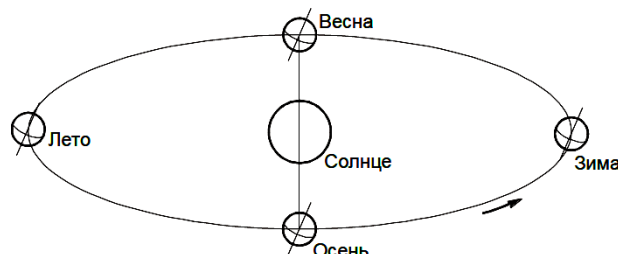


11 класс

Задание 1. В течение года Солнце дважды оказывается в зените над экватором Земли. На какие даты и времена года приходятся эти события? Как при этом располагается ось вращения Земли относительно плоскости орбиты и Солнца?

Решение. На экваторе Солнце проходит через зенит, когда на одной линии оказываются точки центра Земли, экватора, зенита и центра Солнца, как показано на рисунке (2 балла). Это происходит весной (1 балл) 21 марта (1 балл) и осенью (1 балл) 23 сентября (1 балл), т.е. в дни равноденствий. В эти дни ось Земли наклонена в сторону её зимнего положения (2 балла).



Задание 2. Предположим, что в некоторый момент с Земли наблюдается противостояние Марса и Юпитера по отношению к Солнцу. Определите последовательность пяти дальнейших противостояний этих планет в отдельности?

Решение. Последовательность противостояний внешней планеты определяется синодическим периодом S_{Π} её вращения относительно Земли. Периоды обращения планеты T_{Π} и Земли $T_{З}$ вокруг Солнца связаны с периодом S_{Π} соотношением $1/S_{\Pi} = 1/T_{З} - 1/T_{\Pi}$, $S_{\Pi} = T_{З} T_{\Pi} / (T_{\Pi} - T_{З})$ (1 балл).

Синодический период Марса $S_{М} = 2,13$ года (2 балла), а синодическим период Юпитера $S_{Ю} = 1,09$ года (2 балла), Поэтому противостояния происходили бы в следующей последовательности: сначала Юпитер, затем Марс, далее два противостояния Юпитера и снова Марс (3 балла).

Задание 3. Наблюдения дают значение тропического года, которое на 1 января 2000 года составляет 365 дней 5 часов 48 минут 45,19 секунды. Ранее для счета времени использовался юлианский календарь, который был заменен григорианским календарем. Как соотносятся средние единицы измерения «год» в этих календарях?

Решение. Юлианский календарь был основан на простом последовательном счете годов: три года по 365 дней и четвертый год 366 дней (1 балл). То есть, юлианский «год» равен 365,25 дней или 365 дней 6 часов, что на 11 минут 14,81 секунды «длиннее» тропического года (1 балл). По этой причине счет лет постепенно отставал от реального движения Земли относительно Солнца (1 балл).

Григорианский календарь основан на более сложном счете годов. Во-первых, как и в юлианском календаре, три года считаются по 365 дней, а четвертый год 366 дней (1 балл). Во-вторых, изменен счет високосных годов, не каждый четвертый год является високосным. Годы, номера которых кратны 100 считаются невисокосными (2 балла), за исключением годов, кратных 400 (2 балла). Например, 2000 год был високосным, а 1900 и 2100 – не високосные. Таким образом, усредненный григорианский год длится 365,2425 суток или 365 дней 5 часов 49 минут 12 секунд, что длиннее тропического года на 26,81 секунды.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2019/2020 учебном году

Муниципальный этап

Задание 4. Интенсивности спектров двух звезд практически совпадают в синей части. При этом максимум излучения одной звезды приходится на зелёный участок спектра. Как соотносятся температуры фотосфер этих звезд?

Решение. Условия задачи не позволяют сделать однозначного ответа о соотношении температур: вторая звезда может иметь как более высокую (*2 балла*), так и более низкую температуру (*2 балла*). В первом случае спектр второй звезды сдвинут в более коротковолновую область излучения (*2 балла*) относительно зелёной звезды. Во втором случае, наоборот, её спектр сдвинут в более длинноволновую часть спектра (*2 балла*).

Задание 5. Первый искусственный спутник Земли, запущенный в СССР 4 октября 1957 года, имел шарообразный корпус с диаметром 58 см. Оценки показывают, что яркость отражённого от него солнечного света не превышала звездной величина 5^m , то есть он мог наблюдаться на пределе возможности невооруженного глаза и при хороших условиях видимости. Однако, огромное множество землян «прекрасно наблюдали спутник», как более яркий объект. Времена начала и конца этих наблюдений хорошо согласовывались с данными о движении спутника. Попробуйте объяснить этот феномен. Для сравнения отметим, что Международная космическая станция наблюдается как объект звездной величины -4^m при характерном размере станции порядка 40 м.

Решение. Первый искусственный спутник Земли действительно имел примерно звездную величину 5^m . Сопоставление времен начала и конца отрезков видимости (*2 балла*) значительно более яркого объекта указывает, что вместе со спутником летел объект существенно больших размеров (*2 балла*), на что указывают современные наблюдения МКС. Практическое совпадение орбит спутника и объекта указывает на общую причину их появления на орбите (*2 балла*). Такой причиной в 1957 году может быть только их совместный запуск (*1 балл*). Следовательно, объектом, который многими наблюдался как спутник, на самом деле являлась последняя ступень ракеты-носителя (*1 балл*).

Задание 6. Зная средний диаметр Солнца $R_C = 1,39 \cdot 10^9$ м, оцените температуру звезды Бетельгейзе. Измеренный диаметр звезды составляет 4,5 а.е., светимость в среднем равна 70 000 светимостей Солнца.

Решение. По закону Стефана-Больцмана светимость L_B Бетельгейзе зависит от её радиуса R_B и температуры T_B :

$$L_B = 4\pi R_B^2 \sigma T_B^4 \quad (1 \text{ балл}).$$

В сравнении с Солнцем получаем:

$$L_B/L_C = (R_B/R_C)^2 (T_B/T_C)^4 \quad (2 \text{ балла}),$$

$$T_B/T_C = (L_B/L_C)^{1/4} (R_C/R_B)^{1/2} \quad (1 \text{ балл}).$$

Радиус Солнца нужно выразить в астрономических единицах:

$$R_C \approx 1,39 \cdot 10^9 / 1,5 \cdot 10^{11} = 9,33 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.} \quad (1 \text{ балл}).$$

Для температуры Бетельгейзе с учётом температуры Солнца 5780 К получаем:

$$T_B = 5780 (7 \cdot 10^4)^{1/4} (9,33 \cdot 10^{-3} / 4,5)^{1/2} \approx 4300 \text{ К} \quad (2 \text{ балла}),$$
 что близко к красному участку спектра излучения.