъглово разстояние между двете галактики е $14^\circ 46'$.

- А) Светловиолетов астроном любител от галактиката М33 се любува на красивата гледка, която представлява за него галактиката М31. Какъв ще бъде видимият ъглов размер на М31 за този наблюдател?

- Б) Нарисувайте как ще изглежда галактиката М31 за извънземния астроном любител – определете приблизително съотношението на голямата и малката полуос на елипсата, в която тя ще се проектира за него.



Решение:



Означаваме с r_1 и r_2 разстоянията от нас до галактиките M31 и M33, с r линейното разстояние между двете галактики и с φ видимото ъглово разстояние между тях. От косинусовата теорема намираме:

$$r^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \varphi$$

$$r \approx 0.703 \times 10^6 \text{ ly}$$

Изображението на галактиката M31 представлява елипса – това е проекцията на галактиката в равнината на снимката. Да означим с a и b голямата и малката полуос на тази елипса. Нека j да бъде ъгълът между галактичната равнина на M31 и зрителния лъч от земния наблюдател.

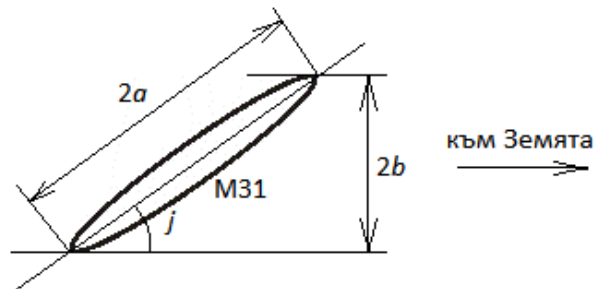
$$\sin j = \frac{2b}{2a}$$

Измерваме върху снимката и получаваме:

$$2a = 30 \text{ mm}$$

$$2b = 8 \text{ mm}$$

$$j \approx 15.5^\circ$$



Измерваме разстоянието между центровете на М31 и М33 на снимката и получаваме $d = 122$ мм. Като знаем, че видимото ъглово разстояние между двете галактики е $\varphi = 14^{\circ}46'$, можем да намерим мащаба на снимката. Чрез него намираме видимия ъглов размер на галактиката М31 за земния наблюдател:

$$\Delta_1 = \frac{2a}{d} \cdot \varphi$$

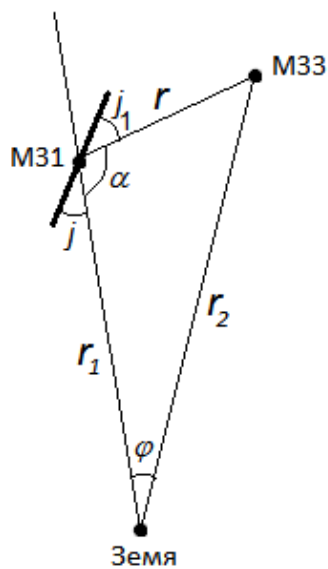
За видимия ъглов размер на М31, наблюдаван от М33, можем да напишем:

$$\Delta = \Delta_1 \frac{r_1}{r} = \frac{2a}{d} \cdot \varphi \cdot \frac{r_1}{r}$$

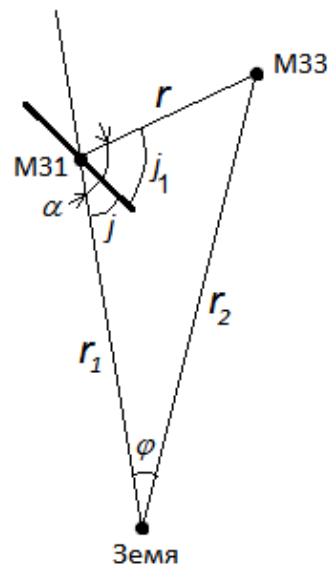
$$\Delta \approx 13^{\circ}$$

От галактиката М33 наблюдателят ще вижда М31 с около 3.6 пъти по-голям ъглов размер, отколкото е нейният видим ъглов размер за земен наблюдател.

Трябва да определим ъгъла j_1 , който сключва галактичната равнина на М31 със зрителния лъч за наблюдател, намиращ се в М33. Приемаме, че голямата ос на елиптичното изображение на М31 е перпендикулярна на посоката от центъра на изображението на М31 към центъра на изображението на галактиката М33 върху снимката. Тъй като не знаем как точно галактиката М31 е наклонена спрямо зрителния лъч към нас, т.е. коя е по-близката до нас половина от нейния галактичен диск, то са възможни два случая:



I случай



II случай

Първо ще намерим ъгъла α . Използваме синусовата теорема:

$$\frac{\sin \alpha}{r_2} = \frac{\sin \varphi}{r}$$

$$\sin \alpha = \frac{r_2}{r} \sin \varphi$$

$$\alpha \approx 98.2^{\circ}$$

При определянето на ъгъла α трябва да имаме предвид, че разстоянието до М33 е по-голямо от разстоянието до М31 и ъгълът φ е малък. Следователно ъгълът при М31 е по-голям от 90° . Синусите на ъглите 81.8° и 98.2° са еднакви, но ние трябва да изберем ъгъла, който е по-голям от 90° .

В първия случай:

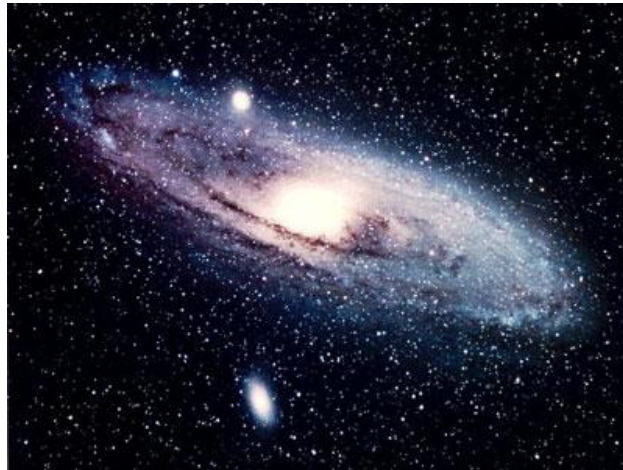
$$j_1 = 180^\circ - \alpha - j = 66.3^\circ$$

Във втория случай:

$$j_1 = \alpha - j = 82.7^\circ$$

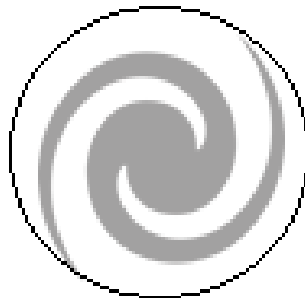
Галактиката М31 ще изглежда за наблюдател в М33 като елипса с отношение на малката ос към голямата ос, равно на $\sin j_1$. В първия случай това съотношение ще бъде 0.92, а във втория случай 0.99.

Да разгледаме обаче, една по-добра снимка на М31:



Тъмните ивици от междузвездно вещество от долната страна на галактиката минават пред нейната ярка централна част. Така се убеждаваме, че тази страна на галактиката е по-близката до нас. Като сравним с по-горната снимка стигаме до извода, че по-близката до нас страна на М31 е онази, която е в посока към М33. Следователно е реализиран вторият случай.

Не може да се постигне особена точност при пресмятането на тези съотношения, още повече като се има предвид нашето приблизително приемане, че голямата ос на изображението на М31 е перпендикулярна на линията М31 – М33 на снимката (отклонението е около 8° - 9°). Така или иначе, наблюдателят от М33 ще може да се любува на всеки детайл от галактиката М31, обърната практически „в анфас“ към него, като тя ще изглежда така:



Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За измервания върху снимката и правилен начин на определяне на видимия ъглов размер на М31 от М33 – 3 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

За измервания и правилен метод за определяне на съотношението на осите на изображението на М31, което ще се вижда от наблюдател, намиращ се в М33 – 5 т.

За правилен числен отговор и рисунка – 1 т.

Забележка: Ако отговорът на второто подусловие е получен без да се определи коя страна на М31 е действително по-близката до нас, оценката се намалява с 1 т. При измерванията поради размитите граници на галактиката М31 участниците ще получат резултати, които са леко различни от представените тук. При правилни разсъждения и пресмятания тези решения следва да се считат за верни.

3 задача. В открития космос. През 1965 г. космонавтът Алексей Леонов става първият човек, който излиза в открития космос. Алексей Леонов е и художник и вие виждате една от неговите картини. На нея е отразен момент от космическата му разходка извън кораба.

Проучете нужната информация за този исторически полет. Определете дали точно един орбитален период по-късно космонавтите са могли да видят отново цялото Черно море от борда на кораба „Восход-2“.



Решение:

Космическият кораб „Восход-2“ се е движил около Земята по орбита с перигей на височина $h_1 = 167$ км над земната повърхност, апогей на височина $h_2 = 475$ км и

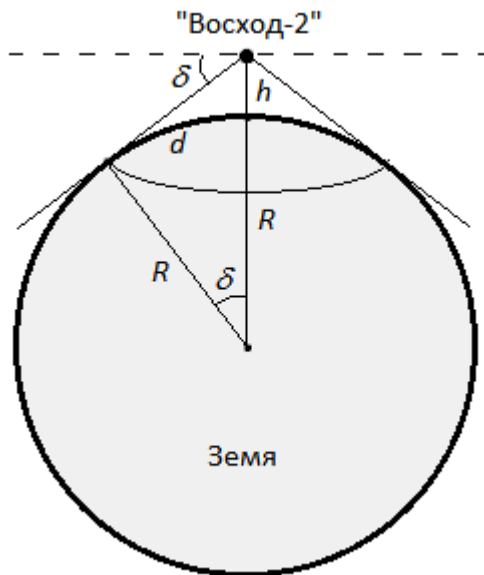
орбитален период $T = 90.9$ минути. Географската ширина на някаква средна точка от Черно море е около $\varphi = 43^\circ$. Ъгълът, на който се е завъртяла Земята за време T , ще бъде:

$$\alpha = \frac{T}{23\text{h } 56\text{m}} \cdot 360^\circ \approx 22.79^\circ$$

Нека да приемем, че в момента, отразен на картината, корабът се е намирал над точка от земната повърхност, която е, условно казано, в средата на Черно море. След един орбитален период на кораба Земята ще се е завъртяла на ъгъл α в източна посока. Тогава корабът ще прелети над някаква друга точка, която ще отстои на известно разстояние на запад от първата точка. Разстоянието ще бъде:

$$r = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi R \cos \varphi \approx 1853 \text{ km}$$

където $R = 6371 \text{ km}$ е радиусът на Земята.



Да пресметнем разстоянието до хоризонта за космонавтите, когато корабът се намира на височина h над земната повърхност. Ъгълът, с който физическият хоризонт се понижава под математическия хоризонт, ще бъде:

$$\delta = \arccos \frac{R}{R+h}$$

Разстоянието от точката от земната повърхност, над която се намира корабът, до хоризонта ще бъде:

$$d = 2\pi R \cdot \frac{\delta}{360^\circ}$$

Ние не знаем в коя точка от елиптичната си орбита се е намирал космическият кораб в разглежданите моменти, затова ще пресметнем разстоянието d за двата екстремални случая – когато корабът е в перигей и в апогей.

Съответно за двата случая получаваме:

$$d_1 \approx 1443 \text{ km}$$

$$d_2 \approx 2387 \text{ km}$$

Един орбитален период на кораба след момента, отразен на картината, средната точка на Черно море ще се е преместила с 1853 km на изток. Това разстояние е по-голямо от разстоянието d_1 . Следователно въпросната средна точка ще бъде извън видимия хоризонт на кораба и космонавтите няма да виждат изцяло Черно море. Ако корабът е в апогей, то средната точка от Черно море ще бъде все още в рамките на видимия хоризонт на кораба. По-точно, тя ще се намира на разстояние $d_2 - r = 534 \text{ km}$ от хоризонта. Справка с географската карта или с GoogleEarth ни показва обаче, че най-източната точка на Черно море се намира на около 623 km от средата на морето. Следователно най-източната част от Черно море все пак ще е малко извън хоризонта.

Така стигаме до окончателния извод, че във втория момент от време космонавтите няма да виждат цялото Черно море от борда на космическия кораб, на каквато и височина да се намира той от земната повърхност по своята орбита.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За намиране на необходимите числени данни – 2 т.

За правилен метод на разсъждение и пресмятания – 6 т.

За вярно крайно заключение – 2 т.

Забележка: Участникът може да е пресметнал първо дали Черно море ще се вижда изцяло в случая на прелитане на кораба през апогея и да е стигнал до правилния извод. Ако в резултат на това е обяснил, че не е нужно да се правят пресмятания за по-неблагоприятния случай на прелитане през перигея, то решението да се счита за пълно и вярно.

4 задача. Седемте сестри. Дадено ви е негативно изображение на разсеяния звезден куп Плеяди.

- А) Девет от звездите имат гръцки имена. Напишете тези имена върху снимката.
- Б) Защо Плеядите се наричат „Седемте сестри“? Кои от деветте звезди носят имената на седемте сестри?
- В) Купът Плеяди е отдалечен от нас на 444 светлинни години. Видимото ъглово разстояние между звездите Атлас и Електра е $58'55''$. Оценете средното разстояние между звездите с имена в Плеядите. Сравнете го с разстоянията между звездите в близките околности на Слънчевата система. Защо при това Плеядите се наричат звезден куп?
- Г) Намерете информация за оценката на възрастта на този звезден куп. Според съвременните представи защо се наблюдава мъглявина около ярките звезди?

Решение:

А) Имената на звездите са написани на снимката в приложенията. Те са Плейона, Атлас, Мeroпа, Алциона, Електра, Калеано (Келено или Келайно – по-близо до оригиналното звучене), Майя (Мая - вариант), Тайгета и Астеропа (Стеропа – вариант на името, по-близък до оригиналното име).

Б) Седемте сестри са *нимфи* – те са Мeroпа, Алциона, Електра, Калеано, Майя, Тайгета и Астеропа. Те са дъщери на океанидата Плейона и титана Атлас, които също са включени в Плеядите.

В) Измерваме разстоянието между Атлас и Електра в милиметри. Получаваме, че то е $d_0 = 153$ мм. Нека изразим ъгловото разстояние между Атлас и Електра в градуси :

$$\varphi = 0^\circ 58' 55'' = 0.982^\circ$$

Тогава разстоянието между звездите в светлинни години може да се представи по следния начин:

$$x = \varphi r \frac{\pi}{180^\circ} = 7.6 \text{ ly}$$

където r е разстоянието от нас до звездния куп.

Трябва да се оцени средното разстояние между деветте ярки звезди в Плеядите. Разстоянието между Атлас и Електра ни дава някаква оценка за размера на пространствената област, в която се разполагат деветте звезди. Нека обаче, си представим, че тези звезди са само част от по-голямо количество звезди в по-голяма пространствена област. Тогава става ясно, че границите на областта не трябва плътно да описват групата звезди, а да преминават на определено разстояние от крайните звезди, което в най-добрия случай е равно на радиуса R_* на малките сферични обеми, които приписваме на всяка една звезда. Следователно радиусът на сферичната област, която приписваме на групата от 9 звезди е:

$$R_{Pl} = \frac{x}{2} + R_*$$

Обемът на тази област:

$$V_{Pl} = \frac{4}{3}\pi R_{Pl}^3$$

Обемът съответстващ на една звезда е:

$$V_* = \frac{4}{3}\pi R_*^3 = \frac{V_{Pl}}{N}$$

където $N = 9$ е броят на звездите.

Оттук получаваме, че:

$$R_* = \frac{R_{Pl}}{\sqrt[3]{N}}$$

$$R_* = \frac{\frac{x}{2} + R_*}{\sqrt[3]{N}}$$

$$R_* = \frac{x}{2(\sqrt[3]{N} - 1)}$$

Разстоянието между звездите r_* е два пъти по-голямо от радиусите на сферичните обеми, приписани на всяка от звездите:

$$r_* = 2R_* = \frac{x}{(\sqrt[3]{N} - 1)} \approx 7 \text{ ly}$$

(Понеже броят на звездите е много малък и те не са разположени като компактна група е ясно, че оценката, която получихме за средното разстояние между звездите, е завишена. Все пак тя дава представа за разстоянията между най-ярките звезди в купа.)

Намираме информация за разстоянията до осемте най-близки до Слънцето звезди. Виждаме, че средното разстояние до тях е около 7.5 ly. Следователно разстоянията между най-ярките звезди в Плеядите е сравнимо с разстоянията между звездите в околностите на Слънчевата система. Плеядите са звезден куп, защото освен тези звезди, към тях принадлежат и стотици други звезди, с по-малки маси и светимости.

Възрастта на Плеядите се оценява на около 115 милиона години. За това време всички мъглявини, останали от образуването на звездите, биха се разсеяли. Мъглявините, които се виждат около най-ярките звезди, не са свързани по произход с Плеядите. Звездният куп случайно преминава през област, богата на разредени газове и прахови мъглявини.

Възможни са и други методи за определяне на средните разстояния между ярките звезди в Плеядите. Примерно, може да се определи средната големина на проекцията на индивидуалните разстояния на звездите (примерно от Алциона до останалите звезди). И след това да се разсъждава как звездите са разпределени в пространството – на разстояние от централната равнина равно на средната проекция или на най-вероятното разстояние от нея. Всички тези методи следва да се приемат и да се оценяват с някакъв брой точки. Приемливи са числени резултати за средното разстояние от 4 ly до 8 ly.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За написване на имената върху снимката – 1 т.

За посочване на имената на „седемте сестри“ – 1 т.

*За разбиране, че наблюдаваме проекция на разстоянията между звездите – 2 т.
За изграждане на смислен математически метод (модел) за оценка на разстоянията между звездите – 3 т.*

За получаване на числен резултат в посочените граници – 1 т.

За намиране на информация за типичното разстояние между звездите в околностите на Слънчевата система и сравняване с него – 1 т.

За намиране на информация за възрастта на Плеядите и за връзката на мъглявините с купа – 1 т.

5 задача. Лунен изгрев

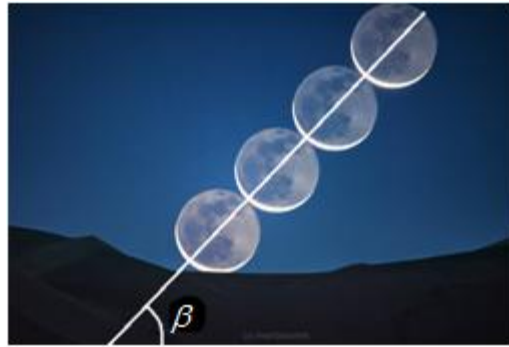
На снимката виждате последователни положения на Луната, заснети малко след нейния изгрев, някъде по Земята.

- А) От кое полукълбо са направени снимките? Каква е приблизителната географска ширина?
- Б) Приблизително в каква фаза е Луната – колко дни са минали или остават до най-близкото във времето новолуние?
- В) През какъв интервал от време са заснети изображенията?
- Г) На снимката се вижда и сияние от тъмната, неогрята от Слънцето половина на Луната – “пепелна светлина”. На какво се дължи то?



Решение:

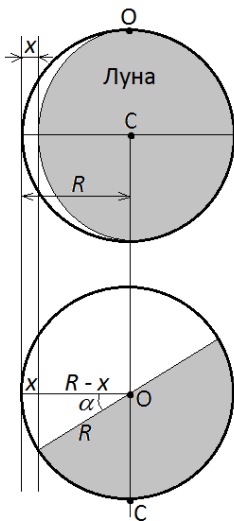
При сравнение с лунна карта виждаме, че на снимката Морето на студа се намира в горната лява част от лунния диск. В тази част е и северният полюс на Луната. Оттук заключаваме, че снимката е направена от северното полукълбо на Земята. До същи извод можем да стигнем и като имаме предвид, че е заснет лунен изгрев и видимият път на Луната по небето е наклонен надясно спрямо хоризонта.



Прекарваме права линия, минаваща през центровете на лунните изображения. Приемаме, че долната страна на снимката е успоредна на хоризонта. Измерваме ъгъла между прекараната от нас права и хоризонта и получаваме $\beta \approx 47^\circ$. Оттук следва, че географската ширина на мястото е:

$$\varphi = 90^\circ - 47^\circ = 43^\circ$$

Луната се вижда като много тънък сърп, обърнат с изпъкналата си страна наляво. Само като гледаме снимката, можем да кажем приблизително, че фазата на Луната е около 1-2 дни преди новолуние. Но можем и да се опитаме да оценим това по-точно. Измерваме внимателно на снимката диаметъра на лунното изображение $2R$ и отсечката x , представляваща ширината на най-широката част от лунния сърп. Получаваме $2R = 22 \text{ mm}$ и $x = 1.1 \text{ mm}$.



На схемата вляво горното изображение показва как изглежда Луната за земния наблюдател, като точката С е центърът на видимата страна на нашия спътник. Долното изображение показва Луната обърната така, както бихме я виждали, ако се намираме над точката О. Луната е във фаза малко преди новолуние. За да настъпи новолуние, трябва терминаторът на Луната да се завърти на ъгъл α , който можем да определим от равенството:

$$\cos \alpha = \frac{R - x}{R}$$

$$\alpha \approx 26^\circ$$

Синодичният лунен месец е $T_{SYN} = 29.53$ денонощия. Времето до настъпването на новолунието тогава ще бъде:

$$t = T_{SYN} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} \approx 2.1 \text{ денонощия}$$

Следователно фазата на Луната е около 2 денонощия преди новолуние.

Вижда се, че за времето между фотографирането на два съседни кадъра, които са насложени върху снимката, Луната е изминавала един свой диаметър при видимото си денонощно движение по небето. Ъгловият диаметър на Луната е $\delta = 0.5^\circ$. Трудно е да се установи каква е била деклинацията на Луната при това наблюдение. Ще приемем, че тя се е намирала на небесния екватор. Видимата ъглова скорост на Луната при денонощното ѝ движение ще бъде:

$$\omega' = \frac{360^\circ}{T_0} - \frac{360^\circ}{T_{SID}}$$

където $T_0 = 23\text{h}56\text{m}$ е звездното денонощие, а $T_{SID} = 27.32$ денонощия е сидеричният лунен месец. Интервалът от време между два кадъра ще бъде:

$$\Delta t = \frac{\delta}{\omega'} \approx 2 \text{ минути}$$

Пепелната светлина се дължи на това, че нощната страна на Луната се осветява от Земята, която за лунния наблюдател ще бъде във фаза, противоположна на наблюдаваната от нас лунна фаза. Това означава, че лунната повърхност ще се огрява от Земята във фаза, близка до „пълноземие“.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За определяне от кое полукълбо е направена снимката – 2 т.

За определяне на географската ширина на мястото – 2 т.

За определяне на фазата на Луната – 3 т.

Забележка: Измерванията върху изображението на Луната с цел определяне на фазата, са много неточни. Те не дават съществено по-добър резултат от преценката на око. Ако фазата на Луната е определена приблизително, само по вида на лунния сърп, без пресмятания, участникът следва да получи 2 т.

За определяне на интервала между два кадъра – 3 т.

6 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° . 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 равна на географската ширина на това място. Деклинацията на различни точки от централната линия на Млечния път би трябвало да варира между -63° и $+63^\circ$. Следователно географските пунктове, от които може да се наблюдава в някакъв момент Млечният път перпендикулярно на хоризонта, се намират между 63° северна ширина и 63° 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° . Той е неизгряващ за места с южна географска ширина, по-висока от 63° . Следователно във всички

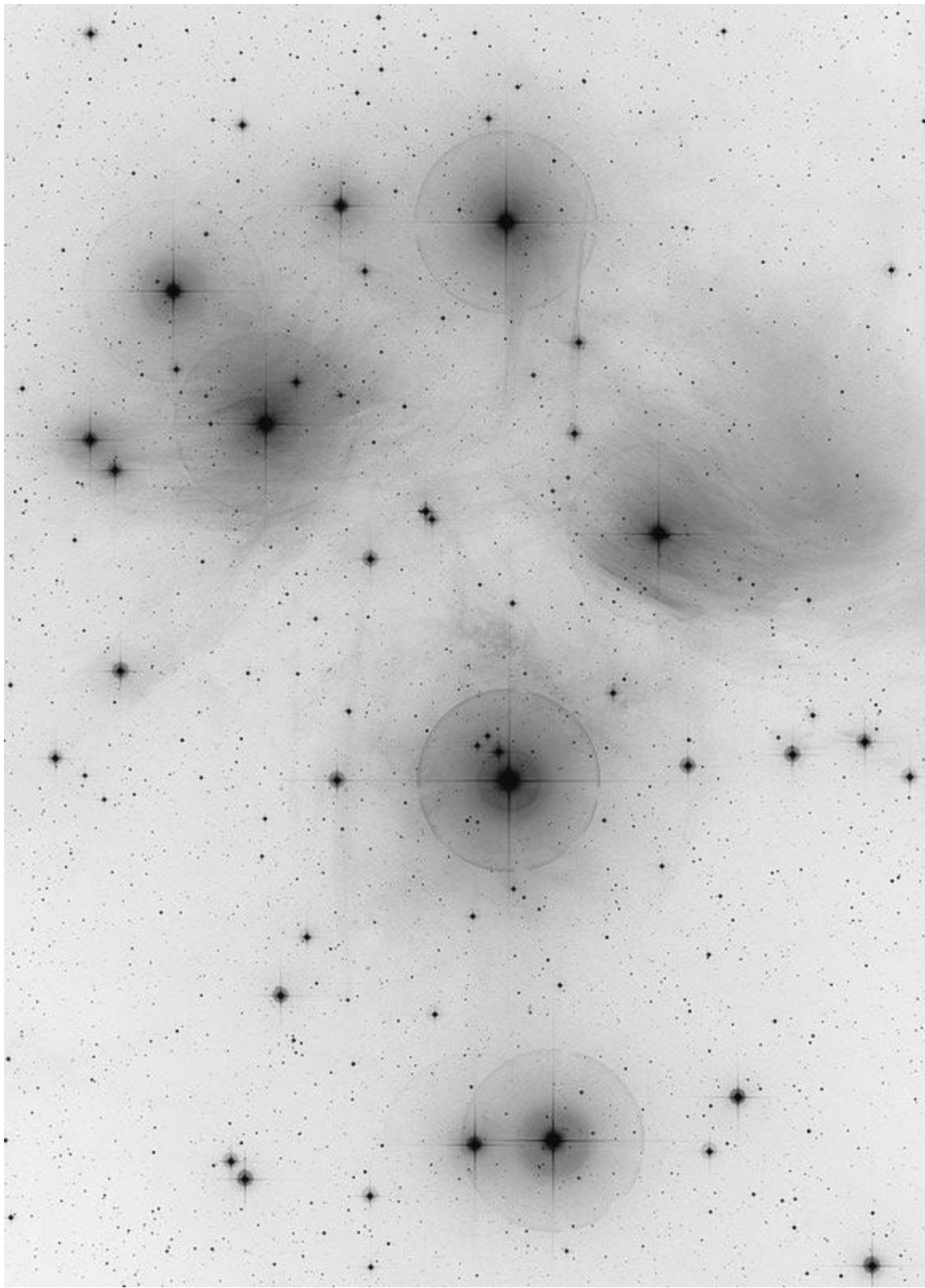
точки по земната повърхност, извън тези две области, Млечният път може да се наблюдава перпендикулярно на хоризонта в дадени моменти от време. А това са областите между 63° северна ширина и 63° южна ширина. (Тук не отчитаме факта, че Слънцето не се намира точно върху централната равнина на галактичния диск, поради което централната линия на Млечния път не представлява точно голям кръг от небесната сфера).

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

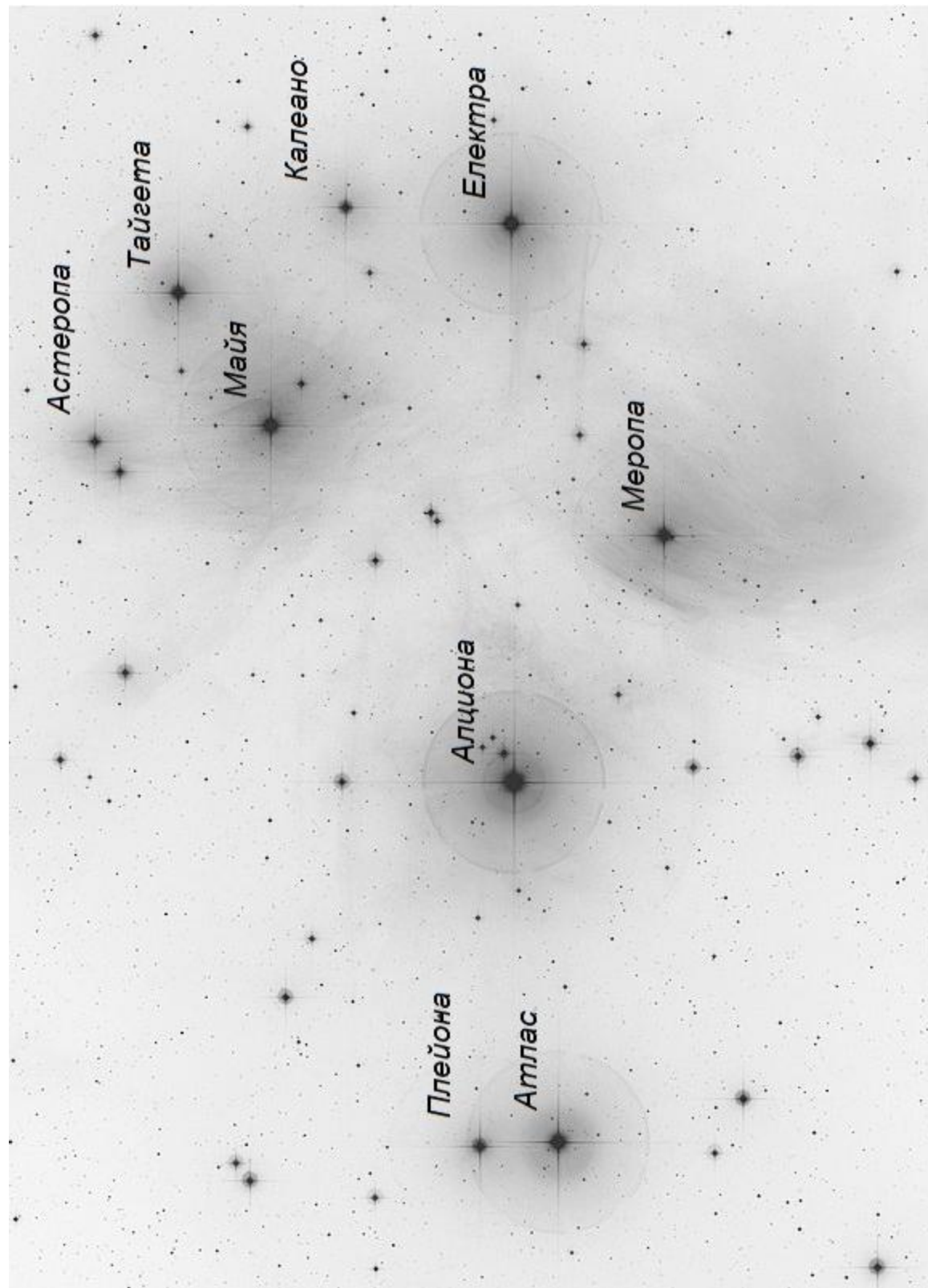
За намиране на информация за разположението на Млечния път спрямо небесния екватор и небесни координати на определени точки – 2 т.

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

За правилен краен отговор – 2 т.



Плеядите – към задача 3.



Плеядите – към решението на задача 3.