

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Областен кръг на олимпиадата по астрономия
23 февруари 2019 г.
Възрастова група VII-VIII клас – решения

1 задача. Всички на Луната. Към настоящия момент на Земята живеят около 7.7 милиарда души. Представете си, че всички хора са отлетели на Луната и са се събрали в един лунен кратер. Застанали са така, че на всеки човек е предоставена площ от 1 m^2 .

- А) Какъв трябва да е диаметърът на най-малкия лунен кратер, който може да събере цялото население на Земята?
- Б) Ако разделителната способност на човешкото око е около $100''$ (дъгови секунди), то ще може ли земен наблюдател (единственият останал на Земята ...) да забележи този кратер без телескоп, ако контрастът с околната повърхност е достатъчно добър? Разстоянието от Земята до Луната е $384\,000 \text{ km}$.

Решение:

Ако диаметърът на кратера е D , то общата площ на кратера трябва да е:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 7.7 \times 10^9 \text{ m}^2$$

Оттук получаваме:

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \approx 99 \text{ km}$$

На разстояние $r = 384\,000 \text{ km}$ видимият ъглов диаметър на кратера в дъгови секунди ще бъде:

$$\delta = \frac{D}{r} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \cdot 60'' \approx 53''$$

Това означава, че е достатъчно да се отдалечим само на съвсем малко в космически мащаби разстояние, каквото е разстоянието до Луната, и вече територията, заемана от всички хора на Земята събрани заедно, става незабележима за нашите очи.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилен начин на пресмятане на диаметъра на кратера – 5 т.

За верен числен резултат – 1 т.

За правилен начин на пресмятане на ъгловия диаметър на кратера – 4 т.

За верен числен резултат – 1 т.

За правилно заключение относно видимостта на кратера – 1 т.

2 задача. Затъмнения. Лунният синодичен месец е средният период между две едноименни лунни фази (например между две новолуния или две пълнолуния). Първото затъмнение в 2019 г. е слънчево и е било на 6 януари. Последното е също слънчево и е на 26 декември, или 12 лунни синодични месеца след първото затъмнение.

- А) Намерете продължителността на лунния синодичен месец.
- Б) През 2019 г. има още три затъмнения – на 21 януари, 2 юли и 17 юли. Определете какви са те – дали са слънчеви или лунни затъмнения.

Решение.

А) За да намерим продължителността на синодичния месец, първо намираме каква е продължителността на интервала от време в денонощия между моментите на двете слънчеви затъмнения. Можем да пресметнем това по два начина. Първо да преброим дните от 6 януари до 26 декември или второ, да преброим дните между 26 декември и 6 януари и получения резултат, равен на 11 денонощия, да извадим от броя на дните в годината. Получаваме $365 - 11 = 354$ денонощия. Ако разделим този интервал от време на 12, за стойността на синодичния месец ще получим 29.5 денонощия.

Този резултат не е съвсем точен. При пресмятането ние не отчетохме, че на всеки 4 години една е високосна, т. е. средна продължителност на годината е по-близо до 365.25 денонощия, а не до 365, както приехме в горното пресмятане. Като извадим от тях 11 денонощия и разделим на 12 за стойност на синодичния месец ще получим 29.52 денонощия. *Този резултат е по-близък до истинската средна стойност, равна на 29.530058812 средни слънчеви денонощия.*

Б) Слънчеви затъмнения могат да стават през интервали от време приблизително кратни на синодичния месец, защото Луната е в новолуние през интервали от време приблизително равни на средния синодичен месец. Лунните затъмнения са изместени относно слънчевите приблизително с половин синодичен месец. *(Малките разлики се дължат на неравномерното движение на Земята около Слънцето поради елиптичността на земната орбита, както и на промени в орбитата на Луната предизвикани от Слънцето и големите планети – въртене на линията възлите, промени във формата на орбитата и др.)* Затова в датите на затъмненията, които отстоят на цял брой синодични месеци от 6 януари или 26 декември, ще има слънчеви затъмнения. В датите, които отстоят на интервал от време, допълнително отместен на половин синодичен месец, когато Луната в пълнолуние, могат да се случват лунни затъмнения. Пресмятаме броя на синодичните месеци до датите на затъмненията и виждаме, че до 2 юли има точно 6 синодични месеца и следователно тогава ще има слънчево затъмнение. Останалите дати, 21 януари и 17 юли, са отдалечени на половин месец от дати на слънчеви затъмнения и следователно тогава ще има лунни затъмнения.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За пресмятане на синодичния месец – 3 т.

За определяне какво ще е затъмнението на всяка от трите дати и обяснение – 3×3 т. = 9 т.

3 задача. Декемврийска нощ. На 22 декември 2018 г. вечерта седмокласник, мечтаещ да стане астроном, изучава съзвездията на зимното небе. В 18^{h} над хоризонта могат да се наблюдават (вижте Карта 1 и Карта 2):

- на юг – Марс, Пегас, Риби;
- на запад – Лира, Орел;
- на север – Голямата мечка, Малката мечка
- на изток – пълната Луна, Плеядите, Хиадите, частично над хоризонта Орион

• А) Кои от изброените обекти са съзвездия и от какъв вид са останалите обекти?

• Б) След като цяла нощ ученикът решава задачи по астрономия, в 06^{h} сутринта той отново излиза навън. Кои от изброените обекти все още са били над хоризонта тогава и кои вече са били под хоризонта? Приблизително в какви посоки са се виждали обектите останали над хоризонта?

18^h?

- В) Кои от тези обекти ще може да види седмокласникът на 22 юни 2019 г. в

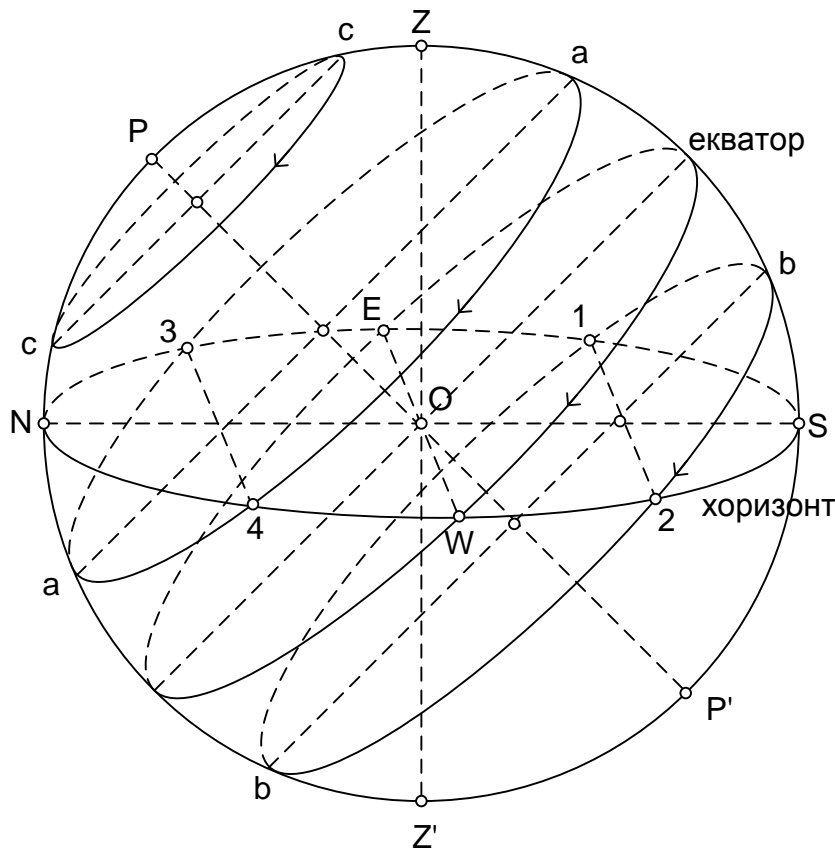
Решение:

От изброените в условието обекти съзвездия са следните: Пегас, Риби, Лира, Орел, Голямата мечка, Малката мечка, Орион.

Марс е планета, а Луната – спътник на планета.

Плеядите и Хиадите са звездни купове.

До 6^h сутринта, когато ученикът отново поглежда небето, са изминали 12 часа, или половин денонощие. Когато разсъждаваме за видимостта на обектите над хоризонта след дадения период от време, трябва да имаме предвид какви пътища изминават те при видимото денонощно движение на небесната сфера, което става от изток на запад около световната ос PP'.



Както се вижда от схемата, ако едно небесно светило се намира на небесния екватор, то изгрява от точката изток (E), залязва в точката запад (W) и се намира над хоризонта през половината от периода на видимо денонощно въртене. Ако едно небесно светило има по-голяма северна деклинация (денонощният паралел aa на схемата), то ще изгрее от точка на хоризонта, която е между точките изток и север (3), ще залезе в точка, която е между точките запад и север (4), и ще има по-дълъг път над хоризонта, отколкото под хоризонта, както се вижда от денонощния паралел aa. Ако светилото е в южната небесна полусфера, т.е. ако има отрицателна деклинация (денонощният паралел bb), то ще изгрее от точка, която е между точките изток и юг (1), ще залезе в точка, която е между точките запад и юг (2) и ще има по-кратък път над хоризонта, отколкото под хоризонта. Ако светилото е с достатъчно голяма северна деклинация – по-голяма от географската ширина на наблюдателя, то изобщо няма да залязва (денонощният паралел cc).

Планетата Марс и съзвездията Пегас и Риби са се виждали не много високо над хоризонта на юг при първото наблюдение. Тогава те са били в позиции около

горна кулминация. Дванайсет часа по-късно тези обекти трябва да са били около долна кулминация и със сигурност под хоризонта.

Съзвездието Орел, което в началото е било над хоризонта на запад, при второто наблюдение трябва да е било под хоризонта. Съзвездието Лира в началото на нощта е било доста отклонено надясно от точката запад – виждало се е на запад-северозапад. То има по-голяма деклинация и затова пътят му над хоризонта е по-дълъг отколкото пътя под хоризонта при неговото видимо денонощно движение. Следователно в 6 ч. сутринта на следващия ден това съзвездие може да е все още малко под хоризонта, но може вече и да е изгряло и да се вижда ниско над хоризонта на изток-североизток. По дадената ни карта това е трудно да се прецени. (Проверката чрез компютърна програма за звездното небе показва, че вече ще е изгряло.)

Съзвездията Голяма мечка и Малка мечка са се виждали на север в позиции около долна кулминация. Те са незапазващи съзвездия. При второто наблюдение трябва да са били още по-високо над хоризонта и в посока север, в позиции около горна кулминация.

При първото наблюдение Плеядите и Хиадите са се виждали леко отклонени надясно от посоката изток и са били вече доста над хоризонта, т.е. моментът на това наблюдение е бил значително време след техния изгрев. Следователно 12 часа по-късно двата звездни купа ще са залезли под хоризонта. Орион се вижда почти изцяло над хоризонта, от основната фигура на това съзвездие липсва само звездата Саиф. Небесният екватор минава през пояса на Орион. След 12 часа частта от Орион, която е в южната небесна полусфера, ще залезе. Над хоризонта на запад вероятно ще остане да се вижда на много малка височина част от съзвездието, която е с по-голяма северна деклинация.

Луната е в пълнолуние. При първото наблюдение тя се вижда малко след своя изгрев в посока изток-североизток. Това е лесно обяснимо, защото наблюдението се извършва около момента на зимно слънцестояние и пълната Луна тогава има голяма северна деклинация и при видимото си денонощно движение описва по небето път, подобен на този, който Слънцето описва в деня на лятното слънцестояние. Т.е. Луната се задържа над хоризонта значително повече от 12 часа и залязва на запад-северозапад. Освен това, поради орбиталното си движение около Земята, Луната „изостава“ от денонощното видимо движение на звездите. Затова можем да предположим, че 12 часа по-късно тя все още ще е над хоризонта в посока около запад.

На 22 юни 2019 г. в 18 ч. седмокласникът няма да може да вижда никакви звезди и планети, защото по това време на денонощието около лятното слънцестояние е все още светъл ден. Може да се вижда само Луната, ако е в подходящата фаза. От 22 декември 2018 г. до 22 юни 2019 г. ще изминат 182 дни, които се равняват на 6 лунни синодични месеци по 29.5 дни и още пет дни. Следователно тогава фазата на Луната ще бъде 5 дни след пълнолуние. Тя ще изгрее доста време след залеза на Слънцето и в 18 ч. също няма да е над хоризонта.

Критерии за оценяване (ощо 12 т.):

За определяне от какъв вид са изброените обекти – 3 т.

За разсъждения и правилни заключения относно видимостта на обектите над хоризонта и посоките към тях при второто наблюдение - за обектите на север, юг, изток и запад – $4 \times 1.5 = 6$ т.

За обяснения относно видимостта на обектите на 22 юни – 1 т.

За обяснения относно видимостта на Луната на 22 юни – 2 т.

4 задача. Телескопи. Астрономите използват телескопи вече четири столетия. С телескоп се наблюдават увеличени образи на космическите обекти. Увеличението се определя от отношението на фокусното разстояние на обектива на телескопа към това на окуляра. Освен това, телескопът събира повече светлина и ни дава възможност да виждаме космически обекти с много слаб блясък.

Разполагаме с три телескопа, показани на снимките – А, В и С. При трите телескопа използваме еднакви окуляри.

• А) С телескоп А наблюдаваме птица, кацнала на далечно дърво. Това, което виждаме, е представено на Фиг. 1. С кой от другите два телескопа – В или С – ще виждаме птицата така, както е показано на Фиг. 2?

- Б) Кой от трите телескопа ще изберем, за да наблюдаваме следните обекти:
 - Луната
 - планетата Сатурн с нейните пръстени
 - галактиката в Андромеда (М31)?

Обосновете вашите отговори.



Фиг. 1



Фиг. 2

Решение:

Показаните на снимките телескопи са рефрактори. Те имат лещов обектив и дължината на телескопите пряко зависи от дължината на тяхното фокусно разстояние. От дадените обяснения става ясно, че когато използваме еднакви окуляри, по-голямо увеличение ще има този телескоп, който има по-дълго фокусно разстояние на обектива. Птицата на Фиг. 2 виждаме с по-голямо увеличение и следователно е използван телескоп с по-дълго фокусно разстояние, т.е. телескоп В.

Когато наблюдаваме обекти с по-голямо увеличение, полето на зрение е по-малко. Ако наблюдаваме планета, трябва да изберем телескоп с дълго фокусно разстояние, защото ще искаме да видим най-много подробности на повърхността на планетата. Същевременно планетите имат малки видими размери и могат да се

съберат изцяло в полето на зрение на телескоп с голямо увеличение. Затова ще изберем телескопа с най-голямо фокусно разстояние – телескопа В.

За разлика от планетите, галактиката в съвездието Андромеда, М31, има големи видими размери. Затова ще изберем телескопа с най-късо фокусно разстояние – телескоп С. Неговото поле на зрение е най-голямо и ще виждаме голяма част от галактиката в него. Същевременно в зрителното поле ще е събрана светлина от по-голяма част на галактиката и видимата яркост на обекта ще бъде по-голяма, което е благоприятно обстоятелство при наблюдение на слаби обекти, каквито са галактиките. Освен това от снимката на телескопа се вижда, че той като че ли има по-голям диаметър на обектива, което също спомага за наблюдението на слаби обекти.

Луната има по-малък видим размер от М31 и по-голям от видимия размер на планетите. Същевременно тя е сравнително ярък обект, което я прави лесна за наблюдения. Затова избираме телескоп А. Малко по-късото фокусно разстояние ще позволи да видим цялата Луна в полето на телескопа или поне по-голяма част от нея. Същевременно не се нуждаем от много голямо увеличение за да наблюдаваме кратерите на нейната повърхност и телескоп А е подходящ за тази цел.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилен отговор с кой телескоп е наблюдавана птицата на Фиг. 2 и обяснение – 3 т.

За правилен избор на телескоп за наблюдение на Луната, планетата и галактиката, както и обяснение – $3 \times 3 \text{ т.} = 9 \text{ т.}$

5 задача. Арктическо пътешествие. Четирима пътешественици от северната народност Саами са се срещнали на остров Рудолф от архипелага Земя на Франц Йосиф. Островът е означен с А на картата на Северния ледовит океан, с която разполагате. Оттам първите трима тръгват съответно на изток, на юг и на запад и през цялото време се движат само в своята посока. Четвъртият тръгва на север. След като стигне до северния полюс, той продължава да се движи по същата линия, която е следвал до този момент, но вече на юг. Пътешествениците могат да се придвижват с леки лодки по вода, а по ледовете със ски, влачейки лодките като шейни. Пътешествието на всеки от тях завършва в момента, когато той достигне до суша – до истински бряг на континент или на остров (островът трябва да е извън архипелага Земя на Франц Йосиф).

- А) Начертайте върху картата маршрута на всеки от пътешествениците.
- Б) Направете необходимите измервания и пресметнете приблизително пътя, който е изминал всеки пътешественик. Един градус по географска ширина в полярните райони отговаря на 111,7 km върху земната повърхност. Неточностите в картата поради сферичната форма на земната повърхност да се пренебрегнат.

Решение:

Пътешественикът, който тръгва на юг, преминава през някои острови на архипелага Земя на Франц Йосиф, но условието е да не се спира на тях, затова продължава още на юг по море и достига до точка В на остров Северный от архипелага Новая Земля, принадлежащ на Русия. Пътешественикът, който тръгва на север, минава през северния полюс и продължава по същата линия по-нататък, вече на юг. Той достига до точка С на остров Принц Патрик, Канада. Пътешественикът, който се движи на запад, трябва да следва географския паралел, където е началната точка А, и да се движи по посока на часовниковата стрелка. Първата суша, до която той достига, е на брега на Гренландия, в точка D. Пътешественикът, който тръгва на изток, се движи по същия паралел обратно на часовниковата стрелка и достига до

точка Е на остров Елсимиър в Канада (*имената на островите не се изисква да се знаят*).

С помощта на линейка и пергел начертаваме маршрутите на четиримата пътешественици върху картата. Измерваме разстоянието между северния полюс и точка А, както и разстоянието от северния полюс до 75-градусовия паралел. Получаваме съответно 16 mm и 30 mm. Като имаме предвид, че 75-градусовият паралел отстои на 15° от полюса, намираме мащаба на картата:

$$1 \text{ mm по картата отговаря на } 15^\circ / 30 \text{ mm} = 0.5^\circ$$

Останалите разстояния първоначално също ще определяме в градуси по земната повърхност. Радиусът на паралела, върху който лежи точка А, ще бъде:

$$\rho_A = 16 \text{ mm} \times 0.5^\circ = 8^\circ$$

Следователно точка А се намира на $90^\circ - 8^\circ = 82^\circ$ северна географска ширина.

Измерваме пътя на пътешественика, тръгнал на юг: $AB = 11 \text{ mm}$. В условието ни е дадено, че 1° отговаря на 111.7 km по земната повърхност. Като използваме мащаба, получаваме:

$$X_S = 11 \text{ mm} \times 0.5^\circ \times 111.7 \text{ km} = 614 \text{ km}$$

За пътешественика, тръгнал на север, измерваме $AC = 42 \text{ mm}$ и пресмятаме:

$$X_N = 42 \text{ mm} \times 0.5^\circ \times 111.7 \text{ km} = 2346 \text{ km}$$

Пътищата, изминати от пътешествениците тръгнали на запад и на изток, представляват дъги от 82-градусовия паралел, чиито радиус вече определихме в градуси. Дължината на този паралел в километри е:

$$l = 2\pi \times 8^\circ \times 111.7 \text{ km} \approx 5614.7 \text{ km}$$

За да намерим пътя от точка А до точка D, измерваме с транспортир ъгъла APD , който се оказва равен на 73° . След това пресмятаме пътя в километри:

$$X_W = 5614.7 \text{ km} \cdot \frac{73^\circ}{360^\circ} \approx 1139 \text{ km}$$

За да определим пътя, изминат от пътешественика тръгнал на изток, измерваме ъгъла APE , изваждаме го от 360° и получаваме 208° . После намираме:

$$X_E = 5614.7 \text{ km} \cdot \frac{208^\circ}{360^\circ} \approx 3244 \text{ km}$$



Критерииза оценяване (общо 12 т.):

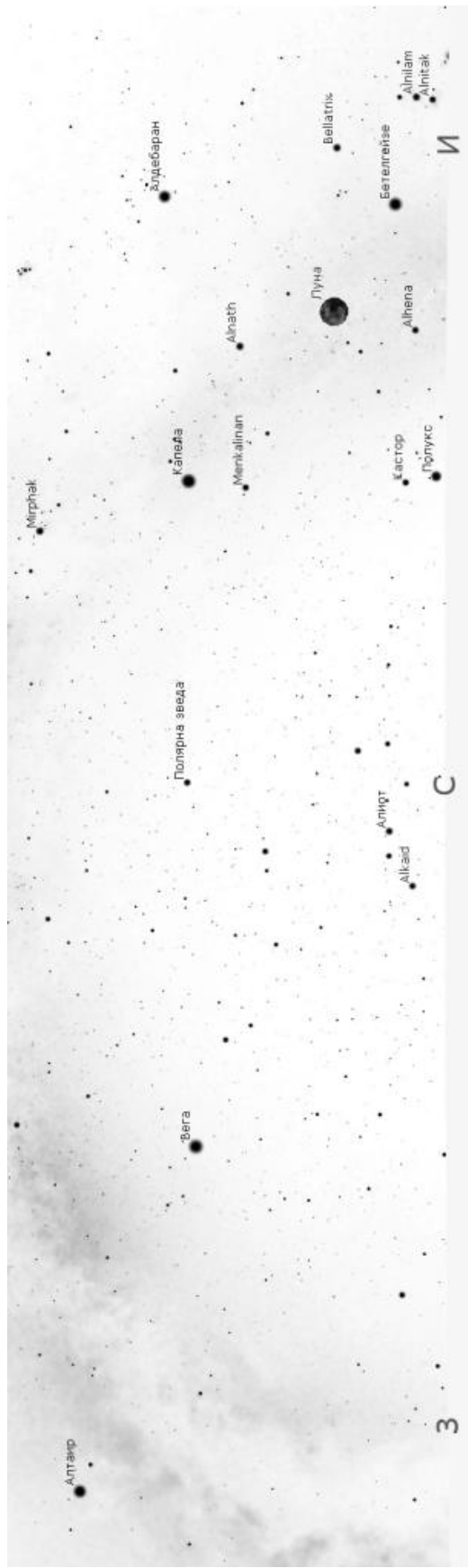
За начертаване на пътя на всеки от пътешествениците на картата – 4 т.

За правилен начин за определяне на пътищата на север и на юг, за измервания и пресмятания – 4 т.

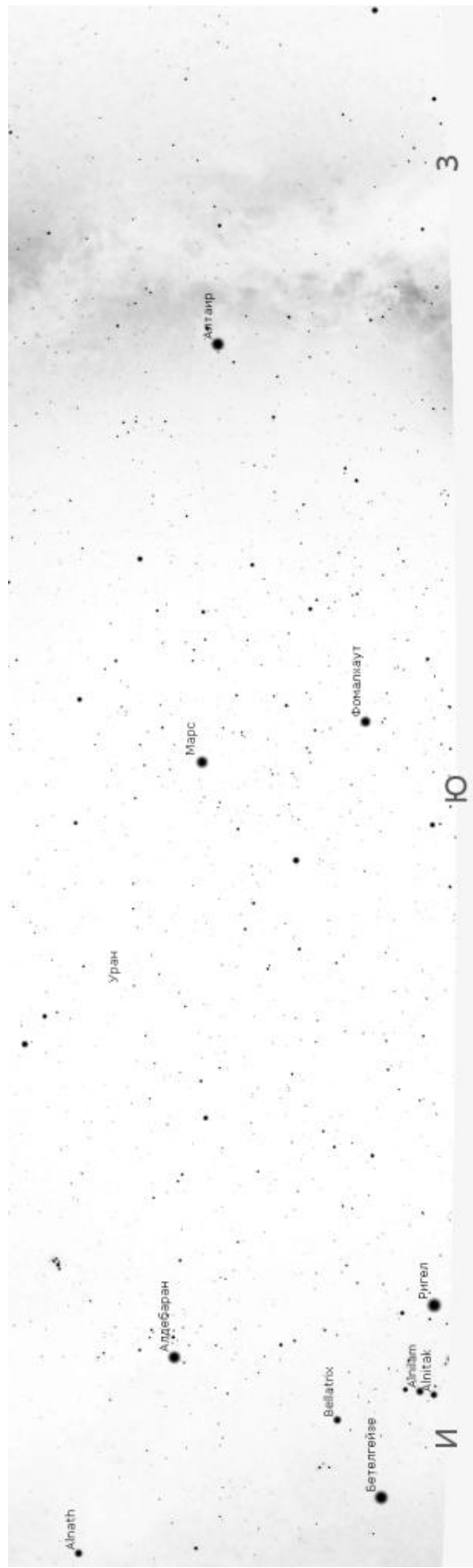
За правилен начин за определяне на пътищата на изток и на запад – 4 т.



Карта на Северния ледовит океан – към 5 задача.



Карта 1. Звездного неба на 22 декември 2018 г. в 18^h, север – към 3 задача



Карта 2. Звездного неба на 22 декември 2018 г. в 18^h, юг – към 3 задача