

10 класс

Задание 1. Решение. Две крайние звезды «ковша» созвездия Большой Медведицы определяют примерное направление на Полярную звезду созвездия Малая Медведица. Для нахождения Полярной звезды нужно мысленно отложить на небосводе примерно пять угловых расстояний между крайними звездами «ковша» в сторону от «открытой части ковша». Полярная звезда является белым сверхгигантом спектрального класса F с температурой фотосферы примерно от 6 000 до 8 000 К. Полярная звезда имеет видимый блеск 2^m . Поскольку она самая яркая звезда созвездия, то имеет обозначение α .

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) названия звезды и созвездия – **1 балл**,
если указан только один факт, то оценивается в **0 баллов**;
- 2) указание направления от созвездия «Большая Медведица» – **1 балл**;
- 3) указание примерного расстояния от созвездия «Большая Медведица» – **1 балл**;
- 4) видимый блеск 2^m – **1 балл**;
- 5) обозначение α – **1 балл**;
- 6) последовательность сверхгиганты – **1 балл**;
- 7) спектральный класс F – **1 балл**;
- 8) примерная температура фотосферы от 6 000 до 8 000 – **1 балл**.

По пунктам 2) и 3) может быть представлен примерный правильный рисунок расположения созвездий, который оценивается в **2 балла**, с общей оценкой за решение не выше **8 баллов**.

Задание 2. Решение. Поскольку Солнце находилось к югу от зенита, то наблюдения производились в северном полушарии Земли. На рисунке указаны: O - центр сферы; P - северный полюс мира; Q - небесный экватор; Z - зенит; N, S - точки севера и юга; M_1, M_2 - положения Солнца.

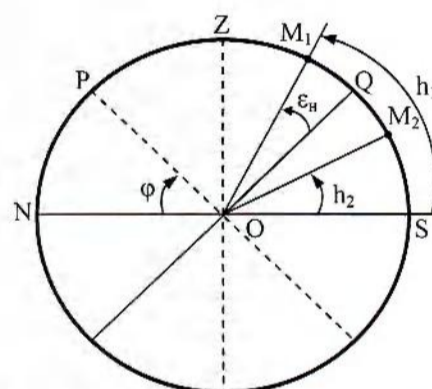
Из рисунка видно, что угол наклона эклиптики к небесному экватору в эпоху наблюдения равен:

$$\epsilon_n = (h_1 - h_2) / 2 = 23^\circ 54'.$$

По этому значению можно вычислить широту места:

$$\varphi = 90^\circ - h + \delta = 34^\circ 47',$$

где склонение Солнца $\delta_1 = \epsilon_n$ или $\delta_2 = -\epsilon_n$. Широта есть величина положительная (северное полушарие Земли).



Значение ϵ_n можно сравнить с современным значением $\epsilon_c = 23^\circ 26'$. Вывод: угол наклона эклиптики к небесному экватору уменьшился вследствие прецессии оси вращения Земли.

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) рисунок – **4 балла**,
если указаны не все его элементы, то оценка соответствующим образом уменьшается;
- 2) вычисление величины ϵ_n – **1 балл**;
- 3) вычисление положительной величины φ – **2 балла**;
- 4) вывод – **1 балл**.

Задание 3. Решение. В момент одновременного восхода Солнца и Луны центры их видимых дисков совпадают. Поскольку Луна находится между Солнцем и Землей, то она закрывает Солнце. Поскольку восход наблюдается в точке востока, то явление происходит в один из дней равноденствий. Вследствие рефракции лучей света в атмосфере центры дисков Солнца и Луны находятся ниже точки восхода истинного горизонта. Так как орбиты Земли и Луны, в первом приближении, являются эллипсами, то возможны три ситуации. Если Земля находится вблизи точки афелия орбиты, а Луна вблизи точки апогея, то угловой размер диска Луны меньше углового размера диска Солнца. В этом случае при затмении наблюдается кольцо внешнего края диска Солнца (кольцевое затмение). Если Земля находится вблизи точки перигелия орбиты, а Луна вблизи точки перигея, то угловой размер диска Луны больше углового размера диска Солнца. При этом происходит полное затмение Солнца на некоторое время, и наблюдается солнечная корона. Иногда угловой размер диска Луны практически совпадает с угловым размером диска Солнца. При этом диск Луны на миг точно закрывает Солнце (фаза полного затмения).

При этом наблюдатель оказывается на линии, проходящей через центры полно

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) совпадения центров дисков Солнца и Луны – **1 балл**;
- 2) указание на явление рефракции – **1 балл**;
- 3) описание полного затмения с наблюдением солнечной короны – **2 балла**;
- 4) описание мгновенного полного затмения – **2 балла**;
- 5) описание кольцевого затмения – **2 балла**.

По пунктам 1) и 2) может быть представлен примерный правильный рисунок расположения небесных тел, который оценивается в **2 балла**, с общей оценкой за решение не выше **8 баллов**.

Задание 4. Решение. Закон всемирного тяготения для сферических (точечных) тел можно представить в виде

$$F = GmM/r^2, \quad (4.1)$$

где F – модуль силы тяжести, G – гравитационная постоянная, M – масса небесного тела, m – масса спутника; r – расстояние между центрами тел.

Из основного закона динамики следует, что модуль силы можно выразить в виде

$$F = ma, \quad (4.2)$$

где a – модуль ускорения летящего спутника.

При движении по круговой орбите модуль ускорения можно выразить через радиус R орбиты и модуль скорости v спутника:

$$a = v^2/R. \quad (4.3)$$

С учетом выражения для скорости

$$v = 2\pi R/T, \quad (4.4)$$

где T – период обращения по орбите, преобразованием соотношений (4.1)-(4.3) получаем искомую зависимость

$$R^3/T^2 = GM/(4\pi^2) = \text{const}. \quad (4.5)$$

Следовательно, для любых двух спутников будет выполняться условие

$$R_1^3/T_1^2 = R_2^3/T_2^2, \quad (4.6)$$

где R_1, R_2 и T_1, T_2 – радиусы и периоды обращения спутников.

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) правильные объяснения и записи соотношений (4.1)-(4.4), за каждое – *1 балл*;
- 2) правильные объяснения и записи соотношений (4.5) и (4.6), за каждое – *2 балла*.

Задание 5. Решение. Кратная звезда состоит из трёх или более звёзд, которые выглядят с Земли близкими друг к другу. Близость звезд может быть просто видимостью, когда звезды, расположенные на значительно разных расстояниях от Земли, находятся близко по лучу зрения. Эти звезды называются оптически кратными. Собственные движения этих звезд ни коим образом не взаимосвязаны. То есть, их собственные движения произвольно направлены в пространстве.

Физически кратные звёзды находятся близко друг с другом и связаны гравитационным взаимодействием. Поэтому они вращаются по определённым замкнутым орбитам вокруг общего центра масс системы. Двойные звёзды, или звезды с большей кратностью весьма распространённые объекты. Примерно половина звёзд Нашей Галактики принадлежит к двойным системам.

Если звёзды системы наблюдаются в телескоп по отдельности, то такая система называется визуально кратной. Если же кратность звезды может быть определена только с помощью спектральных (доплеровских) или фотометрических (по изменению блеска) наблюдений, то она называется спектрально кратной или затменной кратной системой. В тесных кратных звездах наблюдаются процессы переноса вещества с одной звезды системы на другую звезду. Могут быть приведены и другие хорошо известные примеры: α Большого Пса звезда Сириус – двойная звезда, компоненты А и В; α Центавра – тройная звезда, компоненты А, В и С; β Персея звезда Алголь – тройная звезда, компоненты А, В и С; β Лиры звезда Шелиак – многокомпонентная звезда; система звезды Кастор состоит из 6 компонентов.

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) оптически кратные звезды – *1 балл*;
- 2) собственные произвольные движения оптически кратных звезд – *1 балл*;
- 3) гравитационное взаимодействие физически кратных звёзд – *1 балл*;
- 4) движение по определённым замкнутым орбитам – *1 балл*;
- 5) указание общего центра масс системы – *1 балл*;
- 6) распространённость систем – *1 балл*;
- 7) указание на перетекание вещества – *1 балл*;
- 8) примеры систем – *1 балл*.

Задание 6. Решение. Для оценки возраста Вселенной в «галактических годах» требуется вычислить продолжительность такого года, в течение которого Солнце совершает один оборот вокруг центра Нашей Галактики. Для этого нужно определить длину солнечной орбиты L и выразить продолжительность T галактического года в земных годах:

$$L = 2\pi R,$$

где радиус орбиты нужно выразить в километрах через скорость света и продолжительность земного года:

$$R = 2,6 \cdot 10^4 \text{ св. лет} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 365 \text{ сут} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 3600 \text{ с} \approx 2,46 \cdot 10^{17} \text{ км},$$

$$L \approx 1,5 \cdot 10^{18} \text{ км}.$$

Галактический год примерно равен:

$$T = L/v = 1,5 \cdot 10^{18} \text{ км} / 250 \text{ км/сек} = 6 \cdot 10^{15} \text{ сек} = 190 \text{ млн. лет}.$$

Следовательно, возраст Вселенной в галактических годах равен:

$$15 \text{ млрд. лет} / 190 \text{ млн. лет} = 80 \text{ гал. лет}.$$

В сравнении с продолжительностью жизни человека Вселенная уже состарилась.

Решение оценивают по наличию следующих правильно описанных фактов:

- 1) определение галактического года – *2 балла*;
- 2) вычисление длины галактической орбиты – *2 балла*;
- 3) вычисление продолжительности галактического года – *2 балла*;
- 4) сравнение «возрастов» – *2 балла*.