

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:

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

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

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

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, $\delta = 0^\circ$.

3. (М.Г. Гаврилов.) Для того, чтобы видимая звёздная величина Солнца увеличилась на Δm , 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.

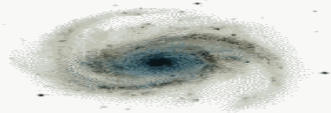
По III закону Кеплера квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу большой полуоси её орбиты (в данном случае – радиуса орбиты). Сравнивая нашу гипотетическую орбиту с орбитой Земли, получаем:

$$\left(\frac{T_X}{T_3}\right)^2 = \left(\frac{R_X}{R_3}\right)^3, \text{ то есть } T_X = T_3 \cdot \left(\frac{R_X}{R_3}\right)^{3/2},$$

Мы как раз только что нашли, что R_X/R_3 равно $10^{\Delta m/5}$, поэтому

$$T_X = T_3 \cdot (10^{\Delta m/5})^{3/2} = T_3 \cdot 10^{3\Delta m/10},$$

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



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.

4. (В.Г. Сурдин.)

1) Лунный экватор почти совпадает с эклиптической. 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.

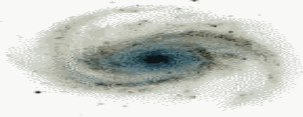
2) Поскольку Солнце освещает Луну и Землю с одного направления, а направления взгляда наблюдателей на Луне и Земле противоположны, ясно, что с их точек зрения фазы Земли и Луны дополняют друг друга до полного круга. Поэтому в момент, когда Земля выглядела как "широкий серп, выгнутый к юго-западу", т.е. 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



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.

$mV = Mu$, где M – масса "всего остального", которое в результате летит в обратную сторону со скоростью $u = V \cdot m/M$.

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 $a \cdot m/M$ 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 $1/2000 g = 500 \mu g$. Это ($500 \mu g \approx 5 \text{ мм/с}^2$) 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 $10\text{--}50 \mu g \approx 0,1\text{--}0,5 \text{ мм/с}^2$.