АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

VIII Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

URL: http://www.issp.ac.ru/iao/russia/2001/ e-mail: univer@issp.ac.ru г, Троицк, 8–13 апреля 2001 г.

Решения задач для 10 класса. Первый тур

1. ***(А.В. Засов.)*** Поскольку удар упругий, аппарат отскочит от поверхности с той же скоростью, с которой он ударился о неё. Чтобы оценить высоту подъёма, необходимо оценить ускорение на поверхности:

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\left(\frac{4}{3}\pi R^3 \rho\right)}{R^2} = \frac{4}{3}\pi G R \rho .$$

Предполагая, что аппарат отскочит от астероида на небольшую высоту – такую, что изменением величины ускорения свободного падения можно пренебречь, – получаем

$$h = \frac{V^2}{2g} = \frac{3V^2}{8\pi G R \rho} \approx 160 м .$$

Как видим, это порядка 1 % радиуса астероида, значит, ускорение свободного падения меняется примерно на 2 %. Для нашей оценки вполне приемлемо.

2. ***(А.В. Засов.)*** Координаты данной звезды – это координаты Солнца в точке летнего солнцестояния. Следовательно, звезда находится на эклиптике. Плоскость эклиптики не меняется со временем, так что звезда всегда будет на эклиптике.

Точка весеннего равноденствия, от которой отсчитывается α, совершает обход эклиптики за 26000 лет навстречу годовому движению Солнца, то есть α всех звёзд растёт. Поэтому через четверть периода прецессии (6500 лет) звезда будет иметь $\alpha = 6 + 6 = 12$ часов. Точка на эклиптике с таким α – это точка осеннего равноденствия.

Ответ: $\alpha = 12$ часов, $\delta = 0°$.

3. ***(М.Г. Гаврилов.)*** Для того, чтобы видимая звёздная величина Солнца увеличилась на $\mathbf{\Delta m}$, необходимо, чтобы световой поток уменьшился в $10^{\Delta m/2,5}$, следовательно, наблюдателю надо удалиться от Солнца в $(10^{\Delta m/2,5})^{1/2} = 10^{\Delta m/5}$ раз.

По III закону Кеплера квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу большой полуоси её орбиты (в данном случае – радиуса орбиты). Сравнивая нашу гипотетическую орбиту с орбитой Земли, получаем:

$$\left(\frac{T_X}{T_З}\right)^2 = \left(\frac{R_X}{R_З}\right)^3, \text{ то есть } T_X = T_З \cdot \left(\frac{R_X}{R_З}\right)^{3/2},$$

Мы как раз только что нашли, что $R_X/R_З$ равно $10^{\Delta m/5}$, поэтому

$$T_X = T_З \cdot (10^{\Delta m/5})^{3/2} = T_З \cdot 10^{3\Delta m/10},$$

Разность звёздных величин Луны и Солнца составляет $\mathbf{\Delta m} = -12{,}7 - (-26{,}8) = 14{,}1$. Получаем ответ: $T_X = 1$ год $\cdot\ 10^{3\cdot 14,1/10} \approx 17000$ лет.

4. ***(В.Г. Сурдин.)***

1) Лунный экватор почти совпадает с эклиптикой. Поэтому Солнце всегда восходит практически в точке востока, а заходит в точке запада. Орбита Луны слабо наклонена к эклиптике, поэтому Земля для лунного наблюдателя практически «ходит по эклиптике» и видна наблюдателю северного полушария только над южной частью горизонта, а наблюдателю южного полушария – только над северной его частью. Теперь посмотрим на карту неба. В районе Ориона эклиптика проходит к северу от этого созвездия. Поскольку, глядя на серп Земли, наблюдатель видел, что «под ним горел Орион», значит направление «вверх» означало «на север», т.е. Земля висела над южной частью горизонта. Вывод: герой романа был в северном полушарии Луны и, разумеется, на видимой её стороне.

2) Поскольку Солнце освещает Луну и Землю с одного направления, а направления взгляда наблюдателей на Луне и Земле противоположны, ясно, что с их точек зрения фазы Земли и Луны дополняют друг друга до полного круга. Поэтому в момент, когда Земля выглядела как "широкий серп, выгнутый к юго-западу", т.е. была между "новоземелием" и первой четвертью, Луна была между полнолунием и последней четвертью. Если учесть, что серп Земли был широкий, т.е. она была ближе к первой четверти, то Луна была ближе к последней четверти.

3) По карте видим, что эклиптика над Орионом проходит в созвездии Тельца и Близнецов; там была Земля. Значит, Луна была в противоположной части эклиптики – в Стрельце или (менее вероятно) Змееносце.

4) Солнце было к западу от Земли, на расстоянии от 0 до 90° (очевидно, ближе к 90°). Значит, оно наблюдалось в Овне или Рыбах (более вероятно, что именно в Рыбах). Это бывает с середины марта по середину мая; скорее всего, был конец марта или апрель.

5. ***(В.Г. Сурдин.)*** Да, может. Для этого планета должна иметь нулевой наклон экватора к плоскости орбиты, а сама орбита – заметный эксцентриситет (то есть, она должна заметно отличаться от круговой). Тогда сезоны, зависящие только от потока тепла, будут по всей планете определяться только её положением на орбите, а значит, будут везде меняться синхронно. Примером этого мог бы служить Меркурий, однако у него трудно различить суточный и годичный ход температуры. А у Плутона, также имеющего весьма вытянутую орбиту, очень сильно наклонена ось вращения. Это сложный случай: у Плутона характер смены сезонов зависит от ориентации оси вращения планеты к большой оси орбиты.

6. ***(М.Г. Гаврилов.)*** В невесомости находится центр масс всего комплекса «Мир» в целом: вместе с космонавтами, приборами, опытными животными и растениями, которых там было множество, и т.д. Поэтому, движения космонавтов приводят к обратному движению корпуса станции, работа вентилятора – вращение пропеллера – приводит к обратному вращению корпуса станции. Если космонавт, например, летит относительно центра масс системы со скоростью V, то его импульс равен mV. Значит, всё остальное (корпус станции, приборы, другие космонавты…) приобретает такой же импульс в противоположном направлении mV = Mu, где M – масса "всего остального", которое в результате летит в обратную сторону со скоростью u = V·m/M.

Аналогично и с ускорениями. Космонавт для перемещения по станции сначала должен оттолкнуться от стенки и получить при этом ускорение, а потом затормозить у другой стенки – тоже получить ускорение. Если космонавт приобретает ускорение a, то "всё остальное" приобретает ускорение a·m/M в противоположном направлении. Таким образом, уровень микрогравитации на станции определяется характерной величиной ускорений космонавтов и соотношением масс космонавт/станция. Принимая массу космонавта за m = 70 кг, получаем это соотношение равным m/M = 1/2000.

Оценим характерные величины ускорений космонавтов. Чем они определяются? Очевидно, силами, с которыми космонавты взаимодействуют с корпусом станции. На Земле при ходьбе эта сила составляет mg. Именно её можно взять в качестве ориентира для решения данной задачи. Такая сила ускоряет человека с ускорением g, а станцию, соответственно, с ускорением 1/2000 g = 500 μg. Это (500 μg ≈ 5 мм/с^2) и есть возможный уровень микрогравитации на станции.

В действительности, космонавтов учат передвигаться медленно и осторожно. Силы, с которыми они отталкиваются от стенок станции, раз в 20 (от 10 до 50) меньше, поэтому из-за движения космонавтов создаются микрогравитационные возмущения порядка 10-50 μg ≈ 0,1-0,5 мм/с^2.