

Задание 1.



Рассмотрите картину художника В. Васнецова «Ковер-самолет» и приблизительно определите, в какую сторону света направляется сказочный летательный аппарат.

Решение. Примерно на северо-восток. Определить это помогает Луна. Обратим внимание на «стареющую» Луну в левой части картины. Такой ее можно увидеть только в утренние часы незадолго до восхода Солнца. Сейчас она находится примерно на востоке, по правую руку героя (на картине изображено лето, а летом Луна в такой фазе восходит немного севернее точки востока). Следовательно, ковер-самолет летит на северо-восток.

Максимальный балл – 8.

Задание 2.

Американская орбитальная станция Скайлэб (1973 г.) была универсальной солнечной обсерваторией. Для поддержания своей физической формы её экипаж занимался бегом по внутренней поверхности станции, представлявшей цилиндр диаметром около 6 м. С какой скоростью нужно бежать в таких условиях, чтобы ощутить земную силу тяжести? Как при этом должна быть ориентирована станция в пространстве?

Решение. Из формулы для центростремительного ускорения ($a=v^2/r$) найдём значение $v = \sqrt{ar}$. Тогда для $a = g$ получим $v = \sqrt{gr}=5,4$ м/с. Это нормальная скорость бега для тренированного человека. Ориентация станции в данном случае никакого значения не имеет.

Максимальный балл – 8.

Задание 3.

Луна в апогее на $1/9$ дальше, чем в перигее. На сколько процентов она при этом слабее в полнолуние?

Решение. Поток света от Луны обратно пропорционален квадрату расстояния до неё, соответственно, если принять за единицу поток света от Луны в перигее, то в апогее он составит $(9/10)^2 = 0,81$, то есть уменьшится на 19%.

Максимальный балл – 8.

Задание 4.

В Древнем Китае обнаружили, что длина тени от гномона в полдень календарного дня зимнего солнцестояния (по древнему 365-дневному календарю) не равна длине тени, измеренной годом раньше. О чём говорит данный факт? Какой вывод о продолжительности года был сделан в Древнем Китае на основании этих наблюдений? Через какой интервал времени длины теней от гномона совпадают?

Решение. Наблюдения показали, что одинаковые длины тени от гномона, измеренные в полдень дня зимнего солнцестояния, повторяются через 1461 сутки (4 тропических года). За это время происходит четыре смены полных циклов природных сезонов. Отсюда древние китайцы поняли, что год не кратен суткам, и смогли достаточно точно определить продолжительность года в 365,25 суток.

Максимальный балл – 8.

Задание 5.

Известно, что кроме первой и второй космической скорости существует и третья и четвёртая. Объясните, что характеризует четвёртая космическая скорость и оцените каково её значение.

Для справки: расстояние до центра галактики 27 000 световых лет, масса центральной части около $5 \cdot 10^{41}$ кг, линейная скорость движения солнечной системы вокруг центра галактики около 230 км/с.

Решение. Четвёртая космическая скорость необходима для преодоления притяжения центра нашей Галактики и удаления от нашей звёздной системы Млечный Путь. Значение её разное в зависимости от точки старта космического корабля. Если корабль начинает движение от места, где находится наша Солнечная система ему необходимо помимо преодоления притяжения центра галактики и звёзд вокруг него, набрать скорость чтобы преодолеть также притяжение Солнца, т.е. третью космическую скорость. Учитывая, что $v_3 \approx 17$ км/с – гораздо меньше орбитальной – её можно не учитывать.

Находим четвёртую космическую скорость для корабля на расстоянии 27 000 световых лет от центра галактики из закона сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = G \frac{mM}{a} \quad (1),$$

где M – масса центра и звёзд вокруг него, a – расстояние от корабля до центра. Отсюда $v = 500$ км/с, учитываем 230 км/с – орбитальную скорость солнечной системы и по теореме Пифагора находим геометрическую сумму двух скоростей. Получаем 550 км/с. Этот результат получаем из предположения, что мы ускоряемся в направлении движения Земли.

Комментарии к оцениванию. Один балл снимается, если нет объяснения, что результат зависит от места старта, т.е. находимся мы на поверхности Земли или где то вдали от неё и нам не требуется преодолевать её тяготение.

Максимальный балл – 8.

Задание 6.

В некотором пункте с долготой $+30^\circ$ Солнце зашло 22 июня в полночь по московскому времени. Какова долгота светового дня в этом пункте в этот день? Уравнением времени пренебречь.

Решение. Московское время T_M , выраженное в часах, связано со Всемирным временем UT соотношением: $T_M = UT + 3$.

Среднее солнечное (местное) время на долготе λ составляет: $T_S = UT + \lambda$.

Из данных формул получим местное время захода Солнца в данном пункте:

$T_S = T_M + \lambda - 3 = 24 + 2 - 3 = 23$ часа, т.к. $\lambda = +30^\circ = 2$ часа. Верхняя кульминация Солнца происходит в 12 часов по местному времени (уравнение времени не учитываем), за 11 часов до захода. Следовательно, долгота светового дня составляет $11 \cdot 2 = 22$ часа.

Максимальный балл – 8.