



Кировское областное государственное автономное образовательное
учреждение дополнительного образования
«Центр дополнительного образования одарённых школьников»

АСТРОНОМИЯ, 2024

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по проверке и оценке решений
муниципального этапа
всероссийской и областной олимпиад школьников
по астрономии

в Кировской области
в 2024/2025 учебном году

Киров
2024

Печатается по решению методической комиссии регионального этапа всероссийской и областной олимпиад школьников по астрономии в Кировской области

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений задач муниципального этапа олимпиады всероссийской и областной олимпиад школьников по астрономии в 2024-2025 учебном году / Сост. Войнова М.А., Е.В. Горшкова, Т.В. Жбанникова, М.А. Кислицына, Т.А. Сысоева, Д.В. Перевощиков, – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2024. – 16 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т. В.: 5-6.1, 5-6.2, 5-6.3, 5-6.4, 5-6.5, 5-6.6, 7-8.1.

Войнова М.А.: 7-8.2, 7-8.3, 7.4, 7.5, 7.6.

Сысоева Т.А.: 8.4, 8.5, 8.6.

Горшкова Е. В.: 9.4, 9.5, 9.6.

Кислицына М. А.: 9-11.1, 9-11.2, 10-11.3, 10.4, 10.5, 10.6.

Перевощиков Д.В.: 11.4, 11.5, 11.6.

9.3 – из районного тура XV Санкт-Петербургской олимпиады по астрономии, 2007 г (редакция Горшковой Е.В.)

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Основные постоянные и наиболее важные величины

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Видимый угловой диаметр Солнца и Луны $0,5^\circ$

Координаты Кирова: $\varphi_K = 58,6036^\circ \text{ с.ш.}$,

$\lambda_K = 49,668^\circ \text{ в.д.}$

Период вращения Земли вокруг оси 23 ч 56 мин 4 с.

Тропический год 365,24219 сут.

Сидерический месяц (период обращения Луны вокруг Земли) 27,3 сут.

Синодический месяц (период смены лунных фаз) 29,5 сут.

Объем шара $V = 4\pi R^3/3$.

Планета	Большая полуось, а.е.	Период обращения
Меркурий	0,39	87,97 сут
Венера	0,72	224,70 сут
Земля	1,00	1 г
Марс	1,52	1,88 г
Юпитер	5,20	11,862 г
Сатурн	9,54	29,458 г
Уран	19,19	84,01 г
Нептун	30,06	164,79 г

ЗАДАНИЯ

5–6-е классы

1. Метеоры на Меркурии

Может ли исследовательский космический аппарат, находясь на поверхности Меркурия, зафиксировать наличие метеоров и метеоритов? Ответ поясните, давая определение метеоров и метеоритов, учитывая физические условия на Меркурии.

2. Найди созвездие

Выпишите названия созвездий из данного списка: Дракон, Динозавр, Компас, Лебедь, Микроскоп, Орион, Полярная, Рак, Телевизор, Телец, Щука, Ящерица.

3. Такие разные спутники

Есть ли в Солнечной системе спутники планет, которые по своим размерам превосходят Марс? Меркурий?

4. На Луне

В фантастической повести К.Циолковского «На Луне» читаем: «Нет ветра, который шелестит травой и качает на Земле вершинами деревьев... Не слышно стрекотанья кузнечиков... Не заметно ни птиц, ни разноцветных бабочек! Одни горы и горы, страшные, высокие горы, вершины которых, однако, не блестят от снега. Нигде ни одной снежинки! Вон долины, равнины, плоскогорья... Сколько там навалено камней... Черные и белые, большие и малые, но все острые, блестящие, не закругленные, не смягченные волной, которой никогда здесь не было, которая не играла ими с веселым шумом, не трудилась над ними!» Найдите четыре реальных описаний Луны в фантастической повести.

5. Туристы

Туристы в сентябре идут рано утром, пока не рассвело, по направлению Полярной звезды. После восхода Солнца они возвращаются. Как туристы должны идти обратно? Какие способы ориентирования использовали туристы?

6. Вспышка сверхновой

Крабовидная туманность расположена на расстоянии около 6500 световых лет от Земли. В 1054 году астрономы увидели в Крабовидной туманности вспышку Сверхновой. Сколько лет назад взорвалась Сверхновая 1054 года? Сколько лет потребуются для полета к Крабовидной туманности на звездолете со скоростью света.

7-й класс

1. Античные наблюдатели

Наблюдатели ещё две тысячи лет назад отмечали, что земная тень на диске Луны всегда имеет форму круга. При каком явлении удавалось это наблюдать? Какой вывод о форме Земли сделали античные учёные на основании этого факта?

2. Где «живут» самые яркие звезды?

Небесная сфера — это воображаемая сфера произвольного радиуса, в центре которой находится глаз наблюдателя. На нее проецируется положение всех небесных светил. Небесный экватор делит сферу на две полусферы: северную и южную.

В таблице указаны названия самых ярких звезд ночного неба и их созвездий.

	Звезда		Созвездие
1	Альтаир	А	Большого Пса
2	Спика	Б	Возничего
3	Сириус	В	Орла
4	Капелла	Г	Лебедя
5	Денеб	Д	Ориона
6	Ригель	Е	Девы

А) Подберите пару звезда – созвездие, в котором она находится.

Б) Определите, в какой полусфере (северной или южной) находятся указанные звёзды.

3. Солнечная система

В таблице приведены параметры планет, характеризующие их орбиты. Орбиты всех планет считать круговыми.

Планета	Свойство орбиты планеты
1	Внешняя орбита (по отношению к земной). Расстояние до Земли 0,52 а.е.
2	Радиус орбиты 58 млн км.
3	Расстояние до Земли 630 млн км.
4	Радиус орбиты 9,54 а. е.

А) О каких планетах идет речь? Назовите эти планеты.

Б) Какая из перечисленных планет может сильнее других приближаться к Земле?

В) Какая из перечисленных планет для земного наблюдателя никогда не бывает в противостоянии?

Г) Какая из перечисленных планет для земного наблюдателя в ходе орбитального движения изменяет свой видимый угловой диаметр сильнее всего (в большее число раз)?

4. Лунные часы

Луна – это естественный и единственный спутник Земли, наблюдение за которым велось с древних времен. Разумеется, астрономы и ученые располагали таблицами, помогавшими им в этом. Однако человеку свойственно преобразовывать знания в полезные устройства. Так появились «лунные часы».

А) Нарисуйте, как может выглядеть циферблат «лунных часов».

Б) Определите цену деления, такого циферблата.

В) Приведите пример, кому и как могут быть полезны такие часы.

5. Церера

Представим себе, что пассажир космического лайнера, идущего со скоростью 28000 км/ч, видит, как приближается Церера (средний диаметр которой составляет 930 км). Пассажиру удалось определить время 36 секунд в течение, которого карликовая планета пролетала мимо лайнера. С какой скоростью летела Церера?

6. Августовская ночь

Прочитайте отрывок рассказа А.П. Чехова «Дом с мезонином»: «Была грустная августовская ночь, - грустная потому, что уже пахло осенью; покрытая багровым облаком,

восходила луна, еле-еле освещала дорогу и по сторонам её тёмные озимые поля. Часто падали звёзды».

А) Какое необычное астрономическое явление, подходящее под описание в данном отрывке, могли наблюдать сравнительно недавно, жители города Кирова и Кировской области.

Б) Какие два условия необходимы для наступления этого явления?

В) Когда кировчане могли наблюдать данное явление?

Г) О каком «падении звезд» говорится в отрывке?

8-й класс

1. Античные наблюдатели

Наблюдатели ещё две тысячи лет назад отмечали, что земная тень на диске Луны всегда имеет форму круга. При каком явлении удавалось это наблюдать? Какой вывод о форме Земли сделали античные учёные на основании этого факта?

2. Где «живут» самые яркие звезды?

Небесная сфера — это воображаемая сфера произвольного радиуса, в центре которой находится глаз наблюдателя. На нее проецируется положение всех небесных светил. Небесный экватор делит сферу на две полусферы: северную и южную.

В таблице указаны названия самых ярких звезд ночного неба и их созвездий.

	Звезда		Созвездие
1	Альтаир	А	Большого Пса
2	Спика	Б	Возничего
3	Сириус	В	Орла
4	Капелла	Г	Лебедя
5	Денеб	Д	Ориона
6	Ригель	Е	Девы

А) Подберите пару звезда – созвездие, в котором она находится.

Б) Определите, в какой полусфере (северной или южной) находятся указанные звёзды.

3. Солнечная система

В таблице приведены параметры планет, характеризующие их орбиты. Орбиты всех планет считать круговыми.

Планета	Свойство орбиты планеты
1	Внешняя орбита (по отношению к земной). Расстояние до Земли 0,52 а.е.
2	Радиус орбиты 58 млн км.
3	Расстояние до Земли 630 млн км.
4	Радиус орбиты 9,54 а. е.

А) О каких планетах идет речь. Назовите эти планеты.

Б) Какая из перечисленных планет может сильнее других приближаться к Земле?

В) Какая из перечисленных планет для земного наблюдателя никогда не бывает в противостоянии?

Г) Какая из перечисленных планет для земного наблюдателя в ходе орбитального движения изменяет свой видимый угловой диаметр сильнее всего (в большее число раз)?

4. Аэронавты и Луна

Для того, чтобы атмосфера Земли не помешала рассматривать Луну, аэронавты поднимутся на аэростате диаметром 15 метров над Землей 19 августа 2024 года для наблюдения «суперлуния». В момент «суперлуния» угловой диаметр Луны больше обычного на 14%. Вычислите, на каком расстоянии от Земли должен находиться аэростат, чтобы его угловой диаметр был вдвое меньше лунного. Угловой диаметр Луны составляет $0,5^\circ$.

5. Околоземный астероид

Астероид 2021PH27 относится к группе околоземных астероидов (атиры). Орбита его полностью находится внутри орбиты Земли. Период обращения астероида вокруг Солнца составляет 113 дней (самый короткий из известных периодов обращения астероидов). Определите, во сколько раз отличаются средние расстояния от Солнца астероида и Меркурия. Период обращения Меркурия вокруг Солнца 88 суток, среднее расстояние Меркурия от Солнца 0,39 а.е. Орбиты движения тел считать круговыми.

6. Земля с Марса

Жители планеты Марс придумали новую экскурсию для Землян: они видят Землю восходящей то утром, то вечером. Вычислите, через какой промежуток времени в годах, можно будет послать экскурсию на Марс, чтобы увидеть Землю с Марса утром. Сидерический период обращения Земли 365,3 суток, Марса – 687,0 суток.

9-й класс

1. Астрономическая мозаика

Найдите все верные утверждения:

- 1) Солнце всегда восходит точно на востоке и заходит на западе;
- 2) Луна бывает в новолунии во время солнечного затмения;
- 3) 2100 год будет високосным;
- 4) прохождение Венеры по диску Солнца можно наблюдать всякий раз, когда она в нижнем соединении;
- 5) в день весеннего равноденствия высота Солнца над горизонтом в Кирове в верхней кульминации была $31^{\circ}24'$;
- 6) в день летнего солнцестояния в Кирове Солнце кульминирует на высоте $54^{\circ}51'$;
- 7) Луна в последней четверти наблюдается на небе вечером;
- 8) синодический месяц равен 29,5 сут.

2. Какая звезда в каком созвездии?

Подберите каждой звезде (1-8) ее созвездие (А-З):

- | | | | |
|------------|------------|-----------------|--------------------|
| 1) Альтаир | 5) Регул | А) Б. Медведица | Д) Лев |
| 2) Мегрец | 6) Капелла | Б) Скорпион | Е) Северная Корона |
| 3) Ригель | 7) Денеб | В) Лебедь | Ж) Орион |
| 4) Антарес | 8) Гемма | Г) Орёл | З) Возничий |

3. Какая дата?

А. С. Пушкин родился 26 мая 1799 года (по старому стилю). Мы считаем, что разница между новым и старым стилем составляет 13 дней. Почему же мы празднуем день рождения Пушкина (по новому стилю) 6 июня, хотя разница между 26 мая и 6 июня – всего 11 дней?

4. Жидкость в невесомости

Оказывает ли жидкость давление на внутреннюю поверхность герметично закрытого цилиндрического сосуда в условиях невесомости, например, на борту космического корабля?

5. Объекты на Марсе

Во время противостояния на Марсе в телескоп видны объекты протяженностью 150 км. Объекты какого размера позволяет различать тот же телескоп, когда Марс находится в соединении? (Орбиту Марса считать окружностью радиусом 1,5 а.е.). Что называется соединением?

6. Спутник в тени

Что такое геостационарный спутник? Оцените время пребывания такого спутника в тени Земли. Масса Земли $M_3 = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$, $R_3 = 6370 \text{ км}$.

10-й класс

1. Астрономическая мозаика

Найдите все верные утверждения:

- 1) Солнце всегда восходит точно на востоке и заходит на западе;
- 2) Луна бывает в новолунии во время солнечного затмения;
- 3) 2100 год будет високосным;
- 4) прохождение Венеры по диску Солнца можно наблюдать всякий раз, когда она в нижнем соединении;
- 5) в день весеннего равноденствия высота Солнца над горизонтом в Кирове в верхней кульминации была $31^{\circ}24'$;
- 6) в день летнего солнцестояния в Кирове Солнце кульминирует на высоте $54^{\circ}51'$;
- 7) Луна в последней четверти наблюдается на небе вечером;
- 8) синодический месяц равен 29,5 сут.

2. Какая звезда в каком созвездии?

Подберите каждой звезде (1-8) ее созвездие (А-З):

- | | | | |
|------------|------------|-----------------|--------------------|
| 1) Альтаир | 5) Регул | А) Б. Медведица | Д) Лев |
| 2) Мегрец | 6) Капелла | Б) Скорпион | Е) Северная Корона |
| 3) Ригель | 7) Денеб | В) Лебедь | Ж) Орион |
| 4) Антарес | 8) Гемма | Г) Орёл | З) Возничий |

3. Где сейчас нужный час?

В Кирове наступил полдень по поясному времени. Определите долготу точки, в которой в этот момент 15 ч 00 мин по среднему солнечному времени.

4. Два кольца

При наблюдении с Земли угловой диаметр туманности «Кольцо» $2,5'$. Во сколько раз ее диаметр больше колечка диаметром 18 мм? Расстояние до туманности 2300 св. лет.

5. Комета и планеты

Комета в перигелии доходит до орбиты Меркурия, а в афелии до орбиты Нептуна. Определите эксцентриситет орбиты, большую полуось, сидерический период. Орбиты планет считать круговыми.

6. Инопланетные наблюдатели

Предположим, что космический корабль влетает в шаровое звездное скопление радиусом 10 пк, которое состоит из 200 000 звезд. Сколько звёзд для наблюдателей в корабле будут иметь параллакс $0,5''$?

11-й класс

1. Астрономическая мозаика

Найдите верные утверждения:

- 1) Солнце всегда восходит точно на востоке и заходит на западе;
- 2) Луна бывает в новолунии во время солнечного затмения;
- 3) 2100 год будет високосным;
- 4) прохождение Венеры по диску Солнца можно наблюдать всякий раз, когда она в нижнем соединении;
- 5) в день весеннего равноденствия высота Солнца над горизонтом в Кирове в верхней кульминации была $31^{\circ}24'$;
- 6) в день летнего солнцестояния в Кирове Солнце кульминирует на высоте $54^{\circ}51'$;
- 7) Луна в последней четверти наблюдается на небе вечером;
- 8) синодический месяц равен 29,5 сут.

2. Какая звезда в каком созвездии?

Подберите каждой звезде (1-8) ее созвездие (А-З):

- | | | | |
|------------|------------|-----------------|--------------------|
| 1) Альтаир | 5) Регул | А) Б. Медведица | Д) Лев |
| 2) Мегрец | 6) Капелла | Б) Скорпион | Е) Северная Корона |
| 3) Ригель | 7) Денеб | В) Лебедь | Ж) Орион |
| 4) Антарес | 8) Гемма | Г) Орёл | З) Возничий |

3. Где сейчас нужный час?

В Кирове наступил полдень по поясному времени. Определите долготу точки, в которой в этот момент 15 ч 00 мин по среднему солнечному времени.

4. Луна в зените

Сколько раз в году Луна бывает в зените на экваторе?

5. Спутник

Спутник $m = 200$ кг, движется по круговой орбите на высоте $H = 200$ км. Вычислите изменение скорости спутника за один оборот вокруг Земли. Соппротивление разреженного воздуха $F = 700$ мкН. Радиус Земли $R = 6400$ км.

6. Луна с Марса

Видимая с Земли звёздная величина Луны в полнолуние равна $-12,8m$, среднее расстояние от Земли до Луны — 384 тыс. км, от Солнца до Марса — 1,52 а.е. Оцените минимальную и максимальную видимую с Марса звёздную величину Луны.

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1. Метеор – это явление вспышки, возникающее при сгорании в атмосфере мелких космических тел. Метеорит – это твёрдое небесное тело, которое не успевает сгореть и падает на поверхность небесного тела. На Меркурии очень слабая атмосфера (только следы), поэтому метеоры не наблюдаются из-за отсутствия атмосферы. Метеорные тела не могут сгореть, значит, могут падать на поверхность Меркурия.

Разбалловка: за объяснение отсутствия атмосферы Меркурия – 2 балла; за определение метеора – 2 балла; за определение метеорита – 2 балла; за вывод об отсутствии метеоров – 1 балл; за вывод о падении метеоритов – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Из перечисленных созвездиями являются: Дракон, Компас, Лебедь, Микроскоп, Орион, Рак, Телец, Ящерица.

Разбалловка: за каждый правильный ответ – по 1 баллу.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Спутников, превосходящих по размерам Марс, нет. Спутники, превосходящие Меркурий: Ганимед (спутник Юпитера) и Титан (спутник Сатурна).

Разбалловка: за то, что спутников больше по размерам Марс нет – 2 балла, за Титан и Ганимед по 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Из фантастической повести К. Циолковского реальными являются утверждения: 1) нет ветра, 2) не слышно стрекотания кузнечиков, 3) не заметно ни птиц, ни разноцветных бабочек, 4) нигде ни одной снежинки.

Разбалловка: за каждый ответ – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Туристы шли на север, ориентиром была Полярная звезда. Возвращаясь, они должны двигаться на юг, ориентируясь по Солнцу. Поскольку Солнце в сентябре вблизи точки равноденствия, оно восходит недалеко от точки востока. Следовательно, обратно нужно идти так, чтобы Солнце в момент восхода было слева.

Разбалловка: за ориентирование на север по Полярной – 3 балла; за указание точки восхода Солнца в день осеннего равноденствия – 3 балла; за окончательный вывод – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Вспышка сверхновой в Тельце произошла 970 лет назад. $2024 - 1054 = 970$ лет. Но само путешествие к Крабовидной туманности со скоростью света будет длиться 6500 лет, учитывая расстояние до объекта 6500 световых лет.

Разбалловка: за вычисление времени наблюдения вспышки сверхновой – 4 балла; за определение времени путешествия – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

7-е классы

1. Это явление полного лунного затмения. Когда Земля отбрасывает тень на Луну, заметно, что форма тени – это круг. По форме земной тени астрономы сделали вывод о шарообразности Земли.

Разбалловка: за понимание явления – 4 балла; за вывод о шарообразности Земли – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. А) 1-В, 2-Е, 3-А, 4-Б, 5-Г, 6-Д.

Б)

Звезда	Созвездие	Небесная полусфера
Альтаир	Орла	Северная
Спика	Девы	Южная

Сириус	Большого Пса	Южная
Капелла	Возничего	Северная
Денеб	Лебедя	Северная
Ригель	Ориона	Южная

Разбалловка: за каждую верно определенную пару «звезда-созвездие» – по 1 баллу; за определение всех звезд южной полусферы – 2 балла (при наличии одной ошибки - 1 балл, если более одной ошибки – 0 баллов); за определение всех звезд северной полусферы – 2 балла (при наличии одной ошибки - 1 балл, если более одной ошибки – 0 баллов).

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. А) По указанным данным определяем радиус орбиты в а.е. и сравниваем полученное значение с таблицей в справочном материале.

	Планета	Вычисленное значение	Табличное значение
1	Марс	$0,52 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 1,52 \text{ а.е.}$	1,52 а.е.
2	Меркурий	$58 \cdot 10^6 \text{ км} : 1,496 \cdot 10^8 \text{ км} = 0,3877 \text{ а.е.}$	0,39 а.е.
3	Юпитер	$630 \cdot 10^6 \text{ км} : 1,496 \cdot 10^8 \text{ км} + 1 \text{ а.е.} = 5,2112 \text{ а.е.}$	5,20 а.е.
4	Сатурн	9,54 а.е.	9,54 а.е.

Б) Марс может сильнее приближаться к Земле

Планета	Расстояние до Земли
Марс	0,52 а.е.
Меркурий	$1 \text{ а.е.} - 0,3877 \text{ а.е.} = 0,6123 \text{ а.е.}$
Юпитер	$5,2112 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 4,2112 \text{ а.е.}$
Сатурн	$9,54 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 8,54 \text{ а.е.}$

В) Меркурий, так как это внутренняя планета.

Г) Марс.

Угловой размер α вычисляется по формуле $\alpha = d/R$, где d – диаметр планеты, а R – расстояние до неё от наблюдателя.

Максимальным угловой размер будет в самой близкой к наблюдателю точке орбиты, а минимальным – в наиболее удалённой. Таким образом, чтобы найти, в какое максимальное число раз изменится угловой размер в ходе орбитального движения (планеты и Земли) надо найти отношение расстояний в указанных двух точках. И выбрать ту планету, у которой оно максимально.

Переведём все заданные в условии единицы в а.е., вычислим для каждой планеты максимальное и минимальное расстояния, а также отношение $R_{\max}/R_{\min}$.

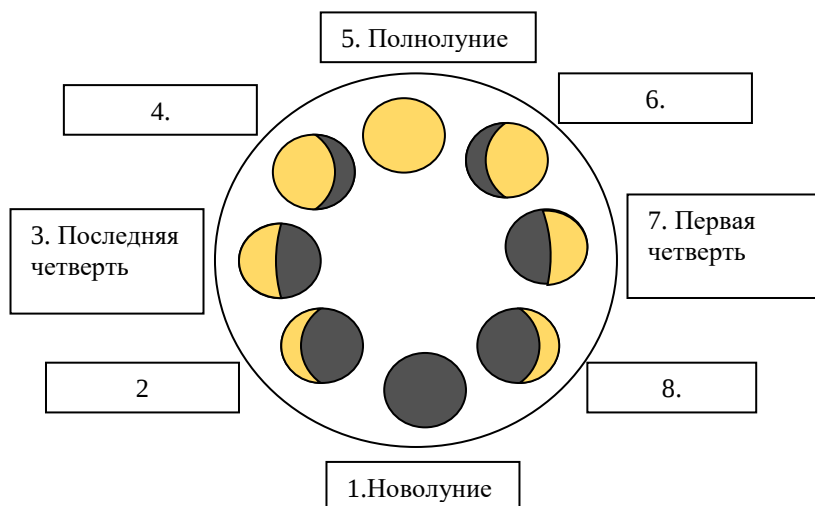
Планета	$R_{\max}$	$R_{\min}$	$R_{\max}/R_{\min}$
Марс	2,52 а.е.	0,52 а.е.	4,8
Меркурий	2,61 а.е.	0,61 а.е.	4,3
Юпитер	6,21 а.е.	4,21 а.е.	1,5
Сатурн	10,54 а.е.	8,54 а.е.	1,2

Разбалловка: А) – до 2 баллов; Б) – до 2 баллов; В) – до 2 баллов; Г) – до 2 баллов.

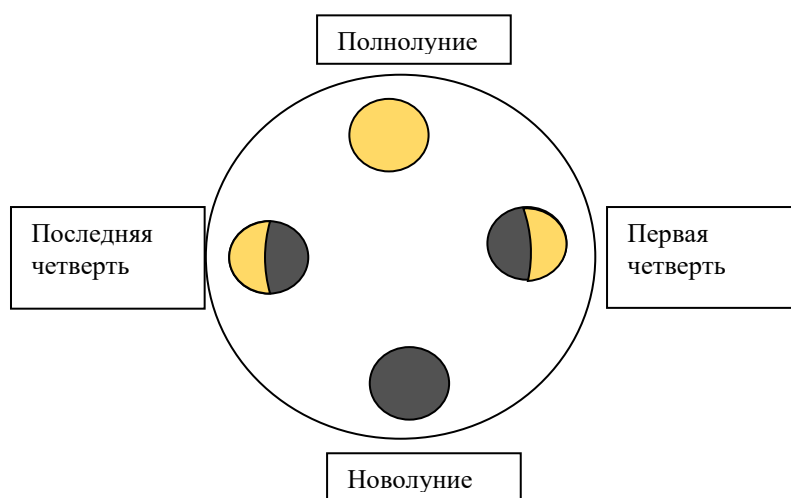
Максимальное количество баллов за задачу – 8 баллов.

4. А) В данной задаче могут быть два варианта циферблата: когда указаны основные (главные) фазы Луны и когда с оновными указаны «промежуточные».

1. Вариант



2. Вариант



Б) В соответствии с изображенным циферблатом цена деления определяется:

$$\text{Ц.д.} = \frac{\text{Продолжительность среднего синодического месяца}}{\text{количество фаз}}; \text{Ц.д.} = \frac{29,5 \text{ сут.}}{8} = 3,69 \text{ сут.}$$

или

$$\text{Ц.д.} = \frac{\text{Продолжительность среднего синодического месяца}}{\text{количество основных фаз}}; \text{Ц.д.} = \frac{29,5 \text{ сут.}}{4} = 7,38 \text{ сут.}$$

В) В первую очередь астрономам для примерного определения времени; агрономам – для выращивания и ухода за растениями.

Разбалловка: А) – до 4 баллов; Б) – до 2 баллов; В) хотя бы один верный ответ – до 2 баллов.

Максимальное количество баллов за задание – 8 баллов.

5. Найдем относительную скорость Цереры: $v_{\text{отн}} = d/t$, (1)

где d – диаметр карликовой планеты, t – время наблюдения

$$v_{\text{отн}} = 930000 \text{ м}/36\text{с} \approx 25800 \text{ м}/\text{с} \quad (2)$$

Напишем выражение для относительной скорости: $v_{\text{отн}} = v_{\text{л}} + v_{\text{ц}}$ (3)

Переведем скорость лайнера в СИ: $v_{\text{л}} = 7800 \text{ м}/\text{с}$ (4)

Найдем скорость Цереры: $v_{\text{ц}} = v_{\text{отн}} - v_{\text{л}} = 25800 - 7800 = 18000 \text{ (м/с)} = 5 \text{ (км/ч)}$ (5)

Разбалловка: за формулу (1) – 2 балла; за расчеты (2) – 1 балл; за формулу (3) – 1 балл; за (4) – (5) – до 4 баллов.

Максимальное количество баллов за задачу – 8 баллов.

6. А) Суперлуние.

Б) Суперлунием называют период, когда одновременно происходят два явления: полнолуние и максимальная близость Луны к Земле на эллиптической орбите.

В) Ночью 19 августа 2024 года и 17 сентября 2024 года.

Г) Звездопад Персеиды - метеорный поток, источником которого является шлейф пылевых частиц, образованный кометой Свифта — Туттля. Когда Земля проходит через него, эти частицы сгорают в атмосфере, образуя в небе яркие белые вспышки — метеоры.

Метеорный поток Персеиды получил такое название, потому что источник кометы, или радиант, расположен в зоне созвездия Персея.

Разбалловка: А) – 2 балла; Б) – до 2 баллов; В) – до 2 баллов; Г) – до 2 баллов.

Максимальное количество баллов за задачу – 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

8-е классы

1-3 см. в решениях за 7 класс.

4. Перевод углового диаметра для момента «суперлуния»:

$$\alpha = 0,5 \cdot 1,14 = 0,57^{\circ} \quad (1)$$

$$\text{Переведем в радианы: } \alpha = 0,57 \cdot 2\pi / 360 = 0,00994(\text{рад}) \quad (2)$$

Формула для вычисления расстояния: $L = d/\alpha$, где d - линейный диаметр шара, α - угловой диаметр шара в радианах. (3)

По условию: угловой диаметр шара должен быть в 2 раза меньше лунного.

$$\text{Вычислим расстояние: } L = 15_{\text{м}} / 0,00497 \approx 3018_{\text{м}} \quad (4)$$

Разбалловка: за перевод углового диаметра (1) – 2 балла, за перевод в радианы (2) – 2 балла, за формулу расстояния (3) – 2 балла, за вычисление расстояния (4) – 2 балла

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Перевод периода обращения Меркурия: 88 суток = 0,24 года (1)

Перевод периода обращения астероида: 113 суток = 0,31 год (2)

$$\text{На основании третьего закона Кеплера: } (T_M / T_a)^2 = (a_M / a_a)^3 \quad (3)$$

$$\text{Отсюда: } a_a = a_M (T_a / T_M)^{2/3}, \quad a_a \approx 0,46 a_e. \quad (4)$$

$$\text{Найдем отношение расстояний: } a_a / a_M = 0,46 / 0,39 \approx 1,18 \quad (5)$$

Разбалловка: за перевод периода (1) – 1 балл, за перевод периода (2) – 1 балл, за формулу (3) – 2 балла, за вычисление расстояния (4) – 2 балла, за сравнение расстояний (5) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Формула синодического периода Земли относительно Марса:

$$1/S = 1/T_3 - 1/T_M \quad (1)$$

$$\text{Подставим численные значения: } 1/S = 1/365,25 - 1/687 \approx 0,00128, \text{ тогда } S \approx 781_{\text{сут}} \quad (2)$$

$$\text{Переведем в земные года: } S \approx 781_{\text{сут}} / 365,25_{\text{сут}} \approx 2,14_{\text{г}} \quad (3)$$

Разбалловка: за формулу (1) – 2 балла, за вычисление (2) – 4 балла, за перевод (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

9-й класс

1. Верные: 2, 5, 6, 8

1) Неверно, выполняется только в дни равноденствий.

2) Верно, Луна на небе днем в новолунии, вблизи узла орбиты.

3) Неверно, не делится на 400.

4) Неверно, Венера может не проецироваться на диск Солнца.

5) Верно: $h_{\text{в.к.}} = 90^{\circ} - \varphi = 90^{\circ} - 58^{\circ}36' = 31^{\circ}24'$, т.к. $\delta_{\text{Солнца}} = 0^{\circ}$

6) Верно: $h_{в.к.} = 90^{\circ} - (\varphi - \delta) = 90^{\circ} - (58^{\circ}36' - 23^{\circ}27') = 54^{\circ}51'$, т.к. $\delta_{\text{Солнца}} = 23^{\circ}27'$

7) Неверно, в последней четверти Луна наблюдается на небе утром.

8) Верно, это период смены лунных фаз.

Разбалловка: за каждый верный ответ – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. 1-Г, 2-А, 3-Ж, 4-Б, 5-Д, 6-З, 7-В, 8-Е

Разбалловка: за каждый верный ответ – по 1 баллу.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов

3. Юлианский и григорианский календари (соответственно «старый стиль» и «новый стиль») отличаются тем, что годы, номера которых делятся на 100 и не делятся на 400 нацело, в юлианском календаре являются високосными, а в григорианском – нет. Поэтому 1800 и 1900 года не являются високосными по «новому стилю». Поэтому для событий, произошедших до 1 марта 1900 года нужно прибавлять не 13, а 11 дней. Именно поэтому день рождения А.С. Пушкина празднуется 6 июня, а не 8 июня.

Разбалловка: за описание различий «старого» и «нового» стилей в настоящее время – 4 балла; за описание различий до 1 марта 1900г. – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. В невесомости на жидкость очень слабо (из-за большого расстояния) действует сила притяжения к планете или звезде (1). В невесомости жидкость будет стремиться принять шарообразную форму из-за сил поверхностного натяжения. Дно и стенки несферического сосуда будут препятствовать ей в этом, поэтому жидкость будет давить на дно и стенки сосуда (2).

Разбалловка: за правильный ответ без объяснения – 0 баллов; за утверждение (1) – 2 балла, правильный ответ с объяснением (2) – 6 баллов.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Расстояние от Солнца до Земли равно 1 а.е. То есть в противостоянии расстояние от Земли до Марса равно 0,5 а.е. Соединение – это такая конфигурация, когда Марс находится на противоположной от Земли точке орбиты за Солнцем. То есть, в соединении Марс находится от Земли на расстоянии 2,5 а.е.

Если размер объекта в противостоянии обозначить s_1 , а в соединении s_2 , расстояние от Земли до Марса в противостоянии r_1 , а в соединении r_2 , то будет справедливо отношение: $s_1/s_2 = r_1/r_2$ (1)

Выражаем s_2 : $s_2 = (s_1 \cdot r_2)/r_1$ (2)

Подставляем значения: $s_2 = (150\text{км} \cdot 2,5\text{а.е.})/0,5\text{а.е.} = 750\text{км}$ (3)

Разбалловка: за написание того, что называется соединением – 2 балла; за правильное нахождение расстояний r_1 и r_2 – по 1 баллу; за написание формулы (1) – 2 балла; за получение формулы (2) – 1 балл, за правильный окончательный ответ (3) – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Геостационарный спутник – это искусственный спутник Земли, который всё время находится над одной и той же точкой поверхности Земли. Угловая скорость вращения таких спутников совпадает с угловой скоростью вращения самой Земли. Орбита такого спутника является круговой и располагается в плоскости экватора. Период обращения такого спутника равен периоду обращения Земли вокруг своей оси. (1)

$T = 2\pi/v_{cn}$, где r – радиус орбиты спутника.

Выведем формулу для расчета круговой скорости: $F_{тяг} = F_{ц}$

$G \frac{mM}{r^2} = \frac{mv_{cn}^2}{r}$, где m – масса спутника, M – масса Земли.

После упрощения получаем: $GM/r = v_{cn}^2$, $v_{cn} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ (2)

Подставляем $v_{сн}$ в формулу периода обращения: $T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{GM}}$ (3)

Отсюда найдем: $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ (4)

Подставляем числовые значения:

$$r = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} кг \cdot (24 \cdot 3600)^2 с^2}{4 \cdot 3,14^2}} \approx 42000 км$$
 (5)

Чтобы оценить размеры земной тени примем, что её диаметр d приближенно равен диаметру Земли или двум радиусам Земли: $d = 2R_z = 2 \cdot 6370 км = 12740 км$

Длина орбиты спутника: $l = 2\pi r = 2 \cdot 3,14 \cdot 42000 км = 263760 км$

Размер земной тени намного меньше длины орбиты спутника. Поэтому отрезок орбиты внутри земной тени можно считать отрезком прямой. Если длину орбиты спутник проходит за 24 часа, то время прохождения земной тени:

$$t = (d \cdot 24ч) / l = (12740 км \cdot 24ч) / 263760 км \approx 1,16ч$$
 (6)

Разбалловка: за определение (1) – 1 балл; за вывод формулы (2) или использование формулы для первой космической скорости без вывода – 2 балла; за написание формул (3) – (4) – 2 балла; за расчет радиуса орбиты спутника (5) – 1 балл; за правильный окончательный ответ (6) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

10-й класс

1-2. см. в решениях за 9 класс.

3. Найдем всемирное время, когда в Кирове 12 ч поясного времени:

$$UT = 12^h - 3^h = 9^h$$
 (1)

$$\text{Среднее солнечное время связано с всемирным соотношением: } T_{cc} = UT + \lambda = 15^h$$
 (2)

$$\text{Из (2) и (1) найдем долготу: } \lambda = T_{cc} - UT = 15^h - 9^h = 6^h$$
 (3)

$$\text{Ответ: долгота точки } \lambda = 6^h = 90^\circ \text{ в.д.}$$
 (4)

Разбалловка: за каждое верное утверждение (1) – (4) – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Переведем расстояние до туманности из св. лет в км:

$$L = 2300 \cdot 3 \cdot 10^5 км/с \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 с \approx 2300 \cdot 9,46 \cdot 10^{12} км \approx 2,18 \cdot 10^{16} км$$
 (1)

Найдем линейный диаметр туманности:

$$D = \rho L / 206265 = 2,5 \cdot 60' \cdot 2,18 \cdot 10^{16} км / 206265 \approx 1,6 \cdot 10^{13} км = 1,6 \cdot 10^{16} м$$
 (2)

Теперь можно рассчитать отношение диаметров туманности и колечка:

$$D/d = (1,6 \cdot 10^{16} м) / (1,8 \cdot 10^{-2} м) \approx 8,9 \cdot 10^{17}$$
 (3)

Разбалловка: за перевод единиц (1) – 2 балла; за нахождение линейного диаметра туманности (2) – до 4 баллов; за нахождение отношений диаметров (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Из справочных данных находим большие полуоси планет Меркурия и Нептуна:

$$a_m = 0,38 а.е., a_n = 30,06 а.е.$$

$$\text{Расстояние кометы от Солнца в перигелии орбиты: } q = a_k (1 - e) = a_m$$
 (1)

$$\text{Расстояние кометы от Солнца в афелии орбиты: } Q = a_k (1 + e) = a_n$$
 (2)

Из (1) и (2) найдем выражение для эксцентриситета орбиты кометы:

$$e = (a_n - a_m) / (a_n + a_m)$$
 (3)

$$\text{Подставив численные значения в (3) получаем: } e = (30,06 - 0,38) / (30,06 + 0,38) \approx 0,975$$
 (4)

Найдем большую полуось орбиты кометы:

$$a_k = \frac{a_m}{1 - e} = \frac{0,38 а.е.}{1 - 0,975} \approx 15,2 а.е. \text{ или } a_k = \frac{a_n}{1 + e} = \frac{30,6 а.е.}{1 + 0,975} \approx 15,2 а.е.$$
 (5)

Сидерический период можно найти из третьего закона Кеплера: $T_k^2 = a_k^3$, где T_k – в годах,

$$a_k - \text{в а.е. Отсюда: } T_k = \sqrt{a_k^3} = \sqrt{15,2^3} \approx 59,32 \quad (6)$$

Разбалловка: за нахождение эксцентриситета (1) – (4) – до 4 баллов; за нахождение большой полуоси (5) – до 2 баллов; за нахождение периода (6) – до 2 баллов.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Найдем среднюю концентрацию звезд в скоплении, считая, что они распределены равномерно: $n = \frac{N}{V} = \frac{3N}{4\pi R^3}$; $n = \frac{3 \cdot 200000}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^3} \approx 48(\text{пк}^{-3})$ (1), (2)

$$\text{Найдем расстояние до звезд с заданным параллаксом: } l = 1/\rho = 1/0,5'' = 2\text{пк} \quad (3)$$

$$\text{Найдем количество звезд в сфере радиусом 2 пк: } N = \frac{4\pi l^3}{3} n = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 2^3}{3} 48 \approx 1607 \quad (4)$$

Разбалловка: за нахождение концентрации звезд (1) – (2) – 2 балла; за нахождение расстояния до звезд (3) – 2 балла; за нахождение ответа на вопрос (4) – до 4 баллов.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

11-й класс

1-2. см. в решениях за 9 класс.

3. см. в решениях за 10 класс.

4. Луна бывает в зените на экваторе столько раз, сколько она пересекает небесный экватор (1). В течение сидерического месяца 27,32 д. она делает это дважды (2). Значит, в среднем 26 – 27 раз в течение года Луна видна в зените из различных точек на экваторе (3). Разбалловка: за утверждение (1) – 3 балла; за утверждение (2) – 3 балла; за утверждение (3) – 2 балла

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Движение спутника всё время происходит по круговой орбите, а сила сопротивления только уменьшает общую энергию спутника: $E = -\frac{GMm}{R+H} + \frac{m\vartheta^2}{2} = -\frac{m\vartheta^2}{2}$ (1)

Изменение полной энергии за один оборот вокруг Земли равно:

$$\Delta E_n - 2\pi(R+H)F, \text{ тогда: } -\frac{m\vartheta^2}{2} - 2\pi RF = -\frac{m(\vartheta + \Delta\vartheta)^2}{2} \quad (2)$$

Скорость спутника увеличивается, несмотря на уменьшение полной энергии. Учитывая, что $\Delta\vartheta \ll \vartheta$ и $\vartheta = \sqrt{g(R+H)}$, получаем: $\Delta\vartheta = \frac{2\pi F}{m} \sqrt{\frac{R+H}{g}} = 0,018\text{м/с}$ (3)

Разбалловка: за утверждение (1) – 3 балла; за утверждение (2) – 3 балла; за утверждение (3) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Расстояние от Луны до Марса меняется от 0,52 а.е. до 2,52 а.е. (1).

Если Луна наблюдалась с Марса в своё полнолуние, то её звёздная величина была бы равна $m \approx -12,8m + 5\lg(0,52 \cdot 150000/384) \approx -1,3m$ (2)

При наибольшем удалении Луны от Марса аналогично получаем: $m \approx -12,8m + 5\lg(2,52 \cdot 150000/384) \approx +2,2m$ (3)

Разбалловка: за верное утверждение (1) – 2 балла; за утверждение (2) – 3 балла; за утверждение (3) – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.