

Всероссийская олимпиада школьников 2022/2023 учебного года

Школьный этап

Астрономия

Разбор заданий

10 класс

Особенности комплекта задач:

1. Комплект содержит 10 поставленных задач.
 2. На решение задач школьного этапа школьникам отводится 50 минут.
 3. Задачи оцениваются 6-17 баллами.
 4. Максимально возможный балл в данной параллели – 100.
-
-

Блок заданий №1. «Качественные задачи начального уровня»

Задание №1.К.1. «Суточное и годичное движения Солнца»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какие дни года Солнце (в силу конечности углового размера) в своем суточном движении пересекает небесный экватор?

Варианты ответов:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День осеннего равноденствия.

Правильный ответ: День весеннего равноденствия, День осеннего равноденствия.

Со штрафом за лишние пункты: по 2 балла за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранный ответ.

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой день года угол падения солнечных лучей на единичную площадку территории РФ в истинный полдень будет минимальным?

Варианты ответов:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День осеннего равноденствия.

Правильный ответ: День летнего солнцестояния.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Как известно, Солнце пересекает небесный экватор 2 раза в год: в день весеннего и осеннего равноденствия.

2. Угол падения световых лучей определяется между падающим лучом и нормалью к поверхности. В случае Земли-шара нормаль к поверхности земли совпадает с отвесной линией, а угол падения тождественно равен зенитному расстоянию Солнца. Минимум значения зенитного расстояния эквивалентен максимуму высоты солнца в полдень, что достигается в день летнего солнцестояния.

Задание №1.К.2. «Суточное и годичное движения Солнца»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какие дни года Солнце (в силу конечности углового размера) в своем суточном движении пересекает суточные параллели, наиболее удаленные от небесного экватора?

Варианты ответов:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День осеннего равноденствия.

Правильный ответ: День летнего солнцестояния, День зимнего солнцестояния.

Со штрафом за лишние пункты: по 2 балла за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранный ответ.

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой день года угол падения солнечных лучей на единичную площадку территории РФ в истинный полдень будет максимальным?

Варианты ответов:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День осеннего равноденствия.

Правильный ответ: День зимнего солнцестояния.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Как известно, Солнце пересекает суточные параллели, наиболее удаленные от небесного экватора лишь раз в год: в день летнего солнцестояния – суточную параллель со склонением $+23^{\circ}26'$ и в день зимнего солнцестояния – суточную параллель со склонением $-23^{\circ}26'$.

2. Угол падения световых лучей определяется между падающим лучом и нормалью к поверхности. В случае Земли-шара нормаль к поверхности земли совпадает с отвесной линией, а угол падения тождественно равен зенитному расстоянию Солнца. Максимум значения зенитного расстояния эквивалентен минимуму высоты солнца в полдень, что достигается в день зимнего солнцестояния.

Задание №2.К.1. «Фазы Луны и условия ее наблюдений»

Общее условие: На рис. 2 представлена Луна в 9 различных фазах с позиции наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии.

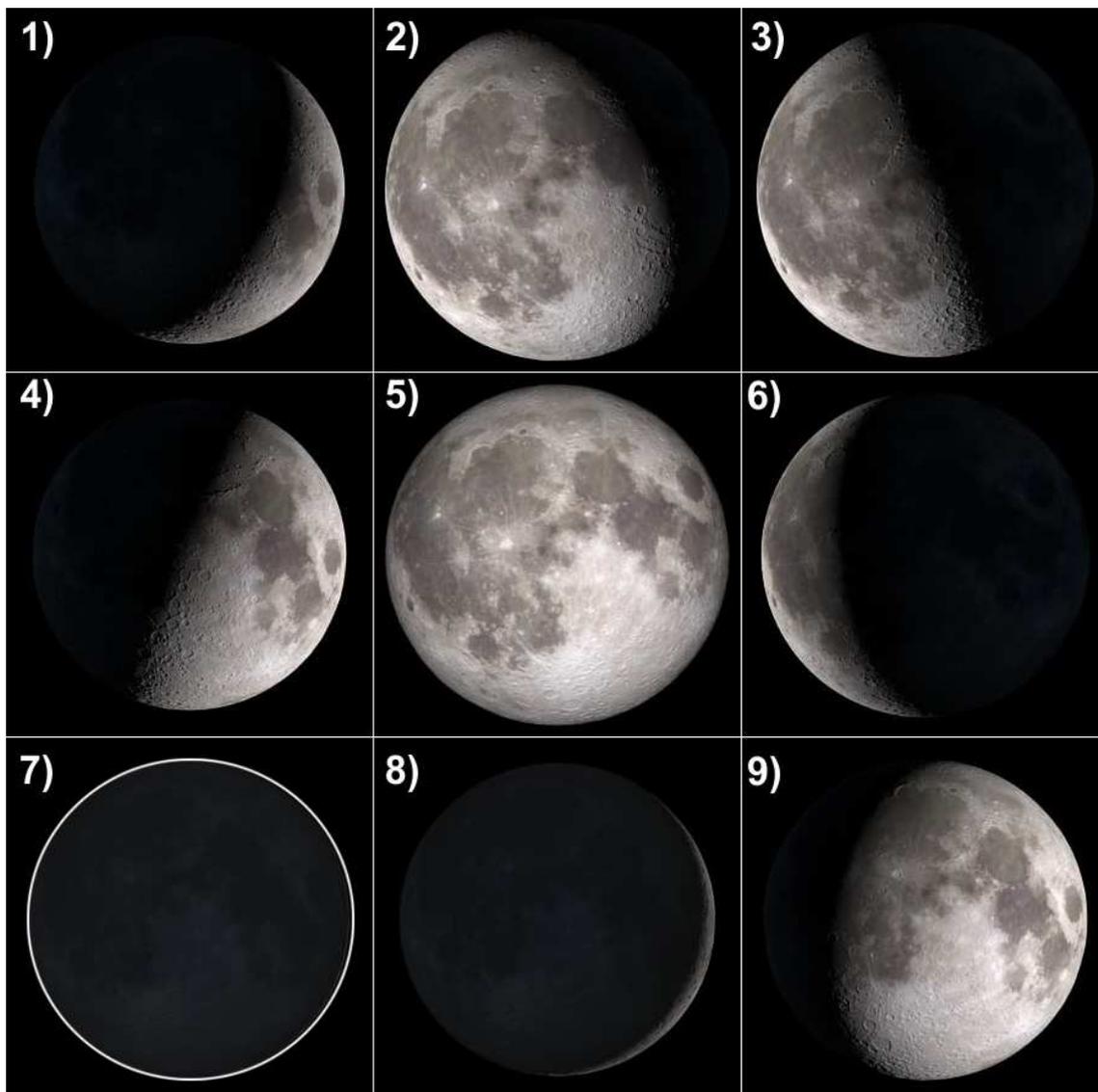


Рис. 1. Луна в девяти различных фазах одного синодического месяца.

1. Сопоставление вариантов (многие к одному)

Условие: Сопоставьте изображения Луны соответствующим ее фазам.

Варианты ответов:

- А. Полнолуние,
- Б. Молодой растущий месяц,
- В. Новолуние,
- Г. Растущая выпуклая Луна,
- Д. Последняя четверть.

Правильные ответы: 5-А, 1-Б, 8-Б, 7-В, 9-Г, 3-Д.

Точное совпадение ответа: 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего 6 баллов).

2. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число)

Условие: В какой фазе (ответ представить соответствующим номером картинки) Луна расположена на максимальном расстоянии от Солнца? Орбиту Земли и Луны считать круговыми.

Правильный ответ: 5.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Из рис. 2 очевидно, что Луна в фазе полнолуния представлена на изображении 5; молодой растущий месяц – на изображениях 1 и 8; Луна в фазе новолуния представлена на изображении 7; Растущая выпуклая Луна представлена на изображении 9; Луна в последней четверти представлена на изображении 3.

2. Как известно, в фазе полнолуния Луна расположена в наиболее далекой точке орбиты от Солнца. Указанная фаза представлена на рис. 2 под номером 5.

Задание №2.К.2. «Фазы Луны и условия ее наблюдений»

Общее условие: На рис. 2 представлена Луна в 9 различных фазах с позиции наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии.

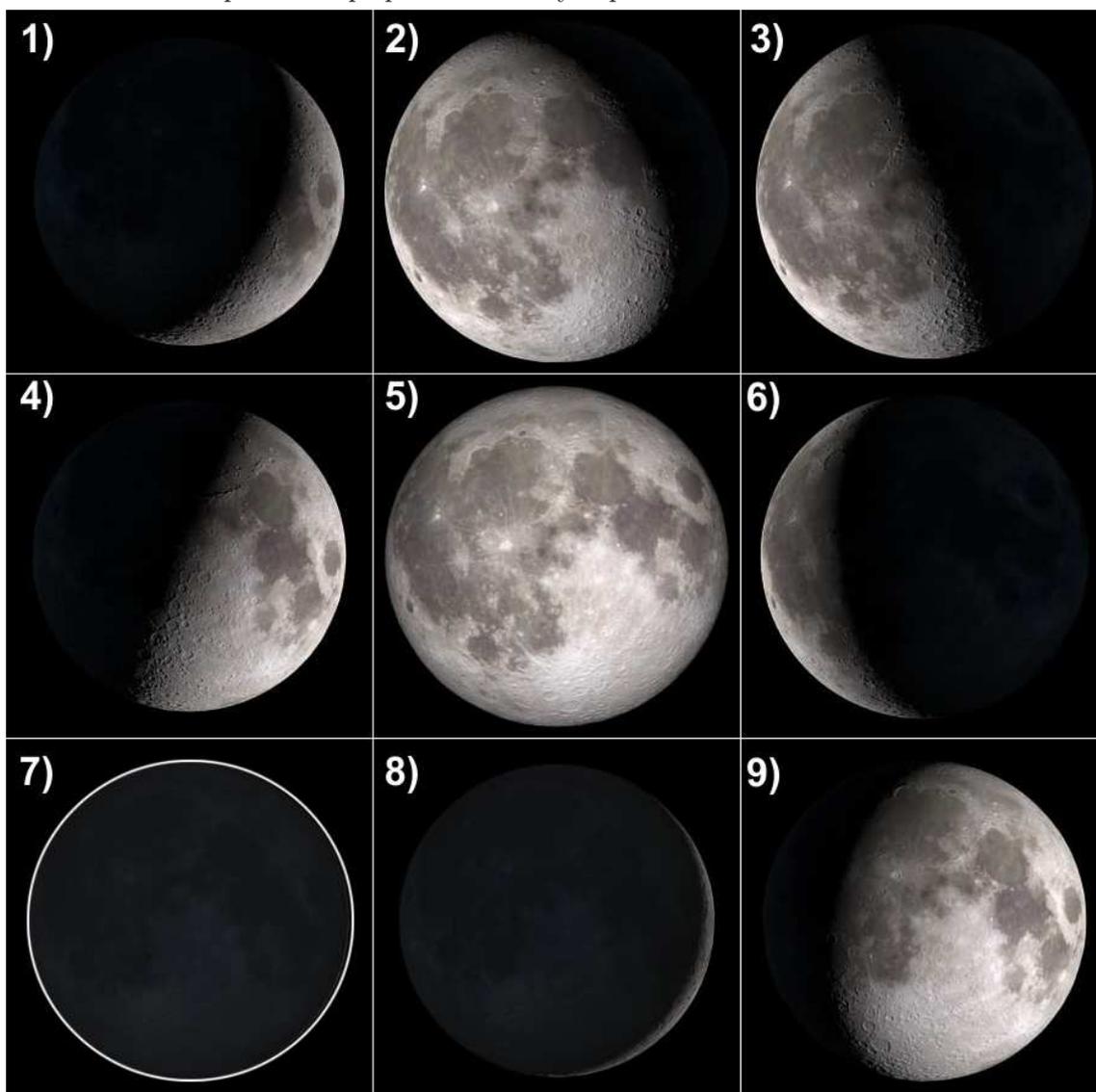


Рис. 2. Луна в девяти различных фазах одного синодического месяца.

1. Сопоставление вариантов (один к одному)

Условие: Сопоставьте изображения Луны соответствующим ее фазам.

Варианты ответов:

- А. Первая четверть,
- Б. Убывающая выпуклая Луна,
- В. Полнолуние,
- Г. Растущая выпуклая Луна,
- Д. Последняя четверть,
- Е. Убывающий старый месяц.

Правильные ответы: 4-А, 2-Б, 5-В, 9-Г, 3-Д, 6-Е.

Точное совпадение ответа: 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего 6 баллов).

2. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: В какой фазе (ответ представить соответствующим номером картинки) Луна расположена на минимальном расстоянии от Солнца? Орбиту Земли и Луны считать круговыми.

Правильный ответ: 7.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Из рис. 2 очевидно, что Луна в фазе первой четверти представлена на изображении 4; Убывающей выпуклой Луны – на изображении 2; Луна в фазе полнолуния представлена на изображении 5; Растущая выпуклая Луна представлена на изображении 9; Луна в последней четверти представлена на изображении 3; в фазе убывающего старого месяца – на изображении 6.

2. Как известно, в фазе новолуния Луна расположена в наиболее близкой точке орбиты от Солнца. Указанная фаза представлена на рис. 2 под номером 7.

Задание №3.К.1. «Линзы и их назначение»

Общее условие: На рис. 3 представлено 6 профилей различных тонких линз.

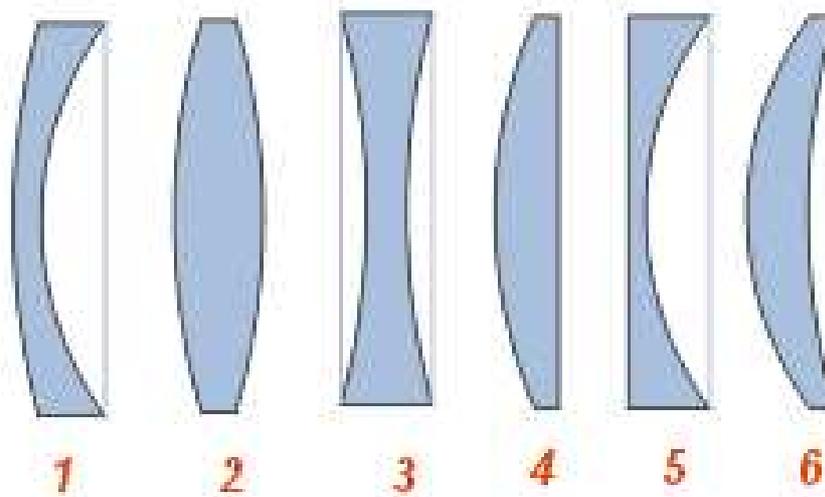


Рис. 3. Шесть профилей различных тонких линз.

1. Выбор на изображении

Условие: Какие из представленных линз являются собирающими?

Правильные ответы: 2,4,6.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего 3 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранное изображение.

2. Выбор на изображении

Условие: Какие из указанных линз можно использовать в качестве простейшего окуляра в трубе Галилея (см. рис. 4)?

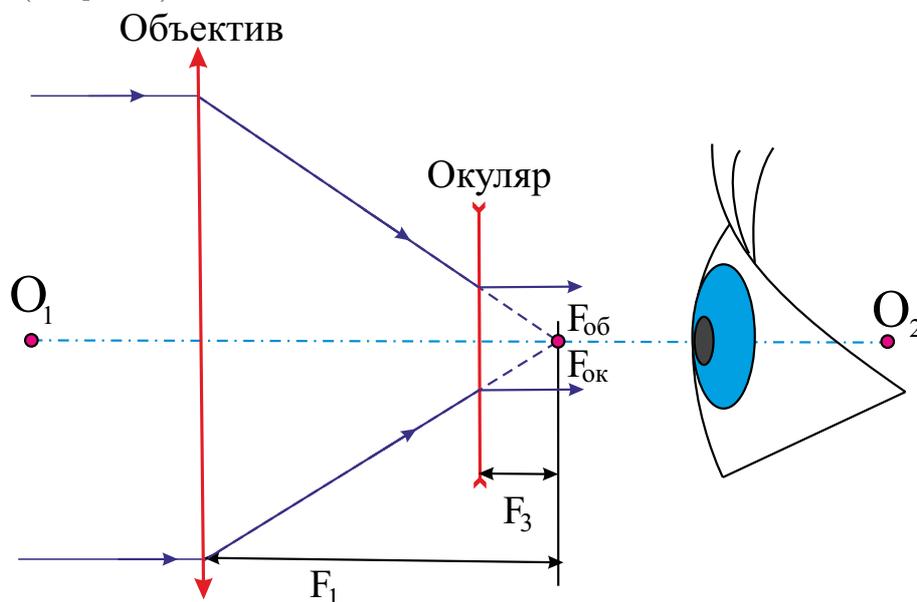


Рис. 4. К определению оптической схемы трубы Галилея.

Правильные ответы: 1,3,5.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего 3 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранное изображение.

Решение: 1. Анализируя профили представленных линз можно утверждать, что к собирающим можно отнести линзы под номерами: 2,4,6.

2. Из рис. 4 видно, что в качестве окуляра трубы Галилея используется рассеивающая линза. К таким можно отнести линзы под номерами 1,3,5 на рис. 3.

Задание №3.К.2. «Линзы и их назначение»

Общее условие: На рис. 5 представлено 6 профилей различных тонких линз.

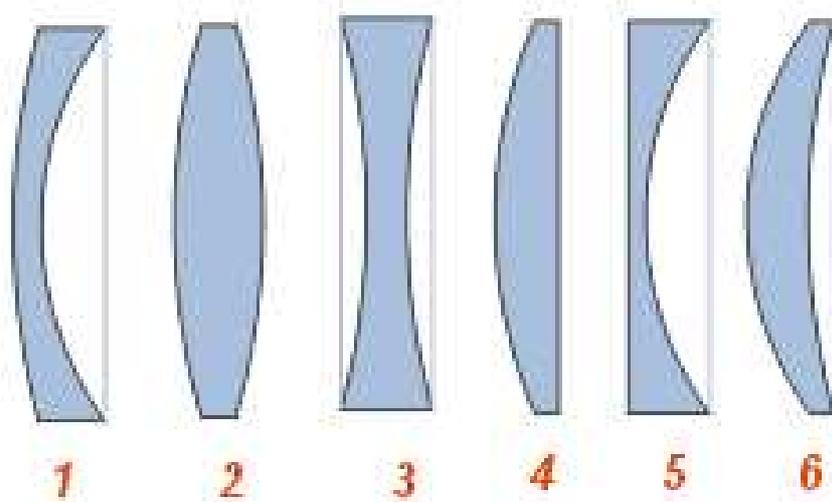


Рис. 5. Шесть профилей различных тонких линз.

1. Выбор на изображении

Условие: Какие из представленных линз являются рассеивающими?

Правильные ответы: 1,3,5.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего 3 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранное изображение.

2. Выбор на изображении

Условие: Какие из указанных линз можно использовать в качестве простейшего окуляра в трубе Кеплера (см. рис. 6)?

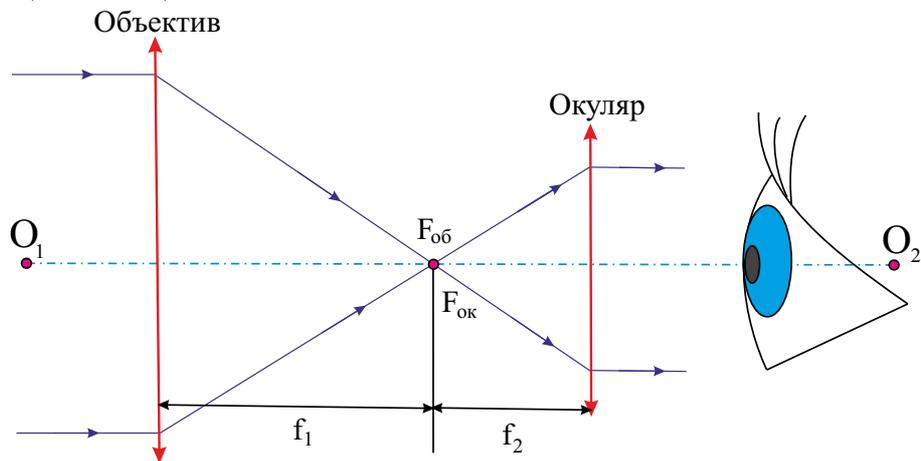


Рис. 6. К определению оптической схемы трубы Кеплера.

Правильные ответы: 2,4,6.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего 3 балла); штраф: -1 балл за каждое неправильно выбранное изображение.

Решение: 1. Анализируя профили представленных линз можно утверждать, что к рассеивающим можно отнести линзы под номерами: 1,3,5.

2. Из рис. 6 видно, что в качестве окуляра трубы Кеплера используется собирающая линза. К таким можно отнести линзы под номерами 2,4,6 на рис. 5.

Блок заданий №2. «Качественно-количественные задачи среднего уровня»

Задание №4.К.1. «Объекты космоса и их свойства»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов принадлежат Солнечной системе?

1. Юпитер,
2. Туманность Андромеды,
3. Плеяды,
4. Ганимед,
5. Веста,
6. 1P/Галлея.

Правильные ответы: Юпитер, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

2. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов принадлежат нашей Галактике?

1. Юпитер,
2. Туманность Андромеды,
3. Плеяды,
4. Ганимед,
5. Веста,
6. 1P/Галлея.

Правильные ответы: Юпитер, Плеяды, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 5 баллов); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов светят отраженным светом?

1. Юпитер,
2. Туманность Андромеды,
3. Плеяды,
4. Ганимед,
5. Веста,
6. 1P/Галлея.

Правильные ответы: Юпитер, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

Решение: 1. Очевидно, что Солнечной системе принадлежат следующие объекты: Юпитер, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.

- 2.** Нашей Галактике принадлежат следующие объекты: Юпитер, Плеяды, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.
- 3.** Светят отраженным светом следующие объекты: Юпитер, Ганимед, Веста, 1P/Галлея.

Задание №4.К.2. «Объекты космоса и их свойства»

2. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов принадлежат Солнечной системе?

1. Сатурн,
2. Туманность Треугольника,
3. Гиады,
4. Титан,
5. Юнона,
6. 2P/Энке.

Правильные ответы: Сатурн, Титан, Юнона, 2P/Энке.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

2. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов принадлежат нашей Галактике?

1. Сатурн,
2. Туманность Треугольника,
3. Гиады,
4. Титан,
5. Юнона,
6. 2P/Энке.

Правильные ответы: Сатурн, Гиады, Титан, Юнона, 2P/Энке.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 5 баллов); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов светят отраженным светом?

1. Сатурн,
2. Туманность Треугольника,
3. Гиады,
4. Титан,
5. Юнона,
6. 2P/Энке.

Правильные ответы: Сатурн, Титан, Юнона, 2P/Энке.

Со штрафом за лишние пункты: 1 балл за каждый правильный ответ (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

Решение: 1. Очевидно, что Солнечной системе принадлежат следующие объекты: Сатурн, Титан, Юнона, 2P/Энке.

2. Нашей Галактике принадлежат следующие объекты: Сатурн, Гиады, Титан, Юнона, 2P/Энке.

3. Светят отраженным светом следующие объекты: Сатурн, Титан, Юнона, 2P/Энке.

Задание №5.К.1. «Суточное вращение земного шара»

1. Выбор одного из списка

Условие: Как изменяется с увеличением широты места наблюдения от 0° до 90° угловая скорость его суточного вращения?

Варианты ответов:

Не изменяется	Увеличивается	Уменьшается	Изменяется периодически по гармоническому закону
---------------	---------------	-------------	--

Правильный ответ: Не изменяется.

Точное совпадение ответа: 2 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: Как изменяется с увеличением широты места наблюдения от 0° до 90° его линейная скорость суточного вращения?

Варианты ответов:

Не изменяется	Увеличивается	Уменьшается	Изменяется периодически по гармоническому закону
---------------	---------------	-------------	--

Правильный ответ: Уменьшается.

Точное совпадение ответа: 2 балла.

3. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Чему равен радиус географической параллели г. Самары (широта – $\varphi = 53^\circ 12'$, долгота – $\lambda = 50^\circ 06'$)? Ответ представьте в км, округлив до целых.

Правильный ответ: [3800, 3900].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Чему равна линейная скорость суточного вращения г. Самары (широта – $\varphi = 53^\circ 12'$, долгота – $\lambda = 50^\circ 06'$) относительно оси вращения Земли? Ответ представьте в м/с, округлив до целых.

Правильный ответ: [275, 285].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Угловую скорость суточного вращения можно представить в виде:

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период суточного вращения Земли. Поскольку Земля является твердым телом, а все его точки движутся с одинаковым периодом, следовательно и угловая скорость всех точек тела Земли одна и та же. Т.о., она не зависит от широты места наблюдения и потому не изменяется.

2. Линейную скорость суточного вращения можно представить в виде:

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R_{\oplus} \cos \varphi}{T}, \quad (1)$$

здесь r – радиус географической параллели, который можно записать как $r = R_{\oplus} \cos \varphi$, R_{\oplus} – средний радиус Земли, φ – широта места наблюдения. Из формулы (1) очевидно, что с увеличением φ скорость V уменьшается.

3. Радиус географической параллели г. Самары есть

$$r = R_{\oplus} \cos \varphi = 3816 \text{ км.}$$

4. С использованием формулы (1) получаем значение линейной скорости суточного вращения г. Самары $V = 278 \text{ м/с}$.

Задание №5.К.2. «Суточное вращение земного шара»

1. Выбор одного из списка

Условие: Как изменяется с уменьшением широты места наблюдения от 0° до -90° угловая скорость его суточного вращения?

Варианты ответов:

Не изменяется	Увеличивается	Уменьшается	Изменяется периодически по гармоническому закону
---------------	---------------	-------------	--

Правильный ответ: Не изменяется.

Точное совпадение ответа: 2 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: Как изменяется с уменьшением широты места наблюдения от 0° до -90° линейная скорость его суточного вращения?

Варианты ответов:

Не изменяется	Увеличивается	Уменьшается	Изменяется периодически по гармоническому закону
---------------	---------------	-------------	--

Правильный ответ: Уменьшается.

Точное совпадение ответа: 2 балла.

3. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Чему равен радиус географической параллели г. Санкт-Петербурга (широта – $\varphi = 59^\circ 57'$, долгота – $\lambda = 30^\circ 19'$)? Ответ представьте в км, округлив до целых.

Правильный ответ: [3180, 3210].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Чему равна линейная скорость суточного вращения г. Санкт-Петербурга (широта – $\varphi = 59^\circ 57'$, долгота – $\lambda = 50^\circ 06'$) относительно оси вращения Земли? Ответ представьте в м/с, округлив до целых.

Правильный ответ: [225, 240].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Угловую скорость суточного вращения можно представить в виде:

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

где T – период суточного вращения Земли. Поскольку Земля является твердым телом, а все его точки движутся с одинаковым периодом, следовательно и угловая скорость всех точек тела Земли одна и та же. Т.о., она не зависит от широты места наблюдения и потому не изменяется.

2. Линейную скорость суточного вращения можно представить в виде:

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R_{\oplus} \cos \varphi}{T}, \quad (2)$$

здесь r – радиус географической параллели, который можно записать как $r = R_{\oplus} \cos \varphi$, R_{\oplus} – средний радиус Земли, φ – широта места наблюдения. Из формулы (2) очевидно, что с уменьшением φ скорость V уменьшается.

3. Радиус географической параллели г. Санкт-Петербурга есть

$$r = R_{\oplus} \cos \varphi = 3190 \text{ км.}$$

4. С использованием формулы (2) получаем значение линейной скорости суточного вращения г. Санкт-Петербурга $V = 233 \text{ м/с}$.

Задание №6.К.1. «Примечательные точки поверхности земного шара»

Общее условие: Ниже представлены значения географической широты для некоторых примечательных точек поверхности земного шара.

Варианты ответов:

1. $0^{\circ}00'$	2. $23^{\circ}26'$	3. $45^{\circ}00'$	4. $66^{\circ}34'$
5. $90^{\circ}00'$	6. $-23^{\circ}26'$	7. $-66^{\circ}34'$	8. $-90^{\circ}00'$

1. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых в ясный полдень дня равноденствия человек не отбрасывает тени? Ответы следует представлять в виде номера соответствующего значения географической широты.

Правильный ответ: 1.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых высота Полярной звезды равна ее зенитному расстоянию?

Правильный ответ: 3.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых можно наблюдать полярный день лишь вблизи солнцестояний?

Правильный ответ: 4, 7.

Со штрафом за лишние пункты: 3 балла за каждый правильный ответ (всего – 6 баллов); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

Решение: 1. Если в ясный полдень дня равноденствия человек не отбрасывает тени, значит Солнце в этот момент находится в зените. Следовательно, широта местоположения человека равна склонению Солнца, которое в эти сутки равно нулю. Значит широта этих точек равна нулю, т.е. человек находится на географическом экваторе.

2. Если высота h_* Полярной звезды равна ее зенитному расстоянию z_* , и при этом выполняется равенство вида:

$$h_* + z_* = 90^{\circ}, \Rightarrow 2h_* = 90^{\circ}, \Rightarrow h_* = 45^{\circ}.$$

Согласно теореме о связи широты местности и высоты полюса мира, искомая широта есть $\varphi = h_* = 45^{\circ}$.

3. Полярный день лишь вблизи солнцестояний наблюдается лишь на полярных кругах, широты которых $\pm 66^{\circ}34'$.

Задание №6.К.2. «Примечательные точки поверхности земного шара»

Общее условие: Ниже представлены значения географической широты для некоторых примечательных точек поверхности земного шара.

Варианты ответов:

1. $0^{\circ}00'$	2. $23^{\circ}26'$	3. $45^{\circ}00'$	4. $66^{\circ}34'$
5. $90^{\circ}00'$	6. $-23^{\circ}26'$	7. $-66^{\circ}34'$	8. $-90^{\circ}00'$

1. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых Полярная звезда видна на горизонте?

Правильный ответ: 1.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых высота Полярной звезды равна наибольшей высоте экваториальной звезды?

Правильный ответ: 3.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор одного из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых можно наблюдать Солнце в зените лишь один раз в году?

Правильный ответ: 2, 6.

Со штрафом за лишние пункты: 3 балла за каждый правильный ответ (всего – 6 баллов); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

Решение: 1. Если Полярная звезда видна на горизонте, значит ее высота как и северного полюса мира (P_N) равна нулю. Согласно теореме о связи широты местности и высоты полюса мира, искомая широта есть $\varphi = h_{P_N} = 0^{\circ}$.

2. Согласно теореме о связи широты местности и высоты полюса мира, высота Полярной звезды равна широте места наблюдения: $h_* = \varphi$. С другой стороны, наибольшая высота экваториальной звезды достигается в меридиане (в верхней кульминации) и равна $h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi$. Откуда следует, что $90^{\circ} - \varphi = \varphi$, $\Rightarrow \varphi = 45^{\circ}$.

3. Солнце можно наблюдать в зените лишь один раз в году на тропиках Рака и Козерога, широты которых $\pm 23^{\circ}26'$.

Задание №7.К.1. «Конфигурации планет»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации внутренняя планета образует вместе с Солнцем и Землей прямоугольный треугольник?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Восточная элонгация	Западная элонгация
--------------------	-------------------	---------------------	--------------------

Правильные ответы: Восточная элонгация, Западная элонгация.

Со штрафом за лишние пункты: 2 балла за каждую правильно названную конфигурацию (всего – 4 балла); штраф: -2 балла за каждый неправильный ответ.

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой конфигурации угловой диаметр внутренней планеты достигает максимального значения?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Восточная элонгация	Западная элонгация
--------------------	-------------------	---------------------	--------------------

Правильный ответ: Нижнее соединение.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации внешняя планета расположена (почти) на одной прямой с Солнцем и Землей?

Варианты ответов:

Соединение	Противостояние	Восточная квадратура	Западная квадратура
------------	----------------	----------------------	---------------------

Правильный ответ: Соединение, Противостояние.

Со штрафом за лишние пункты: 2 балла за каждую правильно названную конфигурацию (всего – 4 балла); штраф: -2 балл за каждый неправильный ответ.

4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Определите расстояние между Землей и Венерой в момент, когда последняя наблюдалась в наибольшей восточной элонгации. Радиусы круговых орбит планет равны 1.000 а.е. и 0.723 а.е. соответственно. Отметим, что 1 а.е.= 149.6 млн км. Ответ представить в млн км, округлив до целых.

Правильный ответ: [103, 104].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Внутренняя планета образует вместе с Солнцем и Землей прямоугольный треугольник лишь в восточной и западной элонгациях.

2. Угловой диаметр внутренней планеты достигает максимального значения в точке, в которой ее геоцентрическое расстояние минимально, т.е. в нижнем соединении.

3. Внешняя планета расположена (почти) на одной прямой с Солнцем и Землей лишь в соединении и противостоянии.

4. Поскольку Солнце, Земля и Венера образуют прямоугольный треугольник, когда последняя находится в наибольшей восточной элонгации, то искомое расстояние легко определить по т. Пифагора:

$$\Delta = 149.6 \text{ млн км} \times \sqrt{a_{\oplus}^2 - a_p^2} = 103 \text{ млн км.} \quad (3)$$

Задание №7.К.2. «Конфигурации планет»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации нижняя планета расположена (почти) на одной прямой с Солнцем и Землей?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Восточная элонгация	Западная элонгация
--------------------	-------------------	---------------------	--------------------

Правильные ответы: Верхнее соединение, Нижнее соединение.

Со штрафом за лишние пункты: 2 балла за каждую правильно названную конфигурацию (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой конфигурации угловой диаметр внешней планеты достигает максимального значения?

Варианты ответов:

Соединение	Противостояние	Восточная квадратура	Западная квадратура
------------	----------------	----------------------	---------------------

Правильный ответ: Противостояние

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации внешняя планета образует вместе с Солнцем и Землей прямоугольный треугольник?

Варианты ответов:

Соединение	Противостояние	Восточная квадратура	Западная квадратура
------------	----------------	----------------------	---------------------

Правильный ответ: Восточная квадратура, Западная квадратура.

Со штрафом за лишние пункты: 2 балла за каждую правильно названную конфигурацию (всего – 4 балла); штраф: -1 балл за каждый неправильный ответ.

4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Определите расстояние между Землей и Марсом в момент, когда последний наблюдался в восточной квадратуре. Радиусы круговых орбит планет равны 1.000 а.е. и 1.523 а.е. соответственно. Отметим, что 1 а.е. = 149.6 млн км. Ответ представить в млн км, округлив до целых.

Правильный ответ: [172, 173].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Нижняя планета расположена (почти) на одной прямой с Солнцем и Землей лишь в верхнем и нижнем соединениях.

2. Угловой диаметр внешней планеты достигает максимального значения в точке, в которой ее геоцентрическое расстояние минимально, т.е. в противостоянии.

2. Внешняя планета образует вместе с Солнцем и Землей прямоугольный треугольник лишь в восточной и западной квадратурах.

4. Поскольку Солнце, Земля и Марс образуют прямоугольный треугольник, когда последний находится в восточной квадратуре, то искомое расстояние легко определить по т. Пифагора:

$$\Delta = 149.6 \text{ млн км} \times \sqrt{a_p^2 - a_{\oplus}^2} = 172 \text{ млн км.} \quad (4)$$

Блок заданий №3. «Количественные задачи»

Задание №8.К.1. «Количество атомов в галактике "Млечный Путь"»

Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Как известно, масса Солнца равна $1.99 \cdot 10^{30}$ кг, а масса одного атома водорода – $1.67 \cdot 10^{-27}$ кг. Полагая, что эта звезда состоит лишь из водорода, а галактика "Млечный Путь" состоит из 400 млрд звезд, подобных Солнцу, оцените количество атомов, содержащихся в этой галактике. Ответ для количества атомов должен иметь правильное представление числа:

$$K \cdot 10^E,$$

здесь K – коэффициент, определенный с точностью до десятых, E – степень числа "10", определенная до целых и задающая порядок величины.

Правильный ответ: $K=4.8$; $E=68$ (для ввода ответа необходимо сделать две отдельные ячейки с указанием вводимого параметра).

Точное совпадение ответа: 2 балла за правильно определенный коэффициент K и 5 баллов за правильно определенную степень E .

Решение: Искомое количество атомов, содержащихся в теле Млечного Пути, есть

$$N_a = \frac{M_{\odot} N_*}{m_0} = \frac{1.99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \times 4 \cdot 10^{11}}{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} \approx 4.8 \cdot 10^{68}.$$

Задание №8.К.2. «Количество атомов в галактике "Туманность Андромеды"»

Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Как известно, масса Солнца равна $1.99 \cdot 10^{30}$ кг, а масса одного атома водорода – $1.67 \cdot 10^{-27}$ кг. Полагая, что эта звезда состоит лишь из водорода, а галактика "Туманность Андромеды" состоит из 1000 млрд звезд, подобных Солнцу, оцените количество атомов, содержащихся в этой галактике. Ответ для количества атомов должен иметь правильное представление числа:

$$K \cdot 10^E,$$

здесь K – коэффициент, определенный с точностью до десятых, E – степень числа "10", определенная до целых и задающая порядок величины.

Правильный ответ: $K=1.2$; $E= 69$ (для ввода ответа необходимо сделать две отдельные ячейки с указанием вводимого параметра).

Точное совпадение ответа: 2 балла за правильно определенный коэффициент K и 5 баллов за правильно определенную степень E .

Решение: Искомое количество атомов, содержащихся в теле Туманности Андромеды, есть

$$N_a = \frac{M_{\odot} N_*}{m_0} = \frac{1.99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \times 10^{12}}{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} \approx 1.2 \cdot 10^{69}.$$

Задание №9.К.1. «Расстояния между городами А и В»

Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Два города А и В находятся на одном географическом меридиане, симметрично относительно экватора. Их географические широты равны $+5^\circ$ и -5° соответственно. Определите расстояние (в км, до целых) по поверхности Земли между городами. Длина дуги меридиана (от северного полюса до южного полюса) равна 20004 км.

Правильный ответ: [1100,1120].

Точное совпадение ответа: 7 баллов.

Решение: Как известно, длина дуги меридиана (от северного полюса до южного полюса) равна 20004 км и соответствует дуге в 180° . Тогда дуга меридиана в 10° должна иметь длину:

$$L = \frac{20004 \text{ км}}{180^\circ} \times 10^\circ = 1111 \text{ км.}$$

Задание №9.К.2. «Расстояния между городами А и В»

Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Два города А и В находятся на одном географическом меридиане, симметрично относительно экватора. Их географические широты равны $+10^\circ$ и -10° соответственно. Определите расстояние (в км, до целых) по поверхности Земли между городами. Длина дуги меридиана (от северного полюса до южного полюса) равна 20004 км.

Правильный ответ: [2210, 2240].

Точное совпадение ответа: 7 баллов.

Решение: Как известно, длина дуги меридиана (от северного полюса до южного полюса) равна 20004 км и соответствует дуге в 180° . Тогда дуга меридиана в 20° должна иметь длину:

$$L = \frac{20004 \text{ км}}{180^\circ} \times 20^\circ = 2223 \text{ км.}$$

Задание №10.К.1. «Концентрация звезд шарового скопления М13»

1. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Шаровое скопление М13 содержит приблизительно 150 тысяч звезд и имеет диаметр 50 пк. Оцените среднюю концентрацию звезд (количество звезд, приходящихся на единицу объема) в этом скоплении. Ответ следует представить в пк^{-3} , округлив до десятых. Следует полагать, что скопление имеет форму шара. Для вычислений может оказаться полезной формула для объема шара:

$$V_{\text{ш}} = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

где R – радиус шара, $\pi = 3.14$.

Правильный ответ: [2.2,2.4].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: Среднюю концентрацию звезд в этом скоплении, согласно определению, можно записать так

$$n = \frac{N_*}{V} = \frac{N_*}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4} \frac{N_*}{\pi R^3} = \frac{1.5 \cdot 10^5}{65450} = 2.3 \text{ пк}^{-3}.$$

Задание №10.К.2. «Концентрация звезд шарового скопления М22»

1. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

Условие: Шаровое скопление М22 содержит приблизительно 85 тысяч звезд и имеет диаметр 30 пк. Оцените среднюю концентрацию звезд (количество звезд, приходящихся на единицу объема) в этом скоплении. Ответ следует представить в пк^{-3} , округлив до десятых. Следует полагать, что скопление имеет форму шара. Для вычислений может оказаться полезной формула для объема шара:

$$V_{\text{ш}} = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

где R – радиус шара, $\pi = 3.14$.

Правильный ответ: [6.0,6.1].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: Среднюю концентрацию звезд в этом скоплении, согласно определению, можно записать так

$$n = \frac{N_*}{V} = \frac{N_*}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4} \frac{N_*}{\pi R^3} = \frac{8.5 \cdot 10^4}{14137} = 6.0 \text{ пк}^{-3}.$$
