

Всероссийская олимпиада школьников 2022/2023 учебного года

Школьный этап

Астрономия

Разбор заданий

11 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. «Энергия Солнца»

Общее условие: Как известно, Солнце является основным источником энергии в Солнечной системе, переносимой электромагнитными волнами.

1. Выбор одного из списка

Условие: Расставьте ниже представленные дни года в порядке увеличения энергии, получаемой единичной площадкой поверхности Земли (на территории РФ) в истинный полдень, за единицу времени:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День прохождения Землей перигелия (2-5 января) своей орбиты.

Варианты ответов:

- А) 1 → 2 → 4 → 3,
Б) 3 → 4 → 2 → 1,
В) 2 → 1 → 4 → 3,
Г) 4 → 3 → 2 → 1.

Правильный ответ: 3 → 4 → 2 → 1.

Точное совпадение ответа: 4 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: В дни равноденствий Солнце в течение суток пересекает небесный экватор. В какой точке экватора должно пребывать Солнце, чтобы солнечная энергия, падающая за единицу времени на поверхность Земли (на территории Московской области) была максимальной? Необходимо принять во внимание, что атмосфера Земли способна поглощать солнечный свет.

1. Северная точка небесного экватора,
2. Южная точка небесного экватора,
3. Точка востока,
4. Точка запада.

Правильный ответ: Южная точка небесного экватора.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Количество энергии, получаемой площадкой S поверхности Земли за единицу времени определяет световой поток:

$$\Phi = I \cdot S \cos \alpha,$$

здесь I – интенсивность падающего света, S – величина площадки, на которую падает свет, α – угол падения световых лучей. Если Земля есть шар, то угол падения равен зенитному расстоянию Солнца $z_{\odot} = 90^{\circ} - h_{\odot}$, где h_{\odot} – полуденная высота Солнца. В итоге искомый поток можно записать так

$$\Phi = I \cdot S \sin h_{\odot}.$$

Из последнего выражения следует, что чем больше высота Солнца, тем больше энергии падает на данную площадку за единицу времени. В день зимнего солнцестояния эта высота наименьшая, чуть больше она в День прохождения Землей перигелия (2-5 января) своей орбиты. Еще больше

она в День весеннего равноденствия и самое большое значение высота принимает в День летнего солнцестояния. Т.о. имеем $3 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.

2. По тем же соображениям высота Солнца в южной точке небесного экватора будет наибольшей.

Задание №1.К.2. «Энергия Солнца»

Общее условие: Как известно, Солнце является основным источником энергии в Солнечной системе, переносимой электромагнитными волнами.

1. Выбор одного из списка

Условие: Расставьте ниже представленные дни года в порядке уменьшения энергии, получаемой единичной площадкой поверхности Земли (на территории РФ) в истинный полдень, за единицу времени:

1. День летнего солнцестояния,
2. День весеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День прохождения Землей перигелия (2-5 января) своей орбиты.

в порядке уменьшения энергии, получаемой единичной площадкой поверхности Земли (на территории РФ) в истинный полдень за единицу времени.

Варианты ответов:

- А) 1 → 2 → 4 → 3,
Б) 3 → 4 → 2 → 1,
В) 2 → 1 → 4 → 3,
Г) 4 → 3 → 2 → 1.

Правильные ответы: 1 → 2 → 4 → 3.

Точное совпадение ответа: 4 балла.

2. Выбор одного из списка

Условие: В дни равноденствий Солнце в течение суток пересекает небесный экватор. В какой точке экватора должно пребывать Солнце, чтобы его высота над горизонтом была максимальной на территории Московской области?

1. Северная точка небесного экватора,
2. Южная точка небесного экватора,
3. Точка востока,
4. Точка запада.

Правильный ответ: Южная точка небесного экватора

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Количество энергии, получаемой площадкой S поверхности Земли за единицу времени определяет световой поток:

$$\Phi = I \cdot S \cos \alpha,$$

здесь I – интенсивность падающего света, S – величина площадки, на которую падает свет, α – угол падения световых лучей. Если Земля есть шар, то угол падения равен зенитному расстоянию Солнца $z_{\odot} = 90^{\circ} - h_{\odot}$, где h_{\odot} – полуденная высота Солнца. В итоге искомый поток можно записать так

$$\Phi = I \cdot S \sin h_{\odot}.$$

Из последнего выражения следует, что чем больше высота Солнца, тем больше энергии падает на данную площадку за единицу времени. В день зимнего солнцестояния эта высота наименьшая, чуть больше она в День прохождения Землей перигелия (2-5 января) своей орбиты. Еще больше

она в День весеннего равноденствия и самое большое значение высота принимает в День летнего солнцестояния. Т.о. имеем $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$.

2. По тем же соображениям высота Солнца в южной точке небесного экватора будет наибольшей.

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

Общее условие: На рис. 1 представлена Луна в 9 различных фазах с позиции наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии.

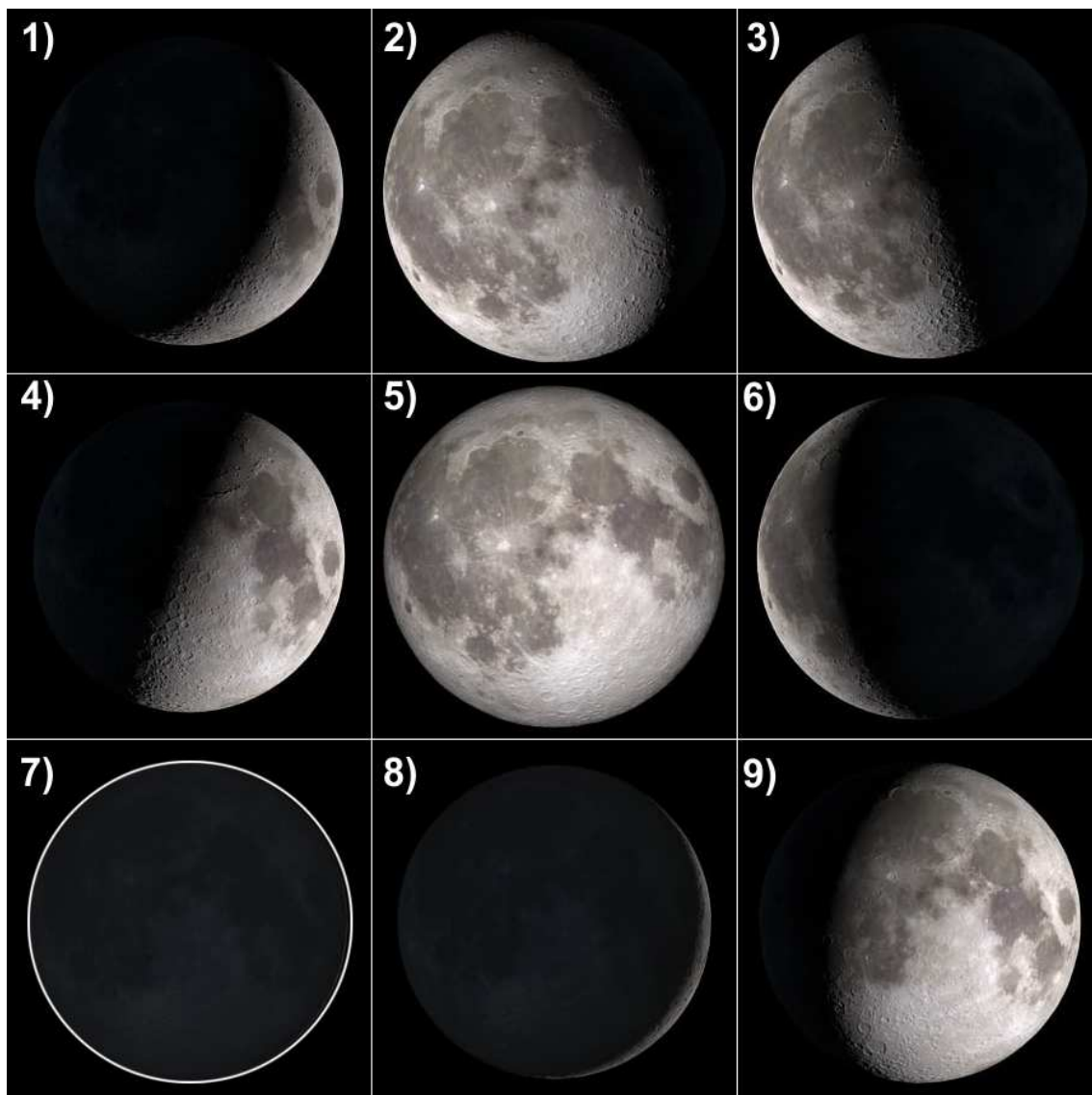


Рис. 1. Луна в девяти различных фазах одного синодического месяца.

1. Выбор нескольких из списка

Условие: Изображение Луны с каким номером отвечает фазе, наблюдаемой в первой половине синодического месяца? Новолуние, полнолуние и первую четверть не учитывать.

Правильный ответ: 1,8,9.

Точное совпадение ответа: 2 балла за каждую правильно определенную фазу (всего 6 баллов).

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой фазе Луна располагается на максимальном угловом расстоянии от Солнца?

Правильный ответ: 5.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Луна в первой половине синодического месяца является растущей, тогда ей соответствуют номера изображений 1,8,9.

2. Луна располагается на максимальном угловом расстоянии от Солнца в фазе полнолуния. Указанная фаза представлена на рис. 1 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.

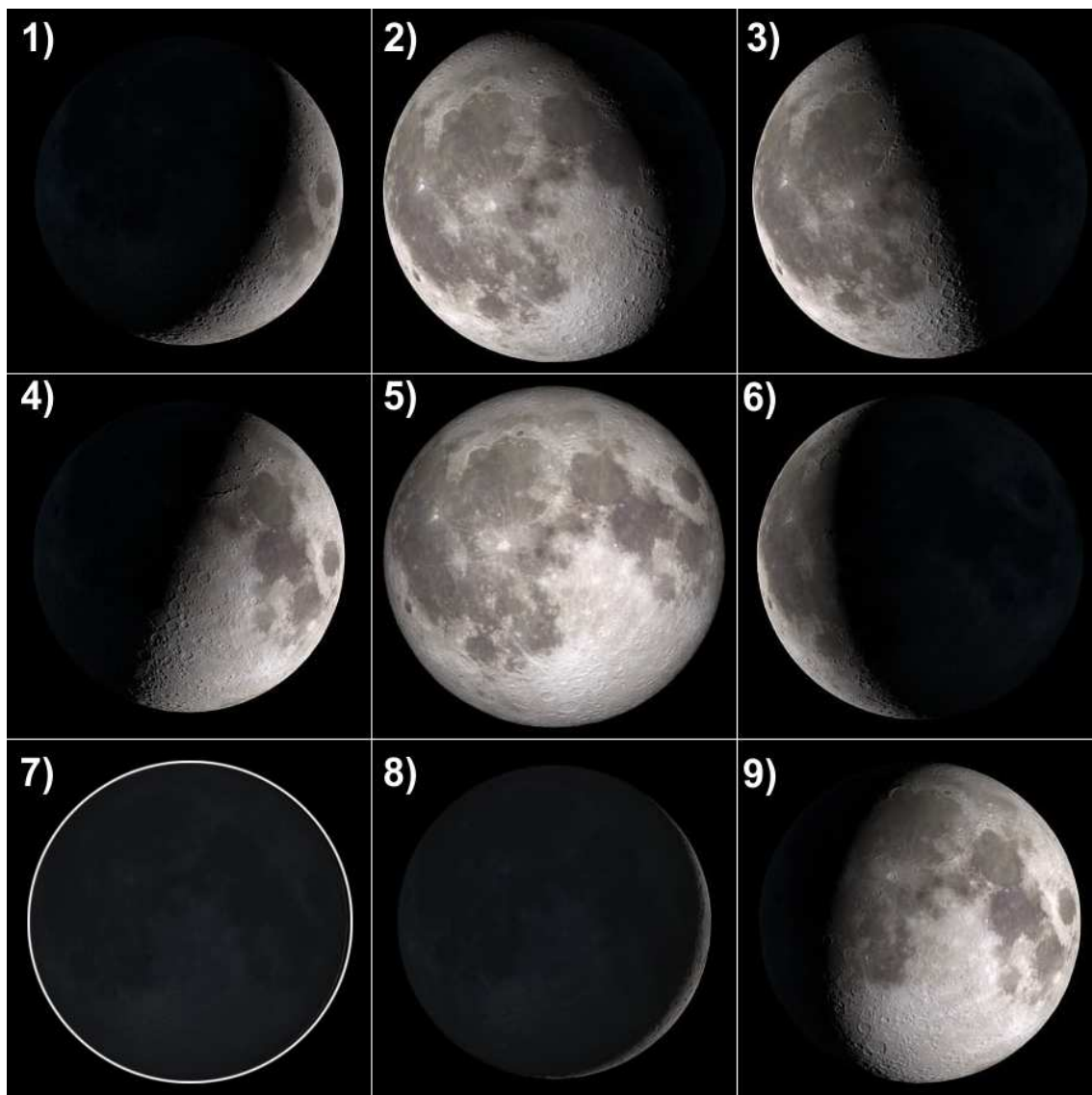


Рис. 2. Луна в девяти различных фазах одного синодического месяца.

1. Выбор нескольких из списка

Условие: Изображение Луны с каким номером отвечает фазе, наблюдаемой во второй половине синодического месяца? Новолуние и полнолуние не учитывать.

Правильный ответ: 2,3,6.

Точное совпадение ответа: 2 балла за каждую правильно определенную фазу (всего 6 баллов).

2. Выбор одного из списка

Условие: В какой фазе Луна располагается на минимальном угловом расстоянии от Солнца?

Правильный ответ: 7.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

Решение: 1. Луна во второй половине синодического месяца является убывающей, тогда ей соответствуют номера изображений 2,3,6.

2. Луна располагается на минимальном угловом расстоянии от Солнца в фазе новолуния. 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.

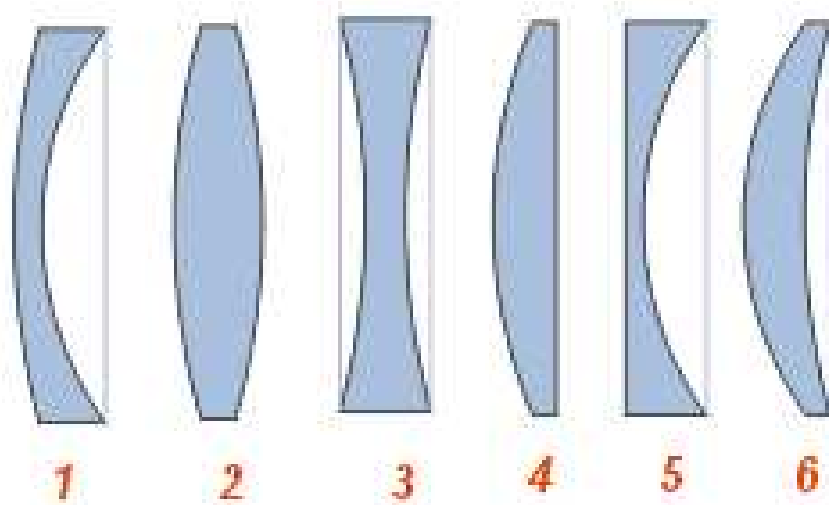


Рис. 3. Шесть профилей различных тонких линз.

1. Выбор на изображении

Условие: Какими из представленных линз в ясный день, с помощью солнечного света можно сильно нагреть и даже поджечь лист бумаги?

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 объектива оптического микроскопа (см. рис. 4)?

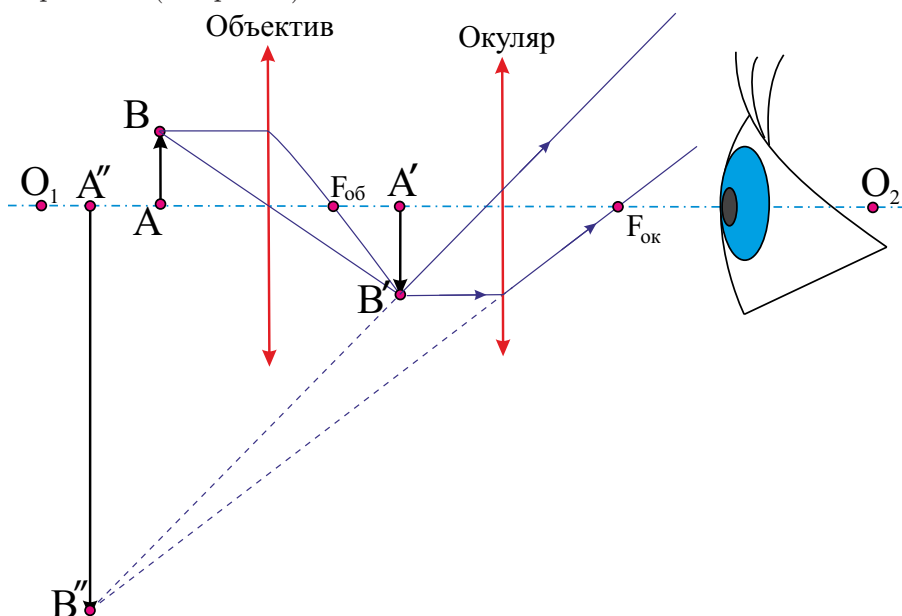


Рис. 4. К определению оптической схемы трубы Кеплера.

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. В ясный день, с помощью солнечного света можно сильно нагреть и даже под-

жесть лист бумаги лишь с помощью собирающих линз, которые способны создавать действительное изображение Солнца. К собирающим можно отнести линзы под номерами: 2,4,6.

2. Из рис. 4 видно, что в качестве объектива используется собирающая линза. К таким можно отнести линзы под номерами 2,4,6 на рис. 3.

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

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

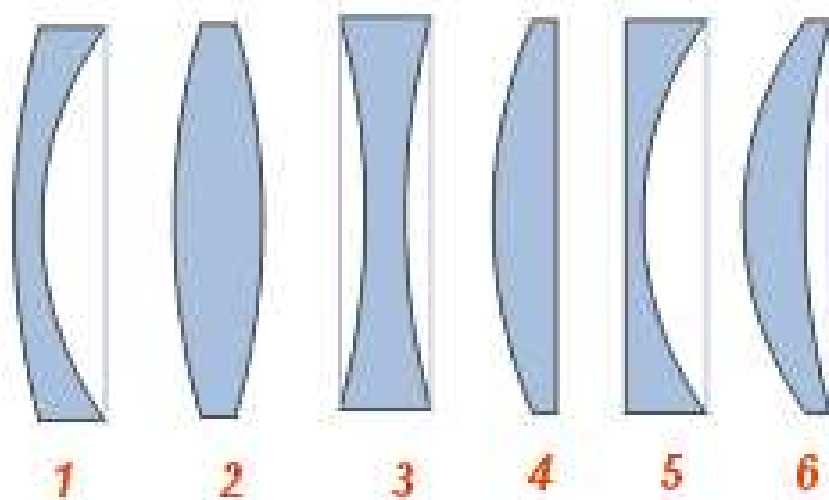


Рис. 5. Шесть профилей различных тонких линз.

1. Выбор на изображении

Условие: Какие из представленных линз ни при каких условиях не позволяют получить в ясный день изображение Солнца, спроецированное на белый экран?

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 оптического микроскопа (см. рис. 4)?

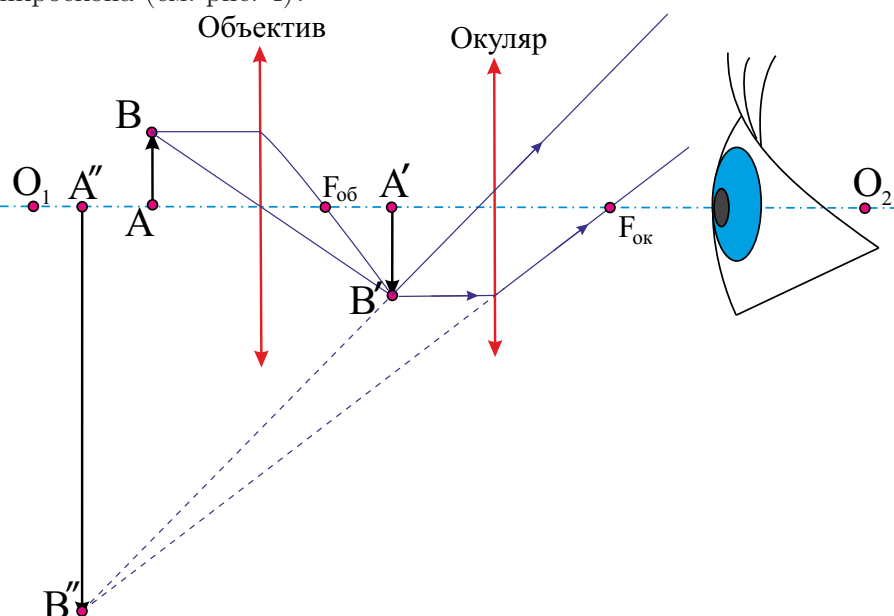


Рис. 6. К определению оптической схемы микроскопа.

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. Линзы, которые ни при каких условиях не позволяют получить в ясный день изображение Солнца, спроецированное на белый экран, являются рассеивающими, поскольку они

способны создавать лишь мнимое изображение. К таким можно отнести линзы под номерами 1,3,5 на рис. 5.

2. Из рис. 6 видно, что в качестве окуляра 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. Уран,
2. Большое Магелланово облако,
3. Ясли (М44),
4. Рея,
5. Паллада,
6. 67Р/Чурюмова-Герасименко.

Правильные ответы: Уран, Рея, Паллада, 67Р/Чурюмова-Герасименко.

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. Уран,
2. Большое Магелланово облако,
3. Ясли (М44),
4. Рея,
5. Паллада,
6. 67Р/Чурюмова-Герасименко.

Правильные ответы: Уран, Ясли (М44), Рея, Паллада, 67Р/Чурюмова-Герасименко.

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. Уран,
2. Большое Магелланово облако,
3. Ясли (М44),
4. Рея,
5. Паллада,
6. 67Р/Чурюмова-Герасименко.

Правильные ответы: Уран, Рея, Паллада, 67Р/Чурюмова-Герасименко.

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: Уран, Рея, Паллада, 67Р/Чурюмова-Герасименко.

2. Нашей Галактике принадлежат следующие объекты: Уран, Ясли (M44), Рея, Паллада, 67P/Чурюмова-Герасименко.

3. Светят отраженным светом следующие объекты: Уран, Рея, Паллада, 67P/Чурюмова-Герасименко.

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

1. Выбор нескольких из списка

Условие: Какие из ниже представленных объектов принадлежат Солнечной системе?

1. Нептун,
2. Малое Магелланово облако,
3. Хи и Аш Персея,
4. Тритон,
5. Гигея,
6. 4P/Фая.

Правильные ответы: Нептун, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

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. Нептун,
2. Малое Магелланово облако,
3. Хи и Аш Персея,
4. Тритон,
5. Гигея,
6. 4P/Фая.

Правильные ответы: Нептун, Хи и Аш Персея, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

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. Нептун,
2. Малое Магелланово облако,
3. Хи и Аш Персея,
4. Тритон,
5. Гигея,
6. 4P/Фая.

Правильные ответы: Нептун, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

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: Нептун, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

2. Нашей Галактике принадлежат следующие объекты: Нептун, Хи и Аш Персея, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

3. Светят отраженным светом следующие объекты: Нептун, Тритон, Гигея, 4P/Фая.

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° период 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° центростремительное ускорение 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 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.

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

Условие: Чему равно центростремительное ускорение суточного вращения г. Самары (широта $\varphi = 53^\circ 12'$, долгота $\lambda = 50^\circ 06'$) относительно оси вращения Земли? Ответ представьте в м/с², округлив до тысячных.

Правильный ответ: [0.019, 0.021].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Поскольку Земля является твердым телом, а все его точки движутся с одинаковым периодом, следовательно он не зависит от широты места наблюдения и потому не изменяется.

2. Центростремительное ускорение суточного вращения места наблюдения можно представить в виде:

$$a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{4\pi^2 R_\oplus \cos \varphi}{T^2}, \quad (1)$$

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 (3) очевидно, что с увеличением φ ускорение a_c уменьшается.

3. Линейная скорость суточного вращения г. Самары

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R_\oplus \cos \varphi}{T} = 278 \text{ м/с}, \quad (2)$$

4. С использованием формулы (3) получаем значение центростремительного ускорения суточного вращения г. Самары $a_c = 0.020 \text{ м/с}^2$.

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° период 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° центростремительное ускорение 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 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.

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

Условие: Чему равно центростремительное ускорение суточного вращения г. Санкт-Петербурга (широта $-\varphi = 59^\circ 57'$, долгота $-\lambda = 50^\circ 06'$) относительно оси вращения Земли? Ответ представьте в м/с², округлив до тысячных.

Правильный ответ: [0.016, 0.018].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Поскольку Земля является твердым телом, а все его точки движутся с одинаковым периодом, следовательно он не зависит от широты места наблюдения и потому не изменяется.

2. Центростремительное ускорение суточного вращения места наблюдения можно представить в виде:

$$a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{4\pi^2 R_\oplus \cos \varphi}{T^2}, \quad (3)$$

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 (3) очевидно, что с уменьшением φ ускорение a_c уменьшается.

3. Линейная скорость суточного вращения г. Санкт-Петербурга

$$V = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi R_\oplus \cos \varphi}{T} = 233 \text{ м/с}, \quad (4)$$

4. С использованием формулы (3) получаем значение центростремительного ускорения суточного вращения г. Самары $a_c = 0.017 \text{ м/с}^2$.

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 можно одновременно увидеть оба полюса мира? 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 в день зимнего солнцестояния, в полдень высота Солнца равна 90° ?

Правильный ответ: 6.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых ось мира совпадает с отвесной линией наблюдателя?

Правильный ответ: 5,8.

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

Решение: 1. Очевидно, оба полюса мира можно видеть лишь на горизонте. Значит высота Северного полюса мира должна быть равна нулю, т.е. $h_{P_N} = 0^{\circ}$. Согласно теореме о связи широты местности и высоты полюса мира, искомая широта есть $\varphi = h_{P_N} = 0^{\circ}$.

2. Если высота h_* Солнца в полдень равна 90° , значит Солнце здесь находится в зените. Тогда широта местности должна быть равна склонению Солнца, которое в день зимнего солнцестояния есть $-23^{\circ}26'$.

3. Если ось мира совпадает с отвесной линией, значит Северный полюс мира совпадает либо с зенитом либо с надиром. По теореме о связи широты местности и высоты полюса мира искомая широта равна либо $+90^{\circ}00'$ либо $-90^{\circ}00'$.

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 ось мира перпендикулярна отвесной линии? 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 в день летнего солнцестояния, в полдень высота Солнца равна 90° ?

Правильный ответ: 2.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: Чему равна географическая широта точек поверхности земного шара, в которых в дни равноденствий Солнце постоянно находится на горизонте в течение суток?

Правильный ответ: 5,8.

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

Решение: 1. Если ось мира перпендикулярна отвесной линии, значит эта ось должна лежать в плоскости математического горизонта, а значит и северный полюс мира лежит в его плоскости. Согласно теореме о связи широты местности и высоты полюса мира, искомая широта есть $\varphi = h_{PN} = 0^{\circ}$.

2. Если высота h_* Солнца в полдень равна 90° , значит Солнце здесь находится в зените. Тогда широта местности должна быть равна склонению Солнца, которое в день летнего солнцестояния есть $+23^{\circ}26'$.

3. Если в дни равноденствий Солнце в течение суток постоянно находится на горизонте, значит его суточный путь (небесный экватор) совпадает с математическим горизонтом. Тогда отвесная линия должна совпасть с осью мира. Следовательно Северный полюс мира совпадает либо с зенитом либо с надиром. По теореме о связи широты местности и высоты полюса мира искомая широта равна либо $+90^{\circ}00'$ либо $-90^{\circ}00'$.

Задание №7.К.1. «Конфигурации планет»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации видимый диск внутренней планеты освещен ровно наполовину?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Наибольшая восточная элонгация	Наибольшая 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 минимального значения?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Наибольшая восточная элонгация	Наибольшая западная элонгация
--------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------------------

Правильный ответ: Верхнее соединение.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации видимый диск внешней планеты полностью освещен солнечным светом?

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 балла за каждый неправильный ответ.

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

Условие: Определите расстояние между Землей и Меркурием в момент, когда последний наблюдался в наибольшей западной элонгации. Радиусы круговых орбит планет равны 1.000 а.е. и 0.387 а.е. соответственно. Отметим, что 1 а.е.= 149.6 млн км. Ответ представить в млн км, округлив до целых.

Правильный ответ: [138, 139].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Видимый диск внутренней планеты освещен ровно наполовину лишь в восточной и западной элонгациях.

2. Угловой диаметр внутренней планеты достигает минимального значения в точке, в которой ее геоцентрическое расстояние максимально, т.е. в верхнем соединении.

3. Видимый диск внешней планеты полностью освещен солнечным светом 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:

$$\Delta = 149.6 \text{ млн км} \times \sqrt{a_{\oplus}^2 - a_p^2} = 138 \text{ млн км.} \quad (5)$$

Задание №7.К.2. «Конфигурации планет»

1. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации видимый диск нижней планеты либо полностью освещен Солнцем, либо не освещен вовсе?

Варианты ответов:

Верхнее соединение	Нижнее соединение	Наибольшая восточная элонгация	Наибольшая западная элонгация
--------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------------------

Правильные ответы: Верхнее соединение, Нижнее соединение.

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

2. Выбор одного из списка

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

Варианты ответов:

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

Правильный ответ: Соединение.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

3. Выбор нескольких из списка

Условие: В какой конфигурации освещенная часть видимого диска внешней планеты минимальна?

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: -2 балл за каждый неправильный ответ.

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

Условие: Определите расстояние между Землей и Юпитером в момент, когда последний наблюдался в западной квадратуре. Радиусы круговых орбит планет равны 1.000 а.е. и 5.204 а.е. соответственно. Отметим, что 1 а.е.= 149.6 млн км. Ответ представить в млн км, округлив до целых.

Правильный ответ: [762, 766].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

Решение: 1. Видимый диск внутренней планеты освещен диск полностью в верхнем соединении, а не освещен вовсе в нижнем соединении.

2. Угловой диаметр внешней планеты достигает минимального значения в точке, в которой ее геоцентрическое расстояние максимально, т.е. в соединении.

3. Освещенная часть видимого диска внешней планеты минимальна в западной и восточной квадратурах.

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

$$\Delta = 149.6 \text{ млн км} \times \sqrt{a_p^2 - a_{\oplus}^2} = 764 \text{ млн км.} \quad (6)$$

Блок заданий №3. «Количественные задачи»

Задание №8.К.1. «Количество атомов в видимых галактиках Вселенной»

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 125 млрд галактик (считать их подобными Млечному Пути), видимых в настоящее время с Земли. 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: $K=6.0$; $E=79$ (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

$$N_a = \frac{M_{\odot} \times N_* \times N_{Galaxies}}{m_0} = \frac{1.99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \times 4 \cdot 10^{11} \times 1.25 \cdot 10^{11}}{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} \approx 6.0 \cdot 10^{79}.$$

Задание №8.К.2. «Количество атомов во Вселенной»

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 во Вселенной, если полагать, что ее составляют 1000 млрд галактик (считать их подобными Млечному Пути). 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: $K=4.8$; $E= 80$ (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

$$N_a = \frac{\mathcal{M}_{\odot} \times N_* \times N_{Galaxies}}{m_0} = \frac{1.99 \cdot 10^{30} \text{ кг} \times 4 \cdot 10^{11} \times 1.00 \cdot 10^{12}}{1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} \approx 4.8 \cdot 10^{80}.$$

Задание №9.К.1. «Освещенности небесных тел»

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

Условие: В самый миниатюрный театральный бинокль можно визуально наблюдать звезды до $+8.5^m$. Учитывая, что видимая звездная величина Сириуса равна -1.5^m , определите: во сколько раз освещенность, создаваемая Сириусом, больше освещенности самых тусклых звезд, видимых в этот бинокль? Для расчетов может оказаться полезной формула Погсона:

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg(E_2/E_1),$$

где m_1, m_2 – видимые звездные величины двух источников света; E_1, E_2 – освещенности, создаваемые источниками в месте, где находится наблюдатель. Ответ округлить до целых.

Правильный ответ: [9980, 10020].

Решение: Из формулы Погсона следует, что

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{-0.4(m_2 - m_1)} = 10^{-0.4(-1.5 - 8.5)} = 10^4 = 10000.$$

Точное совпадение ответа: 7 баллов.

Задание №9.К.2. «Освещенности небесных тел»

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

Условие: В телескоп-рефлектор с диаметром объектива, равным 200 мм, можно визуально наблюдать звезды до $+13.5^m$. Учитывая, что видимая звездная величина Сириуса равна -1.5^m , определите: во сколько раз освещенность, создаваемая Сириусом, больше освещенности самых тусклых звезд, видимых в этот телескоп? Для расчетов может оказаться полезной формула Погсона:

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg(E_2/E_1),$$

где m_1, m_2 – видимые звездные величины двух источников света; E_1, E_2 – освещенности, создаваемые источниками в месте, где находится наблюдатель. Ответ округлить до целых.

Правильный ответ: [999000, 1001000].

Точное совпадение ответа: 7 баллов.

Решение: Из формулы Погсона следует, что

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{-0.4(m_2 - m_1)} = 10^{-0.4(-1.5 - 13.5)} = 10^6 = 1000000.$$

Задание №10.К.1. «Концентрация звезд шарового скопления М5»

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

Условие: Шаровое скопление М5 содержит 400 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: [6.1,6.2].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

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

$$n = \frac{N_*}{V} = \frac{N_*}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4} \frac{N_*}{\pi R^3} = \frac{4.0 \cdot 10^5}{65450} = 6.1 \text{ пк}^{-3}.$$

Задание №10.К.2. «Концентрация звезд шарового скопления М3»

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

Условие: Шаровое скопление М3 содержит приблизительно 500 тысяч звезд и имеет диаметр 110 пк. Оцените среднюю концентрацию звезд (число звезд, приходящихся на единицу объема) в этом скоплении. Ответ следует представить в пк^{-3} , округлив до сотых. 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: [0.60,0.80].

Точное совпадение ответа: 6 баллов.

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

$$n = \frac{N_*}{V} = \frac{N_*}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{4} \frac{N_*}{\pi R^3} = \frac{5.0 \cdot 10^5}{696910} = 0.7 \text{ пк}^{-3}.$$
