

Решения и критерии оценивания

Задача 1. Склонения звёзд

В астрономии для определения координат на небе используют прямое восхождение (аналог географической долготы) и склонение (аналог широты). Величина склонения меняется от -90 (южный полюс мира) до $+90$ градусов (северный полюс мира). Три ярчайшие для невооружённого глаза звезды ночного неба имеют следующие склонения:

Звезда	Склонение
Сириус	-17°
Канопус	-53°
Толиман	-61°

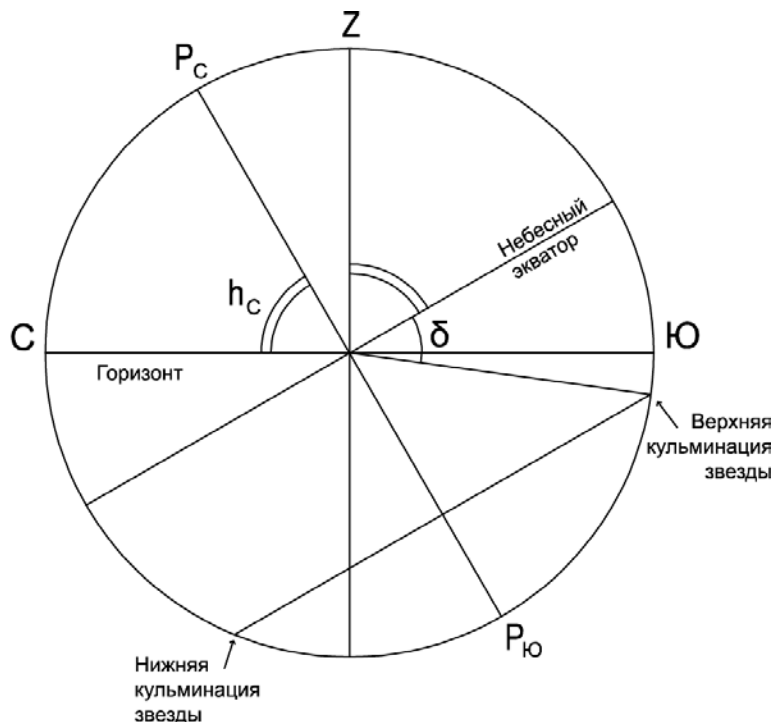
Определите для каждой из звёзд, на каких широтах Земли они остаются всегда выше и всегда ниже линии горизонта, то есть являются незаходящими и невосходящими светилами соответственно.

Решение



Высота северного полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения ($h_C = \varphi$). Высота южного равна широте, взятой с противоположным знаком ($h_{Ю} = -\varphi$). Если угловое расстояние от ближайшего полюса мира до звезды (величина $90^\circ - |\delta|$) меньше его высоты, такая звезда будет незаходящей. Все три звезды находятся в южном полушарии, так что нас интересует южный

полюс мира ($\delta = -90^\circ$). $\delta - (-90^\circ) < h_{\text{Ю}} \Rightarrow \delta - (-90^\circ) < -\varphi \Rightarrow \delta + 90^\circ + \varphi < 0 \Rightarrow \varphi < -\delta - 90^\circ$. Подставляя значения δ для каждой звезды, получаем для Сириуса $\varphi < -73^\circ$, для Канопуса $\varphi < -37^\circ$, для Толимана $\varphi < -29^\circ$. Иными словами, Сириус не заходит южнее 73° ю. ш., Канопус южнее 37° ю. ш., Толиман южнее 29° ю. ш.



Звезды южного полушария могут быть невосходящими при наблюдении из северного полушария. Высота светил в верхней кульминации составляет $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, если высота отрицательна, светила всегда остаются под горизонтом. $90^\circ - \varphi + \delta < 0^\circ$, $\varphi > 90^\circ + \delta$.

Таким образом, Сириус является невосходящим на широтах севернее $\varphi > 73^\circ$ с. ш., для Канопуса $\varphi > 37^\circ$ с. ш., для Толимана $\varphi > 29^\circ$ с. ш. Обратите внимание, что области являются симметричными; если в одном полушарии звезда является незаходящей на данных широтах, то в другом полушарии она не восходит на тех же по модулю широтах.

К решению данной задачи возможны различные подходы. Верная формулировка критериев, при которых звезда становится невосходящей/незаходящей, оценивается в **2 балла** (суммарно **4**). Ещё по **2 балла** (суммарно **4**) добавляется, если проведены верные расчёты для незаходимости/невосходимости всех трёх звёзд. При наличии арифметических ошибок хотя бы для одной звезды соответствующая оценка снижается до **1 балла из 2**.

Максимум за задачу – 8 баллов.

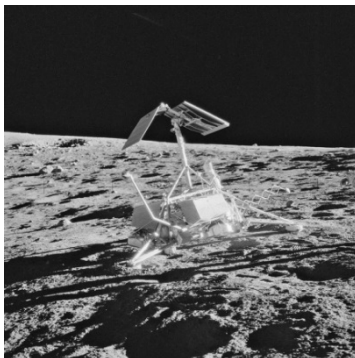
Задача 2. Луна и Марс

Определите, на каких фотографиях изображена Луна, а на каких – Марс.

1



2



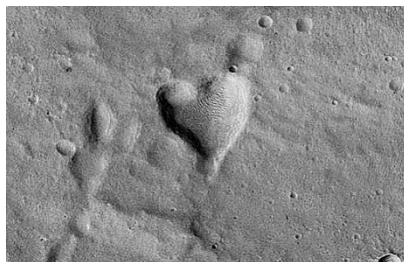
3



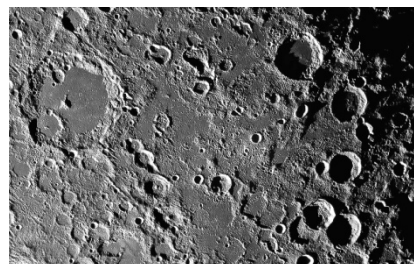
4



5



6



7



8



Ответ

1, 2, 3, 4, 6 – Луна; 5, 7, 8 – Марс.

За каждый верный ответ начисляется по 1 баллу.

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 3. Земля из космоса

На какое расстояние нужно отдалиться от Земли, чтобы её видимый угловой размер стал равен размеру лунного диска на земном небе? Радиус Луны считайте равным 1737 км, радиус Земли – 6371 км, расстояние от Земли до Луны – 384 400 км. Выразите ответ в километрах и в диаметрах Земли.

Решение

Угол, под которым наблюдается объект, обратно пропорционален расстоянию до него (в приближении малых углов). Радиус Земли в $\frac{6371}{1737} = 3,67$ раза больше радиуса Луны, следовательно, угловой размер Земли будет равен лунному на расстоянии, в 3,67 раз большем расстояния от Земли до Луны, $384\,400 \cdot 3,67 = 1,41$ млн км или $\frac{1\,410\,000}{2 \cdot 6371} \sim 111$ земных диаметров.

За верное сравнение размеров Земли и Луны ставится **2 балла**, **4 балла** за правильное выражение итогового расстояния в км и ещё **2 балла** ставится за правильный ответ, выраженный в диаметрах Земли. Если школьник перепутал радиус и диаметр, оценка снижается на **1 балл**.

Максимум за задачу – **8 баллов**.

Задача 4. Экзопланеты

Вокруг звезды в созвездии Столовая Гора ($\alpha = 5$ ч 45 м, $\delta = -70^\circ$) по эллиптическим орбитам вращаются три планеты (назовём их А, Б и В). Некоторые параметры этих орбит приведены в таблице.

Параметр	Планета А	Планета Б	Планета В
Период обращения, земные сутки	5,64	14,03	?
Большая полуось, а. е.	?	0,0954	0,172
Эксцентриситет	0,2	0,11	0,2

Определите период планеты В и большую полуось планеты А.

Решение

Период обращения планеты и большая полуось её орбиты связаны соотношением, известным как 3-й закон Кеплера:

$$\frac{a_A^3}{T_A^2} = \frac{a_B^3}{T_B^2} = \frac{a_V^3}{T_V^2} = \text{const.}$$

Обратите внимание, что эксцентриситет в данное соотношение не входит. Таким образом, большая полуось планеты А равна

$$a_A = \sqrt[3]{\frac{T_A^2 \cdot a_B^3}{T_B^2}} = \sqrt[3]{\frac{5,64^2 \cdot 0,0954^3}{14,03^2}} \approx 0,052 \text{ а. е.}$$

Период планеты В равен $T_B = \sqrt{\frac{T_B^2 \cdot a_B^3}{a_B^3}} = \sqrt{\frac{T_B^2 \cdot a_B^3}{a_B^3}} = \sqrt{\frac{14,03^2 \cdot 0,172^3}{0,0954^3}} \approx 34$ суток.

Верная запись 3-го закона Кеплера оценивается в **2 балла**, верные расчёты – в **3 балла** для каждой планеты. За верные решения, не использующие закон Кеплера, работа также оценивается максимально, т. е. в **8 баллов**.

Максимум за задачу – 8 баллов.

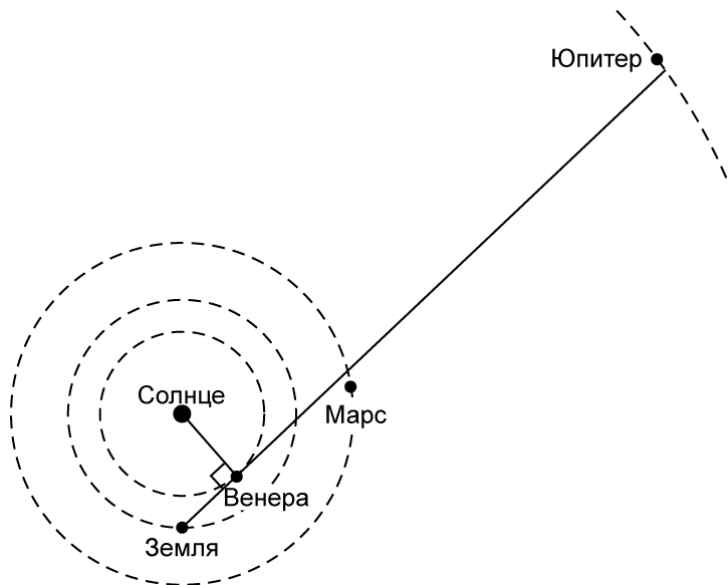
Задача 5. Соединение планет

26 октября Венера находилась в наибольшей западной элонгации, то есть в этот день угловое расстояние между Солнцем и Венерой достигло максимального значения в 46° . На угловом расстоянии в 1° от Венеры в тот день находилась планета Юпитер, а в $3,5^\circ$ – Марс.

1. Расположите три планеты (Венера, Марс, Юпитер) в порядке увеличения расстояния от Земли в этот день, от самой близкой до самой далёкой.
2. Расположите три планеты в порядке убывания их яркости на нашем небе в этот день, от самой яркой до самой тусклой.

Решение

Конфигурация планет показана на рисунке. Расстояния до планет следуют из него явным образом, для определения блесков потребуются некоторые априорные знания. Венера – практически всегда самая яркая планета при наблюдении с Земли, Марс может быть сравним по блеску с Юпитером, но лишь вблизи собственного противостояния.



Ответы

1. Венера – Марс – Юпитер (**4 балла**).
2. Венера – Юпитер – Марс (**4 балла**).

Максимум за задачу – 8 баллов.

Задача 6. Атмосферные явления

Исследование явлений, происходящих в верхней атмосфере Земли, традиционно входит в область изучения астрономии. К таким явлениям относятся полярные сияния (связаны с попаданием частиц солнечного ветра в атмосферу), метеоры (сгорание микрочастиц в атмосфере) и серебристые облака (облака, образующиеся на высоте около 80 километров).

Предположим, опытный наблюдатель проводит наблюдения на широте Москвы в ноябре, а затем, спустя полгода, в мае. Метеорологические условия не препятствуют наблюдениям. Выберите верные утверждения для каждого явления. Результаты представьте в виде таблицы и обоснуйте.

Явление	Май	Ноябрь
Полярные сияния		
Метеоры		
Серебристые облака		

А – Наблюдения данного явления практически невозможны.

Б – Наблюдения данного явления маловероятны, но всё же возможны при определённом везении.

В – С высокой степенью вероятности данное явление удастся пронаблюдать.

Г – Внимательный наблюдатель обязательно сумеет пронаблюдать данное явление.

Решение

1. Полярные сияния редко наблюдаются на наших широтах, но при высокой солнечной активности и наличии тёмного неба это возможно. В частности, в текущем 2015 году полярные сияния наблюдались. Таким образом, и в мае, и в ноябре ответ Б.

2. Метеоры можно наблюдать каждую ночь. Даже при отсутствии регулярных метеорных потоков можно ожидать увидеть несколько спорадических (случайных) метеоров за ночь, необходимо лишь тёмное небо. Ответ Г и в мае, и в ноябре.

3. Серебристые облака можно наблюдать на сумеречном небе, когда небо уже достаточно тёмное, но на высоте в 80 км они ещё освещаются Солнцем. Ближе к дню летнего солнцестояния, во второй половине мая они наблюдаются достаточно регулярно, хотя и не каждую ночь, ответ В, в ноябре же их наблюдения исключены, ответ А.

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2015–2016 уч. г.
Муниципальный этап. 8–9 классы

Явление	Май	Ноябрь
Полярные сияния	Б	Б
Метеоры	Г	Г
Серебристые облака	В	А

Каждая верная строка в таблице оценивается в **1 балл**. Дополнительно **1 балл** ставится за обоснование строки Полярные сияния и по **2 балла** за обоснование строки Метеоры и Серебристые облака.

Максимум за задачу – 8 баллов.

Максимальный балл за всю работу – 48.
--