

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії 2018/2019 навчального року. Харківська область. 07 лютого 2019. 11 клас.

Задачі з розв'язками

Задача 1. «Замінити Венеру»

(5 балів)

Скільки слабких зір 6^m створять на поверхні Землі таку ж освітленість як і Венера у максимумі блиску (-4^m).

Розв'язок: Різниця блиску між зорею 6^m та -4^m становить 10 зоряних величин. Оскільки ми пам'ятаємо, що кожні 5^m відповідають відношенню освітленостей як 1 до 100, робимо висновок, що треба 10 000 зір 6^m , щоб створити освітленість як від Венери.

Задача 2. «Полярна Вега»

(5 балів)

Відомо, що Вега стане Полярною зіркою через 12 000 років. Не знаючи координат Веги, визначити, чи є вона у Харкові в теперішній час такою, що ніколи не заходить?

Розв'язок. Внаслідок прецесії полюс світу описує навколо полюса екліптики коло з радіусом $23^{\circ}27'$. З умов задачі видно, що це коло проходить через Вегу. Легко зрозуміти, що Вега ніколи не буде далі від полюса ніж на $46^{\circ}54'$. Оскільки висота полюса в Харкові 50° , то Вега зараз (і будь-коли!) зостається завжди вище горизонту.

Задача 3. «Новий рік по-китайськи»

(10 балів)

За східним циклічним календарем роки не мають номерів, а називаються іменами 12 тварин в окресленій послідовності. При чому кожного року змінюється ще й колір, або стихія, до якої належить тварина. В сукупності це створює 60-річний цикл. Новий рік за традицією починається в день другого нового Місяця після зимового сонцестояння. Рік, що відповідає нашому 2019-му зветься роком жовтої (земляної) свині. Коли він розпочнеться, якщо 21 січня 2019 р. спостерігалось повне затемнення Місяця? Коли жовту свиню змінить білий (металевий) щур?

Розв'язок Затемнення Місяця відбувається, коли Місяць знаходиться в повній фазі. Між Новим Місяцем и повним проходить приблизно 15 діб. То значить, що 6-го січня вже був перший новий місяць після зимового сонцестояння. (Й насправді, 6-го січня спостерігалось сонячне затемнення!). Наступний новий місяць буде $21+15=36$ січня = 5 лютого. Це й буде початок року жовтої свині. Тривалість року за місячним календарем складає 12 або 13 синодичних місяців, що складає $12 \cdot 29.5=354$ доби, або $13 \cdot 29.5=383.5$ діб. Якщо припустити, що рік триватиме 12 місяців = 365 діб - 11 діб, то новий місяць буде 5 лютого - 11 діб = 25 січня 2020 р. Та той новий Місяцю буде вже другим після зимового сонцестояння тому що від 22 грудня до 25 січня пройде 34 доби, а за ці 34 доби обов'язково був перший новий місяць. Білого щура зустрічатимемо 25 січня 2020 р.

Задача 4. «Кип'ятильник VLT»

(10 балів)

На скільки градусів вдасться нагріти склянку води, якщо використати на це всю енергію, що за рік зберуть чотири 8.2-метрові телескопи VLT, якщо б вони всі цілодобово спостерігали Сиріус ($m=-1^m.5$) Відомо що Сонце має видиму зоряну величину $-26^m.7$ і від нього надходить $1.35 \cdot 10^3$ Вт/м². Питома теплоємність води $4.2 \cdot 10^3$ дж/кг·К.

Розв'язок: Різниця видимих зоряних величин Сонця та Сиріуса становить $25^m.2$, що відповідає відношенню потоків енергії $2.512^{25.2} = 10^{10.1} = 12 \cdot 10^9$. За рік ($31.5 \cdot 10^6$ с) всі чотири телескопи (площа дзеркала кожного $\pi \cdot 8.2^2/4 = 52.8$ м²) зберуть $1.35 \cdot 10^3$ Вт/м² · $4 \cdot 52.8$ м² · $31.5 \cdot 10^6$ с / $12 \cdot 10^9 = 748$ дж. В склянці 0.2 кг води з питомою теплоємністю $4.2 \cdot 10^3$ дж/кг·К. Тому вода в склянці нагріється на 748 дж / (0.2 кг · $4.2 \cdot 10^3$ дж/кг·К) = 0.89 К.

Задача 5. «Де ж це було?»

(15 балів)

Проводячи розкопки, археологи знайшли клинописні таблички з записами довжини тіні сонячного годинника. Після розшифрування записів виявилось, що за рік спостережень довжина тіні опівдні змінювалась на півтори довжини гномона (жердини, що відкидає тінь). Вкажіть можливу широту місця, де проводились спостереження.

Розв'язок. Схилення Сонця δ протягом року змінюється в межах $-\varepsilon < \delta < \varepsilon$, де $\varepsilon = 23.5^\circ$ - нахил екліптики до екватора. Відстань Сонця від зеніту опівдні $(\varphi - \varepsilon) < z < (\varphi + \varepsilon)$, а довжина тіні $L = h \cdot \operatorname{tg} z$, де h - висота гномона. З умови задачі маємо: $\operatorname{tg}(z_{\max}) - \operatorname{tg}(z_{\min}) = \operatorname{tg}(\varphi + \varepsilon) - \operatorname{tg}(\varphi - \varepsilon) = 1.5$. Користуючись формулами тангенса суми та різниці, та позначаючи $\operatorname{tg}(\varphi) = x$, $\operatorname{tg}(\varepsilon) = a = 0.435$ отримуємо рівняння: $(2a + 1.5a^2) \cdot x^2 = 1.5 - 2a$, яке дає $x^2 \approx 0.547$; $\operatorname{tg}(\varphi) \approx 0.74$; $\varphi \approx 36.5^\circ$.

Задача 6. «Метеоритна загроза»

(15 балів)

Розрахувати мінімальну та максимальну енергію, що виділяється під час зіткнення метеоритного тіла масою 1 тонна з Землею. Виразити ці величини в тротиловому еквіваленті, якщо відомо, що питома енергія вибуху ТНТ дорівнює 4.2 МДж/кг. (Вказівка: опором атмосфери знехтувати).

Розв'язок. Треба спочатку знайти граничні можливі швидкості зіткнення тіла з Землею. Мінімальна швидкість тіла, яке падає на Землю не може бути меншою за другу космічну - 11.2 км/с (якщо тіло мало майже нульову відносну швидкість на великій відстані від Землі). З іншого боку метеоритне тіло належить Сонячній системі й не може мати поблизу орбіти Землі швидкість більшу від параболічної - 42 км/с. Враховуючи швидкість Землі - 30 км/с, в залежності від напрямку руху тіла отримаємо відносну швидкість від $42 - 30 = 12$ км/с (удар навздогін, характерний для тіл астероїдного походження) до $42 + 30 = 72$ км/с (лобове зіткнення, можливе для тіл, що є залишками комет). Останні дві швидкості треба скорегувати, враховуючи додатковий розгін у полі тяжіння Землі. З закону збереження енергії отримуємо $(11.2^2 + 12^2)^{0.5} = 16$ км/с та $(11.2^2 + 72^2)^{0.5} = 73$ км/с. Далі $E = mv^2/2$ - кінетична енергія тіла:

v, км/с	v ² /2 МДж/кг	E, тонн ТНТ
11	60	14
16	130	31
73	2600	620