Демоверсия вступительных испытаний по профилю «Астрономия»
10-11 класс

Описание вступительного испытания по астрономии

Вступительное испытание по астрономии представляет собой 5 заданий уровня регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Каждая задача оценивается в 12 баллов. Максимальный возможный результат — 60 баллов. Продолжительность выполнения заданий — 180 минут.

При выполнении заданий потребуется непрограммируемый инженерный калькулятор. Программа испытания совпадает с методической программой Всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

Литература для подготовки

1. Общий курс астрономии. Кононович Э. В., Мороз В. И.
2. Астрономия. Клищенко А. П., Щупляк В. И.
3. Астрономические олимпиады: задачи с решениями. Сурдин В. Г.

Задания ВсОШ по астрономии прошлых лет

http://astroolymp.ru

Демонстрационный вариант

1. Условие. Далекое светило с координатами (α=0, δ=0) находится на высоте 0 над горизонтом в 0ч0м по Всемирному времени 1 января. Определите координаты всех пунктов на Земле, где такое может быть. Рефракцией и уравнением времени пренебречь.

1. Решение. Указанная точка неба – ни что иное, как точка весеннего равноденствия. Так как она располагается на небесном экваторе, то всюду на Земле, кроме полюсов, она восходит за 6 часов по звездному времени до своей верхней кульминации и заходит через 6 звездных часов после нее (по условию задачи, мы пренебрегаем рефракцией).

То есть, условие задачи выполняется при звездном времени S, равном 6ч и 18ч.

1 января наступает через 10 (±1) суток после зимнего солнцестояния. Если в зимнее солнцестояние звездное время в полночь S0 составляет 6 часов, то каждую следующую солнечную полночь оно увеличивается примерно на 4 минуты (солнечные сутки на 4 минуты длиннее звездных) и в Новый год оно равно 6ч40м. В пункте с географической долготой λ солнечное время равно UT+λ, а звездное время равно

$$S = S_0 + UT + \lambda.$$

Отсюда мы можем определить долготу точек, на которых звездное время равно заданному значению S:

$$\lambda = S - S0 - UT.$$

Время S равно 6 или 18 часов, а всемирное время UT равно нулю. Получается, что условие задачи выполняется на меридианах с долготой –40м (10° з.д.) и 11ч20м (170° в.д.). Разумеется, оно выполняется и на полюсах Земли, где точка весеннего равноденствия всегда находится на горизонте. Решение задачи – большой круг на Земле, включающий в себя полюса и два указанных меридиана.

2. Условие. Синодический период астероида, движущегося по круговой орбите в плоскости эклиптики, равен тропическому году (365.2422 сут). Чему равен радиус его орбиты?

2. Решение. Тропический год – это промежуток времени, за который Солнце, двигаясь по эклиптике, возвращается в исходную точку, за которую обычно принимается точка весеннего равноденствия. Но сама точка равноденствия смещается по эклиптике навстречу Солнцу на 50.3″ (годовая прецессия на эклиптике). Поэтому тропический год короче периода обращения Земли вокруг Солнца.

Солнце проходит 359.9860° (полный круг за вычетом годовой прецессии) за S=365.2422 сут. Значит, полный оборот вокруг Солнца Земля совершает за период T = 365.2564 сут = 1.0000389 лет.

Заметим, что синодический период астероида меньше звездного года. Для внешнего астероида такое возможно только в том случае, если он обращается вокруг Солнца в сторону, противоположную направлению орбитального вращения Земли. Воспользовавшись уравнением синодического движения, можно найти период астероида. В случае астероида на внешней орбите получаем 25770 лет.

Период обращения астероида оказывается равным периоду прецессии земной оси.

Этот же результат можно получить, рассчитав отношение (360°/α), где α – годовая величина прецессии.

Возможен и другой случай, если астероид внутренний с периодом обращения T2.

Тогда T2≈0.5года.

Радиус орбиты в астрономических единицах для обоих случаев можно получить из простой формулировки III закона Кеплера. Радиусы орбит равны 872 а.е. и 0.63 а.е. соответственно.

3. Условие. Метеорный рой движется на расстоянии 1 а.е. от Солнца по параболической орбите в точности навстречу Земле. В некоторой точке Земли радиант потока располагается в зените. Определите видимые угловые скорости метеоров (в градусах в секунду) у горизонта и на высоте 45° над ним, считая их высоту равной 100 км. Атмосферную рефракцию не учитывать.

3. Решение. Земля движется по орбите вокруг Солнца с круговой скоростью $v1 \approx 30$ км/с. Метеоры движутся навстречу Земле, перпендикулярно направлению на Солнце.

Их гелиоцентрическая скорость метеоров на параболической орбите равна $v2 \approx 42$ км/с.

Таким образом, геоцентрическая скорость метеоров v составляет $v1+v2 = 72$ км/с.

В описанном в условии пункте Земли радиант потока находится в зените, то есть метеоры летят параллельно линии, идущей из этого пункта в центр Земли. Они ускоряются притяжением Земли, но весьма незначительно, так как вторая космическая скорость для Земли (11 км/с) существенно меньше. Скорости складываются аналогично теореме Пифагора, и результирующий эффект составит менее 1 км/с.

Если метеор наблюдается на достаточно большой высоте h над горизонтом, то его угловую скорость можно найти, пренебрегая кривизной Земли. Тангенциальная скорость метеора равна $v\cos h$, а расстояние до него – $H/\sin h$, где H есть высота метеора. Видимая угловая скорость метеора будет равна

$$\omega = v \sin 2h/2H.$$

Если высота h равна 45°, то угловая скорость метеора есть $v/2H$, что равно 0.36 рад/с или 21°/с. Можно обратить внимание, что это максимальная угловая скорость метеоров при радианте, расположенном в зените. Для малых высот метеоров над горизонтом подобная простая модель неприменима. Если метеор виден у самого горизонта, то его скорость перпендикулярна лучу зрения и тангенциальная скорость равна v. Расстояние до метеора $L = 1130$ км. Угловая скорость метеора на горизонте составит $\omega H = 3.7°/с$.

4. Условие. Переменная звезда пульсирует так, что температура поверхности меняется обратно пропорционально радиусу звезды. Во сколько раз должен уменьшиться объем звезды, чтобы она стала ярче на 1m?

4. Решение. Пусть в какой-то момент времени звезда имела радиус R и температуру T. Затем ее радиус стал меньше в K раз (R/K), а температура в соответствии с условием задачи возросла в K раз и стала равной KT. Тогда светимость звезды, пропорциональная R2 и T4, изменится в K2 раз.

Чтобы блеск звезды стал ярче на 1m, она должна стать ярче в 100.4=2.512 раз. То есть, ее радиус должен уменьшиться в 100.2 раза, а объем – в 100.6 = 4 раза.

5. Условие. Небольшое рассеянное скопление состоит из 40 одинаковых звезд и имеет общий блеск 8m. Какой должен быть диаметр объектива телескопа, чтобы в него можно было увидеть отдельные звезды скопления?

5. Решение. По формуле Погсона определим звездную величину отдельной звезды скопления:

$$m = 8 + 2.5 \lg 40 = 12.$$

Если зрачок человеческого глаза с диаметром d способен замечать звезды до величины m0=6, то при использовании телескопа с диаметром объектива D предельная звездная величина составит

$$m=m0 +5\lg(D/d).$$

Отсюда мы получаем выражение для диаметра объектива телескопа, необходимого для наблюдения отдельных звезд скопления:

$$D=d\cdot 100.2(m-m0) \approx d\cdot 16.$$

Полагая диаметр зрачка глаза d=6 мм, получаем величину D~10 см.