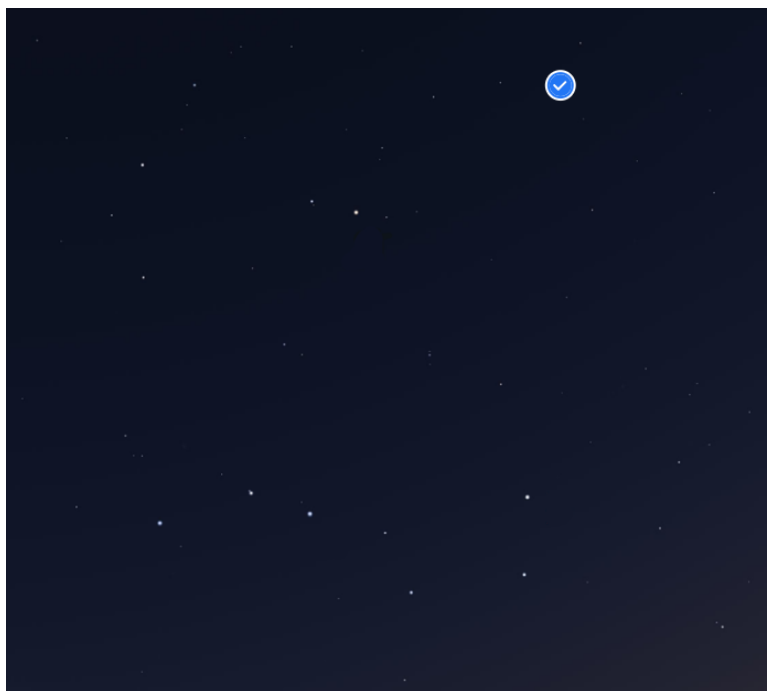


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Полярная звезда удобна для ориентирования, поскольку направление на неё практически совпадает с направлением на север.

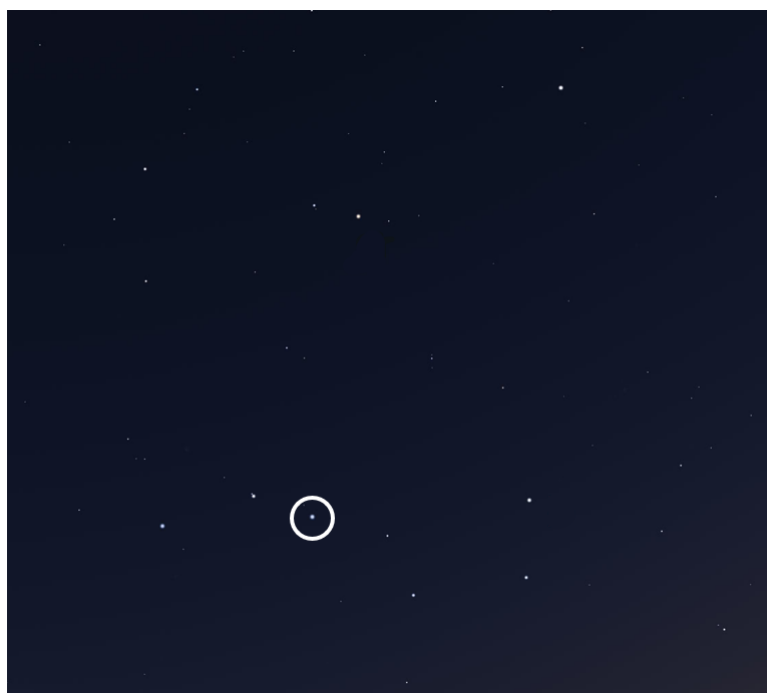
а) Отметьте Полярную на изображении:¹

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какому созвездию принадлежит звезда, выделенная на рисунке белым?



Ответ:

- Малая Медведица
- Кассиопея
- Орион
- ✓ Большая Медведица
- Близнецы

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

¹Изображение: Stellarium (симуляция звёздного неба).

в) Какие ещё созвездия можно найти в окрестностях Полярной? Подсказка: эти созвездия, как и Полярная, не заходят в средней полосе России.

Ответ:

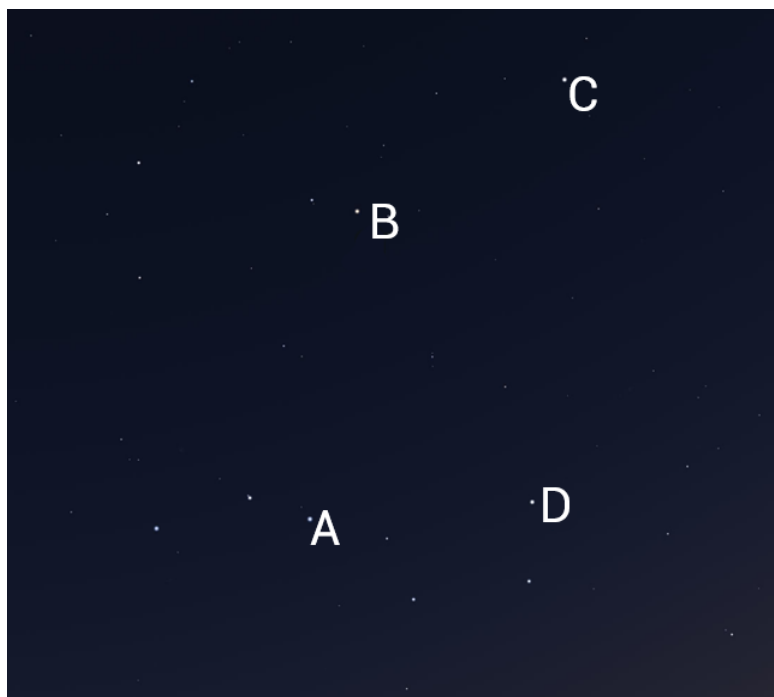
- Скорпион
- Овен
- Дева
- ✓ Цефей
- ✓ Дракон
- ✓ Кассиопея

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 10

Решение.



а) Полярная звезда находится в созвездии Малой Медведицы и располагается на продолжении линии крайних правых «звёзд-указателей» ковша Большой Медведицы — Дубхе (звезда *D*) и Мерак.

б) Звезда *A* входит в ковш Большой Медведицы, как и звезда *D*. Звёзды *C* (Полярная) и *B* принадлежат ковшу Малой Медведицы. Созвездия Орион и Близнецы находятся в совершенно других частях неба, а Кассиопея располагается напротив Большой Медведицы относительно Полярной.

в) Созвездия Кассиопея, Дракон и Цефей вместе с Малой и Большой Медведицей относятся к числу незаходящих для широт средней полосы России. Созвездия Дева, Скорпион и Овен — зодиакальные, то есть через них проходит годичный путь Солнца, а Солнце в средней полосе России восходит и заходит ежедневно.

Задание 2. Вариант 1.

Советский аппарат «Луноход-1», доставленный на Луну в рамках миссии «Луна-17» в 1970 году, был оснащён угольным отражателем — специальным устройством, которое отражает падающий на него свет строго в обратном направлении. Такой отражатель может использоваться для весьма точного измерения расстояния до Луны. При этом измеряется время между отправкой с Земли короткого лазерного импульса и приёмом отражённого сигнала.

а) Расстояние от Земли до Луны составляет в среднем 384 тысячи километров. Скорость света — 300 000 км/с. Сколько времени в среднем проходит между отправкой и возвращением светового импульса? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: 2.6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Допустим, при измерении указанного промежутка времени допущена ошибка: результат оказался завышен на 0.001 секунды. На сколько километров полученное расстояние до Луны отличается от верного?

Ответ: 150

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ 300 км — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Измеряется время в пути до Луны и обратно: $t = \frac{384\,000 \text{ км}}{300\,000 \text{ км/с}} \cdot 2 = 2.56 \text{ с} \approx 2.6 \text{ с}$.

б) Пусть измеренное время в пути есть t . Расстояние вычисляется как $L = \frac{ct}{2}$. Поэтому ошибка в измерении времени Δt даёт ошибку в расстоянии

$$\Delta L = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{300\,000 \text{ км/с} \cdot 0.001 \text{ с}}{2} = 150 \text{ км}.$$

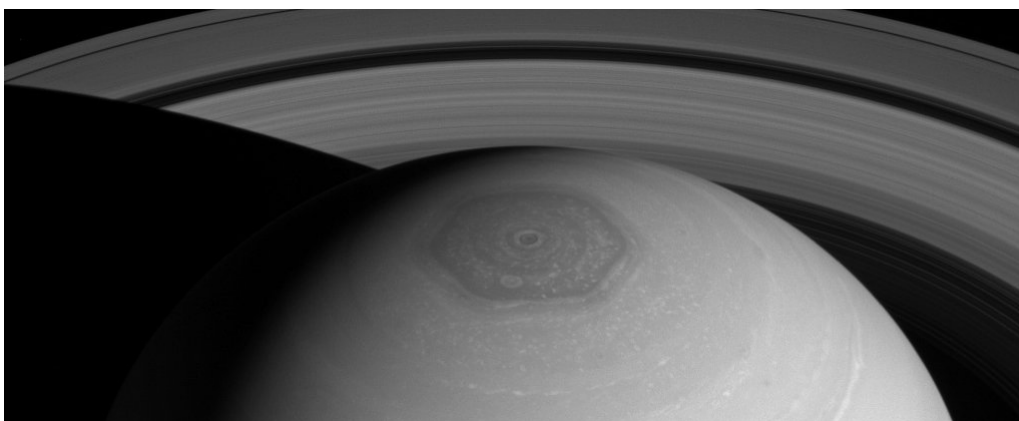
Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2.

Пункт б)

№ варианта	Δt , с	Ответ, км	Ответ на меньший балл, км
1	0.001	150	300
2	0.002	300	600
3	0.003	450	900
4	0.004	600	1200
5	0.005	750	1500
6	0.006	900	1800
7	0.007	1050	2100
8	0.008	1200	2400
9	0.009	1350	2700

Задание 3.

а) Какой объект Солнечной системы оказался в объективе межпланетной станции¹?



Ответ:

- Уран
- Юпитер
- Седна
- ✓ Сатурн
- Плеяды
- Сомбреро

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Какие примечательные элементы этого объекта попали в кадр?

Ответ:

- Большое красное пятно
- ✓ Кольца
- ✓ Гигантский шестиугольник
- Гора Олимп
- Огромный зелёный квадрат
- Большой белый овал

¹Изображение: NASA/JPL-Caltech/SSI — <https://clck.ru/3PMK6U>

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

в) Чем ещё примечателен этот объект?

Ответ:

- Это самый удалённый от Солнца астероид
- ✓ Это газовый гигант
- ✓ Средняя плотность этого объекта меньше плотности воды
- ✓ У этого объекта известно более 200 спутников
- Это самый плотный объект в Солнечной системе
- У этого объекта нет спутников

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

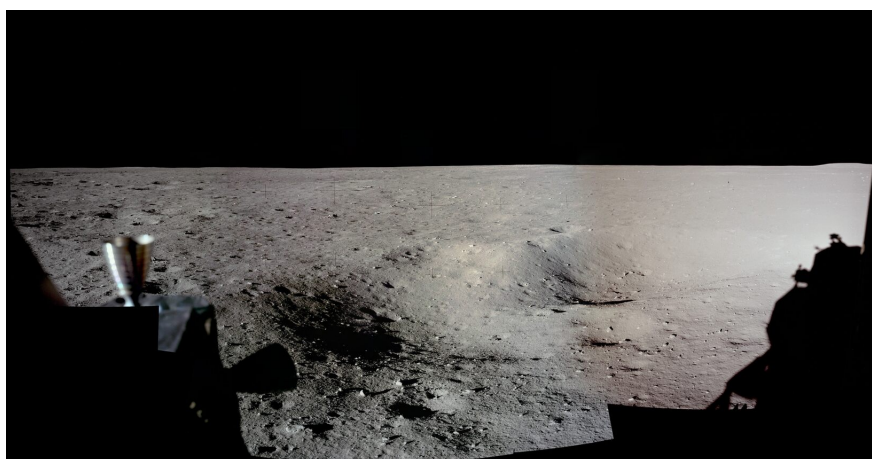
а) На снимке хорошо видны кольца и характерная особенность Сатурна — гигантский атмосферный шестиугольник у полюса. Ни у Урана, ни у Юпитера подобных структур нет. Остальные варианты (Седна, Плеяды, галактика Сомбреро) колец не имеют и уж тем более не выглядят так.

б) Большое красное пятно характерно для Юпитера, гора Олимп — для Марса. «Огромный зелёный квадрат» — шуточный ответ. Сатурн же выделяется своими кольцами и знаменитым атмосферным полярным шестиугольником. Большой белый овал тоже иногда наблюдается на Сатурне, но в кадр, очевидно, не попал.

в) Сатурн относится к газовым гигантам и обладает системой колец и многочисленными спутниками — более 200 открытых на сегодняшний день. Его средняя плотность уникальна: около 0.7 г/см^3 , что меньше плотности воды. Разумеется, астероидом Сатурн не является.

Задание 4.

а) На поверхности какого небесного тела был сделан данный снимок¹?



Ответ:

- Меркурия
- Венеры
- Деймоса
- ✓ Луны
- Солнца

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Что ещё можно было бы наблюдать, находясь на поверхности этого тела?

Ответ:

- ✓ Собственную тень
- ✓ Звёзды на тёмном небе даже днём
- Облака из капелек серной кислоты
- Метановые туманы
- Атмосферную радугу
- ✓ Землю, практически неподвижную на небе

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

¹Изображение: Нил Армстронг, Аполлон-11, NASA / Астронет. — <https://www.astronet.ru/db/msg/1933656>

в) Какие инструменты и технологии возможно использовать для навигации на поверхности этого тела?

Ответ:

- Спутниковый навигатор
- Компас
- Астролябию
- Солнечные часы
- ✓ Ничего из перечисленного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) На фотографии — характерный безвоздушный ландшафт с серым реголитом. У Меркурия сходная поверхность, но на него пока никто не совершал посадку, как и на спутник Марса — Деймос. Посадка на Солнце принципиально невозможна. Венера же скрыта плотной облачной атмосферой.

б) На Луне нет атмосферы, поэтому небо всегда остаётся чёрным и звёзды можно наблюдать даже днём. Земля видна почти неподвижной в небе Луны — только слегка колеблется из-за либрации. А при солнечном свете всегда видна собственная тень. Облака, туманы и радуги образуются лишь в атмосферах планет, на Луне их не бывает.

в) У Луны отсутствует собственное магнитное поле, поэтому компас не работает. Созвездий навигационных спутников на орбите Луны тоже пока нет. Астролябия применяется для угловых измерений. Без надёжных часов она бесполезна в задачах навигации. Солнечные часы же «показывают» текущее положение Солнца для наблюдателя, точнее, местный часовой угол Солнца — определить координаты наблюдателя это тоже не помогает.

Задание 5. 14 декабря Луна оказалась вблизи Юпитера на земном небе¹.



а) В каком созвездии находился Юпитер?

Ответ:

- Рыбы
- Змееносец
- Водолей
- ✓ Телец
- Козерог
- Лев

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В какой фазе наблюдалась Луна в тот день?

Ответ:

- ✓ Полнолуние
- Новолуние
- Первая четверть
- Последняя четверть

¹Изображение: Stellarium (симуляция звёздного неба)

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В каком созвездии в этот же день находилось Солнце?

Ответ:

- Телец
- Рыбы
- Козерог
- Водолей
- Лев
- ✓ Змееносец

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

г) Выберите верное утверждение:

Ответ:

- В этот день Юпитер наблюдался недалеко от Солнца
- ✓ В этот день Солнце и Юпитер были диаметрально противоположны на земном небе
- В этот день Юпитер был так же ярок, как Луна
- В этот день Юпитер не наблюдался с Земли

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а-б) На изображении можно наблюдать полную Луну. Следовательно, Луна и Юпитер находятся в противостоянии с Солнцем, в созвездии, где Солнце бывает 14 июня (через полгода от даты наблюдения) — Телец.

в) 14 декабря Солнце находится в Змееносце. Телец и Лев — летние зодиакальные созвездия, сектор Козерог — Рыбы соответствует январю — марту.

г) Поскольку наблюдалось полнолуние и Луна находилась рядом с Юпитером, Юпитер располагался напротив Солнца. Юпитер никак не может сравниться по яркости с полной Луной.

Задание 6. Вариант 1. Фазой Луны называют отношение площади освещённой части видимого диска ко всей его площади. Например, $\Phi = 0.85+$ означает, что доля освещённой части составляет 85 % и продолжает возрастать, $\Phi = 0.40-$ означает, что доля освещённой части составляет 40 % и убывает.

а) Какая фаза Луны соответствует первой четверти?

Ответ:

- ✓ 0.50+
- 0.25+
- 0.25–
- 0.60–

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какая фаза соответствует промежутку времени от последней четверти до новолуния?

Ответ:

- 0.50+
- 0.25+
- ✓ 0.25–
- 0.60–

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Расположите события одного цикла смены лунных фаз от наиболее раннего к наиболее позднему.

Ответ:

- ✓ Новолуние
- ✓ Луна в фазе первой четверти
- ✓ Луна ($\Phi = 0.63+$) в восходящем узле своей орбиты
- ✓ Луна ($\Phi = 0.95+$) вблизи Урана
- ✓ Полнолуние
- ✓ Луна ($\Phi = 0.74-$) близ Регула

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а) Первая четверть — это момент, когда освещена половина диска и доля освещённой части растёт, то есть $\Phi = 0.50+$.

б) От последней четверти ($\Phi = 0.50-$) до новолуния ($\Phi = 0.00-$) доля освещённой части убывает.

в) Новолуние $\rightarrow (\Phi : 0 \rightarrow 0.5+) \rightarrow$ Первая четверть $\rightarrow (\Phi : 0.5+ \rightarrow 1) \rightarrow$ Полнолуние $\rightarrow (\Phi : 1+ \rightarrow 0.5-) \rightarrow$ Последняя четверть $\rightarrow (\Phi : 0.5- \rightarrow 0) \rightarrow$ Новолуние.

Задание 6. Вариант 2. Фазой Луны называют отношение площади освещённой части видимого диска ко всей его площади. Например, $\Phi = 0.85+$ означает, что доля освещённой части составляет 85 % и продолжает возрастать, $\Phi = 0.40-$ означает, что доля освещённой части составляет 40 % и убывает.

а) Какая фаза Луны соответствует последней четверти?

Ответ:

- 0.60+
- 0.25+
- 0.25–
- ✓ 0.50–

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какая фаза соответствует промежутку времени от полнолуния до последней четверти?

Ответ:

- 0.50+
- 0.25+
- 0.25–
- ✓ 0.60–

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Расположите события одного цикла смены лунных фаз от наиболее раннего к наиболее позднему.

Ответ:

- ✓ Новолуние
- ✓ Луна ($\Phi = 0.42+$) вблизи Марса
- ✓ Луна ($\Phi = 0.95+$) близ Спика
- ✓ Полнолуние
- ✓ Луна ($\Phi = 0.65-$) в нисходящем узле своей орбиты
- ✓ Луна в фазе последней четверти

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

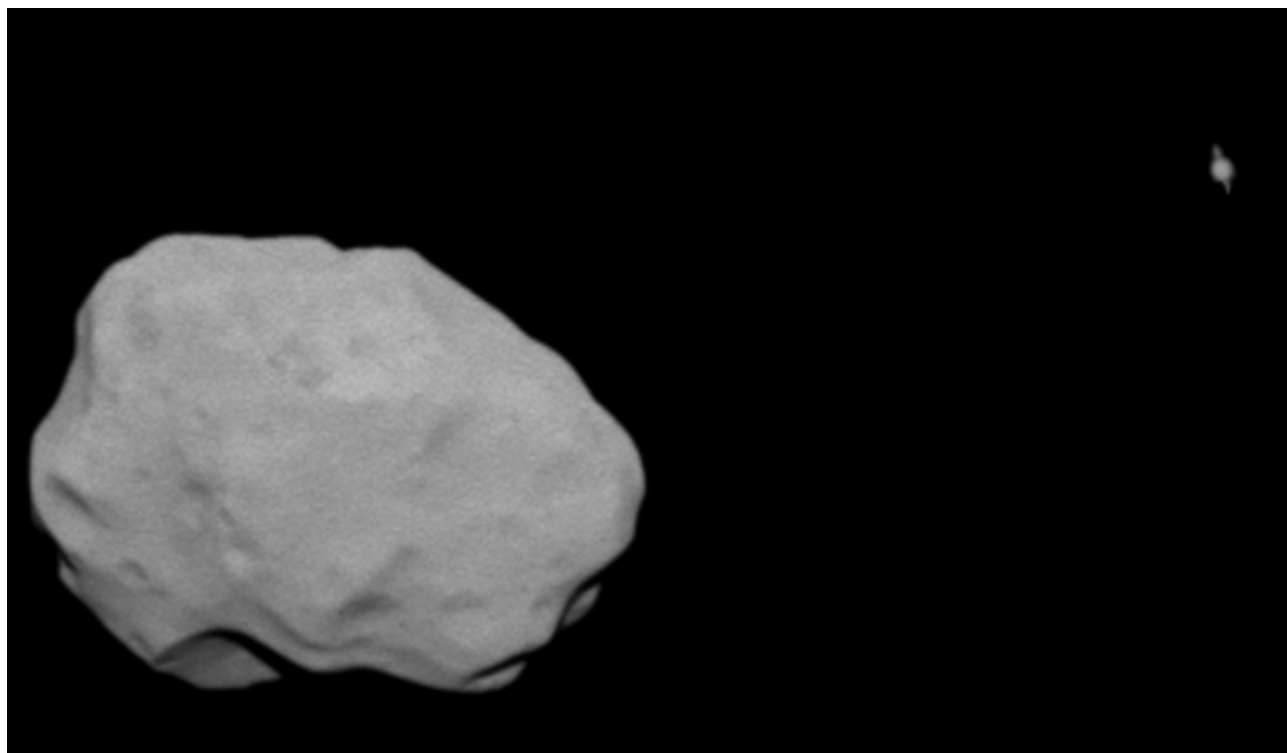
а) Последняя четверть — это момент, когда освещена половина диска и доля освещённой части убывает, то есть $\Phi = 0.50-$.

б) От полнолуния ($\Phi = 1.00$) до последней четверти ($\Phi = 0.50-$) доля освещённой части убывает.

в) Новолуние $\rightarrow (\Phi : 0 \rightarrow 0.5+) \rightarrow$ Первая четверть $\rightarrow (\Phi : 0.5+ \rightarrow 1) \rightarrow$ Полнолуние $\rightarrow (\Phi : 1+ \rightarrow 0.5-) \rightarrow$ Последняя четверть $\rightarrow (\Phi : 0.5- \rightarrow 0) \rightarrow$ Новолуние

Задание 7.

а) Какая пара объектов запечатлена на фотографии¹?



¹Изображение: ESA. — https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Rosetta/Rosetta_triumphs_at_asteroid_Lutetia

Ответ:

- Планета и туманность
- ✓ Астероид и планета
- Два астероида
- Две планеты

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла**б) Выберите верное утверждение об этих небесных телах:****Ответ:**

- Одно из этих тел в десять раз больше другого
- Оба этих тела имеют шарообразную форму
- Эти тела находятся вне Солнечной системы
- ✓ Отношение видимых размеров этих тел не соответствует отношению их реальных размеров

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла**Максимальный балл за задание — 6****Решение.**

а) На переднем плане располагается твёрдое тело неправильной формы. Это астероид Лютеция. Справа сверху видна «окольцованная» планета — Сатурн.

б) Планета на снимке находится значительно дальше астероида, поэтому она выглядит лишь размытой точкой, хотя на самом деле она на несколько порядков больше. Оба объекта принадлежат Солнечной системе.

Примечание. Достаточно крупные и массивные небесные тела принимают шарообразную форму под действием собственной гравитации. Характерный размер, при котором тело способно «округлиться» — порядка 500 км. Астероид Лютеция, очевидно, меньше (в действительности его размер около 100 км). Сатурн — планета-гигант, больше Земли примерно в 10 раз. Итого имеем различие более чем на два порядка.

Задание 8. Вариант 1.

а) Возраст Млечного Пути оценивается в 13 миллиардов лет, а Солнца — в 4,5 миллиарда лет. Сколько полных оборотов вокруг центра Млечного Пути совершило Солнце, если период обращения составляет 230 миллионов лет?

Ответ: 19**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла. За ответ 56 — 1 балл

б) Скорость движения Солнца в Галактике равна 240 км/с, а Земля обращается вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. Во сколько раз большее расстояние Солнце пролетает за год относительно центра Галактики, чем Земля за неделю относительно Солнца? Ответ округлите до целых.

Ответ: 417**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

в) Как долго Солнце совершало бы оборот вокруг центра Галактики, если бы двигалось в 5 раз быстрее? Ответ выразите в миллионах лет.

Ответ: 46**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ 56 000 000 — 1 балл**Максимальный балл за задание — 11****Решение.****а) Число полных оборотов:**

$$N = \frac{4.5 \cdot 10^9 \text{ лет}}{230 \cdot 10^6 \text{ лет}} = \frac{4500}{230} \approx 19.6 \Rightarrow 19 \text{ полных оборотов.}$$

Примечание. Возраст Млечного Пути в условии задачи — обманка. Солнце обращается вокруг центра Млечного Пути со времени своего рождения. Тем не менее, ответ 56, который получается при делении возраста Млечного Пути на период обращения Солнца, поощряется 1 баллом.

б) Ищем отношение пройденных путей:

$$\frac{S_{\odot}}{S_{\oplus}} = \frac{v_{\odot} \cdot t_{\text{год}}}{v_{\oplus} \cdot t_{\text{неделя}}} = \frac{240}{30} \times \frac{365 \text{ дней}}{7 \text{ дней}} \approx 417.$$

в) Период обратно пропорционален скорости:

$$P' = \frac{P}{5} = \frac{230}{5} = 46 \text{ млн лет.}$$

Задание 8. Вариант 2.

а) Возраст Млечного Пути оценивается в 13 миллиардов лет, а Солнца — в 4.5 миллиарда лет. Сколько полных оборотов вокруг центра Млечного Пути совершило Солнце, если период обращения составляет 230 миллионов лет?

Ответ: 19

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Скорость движения Солнца в Галактике равна 240 км/с, а Земля обращается вокруг Солнца со скоростью 30 км/с. Во сколько раз большее расстояние Солнце пролетает за месяц (30 дней) относительно центра Галактики, чем Земля за день относительно Солнца? Ответ округлите до целых.

Ответ: 240

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Как долго Солнце совершало бы оборот вокруг центра Галактики, если бы двигалось в 10 раз быстрее? Ответ выразите в миллионах лет.

Ответ: 23

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1