

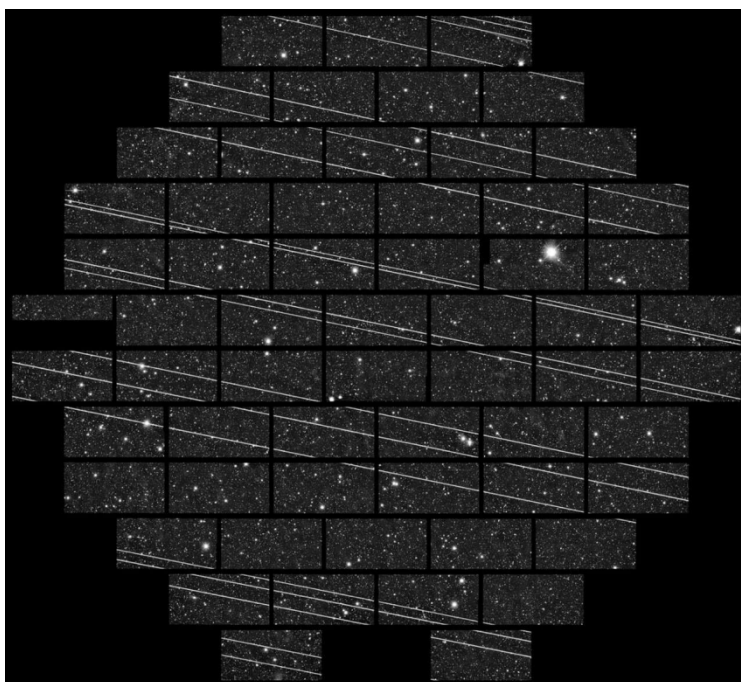
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
АСТРОНОМИЯ. 2026–2027 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10–11 КЛАССЫ

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 100.

Задание 1. Вариант 1.

Дан снимок с телескопа Бланко (СТЮ) с экспозицией 333 секунды. Хорошо видны треки, прочерченные околоземными спутниками. Обратите внимание, что «кирпичная» структура тёмных полос на снимке обусловлена техническими особенностями конструкции матрицы телескопа.



а) Сколько треков на снимке?

Ответ: 19

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) Может ли один спутник сформировать более одного трека? Если да, то какое наименьшее количество пролетевших спутников могло бы дать именно такую картинку? Если это невозможно, в ответ запишите 0.

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

в) Один пиксель ПЗС-матрицы главного телескопа соответствует 0.2 угловой секунды неба. Всего у матрицы 3.2 миллиарда пикселей. Какая область неба помещается на один снимок? Ответ выразите в квадратных градусах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.9; 10.9]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 10.

Решение:

а) На снимке непосредственно насчитывается 19 треков околоземных спутников.

б) Экспозиция составляет всего 333 секунды. За это время спутник не может совершить полный оборот вокруг Земли и повторно пройти через поле зрения тем же образом (минимальный период спутника составляет около полутора часов). Поэтому один спутник не мог сформировать несколько треков.

в) Один пиксель соответствует угловому размеру $0.2''$:

$$0.2'' = \frac{0.2^\circ}{3600}.$$

Угловая площадь, соответствующая одному пикселю:

$$\left(\frac{0.2}{3600}\right)^2 \text{ град}^2.$$

Всего матрица содержит $3.2 \cdot 10^9$ пикселей, поэтому площадь неба на одном снимке:

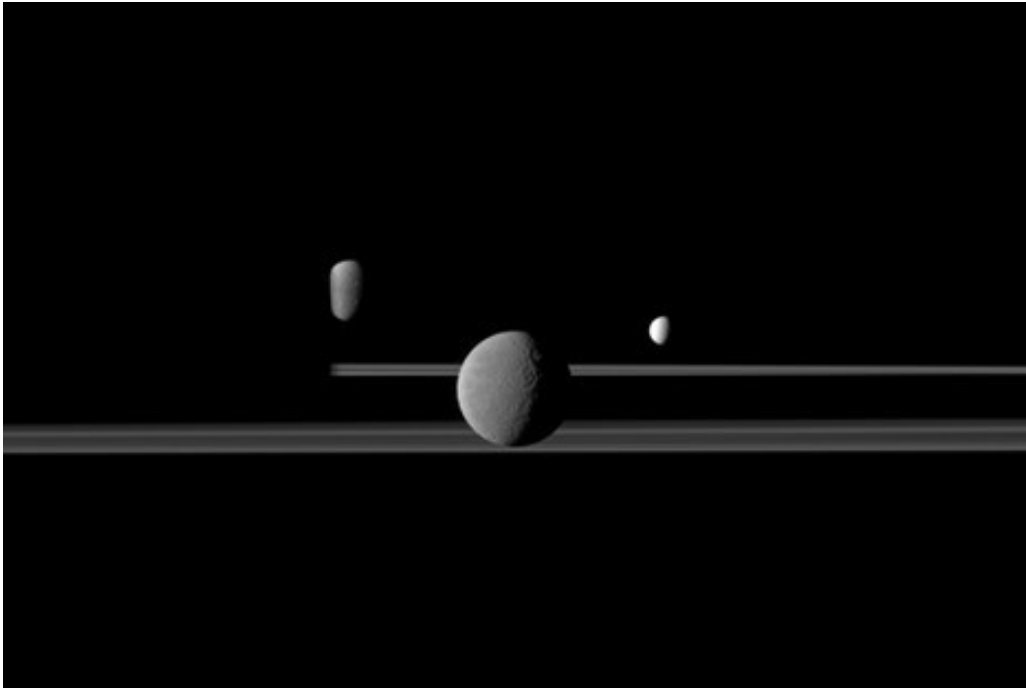
$$S = 3.2 \cdot 10^9 \left(\frac{0.2}{3600}\right)^2 \approx 9.9 \text{ град}^2.$$

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–15 (пункт в)

№ варианта	Угл. разрешение, угл. сек.	Кол-во рх, млрд	Ответ в диапазоне (пункт в)
1	0.2	3.2	[8.9; 10.9]
2	0.1	3.2	[1.5; 3.5]
3	0.3	3.2	[21.2; 23.2]
4	0.4	3.2	[38.5; 40.5]
5	0.1	6	[3.6; 5.6]
6	0.2	4	[11.3; 13.3]
7	0.3	4	[26.8; 28.8]
8	0.4	2	[23.7; 25.7]
9	0.2	5	[14.4; 16.4]
10	0.3	5	[33.7; 35.7]
11	0.4	4	[48.4; 50.4]
12	0.2	6	[17.5; 19.5]
13	0.3	6	[40.7; 42.7]
14	0.4	5	[60.7; 62.7]
15	0.4	6	[73.1; 75.1]

Задание 2.

Дано фото, сделанное автоматической межпланетной станцией «Кассини».



а) Систему какой планеты посетила станция?

Ответ:

- Земли
- ✓ Сатурна
- Юпитера
- Венеры
- Татуина

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) Какие спутники могли быть запечатлены на этом снимке?

Ответ:

- Ио
- ✓ Рея
- Ганимед
- ✓ Диона
- Каллисто
- Луна
- ✓ Энцелад
- Дактиль

Критерий оценивания: за каждый верный ответ – 2 балла. За каждый неверный ответ снимается 1 балл. Всего – 6 баллов.

в) В каком году мог быть сделан этот снимок?

Ответ:

- 1868
- 1911
- 1961
- 1969
- 1985
- ✓ 2011

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 2 балла.

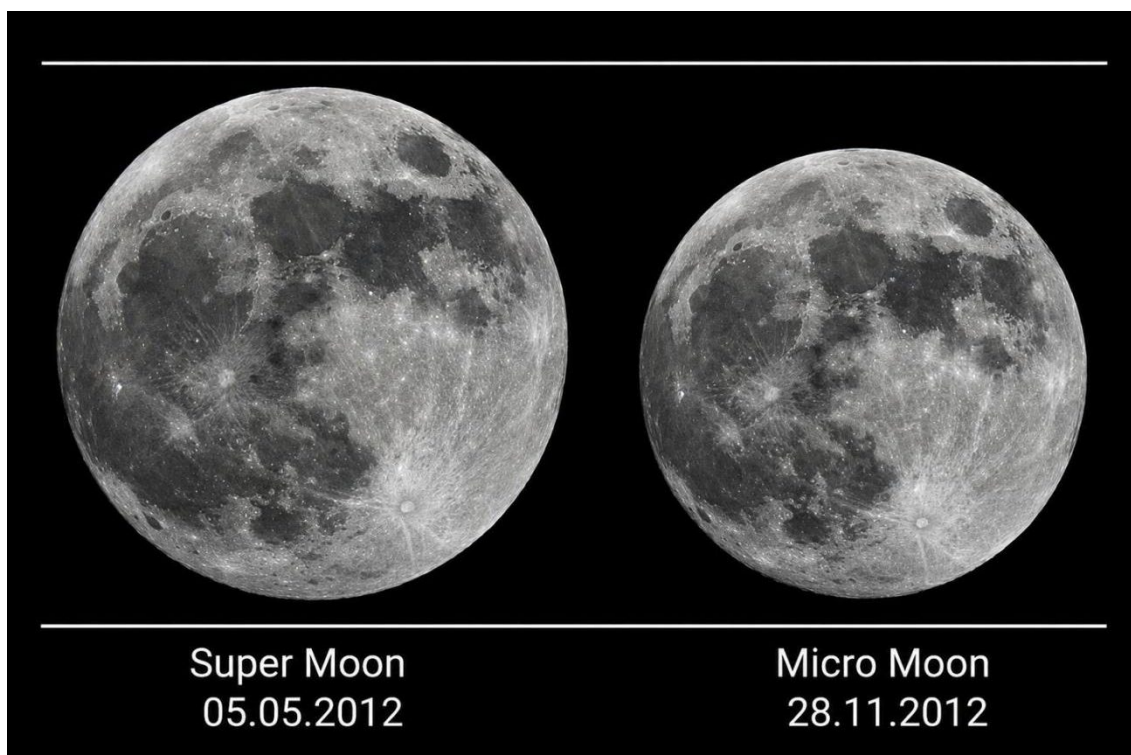
Максимальный балл за задание – 11.

Решение:

- а) По характерной системе колец определяем, что станция находилась в системе Сатурна. Это также согласуется с тем, что снимок был сделан аппаратом «Кассини».
- б) Из предложенного списка спутниками Сатурна являются Рея, Диона и Энцелад.
- в) Миссия «Кассини» работала у Сатурна в XXI веке, поэтому из предложенных вариантов подходит 2011 год.

Задание 3.

Даны два изображения Луны, полученные при наибольшем и наименьшем возможном расстоянии от Луны до Земли и при одинаковом угловом масштабе.



а) Какой из снимков сделан в момент, когда Луна была ближе всего к Земле?

Ответ:

- ✓ Снимок слева
- Снимок справа
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 2 балла.

б) На сколько процентов более крупное изображение диска Луны больше меньшего? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11; 16]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

в) В каком созвездии можно было наблюдать Луну 28.11.2012 (снимок справа)?

Ответ:

- Козерог
- Рыбы
- Большая Медведица
- ✓ Телец
- Орион
- Кошачья Лапа

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

г) Можно ли было наблюдать солнечное затмение 28.11.2012?

Ответ:

- Да, в любом случае
- Да, при прохождении Луны вблизи узла орбиты
- ✓ Нет
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 2 балла.

Максимальный балл за задание – 10.

Решение:

а) При меньшем расстоянии угловой размер Луны больше. Поэтому снимок слева, на котором изображение Луны крупнее, сделан при её наибольшем сближении с Землёй – во время суперлуния.

б) Измерение диаметров изображений даёт отношение примерно

$$\frac{D_{max}}{D_{min}} \approx 1.14.$$

Следовательно, крупное изображение больше меньшего примерно на

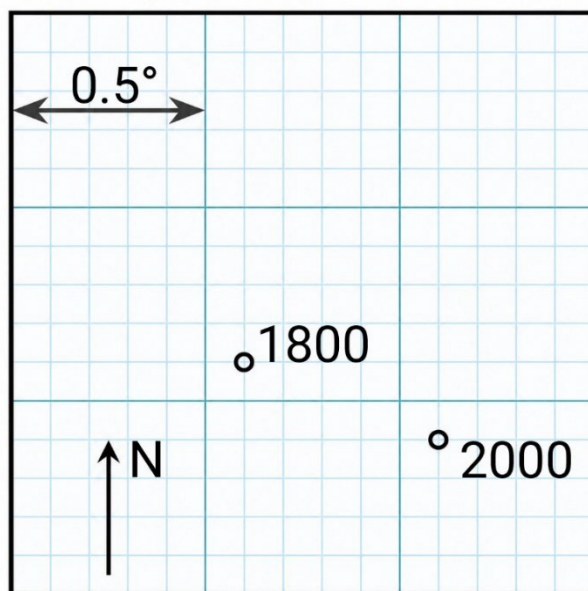
$$(1.14 - 1) \cdot 100\% \approx 14\%.$$

в) 28 ноября наблюдалась полная Луна. Полная Луна находится примерно в противоположной Солнцу области неба. Эта область соответствует положению Солнца примерно через полгода, то есть в конце мая. Следовательно, Луна находилась в созвездии Тельца.

г) Солнечное затмение возможно только в новолуние. Поскольку 28 ноября наблюдалась полная Луна, солнечное затмение в этот день происходить не могло.

Задание 4. Вариант 1.

На карте представлены положения некоторой звезды в 1800 и 2000 годах. Стрелкой *N* показано направление на север.



а) На какое угловое расстояние сместилась звезда за 200 лет? Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: 0,54

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) На сколько угловых секунд звезда смещалась каждый год? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 9,7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

в-г) Чему стало равно склонение в 2000 году, если в 1800 году оно составляло $12^{\circ}40'$?

Ответ: $12^{\circ}28'$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – по 2 балла. Всего – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 10.

Решение:

а) За 200 лет звезда сместилась на 5 малых клеток по горизонтали и на 2 клетки по вертикали. Одна клетка соответствует 0.1° , поэтому

$$\Delta\alpha = 0,5^{\circ}, \quad \Delta\delta = 0,2^{\circ}.$$

Полное угловое смещение Δ

$$\Delta = \sqrt{0,5^2 + 0,2^2} \approx 0,54^{\circ}.$$

б) Переведём это смещение в угловые секунды:

$$0,54^{\circ} \cdot 3600 = 1944''.$$

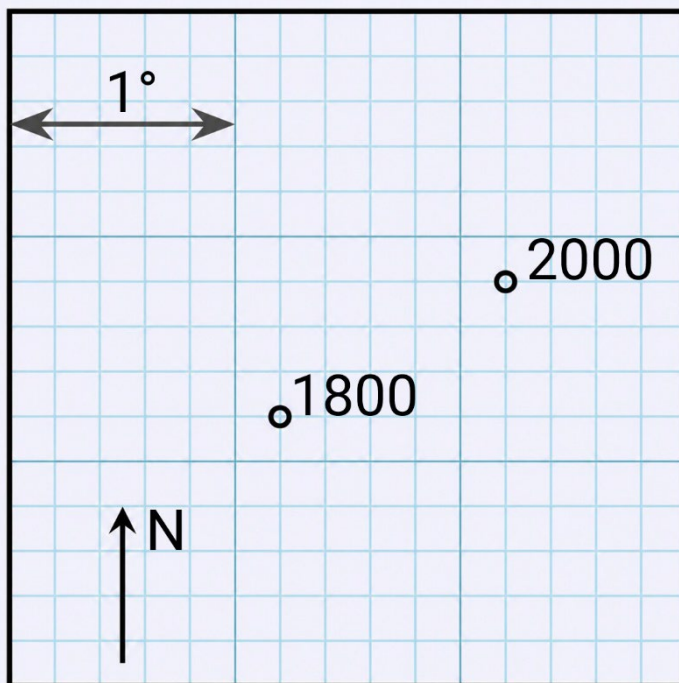
Среднее смещение за год:

$$\frac{1944''}{200} \approx 9,7''/\text{год}$$

в-г) По рисунку звезда сместилась к югу на 0.2° , то есть на $0.2^{\circ} = 12'$. Поэтому её склонение в 2000 году: $12^{\circ}40' - 12' = 12^{\circ}28'$.

Задание 4. Вариант 2.

На карте представлены положения некоторой звезды в 1800 и 2000 годах. Стрелкой *N* показано направление на север.



а) На какое угловое расстояние сместилась звезда за 200 лет? Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: 1.17

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) На сколько угловых секунд звезда смещалась каждый год? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 21.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

в–г) Чему стало равно склонение в 2000 году, если в 1800 году оно составляло $8^{\circ}15'$?

Ответ: $8^{\circ} 51'$

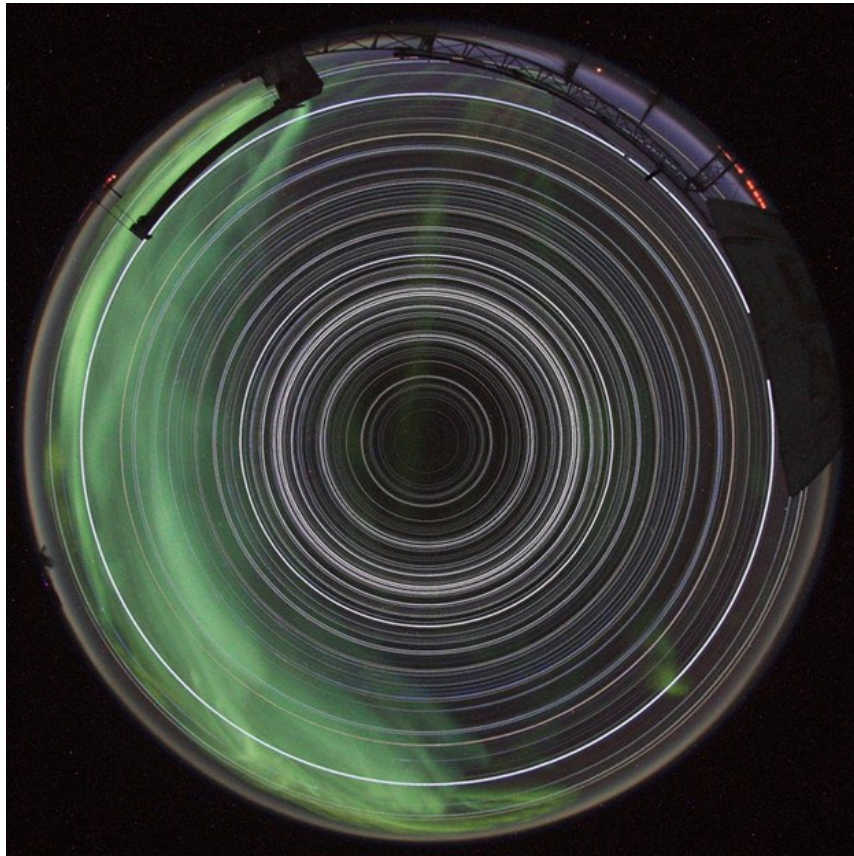
Критерий оценивания: точное совпадение ответа – по 2 балла. Всего – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 10.

Решение по аналогии с вариантом 1.

Задание 5.

Это изображение треков звёзд было получено посредством непрерывной съёмки ночного неба.



а) В течение какого времени могла быть произведена такая съёмка?

Ответ:

- 1 час
- 3 часа
- 6 часов
- 12 часов
- 18 часов
- ✓ 24 часа

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) В каком пункте Земли производилась съёмка?

Ответ:

- На Северном полюсе
- ✓ На Южном полюсе
- На экваторе
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

в) Как называется звезда, оставившая самый яркий след (внешняя окружность вблизи горизонта)?

Ответ:

- Арктур
- Солнце
- ✓ Сириус
- Вега
- Антарес
- Юпитер

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 11.

Решение:

а) Треки звёзд образуют полные замкнутые окружности. Значит, за время съёмки Земля совершила примерно полный оборот вокруг своей оси. Съёмка продолжалась около одних звёздных суток, то есть примерно 24 часа.

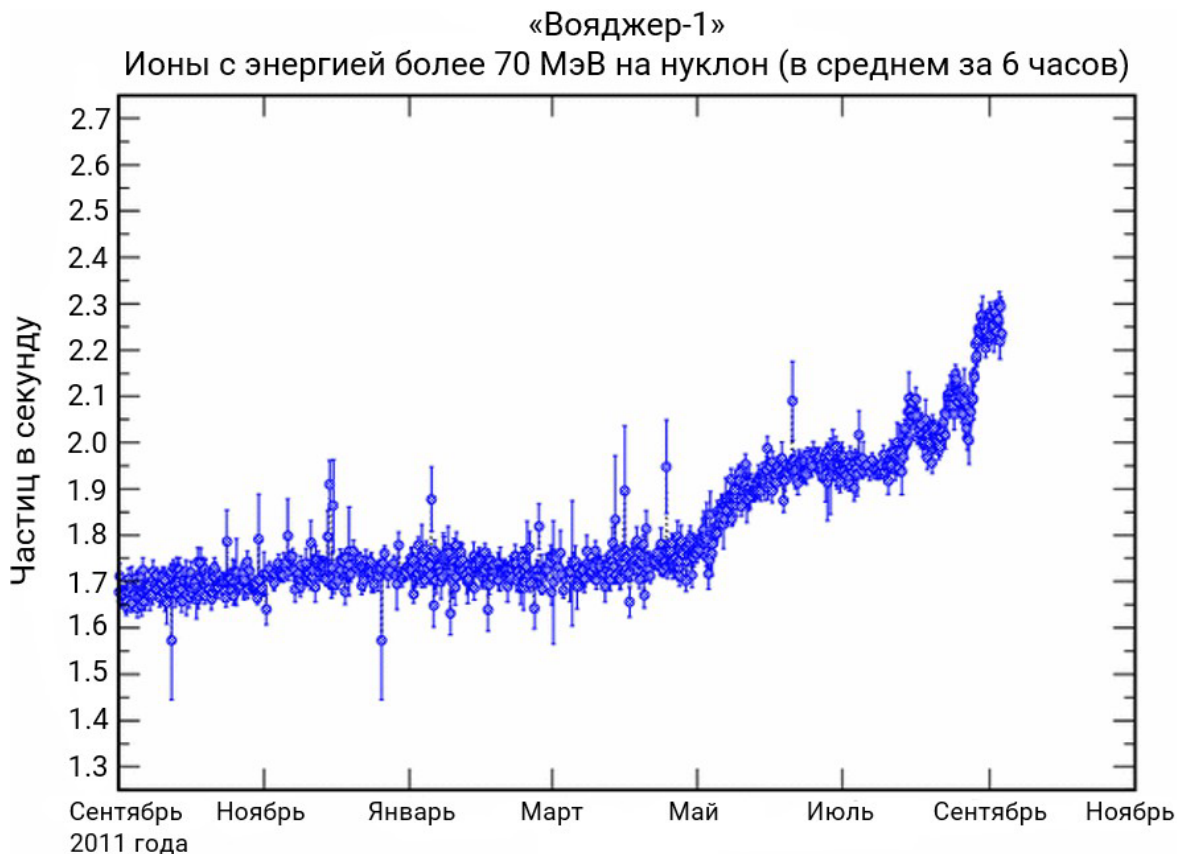
б) Суточные пути звёзд параллельны горизонту, что возможно при наблюдении с географического полюса.

В центре вращения нет яркой неподвижной звезды. Если бы съёмка велась с Северного полюса, вблизи центра находилась бы Полярная звезда. Следовательно, съёмка производилась на Южном полюсе.

в) Самый яркий след должен принадлежать самой яркой звезде южного небесного полушария. Это Сириус – одновременно самая яркая звезда ночного неба.

Задание 6.

На графике показано количество высокоэнергетических частиц межзвёздного вещества, зарегистрированных на борту межзвёздной станции «Вояджер-1» на протяжении одного года.



Данные получены:
07.09.2012 года в 15:06:21

а) На сколько процентов увеличился поток регистрируемых частиц в конце рассматриваемого периода по сравнению с его началом? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24; 48]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла

б) Сколько миллионов частиц зарегистрировал аппарат за шесть месяцев, с начала сентября 2011 года до начала марта 2012 года? Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [24; 28]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 7.

Решение:

а) В начале рассматриваемого периода поток составлял примерно 1.65 частицы в секунду, а в конце – около 2.25 частицы в секунду

Относительное увеличение:

$$\frac{2.25 - 1.65}{1.65} \cdot 100\% \approx 36\%.$$

(Допускается достаточно широкий диапазон ответов ввиду значительного разброса значений потока.)

б) В течение первых шести месяцев поток был примерно постоянным и составлял около 1.7 частицы в секунду.

Шесть месяцев – примерно половина года. Количество зарегистрированных частиц:

$$N = 1.7 \cdot \frac{365}{2} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \approx 26.8 \cdot 10^6.$$

То есть было зарегистрировано примерно 27 миллионов частиц.

Задание 7.

Когда поток регистрируемых частиц достиг отметки в 3 частицы за секунду?

Ответ:

- В сентябре 2012 года
 - В январе 2013 года
 - В мае 2013 года
 - В декабре 2014 года
- ✓ Невозможно определить

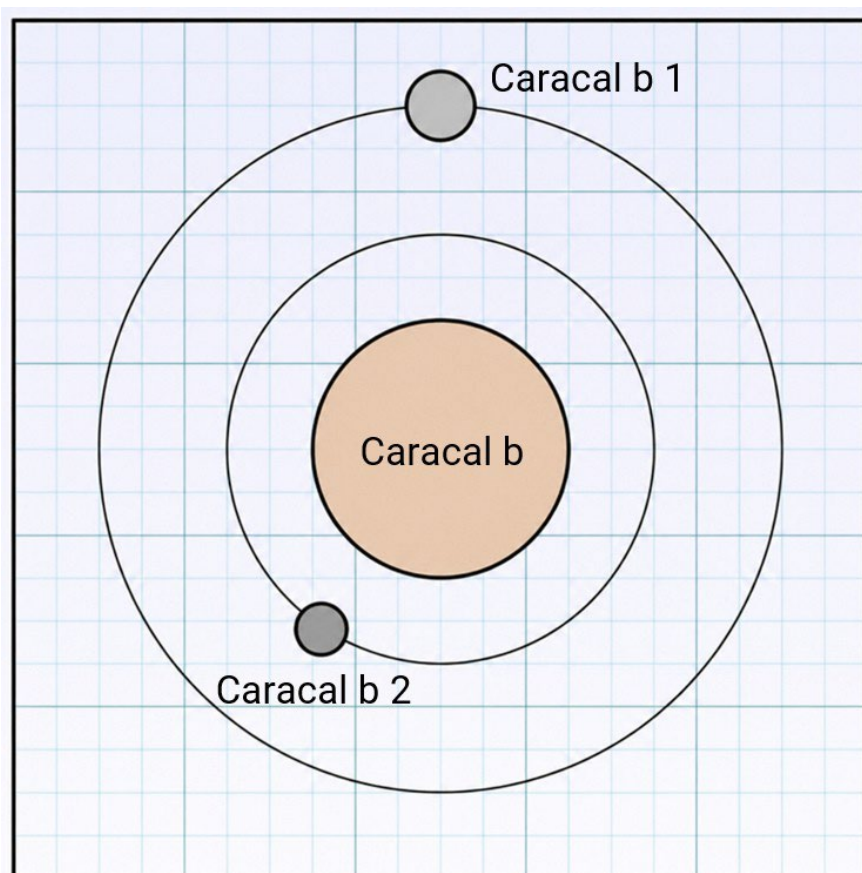
Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение:

На представленном графике поток не достигает значения 3 частицы в секунду. По имеющимся данным определить, когда это произойдёт, невозможно.

Задание 8.

Вокруг далёкой звезды Caracal a обращается экзопланета b с двумя экзолунами.



а) Во сколько раз орбитальная скорость внешней экзолуны меньше, чем скорость внутренней? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.26

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) Чему равно отношение первой космической скорости на поверхности планеты к скорости движения внешней луны? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.63

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

в) Во сколько раз период обращения внешней луны больше периода обращения внутренней? Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

Максимальный балл за задание – 9.

Решение:

а) Для круговой орбиты скорость обратно пропорциональна квадратному корню из радиуса:

$$v \sim \frac{1}{\sqrt{r}}.$$

Радиусы орбит внутренней и внешней экзолун составляют соответственно 5 и 8 клеток. Поэтому

$$\frac{v_{\text{внутр}}}{v_{\text{внеш}}} = \sqrt{\frac{8}{5}} \approx 1.26.$$

б) Первая космическая скорость соответствует движению по круговой орбите непосредственно у поверхности планеты. Радиус планеты составляет 3 клетки, поэтому

$$\frac{T_{\text{внеш}}}{T_{\text{внутр}}} = \left(\frac{8}{5}\right)^{3/2} \approx 2.0.$$

–

в) По третьему закону Кеплера $T \sim r^{3/2}$. Следовательно,

$$\frac{T_{\text{внеш}}}{T_{\text{внутр}}} = \left(\frac{8}{5}\right)^{3/2} \approx 2.0.$$

То же можно получить из уже найденного отношения скоростей, используя $T = 2\pi r/v$. Тогда

$$\frac{T_{\text{внеш}}}{T_{\text{внутр}}} = \frac{8}{5} \cdot \frac{v_{\text{внутр}}}{v_{\text{внеш}}} \approx \frac{8}{5} \cdot 1.26 \approx 2.0.$$

Таким образом, период обращения внешней экзолуны примерно в 2 раза больше.

Задание 9.

На инфографике представлены модельные размеры экзопланет различных типов с массами, равными 1 массе Земли (верхний ряд) и 5 массам Земли (нижний ряд).

Какая планета по характеристикам наиболее похожа на Землю?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение:

На Землю наиболее похожа силикатная планета массой в одну массу Земли: Земля также является каменной планетой с железным ядром.

Задание 10.

Какая планета массой 5 масс Земли имеет наименьшую среднюю плотность?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение:

Среди планет массой в пять масс Земли наименьшую среднюю плотность имеет водородная планета: при одинаковой массе она имеет наибольший размер.

Задание 11.

а) Определите диаметр водной планеты массой в 1 массу Земли. Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [16; 26]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

б) Оцените среднюю плотность водной планеты массой в 1 массу Земли. Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [600; 3000]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

Максимальный балл за задание – 6.

Решение:

а) По масштабной шкале диаметр водной планеты массой в одну массу Земли составляет примерно 21 тыс. км.

б) Среднюю плотность оценим по формуле

$$\rho = \frac{M}{V}, \quad V \approx \frac{D^3}{2}.$$

При массе, равной массе Земли, получаем величину порядка 1300 кг/м³. Результат получается несколько выше известной плотности воды, что можно объяснить, во-первых, неоднородностью состава планеты, во-вторых, значительным сжатием её недр из-за огромного давления.

Задание 12.

Полюбуйтесь фотографией линии электропередач на озере Пончатрейн.



Высота столбов над уровнем воды составляет 25 метров. На каком расстоянии расположен самый далёкий столб, верхушку которого ещё можно наблюдать над горизонтом? Радиус Земли 6400 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: 18

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 5 баллов.

Решение:

Высота опоры над водой составляет $h = 25 \text{ м} = 0.025 \text{ км}$.

Для предельно далёкой видимой опоры луч зрения касается поверхности Земли.
По теореме Пифагора

$$(R + h)^2 = R^2 + d^2.$$

Отсюда

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{2Rh + h^2}.$$

Поскольку $h \ll R$, можно записать $d \approx \sqrt{2Rh}$. При $R = 6400 \text{ км}$:

$$d \approx \sqrt{2 \cdot 6400 \cdot 0.025} = \sqrt{320} \approx 18 \text{ км}$$

Задание 13.

Почему кажется, что столбы «уходят под воду»?

Ответ:

- Дно становится глубже
- День становится короче
- ✓ В силу шарообразности Земли
- В силу лоренцевского сокращения длины
- Гномы подпиливают опоры

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 3 балла.

Решение:

Дальние столбы кажутся постепенно уходящими под воду из-за шарообразности Земли. Свет распространяется практически по прямой, а поверхность Земли искривляется, поэтому всё большая часть удалённых опор скрывается за горизонтом.

Задание 14. Вариант 1.

На некоторой планете атмосфера обладает такими свойствами: плотность её у самой поверхности равна 1.6 кг/м^3 , а при увеличении высоты на каждые 5 км плотность падает в 2.7 раза.

а) Чему равна плотность атмосферы на высоте 5 км над поверхностью планеты?
Ответ выразите в кг/м^3 , округлите до десятых.

Ответ: 0.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

б) Чему равна плотность атмосферы на высоте 15 км над поверхностью планеты? Ответ выразите в кг/м³, округлите до сотых.

Ответ: 0.08

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 4 балла.

Максимальный балл за задание – 8.

Решение:

а) При подъёме на каждые 5 км плотность атмосферы уменьшается в 2.7 раза.

б) На высоте 5 км:

$$\rho_5 = \frac{1.6}{2.7} \approx 0.6 \text{ кг/м}^3.$$

Высота 15 км соответствует трём подъёмам по 5 км, поэтому

$$\rho_{15} = \frac{1.6}{2.7^3} \approx 0.08 \text{ кг/м}^3.$$

Матрица параметров и ответов для вариантов 1–20 (пункты а–б)

№ варианта	Плотность у поверхности, кг/м ³	Отношение плотностей	Увеличение высоты, км	Ответ (пункт а)	Высота над поверхностью (пункт б), км	Ответ (пункт б)
1	1.6	2.7	5	0.6	15	0.08
2	1	3	4	0.3	8	0.11
3	1.1	2.9	6	0.4	12	0.13
4	1.2	2.8	7	0.4	14	0.15
5	1.3	2.6	8	0.5	16	0.19
6	1.4	2.5	9	0.6	18	0.22
7	1.5	2.4	10	0.6	20	0.26
8	1.7	2.3	4	0.7	8	0.32
9	1.8	2.2	5	0.8	10	0.37
10	1.9	2.1	6	0.9	12	0.43
11	2	2	7	1	21	0.25
12	2.1	1.9	8	1.1	24	0.31
13	2.2	1.8	9	1.2	27	0.38
14	2.3	1.7	10	1.4	30	0.47
15	2.4	1.6	4	1.5	12	0.59
16	2.5	1.5	5	1.7	20	0.49
17	2.6	1.4	6	1.9	24	0.68
18	2.7	1.3	7	2.1	28	0.95
19	2.8	1.2	8	2.3	32	1.35
20	2.9	1.1	9	2.6	36	1.98

Задание 15.

Почему давление атмосферы убывает с высотой?

Ответ:

- Материнская звезда сдувает атмосферу планеты
- ✓ С подъёмом убывает количество вещества в атмосферном столбе над наблюдателем
- Воздух воруют космические гномы
- Воздух замерзает и выпадает в виде твёрдых осадков
- На высоте нет деревьев, которые выделяли бы кислород
- Это утверждение неверно: с высотой давление растёт

Критерий оценивания: точное совпадение ответа – 2 балла.

Решение:

Атмосферное давление создаётся весом столба атмосферы над рассматриваемой точкой. При увеличении высоты количество вещества над наблюдателем уменьшается, поэтому уменьшается и давление.

Список использованных источников изображений

Задание 1.

<https://iauarchive.eso.org/public/images/detail/iau2001a/>

Задание 2.

1. <https://www.nasa.gov/image-article/bright-are-saturns-moons/>
2. https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2023/03/566330main_PIA12771_full.jpg

Задание 3.

1. <https://apod.nasa.gov/apod/ap121129.html>
2. https://apod.nasa.gov/apod/image/1211/supermicromoon_paduraru.jpg

Задание 5.

<https://apod.nasa.gov/apod/ap120802.html>

Задание 6.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/b/b9/20121010225500!Cosmic_Rays_at_Voyager_1.png

<https://voyager.gsfc.nasa.gov/data.html>

Задание 8.

1. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/news/27sep07.html>
2. https://imagine.gsfc.nasa.gov/Images/news/070924_planet_chart_02.jpg

Задание 9.

<https://flatearthinsanity.blogspot.com/2017/06/soundly-shows-flat-earthers-curve.html>