

III етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії 2018/2019 навчального року. Харківська область. 07 лютого 2019. 10 клас.

Задачі з розв'язками

Задача 1. «Місяць на полюсі»

(5 балів)

"Наприкінці грудня літак доправив нас на північний полюс – було ясно і окрім зір на небі лише тонесенька скибочка Місяця жевріла на небосхилі". У якому році автор цих строк побував на Північному полюсі?

Розв'язок: Мабуть, автор взагалі не бував на Північному полюсі! Тому що кінець грудня – це час, коли схилення Сонця близьке до мінімального: $-23^{\circ}.5$. Беручи до уваги те, що Місяць ніколи не віддаляється більш ніж на $5^{\circ}.2$ від екліптики, а «тонесенька скибочка Місяця» не може бути далеко від Сонця, приходимо до висновку, що побачити з Північного полюсу вузький серп Місяця у грудні неможливо.

Задача 2. «Чорна діра»

(5 балів)

Чорна діра має масу $m = 10^{50}$ кг. На якій відстані від чорної діри друга космічна швидкість дорівнює швидкості світла?

Розв'язок. Швидкість «утікання» від будь-якого тіла дорівнює другій космічній швидкості $v_0 = \sqrt{\frac{2Gm}{R_0}}$, де R_0 – відстань від центру тіла. m – його маса. Швидкість світла $c = 3 \cdot 10^8$ м/сек. Гравітаційна стала $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ н·м²/кг². Звідси $R = 2Gm/c^2 = 1.48 \cdot 10^{23}$ м = $4.8 \cdot 10^9$ пк = $15.5 \cdot 10^9$ св.літ.

Задача 3. «Старогрецькі назви»

(10 балів)

Нам відомі назви планет за давньоримською міфологією: Меркурій, Венера, Марс, Юпітер, Сатурн. Але відомі також назви планет за древньогрецькою міфологією, причому є по дві назви для кожної планети: Кронос, Зевс, Арес, Афродіта, Гермес або Файнон, Фаетон, Піроейс, Фосфор, Стілбон. Знайдіть відповідність між цими трьома назвами.

Відповідь. Меркурій ↔ Гермес ↔ Стілбон (2 бали);
Венера ↔ Афродіта ↔ Фосфор (2 бали);
Марс ↔ Арес ↔ Піроейс (2 бали);
Юпітер ↔ Зевс ↔ Фаетон (2 бали);
Сатурн ↔ Кронос ↔ Файнон (2 бали).

Задача 4. «Сонячний спалах».

(10 балів)

6 вересня 2017 року о 12 год за всесвітнім часом на Сонці стався спалах в результаті якого 8 вересня о 00 год за київським часом почалася викликана ним дуже сильна магнітна буря. Обчисліть з якою швидкістю рухався в сторону Землі потік плазми, викинутий з поверхні Сонця. (Вказівка: Рух речовини вважати прямолінійним і рівномірним.)

Розв'язок. $t_1 = 12$ год 6 вересня, $t_2 = 0$ годин за Києвом 8 вересня або 21 година за всесвітнім часом. Тоді $\Delta t = t_2 - t_1 = 33$ год = $1.2 \cdot 10^5$ сек. Тоді, знаючи, що 1 а.о. = $1.5 \cdot 10^8$ км, отримаємо швидкість потоку плазми від спалаху: $v = r/\Delta t \approx 1300$ км/с.

Задача 5. «Втрата маси».

(15 балів)

Сонце поступово втрачає масу через електромагнітне випромінювання та в формі часток сонячного вітру. Який з цих двох факторів більш значущий, якщо світність Сонця $L=4 \cdot 10^{26}$ Вт, а потік часток сонячного вітру (переважно - протонів) на відстані земної орбіти $f = 4 \cdot 10^{12}$ часток/м²с?

Розв'язок Втрату маси за рахунок електромагнітного випромінювання легко розрахувати, виходячи з Ейнштейнкової формули $E=mc^2$:

$$\Delta m = L/c^2 = 4 \cdot 10^{26} \text{ Вт} / 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 4.4 \cdot 10^9 \text{ кг/с},$$

в той час як частки сонячного вітру уносять масу зі швидкістю:

$$\Delta m' = 4\pi R^2 f m = 4 \cdot 3.14 \cdot 2.25 \cdot 10^{22} \text{ м}^2 \cdot 4 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 2 \cdot 10^9 \text{ кг/с},$$

де R - велика піввісь (радіус) орбіти Землі, а m - маса протона .

Таким чином ми бачимо, що втрата маси Сонця за рахунок випромінювання приблизно вдвічі більша, ніж за рахунок сонячного вітру.

Задача 6. «Заряд та маса»

(15 балів)

Дві зорі, подібні до Сонця, розташовані діаметрально протилежно відносно центру нашої Галактики на відстані 15 кпк від нього. Припустимо, що 10^{-9} від повної кількості усіх електронів однієї зорі було забрано і передано іншій зорі. Порівняйте силу із якою взаємодіятимуть тепер ці зорі із силою їх притягання всією галактикою, маса якої 10^{12} мас Сонця. (Вказівка: масу Галактики вважати зосередженою в її центрі)

Розв'язок: Вважатимемо, що зоря складається цілком з водню. Тоді повна кількість електронів в зорі $n = M/m$, де M – маса зорі, а m – маса атома водню. Кожен атом водню має один електрон. Тоді, якщо забрати в зорі частку $\delta = 10^{-9}$ електронів, зоря отримає заряд $q = \delta M e / m$. Сила електростатичної взаємодії між двома зорями на відстані $2R$: $F_e = k q^2 / 4R^2 = k \cdot (\delta M e / 2R m)^2$, де k – коефіцієнт закону Кулона, а e – заряд електрона Сила гравітаційного притягання зорі до центру Галактики (де ми умовно вважаємо зосередженою всю масу Галактики): $F_g = G N M^2 / R^2$, де G – гравітаційна стала а $N = 10^{12}$ – кількість зір в Галактиці.

Відношення цих сил:

$$K = \frac{F_e}{F_g} = \frac{k}{GN} \cdot \left(\frac{\delta e}{2m} \right)^2 = \frac{9 \cdot 10^9}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{12}} \cdot \left(\frac{10^{-9} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{2 \cdot 1.66 \cdot 10^{-27}} \right)^2 \approx 310000$$

Електростатичні сили будуть приблизно в 300 000 разів більші гравітаційних! Зауважте, що до кінцевого виразу не увійшли ані маса Сонця, ані відстань до центру Галактики.