

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1.

а) Установите соответствие между изображениями оптических явлений и их названиями.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

	Серебристые облака ¹
	Лунное гало ²
	Зодиакальный свет ³
	Солнечный столб ⁴
	Сумеречные лучи

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего 8 баллов.

б) Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Серебристые облака — это редкое явление, возникающее в верхней атмосфере Земли.
- ✓ Зодиакальный свет наблюдается после захода или до восхода Солнца и объясняется отражением света межпланетной пылью.
- Гало может возникать только ночью и наблюдается при прохождении света через ледяные кристаллы в атмосфере.
- Серебристые облака появляются в результате рассеяния света на кристаллах льда в космосе.

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

За каждую ошибку снимается 2 балла.

¹Изображение: Сурдин В. Г. / Астронет. — <https://www.astronet.ru/db/msg/1214909/silverclouds.jpg.html>

²Изображение: Сочи Онлайн (канал Telegram). — https://t.me/sochi_online/30091

³Изображение: Юрий Белецкий, ESO / Астронет. — <https://www.astronet.ru/db/msg/1223586>

⁴Изображение: Люси Орлоски / Астронет. — <https://www.astronet.ru/db/msg/1210752>

Максимальный балл за задание — 12

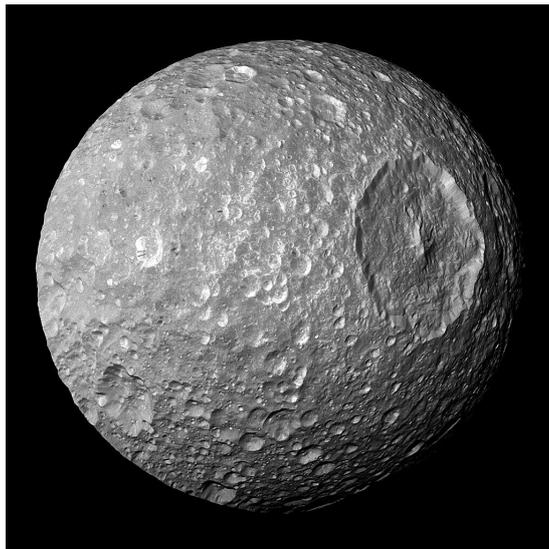
Решение.

а) Серебристые облака находятся в мезосфере, очень высоко над «обычными» тропосферными облаками, поэтому их видно в глубоких сумерках — они подсвечены Солнцем. Образование гало — вторичного свечения вокруг источника света — связано с преломлением и рассеянием света преимущественно на ледяных кристаллах в верхней тропосфере. Солнечные столбы — частный случай гало, они образуются при отражении света на гранях ледяных кристаллов, обычно наблюдаются в холодную погоду. Зодиакальный свет возникает вследствие рассеяния солнечного света вне атмосферы: на межпланетной пыли вблизи плоскости эклиптики. Сумеречными лучами же называют лучи солнечного света, которые проходят сквозь промежутки в облаках или аналогичные препятствия и контрастно выделяются на тёмном фоне.

б) Гало наблюдается и днём (у Солнца), и ночью (например, у Луны). Серебристые облака формируются в земной атмосфере (мезосфера, высота около 80 км), а не «в космосе».

Задание 2.

а) Какой объект изображён на фото¹?



Ответ:

- Луна
- ✓ Мимас
- Звезда Смерти
- Планета PA-99-N2b

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

б) Вокруг какого небесного тела обращается этот объект?

Ответ:

- Земля
- ✓ Сатурн
- Татуин
- Звезда PA-99-N2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

в) Какая автоматическая межпланетная станция передала изображение этого спутника на Землю?

Ответ:

- Вояджер-2
- Галилео
- ✓ Кассини
- Венера-5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Мимас легко опознать по гигантскому ударному кратеру Гершель, занимающему значительную часть диска. Благодаря этому кратеру Мимас внешне напоминает «Звезду Смерти» из «Звёздных войн». На Луну изображённый объект не похож, а фотографий экзопланет в таком качестве пока нет.

б) Мимас входит в число спутников Сатурна. У Земли известен один естественный спутник — Луна. Татуин — вымышленная планета из «Звёздных войн». Экзопланеты ранее были исключены из рассмотрения.

¹Изображение: NASA / Wikimedia Commons. — https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mimas_Cassini.jpg

в) Миссия «Кассини — Гюйгенс» работала в системе Сатурна с 2004 по 2017 год. Комплекс состоял из зонда «Гюйгенс», предназначенного для посадки на Титан, и орбитальной станции «Кассини». Станция передала на Землю множество детальных изображений колец и спутников Сатурна, включая Мимас.

Задание 3. Многолетнее семейство этой большой планеты Солнечной системы насчитывает (по современным данным) более двух сотен спутников. Некоторые из них показаны на изображении¹.



а) Что это за планета?

Ответ:

- Меркурий
- Юпитер
- ✓ Сатурн
- Земля
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) Как называется крупнейший из изображённых спутников?

Ответ:

- Мефона
- ✓ Титан
- Гиперион
- Пан
- Феба

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

в) У какой из планет меньше всего спутников?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- Юпитер
- Сатурн
- Земля
- Нептун

¹Изображение: Пикабу. — https://pikabu.ru/story/krupneyshie_sputniki_saturna_7990090

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

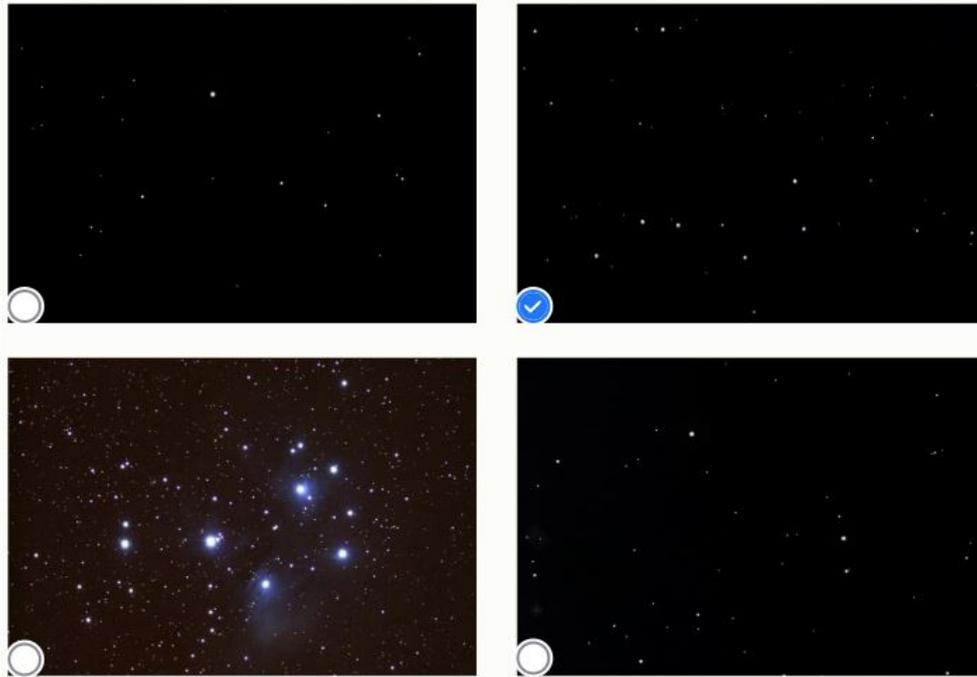
а) Сатурн известен не только своей системой колец, но и большим количеством спутников — на данный момент их открыто более 200. У Меркурия вовсе нет спутников, у Земли естественный спутник ровно один — Луна. Среди подписей на коллаже нет ни галилеевых спутников, которые указывали бы на Юпитер, ни Тритона — крупнейшего спутника Нептуна, зато есть Мимас — спутник Сатурна.

б) Титан — крупнейший спутник Сатурна и второй по размеру спутник в Солнечной системе (после Ганимеда). Он заметно выделяется на коллаже среди прочих спутников: пятна-озёра, дымка атмосферы.

в) У Меркурия вообще нет естественных спутников.

Задание 4.

а) На каком изображении показан один из самых известных астеризмов — Ковш Большой Медведицы?



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) В какую сторону «указывают» две крайние звезды ковша, Дубхе и Мерак?

Ответ:

- На Сириус
- ✓ На Полярную звезду
- На эклиптику
- На центр Галактики

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла.

в) Какую ещё звезду можно «найти» при помощи Ковша?

Ответ:

- Вега
- ✓ Арктур
- Ригель
- Альдебаран

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а-б) Дубхе и Мерак называют «указателями», потому что прямая через эти звёзды ведёт к Полярной звезде в Малой Медведице. Это один из простейших способов найти север на небе.

в) Дуга, продолженная от «ручки ковша», указывает на яркую оранжевую звезду Арктур в созвездии Волопаса.

Задание 5. Вариант 1.

Свет движется в космосе, за каждую секунду преодолевая 300 000 километров.

Улитка за минуту проползает 5 сантиметров.

а) Сколько тысяч километров преодолеет свет за одну минуту?

Ответ: 18 000

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

б) Расстояние от Солнца до Земли свет преодолевает примерно за 8 минут. Какое расстояние за это время проползает улитка? Ответ выразите в сантиметрах.

Ответ: 40

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

в) Свет за некоторое время преодолел расстояние 54 000 000 километров. Сколько сантиметров за это время проползла улитка?

Ответ: 15

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Свет за одну секунду проходит 300 000 км. За минуту (60 секунд) он преодолеет

$$300\,000 \text{ км/с} \cdot 60 \text{ с} = 18\,000\,000 \text{ км},$$

что соответствует 18 000 тысячам километров.

б) Улитка проползает 5 см в минуту. За 8 минут она преодолеет $5 \cdot 8 = 40$ см.

в) 54 000 000 км свет преодолевает за $\frac{54\,000\,000 \text{ км}}{300\,000 \text{ км/с}} = 180$ секунд = 3 минуты. За 3 минуты улитка преодолеет $5 \text{ см/мин} \cdot 3 \text{ мин} = 15$ см.

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 5.****Пункт в)**

№ варианта	Расстояние, 10^6 км	Ответ, см
1	54	15
2	18	5
3	36	10
4	54	15
5	72	20
6	90	25
7	108	30
8	126	35
9	144	40
10	162	45
11	180	50
12	198	55
13	216	60
14	234	65
15	252	70
16	270	75
17	288	80
18	306	85
19	324	80
20	342	95

Задание 6.

а) Установите соответствие между классами объектов и характеристиками некоторых из их представителей.

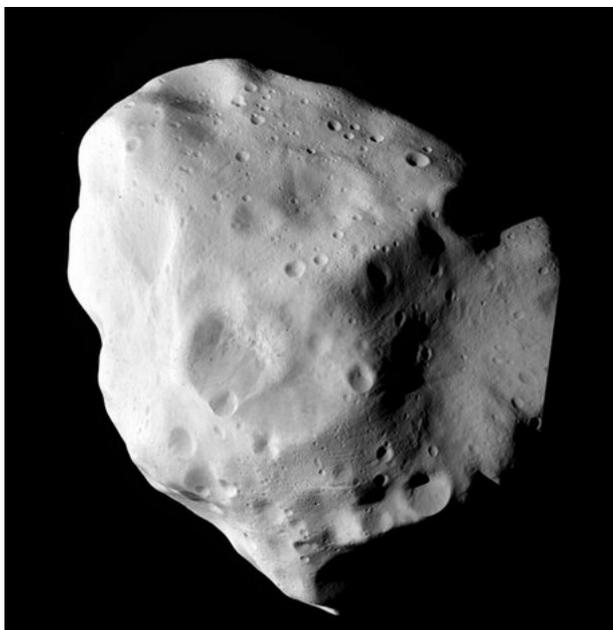
В этом задании используются не все варианты ответа из левого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке.

Ответ:

Звёздное скопление	Группа из 100–10000 звёзд, образовавшихся из одного и того же газового облака и имеющих примерно одинаковый возраст.
Экзопланета	Объект с массой выше, чем у Земли, но меньше, чем у Нептуна, и радиусом не более двух радиусов Земли.
Галактика Туманность Астероид Внесолнечная планетная система Карликовая галактика	

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 3 балла. Всего — 6 баллов.

б) Что представляет собой объект на изображении¹?



Ответ:

- Звёздное скопление
- Галактику
- Экзопланету
- Туманность
- ✓ Астероид

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Звёздные скопления действительно включают порядка 10^2 – 10^6 звёзд, образовавшихся из одного облака и потому имеющих примерно одинаковый возраст и химический состав. Галактика включает миллиарды звёзд, различающихся по возрасту и происхождению. Внесолнечная планетная система состоит из звезды и обращающихся вокруг неё экзопланет и малых тел. Планетарная туманность образуется на заключительном этапе эволюции звезды — это сброшенная ею газовая оболочка. Карликовая галактика, как правило, заметно больше звёздного скопления, к тому же, имеет неоднородное звёздное население. Экзопланеты (внесолнечные планеты, промежуточных масс) также называют «суперземлями» или «мини-нептунами». Звёздные скопления, туманности и галактики имеют заметно большие массы и размеры. Астероиды, наоборот, значительно меньше и легче Земли.

б) Это астероид Лютеция, сфотографированный аппаратом «Розетта». Его неровная форма и многочисленные кратеры подтверждают, что это малое тело Солнечной системы. Изображениями экзопланет с такой детализацией человечество на сегодняшний день не располагает. Прочие типы объектов, очевидно, не подходят.

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

Задание 7. Вариант 1. Представьте, что мы отправили световой сигнал предполагаемой инопланетной цивилизации, которая живёт у Полярной звезды. Допустим, что они ответят тем же, как только получают сигнал.

а) Через сколько лет после отправки сообщения мы увидим ответ? Расстояние до Полярной — 447 световых лет.

Ответ: 894

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Световой сигнал идёт до Полярной звезды 447 лет.
- Расстояние в световых годах — это путь, который свет пролетает за год.
- ✓ Световой год — это расстояние, которое свет пролетает за год.
- Скорость распространения света в вакууме зависит от направления.

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

За каждую ошибку снимается 2 балла.

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Световой сигнал идёт 447 лет от Земли до Полярной звезды. На обратный путь нужно столько же времени, а всего

$$447 \cdot 2 = 894 \text{ года.}$$

б) Световой год — это единица расстояния, равная пути, который свет проходит за год в вакууме. Скорость света в вакууме постоянна и не зависит от направления. Фраза «расстояние в световых годах — это путь, который свет пролетает за год» противоречит определению светового года.

Задание 7. Вариант 2. Представьте, что мы отправили световой сигнал предполагаемой инопланетной цивилизации, которая живёт у Бетельгейзе. Допустим, что они ответят тем же, как только получают сигнал.

а) Через сколько лет после отправки сообщения мы увидим ответ? Расстояние до Бетельгейзе — 548 световых лет.

Ответ: 1096

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Световой сигнал идёт до Бетельгейзе 548 лет.
- Расстояние в световых годах — это путь, который свет пролетает за год.
- ✓ Световой год — это расстояние, которое свет пролетает за год.
- Скорость распространения света в вакууме зависит от направления.

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

За каждую ошибку снимается 2 балла.

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 3. Представьте, что мы отправили световой сигнал предполагаемой инопланетной цивилизации, которая живёт у Тубана (альфа Дракона). Допустим, что они ответят тем же, как только получают сигнал.

а) Через сколько лет после отправки сообщения мы увидим ответ? Расстояние до Тубана — 311 световых лет.

Ответ: 622

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Световой сигнал идёт до Тубана 311 лет.
- Расстояние в световых годах — это путь, который свет пролетает за год.
- ✓ Световой год — это расстояние, которое свет пролетает за год.
- Скорость распространения света в вакууме зависит от направления.

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

За каждую ошибку снимается 2 балла.

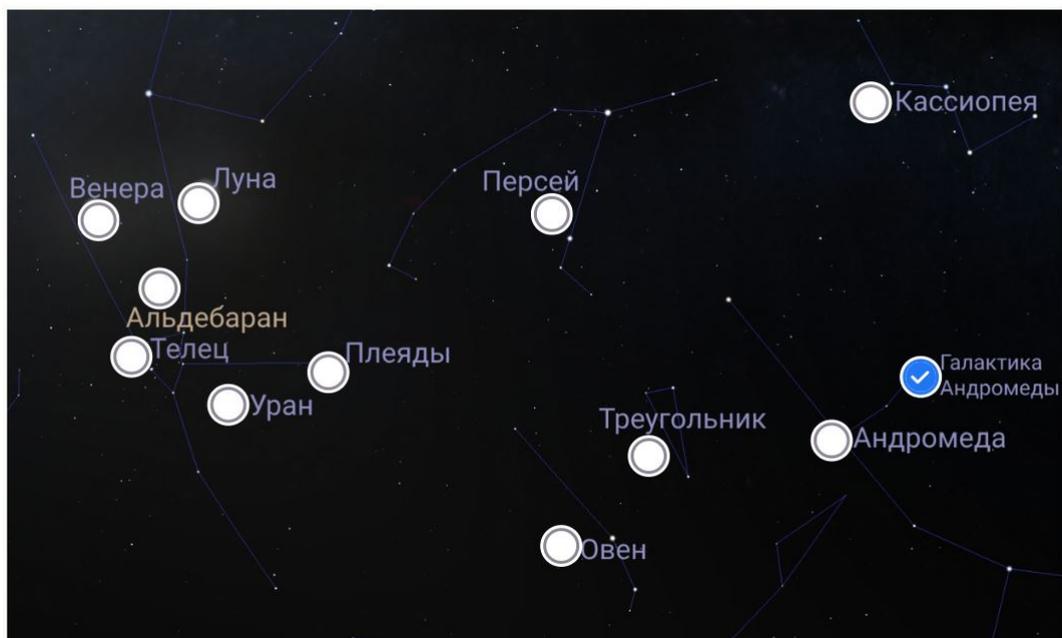
Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8.

а) Отметьте на изображении объект с самой большой массой.

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

б) Какие объекты находятся в Солнечной системе?

Ответ:

- ✓ Венера
- ✓ Луна
- ✓ Уран
- Плеяды
- Альдебаран
- Галактика Андромеды

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

За каждую ошибку снимается 1 балл.

в) Какой объект находится дальше всего от Земли?

Ответ:

- Венера
- Луна
- Уран
- Плеяды
- Альдебаран
- ✓ Галактика Андромеды

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла.

г) Выберите объекты, которые можно увидеть невооружённым глазом с территории России:

Ответ:

- ✓ Венера
- ✓ Луна
- ✓ Плеяды
- ✓ Альдебаран

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла.

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Среди предложенных объектов только Галактика Андромеды является целой галактикой, включающей сотни миллиардов звёзд и имеющей массу порядка 10^{12} солнечных. Все остальные объекты — отдельные планеты, звёзды или звёздные скопления — значительно менее массивны. Созвездия же вовсе не являются материальными объектами и массой не обладают.

б) В Солнечной системе из перечисленных находятся только планеты (Венера, Уран) и спутники планет (Луна).

Рассеянное звёздное скопление Плеяды и звезда Альдебаран принадлежат Млечному Пути — нашей Галактике, а Галактика Андромеды — это отдельная галактика.

в) Луна — ближайшее к Земле небесное тело, Венера и Уран — планеты Солнечной системы. Рассеянное звёздное скопление Плеяды и звезда Альдебаран принадлежат Млечному Пути. Галактика Андромеды удалена на 2.5 миллиона световых лет, и это самый далёкий объект в списке.

г) *Все перечисленные* объекты действительно наблюдаются невооружённым глазом: Венера и Луна — самые яркие объекты ночного неба, Плеяды видны как «россыпь» звёзд в Тельце, Альдебаран — яркая оранжевая звезда в том же созвездии.