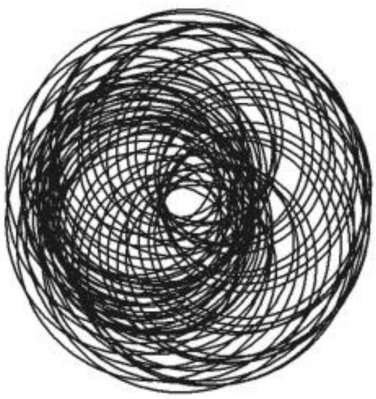
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Областен кръг на олимпиадата по астрономия
16 февруари 2020 г.
Възрастова група XI-XII клас – решения

1 задача. Астрометрия на Слънцето. Астрометричният метод е един от най-старите методи, използвани за търсене на планети около други звезди. Основава се на измерване на малките движения, които една звезда би извършвала под действие на гравитацията на планетите около нея.

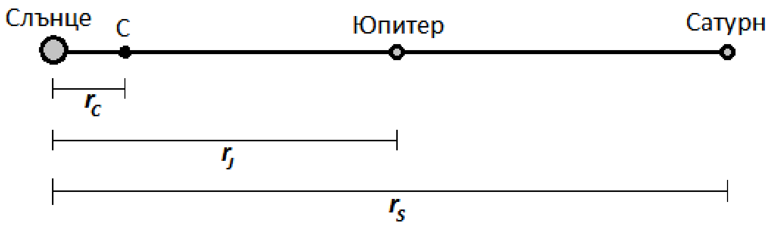


- А) На схемата е дадена траекторията на центъра на Слънцето около центъра на масите на Слънчевата система. Като приемете, че това движение се дължи главно на гравитационното въздействие на Юпитер и Сатурн, оценете размера на описваната от центъра на Слънцето област в километри. С какви познати астрономически размери бихте я сравнили?

- Б) Разумни същества от планета около звезда, отдалечена на 10 парсека от нас, изучават Слънцето. Звездата е подходящо разположена близо до единия от нашите еклиптични полюси. Какъв трябва да бъде минималният диаметър на техния телескоп, за да открият присъствието на планети около Слънцето по този астрометричен метод? Допускаме, че съществата извършват наблюдения във видима светлина (λ = 550 nm).

Решение:

Най-голямо отклонение на центъра на Слънцето от центъра на масите C на Слънчевата система ще се получава, когато Юпитер и Сатурн се намират от една и съща страна на Слънцето и са на една права линия с неговия център.



Означаваме с r_j и r_s радиусите на орбитите на Юпитер и Сатурн около Слънцето, а с r_c разстоянието от центъра на масите на системата до центъра на Слънцето. Нека M_j, M_s и M_0 са масите съответно на Юпитер, Сатурн и Слънцето. В сила е следното съотношение:

$$M_0 r_c = M_j(r_j - r_c) + M_s(r_s - r_c)$$

$$r_c = \frac{M_j r_j + M_s r_s}{M_0 + M_j + M_s}$$

$$r_c \approx 1.15 \times 10^6 \text{ km}$$

Тази величина може да се приеме като оценка за радиуса на областта, описвана от центъра на Слънцето около центъра на масите на Слънчевата система. Следователно размерът, или даметърът на тази област, ще бъде:

$$d = 2r_c \approx 2.3 \times 10^6 \text{ km}$$

Този размер е сравним с диаметъра на Слънцето, който е около 1.4×10^6 км.

От разстояние $r = 10$ pc видимият ъглов размер на описваната от центъра на Слънцето област ще бъде:

$$\delta = \frac{d}{r}$$

В тази формула ъгълът δ се изразява в радиани, а величините d и r са в еднакви мерни единици. Можем да използваме ъгъла δ като мярка за разделителната способност на телескопа, с който извънземните астрономи биха регистрирали движението на Слънцето около центъра на масите и биха открили присъствието на планети около него. Минималния диаметър на телескопа D намираме от равенството:

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

$$D = \frac{1.22\lambda r}{d}$$

$$D \approx 90.26 \text{ m}$$

<u>Критерии за оценяване (общо 12 т.):</u>

За правилен метод за определяне на размера на областта, описвана от центъра на Слънцето – 5 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

За сравняване с познати астрономически размери – 1 т.

За правилен метод за определяне на минималния диаметър на телескопа – 4 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

2 задача. Междузвезден гост. През 2017 г. беше открит астероидът Оумуамуа. Неговата висока скорост свидетелстваше за това, че той не е тяло, принадлежащо на Слънчевата система, а идва от междузвездното пространство. Той не можеше да бъде прихванат от слънчевата гравитация и след като прелетя на близко разстояние покрай Слънцето, отново се отправи безвъзвратно в дълбините на космоса.

Дадена ви е кривата на изменение на блясъка на астероида по време на близкото му преминаване покрай Слънцето. По хоризонталната ос е нанесено времето, а по вертикалната ос – видимата звездна величина на астероида. Тази крива кара учените да предположат, че астероидът е много силно издължено тяло.

- Да разгледаме стандартен модел на астероида, при който формата му се приближава с триосен елипсоид, а въртенето се осъществява около най-късата ос. Нека означим полуосите на двете елиптични сечения на астероида с ***a, b*** и ***c,*** по реда на намаляване на тяхната дължина. Използвайте кривата на блясъка на астероида за да определите отношението на осите ***a*** и ***b*** като приемете, че оста на въртене на астероида ***c*** е перпендикулярна на лъча на зрение.

Решение:

Промяната на блясъка на един астероид, намиращ се на определено разстояние от Земята, зависи от промяната на площта (лицето) на видимата проекция на астероида върху равнина, перпендикулярна на лъча на зрение. При това се предполага, че цялата видима част от астероида е огряна от Слънцето. Това почти винаги е изпълнено, понеже огромната част от астероидите се движат по орбити, които са извън земната орбита. Оумуамуа също премина през Слънчевата система достатъчно далеч от Земята, за което може да се досетим по голямата му звездна величина. По време на фотометричните наблюдения тя се мени между 22-ра и 25-та. Затова може да приемем, че практически цялата видима повърхност на астероида е осветена от Слънцето. Ето защо видимият му блясък ще зависи от площта на видимата проекция на астероида. Понеже се иска да се направи само оценка на отношението на размерите, разглеждаме две ориентации на астероида.

При първата ориентация, най-голямата от трите оси на астероида е перпендикулярна на зрителния лъч. Видимата площ на проекцията е $S_1 = \pi ac$.

При втората ориентация, втората по големина ос е перпендикулярна на зрителния лъч. Видимата площ на проекцията на астероида е $S_2 = \pi bc$.

Нека разгледаме кривата на блясъка на астероида. Виждаме, че блясъкът в максимум и минимум се различава с около 3 звездни величини. Следователно в максимума на блясъка от астероида идва $(2.512)^3 = 15.85 \approx 16$ пъти повече светлина. Тогава площта на видимата проекция е около 16 пъти по-голяма от площта на видимата проекция в минимум.

Оттук следва, че:

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{\pi ac}{\pi bc} = \frac{a}{b} \approx 16$$

Ако използваме не точките с наблюденията от кривата на блясъка, а усреднената крива, представена с бяла пунктирна линия, която апроксимира данните от наблюденията, за амплитудата на кривата на блясъка получаваме около 2.6 звездни величини. Тогава $(2.512)^{2.6} = 10.96 \approx 11$ пъти повече светлина в максимума на блясъка. В този случай и отношението на полуосите a и b се получава равно на 11. Това е малко по-реалистична оценка.

Виждаме, че астероидът представлява един много силно издължен елипсоид.

Хипотезата за дисковидна форма на астероида предполага той да се върти не около най-късата ос, а около втората по дължина ос b (примерно). Тогава, може да получим отношението между осите a и c, което също ще е равно на 11. Подобна хипотеза, обаче, не е особено реалистична.

<u>Критерии за оценяване (общо 12 т.):</u>

За разбиране, че при максимум на блясъка голямата ос на астероида е ориентирана перпендикулярно на зрителния лъч, а при минимум оста b е перпендикулярна на зрителния лъч – 2т.

За разбиране, че проекцията на астероида, при максимум на блясъка, е елипса с полуоси a и c, а при минимум е елипса с полуоси b и c – 2т.

За правилно пресмятане на отношението на осветеностите в максимум и минимум, използвайки информация от кривата на блясъка – 3т.

За разбиране, че отношението на площите е равно на отношението на осветеностите в максимум и минимум – 2т.

За правилно конструиране на уравнението и получаване на отношението a/b и точен числен резултат – 3т.

3 задача. Полярни звезди. Звездата HD 21070 е по-близо до северния небесен полюс от Полярната звезда и би могла по-точно да ни служи като ориентир, но е твърде слаба. Нейната звездна величина е $9^m.04$. Намира се на разстояние 203 парсека от нас.

- А) Звездата HD 21070 е от Главната последователност на диаграмата на Херцшпрунг-Ръсел. За такива звезди е в сила следната зависимост между светимостта L, изразена в единици светимост на Слънцето и масата M в слънчеви маси: $L = M^{3.5}$. Оценете масата на HD 21070. Абсолютната звездна величина на Слънцето е $4^m.83$.

Да си представим екзопланета, намираща се около някакава звезда X. Жителите на тази планета с интерес изучават Вселената, както подобава на същества, които са наистина разумни. В небето на планетата нашето Слънце е Полярна звезда, а звездата HD 21070 лежи на небесния екватор. Това е валидно и за двете следващи подусловия.

- Б) Жителите на екзопланетата решават да изстрелят към Слънцето и към звездата HD 21070 два малки космически апарата с маса по 1 kg. Първоначално корабите за много кратко време се ускоряват и после се движат към своите цели с постоянни скорости, които са такива, че всеки от тях да достигне до целта си за 10 000 години. Каква обща енергия трябва да се изразходва, за да се ускорят двата апарата до тези необходими скорости?
- В) Нека сега звездата X е разположена така, че за наблюдателите от екзопланетата Слънцето и звездата HD 21070 изглеждат еднакво ярки. В този случай каква би била деклинацията на звездата X за наблюдател от Земята?

Решение:

Означаваме с m видимата звездна величина на звездата HD 21070, а с r разстоянието до нея. Определяме нейната абсолютна звездна величина:

$$M_* = m + 5 - 5\lg r$$

$$M_* \approx 2.50^m$$

Като използваме абсолютната звездна величина на Слънцето M_{*o}, пресмятаме светимостта на звездата в единици слънчеви светимости L_o:

$$L = 2.512^{M_{*o} - M_*}.L_o$$

$$L \approx 8.55\,L_o$$

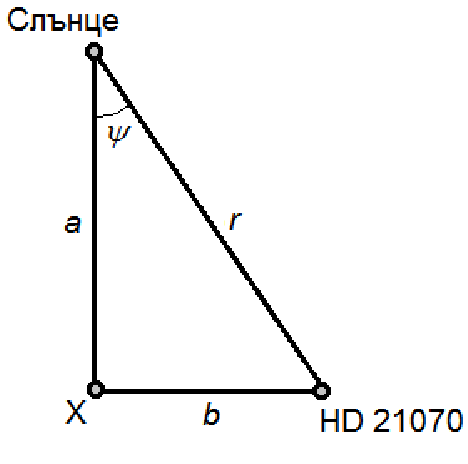
Дадена ни е връзката между светимостта и масата на звездата:

$$L = M^{3.5}$$

От нея намираме масата:

$$M = L^{\frac{1}{3.5}}$$

$M \approx 1.85$ слънчеви маси



В небето на екзопланетата около звездата X нашето Слънце е Полярна звезда, а звездата HD 21070 лежи на небесния екватор. Следователно звездата X, Слънцето и звездата HD 21070 образуват правоъгълен триъгълник с прав ъгъл при звездата X. Да означим с a и b разстоянията от звездата X съответно до Слънцето и до звездата HD 21070. Космическите кораби трябва да изминат тези две разстояния за едно и също време t. Следователно те трябва да се движат със скорости v_a и v_b, за които са в сила равенствата:

$$v_a = \frac{a}{t}$$

$$v_b = \frac{b}{t}$$

Общата кинетична енергия, която трябва да придобият корабите, ще бъде:

$$E_k = \frac{m{v_a}^2}{2} + \frac{m{v_b}^2}{2}$$

където m е масата на всеки от корабите. Оттук намираме:

$$E_k = \frac{m}{2t^2}(a^2 + b^2)$$

Ние не знаем какви са разстоянията a и b, но разстоянието r ни е дадено. От Питагоровата теорема обаче, имаме:

$$a^2 + b^2 = r^2$$

Следователно каквито и да са разстоянията a и b, общата кинетична енергия, която трабва да се придаде на двата кораба, ще намерим от равенството:

$$E_k = \frac{m}{2t^2} r^2$$

$$E_k \approx 197 \times 10^{12}\ \mathrm{J}\ \ \text{(джаула)}$$

За да имат еднакъв видим блясък Слънцето и звездата HD 21070 за наблюдател от екзопланетата около звездата X, трябва да е изпълнено равенството:

$$\frac{L_o}{a^2} = \frac{L}{b^2}$$

Оттук намираме:

$$\frac{b}{a} = \sqrt{\frac{L}{L_o}}$$

Както се вижда от горната схема:

$$\frac{b}{a} = \mathrm{tg}\psi$$

където ψ е ъгълът при Слънцето в правоъгълния триъгълник. Така получаваме:

$$\psi = \mathrm{arctg}\sqrt{\frac{L}{L_o}}$$

$$\psi \approx 71°$$

Разстоянието между Слънцето и Земята е нищожно в сравнение с междузвездните разстояния, на които се равняват страните на този триъгълник, така че можем да считаме, че положението на Земята практически съвпада с това на Слънцето. Известно ни е, че звездата HD 21070 е много близо до северния небесен полюс за земния наблюдател. Оттук заключаваме, че ъгълът ψ е равен на полярното отстояние на звездата X. Следователно деклинацията на звездата X в нашата екваториална система небесни координати ще бъде:

$$\delta = 90° - \psi = 19°$$

<u>Критерии за оценяване (общо 12 т.):</u>

За правилен начин за намиране на масата на звездата HD 21070 – 3 т.

За правилен числен отговор – 1 т.

За правилен начин за определяне на общата енергия – 3 т.

За верен числен отговор – 1 т.

За правилен начин за намиране на деклинацията на звездата X – 3 т.

За верен числен отговор – 1 т.

Забележка: Във второто подусловие Б) ученикът може да е пресметнал енергията не за общия случай на произволно съотношение на разстоянията от звездата X до другите две звезди, а за някакъв частен случай, например за правоъгълен триъгълник с ъгли по 45°, или пък за триъгълника, който се получава в ситуацията, описана в подусловие В). В такъв случай на участника следва да се даде най-много 1 точка за цялото подусловие Б).

4 задача. Слънчев вятър и фотони. Слънцето непрестанно губи маса заради слънчевия вятър и своето излъчване. В близост до Земята средната скорост на слънчевия вятър е 468 km/s., а концентрацията на частиците е 8.8 частици на кубически сантиметър. Слънчевият вятър се състои главно от протони, електрони и алфа-частици (хелиеви ядра). Водородът представлява около 91% от състава на Слънцето по брой атоми, а хелият – около 9%. Светимостта на Слънцето е 3.8×10^{26} W.

А) Да се оцени загубата на вещество от Слънцето в тонове за секунда, дължаща се на слънчевия вятър. Масата на протона е 1.67×10^{-27} kg, а на алфа-частицата (ядро на He^4) – 6.64×10^{-27} kg. Масата на свободните електрони може да се пренебрегне, но те се отчитат в общия брой частици при определяне на концентрацията. Броят на електроните в дадено количество слънчева плазма е такъв, че сумарният електрически заряд на всички частици в това количество да е равен на нула.

- Б) Да се оцени загубата на маса в резултат на термоядрените реакции в ядрото на Слънцето, при които част от масата на участващите частици се превръща в енергия на електромагнитното излъчване.
- В) При точното определяне на астрономическата единица е установено, че разстоянието между Земята и Слънцето постепенно се увеличава с 15 метра за 100 години. Да се определи дали това може да се дължи изцяло на загубата на маса от Слънцето.

Решение:

Да си представим количество вещество от слънчевия вятър, в което се съдържат 91 протона (атомни ядра на водорода) и 9 алфа-частици (атомни ядра на хелия). Всеки протон носи единица положителен заряд. Всяка алфа-частица съдържа по два протона и два неутрона и носи две единици положителен заряд. За да бъде сумарният електрически заряд на това количество вещество равен на нула, в него трябва да има и определен брой свободни електрони, който трябва да е:

$$91 + 2\times9 = 109 \text{ електрона}$$

Общият брой частици ще бъде:

$$N = 91 \text{ протона} + 9 \text{ алфа-частици} + 109 \text{ електрона} = 209 \text{ частици}$$

Ако концентрацията в близките околности на Земята е $n = 8.8$ частици / cm^3, то това количество вещество ще заема обем:

$$V_0 = \frac{N}{n}$$

Общата маса на веществото в този обем ще бъде:

$$m_0 = 91m_p + 9m_\alpha$$

където m_p е масата на протона, а m_α е масата на алфа-частицата. Сега вече можем да намерим плътността на веществото, носено от слънчевия вятър в близките околности на Земята:

$$\rho = \frac{m_0}{V_0}$$

$$\rho = \frac{n(91m_p + 9m_\alpha)}{N}$$

$$\rho \approx 8.915 \times 10^{-21}\ \mathrm{kg/m^3}$$

За да получим този резултат, предварително сме превърнали концентрацията от брой частици / cm^3 в брой частици / m^3.

Да означим с Δm_1 масата, която Слънцето губи за една секунда поради слънчевия вятър. Да си представим сфера с център Слънцето и радиус r, равен на една астрономическа единица, колкото е разстоянието до Земята. Нейната площ е равна на $4\pi r^2$. Тогава Δm_1 ще бъде масата на веществото, преминало през тази сфера за една секунда. То се съдържа в сферичен слой с обем $\Delta V = 4\pi r^2 v$, където v е скоростта на частиците от слънчевия вятър в околностите на Земята, изразена в метри за секунда. Оттук получаваме:

$$\Delta m_1 = \rho \Delta V = 4\pi r^2 v \rho$$

$$\Delta m_1 \approx 1.17 \times 10^6 \text{ тона в секунда}$$

В резултат от термоядрените реакции в недрата на Слънцето част от масата на частиците, които участват в тях, се превръща в енергия на електромагнитното излъчване. Означаваме с L_o светимостта на Слънцето. Това е енергията, излъчвана от Слънцето в единица време. Ако Δm_2 е загубата на маса за единица време в резултат от излъчването, то:

$$L_o = \Delta m_2 c^2$$

където c е скоростта на светлината. Оттук пресмятаме:

$$\Delta m_2 = \frac{L_o}{c^2}$$

$$\Delta m_2 \approx 4.22 \times 10^6 \text{ тона в секунда}$$

Да си представим, че в даден момент Земята се движи по кръгова орбита около Слънцето с радиус r, равен на една астрономическа единица. Тогава нейната орбитална скорост ще бъде:

$$v_0 = \sqrt{\frac{\gamma M_o}{r}}$$

където γ е гравитационната константа, а M_o е масата на Слънцето. В някакъв следващ момент масата на Слънцето намалява с величина Δm. В резултат на това Земята тръгва да се движи по елипса с перихелий на разстояние r от Слънцето и афелий на разстояние $r + 2\Delta r$. Голямата полуос на тази елипса ще бъде:

$$a = \frac{r + r + 2\Delta r}{2} = r + \Delta r$$

Съгласно закона за запазване на енергията, приложен към новата елиптична орбита на нашата планета, ако M_T е масата на Земята, то:

$$\frac{M_T {v_0}^2}{2} - \frac{\gamma(M_o - \Delta m)M_T}{r} = -\frac{\gamma(M_o - \Delta m)M_T}{2a}$$

Съкращаваме M_T и заместваме v_0 и a с дадените по-горе формули:

$$\frac{\gamma M_o}{2r} - \frac{\gamma(M_o - \Delta m)}{r} = -\frac{\gamma(M_o - \Delta m)}{2(r + \Delta r)}$$

Съкращаваме γ и множаваме двете страни на равенството с $2r(r+\Delta r)$:

$$(r+\Delta r)M_o - 2(r+\Delta r)(M_o - \Delta m) = -r(M_o - \Delta m)$$

Преобразуваме уравнението и получаваме:

$$\Delta m(r + 2\Delta r) = M_o \Delta r$$

Като приемем, че $\Delta r \ll r$, стигаме до съотношението:

$$\frac{\Delta r}{r} \approx \frac{\Delta m}{M_o}$$

За време $t = 100$ години средното разстояние от Земята до Слънцето се увеличава с 15 метра. Бихме могли да пресметнем от горното равенство колко маса трябва да изгуби Слънцето, за да стане това и да сравним със загубата на маса в резултат от слънчевия вятър и излъчването. Оказва се, че е необходимо Слънцето да губи около 63.5×10^6 тона в секунда, което е значително повече от реалната загуба на маса. Другият вариант е да пресметнем при реалната загуба на маса от Слънцето, с колко би се увеличавало средното разстояние Земя – Слънце за 100 години. Получаваме $\Delta r \approx 1.3$ метра за 100 години, което е значително по-малко от 15 метра. Това ни води до заключението, че увеличаването на разстоянието от Земята до Слънцето не може изцяло да се обясни със загубата на маса от нашата звезда. По-съществен фактор навярно е приливното въздействие на Слънцето върху системата Земя – Луна.

Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За пресмятане на загубата на вещество от слънчевия вятър – 3.5 т.

За верен числен отговор – 0.5 т.

За пресмятане на загубата на вещество от излъчването – 3.5 т.

За верен числен отговор – 0.5 т.

За правилен подход при определяне на влиянието на загубата на вещество от Слънцето върху увеличаването на разстоянието Земя – Слънце – 3 т.

За правилен краен извод – 1 т.

5 задача. Пътят към звездите. Най-после е създаден кораб за междузвездни пътувания, както и метод за забавяне на физиологичните процеси в организмите на космонавтите, така че те да пътуват десетилетия без да остаряват съществено. Корабът е изстрелян към желаната цел и скоро достига крейсерската си скорост от 19.5×10^3 km/s. При тази висока скорост са съществени последствията от триенето с междузвездната среда, но те се преодоляват със специален щит и система за защита от космическите лъчи.

- А) Радиопредавателят на кораба е настроен на честотата за далечна космическа връзка 32000 MHz. След достигането на крейсерската скорост, екипажът на кораба изпраща музикален поздрав до жителите на Земята – Токата и фуга в ре минор от Йохан Себастиан Бах. Продължителността на музикалното произведение е 8^m33^s. Каква ще бъде неговата продължителност по време на приемането му на Земята и на каква честота е настроен земният радиоприемник?
- Б) Аблационният топлинен щит (щит, който предпазва от прегряване посредством изпарение на специални вещества, наслоени по подходящ начин пред кораба) е с дебелина 12.18 m. Всеки ден от щита се изпарява слой с дебелина 0.5 mm. На какво разстояние е крайната цел на космическткото пътешествие и коя е тя? Приемете, че щитът е пресметнат за еднопосочно пътуване.
- В) Съпротивлението на междузвездната среда се компенсира точно с постоянна работа на системата от йонни двигатели на кораба. Дали космонавтите в кораба са в безтегловност и дали носещата конструкция на кораба е в безтегловност?

При решаването на задачата не отчитайте ефектите от Специалната теория на относителността и от движението на Земята около Слънцето.

Решение:

За да пресметнем колко дълго ще продължи приемането на музикалния поздрав на Земята, трябва към стандартната продължителност на произведението да добавим светлинното време за разстоянието, което корабът е изминал, докато е траело изпращането на поздрава. Нека стандартната продължителност е $\Delta t_0 = 8^m 33^s = 513$ s. Корабът се движи със скорост $v = 19500$ km/s. За време Δt_0 корабът ще измине разстояние $\Delta x = \Delta t_0 \cdot v = 10003500$ km. Светлинното време за това разстояние е равно на времето, което е необходимо на светлината да го измине $\Delta t_c = \Delta x / c$, където c е скоростта на светлината ($c = 300000$ km/s). Получаваме, че $\Delta t_c = 33.345$ s. Времетраенето на Земята ще бъде $\Delta t = \Delta t_0 + \Delta t_c = 546.345 \text{ s} \approx 546$ s.

Поради движението на кораба ще се наблюдава ефект на Доплер. Лесно може да го преформулираме за честота. Знаем, че връзката между дължината на вълната, честотата и скоростта на светлината е:

$$c = \lambda \nu$$

Следователно:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

където ν е честотата на вълната, а λ е дължината на вълната. Формулата, произтичаща от ефекта на Доплер за дължината на вълната, може да се запише така:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Оттук следва:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$$

Заместваме дължината на вълната, като използваме изразяването ѝ чрез честотата и скоростта на светлината и получаваме подобен израз за честотата:

$$\nu = \nu_0 \frac{1}{\left(1 + \frac{v}{c}\right)} = 30046.95 \text{ MHz} \approx 30047 \text{ MHz}$$

където $\nu_0 = 32000$ MHz е стандартната честота на излъчване на сигнала от космическият кораб, а $\nu \approx 30047$ MHz е честотата на сигнала, на която ще се приема съобщението от кораба на Земята.

Дебелината на аблационния щит е $d = 12180$ mm. Скоростта на изпарение на щита е $\Delta d = 0.5$ mm/d (милиметра на денонощие). Следователно щитът ще се изпари след време:

$$t = \frac{d}{\Delta d} = \frac{12180 \text{ mm}}{0.5 \text{ mm/d}} = 24360 \text{ d} = 66.7 \text{ години}$$

За това време корабът ще измине разстояние $r = v \cdot t = 4.104 \times 10^{13}$ km = 1.33 pc. На такова разстояние се намират двете компоненти на α Cen A и B. Малко по-близо, на 1.30 pc, се намира третата компонента α Cen – Проксима. Всяка една от звездите може да бъде достигната от изпратената експедиция.

Понеже силите на триене и силата на йонните двигатели се компенсират напълно, то те не оказват влияние върху движението на кораба, макар и да създават напрежение в конструкцията. Всичко на кораба, корпусът, носещата конструкция, космонавтите се движат единствено под действие на силите на привличане на космическите тела и следователно се намират в безтегловност.

<u>Критерии за оценяване (общо 12 т.):</u>

За пресмятане на продължителността на поздрава, при приемането му на Земята – 2т.

За правилен подход при пресмятането на приеманата на Земята честота на сигнала – 3т.

За верен числен резултат – 1т.

За правилен метод при пресмятане на времето за пълно изпарение на аблационния щит – 2т.

За верен числен резултат – 1т.

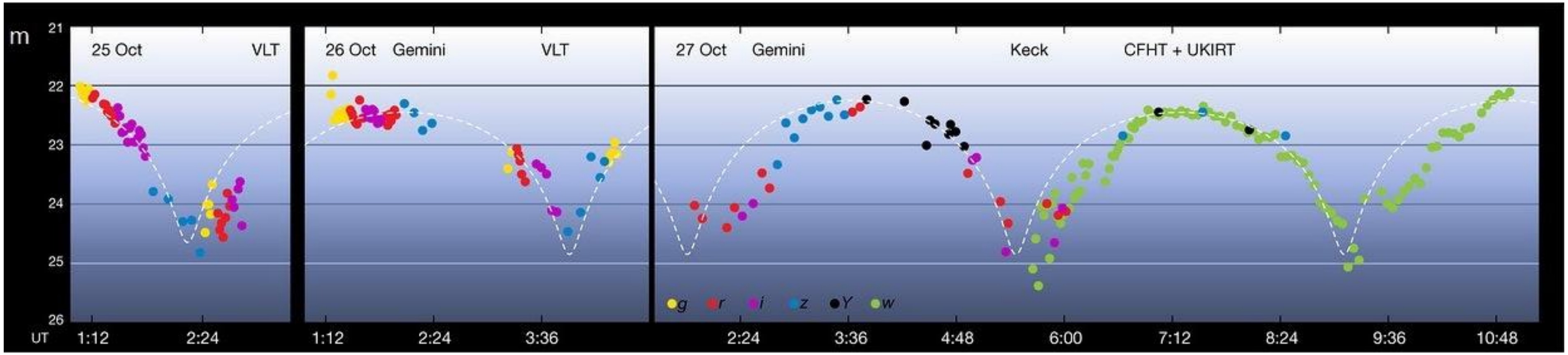
За правилен коментар относно възможните цели на експедицията – 1т.

За правилен коментар относно състоянието на безтегловност на кораба, независимо от работещите двигатели – 2т.

Справочни данни:

Маса на Слънцето – 1.989×10^{30} kg
Маса на Юпитер – 1.9×10^{27} kg
Маса на Сатурн – 0.57×10^{27} kg
Радиус на орбитата на Юпитер – 0.779×10^{9} km
Радиус на орбитата на Сатурн – 1.434×10^{9} km
Астрономическа единица – 149.6×10^{6} km
Площ на елипса с голяма и малка полуоси p и q: $S = \pi pq$

Астероидът Оумуамуа – фантастична рисунка



Крива на изменение на блясъка на астероида Оумуамуа – към 2 задача.