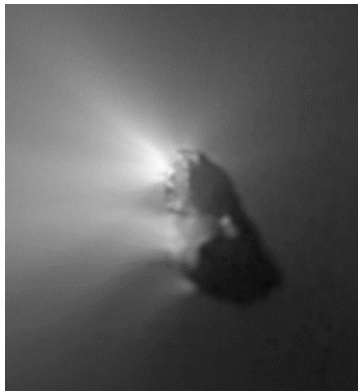


**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

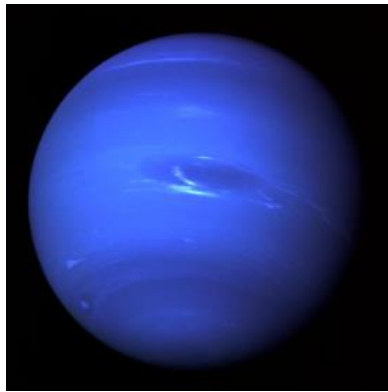
**Общински кръг на олимпиадата по астрономия
2020 – 2021 учебна година
Възрастова група VII-VIII клас – решения**

1 задача. Междупланетни мисии. На следващите шест снимки виждате обекти от Слънчевата система, фотографирани от близко разстояние – от различни междупланетни станции. Имената на станциите са написани под снимките.

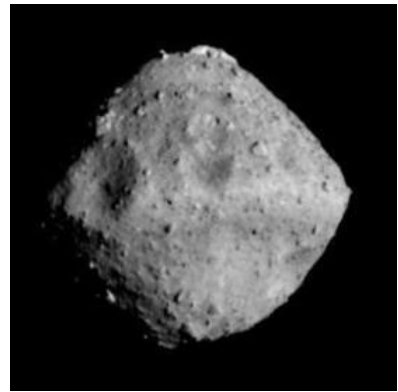
- А) Потърсете необходимата информация и посочете имената на тези обекти, а също и от какъв вид е всеки от тях.
- Б) Кои от космическите апарати са кацали на повърхността на обектите? Има ли сред тях тела, от които са взети проби от вещество и са донесени на Земята?



Giotto



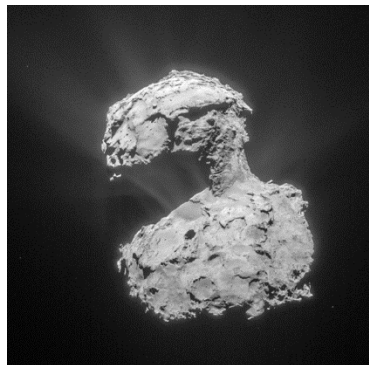
Voyager 2



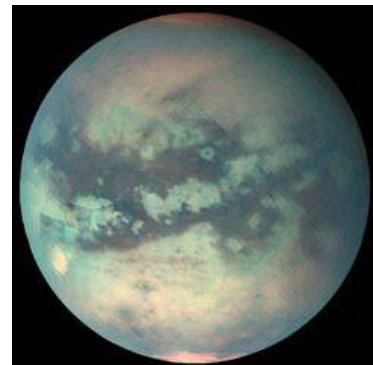
Hayabusa2



New Horizons



Rosetta-Philae



Cassini-Huygens

Решение:

Станцията Giotto на Европейската космическа агенция е първата станция, прелетяла през 1986 г. на близко разстояние от ядро на комета – това е ядрото на Халеевата комета.

Американската станция Voyager-2 е първата и единствена станция, прелетяла през 1989 г. на близко разстояние покрай планетата Нептун, която е на снимката (а също и покрай планетата Уран).

Японската станция Hayabusa-2 през 2018 г. е достигнала до астероида Рюгу и извършила две последователни кацания на неговата повърхност. Оттам тя е събрала проби от веществото на астероида, върнала се е към Земята и през лятото на 2020 г. е

изпратила към повърхността на нашата планета капсулата с пробите, след което е продължила космическата си мисия.

През 2015 г. американската станция New Horizons стана първата станция, прелетяла на близко разстояние покрай планетата джудже Плутон.

Европейската космическа станция Rosetta е достигнала и влязла в орбита около ядрото на кометата Чурюмов-Герасименко. През 2014 г. от нея се е отделила сондата Philae и за първи път е извършила меко кацане върху повърхността на кометно ядро.

Станцията Cassini е съвместна разработка на NASA, Европейската космическа агенция и Италианската космическа агенция. От 2004 до 2017 г. тя е в орбита около Сатурн и изучава както планетата, така и нейните спътници. През декември 2004 г. от станцията се отделя сондата Huygens и каца на спътника Титан, който е на снимката.

В заключение можем да кажем, че на три от обектите, показани на снимките, е извършено кацане на съответните изследователски апарати – астероида Рюгу, ядрото на кометата Чурюмов-Герасименко и спътника Титан. Проби от астероида Рюгу са доставени на Земята.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За посочване на името на всеки от обектите – 0.5 т. $\times 6 = 3$ т.

За посочване на вида на всеки обект – 0.5 т. $\times 6 = 3$ т.

За посочване на обектите, на които е извършено кацане и обекта, от който са доставени проби на Земята – 4 т.

2 задача. Луна и галактики. Двама извънземни ученици се свързват с вас в междугалактична дистанционна среща. Как техните цивилизации са измерили начин сигналите им да преодоляват огромните разстояния мигновено, не могат да ви обяснят, защото още не са го учили в училище. Единият живее в галактиката М31, известна също като галактиката в Андромеда. Другият е от галактиката М51, наричана още Водовъртеж. Те спорят коя от двете галактики е по-голяма. Трудно е да определиш размерите на собствената си галактика, след като се намираш вътре в нея.

Вие споделяте с тях снимки на техните родни галактики, направени от Земята. На всяка от снимките чрез фотомонтаж сте поставили Луната, като сте спазили истинското съотношение между видимите ъглови размери на Луната и съответната галактика. Те вече знаят, че разстоянието от нашата Галактика до М31 е 2.54 милиона светлинни години, а до М51 е 23.2 милиона светлинни години.

- Като използвате само тези данни и снимките, покажете им как да определят коя галактика е по-голяма. Подкрепете вашия отговор с измервания и пресмятания.

Решение:

Измерваме диаметрите на Луната и на галактиката М31 на първата снимка и те се оказват съответно 19 мм и 115 мм. Следователно видимият ъглов диаметър на галактиката М31 е $115 / 19 \approx 6.05$ пъти по-голям от видимия ъглов диаметър на Луната.

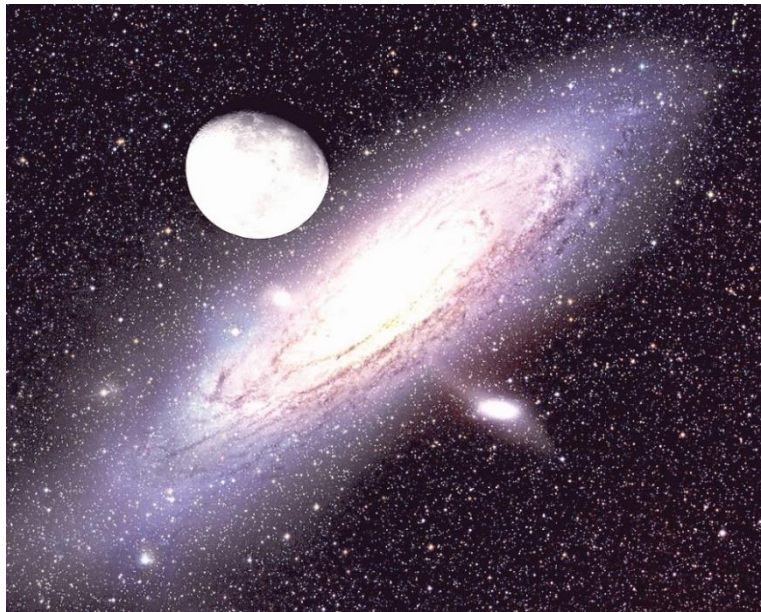
Измерванията върху втората снимка показват, че диаметърът на галактиката М51 е 12 мм, а на Луната – 35 мм. Видимият ъглов диаметър на Луната е $35 / 12 \approx 2.92$ пъти по-голям от този на галактиката.

Когато измерваме диаметрите на галактиките, ние трябва да имаме предвид, че всяка от тях представлява струпване от звезди с форма на диск. Дискът на дадена галактика може да е ориентиран под произволен ъгъл към зрителния лъч от нас към центъра на галактиката. Ето защо галактиката се вижда проектирана върху небесната сфера като елипса. За да определим видимия ъглов диаметър на галактиката, ние трябва да измерим голямата ос (най-дългото измерение) на нейното изображение върху

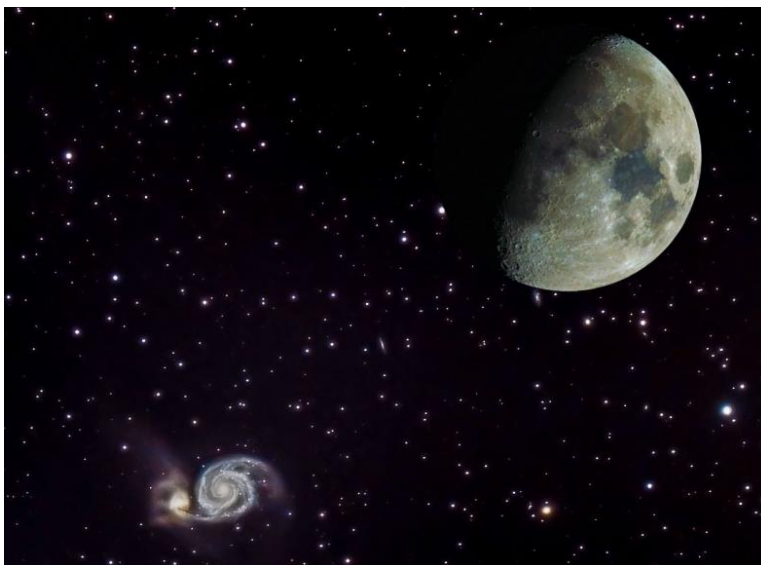
снимката. С отдалечаване от центъра на галактиката концентрацията на звездите намалява. Затова на първата снимка ние трябва да измерим размера на галактиката М31, обхващащ слабосветещата и размита периферия на нейното изображение. На втората снимка ние трябва да измерим галактиката М51 също по линията, по която нейният размер е най-голям, но без да включваме нейния спътник.

Въз основа на нашите измервания можем да пресметнем, че видимият ъглов диаметър на галактиката М31 е $6.05 \times 2.92 \approx 17.7$ пъти по-голям от видимия ъглов диаметър на галактиката М51. Сега остава да сравним разстоянията до двете галактики. Разстоянието от нас до галактиката М51 е 23.2 милиона светлинни години / 2.54 милиона светлинни години ≈ 9.13 пъти по-голямо от разстоянието до галактиката М31.

Тъй като $9.13 < 17.7$, то можем да заключим, че галактиката М31 е по-голяма от галактиката М51.



Луната и Галактиката М31 (Андромеда)



Луната и Галактиката М51 (Водовъртеж)

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За правилни теоретични съображения за решаване на задачата – 4 т.

За измервания и пресмятания – 4 т.

За правилен краен извод – 2 т.

Забележка: Поради различния мащаб и качество на отпечатването или на изгледа на изображенията на компютърния екран, различните ученици може да получат различни стойности при измерванията и различни числени резултати при пресмятанията. Освен това те могат да подхождат по различен начин и да пресметнат съотношенията на други величини, но това отново да позволява да се установи коя галактика е по-голяма. Ето защо следва да се оценяват принципните идеи и методи за достигане до отговора, който се поставя в задачата.

3 задача. Северни полюси. В районите около полюсите на планетите могат да се видят необикновени образувания, често криещи трудно разрешими загадки. На снимките по-долу са показани области около северните полюси на шест от осемте големи планети в Слънчевата система. Снимка 4 е направена с космическия телескоп Хъбъл през 2018 г.

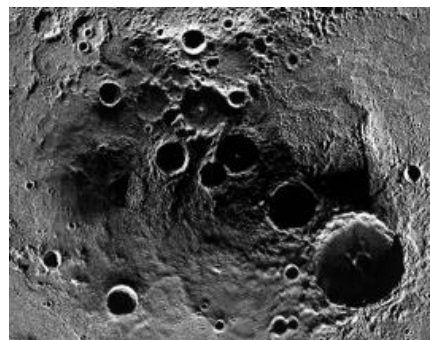
- А) Кои планети са изобразени на снимките?
- Б) Кои са интересните забележителности в северните полярни области на тези планети?



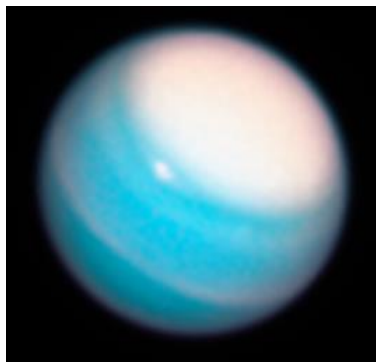
1



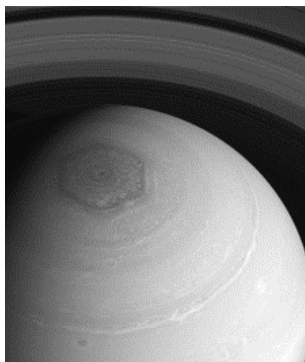
2



3



4



5



6

Решение:

На снимка 1 виждаме северния полюс на Марс с неговата повърхност, покрита с ръждиво червени пясъци. Главна забележителност тук е полярната шапка от ледове и снегове, съставени от вода и въглероден диоксид.

На снимка 2 е показан мощен атмосферен вихър около северния полюс на Юпитер, вътре в който има множество по-малки вихри.

На снимка 3 виждаме характерната група кратери около северния полюс на Меркурий. Счита се, че на дъното на тези кратери има области, които никога не се огряват от Слънцето и под слоя от реголит и камъни може да има значителни запаси от воден лед. Това се потвърждава от радарните наблюдения, при които се изследва как планетата отразява радиосигнали, изпратени от повърхността на Земята.

На снимка 4 е планетата Уран. За първи път тази планета е фотографирана отблизо през 1986 от станцията Voyager-2. На снимките, направени тогава, не се виждат никакви облаци и вихри. Но на фотографиите, получени с телескопа Хъбъл в последно време се вижда огромен облачен вихър, който се е появил около северния полюс на планетата.

На снимка 5 е планетата Сатурн. Една от нейните забележителности е тайнственият вихър около северния полюс, който има форма на правилен шестоъгълник.

Снимка 6 ни показва северната полярна шапка на нашата родна планета Земя.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За разпознаване на планетите – 6 т.

За изброяване на забележителностите – 4 т.

4 задача. Гигантско слънчево затъмнение.



На снимката, направена от космическата станция Voyager 1, виждате планетата гигант Юпитер и спътника Йо, който хвърля сянка върху нейната облачна атмосфера. За наблюдател на Юпитер там би се виждало пълно слънчево затъмнение. Но ако вие се намирате на повърхността на спътника Йо, също ще виждате слънчеви затъмнения, само че те ще бъдат причинявани от Юпитер.

- Намерете необходимите данни за размерите на обектите, разстоянията и движението на Йо около Юпитер и определете приблизително колко време ще продължава пълно слънчево затъмнение, наблюдавано от повърхността на този спътник.

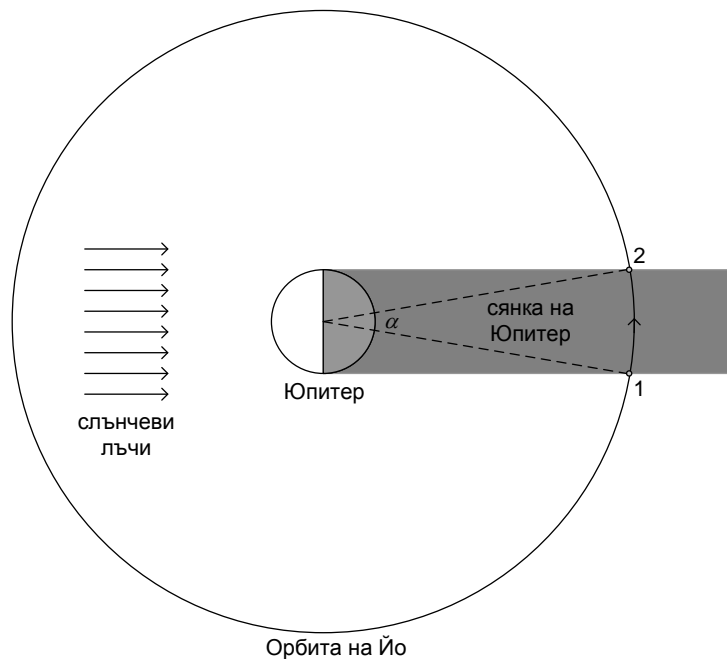
Движението на Юпитер около Слънцето да не се отчита, орбитата на Йо да се приеме за кръгова, а Слънцето да се счита за много далечен точков източник на светлина. Начертайте схема в подходящ мащаб на Юпитер и орбитата на Йо. По нея направете нужните измервания, за да решите задачата графично.

Решение:

Спътникът Йо обикаля около Юпитер на средно разстояние 421700 км. Юпитер има наклон на оста само около 3° спрямо вертикалата към равнината на своята орбита, а орбитата на Йо сключва нищожно малък ъгъл с равнината на неговия екватор. Затова в нашата схема ще използваме екваториалния радиус на Юпитер, който е 71492 км и ще считаме, че по време на слънчево затъмнение спътникът пресича сянката на Юпитер по нейния диаметър. За да намерим продължителността на слънчево затъмнение, наблюдавано от Йо, по принцип трябва да работим със синодичния период на Йо, но в условието се казва, че не е нужно да отчитаме движението на Юпитер около Слънцето., така че ще използваме сидеричния период, или просто орбиталния период на Йо около Юпитер, който е 1.769 денонощия.

Радиусът на орбитата на Йо е $421700 \text{ км} / 71492 \text{ км} \approx 5.9$ пъти по-голям от радиуса на Юпитер. Като използваме това съотношение, построяваме схемата в мащаб. Тъй като считаме Слънцето за безкрайно отдалечен точков източник на светлина, можем да начертаем слънчевите лъчи, огряващи Юпитер, като успореден сноп. Ние трябва да определим продължителността на пълната фаза на затъмнението за даден наблюдател на повърхността на Йо. Наблюдателят се намира в определена точка от повърхността на Йо и за да определим тази продължителност е необходимо да намерим за колко време въпросната точка ще пресече сянката на Юпитер. Това е времето, за което спътникът изминава разстоянието от точка 1 до точка 2 на схемата. Измерваме ъгъла α с транспортир. Той е равен приблизително на 19° . Търсеното от нас време ще бъде:

$$t = \frac{19^\circ}{360^\circ} \cdot 1.769 \text{ денонощия} \approx 0.0934 \text{ денонощия} \approx 2 \text{ часа } 14 \text{ минути}$$



От гледна точка на наблюдател от повърхността на Йо видимият диаметър на Юпитер е около 40 пъти по-голям от видимия диаметър на Луната, гледана от Земята. А видимият диаметър на Слънцето е примерно около 5 пъти по-малък, отколкото видимия му диаметър за земен наблюдател. Така че слънчевото затъмнение, наблюдавано от повърхността на лишения от атмосфера спътник Йо ще изглежда като окултация (покрытие) на далечното Слънце от огромната близка планета Юпитер на фона на черното звездно небе.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За намиране на необходимите числени данни – 1 т.

За определяне отношението на радиуса на орбитата на Йо и радиуса на Юпитер и избиране на мащаба на схемата – 2 т.

За правилно начертаване на схемата – 2 т.

За измерване по схемата – 1 т.

За правилен метод на пресмятане на времетраенето на затъмнението – 3 т.

За верен числен отговор – 1 т.

5 задача. Полетът на Гагарин. През 2021 г. се навършват 60 години от полета на първия човек в космоса – руският космонавт Юрий Гагарин. Полетът се е състоял на 12 април 1961 г. Гагарин е излетял с космическия кораб „Восток“ – 1 от космодрума Байконур в Казахстан в 9 ч. 07 мин. и след една обиколка се е завърнал на Земята в 10 ч. 55 мин. по московско време. Дадена ви е карта с проекция на траекторията на неговия полет върху земната повърхност. Върху нея са означени моментите от време, съответстващи на определени точки от траекторията.

- А) Общото изминато разстояние от кораба е било 40869 км. Пресметнете средната му скорост. Намерете нужната информация и определете за колко време такава разстояние може да се измине от пътнически самолет.

- Б) На картата е отбелязана точката, в която космическият кораб е навлязъл в земната сянка. Това е станало в 9 ч. 37 мин. Обозначена е също и точката, в която корабът е излязъл от земната сянка – в 10 ч. 10 мин. Известно е, че на 15 април, три дни след това историческо събитие, Луната е била в новолуние. Отбележете на картата приблизително в коя част от своя полет Гагарин е могъл да вижда Луната ниско над земния хоризонт. Обосновете вашето решение като го поясните с подходяща схема.

Решение:

Общата продължителност на полета на Гагарин е била:

$$10 \text{ ч. } 55 \text{ мин.} - 9 \text{ ч. } 07 \text{ мин.} = 1 \text{ ч. } 48 \text{ мин.} = 1.8 \text{ ч.}$$

Оттук намираме средната скорост, с която се е движил неговият космически кораб:

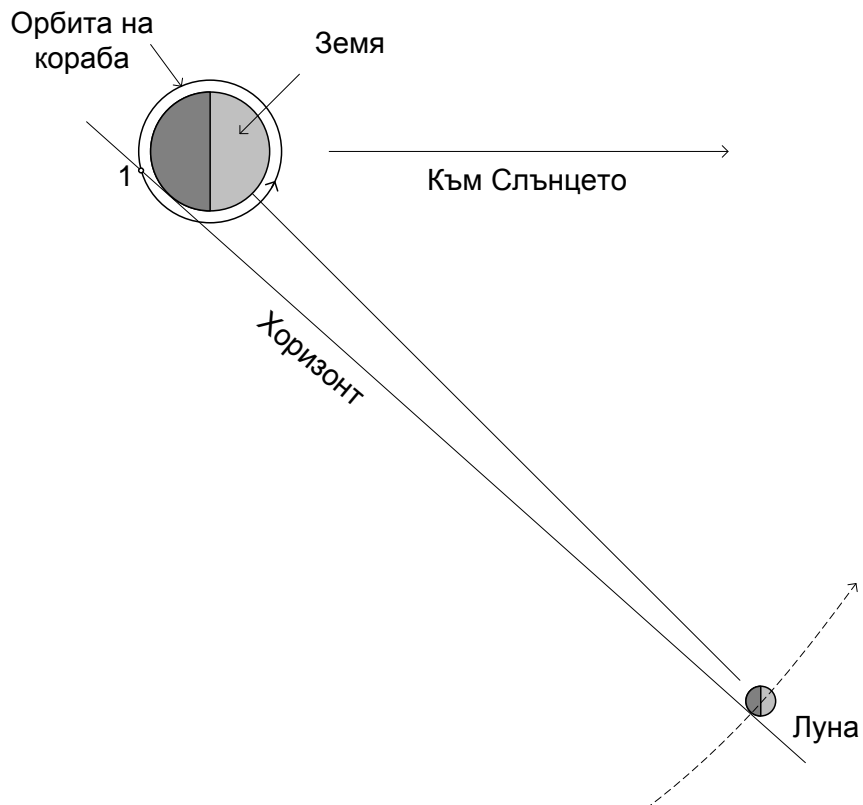
$$v = 40869 \text{ км} / 1.8 \text{ ч.} = 22705 \text{ км/ч.}$$

Типичната скорост, с която се движат пътническите самолети, е около 900 км/ч. С такава скорост разстоянието, прелетяно от кораба на Гагарин, може да се измине за време:

$$t = 40869 \text{ км} / 900 \text{ км/ч.} = 45.41 \text{ ч.} \approx 1 \text{ д. } 21 \text{ ч. } 25 \text{ мин.}$$

От условието става ясно, че в деня на полета, на 12 април, фазата на Луната е била 3 дни преди новолуние. Три дни е една десета от месеца. Приблизително за един месец Луната прави една пълна обиколка около Земята. Следователно Луната се е виждала като сравнително тънък сърп, намиращ се на около 36 градуса ъглово отстояние на запад от Слънцето. Тя е изгрявала над източния хоризонт малко преди изгрева на Слънцето. С черна точка върху картата с координатната мрежа е отбелязано положението на космическия кораб при изгрева на Слънцето в 10ч. 10мин. Намираме на картата положението на кораба, при което той се намира над точка от повърхността с приблизително 36 градуса по-голяма западна географска дължина. Това положение е отбелязано с черно кръгче. Виждаме, по картата с начертаната орбита, че това се е случило приблизително около 5 минути преди изгрева на Слънцето. Оттук заключаваме, че Юрий Гагарин е могъл да наблюдава Луната ниско над земния хоризонт малко преди излизането на космическия кораб от сянката на Земята, т.е. малко преди началото на новия ден от гледна точка на движещия в орбита кораб около Земята, или около 5 минути преди момента, отбелязан на картата като 10 ч. 10 мин.

Както се вижда от схемата, космонавтът на борда на кораба би видял началото на изгрева на лунния диск над своя хоризонт, когато корабът се намира в точка 1 от орбитата си около Земята.



На картата с черен успоредник е отбелязана примерната област от траекторията на космическия кораб, от която Гагарин би могъл да вижда Луната ниско над хоризонта, преди изгрева на Слънцето.





Критерии за оценяване (общо 10 т.):

За пресмятане на средната скорост на космическия кораб – 2 т.

За определяне на времето, за което пътнически самолет би могъл да прелети това разстояние – 2 т.

За правилни разсъждения относно областта, от която Луната е магла да се вижда ниско над хоризонта – 2 т.

За построяване на схема, обясняваща отговора – 2 т.

За окончателен отговор и нанасяне на областта върху картата – 2 т.

6 задача. Небесно пътешествие. Любител на въздушните приключения от Санкт-Петербург ($\varphi = 60^\circ$ северна ширина) в Русия обича да пътешества със своя малък самолет. Той знае, че ако излети от родния си град и се движи само на изток, без да каца никъде, ще се завърне в Санкт-Петербург след 24 часа.

• А) Часовникът на пътешественика показва официалното време на Санкт-Петербург. Той излита от града в 6 часа и лети само на изток. Проследете по земния глобус и определете къде ще се окаже пътешественикът в 23 часа по своя часовник. Какво ще бъде там – ден или нощ?

• Б) Пилотът ентузиаст е установил, че от Санкт-Петербург до северния полюс може да стигне със своя самолет за 4 часа. За колко часа пилотът може да стигне от този град до екватора по най-краткото разстояние?

• В) На екватора пилотът се озовава сред тревисти хълмове. Времето е топло. В коя държава се намира той сега? По-нататък пътешествието му продължава. Той излита на изток и лети още 36 часа. Успява да кацне на една поляна сред джунгла, пълна с опасни същества. Къде ли е това място?

• Г) Оттам пътешественикът потегля на север и лети 8 часа. Оказва се над обширно студено море. Кое е това море? Оттук нататък накъде трябва да полети, за да стигне по-бързо до Санкт-Петербург – на изток, запад, север или юг? Колко време ще му отнеме това?

Приемете, че Земята има идеална кълбовидна форма.

Решение:

Пътешественикът тръгва в 6 ч. от Санкт-Петербург и лети на изток до 23 ч., което означава, че той лети в продължение на 17 часа. Дадено е, че той може да направи пълна обиколка по 60° -градусовия паралел за 24 часа и да се върне в своя роден град. След 17 часа полет на изток той ще се окаже в точка върху същия паралел (60° северна ширина), която отстои на $24 - 17 = 7$ часа западно от Санкт-Петербург по географска дължина. Санкт-Петербург е приблизително на 2 часа, или 30° източна дължина. Следователно въпросната точка, до която стига пътешественикът, има 5 часа или 75° западна дължина. Географският глобус ни показва, че тя се намира в канадската провинция Квебек, малко на изток от залива Хъдсън. Часовникът на пътешественика показва 23 часа по официалното време на Санкт-Петербург. В точката, където се намира, времето трябва да е със 7 часа по-назад, или 16 часа. Следователно там трябва да е ден.

Географската ширина на Санкт-Петербург е 60° . Това означава, че Санкт-Петербург отстои на 60° от екватора. От Санкт-Петербург до северния полюс остават още 30° , които самолетът може да измине за 4 часа. Следователно ако пътешественикът тръгне право на юг, то той ще стигне по най-краткото разстояние до екватора за двойно по-дълго време – 8 часа.

Глобусът ни показва, че като пътува на юг по меридиана на Санкт-Петербург, на екватора пътешественикът ще се окаже в африканската държава Уганда, недалеч от езерото Джордж. После той тръгва на изток и пътува още 36 часа. Сега обаче

пътшественикът се движи по екватора, който представлява по-голяма окръжност от 60-градусовия паралел на Санкт-Петербург. Ние знаем, че щом Земята е кълбо, дължината на един земен меридиан трябва да е половината от дължината на екватора. Нашият пътешественик изминава разстоянието от Санкт-Петербург до северния полюс за 4 часа. А до екватора той стига за 8 часа. Ако пътешественикът извърши полет от северния полюс до екватора, това ще му отнеме $4 + 8 = 12$ часа и ще представлява една четвърт от пълната обиколка на земното кълбо. Следователно ако пътешественикът полети на изток от Уганда, след 36 часа той ще е изминал три четвърти, или 270° от екватора. Отново проверяваме по глобуса и виждаме, че този път пътешественикът ще стигне до място, намиращо се в джунглата на река Амазонка в Бразилия, на около 60° западна дължина.

Оттук пътешественикът тръгва на север. След 8 часа той ще се е завърнал на 60-градусовия паралел в северното полукълбо. Отново използваме глобуса и виждаме, че той вече ще бъде над Лабрадорско море, някъде между източните брегове на Канада и Гренландия. Най-бързо оттам той ще се завърне в Санкт-Петербург, ако тръгне на изток и направи една четвърт обиколка по 60-градусовия паралел. За това ще му е необходимо време $24 \text{ часа} : 4 = 6 \text{ часа}$.

Критерии за оценяване (общо 10 т.):

А) За определяне на мястото, до което ще стигне пътешественикът при 17-часов полет на изток от Санкт-Петербург – 1 т.

За определяне дали там ще бъде ден или нощ – 1 т.

Б) За пресмятане на времето за достигане до екватора – 1 т.

За определяне на мястото, до което се достига на екватора – 0.5 т.

В) За разсъждения и пресмятания при определяне на мястото, до което се достига след 36 часа полет на изток от екваториалната точка в Африка – 3 т.

За правилно посочване на мястото, до което се достига в Бразилия – 0.5 т.

Г) За правилен отговор къде ще стигне пътешественикът след 8 часа полет на север от Бразилия – 1 т.

За посочване на посоката и пресмятане на времето, за което той ще се върне в Санкт-Петербург – 2 т.