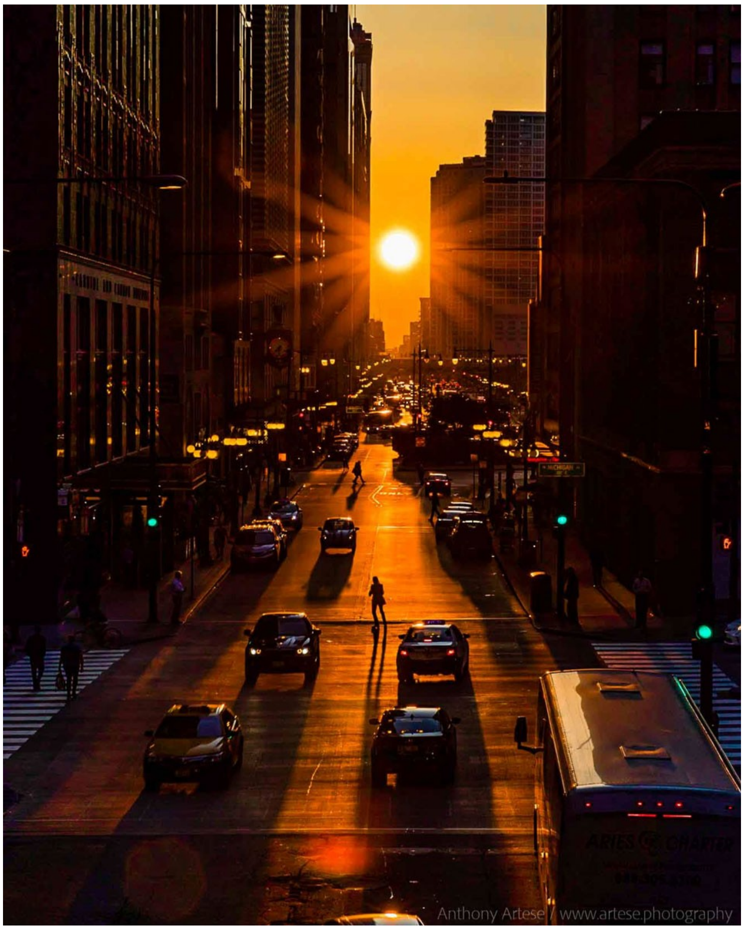
Задания и решения
1-го дистанционного этапа
Московской астрономической олимпиады
2025–2026 уч. г.

8–9 классы

Задание 1

На фотографии[1] запечатлён заход Солнца в день осеннего равноденствия. В какой стороне света находится Солнце на снимке?



- север
- юг
- **запад**
- восток

Комментарий: Солнце всегда восходит на востоке и заходит на западе в день равноденствия вне зависимости от места съёмки.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

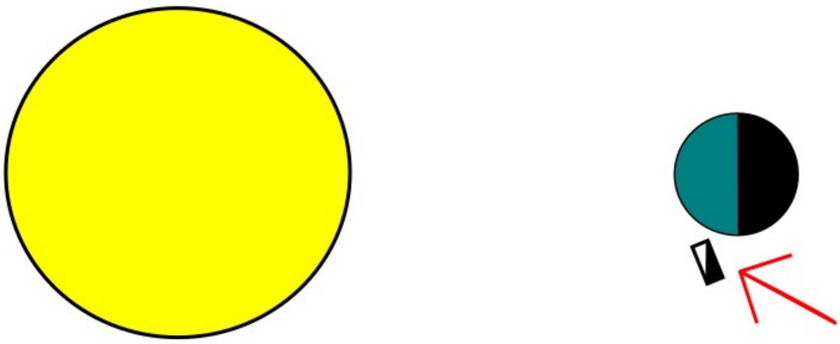
[1] Anthony Artese / NASA / APOD — https://apod.nasa.gov/apod/ap240922.html

Задание 2

На фото[2] российский модуль Пирс готовится к стыковке с МКС. Видно, что Земля ярко освещена, а космический аппарат — нет. Почему так происходит?

- Земля, наблюдатель и Солнце находятся на одной линии.
- Аппарат окрашен в чёрный цвет.
- **Прямые Солнце — Земля и аппарат — наблюдатель не параллельны, освещена обратная сторона аппарата.**
- Аппарат находится в тени Земли, в то время как сама Земля освещена Солнцем.

Комментарий. Ситуация, возникшая на фотографии, возможна при конфигурации объектов, как на рисунке.



[2] NASA / Wikimedia Commons — https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pirs_Approaches_International_Space_Station.jpg

Здесь жёлтый круг слева — Солнце, синий круг справа — Земля с тёмной стороной, не освещённой Солнцем, белый прямоугольник — модуль Пирс. Красной стрелкой показано направление поля зрения камеры, расположенной на МКС.

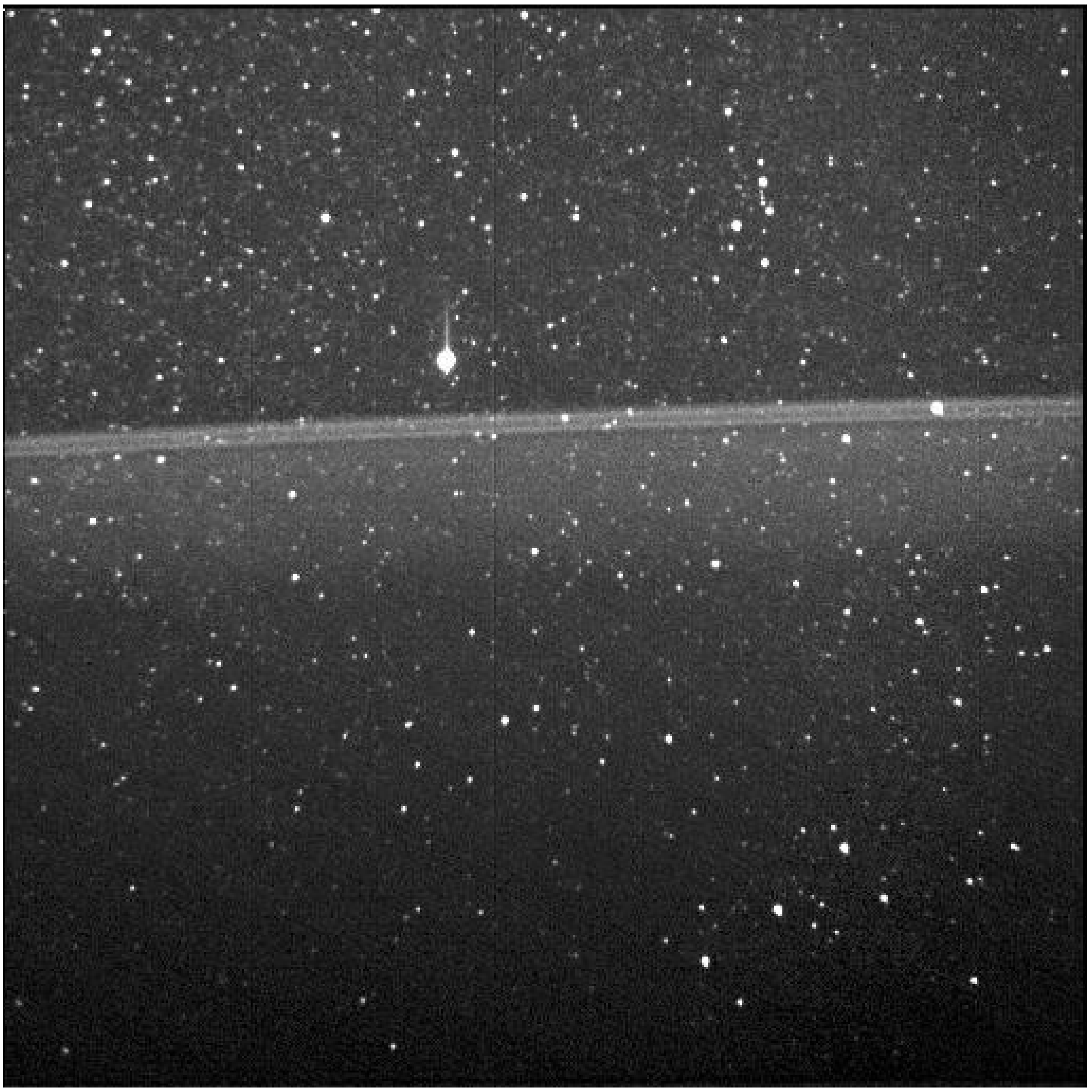
Можно предположить, что возможна конфигурация, при которой Пирс попадает в тень МКС, однако тогда Солнце находилось бы напротив Пирса при наблюдении с МКС, что привело бы к равномерному освещению Земли и облаков на ней. Видно, что это не так: диск Земли темнеет к правому краю кадра, а облака имеют слабо освещённые области поверхности, что говорит о близости границы освещённой и неосвещённой части Земли.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задание 3

Снимок[3] сделан аппаратом Juno в 2016 году, когда тот находился в окрестностях Юпитера. Каких объектов нет на снимке?

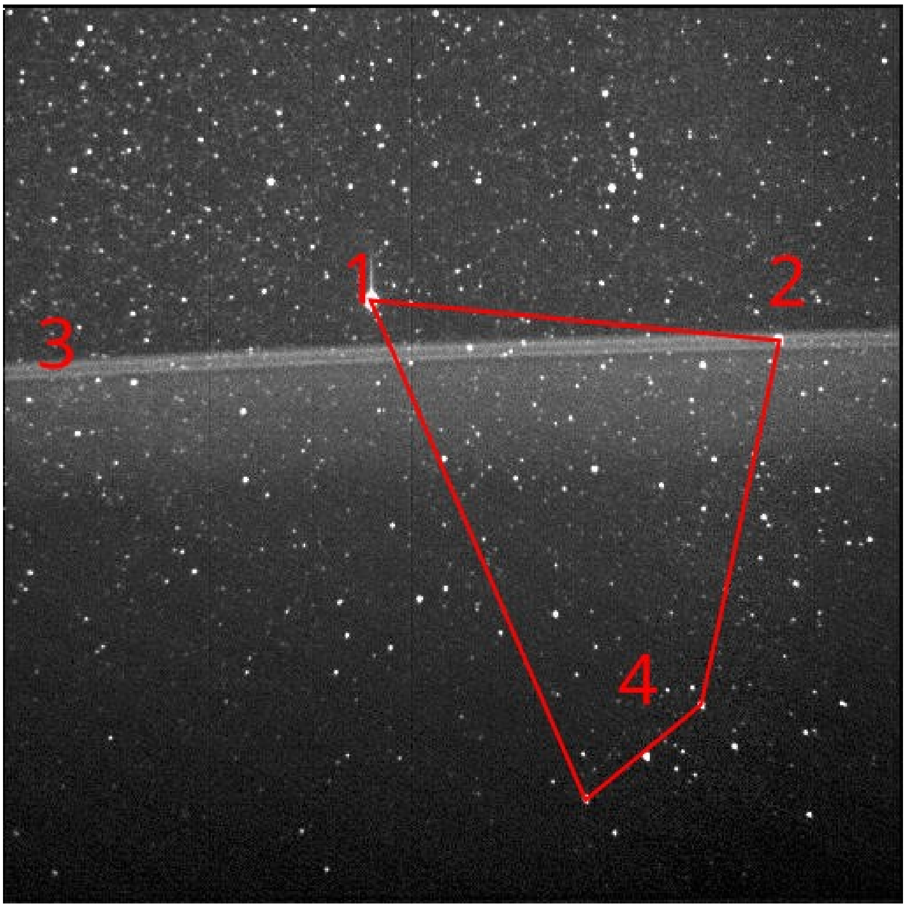


[3] NASA — https://assets.science.nasa.gov/dynamicimage/assets/science/psd/solar/2023/09/p/i/a/2/PIA21644.jpg

- колец Юпитера
- Бетельгейзе
- **Угольного мешка**
- Беллатрикса
- Пояса Ориона
- **Туманности Ориона**
- **Поллукса**

Комментарий. На представленном изображении частично запечатлено созвездие Орион, контуры которого обозначены красной линией. Цифрами отмечены несколько объектов: 1 — звезда Бетельгейзе, 2 — звезда Беллатрикс, 3 — кольца Юпитера (горизонтальная линия, пересекающая весь кадр), 4 — пояс Ориона.

Остальные перечисленные в задании объекты на снимке отсутствуют. Угольный мешок — это тёмная туманность, расположенная в полосе Млечного Пути, в созвездии Южный Крест. Поллукс — звезда из созвездия Близнецов. Туманность Ориона, хотя и относится к созвездию Ориона, в данный кадр не попала.



Критерии. За каждый правильный ответ ставится **1 балл**, за каждый неправильный — штраф **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**.

Итого за задачу **3 балла**.

Задания 4–6

4. Какой объект находится в центре кадра[4]?

- туманность
- галактика
- **комета**
- космический аппарат
- метеор

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**. Итого за задачу **1 балл**.

5. Выберите верные утверждения об объекте на снимке.

- Природа излучения объекта — термоядерный синтез.
- **Объект отражает солнечный свет.**
- Хвост объекта направлен к Солнцу.

[4] Aaron Kingery / NASA / MSFC — https://assets.science.nasa.gov/dynamicimage/assets/science/psd/solar/2023/09/c/cometisonvirgo1200w.jpg

- Характерная скорость объекта относительно Земли составляет несколько км/с.
- **Характерная скорость объекта относительно Земли — несколько десятков км/с.**
- Характерная скорость объекта относительно Земли — несколько сотен км/с.
- **Объект содержит твёрдое вещество.**
- **Объект содержит газообразное вещество.**

Комментарий. Комета состоит из твёрдого ядра (лёд, пыль, камни) и окружающей его газообразной оболочки — комы, часто переходящей в протяжённый хвост. Она не излучает свет за счёт термоядерного синтеза, а светится в основном за счёт отражения солнечного света и флуоресценции. Хвост кометы всегда направлен от Солнца из-за солнечного ветра. Характерные орбитальные скорости объектов в Солнечной системе лежат в диапазоне десятков километров в секунду, поэтому и скорость комет относительно Земли обычно составляет именно десятки км/с. Оценка в единицы км/с существенно занижена; такие скорости соответствуют объектам на околоземных орбитах. Скорость 100 км/с вблизи Земли существенно больше второй и третьей космической, поэтому скорости в сотни км/с соответствуют межзвёздным объектам.

Критерии. За каждый правильный ответ ставится **1 балл**, за каждый неправильный — штраф — **1 балл**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **4 балла**.

6. Выберите, на каких расстояниях от Земли такой объект, являющийся частью Солнечной системы, уже не может обладать хвостом, но ещё не покинул её границы.

- 1 а. е.
- **30 а. е.**
- **100 а. е.**
- **1000 а. е.**
- 100 пк

Комментарий. На расстояниях от 30 (орбита Нептуна) до 1000 а. е. (облако Оорта) объект будет находиться в области гравитационного влияния Солнца, но излучение Солнца будет уже недостаточным для кометной активности. На расстоянии 100 пк гравитационное влияние Солнца отсутствует.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задания 7–8

7. Выберите верные утверждения, относящиеся к снимку[5].

- **Луч направлен в Северное полушарие небесной сферы.**
- Луч направлен в Южное полушарие небесной сферы.
- Луч является лазером, сбивающим астероиды.
- Луч является каналом связи с внеземными цивилизациями.
- **Луч создаётся инструментами обсерватории.**
- **Луч направлен в созвездие Большой Медведицы.**
- Луч направлен в Северный полюс мира.
- **Угол между лучом и плоскостью горизонта больше широты места наблюдения.**
- Угол между лучом и плоскостью горизонта меньше широты места наблюдения.

Комментарий. На снимке — обсерватория Gemini, это один из её телескопов, расположенный на Гавайях на горе Мауна-Кеа. На фотографии хорошо различим ковш Большой Медведицы, в него направлен луч, являющийся частью системы адаптивной оптики.

Звёзды ковша указывают на Полярную звезду, расположенную за куполом обсерватории. Луч направлен в точку, расположенную выше купола. Высота Полярной звезды равна широте места наблюдения, отсюда получаем, что угол между лучом и горизонтальной плоскостью больше широты места наблюдения.

[5] Stéphane Courteau / Queen's University / NOIRLab — https://storage.noirlab.edu/media/archives/images/screen/gemini-gemini-laser-24feb10.jpg

Критерии. За каждый правильный ответ ставится **1 балл**, за каждый неправильный — штраф **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**. Оценка не может быть меньше **0 баллов**.

Итого за задачу **4 балла**.

8. Угловое расстояние между двумя ближайшими к концу луча яркими звёздами составляет 5.5°. Под каким углом к горизонту направлен луч? Считайте, что нижняя граница кадра лежит в плоскости горизонта. Выберите интервал, содержащий ответ.

- 0°—20°
- 20°—40°
- **40°—60°**
- 60°—80°
- 80°—90°

Комментарий. На рисунке красным отмечены два отрезка: две звезды из ковша Большой Медведицы и угловое расстояние между точкой, в которую направлен луч, и горизонтом. Прямое измерение показывает, что расстояние между звёздами 9–10 раз умещается в высоту, что соответствует 50°—55°. Это оценочное измерение, здесь мы пренебрегаем неточностями определения плоскости горизонта и расстоянием между фотоаппаратом и источником лучей.

В реальности высота луча составила 42°, а максимальная высота этой точки в этом месте составляет 50°.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла**.

Задание 9

За время с 20 декабря 2016 года по 10 марта 2017 года расстояние от Земли до Венеры изменилось с 78.9 миллионов миль до 28.7 миллионов миль. Во сколько раз увеличился её угловой размер? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 2.75.

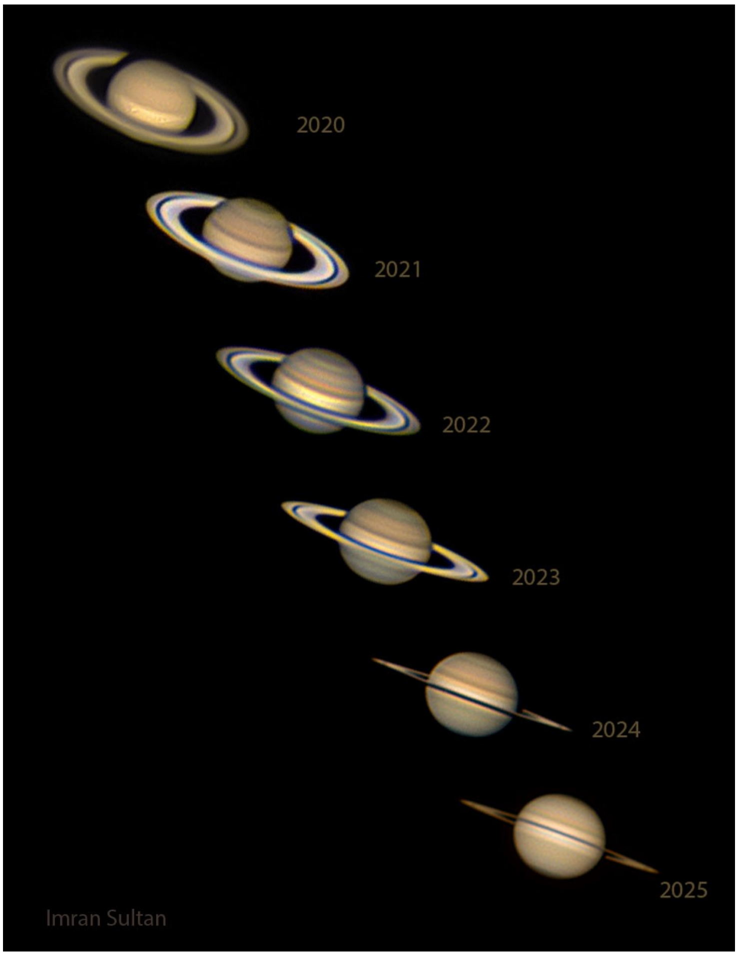
Комментарий. Угловой размер обратно пропорционален расстоянию до объекта, поэтому отношение угловых размеров составляет: 78.9 / 28.7 = 2.75. Знать величину мили совершенно необязательно, мы ищем отношение двух величин, поэтому важно, чтобы они были одной размерности.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. За неверно округлённые ответы (2.7, 2.74, 2.749 и т. д.) ставится 1 балл. В остальных случаях, включая ответ 3, — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задание 10

На изображении[6] показан вид Сатурна с Земли в разные годы. Видно, что его кольца меняют свою ориентацию для земного наблюдателя. Почему это происходит?



[6] Imran Sultan / NASA / APOD — https://apod.nasa.gov/apod/ap250922.html

- Сатурн вращается вокруг своей оси.
- Земля вращается вокруг Солнца по своей орбите.
- **Сатурн вращается вокруг Солнца, но положение плоскости его колец остаётся неизменным.**
- Кольца Сатурна меняют ось своего вращения.
- Меняется ось вращения Сатурна.

Критерии. За правильный ответ ставится **1 балл**. В иных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **1 балл**.

Задание 11

Северное плато Марса, Planum Boreum, содержит в себе 1.2 миллиона кубических километров водяного льда при температуре −70 °C. Плотность льда составляет 900 кг/м^3, его удельная теплоёмкость — 2100 Дж/(кг · °C), удельная теплота плавления — 330 000 Дж/кг. Сколько энергии потребуется, чтобы растопить весь лёд северного плато? Считайте, что атмосферные условия Марса близки к земным.

Результат в джоулях, округлённый до одной значащей цифры, представьте в форме $m \cdot 10^{20}$. В качестве ответа введите мантиссу m полученной величины.

Например, если вы получили $4.7 \cdot 10^{19}$ Дж $\approx 0.5 \cdot 10^{20}$ Дж, введите 0.5.

Ответ: 5000.

Комментарии. Объём льда: $V = 1.2 \cdot 10^6$ км^3 $= 1.2 \cdot 10^{15}$ м^3.

Масса льда: $m = \rho \cdot V = 1.08 \cdot 10^{18}$ кг, здесь ρ — плотность льда.

Сначала нам потребуется нагреть лёд до 0°C, $Q_1 = c \cdot m \cdot T = 1.59 \cdot 10^{23}$ Дж.

Для плавления льда понадобится $Q_2 = m \cdot \lambda = 3.56 \cdot 10^{23}$ Дж энергии.

Общее количество энергии: $Q = Q_1 + Q_2 = 5.15 \cdot 10^{23} \approx 5000 \cdot 10^{20}$ Дж.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. Неверно округлённые значения (5152 и т. д.) — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задание 12

Факт — самая яркая звезда в созвездии Голубя. Через 12 000 лет она станет полярной. Сейчас её экваториальные координаты такие: склонение составляет −34°, прямое восхождение составляет $5^ч\ 40^м$. Какое сейчас прямое восхождение у звезды, которая через 12 000 лет будет находиться в зените для наблюдателей, у которых Факт окажется в надире? Ответ дайте в часах с точностью до сотых.

Собственным движением звёзд пренебрегите.

Ответ: 17.67.

Комментарий. В северном полушарии будет звезда, противоположная Факту: склонение будет просто другого знака, а прямое восхождение отличается на 12 часов: $12^ч + 5^ч\ 40^м = 17^ч 40^м = 17.(6)^ч \approx 17.67^ч$**.**

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. Ответы 17.7, 17.66 — **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задание 13

Ночь наступает, когда Солнце опускается под горизонт на высоту ниже 18°, заканчиваются астрономические сумерки. Сколько времени проходит от захода Солнца до наступления ночи в день равноденствия на экваторе?

Ответ дайте в часах с точностью до десятых. Угловыми размерами Солнца и атмосферной рефракцией пренебрегите.

Ответ: 1.2.

Комментарии. Суточное движение Солнца в день равноденствия происходит по небесному экватору. На земном экваторе угол между плоскостью горизонта и небесным экватором составляет 90°.

Солнце должно погрузиться на 18° под горизонт. Это угловое расстояние оно проходит за 24 часа · 18° / 360° = 1.2 часа.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задания 14–15

14. В известном романе Жюля Верна главный герой совершил путешествие вокруг света за 80 дней. По какой параллели ему следовало перемещаться, не сворачивая, чтобы его скорость составляла в среднем 3 км/ч? Учтите, что человек может идти не более 8 часов в день. В ответе укажите широту параллели в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 87.2.

Комментарии. За всё отведённое время путешественник сможет преодолеть $L = 3 \cdot 8 \cdot 80 = 1920$ км. Чтобы пройти это расстояние по окружности (параллели), её радиус должен быть равен $R = L / 2\pi = 306$ км. Эта величина мала по сравнению с радиусом Земли, поэтому она примерно равна расстоянию от полюса до рассматриваемой параллели по поверхности Земли. Дуге меридиана в 1° соответствует расстояние 111 км, следовательно, параллель путешественника отстоит от полюса на 306 / 111 = 2.8°, откуда следует, что путешественник должен двигаться на широте $\varphi = 90° - 2.8° = 87.2°$.

Иначе. Радиус параллели выражается через радиус Земли r с помощью выражения $R = r \cos \varphi$, откуда $\varphi = \arccos(R / r) \approx 87.3°$.

Критерии. За ответ 87.1, 87.2, 87.3 или 87.4 ставится **2 балла**. За прочие ответы в диапазоне [87.0; 87.4] ставится **1 балл**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задание 15

Сколько при этом рассветов максимально он мог пронаблюдать в ходе своего путешествия? Считайте, что в дни около равноденствия Солнце изменяет своё склонение на 0.4° в сутки. Атмосферной рефракцией пренебрегите.

Ответ: 14.

Комментарий:

Рассветы можно наблюдать в период, когда Солнце не является ни незаходящей, ни невосходящей звездой. Звезды, склонение которых не меньше $90° - \varphi$, не заходят, а звезды, склонение которых не более $-90° + \varphi$, не восходят. То есть, нам нужно понять, сколько дней склонение Солнца находится в пределах [+2.8°, −2.8°]. Ширина этого промежутка составляет 5.6°. Это соответствует 5.6 / 0.4 = 14 суткам. Именно столько рассветов получится наблюдать путешественнику.

Критерии. За ответ 13, 14 или 15 ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**

Задание 16

На снимок[7] сравнительно близкой галактики попали в большом количестве различные более далёкие галактики. На каком расстоянии от Земли они могут находиться?

- 100–1000 км
- 1–10 а. е.
- 0.1–1 пк
- 1–100 пк
- 1–100 кпк
- **1–500 Мпк**

Комментарий. На расстоянии 100–1000 км находятся спутники в околоземном пространстве (строго говоря, на 100 км от Земли всё ещё присутствует атмосфера и спутники не могут находиться на постоянных орбитах)**.**

Расстояние 1–10 а. е. характерно для объектов солнечной системы: кометы, астероиды, планеты. Отчасти это верно и для оценки 0.1–1 пк, на этом

[7] ESA / Hubble & NASA / Wikimedia Commons — https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hiding_in_the_night_sky.jpg

расстоянии от нас находятся объекты облака Оорта, а до ближайшей звезды расстояние составляет чуть больше 1 пк.

1–100 пк — отличная оценка для близких к нам звёзд нашей Галактики.

На расстоянии 1–100 кпк находятся объекты как принадлежащие нашей Галактике, так и находящиеся в её близкой окрестности, но расстояние даже до галактики Андромеды существенно больше.

Расстояние 1–500 Мпк характерно для внегалактических объектов, в том числе для галактик, попавших на фотографию.

Критерии. За правильный ответ ставится **2 балла**. В остальных случаях — **0 баллов**.

Итого за задачу **2 балла.**