

# Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

2021/2022 учебный год

Муниципальный этап

9 класс

## РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. На какое минимальное расстояние может подойти к Солнцу одна из самых короткопериодических комет – комета Энке, имеющая период 1204 дня и эксцентриситет орбиты 0.85?

*Решение: Период кометы в годах  $T=3.297$  лет (1 балл перевод), тогда, применив 3 закон Кеплера  $a=T^{2/3}$ , получим большую полуось  $a=2.215$  а.е. (3 балла формулировка закона и вычисления).*

*Перицентрическое расстояние вычисляется как  $q=a(1-e)$  (2 балла), тогда минимальное расстояние от кометы Энке до Солнца  $q=2.215*(1-0.85)=0.33$  а.е. (2 балла вычисления). Комета заходит внутрь орбиты Меркурия!*

2. 20 марта 2015 года, в день весеннего равноденствия, произошло полное солнечное затмение, видимое на Северном полюсе Земли. Могло ли это полное затмение наблюдаться на Южном полюсе?

*Решение: Решение: полоса полного солнечного затмения имеет ширину не более 200 км (если не учитывать вклад проекции, с учётом его не более 500 км), т.е., если полное затмение наблюдается на одном полюсе, то на другом оно видно быть не может. Аналогичный вывод можно сделать, найдя паралактическое смещение Луны (в день равноденствия Солнце на полюсах близко к горизонту и смещение Луны относительно Солнца будет примерно равно удвоенному горизонтальному параллаксу, т.е. около  $2^\circ$ ).*

*8 баллов за полные верные рассуждения любым способом – через вычисление параллакса (построение треугольников) или вспомнив ширину полосы затмения. Если в качестве аргумента приводится тезис, что, если на Северном полюсе Солнце над горизонтом, то на Южном оно под горизонтом и затмение видно быть не может, то задача оценивается в 0 баллов. Это рассуждение не верно, поскольку не учтена рефракция, приподнимающая видимый диск Солнца более чем на его угловой диаметр. Поэтому в дни равноденствия Солнце видно на обоих полюсах Земли.*

3. До 1 февраля 1918 года Россия жила по юлианскому календарю («старый стиль»), а Европа - по григорианскому («новый стиль»), разница между этими календарями составляла 13 дней (т.е. когда в Европе было 1 января, то в России было 14 января). Однако при этом разница в днях недели отсутствовала. Объясните, почему.

*Решение: При переходе на григорианский календарь в Европе (1582 год), равно как и при переходе на него в России (1918 год) производилось лишь смещение дат, счёт дней недели же оставался непрерывным (8 баллов). Поэтому разницы в днях недели между Европой и Россией никогда не было. При этом один и тем же датам соответствовали разные дни недели, т.е., например, перекидные календари на один и тот же год для Европы и России были различны.*

4. Сколько раз за год могут любоваться восходом Луны белые медведи, живущие на Северном полюсе Земли?

*Решение: Луна на Северном полюсе восходит, когда имеет близкое к нулю склонение. Пересекает же небесный экватор Луна раз в сидерический месяц\* ( $27.32^d$ ), т.е.  $365.2422/27.32=13.36$  раз за год (2 балла за выбор именно сидерического месяца и 2 балла за утверждение, что восход совпадает с пересечением экватора и 2 балла за расчет). Если пересечение экватора (т.е. восход Луны на полюсе) пришлось на первые числа года, то Луна может успеть взойти на полюсе 14 раз за год. Если же луна взошла перед самым началом года, то только 13. (2 балла за финальный вывод – 13 или 14 раз). Если указано одно лишь число (13 или 14 раз) – задача оценивается в 7 баллов при остальных верных рассуждениях. Если не указано, при каких условиях будет 13, а при каких 14 восходов – так же оценка не может быть выше 7 баллов, даже если в ответе фигурируют оба числа. Если в расчете использовался синодический месяц, задача не может быть оценена выше 6 баллов (если в ответ есть оба числа 12 или 13 раз и пояснения, почему) или 4 баллов (при одном из ответов 12 или 13 раз).*

*\*строго говоря, период между пересечениями Луной небесного экватора из-за вращения лунной орбиты отличается от сидерического. Это т.н. тропический месяц, равный  $27.32158^d$  (против  $27.32166^d$  сидерического месяца). Но эти тонкие отличия школьники вполне могут не указывать.*

5. На каких широтах Луна может наблюдаться в зените?

*Решение: Луна, наклонение орбиты которой к плоскости эклиптики  $i=5^{\circ}09'$ , может иметь склонение в диапазоне от  $(i+\epsilon)=5^{\circ}09'+23^{\circ}26'=28^{\circ}35'$  до  $-(i+\epsilon)=-28^{\circ}35'$  (4 балла). Склонение объекта с ВК в зените определяется условием  $\varphi=\delta$  (2 балла). Поэтому наблюдаться в зените Луна может в диапазоне широт от  $28^{\circ}35'$  с.ш. дл  $28^{\circ}35'$  ю.ш.) (1 балл вывод). Если же под наблюдением «Луны в зените» подразумевается, что хотя бы какая-то часть видимого диска Луны находится в зените, то диапазон широт увеличивается ещё на  $16'$  (угловой радиус Луны) в каждую сторону и составит от  $28^{\circ}51'$  с.ш. дл  $28^{\circ}51'$  ю.ш. (1 балл за учёт размеров Луны).*

6. Во сколько раз Солнце ярче полной Луны для наблюдателя на Земле?

*Решение: Солнце ярче полной Луны на  $14^m$ . Поскольку разница в  $5^m$  соответствует отношению потоков в 100 раз,  $15^m = 5+5+5$  соответствует отношению яркостей  $(100)^3$  раз, а  $14^m$  даёт отношение в 2.512 раз меньшее число. То есть Солнце ярче луны примерно в  $100000/2.5=400000$  раз.*

*Ответ можно получить используя соотношение Погсона или подобные рассуждения.*

*3 балла за знание соотношение Погсона или указание, что разница блеска в  $5^m$  даст отношение потоков 100 раз, 5 баллов оставшаяся часть вычислений.*

**Справочные данные: Некоторые параметры больших планет Солнечной Системы**

Планета	Большая полуось, а.е.	Сидерический период обращения вокруг оси, ср.солн.сут.	Наклон оси вращения к плоскости орбиты, °
Меркурий	0.387	58.6462	0.01
Венера	0.723	-243.0185 (вр-е обратное)	177.36
Земля	1.000	0.99726963	23.44=23°26'
Марс	1.523	1.02595675	25.19
Юпитер	5.204	0.41354 (на экваторе)	3.13
Сатурн	9.584	0.44401 (на экваторе)	26.73
Уран	19.187	-0.71833 (на экваторе) (вр-е обратное)	97.77
Нептун	30.021	0.67125 (на экваторе)	28.32

Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, 1 а.е.= $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк=206265 а.е;

Радиус Земли 6400 км, большая полуось орбиты Луны 384 000 км.

Видимый блеск Луны в полнолуние  $-12.7^m$ , Солнца  $-26.7^m$ .

Синодический период обращения Луны  $29.51^d$ , сидерический  $27.32^d$ , тропический  $27.32^d$ .

Тропический год на Земле  $365.2422^d$ .

Гравитационная постоянная  $G=6.67 \cdot 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>; период прецессии земной оси 25500 лет;

Широта Казани –  $55^{\circ}47'$ ; средний угловой размер Солнца и Луны -  $32'$ , радиус Солнца –  $6.96 \cdot 10^5$  км; угол рефракции в горизонте -  $35'$ , наклонение орбиты луны к эклиптике  $5^{\circ}09'$ .

*Задания разработаны на кафедре астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета, со всеми вопросами обращаться к Жучкову Роману Яковлевичу, тел. +7 (843) 2927797*

# Всероссийская олимпиада по астрономии

2021/2022 учебный год

Муниципальный этап

10 класс

## РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. На какое минимальное расстояние может подойти к Солнцу одна из самых короткопериодических комет – комета Энке, имеющая период 1204 дня и эксцентриситет орбиты 0.85?

*Решение:* Период кометы в годах  $T=3.297$  лет (1 балл перевод единиц), тогда, применив 3 закон Кеплера  $a=T^{2/3}$ , получим большую полуось  $a=2.215$  а.е. (3 балла формулировка закона и вычисления). Перигелическое расстояние вычисляется как  $q=a(1-e)$  (2 балла), тогда минимальное расстояние от кометы Энке до Солнца  $q=2.215*(1-0.85)=0.33$  а.е. (2 балла вычисления). Комета заходит внутрь орбиты Меркурия!

2. 20 марта 2015 года, в день весеннего равноденствия, произошло полное солнечное затмение, видимое на Северном полюсе Земли. Могло ли это полное затмение наблюдаться на Южном полюсе?

*Решение:* Полоса полного солнечного затмения имеет ширину не более 200 км (если не учитывать вклад проекции, с учётом его не более 500 км), т.е., если полное затмение наблюдается на одном полюсе, то на другом оно видно быть не может. Аналогичный вывод можно сделать, найдя параллактическое смещение Луны (в день равноденствия Солнце на полюсах близко к горизонту и смещение Луны относительно Солнца будет примерно равно удвоенному горизонтальному параллаксу, т.е. около  $2^\circ$ ).

**8 баллов за полные верные рассуждения любым способом – через вычисление параллакса (построение треугольников) или вспомнив ширину полосы затмения. Если в качестве аргумента приводится тезис, что, если на Северном полюсе Солнце над горизонтом, то на Южном оно под горизонтом и затмение видно быть не может, то задача оценивается в 0 баллов. Это рассуждение не верно, поскольку не учтена рефракция, приподнимающая видимый диск Солнца более чем на его угловой диаметр. Поэтому в дни равноденствия Солнце видно на обоих полюсах Земли.**

3. До 1 февраля 1918 года Россия жила по юлианскому календарю («старый стиль»), а Европа - по григорианскому («новый стиль»), разница между этими календарями составляла 13 дней (т.е. когда в Европе было 1 января, то в России было 14 января). Однако при этом разница в днях недели отсутствовала. Объясните, почему.

*Решение:* При переходе на григорианский календарь в Европе (1582 год), равно как и при переходе на него в России (1918 год) производилось лишь смещение дат, счёт дней недели же оставался непрерывным (8 баллов). Поэтому разницы в днях недели между Европой и Россией никогда не было. При этом один и тем же датам соответствовали разные дни недели, т.е., например, перекидные календари на один и тот же год для Европы и России были различны.

4. Предположим, что Земля стала обращаться вокруг Солнца оси в обратную сторону, при этом продолжительность звёздного (сидерического) года не изменилась. Параметры осевого вращения (скорость, направление) так же сохранились. Сколько солнечных и звёздных суток теперь в сидерическом году?

*Решение: Поскольку продолжительность звёздных суток не изменилась и продолжительность звёздного (сидерического) года тоже, то в нём такое же число звёздных суток, что и сейчас. Найти его можно или прямым вычислением ( $365.2564/0.9973=366.256$ , где  $0.9973=1436.07/1440$  это доля, которую звёздные сутки составляют от солнечных) или зная тот факт, что звёздных суток в году на 1 больше, чем солнечных. (2 балла за 366.256 звёздных суток в сидерическом году, вне зависимости от способа вычисления). При совпадении направлений осевого и орбитального вращений (как сейчас) солнечных суток в году на 1 меньше, чем звёздных. Если же направления вращения противоположны, то солнечных суток будет на 1 больше (4 балла верные рассуждения). Это значит, что в описанном в задаче случае солнечных суток в звёздном году будет 367.256 (2 балла).*

5. На каких широтах Луна может наблюдаться в зените?

*Решение: Луна, наклонение орбиты которой к плоскости эклиптики  $i=5^{\circ}09'$ , может иметь склонение в диапазоне от  $(i+\epsilon)=5^{\circ}09'+23^{\circ}26'=28^{\circ}35'$  до  $-(i+\epsilon)=-28^{\circ}35'$  (4 балла). Склонение объекта с ВК в зените определяется условием  $\varphi=\delta$  (2 балла). Поэтому наблюдаться в зените Луна может в диапазоне широт от  $28^{\circ}35'$  с.ш. дл  $28^{\circ}35'$  ю.ш.) (1 балл вывод). Если же под наблюдением «Луны в зените» подразумевается, что хотя бы какая-то часть видимого диска Луны находится в зените, то диапазон широт увеличивается ещё на  $16'$  (угловой радиус Луны) в каждую сторону и составит от  $28^{\circ}51'$  с.ш. дл  $28^{\circ}51'$  ю.ш. (1 балл за учёт размеров Луны).*

6. Какое минимальное количество звёзд, по яркости соответствующих Сириусу, в сумме превзойдут по блеску Венеру в максимальной элонгации?

*Решение: Сириуса на  $3.3^m$  тусклее Венеры Это соответствует разнице потоков в  $2.512^{3.3}=20.9$  раза (6 баллов вычисление напрямую или через соотношение Погсона, любым верным способом) . То есть 21 звезда блеском, как Сириус, уже превзойдёт Венеру по яркости (2 балла вывод).*

**Справочные данные: Некоторые параметры больших планет Солнечной Системы**

Планета	Большая полуось, а.е.	Сидерический период обращения вокруг оси, ср.солн.сут.	Наклон оси вращения к плоскости орбиты, °
Меркурий	0.387	58.6462	0.01
Венера	0.723	-243.0185 (вр-е обратное)	177.36
Земля	1.000	0.99726963	23.44=23°26'
Марс	1.523	1.02595675	25.19
Юпитер	5.204	0.41354 (на экваторе)	3.13
Сатурн	9.584	0.44401 (на экваторе)	26.73
Уран	19.187	-0.71833 (на экваторе) (вр-е обратное)	97.77
Нептун	30.021	0.67125 (на экваторе)	28.32

Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, 1а.е.= $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк=206265 а.е;

Радиус Земли 6400 км, большая полуось орбиты Луны 384 000 км.

Видимый блеск Луны в полнолуние  $-12.7^m$ , Сириуса  $-1.5^m$ , Венеры (в макс. элонгацию)  $-4.8^m$

Синодический период обращения Луны  $29.51^d$ , сидерический  $27.32^d$ .

Тропический год на Земле в единицах средних солнечных суток  $365.2422^d$ , сидерический год  $365.2564^d$ .

Гравитационная постоянная  $G=6.67 \cdot 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>; период прецессии земной оси 25500 лет;

Широта Казани –  $55^{\circ}47'$ ; средний угловой размер Солнца и Луны -  $32'$ , радиус Солнца –  $6.96 \cdot 10^5$  км; угол рефракции в горизонте -  $35'$ , наклонение орбиты луны к эклиптике  $5^{\circ}09'$ .

**Муниципальный этап**  
**11 класс**  
**РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

1. На какое минимальное расстояние может подойти к Солнцу одна из самых короткопериодических комет – комета Энке, имеющая период 1204 дня и эксцентриситет орбиты 0.85. С какой гелиоцентрической скоростью она в этот момент движется?

*Решение: Период кометы в годах  $T=3.297$  лет (1 балл перевод единиц), тогда, применив 3 закон Кеплера  $a=T^{2/3}$ , получим большую полуось  $a=2.215$  а.е. (2 балла формулировка закона и вычисления). Перигелическое расстояние вычисляется как  $q=a(1-e)$  (1 балл), тогда минимальное расстояние от кометы Энке до Солнца  $q=2.215*(1-0.85)=0.33$  а.е. (1 балл вычисления), т.е. комета заходит внутрь орбиты Меркурия. Её скорость при этом вычисляется по формуле  $V_q=V_I*\sqrt{[(1+e)/(1-e)]}$ , где  $V_I=\sqrt{GM/a}$  – первая космическая скорость. (2 балла формулы)*

*Для кометы  $V_I=[(6.67*10^{-11}*2*10^{30})/(2.215*1.5*10^{11})]^{0.5}=2*10^4$  м/с=20 км/с и*

*$V_q=20*(1.85/0.15)^{0.5}=70$  км/с (1 балл верный расчёт).*

2. 20 марта 2015 года, в день весеннего равноденствия, произошло полное солнечное затмение, видимое на Северном полюсе Земли. Могло ли это полное затмение наблюдаться на Южном полюсе?

*Решение: Решение: полоса полного солнечного затмения имеет ширину не более 200 км (если не учитывать вклад проекции, с учётом его не более 500 км), т.е., если полное затмение наблюдается на одном полюсе, то на другом оно видно быть не может. Аналогичный вывод можно сделать, найдя паралактическое смещение Луны (в день равноденствия Солнце на полюсах близко к горизонту и смещение Луны относительно Солнца будет примерно равно удвоенному горизонтальному параллаксу, т.е. около  $2^\circ$ ).*

**8 баллов за полные верные рассуждения любым способом – через вычисление параллакса (построение треугольников) или вспомнив ширину полосы затмения. Если в качестве аргумента приводится тезис, что, если на Северном полюсе Солнце над горизонтом, то на Южном оно под горизонтом и затмение видно быть не может, то задача оценивается в 0 баллов. Это рассуждение не верно, поскольку не учтена рефракция, приподнимающая видимый диск Солнца более чем на его угловой диаметр. Поэтому в дни равноденствия Солнце видно на обоих полюсах Земли.**

3. До 1 февраля 1918 года Россия жила по юлианскому календарю («старый стиль»), а Европа - по григорианскому («новый стиль»), разница между этими календарями составляла 13 дней (т.е. когда в Европе было 1 января, то в России было 14 января). Однако при этом разница в днях недели отсутствовала. Объясните, почему.

*Решение: При переходе на григорианский календарь в Европе (1582 год), равно как и при переходе на него в России (1918 год) производилось лишь смещение дат, счёт дней недели же оставался непрерывным (8 баллов). Поэтому разницы в днях недели между Европой и Россией никогда не было. При этом один и тем же датам соответствовали разные дни недели, т.е., например, перекидные календари на один и тот же год для Европы и России были различны.*

4. Предположим, что Земля стала обращаться вокруг Солнца в обратную сторону, при этом продолжительность звёздного (сидерического) года не изменилась. Параметры осевого вращения

(скорость, направление) так же сохранились. Сколько солнечных и звёздных суток теперь в сидерическом году?

*Решение: Поскольку продолжительность звёздных суток не изменилась и продолжительность звёздного (сидерического) года тоже, то в нём такое же число звёздных суток, что и сейчас. Найти его можно или прямым вычислением ( $365.2564/0.9973=366.256$ , где  $0.9973=1436.07/1440$  это доля, которую звёздные сутки составляют от солнечных) или зная тот факт, что звёздных суток в году на 1 больше, чем солнечных. (2 балла за 366.256 звёздных суток в сидерическом году, вне зависимости от способа вычисления). При совпадении направлений осевого и орбитального вращений (как сейчас) солнечных суток в году на 1 меньше, чем звёздных. Если же направления вращения противоположны, то солнечных суток будет на 1 больше (4 балла верные рассуждения). Это значит, что в описанном в задаче случае солнечных суток в звёздном году будет 367.256 (2 балла).*

5. Некая звезда находится над горизонтом 11ч 58м 02сек и проходит верхнюю кульминацию на высоте  $30^\circ$ . Укажите склонение звезды и широту наблюдателя. Рефракцией пренебечь.

*Решение: 11ч58м02сек это половина звёздных суток. Т.е. ровно половина суточной параллели звезды находится над горизонтом (1 балл). Это возможно в двух случаях.*

*А) Звезда находится на небесном экваторе (склонение звезды  $\delta=0$ ), поскольку это единственная суточная параллель, на любой широте разделённая математическим горизонтом пополам (2 балла). Учтя, что для небесного экватора  $h_{\text{вк}}=90-\varphi$ , получим широту  $60^\circ$  в северном или южном полушарии (2 балла, если указано только одно полушарие или просто сказано «широта 60 градусов», то 1 балл за этап).*

*Б) Наблюдатель находится на экваторе Земли, где все суточные параллели разделены математическим горизонтом пополам, тогда  $\varphi=0$ , а склонение звезды любое, кроме  $+90^\circ$ , поскольку формально звёзды в полюсах мира на экваторе будут на горизонте, а не над ним, если не учитывать рефракцию. (3 балла за второй вариант решения).*

6. Какое минимальное количество звёзд, по яркости соответствующих Сириусу, в сумме превзойдут по блеску Венеру в максимальной элонгации?

*Решение: Сириуса на  $3.3^m$  тусклее Венеры Это соответствует разнице потоков в  $2.512^{3.3}=20.9$  раза (6 баллов вычисление напрямую или через соотношение Погсона, любым верным способом) . То есть 21 звезда блеском, как Сириус, уже превзойдёт Венеру по яркости (2 балла вывод).*



**Справочные данные: Некоторые параметры больших планет Солнечной Системы**

Планета	Большая полуось, а.е.	Сидерический период обращения вокруг оси, ср.солн.сут.	Наклон оси вращения к плоскости орбиты, °
Меркурий	0.387	58.6462	0.01
Венера	0.723	-243.0185 (вр-е обратное)	177.36
Земля	1.000	0.99726963	23.44=23°26'
Марс	1.523	1.02595675	25.19
Юпитер	5.204	0.41354 (на экваторе)	3.13
Сатурн	9.584	0.44401 (на экваторе)	26.73
Уран	19.187	-0.71833 (на экваторе) (вр-е обратное)	97.77
Нептун	30.021	0.67125 (на экваторе)	28.32

Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, 1а.е.= $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк=206265 а.е;

Радиус Земли 6400 км, большая полуось орбиты Луны 384 000 км.

Видимый блеск Луны в полнолуние  $-12.7^m$ , Сириуса  $-1.5^m$ , Венеры (в макс. элонгацию)  $-4.8^m$

Синодический период обращения Луны  $29.51^d$ , сидерический  $27.32^d$ .

Тропический год на Земле в единицах средних солнечных суток  $365.2422^d$ , сидерический год  $365.2564^d$ .

Гравитационная постоянная  $G=6.67 \cdot 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>; период прецессии земной оси 25500 лет;

Широта Казани –  $55^{\circ}47'$ ; угловой размер Солнца -  $32'$ , радиус Солнца –  $6.96 \cdot 10^5$  км; угол рефракции в горизонте -  $35'$ , наклонение орбиты луны к эклиптике  $5^{\circ}09'$ .