

## 11 класс

### Задача 1

21 марта через час после захода Солнца наблюдается звезда с экваториальными координатами: прямое восхождение  $\alpha = 7^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ , склонение  $\delta = 50^{\circ} 00'$ . Географическая широта наблюдателя  $\varphi = 40^{\circ} 00'$ . Оцените горизонтальные координаты (азимут и высоту) звезды в данный момент.

#### Решение

На момент времени, указанный в задаче, Солнце находится в точке весеннего равноденствия и поэтому часовой угол этой точки, равный звездному времени  $S$ , составит  $7^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ . Учитывая связь звездного времени с часовым углом звезды  $t$ , даваемую выражением  $S = \alpha + t$  получим, что часовой угол звезды  $t = 0^{\text{h}} 00^{\text{m}}$ . Это значение соответствует верхней кульминации звезды. Так как склонение звезды превышает широту местности, то верхняя кульминация происходит к северу от зенита и азимут равен  $A = 180^{\circ}$ . Для случая данной кульминации высота  $h_{\text{вк}}$  равна  $h_{\text{вк}} = 90^{\circ} - \delta + \varphi$ , откуда получаем высоту звезды  $h = 80^{\circ}$ .

### Задача 2

Получите формулу, связывающую момент поясного времени с моментом истинного солнечного времени.

#### Решение

Обозначим момент по среднему солнечному поясному времени как  $T_{\text{п}}$ , а по истинному солнечному времени –  $T_{\odot}$ . В основе поясного времени лежит среднее солнечное время  $T_{\text{м}}$ , связанное с  $T_{\odot}$  выражением:  $T_{\text{м}} = T_{\odot} + \eta$ , где  $\eta$  – уравнение времени. Местное среднее время связано с всемирным временем  $T_0$  как  $T_{\text{м}} = T_0 + \lambda$ , где  $\lambda$  – долгота пункта, выраженная в часовой мере угла. Поясное время связано с всемирным соотношением  $T_{\text{п}} = T_0 + n$ , где  $n$  – номер часового пояса, для которого выполняется расчет. Исключая из этих соотношений  $T_{\text{м}}$  и  $T_0$  получим искомую формулу:  $T_{\text{п}} = T_{\odot} + \eta - \lambda + n$ .

### Задача 3

Один прадедушка школьника родился в Москве 10 января 1900 года, а другой – в Санкт-Петербурге 10 апреля 1900 года. В какие даты он должен был отмечать их дни рождения в этом году?

#### Решение

В указанные дни Москва, Санкт-Петербург и Россия жили по юлианскому календарю. До 1 марта 1900 года разность дат григорианского и юлианского календарей составляла 12, а начиная с 1 марта, стала равной 13. В этом году

школьник должен отмечать день рождения первого прадедушки 22 января, а второго – 23 апреля.

#### **Задача 4**

Какой диаметр должна была бы иметь параболическая антенна радиотелескопа, работающего на длине волны 0,1 м, для достижения того же углового разрешения, что и телескоп Галилея с диаметром объектива 0,06 м?

#### *Решение*

Теоретическое разрешение телескопов ограничено явлением дифракции. Это разрешение прямо пропорционально длине волны и обратно пропорционально диаметру телескопа. Для телескопа Галилея можно принять, что длина волны соответствует максимуму чувствительности глаза и равна 0,55 мкм. Тогда диаметр антенны будет равен диаметру телескопа Галилея, умноженному на отношение длин волн, и составит приблизительно 11 км.

#### **Задача 5**

Известно, что период обращения планеты определяется большой полуосью ее орбиты и не зависит от степени сжатия орбитального эллипса. Используя эту особенность, оцените время падения Земли на Солнце, которое произошло бы при остановке движения нашей планеты.

#### *Решение*

В соответствии с третьим законом Кеплера квадрат периода обращения планеты (в звездных годах) равен кубу большой полуоси орбиты (в астрономических единицах). Падение Земли на Солнце можно рассматривать как движение по сильно сжатому эллипсу, в фокусе которого находится Солнце. Для сильно сжатого эллипса фокусы близки к концам большой полуоси, поэтому длина большой полуоси такого эллипса равна половине астрономической единицы. Для того, чтобы упасть на Солнце, Земле нужно будет переместиться в противоположную текущему положению точку эллипса. В силу симметрии движения по эллипсу необходимое для этого время  $t$  будет равно половине периода обращения. Таким образом, из равенства  $(2t)^2 = (1/2)^3$  следует

$$t = \frac{1}{4\sqrt{2}} \text{года} = 64.6 \text{сут.}$$

#### **Задача 6**

Как следует из общей теории относительности, коэффициент усиления потока излучения космической гравитационной линзой быстро уменьшается с увеличением ее углового расстояния до линзируемого источника и не зависит от длины волны. Тем не менее, при наблюдении прохождения звезды типа Солнца вблизи от гравитационной линзы в максимуме блеска было обнаружено покраснение звезды. Как можно объяснить этот эффект?

### *Решение*

Известно явление потемнения диска Солнца к краю, причем степень потемнения зависит от длины волны – в красной области спектра потемнение существенно меньше, чем в синей. Коэффициент усиления потока гравитационной линзой не зависит от длины волны, но его быстрое уменьшение приводит к тому, что излучение от краевой области диска усиливается сильнее. Поэтому в максимуме блеска при минимальном угловом расстоянии от линзы начинает наблюдаться покраснение света звезды.

*Комплект заданий подготовлен М.Б. Богдановым*

### **Рекомендации по оцениванию заданий**

Максимальная оценка за выполнение каждого задания составляет 8 баллов. Не менее 4-5 баллов выставляется за правильное понимание участником сути вопроса и правильный выбор пути решения. Оставшиеся баллы выставляются за правильность расчетов, аккуратную и полную подачу ответа.