

Завдання 1. Полювання. У романі Л.М. Толстого "Анна Кареніна" описано полювання героїв твору Облонського і Левіна.

"Стало темніти. Красуня Венера низько на заході уже світилася між березами своїм ніжним блиском, а високо на сході переливався своїми червоними вогнями хмурий Арктурус. Над головою у себе Левін "ловив та губив" крайню зорю із ручки ковша В.Ведмедиці, а на горизонті намагався відшукати ліворуч від Андромеди Ящірку".

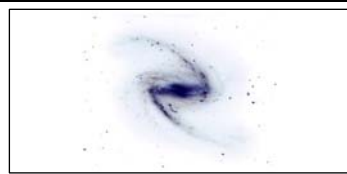
На основі цього опису, за допомогою рухомої карти зоряного неба, необхідно визначити коли і де відбувалося полювання, а саме:

- які екваторіальні координати Ящірки;
- орієнтовна географічна широта місця полювання;
- яка була пора року;
- календарний місяць, орієнтовна дата.

Хід розв'язку задачі описати.

Розв'язання

- Ящірка: $\alpha = \underline{22^{\text{h}}24^{\text{m}}}$, $\delta = \underline{44^{\circ}45'}$.
- За допомогою рухомої карти зоряного неба визначаємо, що події розгорталися **на широті $\varphi \approx 50^{\circ}$** .
- Щоб відповісти на поставлене питання, потрібно встановити, в якому сузір'ї перебувало в даний момент Сонце. Для цього слід врахувати величину елонгації Венери (яка сягає 45-48 градусів) та той факт, що площина її орбіти близька до площини орбіти Землі.
Венеру видно серед берізок на заході, тобто її висота над горизонтом була $h \approx 15^{\circ}-20^{\circ}$.
Оскільки за умовою «стало темніти», це говорить про те, що закінчуються сутінки, а Сонце вже, як мінімум, опустилося нижче ніж $Z \approx 105^{\circ}$. Тобто Сонце в сузір'ї Тельця.
Отже, описана **пора року – весна**.
- Вимірявши на карті кутову відстань вздовж екліптики між Венерою і Сонцем, визначаємо, що **події відбувалися 19 - 21 квітня**.



Завдання 2. Відомо, щоб вивести космічний апарат на навколосемну орбіту, йому потрібно надати першу космічну швидкість.

1. Чи однакова швидкість ШСЗ, які мають колові орбіти на висотах 250, 930, 17000 і 35800 км над поверхнею Землі? Яка з цих орбіт називається геостационарною і чому? Які швидкості мають штучні апарати, що обертаються по колових орбітах на тих же висотах навколо Марса? Яка з цих орбіт називається ареостационарною?
2. Скільки часу будуть перебувати космонавти в умовах повної темряви та в сутінках упродовж одного витка їх польоту в дні рівнодення по коловій екваторіальній орбіті навколо Землі на висоті 930 км? Застосуйте малюнок.
3. Чому ступень ракети, відкинута назад при відокремленні від виведеного нею на орбіту ШСЗ, спочатку рухається позаду цього ШСЗ, а потім його обганяє? Показати схематично.
4. Що Ви порадите космонавтам відносно того, куди їм треба спрямувати контейнер з результатами досліджень на парашуті, щоб той без проблем вернувся на Землю?
5. Більшість ШСЗ з орбіти вночі "підморгують" спостерігачеві на поверхні Землі (змінюють свій блиск). Про що це говорить?

Розв'язання

1. Колову швидкість V_k можна розрахувати за формулою $V_k = \sqrt{\frac{Gm}{r}}$,

де G – гравітаційна стала, яка дорівнює $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$, m – маса планети, r – радіус колової орбіти. $r = R + h$, де R – радіус планети, h – висота супутника над поверхнею планети. Для Землі $R = 6371 \text{ км}$, $m_{\oplus} = 5.98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

Коли $h = 0$,

$$V_k = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,98 \cdot 10^{24}}{6371 \cdot 10^3}} = 7,91 \cdot 10^3 \text{ м/с} = \underline{\underline{7,91 \text{ км/с}}}$$

Для інших висот ця формула має такий вигляд:

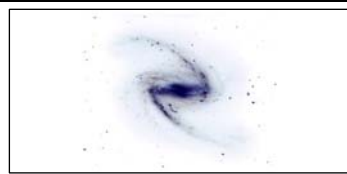
$$V_k = \sqrt{\frac{Gm}{R+h}} = 7,91 \sqrt{\frac{R}{R+h}}$$

- а) Тоді для Землі: $\underline{\underline{V_{k1} = 7,76 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k2} = 7,39 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k3} = 4,13 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k4} = 3,07 \text{ км/с}}}$.

Із збільшенням висоти польоту швидкість руху ШСЗ по орбіті зменшується. На геостационарній орбіті період обертання ШСЗ навколо Землі дорівнює зоряній добі – $23^{\text{h}}56^{\text{m}}04^{\text{s}}$. За довжиною орбіти та швидкістю руху ШСЗ знаходимо, що геостационарною буде **четверта орбіта**.

- б) Для Марса перша космічна швидкість буде: $\underline{\underline{V_k = 3,55 \text{ км/с}}}$.

Отже, для Марса: $\underline{\underline{V_{k1} = 3,42 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k2} = 3,14 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k3} = 1,45 \text{ км/с}}}$, $\underline{\underline{V_{k4} = 1,03 \text{ км/с}}}$.



Ареостационарною орбітою ШСМ, на якій період його обертання навколо Марса буде дорівнювати зоряній добі – $24^{\text{h}}37^{\text{m}}23^{\text{s}}$, буде **третя орбіта**.

2. Період обертання космічного корабля на висоті $h = 930$ км, знаходимо із формули

$$T = \frac{2\pi a}{V_k}, \quad \text{де: } V_k = 7,39 \text{ км/с}, \quad a = R + h, \quad \underline{T = 103,46 \text{ хв.}}$$

Кутова швидкість корабля:

$$\omega = 360/T = \underline{3,48^\circ/\text{хв.}}$$

Щоб визначити довжину дуги MN (нічний шлях космонавтів), треба знайти кут ZOM =

$$= \arccos R/OM =$$

$$= \arccos (6371/7301) = \underline{29,23^\circ}.$$

Тривалість сутінок відповідає приблизно половині кута ZMN $\approx \underline{1,8^\circ}$. Тоді знаходимо, що довжина дуги MN дорівнює: $180^\circ - (2 \times 29,23^\circ) = \underline{121,5^\circ}$.

Час перебування космонавтів у сутінках буде $2 \times 1,8^\circ/V_k = 3,6/3,48 \approx \underline{1,0 \text{ хвилини}}$.

Отже, час перебування космонавтів у темряві (з урахуванням перебування у сутінках) буде $MN/V_k - 1 \text{ хв} = 121,5/3,48 - 1 \text{ хв} = \underline{33,75 \text{ хвилин}}$.

На освітленій частині витка космонавти перебувають $103,46 - (33,75 + 1) = \underline{68,71 \text{ хвилин}}$.

3. Ступінь ракети, при відстрілюванні назад, отримає меншу швидкість, ніж має ШСЗ. Це приведе до її зниження. Зменшення радіуса орбіти ракети, в свою чергу, веде до зростання швидкості ракети. Таким чином, ракета, в якийсь момент, випередить ШСЗ.
4. Щоб контейнер з результатами приземлився туди, куди потрібно, можна:
- Відкинути контейнер назад** (зменшивши його швидкість відносно космічного корабля).
 - Кинути контейнер вниз** (переводячи цим його на орбіту меншого радіусу).
 - Одночасно кинути контейнер назад і вниз**.
5. Всі супутники світяться завдяки **відбитому від їх поверхні сонячному світлу**. І "підморгують" вони з орбіти наземному спостерігачеві в основному тоді, коли **обертаються навколо власної осі**. Вони також будуть змінювати свій блиск, коли змінюється ракурс їх підсвітки і виникають умови для дзеркального відбивання світла. Але ці зміни блиску ШСЗ відбуваються повільніше, ніж в першому випадку.

