

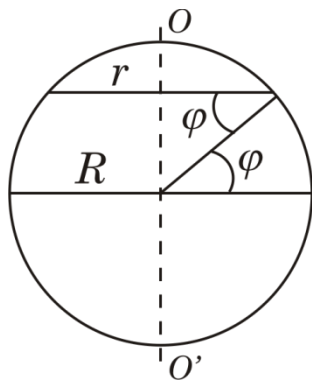
Можливі розв'язки завдань
II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії
Київ, 23 листопада 2018 року
10 клас

1. Скільки часу знадобиться світлу, щоб перетнути всю нашу Галактику, якщо діаметр Галактики складає 25 кпк? Скільки разів за цей час світло встигло б подолати відстані від Сонця до Землі та назад. За означенням, 1 пк – це відстань, з якої середній радіус земної орбіти видно під кутом 1" (1 кутова секунда). 1 кутова секунда – це 1/3600 градуса.

Задачу можливо розв'язати за допомогою переводу парсеків у км і далі поділивши отримане значення на швидкість світла. А можна скористатися знаннями, що в 1 парсеку приблизно 3,26 світлового року, й тоді 25 кпк перетворяться на 81500 світлових років. А отже, світлу знадобиться 81500 років для подолання відстані, що дорівнює діаметру галактики.

На друге питання теж можна відповісти прямо, порахувавши відповідні відстані, а можна згадати, що у 1 парсеку приблизно 206265 астрономічних одиниць, а отже 25 кпк це 5156625000 а.о., і відповідно від Сонця до Землі та назад світло встигне пройти двічі менше разів 2578312500.

2. З якою швидкістю (за величиною і напрямком) повинен летіти літак з Києва, щоб, під час руху вздовж паралелі 50° п.ш., він прибув в пункт призначення в ту саму годину за місцевим часом, що й при вильоті з Києва?



Земля обертається з заходу на схід. Час визначається положенням Сонця. Щоб літак знаходився в одному і тому ж положенні щодо Сонця він повинен летіти проти обертання Землі зі швидкістю, яка дорівнює лінійній швидкості точок Землі на широті траси. Дана швидкість визначається за формулою:

$$v = \frac{2\pi r}{T}; \text{ де } r = R \cos \varphi$$

v – швидкість літака, T – тривалість доби ($T = 86400$ с), r – радіус обертання точок траси на даній широті; R – радіус Землі ($R = 6,371 \cdot 10^6$ м), φ – широта ($\varphi = 50^\circ$)

Відповідь: $v = 272$ м/с = 980 км/ч, летіти на захід

3. Чорна діра – це астрофізичний об'єкт, друга космічна швидкість на поверхні якого дорівнює швидкості світла. В скільки разів необхідно зменшити радіус Місяця аби він став чорною дірою? В скільки разів при цьому зростає його густина. Сучасні значення радіусу і густини Місяця наступні: $R = 1737$ км, $\rho = 3346$ кг/м³.

Використовуючи означення та формулу для другої космічної швидкості отримаємо радіус чорної діри: $R_g = 2GM/c^2$. Підставимо замість маси її вираз через густину та об'єм: $R_g = 2G4\pi R^3 \rho / 3c^2$, звідки отримаємо: $R_g/R = 8\pi G\rho R^2 / 3c^2$. Після підрахунків отримаємо відношення $63 \cdot 10^{-12}$, або радіус Місяця необхідно зменшити приблизно у 16 мільярдів разів. Щодо густини: можна або розрахувати її знаючи масу Місяця і обчисливши радіус чорної діри, або вивести формулу для співвідношення густин. Остання буде мати вигляд: $\rho_{чд}/\rho = 3c^2 / 8G\rho R^2$. Звідки отримаємо теж 16 млрд. разів.

4. Чому влітку, коли ніч коротка, повний Місяць знаходиться не дуже високо над горизонтом, а довгими зимовими ночами повний Місяць піднімається над горизонтом дуже високо? Чи може Місяць на небі підійматися вище за Сонце для спостерігача в одній і тій самі точці на земній поверхні? Всі відповіді обґрунтуйте та за необхідності накресліть схематичні рисунки.

Тому що Місяць, як і Сонце і інші планети Сонячної системи, рухається поблизу площини екліптики. Повний Місяць ми спостерігаємо тоді, коли він знаходиться в діаметрально протилежній точці від Сонця. А отже, чим вищим буває Сонце на небі вдень, тим нижче буде повний Місяць вночі.

Так як Місяць рухається не чітко в площині екліптики, а має нахил орбіти приблизно 5° , то ситуація, коли висота Місяця над горизонтом є більшою за максимальне значення висоти Сонця над горизонтом для даної місцевості є цілком можливою.

5. Вам надано карти чотирьох сузір'їв. Запишіть їх назви у порядку збільшення їх максимальної висоти над горизонтом. Які із цих сузір'їв можливо побачити у Києві, а які ні? Відповідь обґрунтуйте!

Columba (Голуб), Lepus (Заєць), Orion (Оріон), Taurus (Телець).

Для того, аби світило можна було спостерігати над горизонтом у Києві, його схилення має бути більшим за -40° . (правильні розрахунки цієї величини всебічно вітаються!) Враховуючи схилення наданих сузір'їв проблеми із спостереженнями у м. Київ можуть виникнути лише із сузір'ям Columba, нижня частина якого не доступна для спостережень а все інше знаходиться занадто низько над горизонтом.

11 клас

1. Скільки часу знадобиться світлу, щоб перетнути всю нашу Галактику, якщо діаметр Галактики складає 25 кпк? Скільки разів за цей час світло встигло б подолати відстані від Сонця до Землі і назад.

Задачу можливо розв'язати за допомогою переводу парсеків у км і далі поділивши отримане значення на швидкість світла. А можна скористатися знаннями, що в 1 парсеку приблизно 3,26 світлового року, й тоді 25 кпк перетворяться на 81500 світлових років. А отже, світлу знадобиться 81500 років для подолання відстані, що дорівнює діаметру галактики.

На друге питання теж можна відповісти прямо, порахувавши відповідні відстані, а можна згадати, що у 1 парсеку приблизно 206265 астрономічних одиниць, а отже 25 кпк це 5156625000 а.о., і відповідно від Сонця до Землі та назад світло встигне пройти вдвічі менше разів 2578312500.

2. В скільки разів і в якому напрямку (ближче чи далі від очей) необхідно перемістити нову монету номіналом в 1 гривню, аби вона закривала таку саму по площі ділянку небесної сфери як і стара одно гривнева монета?

Вимірювання показують, що діаметри монет відрізняються у 26/19 (приблизно в 1,4) разів, причому нова монета менша. Це означає, що для того, аби вона закривала на небі такий самий кут її необхідно перемістити ближче до очей у приблизно 1,4 рази.



3. Чорна діра – це астрофізичний об'єкт, друга космічна швидкість на поверхні якого дорівнює швидкості світла. В скільки разів необхідно зменшити радіус Місяця аби він став чорною дірою? В скільки разів при цьому зросте його густина. Сучасні значення радіусу і густини Місяця наступні: $R = 1737$ км, $\rho = 3346$ кг/м³.

Використовуючи означення та формулу для другої космічної швидкості отримаємо радіус чорної діри: $R_g = 2GM/c^2$. Підставимо замість маси її вираз через густину та об'єм:

$R_g = 2G4\pi R^3 \rho / 3c^2$, звідки отримаємо: $R_g/R = 8\pi G\rho R^2 / 3c^2$. Після підрахунків отримаємо відношення $63 \cdot 10^{12}$, або радіус Місяця необхідно зменшити приблизно у 16 мільярдів разів. Щодо густини: можна або розрахувати її знаючи масу Місяця і обчисливши радіус чорної діри, або вивести формулу для співвідношення густин. Остання буде мати вигляд: $\rho_{чд}/\rho = 3c^2 / 8G\rho R^2$. Звідки отримаємо теж 16 млрд. разів.

4. *Нехтуючи всіма законами природи, уявимо, що наша Галактика – то є однорідний диск з масою $5,8 \cdot 10^{11}$ мас Сонця, в якому знаходиться зорі з середньою масою 1,4 мас Сонця та середньою відстанню між ними порядку 1 пк. Нехай діаметр диску Галактики складає 25 кпк. Знайдіть товщину диску Галактики.*

Спочатку знайдемо загальну кількість зір у Галактиці. Для цього загальну масу Галактики поділимо на масу однієї зорі:

$$\frac{M_G}{M_*} = \frac{5,8 \cdot 10^{11} M_C}{1,4 M_C} = 4,14 \cdot 10^{11} \text{шт.}$$

Для оцінки густини зір можна скористатися двома моделями: кубічною та сферичною. В першій зорю будемо розташовувати в центрі кубу, в другій – у центрі сфери. Для розрахунків використаємо першу модель.

Ребро куба, всередині якого знаходиться зоря дорівнює відстані між зорями, отже 1 зоря приходить на 1 кубічний парсек. Тоді загальний об'єм Галактики має бути $V = 2,9 \cdot 10^{11} \text{ пк}^3$. Площа диску складає:

$$S_d = \pi r_d^2 = 3,14 \left(\frac{25 \cdot 10^3}{2} \right)^2 \approx 4,9 \cdot 10^8 \text{ пк}^2$$

Тепер, поділивши об'єм Галактики на площу диску, отримаємо товщину диску:

$$d = \frac{V}{S_d} \approx 845 \text{ пк}$$

5. *Вам надано карти чотирьох сузір'їв. Запишіть їх назви в порядку збільшення їх максимальної висоти над горизонтом. Які із цих сузір'їв можливо побачити у Києві, а які ні? Відповідь обґрунтуйте!*

Columba (Голуб), Lepus (Заєць), Orion (Оріон), Taurus (Телець).

Для того, аби світило можна було спостерігати над горизонтом у Києві, його схилення має бути більшим за -40° . (правильні розрахунки цієї величини всебічно вітаються!) Враховуючи схилення наданих сузір'їв проблеми із спостереженнями у м. Київ можуть виникнути лише із сузір'ям Columba, нижня частина якого не доступна для спостережень а все інше знаходиться занадто низько над горизонтом.