

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг, 27 март 2011 г., Стара Загора

Възрастова група IX – X клас

Практическа задача

Пасаж на планета по диска на Слънцето – 15 точки.

Спътникът SORCE (Solar Radiation and Climate Experiment) се движи в кръгова орбита около Земята. На борда му има апаратура за измерване на слънчевото греене в рентгенови, ултравиолетови, видими и инфрачервени лъчи. Дадена ви е графика на изменение на общото слънчево греене (TSI – Total Solar Irradiance) по време на преминаване (пасаж) на планета по диска на Слънцето. Общото слънчево греене е във ватове на квадратен метър, а времето – в часове и минути Универсално време (UT).

- Как мислите, на какво се дължат периодичните прекъсвания в данните, получавани от спътника?
- Определете приблизително периода на обикаляне на спътника около Земята и височината на орбитата му над земната повърхност.
- Определете коя е планетата, преминала на фона на слънчевия диск. Аргументирайте вашето твърдение с пресмятания.

Решение (15 т.):

Прекъсванията в данните от спътника се дължат на това, че при орбиталното си движение той периодично навлиза в сянката на Земята. Можем да използваме това, за да определим периода му на обикаляне около нашата планета.

Измерванията по времевата ос на графиката показват, че мащабът е 1.21 часа/см. Измерваме общата продължителност на девет интервала с данни от спътника и прекъсванията между тях и с помощта на мащаба я получаваме в часове – 14.52 ч. (Или отчитаме по скалата на времето началото и края на интервала и намираме разликата между тях.) Като разделим тази продължителност на 9, получаваме орбиталния период на спътника:

$$T \approx 1.613 \text{ часа}$$

Височината на орбитата h намираме чрез III закон на Кеплер:

$$\frac{(R + h)^3}{T^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2}$$

където R и M са радиусът и масата на Земята. Получаваме:

$$h = \sqrt[3]{\frac{\gamma M T^2}{4\pi^2}} - R \approx 615 \text{ км}$$

Планетата, чиито пасаж по диска на Слънцето е наблюдавал спътникът, може да е Меркурий или Венера, защото по-далечните планети не могат да застанат между Земята и Слънцето. Да преценим с колко би се намалило слънчевото греене, или осветеността, създавана от Слънцето, когато една от тези планети се проектира на фона на видимия слънчев диск. Отначало нека пресметнем видимите ъглови диаметри на Слънцето δ_\odot , на Меркурий δ_M и на Венера δ_V .

$$\delta_0 = \frac{2R_S}{r_0} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.532^\circ \approx 32'$$

$$\delta_M = \frac{2R_M}{r_0 - r_M} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.00305^\circ \approx 0.183' \approx 11''$$

$$\delta_V = \frac{2R_V}{r_0 - r_V} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.0168^\circ \approx 1.005' \approx 60.3''$$

Тук R_S , R_M и R_V са съответно радиусите на Слънцето, Меркурий и Венера, а r_0 , r_M и r_V са разстоянията от Земята до Слънцето и от Меркурий и Венера до Слънцето. Означаваме с E_0 осветеността, която създава Слънцето, без планетата да се проектира на фона на неговия видим диск, а с E – осветеността, която то създава по време на пасажа. Отношението на двете осветености ще е равно на отношението на площта на видимия слънчев диск без да го закрива планетата и светещата част от площта му, когато върху него е проектирана планетата:

$$\frac{E_0}{E} = \frac{\delta_0^2}{\delta_0^2 - \delta_{\text{планета}}^2}$$

Така за пасаж на Меркурий получаваме $E/E_0 \approx 1.00003$, а за Венера $E/E_0 \approx 1.001$. Сега трябва да сравним този теоретичен резултат с измерванията на апаратурата на спътника. По вертикалната скала отчитаме средната осветеност, създавана от Слънцето извън пасажа – 1361.15 W/m^2 , и по време на пасажа – 1359.80 W/m^2 . Отношението на двете величини е $1361.15 / 1359.80 \approx 1.001$. Следователно това е бил пасаж на Венера.

Критерии за оценяване:

За обяснение на причините за прекъсванията в данните – 1 т.

За определяне на мащаба на графиката и на периода на спътника по усреднени данни – 2 т.

За правилен метод и формула за пресмятане на височината на орбитата – 2 т.

За верен числен отговор – 1 т.

За общо идейно изложение на метода на определяне коя е планетата – 2 т.

За правилна математическа постановка на решението – 4 т.

За работа с графиката и сравнение – 2 т.

За правилен извод коя е планетата – 1 т.

Справочни данни:

Радиус на Слънцето – 696 000 км

Маса на Земята – 6×10^{24} кг

Гравитационна константа – $6.67 \times 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{кг.сек}^2$

Планета	Радиус, км	Разстояние до Слънцето, км
Меркурий	2440	57 900 000
Венера	6052	108 200 000
Земя	6378	149 600 000

