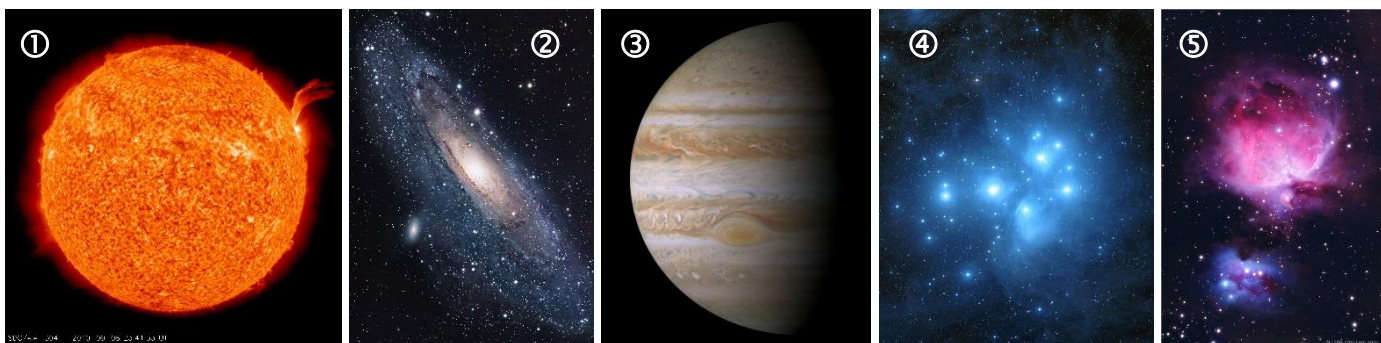


ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- ① Два города имеют широту 55° с.ш. и долготы 30° и 70° в.д. Определите расстояние между ними по параллели и по дуге большого круга.
- ② Многие считают, что в день летнего солнцестояния Солнце в наших краях в полдень стоит ровно в зените. Докажите, что это не так. Для этого рассчитайте, на какую максимальную высоту может подниматься Солнце в Минске в этот день.
- ③ На экваторе Земли Солнце восходит (пересекает линию горизонта) в течение двух минут. Сколько времени длится восход Солнца на экваторе Луны? Угловой диаметр солнечного диска составляет $32'$.
- ④ В IX веке в Персии был введен солнечный календарь, в основу которого положен цикл, составляющий 33 года: 25 простых и 8 високосных. Определите, за сколько лет в этом календаре набегала ошибка в одни сутки и сравните это значение с погрешностью григорианского календаря. Продолжительность тропического года составляет 265.24219 суток.
- ⑤ Космический корабль летит по круговой орбите вокруг Земли на высоте 400 км. На сколько надо мгновенно уменьшить его скорость, чтобы он упал на Землю в прямо противоположной точке орбиты?

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- ⑥ Какие объекты глубокого космоса (звездные скопления, туманности, галактики) можно увидеть сегодня ночью невооруженным глазом? Для каждого из объектов укажите хотя бы одно из названий, а также тип (галактика, туманность и т.д.). **Будьте внимательны, не называйте объекты наугад, так как за каждый неправильный ответ будут сниматься баллы!**
- ⑦ Какие объекты Вселенной изображены на фотографиях ниже? Укажите их названия, тип (планета, туманность, галактика...), а также созвездие, в котором они расположены (если это можно указать).



СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Средний радиус Земли	6371 км	Синодический месяц	29.5 суток
Широта Минска	54°	Масса Земли	$5.97 \cdot 10^{24}$ кг
Наклон эклиптики к экватору	23.5°	Постоянная всемирного тяготения	$6.67 \cdot 10^{-11}$ Н·м ² ·кг ⁻²
Сидерический период Луны	27.3 суток		

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- ① Длина параллели, на которой находятся города, составляет $l_{\pi} = 2\pi R_3 \cdot \cos \varphi = 22\,960$ км. Тогда расстояние по параллели можно вычислить из пропорции:

$$l = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{360^\circ} \cdot l_{\pi} = 2600 \text{ км.}$$

Чтобы отыскать расстояние по дуге большого круга, найдем сначала длину хорды, соединяющей города: $l_x = 2R_3 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \Delta\varphi/2 = 2500$ км. Определим теперь угол, под которым эта хорда видна из центра Земли: $\rho = 2 \arcsin l_x/2R_3 = 22.6^\circ$. Тогда расстояние по дуге большого круга можно получить из пропорции:

$$l = \frac{\rho}{360^\circ} \cdot 2\pi R_3 = 2500 \text{ км.}$$

- ② Склонение Солнца в день солнцестояния составляет $\delta_{\odot} = 23.5^\circ$. Тогда высота в верхней кульминации составит $h_{\odot \text{ВК}} = 90^\circ - \varphi + \delta_{\odot} = 59.5^\circ$.

- ③ Для наблюдателя на Луне одни солнечные сутки будут длиться синодический месяц (период смены фаз), за это время Солнце опишет по небу окружность в 360° . Узнаем, за какое время оно пройдет $32'$, из пропорции:

$$t = \frac{32'}{360^\circ} \cdot 29.5^d = 0.0437^d = 1^h 03^m.$$

- ④ Определим среднюю продолжительность года в персидском календаре:

$$\frac{25 \cdot 365^d + 8 \cdot 366^d}{33} = 365.24242^d.$$

Разность этого значения и продолжительности тропического года составит $365.24242^d - 365.24219^d = 0.00023^d$. Следовательно, ошибка в одни сутки набегит за $1/0.00023 = 4300$ лет. Аналогично, средняя продолжительность григорианского года составляет

$$\frac{303 \cdot 365^d + 97 \cdot 366^d}{400} = 365.2425^d,$$

что соответствует ошибке в 1 сутки за 3300 лет. Как видим, персидский календарь был точнее.

- ⑤ Найдем первоначальную скорость корабля:

$$v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}} = 7670 \text{ м/с.}$$

После торможения орбита станет эллиптической. Апогейное расстояние составит $R_3 + h$, а большая полуось будет равна $R_3 + h/2$. Тогда скорость в апогее будет равна

$$v_A = \sqrt{GM_3 \left(\frac{2}{R_3 + h} - \frac{1}{R_3 + h/2} \right)} = 7550 \text{ м/с.}$$

Следовательно, для выполнения условия задачи скорость надо уменьшить на $v_A - v = 120$ м/с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

⑥ Туманность Андромеды М31 (галактика), Аш и Хи Персея (рассеянное звездное скопление), Плеяды М45 (рассеянное звездное скопление), Гиady (рассеянное звездное скопление), Туманность Ориона М42 (диффузная туманность), Ясли М44 (рассеянное звездное скопление).

- ⑦
- 1 – Солнце (звезда)
 - 2 – Туманность Андромеды М31 (галактика, Андромеда)
 - 3 – Юпитер (планета)
 - 4 – Плеяды М45 (рассеянное звездное скопление, Телец)
 - 5 – Туманность Ориона М42 (диффузная туманность, Орион)