



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

АСТРОНОМИЯ, 2022

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2022/2023 учебном году

Киров
2022

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 2022-2023 учебном году / Сост. Е.В. Горшкова, Т.В. Жбанникова, М.А. Кислицына, Т.А. Сысоева, Д.В. Перевощиков, – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2022. – 15 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т. В.: 5-6.4, 5-6.5, 5-6.6.

Сысоева Т.А.: 7-8.4, 7-8.5, 7-8.6.

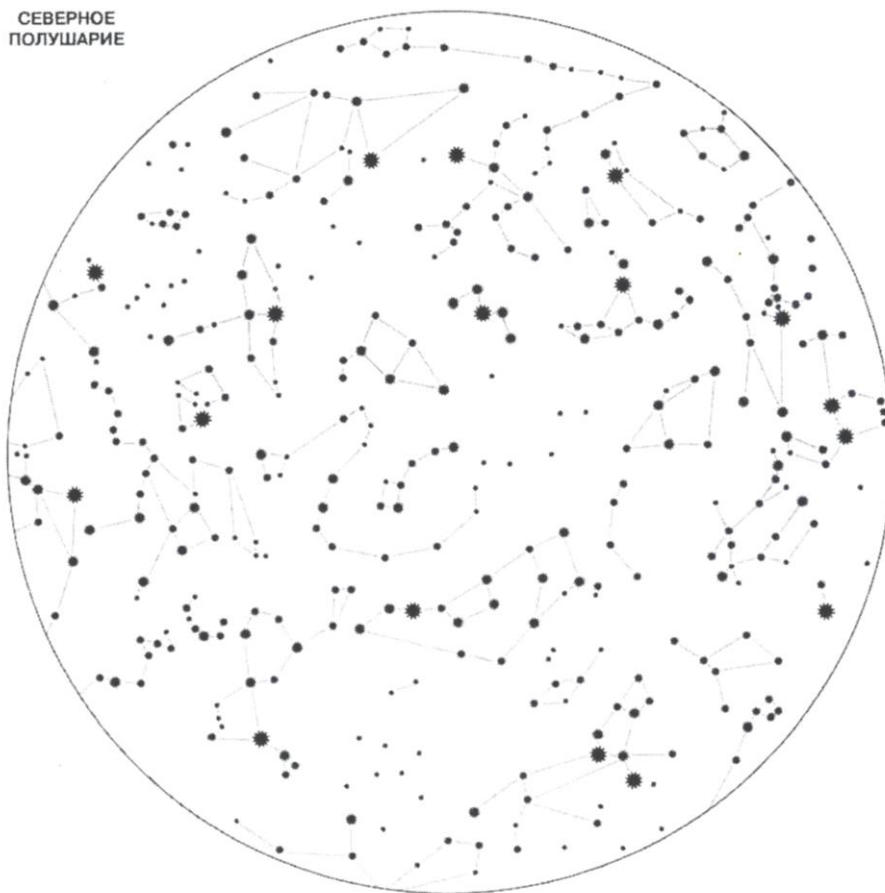
Горшкова Е. В.: 9.3., 9.4, 9.5., 9.6.

Кислицына М. А.: 5-6.1, 5-6.2, 5-6.3, 9.1, 9.2, 10.4, 10.5, 10.6.

Перевощиков Д.В.: 11.4, 11.5, 11.6.

ЗАДАНИЯ 5–6-е классы

СЕВЕРНОЕ
ПОЛУШАРИЕ



1. Найдите созвездия (обведите на карте и обозначьте цифрой):
- 1) М. Медведица
 - 2) Б. Медведица
 - 3) Лев
 - 4) Лебедь
 - 5) Кассиопея
 - 6) Лира
 - 7) Цфефй
 - 8) Близнецы

2. Выберите все верные утверждения о планете Меркурий:

- 1) вторая по удаленности от Солнца
- 2) ближайшая к Солнцу планета
- 3) самая «жаркая» планета
- 4) имеет крайне разреженную атмосферу
- 5) окружена очень плотной атмосферой
- 6) перепад температур от дневных к ночным более 600° С
- 7) поверхность покрыта кратерами
- 8) на планете есть вода.

3. 17 сентября 2022 года исполнилось 165 лет со дня рождения К.Э. Циолковского.

Выберите основные достижения в области воздухоплавания и космонавтики:

- 1) создание первой в стране аэродинамической лаборатории и аэродинамической трубы;
- 2) создание самолета;
- 3) создание модели цельнометаллического дирижабля;
- 4) создание модели управляемого аэростата;
- 5) создание модели скафандра;
- 6) изложение строгой теории реактивного движения и доказательство необходимости использования ракет для космических путешествий;
- 7) создание первой ракеты.

4. В Интернете часто встречается информация о том, что Марс, в противостоянии может наблюдаться как вторая Луна. Поясните смысл термина «противостояние».

Подтвердите или опровергните изложенный факт, свой вывод обоснуйте расчетами. Средний диаметр Марса 6794 км. Средний диаметр Луны – 3476 км, среднее расстояние от Земли до Луны -384 400 км.

5. Медуза, Краб, Красный паук, Кошачий глаз - это названия из «Космического зоопарка». К каким группам космических объектов они относятся и на фоне какого созвездия наблюдаются?

6. Считая движение станции «Вояджер -1» равномерным и прямолинейным с постоянной скоростью 17 км/с, рассчитайте, на какое расстояние удалилась эта станция за 42 года своего путешествия, это расстояние переведите в астрономические единицы. Находится ли станция в пределах Солнечной системы, если считать, что границы Солнечной системы простираются на расстояние 130 а.е. от Солнца? Продолжительность года 365 суток, 1 астрономическая единица равна 150 000 000 км.

7-8 классы

Задачи 1-3 см. в заданиях 5-6 класса.

4. Знаменитый путешественник, пересекая Черное море, наблюдал солнечное затмение 10 июня 2021 года. Луна полностью покрыла Солнце на 3 мин 51 с. А на палубе корабля полная фаза этого затмения увеличилась до 3 мин 54 с. В каком направлении двигался корабль? Какое расстояние прошел корабль? Скорость движения тени от Луны принять равной 1000 км/ч.

5. На каком расстоянии от глаза надо держать булавочную головку, чтобы она покрыла солнечный диск? Диаметр булавочной головки 3 мм, диаметр Солнца в 109 раз больше диаметра Земли, расстояние от Земли до Солнца 150 млн. км, диаметр Земли 12742 км. Сделайте схематический рисунок.

6. Инопланетные звездолеты решили поиграть в «догонялки». Скорость первого звездолета 160000 км/ч, он гонится за вторым звездолетом, скорость которого 100000 км/ч. В начальный момент времени расстояние между ними 100000 км. Когда второй звездолет пролетел 80000 км, дорогу ему перелетела комета. Как известно, это плохая примета, поэтому пилот остановил корабль и простоял 12 мин, после чего продолжил движение с прежней скоростью. Через какое время первый звездолет догонит второй?

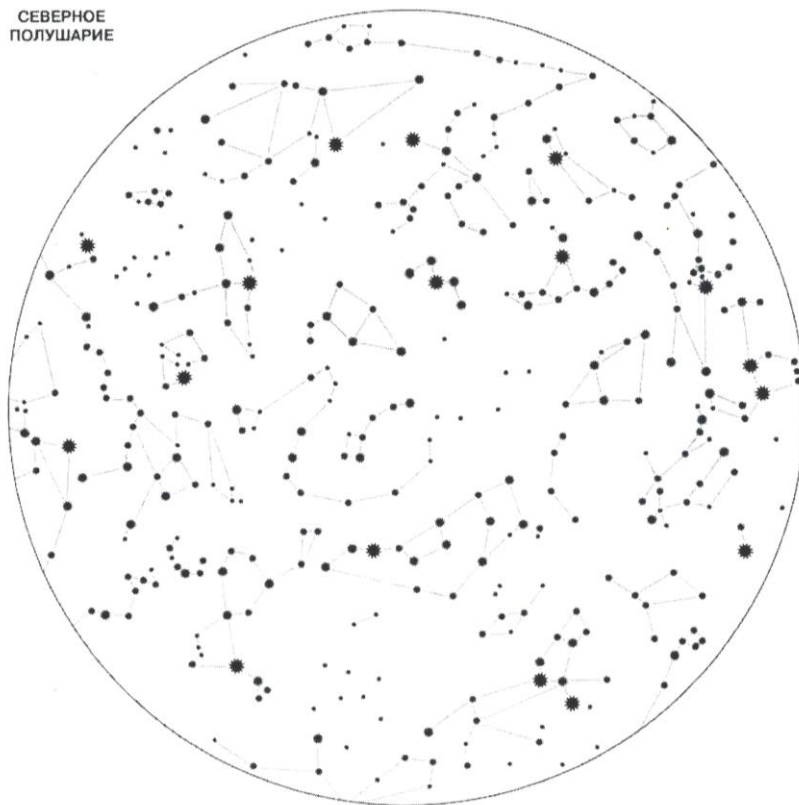
9-й класс

1. Обведите на карте астеризмы и обозначьте цифрой:

- 1) М. Ковш
- 2) Б. Ковш
- 3) Утюжок (Серп)
- 4) Летне-осенний треугольник
- 5) W
- 6) Домик

Каким созвездиям соответствуют эти астеризмы?

СЕВЕРНОЕ
ПОЛУШАРИЕ



2. Выберите все верные утверждения о планете Венера:

- 1) вторая по удаленности от Солнца
- 2) ближайшая к Солнцу планета
- 3) аномально высокие температуры – около 480°C
- 4) имеет крайне разреженную атмосферу
- 5) окружена очень плотной атмосферой
- 6) перепад температур от дневных к ночным более 600°C
- 7) практически нет суточных и сезонных колебаний температур
- 8) есть вода.

3. 17 сентября 2022 года исполнилось 165 лет со дня рождения К.Э. Циолковского. Назовите его основные достижения в области воздухоплавания и космонавтики (не менее 4-х).

4. При изготовлении астрономического зеркала на поверхность площадью 1 м^2 напылили $0,1\text{ г}$ серебра. Оцените размеры атомов серебра, если в зеркальном покрытии 100 атомных слоев (плотность серебра $\rho = 10500\text{ кг/м}^3$).

5. Может ли спутник обращаться вокруг Земли по круговой орбите, делая 18 оборотов в сутки?

6. 15 октября 2022 года исполняется 25 лет с момента запуска работы космического аппарата «Кассини», который исследовал и фотографировал планету Сатурн и его спутники, став первым искусственным спутником планеты. Расстояние от Сатурна до Солнца $9,58\text{ а.е.}$ За какое минимальное время информация, полученная аппаратом, достигала Земли (без учета размеров планеты)? Ответ выразите в часах и минутах.

10-й класс

Задачи 1-3 см. в заданиях 9 класса.

4. На какой высоте над горизонтом бывает расположено Солнце в г. Кирове 22 июня в верхней кульминации? В нижней кульминации? Можно ли наблюдать наступление навигационных или астрономических сумерек в этот день (обоснуйте ответ)? Широта г. Кирова $\varphi = 58^{\circ}36'$.

5. Любитель астрономии наблюдает повторение противостояний планеты примерно через 1,035 г. Определите, какая это планета? Во сколько раз она дальше от Солнца, чем Земля?

6. Любительский телескоп имеет следующие характеристики: объектив диаметром 130 мм (фокусное расстояние 650 мм), два окуляра с фокусными расстояниями 10 мм и 20 мм. Найдите увеличение, даваемое телескопом, разрешающую способность. Можно ли увидеть в этот телескоп компоненты двойной звезды с разделением $1,5''$? Какой из этих окуляров лучше выбрать для наблюдения туманностей; планет?

11-й класс

Задачи 1-3 см. в заданиях 9 класса.

4. У кометы при приближении к Солнцу на расстояние 1,4 а.е. появился тонкий прямой газовый хвост, направленный в пространстве точно от Солнца. Определите максимально возможный угловой размер хвоста кометы. Наблюдения производятся с Земли. Считайте орбиту Земли окружностью.

5. В каком созвездии находится Луна при наблюдении с Земли, когда расстояние и от центра Земли и от центра Луны до центра Солнца равно 1000 а.е.? Считайте орбиту Земли эллипсом, близким к окружности.

6. Определите максимально возможную звездную величину самых слабых звезд, которые можно увидеть в телескоп с увеличением 10^x .

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

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

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

Координаты Кирова: $\varphi_K = 58,6036^\circ \text{ с.ш.}$, $\lambda_K = 49,668^\circ \text{ в.д.}$

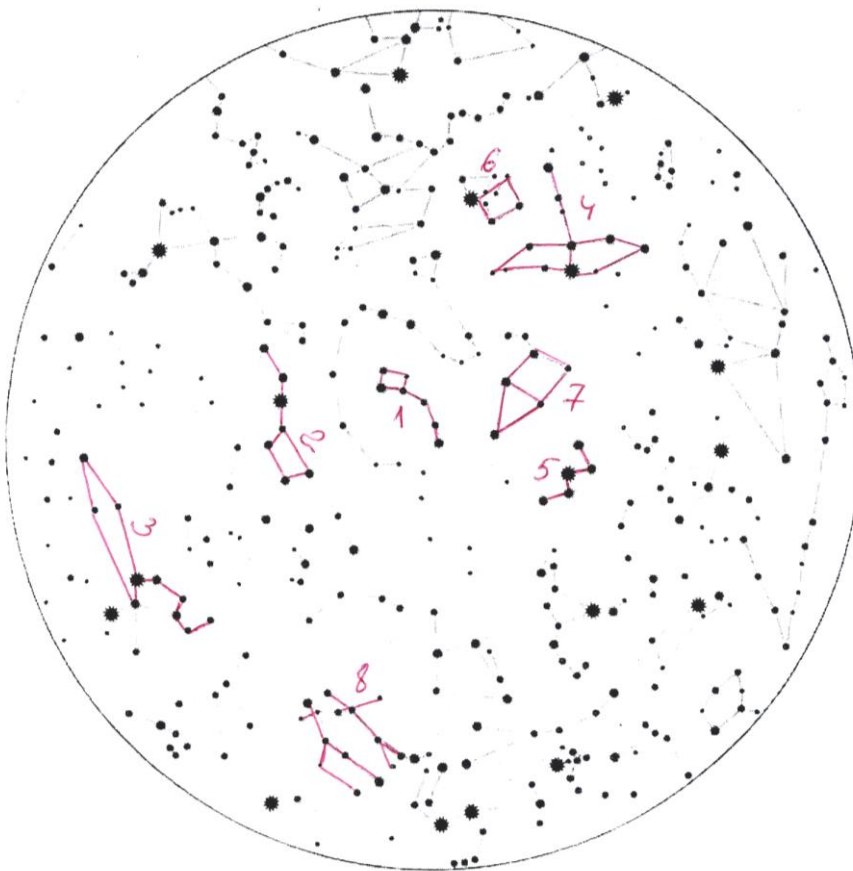
Период вращения Земли вокруг оси 23 ч 56 мин 4 с.

Планета	Большая полуось, а.е.
Меркурий	0,39
Венера	0,72
Земля	1,00
Марс	1,52
Юпитер	5,20
Сатурн	9,54
Уран	19,19
Нептун	30,06

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1.



*Разбалловка: за
каждое правильно
найденное созвездие – 1
балл.*

*Максимальная
стоимость ответа
составляет 8 баллов.*

2. Верные утверждения: 2, 4, 6, 7.

Разбалловка: за каждое верное утверждение из предложенных – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. 1), 3), 4), 6).

Разбалловка: за указание любого из достижений, в т.ч. из не перечисленных — по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Для решения задачи нужно учитывать данные о Луне и Марсе:

1) противостояние Марса – это событие, когда Земля и Марс оказываются на наименьшем расстоянии друг от друга. При этом Земля расположена точно на линии Марс - Солнце. Среднее расстояние от Земли до Марса в моменты противостояний составляет от 56 до 60 млн. км;

2) средний диаметр Марса примерно в 2 раза больше среднего диаметра Луны;

3) чтобы Марс наблюдался на небе такого же размера, как Луна, он должен быть в 2 раза дальше, чем Луна, это составляет примерно $384\,400\text{ км} \cdot 2 = 768\,800\text{ км}$. Это меньше расстояния до Марса в моменты противостояний. Значит, увидеть Марс таким как Луна, невозможно, он будет гораздо меньше.

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Медуза – туманность, которая находится в созвездии Близнецов. Краб (Крабовидная туманность)- туманность, которая находится в созвездии Тельца. Красный паук – туманность, которая находится в созвездии Стрельца. Кошачий глаз – туманность, которая находится в созвездии Дракона.

Разбалловка: за правильное указание каждого объекта — по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Чтобы определить расстояние, пройденное Вояджером, необходимо использовать

формулу пути: $s = vt$. Время 42 года необходимо перевести в секунды:
 $t = 42 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 1324512000 \text{ с}$.

$s = 17 \text{ км/с} \cdot 1324512000 \text{ с} = 22516704000 \text{ км} \approx 150,11 \text{ а. е.}$

Так как в условиях задачи определена граница Солнечной системы в 130 а. е., то станция, исходя из расчетов, покинула Солнечную систему.

Разбалловка: за формулу пути – 2 балла; за перевод времени пути в секунды – 2 балла; за вычисление пройденного пути в километрах – 2 балла; за вычисление пути в а.е. – 1 балл; за вывод о том, что «Вояджер-1» покинул Солнечную систему – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

7-8-е классы

1-3 см. в решении за 5-6 класс.

4. Корабль двигался в направлении движения Луны по небесной сфере, т.е. с запада на восток.

Расстояние, пройденное кораблем, найдем по формуле: $S = vt$

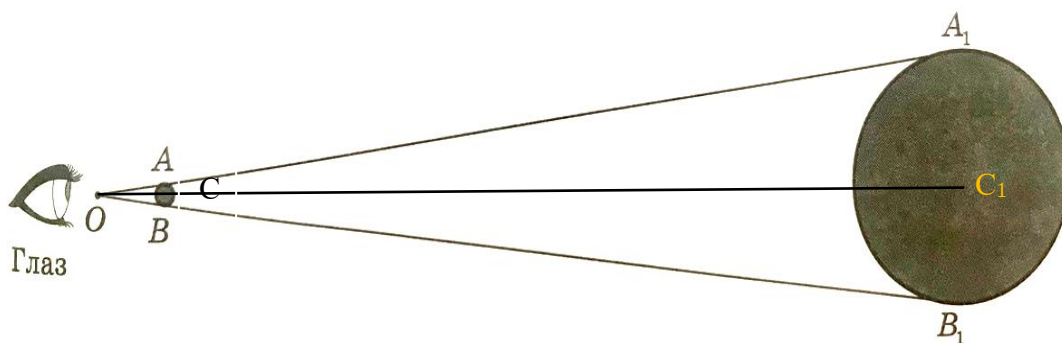
где $\Delta t = 3 \text{ с}$, $v = 1000 \text{ км/ч} \approx 277 \text{ м/с}$

Получаем: $S = 277 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с} = 831 \text{ м} = 0,831 \text{ км}$

Разбалловка: за верное определение направления движения корабля – 4 балла; за нахождение смещения корабля – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5.



Треугольники AOC и A_1OC_1 подобны. Значит, их соответствующие стороны подобны:

$AC/A_1C_1 = OC/OC_1$, тогда $OC = (OC_1 \cdot AC)/A_1C_1$.

Учтем, что $A_1C_1 = 109 \cdot 6371 \text{ км}$

$$OC = \frac{150 \cdot 10^9 \text{ м} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{109 \cdot 6371 \cdot 10^3 \text{ м}} \approx 0,32 \text{ м}$$

Разбалловка: за рисунок – 4 балла; за идею подобия треугольников – 2 балла; за нахождение ответа – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Время, за которое второй звездолет пролетел расстояние до встречи с кометой:

$$t_1 = S_1/v_1 = 80000 \text{ км} / 100000 \text{ км/ч} = 0,8 \text{ ч} = 48 \text{ мин.} \quad (1)$$

За 48 мин полета и 12 мин простоя второго звездолета (всего 1 час) первый звездолет пролетел 160000 км. (2)

За 1 час расстояние между звездолетами уменьшилось на 80000 км, значит

$$S_2 = 20000 \text{ км} - \text{расстояние между звездолетами через 1 час.} \quad (3)$$

$$\text{Скорость сближения звездолетов: } v = v_1 - v_2 = 160000 \text{ км/ч} - 100000 \text{ км/ч} = 60000 \text{ км/ч} \quad (4)$$

Время, которое понадобится первому звездолету, чтобы поравняться со вторым:

$$t_2 = S_2 / v = 20000 \text{ км} / 60000 \text{ км/ч} = 1/3 \text{ ч} = 20 \text{ мин} \quad (5)$$

Разбалловка: за (1) – 2 балла; за (2) – 1 балл; за (3) – 1 балл; за (4) – 2 балла; за ответ (5) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

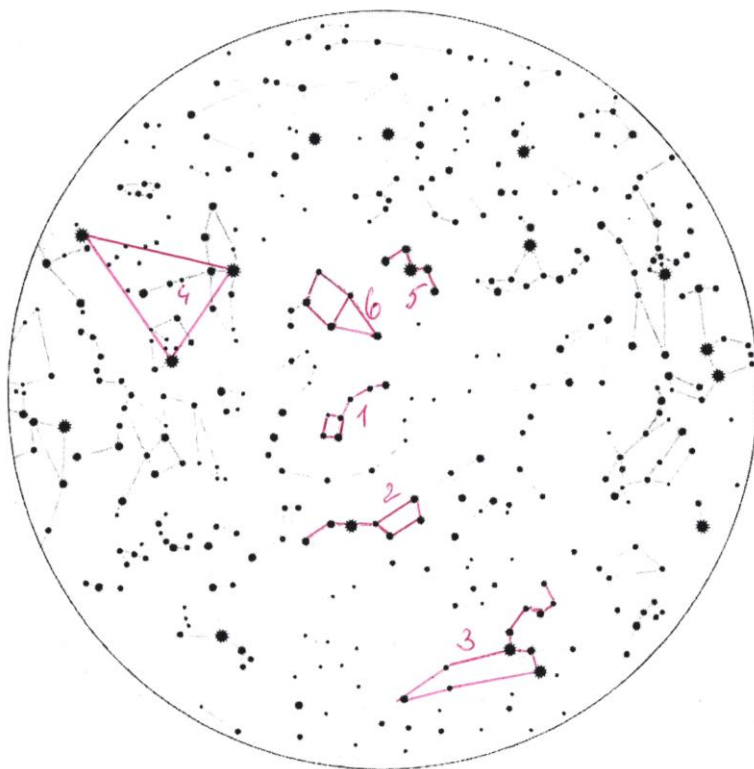
Максимальное количество баллов за все задания: 48.

9-й класс

1. 1) М. Медведица
- 2) Б. Медведица
- 3) Лев
- 4) Лебедь, Лира, Орел
- 5) Кассиопея
- 6) Цефей

Разбалловка: за ответы 1, 2, 3, 5, 6 – по 1 баллу, за ответ 4 – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.



2. Верные утверждения: 1, 3, 5, 7.

Разбалловка: за каждое верное утверждение из предложенных – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Создание первой в стране аэродинамической лаборатории и аэродинамической трубы, разработка методики изучения аэродинамических свойств летательных аппаратов, работы по теории ракетостроения, обоснование возможности совершения путешествий в космос, создание собственной схемы газотурбинного двигателя, изложение строгой теории реактивного движения и доказательство необходимости использования ракет для космических путешествий, проектирование управляемого аэростата, создание модели цельнометаллического дирижабля, идея о старте ракеты с наклонной направляющей, успешно используемая в системах залпового огня.

Разбалловка: за верное указание любого из достижений, в т.ч. не из перечисленных выше — по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Запишем формулу для расчета массы: $m = \rho V$ (1)

Объем представим, как произведение площади поверхности S и толщины слоя серебра h : $V = Sh$ (2)

Толщину слоя серебра можно выразить через диаметр атома d и число слоев N : $h = dN$ (3)

Тогда: $m = \rho S d N$ (4)

Отсюда: $d = \frac{m}{\rho S N}$ (5)

Подставляем числовые данные: $d = \frac{10^{-4} \text{ кг}}{10500 \text{ кг/м}^3 \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 100} = 0,095 \cdot 10^{-9} \text{ м} \approx 10^{-10} \text{ м}$

Разбалловка: за написание формул (1), (2), (3), (4) – по 1 баллу; за написание формулы (5) – 2 балла; за окончательный расчет – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Спутник движется по круговой орбите радиуса r при условии, что сила тяготения равна центростремительной силе: $F_T = F_{\text{цс}}$ (1)

Подставив формулы закона всемирного тяготения и центростремительной силы, получим: $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ (2)

После упрощения получаем: $\frac{GM}{r} = v^2$ (3)

Запишем скорость обращения спутника через радиус орбиты и период: $v = \frac{2\pi r}{T}$ (4)

Период выразим через время вращения и число оборотов: $T = t/n$ (5)

Следовательно: $v = \frac{2\pi r n}{t}$ (6)

После подстановки в формулу (3) получаем: $\frac{GM}{r} = \frac{4\pi^2 r^2 n^2}{t^2}$ (7)

Отсюда: $r = \sqrt[3]{\frac{GMt^2}{4\pi^2 n^2}}$ (8)

Подставляем значения: $r = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 24^2 \cdot 3600^2}{4 \cdot 9,86 \cdot 18^2}} \approx 6,1 \cdot 10^6 \text{ м} = 6100 \text{ км}$

Т.к. радиус орбиты получается меньше радиуса Земли, то обращения, указанного в условии задачи быть не может.

Разбалловка: за написание формул (1), (2), (3), (4), (5) – по 1 баллу; за написание формулы (8) – 1 балл; за окончательный ответ – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Время будет минимальным, если Сатурн находится в противостоянии с Солнцем относительно Земли. В этом случае, чтобы найти среднее расстояние от Земли до Сатурна, нужно из расстояния от Солнца до Сатурна вычесть расстояние от Солнца до Земли:

$$s = 9,58 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 8,58 \text{ а.е.}$$

Переведем это расстояние в километры: $s = 8,58 \cdot 15 \cdot 10^7 \text{ км} = 1,287 \cdot 10^9 \text{ км}$.

Информация при помощи радиосигналов передается со скоростью света c . Воспользуемся формулой для расчета времени при равномерном движении: $t = s/c$.

После подстановки: $t = \frac{1,287 \cdot 10^9 \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \text{ км/с}} = 4290 \text{ с} \approx 1 \text{ ч } 11 \text{ мин}$

Разбалловка: за идею решения и определения расстояния от Земли до Сатурна в а.е. – 3

балла; за перевод этого расстояния в км – 1 балл; за написание формулы для расчета времени – 1 балл; за окончательный расчет и ответ – 3 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

10-й класс

1-3. см. в решениях за 9 класс.

4. 22 июня наступает день летнего солнцестояния, склонение Солнца в этот день $+23^{\circ}27'$.

Так как Солнце кульминирует к югу от зенита, то высоту в верхней кульминации можно найти: $h_{в.к.} = 90^{\circ} - (\varphi - \delta)$, $h_{в.к.} = 90^{\circ} - (58^{\circ}36' - 23^{\circ}27') = 54^{\circ}51'$. (1)

Найдем высоту в нижней кульминации: $h_{н.к.} = -90^{\circ} + (\varphi + \delta)$, $h_{н.к.} = -90^{\circ} + 58^{\circ}36' + 23^{\circ}27' = -7^{\circ}57'$. (2)

В нижней кульминации Солнце окажется под горизонтом, но не слишком глубоко. Навигационные сумерки наступают при высоте центра Солнца под горизонтом от 6° до 12° , астрономические сумерки – от 12° до 18° . Значит, навигационные сумерки наступят, астрономические – нет.

Разбалловка: за формулу и расчет высоты в верхней кульминации – 2 балла; за формулу и расчет высоты в нижней кульминации – 2 балла; за знание условий наступления навигационных и астрономических сумерек – 2 балла; за вывод – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов

5. Если планета находится в противостоянии, то она является внешней (верхней), т.е. ее орбита лежит за орбитой Земли.

Тогда уравнение синодического движения для нее будет выглядеть: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}}$. (1)

Отсюда можно найти сидерический (звездный) период обращения планеты:

$$T = \frac{T_{\oplus} S}{S - T_{\oplus}}, \text{ после подстановки данных: } T = \frac{1\text{з} - 1,035\text{з}}{1,035\text{з} - 1\text{з}} \approx 29,6\text{з}. \quad (2)$$

Используем III закон Кеплера для нахождения среднего расстояния (большой полуоси) планеты от Солнца: $a = a_{\oplus}^3 \sqrt[3]{T^2 / T_{\oplus}^2}$ (3), $a = 1^3 \text{з}^3 \sqrt[3]{29,6^2 \text{з}^2 / 1^2 \text{з}^2} \approx 9,57 \text{ а.е.}$ (4)

Планета находится от Солнца в 9,57 раз дальше Земли, совершает оборот вокруг Солнца за 29,6 г. Эта планета – Сатурн. (5)

Разбалловка: за формулу -1 балл; за вывод формулы и расчет (2) – 2 балла; за применение закона Кеплера и вывод формулы (3) – 2 балла; за расчет a (4) – 1 балл; за вывод о том, это Сатурн – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов

6. Увеличение, даваемое телескопом, можно найти по формуле: $\Gamma = F / f$ (1).

Вычислим увеличения для разных окуляров: $\Gamma_1 = 650\text{мм} / 10\text{мм} = 65$ (2)

$$\Gamma_2 = 650\text{мм} / 20\text{мм} \approx 33 \quad (3)$$

Разрешающая способность для оптического диапазона: $\alpha = 140'' / D$, где D(мм) (4)

$$\alpha = 140'' / 130 \approx 1,08'' \quad (5)$$

Двойная звезда с разделением $1,5''$ будет разрешаться. (6)

Для наблюдения туманностей лучше выбрать окуляр 20 мм, т.к. эти объекты «размазаны» (не точечные), а у такого окуляра больше поле зрения. (7)

Для наблюдения планет подойдет окуляр 10 мм, т.к. он дает большее увеличение. (8)

Разбалловка: за каждое верное утверждение (1)-(8) – по 1 баллу.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

11-й класс

1-3. см. в решениях за 9 класс.

4. Обозначим гелиоцентрические расстояния Земли и кометы как $r = 1$ а.е. и $d = 1,4$ а.е., принимая во внимание, что $d > r$. Хвост кометы направлен в пространстве от Солнца, и в небе Земли он не может выйти дальше направления на зенит в точке наблюдения. (1)

Максимальный угловой размер хвоста кометы будет равен элонгации Земли при наблюдении с кометы. (2)

Он достигает максимума, если угол «Солнце – Земля – ядро кометы» прямой, и направление от кометы к Земле касается окружности с радиусом r , содержащей Землю. (3)

В итоге, максимальный угловой размер хвоста кометы в небе Земли составит $\arcsin(r/d) = 45,6^\circ$. (4)

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Как известно, орбита Земли слегка вытянута, а 1 а.е. есть среднее расстояние от Солнца до Земли (большая полуось орбиты). Согласно определению, эллипс – это геометрическое место точек с постоянной суммой расстояний от двух фокусов. Отсюда можно сделать вывод, что на среднем расстоянии от Солнца Земля будет находиться тогда, когда попадет в одну из вершин на малой оси эллипса. (1)

Так как эксцентриситет орбиты Земли невелик, мы можем считать, что Земля оказывается на таком расстоянии от Солнца посередине временных интервалов между прохождением точек перигелия и афелия, то есть в начале апреля и начале октября. (2)

Так как Луна также располагается в 1 а.е. от Солнца, угол «Солнце – Земля – Луна» должен составлять 90° . (3)

Здесь мы учитываем, что расстояние между Землей и Луной несравнимо меньше расстояния от Земли до Солнца. Мы делаем вывод, что событие происходит в фазе первой или последней четверти в начале апреля или начале октября. Во всех случаях направление от Земли к Луне параллельно линии, соединяющей точки перигелия и афелия. Луна располагается в области неба, где находится Солнце в перигелии (начало января) или афелии (начало июля). Это созвездия Стрельца или Близнецов. (4)

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Обозначим диаметры объектива и зрачка человеческого глаза как D и d_0 . Диаметр выходного пучка света от звезды d будет равен D/Γ , где Γ – увеличение, создаваемое окуляром телескопа.

Если диаметр выходного пучка будет не больше, чем d_0 (увеличение не меньше равнозрачкового $\Gamma \geq D/d_0$), то в глаз наблюдателя попадет весь свет, собранный объективом. (1)

Если увеличение будет меньше, чем $\Gamma < D/d_0$, выходной зрачок d будет больше зрачка глаза d_0 , и не вся энергия, собранная телескопом, попадет в глаз наблюдателя. Он зарегистрирует ее лишь часть $J = J_0 \Gamma^2$. (2) Здесь J_0 – количество энергии от звезды, которое за то же время зарегистрирует невооруженный глаз.

Получается, что при фиксированном увеличении Γ для телескопов с малыми диаметрами объектива D количество собранного света будет возрастать пропорционально D^2 , пока не достигнет величины $J_0 \Gamma^2$. Дальнейший рост диаметра объектива не будет изменять величину J , так как она уже будет описываться второй формулой. В итоге, телескоп поможет различить объекты в Γ^2 раз более слабые, чем человеческий глаз. (3)

Предельная звездная величина составит $m = m_0 + 2,5 \lg \Gamma^2 = 6^m + 5 \lg 10 = 11^m$. (4)

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.