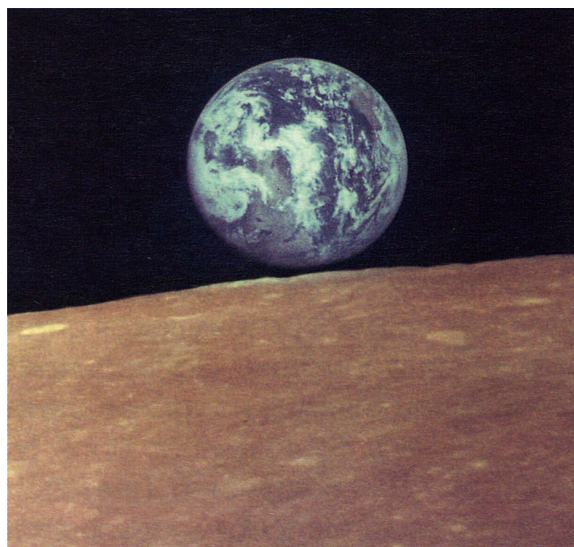


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задания 1-4.

Этот совместный снимок Земли и участка лунной поверхности сделан в рамках советской лунной миссии «Зонд-7» 11 августа 1969 года.



Станция «Зонд-7» была выведена на околоземную орбиту, после чего направлена в сторону Луны, совершила облёт естественного спутника Земли и вернулась обратно к Земле, где совершила мягкую посадку. Представление о маршруте зонда даёт памятный почтовый блок:



1) Среднее расстояние от Земли до Луны составляет 400 тысяч километров. Оцените расстояние, которое преодолел зонд за время своей миссии:

Ответ:

- 6400 километров
- 40 тысяч километров
- 400 тысяч километров
- ✓ 1 миллион километров
- 1 световой год

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

2) Оцените возможное расстояние между зондом и поверхностью Луны во время съёмки.

Ответ:

- 1 километр
- ✓ 2000 километров
- 400 тысяч километров
- 1 миллион километров
- 1 световой год

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

3) Оцените среднюю скорость зонда $v_{\text{ср}}$ на протяжении описанной миссии. Подсказка: даты миссии можно уточнить на изображении почтового блока. Ответ выразите в км/с, округлите до целых.

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

4) Первая космическая скорость для Земли составляет $v_I = 7.9$ км/с. Выберите верное утверждение.

Ответ:

- ✓ $v_{\text{ср}} < v_I$
- $v_{\text{ср}} > v_I$
- $v_{\text{ср}} = v_I$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

1) Полное расстояние, которое преодолел «Зонд-7» за время своей миссии, включает путь от Земли до Луны, облёт Луны и возвращение обратно к Земле. Среднее расстояние от Земли до Луны около 400 тыс. км. Оценим полный путь зонда:

$$400\,000 \text{ км} \cdot 2 \approx 1\,000\,000 \text{ км}$$

(отметим, что этот ответ с большим запасом выделяется среди прочих).

2) Во время съёмки зонд находился достаточно близко к лунной поверхности. При наблюдении издали (на расстояниях порядка расстояния Земля-Луна и далее) видимый размер Луны не мог бы превосходить видимый размер Земли. При этом ответ 1 километр слишком мал и не оставляет пространства для манёвра с учётом рельефа поверхности Луны и точности «прицеливания». Осталось выбрать единственный подходящий вариант ответа: расстояние до поверхности Луны при наибольшем сближении составляло порядка 2 тыс. км.

3) Для оценки средней скорости зонда отметим, что расстояние около 1000000 км тот преодолел примерно за 6 суток. Время полёта:

$$6 \text{ суток} \cdot 24 \text{ ч/сут} \cdot 3600 \text{ с/ч} = 518400 \text{ с},$$

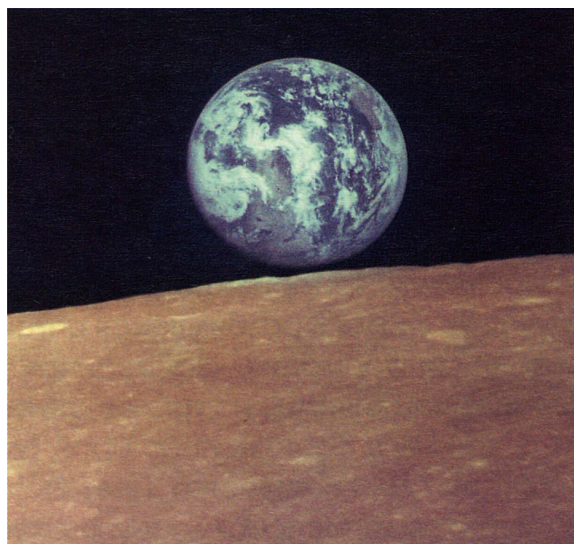
$$v_{\text{ср}} = \frac{1\,000\,000 \text{ км}}{518400 \text{ с}} \approx 2 \text{ км/с}.$$

При округлении результат не зависит от точности использованных значений величин пути и продолжительности полёта.

4) Средняя скорость зонда заметно ниже первой космической скорости для Земли (7.9 км/с). Этот ответ возможно дать и из общих соображений, без расчётов.

Задания 5-8.

Вновь полюбуемся снимком, который сделал «Зонд-7» 11 августа 1969 года.



5) В какой фазе Луна наблюдалась с Земли в тот день? Выберите наиболее подходящий ответ.

Ответ:

- Первая четверть
- Последняя четверть
- ✓ Новолуние
- Полнолуние
- Луна в тот день с Земли не наблюдалась

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

6) Ровно через месяц, 11 сентября, на Земле наблюдалось затмение. Какого оно могло быть типа?

Ответ:

- Частное лунное
- Полное лунное
- Полутеневое солнечное
- ✓ Кольцеобразное солнечное
- Солнечно-лунное
- Лунно-солнечное

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

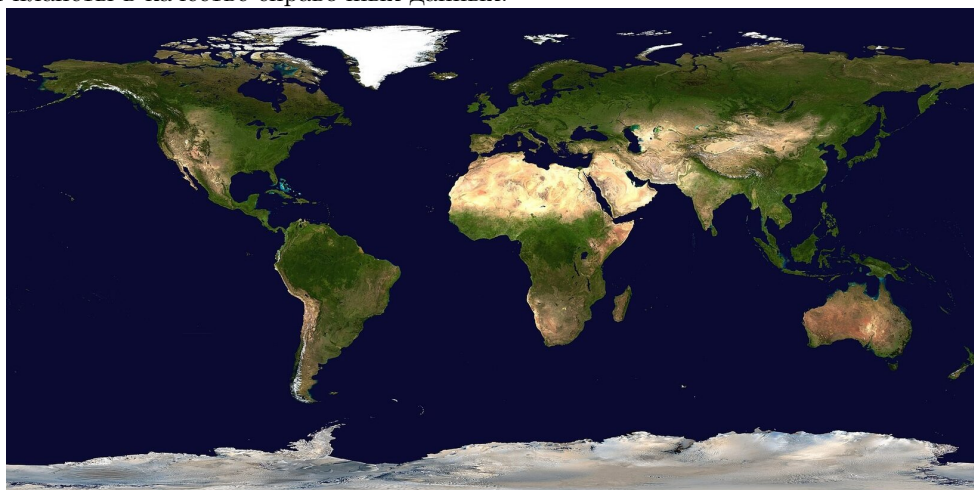
7) В какой области Луны находится участок, попавший в кадр?

Ответ:

- ✓ Около экватора
- Около Северного полюса
- Около Южного полюса

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

8) Какие водные объекты можно наблюдать на этом изображении Земли? Вы можете использовать физическую карту поверхности планеты в качестве справочных данных.



Ответ:

- Карибское море
- ✓ Красное море
- ✓ Каспийское море
- Атлантический океан
- Баренцево море
- ✓ Индийский океан

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла. Всего 6 баллов
Максимальный балл за задание — 15

Решение.

5) Фаза Луны определяется её положением относительно Земли и Солнца. В новолуние Луна находится между Землёй и Солнцем, её освещённая сторона не видна с Земли, в то время как диск Земли для лунного наблюдателя оказывается полностью освещённым («полноземлие»). Именно такая ситуация соответствует снимку от 11 августа 1969 г.

6) Через один синодический месяц (около 29.5 дней) снова наступит новолуние, когда возможно солнечное затмение. В этом случае наблюдалось кольцеобразное солнечное затмение (прочие ответы соответствуют либо лунным затмениям, либо несуществующим видам затмений).

7) Участок лунной поверхности на фото находится вблизи экватора Луны: оси вращения Луны и Земли наклонены друг к другу под небольшим углом, а Земля на снимке явно сильно «завалена на бок» (ось практически параллельна горизонту).

8) Внимательный участник заметит Красное море, Каспийское море и Индийский океан. На снимке отчётливо виден Аравийский полуостров. Прийти к этому ответу возможно и, например, соотнеся два массива суши (крупный и небольшой) на одном меридиане, разделённых значительной водной массой. Это, конечно, Азия и Австралия.

Задания 9-12.

Современный календарь — чисто астрономический объект: он основан на периоде смены сезонов, обусловленной движением Земли вокруг Солнца. Впрочем, для решения этой задачи потребуются лишь самые базовые календарные знания.



Обратимся к истории отработки полётов по трассе Земля-Луна-Земля.

9) «Зонд-7» был запущен в пятницу. В какой день недели был сделан знаменитый снимок, рассмотренный нами в предыдущих задачах?

Ответ:

- ✓ В понедельник
- Во вторник
- В среду
- В четверг
- В пятницу
- В субботу
- В воскресенье

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

10) В какой день недели «Зонд-7» совершил посадку?

Ответ:

- В понедельник
- Во вторник
- В среду
- ✓ В четверг
- В пятницу
- В субботу
- В воскресенье

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

11) Известно, что в августе 1969 года было 4 понедельника. А каких дней недели было больше, чем понедельников?

Ответ:

- Вторников
- Сред
- Четвергов
- ✓ Пятниц
- ✓ Суббот
- ✓ Воскресений

Критерий оценивания: за каждый правильно выбранный и правильно невыбранный ответ начисляется 1 балл.

Всего 6 баллов

12) В какой день недели был запущен «Зонд-6»?

Ответ:

- В понедельник
- Во вторник
- В среду
- В четверг
- В пятницу
- В субботу
- ✓ В воскресенье

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

9) Зонд был запущен в пятницу, снимок был сделан спустя три дня, то есть в понедельник.

10) Посадка произошла ещё через три дня — в четверг.

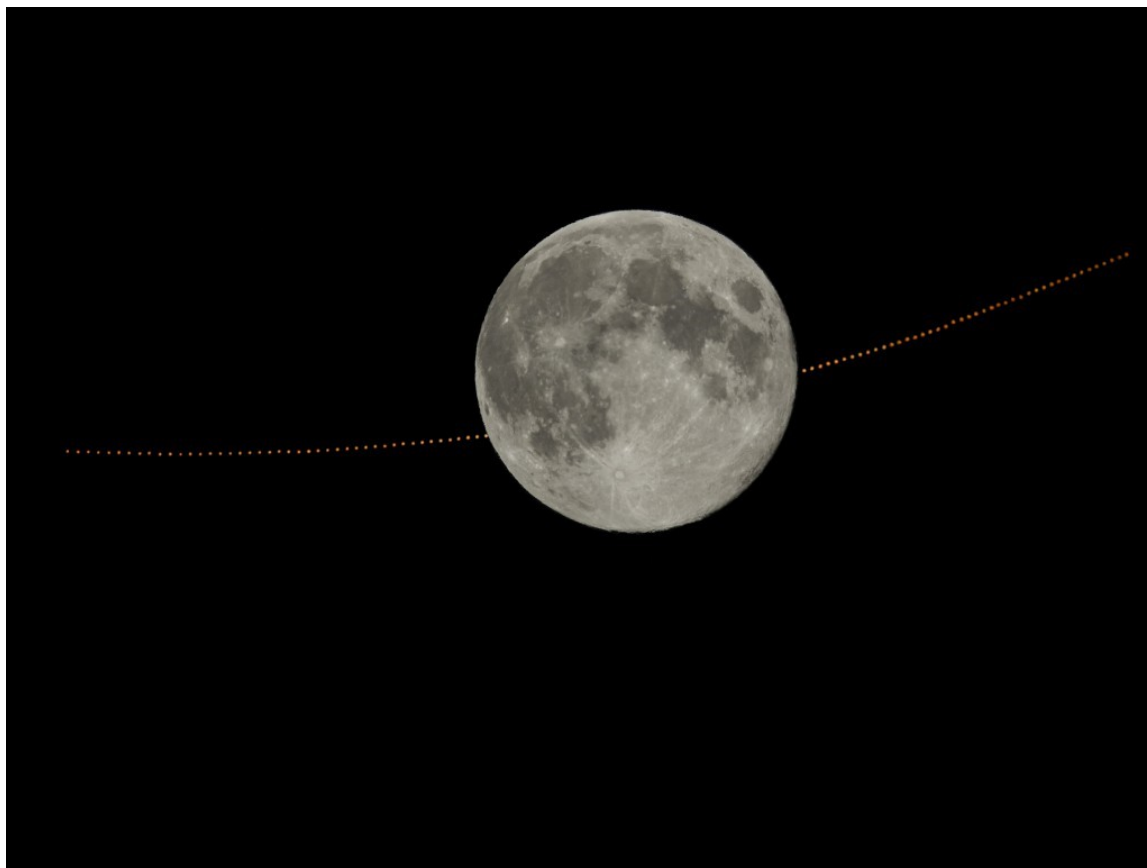
11) В августе каждого года 31 день. С учётом известного из условия соответствия даты и дня недели, пожалуй, самый простой способ ответить на третий вопрос — зарисовать календарь на август 1969 года. Мгновенно обнаружим, что пятниц, суббот и воскресений было по 5, а понедельников, вторников, сред и четвергов — меньше (по 4 дня):

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

12) «Зонд-6» по данным почтового блока приземлился 17 ноября 1968 г. С 17 ноября 1968 г. до 8 августа 1969 г. прошло 264 дня. Остаток от деления 264 на 7 составляет 5. Это значит, что если 8 августа 1969 г. было пятницей, то 17 ноября 1968 г. — воскресенье ($5 - 5 = 0$).

Задания 13-17.

13 января 2025 года в Северной Америке и Северной Африке можно было наблюдать покрытие некоторой планеты Луной.



Коллаж получен сложением снимков, снятых с интервалом 2 минуты. Цветопередача фотографии соответствует действительным наблюдаемым цветам.

13) Запишите название планеты, покрытие которой запечатлено.

Ответ: Марс

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

14) Оцените, как долго наблюдалось покрытие планеты в данном пункте. Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Допускается погрешность ± 10 минут.

Ответ: засчитывается в диапазоне [58; 78]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

15) Радиус орбиты Земли составляет 1.0 а. е., а радиус орбиты планеты — 1.5 а. е. Определите расстояние между Землёй и планетой на дату съёмки. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Ответ: 0.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

16) Почему планета выглядит гораздо меньше Луны?

Ответ:

- ✓ Планета в действительности крупнее Луны, но находится гораздо дальше от наблюдателя
- Это карликовая планета. Она действительно гораздо меньше Луны
- Планета крупнее Луны, но её размер искажается при прохождении света через атмосферу
- Эта планета обращается вокруг своей оси очень быстро, поэтому её видимый размер уменьшается

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

17) В каком созвездии наблюдалось покрытие планеты?

Ответ:

- Весы
- Дева
- ✓ Близнецы
- Скорпион
- Водолей
- Рыбы
- Стрелец

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

13) На фото запечатлён Марс, что определяется по характерному красноватому цвету объекта.

14) Луна закрыла примерно 34 изображения Марса. Кадры сделаны с интервалом 2 минуты. Значит, покрытие длилось примерно:

$$34 \cdot 2 = 68 \text{ мин.}$$

15) Расстояние между Землёй (1.0 а. е.) и Марсом (1.5 а. е.) равно примерно $1.5 - 1.0 = 0.5$ а. е., поскольку, судя по соединению с полной Луной, Марс находился на земном небе в противостоянии с Солнцем.

16) Планета значительно меньше Луны на снимке, так как, несмотря на большие истинные размеры Марса по сравнению с Луной, расстояние до него значительно больше, чем расстояние до Луны.

17) Марс расположен рядом с полной Луной, то есть в противоположной области неба относительно Солнца. Следовательно, Марс находится в созвездии, в котором Солнце бывает около 13 июля. Среди перечисленных созвездий лету соответствует только созвездие Близнецов.

Задания 18-20.

На небе Земли две звезды наблюдаются в строго противоположных направлениях.

18) В некоторый момент времени наблюдатель фиксирует восход звезды **А**. Определите высоту звезды **Б** в тот же момент. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне $[-1; 1]$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

19) Известно, что расстояние от Земли до звезды **А** вдвое больше расстояния от Земли до звезды **Б**. Свет преодолевает расстояние между звёздами **А** и **Б** за 90 лет. Определите расстояния от Земли до каждой из звёзд. Ответ выразите в световых годах, округлите до целых. Каждое значение записывайте в отдельное поле в порядке возрастания.

Ответ: 1) 30; 2) 60

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

20) Также известно, что свет преодолевает расстояние от Солнца до Земли за 499 секунд. Выразите расстояние от Земли до звезды **Б** в миллионах астрономических единиц, округлите до десятых.

Ответ: 1.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

18) В момент восхода одной звезды вторая находится в противоположной точке неба, то есть тоже на горизонте. Значит, её высота в этот момент нулевая.

19) Расстояния от Земли до звёзд отличаются в $k = 2$ раза, а расстояние между звёздами свет преодолевает за $t = 60$ лет. Значит, меньшее из расстояний — $r_B = 20$ световых лет, большее — $r_A = 40$ световых лет, причём звезда **Б** ближе звезды **А**.

20) Свет проходит от Солнца до Земли за 499 секунд, что соответствует 1 а. е. Тогда

$$1 \text{ св. год} = 365.25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ св. секунд} \approx 3.16 \cdot 10^7 \text{ св. секунд} = \frac{3.16 \cdot 10^7}{499} \text{ а. е.} \approx 63 \cdot 10^3 \text{ а. е.}$$

Следовательно, расстояние до звезды **Б** (20 св. лет) составляет примерно:

$$r'_B = 20 \cdot 63000 \approx 1.3 \text{ млн а. е.}$$

Задания 21-25.

15 июля таинственный путник вдруг решил прогуляться. Сначала он прошёл 111 км на север — при этом широта его местоположения изменилась на 1 градус. Затем он прошёл 111 км на восток — при этом долгота его местоположения изменилась на 180 градусов. За время долгой прогулки ночь так и не наступила.

21) Почему изменения долготы и широты путника при прохождении равных расстояний так сильно различаются?

Ответ:

- ✓ Все меридианы Земли примерно равны по длине, в то время как параллели тем короче, чем ближе к полюсам
- Гравитационное притяжение Земли искривляет пространственные координаты объектов на поверхности
- Чем ближе к полюсу, тем больше пингвинов, которые отвлекают путника
- При смещении на восток скорость наблюдателя складывается со скоростью вращения Земли, что увеличивает смещение по долготе
- Это связано с погрешностями измерения широты и долготы

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

22) В каком полушарии находится путник?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

23) Оцените широту местоположения путника в конце прогулки. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [89; 90]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

24) На какой высоте над горизонтом в конечной точке маршрута путник может наблюдать Полярную звезду?

Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [88; 90]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

25) В каком месяце путник сможет впервые увидеть ночное небо, если останется в конечной точке своего маршрута?

Ответ:

- В январе
- В феврале
- В марте
- В апреле
- В мае
- В июне
- В июле
- В августе
- В сентябре
- ✓ В октябре
- В ноябре
- В декабре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла. За ответ «В сентябре» начисляется 3 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

21) Длина одного градуса широты примерно равна 111 км, поэтому при движении на север на 111 км широта изменилась ровно на 1 градус. При дальнейшем движении на восток путник прошёл также 111 км, но его долгота изменилась на 180 градусов. Это возможно только вблизи полюса, где параллели существенно короче, чем вблизи экватора.

22) Путник движется вблизи Северного полюса: с одной стороны, длина параллели составляет всего сотню километров, с другой — летом (в июле) Солнце не заходит.

23-24) Таким образом, путник оказался на широте примерно 90° (Северный полюс). Полярная звезда при этом видна практически в зените (на высоте около 90°).

25) Звёзды на тёмном небе возможно будет наблюдать лишь в октябре (или в самом конце сентября), когда начнётся полярная ночь и Солнце опустится достаточно глубоко под горизонт.