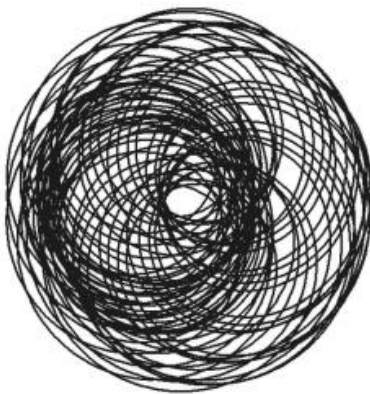


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

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

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 ($\lambda = 550 \text{ nm}$).

2 задача. Междувъзвден 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 междувъзвденното 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.

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 някаква 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?

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 He⁴) – 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.

5 задача. Пътят към звездите. Най-последно 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 космическото 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.

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

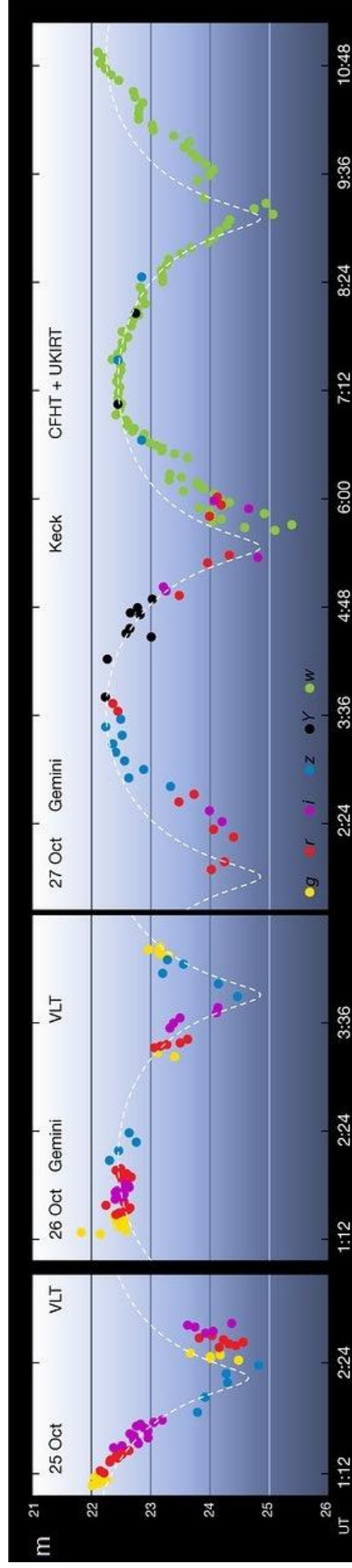
Радиус на орбитата на Сатурн – 1.434×10^9 km

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.