



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

АСТРОНОМИЯ, 2023

ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

в Кировской области
в 2023/2024 учебном году

Киров
2023

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 2023-2024 учебном году / Сост. Е.В. Горшкова, Т.В. Жбанникова, М.А. Кислицына, Т.А. Сысоева, Д.В. Перевощиков, – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2023. – 12 с.

Авторы, составители и источники задач

Жбанникова Т. В.: 5-6.2, 5-6.3, 5-6.4, 5-6.5, 9.1.

Сысоева Т.А.: 7-8.4, 7-8.5, 7-8.6.

Горшкова Е. В.: 9.3., 9.4, 9.6.

Кислицына М. А.: 5-6.1, 5-6.6, 10.4, 10.5, 10.6.

Перевощиков Д.В.: 11.4, 11.5, 11.6.

Гусев А.В. (МОШ, 2021-2022 уч. г.): 9.5.

ЗАДАНИЯ

5–6-е классы

1. Сделайте рисунок, показывающий, как меняется расположение ковша Б. Медведицы относительно Полярной звезды в разные сезоны года, если наблюдатель смотрит в сторону Полярной в вечернее время.

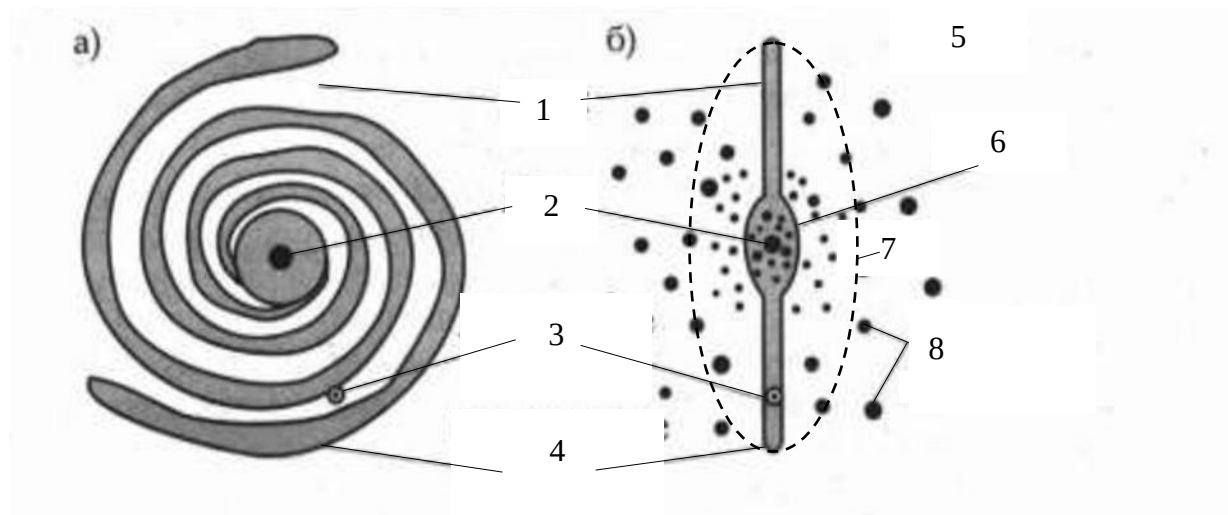
2. Юный астроном объявил членам кружка: «Сегодня удивительный, воистину астрономический день: вскоре после полудня мы будем иметь счастье наблюдать полное солнечное затмение, а в полночь произойдет полное затмение Луны. Такое случается всего один раз в несколько столетий!» Согласны ли вы с этим утверждением?

3. Объясните, почему спутник Сатурна Титан, смог сохранить свою атмосферу, а планета Меркурий — нет. Массы Титана и Меркурия соответственно $1,35 \cdot 10^{23} \text{ кг}$ и $3,302 \cdot 10^{23} \text{ кг}$, радиусы 2575 км и 2439,7 км.

4. Нептун находится от Солнца в 30 раз дальше, чем Земля. При этом период его обращения вокруг Солнца — примерно 165 лет. Какая из планет - Земля или Нептун - движется вокруг Солнца быстрее и во сколько раз?

5. Два поезда выехали из пункта А с одинаковой скоростью в момент захода Солнца. Один поезд поехал на запад, второй — на восток. Пассажиры, какого из поездов раньше встретят рассвет?

6. На «немой» схеме под цифрами подпишите названия частей Галактики.



7-8 классы

1. Сделайте рисунок, показывающий, как меняется расположение ковша Б. Медведицы относительно Полярной звезды в разные сезоны года, если наблюдатель смотрит в сторону Полярной в вечернее время.

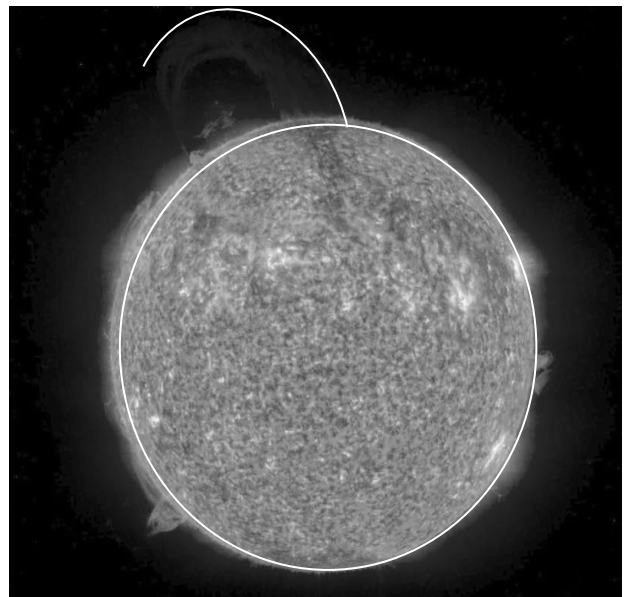
2. Юный астроном объявил членам кружка: «Сегодня удивительный, воистину астрономический день: вскоре после полудня мы будем иметь счастье наблюдать полное солнечное затмение, а в полночь произойдет полное затмение Луны. Такое случается всего один раз в несколько столетий!» Согласны ли вы с этим утверждением?

3. Объясните, почему спутник Сатурна Титан, смог сохранить свою атмосферу, а планета Меркурий — нет. Массы Титана и Меркурия соответственно $1,35 \cdot 10^{23} \text{ кг}$ и $3,302 \cdot 10^{23} \text{ кг}$, радиусы 2575 км и 2439,7 км.

4. Астероиды считаются древнейшими космическими археологическими находками. Их поверхность не разрушается, так как они лишены атмосферы, поэтому можно изучать события, произошедшие более 4 млрд. лет назад. К астероидам специально отправляли несколько миссий. В 2005 году японский корабль Хаябуса приземлился на астероиде Итокава. Представим, что на его борту были исследователи, которые хотели совершить поездку по его экватору. Определите минимальное время такого путешествия, учитывая, что корабль не отрывается от поверхности астероида. Средняя плотность вещества астероида 2000 кг/м^3 , форма астероида сферическая.

5. В августе 2023 года произошло интересное астрономическое событие, называемое «Голубая Луна» - два полнолуния в одном месяце, 1 и 31 августа. Термин «Голубая Луна» произошел от известной фразы на английском языке «Once in a Blue Moon» («Однажды при голубой Луне», русский аналог «После дождичка в четверг», т.е. крайне редко). Обычно в году насчитывают 12 полных Лун, но набегает «лишнее» полнолуние, и их становится 13. Рассчитайте, когда будет снова наблюдаться это явление. Орбиту Луны принять круговой.

6. Один из самых больших за последние годы протуберанцев образовался на Солнце 23 ноября 2017 года (см. фото). (Принять границы объектов, выделенные белым цветом). Оцените по фотографии размеры протуберанца в размерах Земли и в километрах, а также время выброса (скорость движения вещества в протуберанце 700 км/с).



9-й класс

1. Как использовать ковш Большой Медведицы в роли ночных часов в начале осени? Где должен располагаться центр «звездных» часов? Сделайте рисунок.

2. Лицо юного астронома светилось от возбуждения: «Сегодня удивительный, воистину астрономический день: вскоре после полудня мы будем иметь счастье наблюдать полное солнечное затмение, а в полночь произойдет полное затмение Луны. Такое случается всего один раз в несколько столетий!» Верно ли это утверждение? Ответ обоснуйте.

3. Установите соответствия между известными в астрономии и космонавтике датами:

Даты	События:
1) 4 октября 1957г.	а) Первое фотографирование обратной стороны Луны
2) 26 мая (6 июня по новому стилю) 1761г.	б) Первый полет человека в космос
3) 13 марта 1930 г.	в) Вывод на орбиту космического телескопа Хаббл
4) 18 марта 1965 г.	г) Первый старт с космодрома Восточный
5) 28 апреля 2016г.	д) Первый выход человека в открытый космос
6) 25 апреля 1990 г.	е) Открытие планеты Плутон
7) 12 апреля 1961г.	ж) Открытие атмосферы Венеры
8) 7 октября 1959г.	з) Начало космической эры, запуск первого ИСЗ

4. За какое время энергией полного солнечного излучения можно довести до кипения воду во всех морях и океанах Земли, если нет потерь энергии? (Начальную температуру воды принять равной 0°C , общий объем воды во всех морях и океанах принять равным $1,3 \cdot 10^9 \text{ км}^3$, мощность общего излучения Солнца $3,8 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$.) Удельную теплоемкость морской воды принять равной $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$.

5. Собаки Белка и Стрелка на аппарате «Спутник-5» совершили 17 полных витков вокруг Земли и благополучно приземлились. Сколько времени собаки были в полете, если радиус Земли приблизительно равен 6400 км, высота орбиты 200 км, орбитальная скорость 7,8 км/с.

6. HD69830 d – экзопланета, открытая в 2006 году, вращается вокруг оранжевого карлика HD 69830 в созвездии Корма и, потенциально, находится в обитаемой зоне. По данным наблюдений ее период обращения составляет 197 дней, а расстояние до родительской звезды 94,5 млн. км. По предложенным данным определите массу родительской звезды.

10-й класс

1. Как использовать ковш Большой Медведицы в роли ночных часов в начале осени? Где должен располагаться центр «звездных» часов? Сделайте рисунок.

2. Лицо юного астронома светилось от возбуждения: «Сегодня удивительный, воистину астрономический день: вскоре после полудня мы будем иметь счастье наблюдать полное солнечное затмение, а в полночь произойдет полное затмение Луны. Такое случается всего один раз в несколько столетий!» Верно ли это утверждение? Ответ обоснуйте.

3. Установите соответствия между известными в астрономии и космонавтике датами:

Даты	События:
9) 4 октября 1957г.	а) Первое фотографирование обратной стороны Луны
10) 26 мая (6 июня по новому стилю) 1761г.	б) Первый полет человека в космос
11) 13 марта 1930 г.	в) Вывод на орбиту космического телескопа Хаббл
12) 18 марта 1965 г.	г) Первый старт с космодрома Восточный
13) 28 апреля 2016г.	д) Первый выход человека в открытый космос
14) 25 апреля 1990 г.	е) Открытие планеты Плутон
15) 12 апреля 1961г.	ж) Открытие атмосферы Венеры
16) 7 октября 1959г.	з) Начало космической эры, запуск первого ИСЗ

4. Какова длина тени человека ростом 170 см в истинный полдень 22 июня в Кирове? Широта города Кирова $\varphi = 58^{\circ}36'$.

5. С какой линейной скоростью должен двигаться геостационарный спутник Земли на высоте 36000 км по круговой орбите?

6. Одни из двух одинаковых маятниковых часов перевезли на Луну. Часы синхронизировали в понедельник в 0 ч 00 мин и засекли время. Какое время показали часы на Луне через 1 земные сутки? По массе Земля превышает Луну примерно в 81 раз, по радиусу – в 3,7 раз.

11-й класс

1. Как использовать ковш Большой Медведицы в роли ночных часов в начале осени? Где должен располагаться центр «звездных» часов? Сделайте рисунок.

2. Лицо юного астронома светилось от возбуждения: «Сегодня удивительный, воистину астрономический день: вскоре после полудня мы будем иметь счастье наблюдать полное солнечное затмение, а в полночь произойдет полное затмение Луны. Такое случается всего один раз в несколько столетий!» Верно ли это утверждение? Ответ обоснуйте.

3. Установите соответствия между известными в астрономии и космонавтике датами:

Даты	События:
17) 4 октября 1957 г.	а) Первое фотографирование обратной стороны Луны
18) 26 мая (6 июня по новому стилю) 1761 г.	б) Первый полет человека в космос
19) 13 марта 1930 г.	в) Вывод на орбиту космического телескопа Хаббл
20) 18 марта 1965 г.	г) Первый старт с космодрома Восточный
21) 28 апреля 2016 г.	д) Первый выход человека в открытый космос
22) 25 апреля 1990 г.	е) Открытие планеты Плутон
23) 12 апреля 1961 г.	ж) Открытие атмосферы Венеры
24) 7 октября 1959 г.	з) Начало космической эры, запуск первого ИСЗ

4. Определите широту, на которой Солнце никогда не опускается ниже 15° над горизонтом? Небесный экватор наклонен на $\epsilon = 23^{\circ}27'$ к эклиптике.

5. Определить минимально возможный период обращения космического корабля вокруг Луны, зная, что видимый с Земли угловой радиус Луны равен $\beta = 8,7 \cdot 10^{-3}$ рад.

6. Внутри галактики расположен газопылевой слой, делящий ее на две равные части. Этот слой поглощает $2/3$ светового потока. Как изменится звездная величина галактики для стороннего наблюдателя, если убрать газопылевой слой?

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

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

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 $V = 4\pi R^3/3$.

Диаметр Солнца $1,39 \cdot 10^6 \text{ км}$ (109 диаметров Земли).

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

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И РАЗБАЛЛОВКА

5–6-е классы

1.



Разбалловка: за каждое правильно указанное расположение «ковша» и время года – по 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Солнечные затмения происходят в новолуние, а лунные — в полнолуние. Между этими фазами Луны проходит примерно 2 недели. Поэтому утверждение ошибочно.

Разбалловка: за условие наблюдения того или иного затмения с учетом лунной фазы – по 3 балла; за вывод о ложности утверждения – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. Титан и Меркурий имеют сходные размеры, масса Меркурия примерно в 2,5 раза больше, но большее значение имеет то, что Меркурий находится значительно ближе к Солнцу и получает от него намного больше тепла. На дневной половине температура очень высокая, поэтому в разогретой атмосфере частицы легко улетучиваются, преодолевая притяжение планеты. Атмосфера Титана холодная, частицы атмосферы не настолько быстро движутся, чтобы преодолеть притяжение спутника.

Разбалловка: за объяснение отсутствия атмосферы Меркурия – 4 балла; за объяснение наличия атмосферы Титана – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

4. Раз Нептун находится в 30 раз дальше, чем Земля, то, значит, и за один оборот вокруг Солнца он проделывает путь в 30 раз длиннее. При этом на один оборот Нептуну требуется в 165 раз больше времени. Следовательно, скорость Земли в $165/30 = 5,5$ раз больше скорости Нептуна.

Разбалловка: за идею о связи расстояния от Солнца и пройденного планетой пути — 4 балла; за окончательный ответ – 4 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. В задаче нужно учитывать сложение скоростей при движении пассажиров в разных направлениях. Суточное движение поверхности Земли за счет осевого вращения направлено с запада на восток. Поэтому скорость поезда, отправившегося на восток, сложится со скоростью суточного вращения Земли, что позволит увидеть наблюдение восхода Солнца раньше. Для поезда, движущегося в западном направлении, солнечные сутки будут длиться более 24 часов и восход пассажиры увидят позднее.

Дополнение. Участник может дать и другое объяснение: Земля вращается с запада на восток, поэтому восход Солнца движется с востока на запад. Таким образом, пассажиры поезда, отправившегося на восток, будут двигаться навстречу восходу Солнца и увидят его раньше. Пассажиры поезда, отправившегося на запад, будут отодвигать время восхода Солнца, поэтому встретят его позже.

Разбалловка: за понимания того, что направление вращения Земли влияет на время наблюдения восхода Солнца – 3 балла; за учет различия скорости пассажиров в разных направлениях, вызванных движением Земли вокруг своей оси – 3 балла; за окончательный вывод – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. 1 – диск, 2 – ядро, 3 – Солнце, 4 – спиральные рукава, 5 – корона, 6 – балдж, 7 – гало, 8 – шаровые скопления.

Разбалловка: за каждое верное обозначение – 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. Орбитальная скорость движения корабля: $v = \sqrt{GM_a/R_a}$ (1)

Масса астероида: $M = \rho V = 4\pi R_a^3 \rho / 3$ (2)

Подставим (2) в (1): $v = 2R_a \sqrt{\frac{G\rho}{3}}$ (3)

Время найдем из условия равномерного движения по окружности: $T = \frac{2\pi R_a}{v}$ (4)

Подставим (4) в (3): $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$ (5)

Подставим численные значения:

$$T = \sqrt{\frac{3 \cdot 3,14}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3}} \approx 8402 \text{ с} \approx 2,33 \text{ ч} \approx 2 \text{ ч } 20 \text{ мин}$$
 (6)

Разбалловка: за написание формулы (1) – 2 балла; за написание формулы (2) – 2 балла; за написание формулы (3) – 1 балл; за написание формулы (4) – 1 балл; за написание формулы (5) – 1 балл; за окончательный ответ (6) – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Количество полнолуний в году: $T_3/T_{\text{л}} = 365,25 \text{ сут} / 29,5 \text{ сут} = 12,38$ (1)

Значит, в году бывает 12 целых полнолуний. Найдем, через сколько лет наступит дополнительное полнолуние: $t = 1/0,38 = 2,63 \approx 2 \text{ г } 7,5 \text{ мес}$ (2)

Ответ: ближайшая дата события наступит в мае 2026 года (1 мая и 31 мая). (3)

Разбалловка: за нахождение промежутка времени и объяснение (1)-(2) – до 4 баллов; за окончательный ответ (3) – до 4 баллов. За погрешность в определении месяца (апрель) баллы не снимаются. Если участник путает периоды и берет другие данные (например, 27,3 сут для Луны), снимается 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Можно на фото измерить размеры Солнца и протуберанца: $d_c = 47 \text{ мм}, r_{\text{пр}} = 14 \text{ мм}$. Диаметр Солнца – из справочных данных.

Необходимо масштабировать фото, чтобы найти размер протуберанца в размерах

Земли. Например, можно составить пропорцию и решить ее: $R_{np} = \frac{14 \text{ мм} \cdot 109 D_3}{47 \text{ мм}} \approx 32,47 D_3$.

Найдем размер протуберанца в километрах: $R_{np} = (32,47 \cdot 1,39 \cdot 10^6 \text{ км}) / 109 \approx 4,14 \cdot 10^5 \text{ км}$

Время выброса: $t = R_{np} / v = (4,14 \cdot 10^5 \text{ км}) / (700 \text{ км/с}) \approx 591 \text{ с} \approx 9 \text{ мин } 51 \text{ с}$

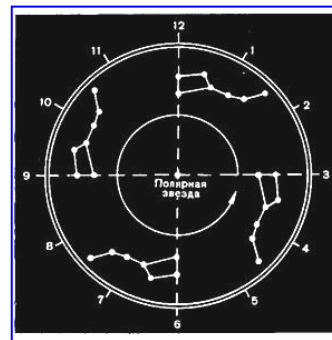
Разбалловка: за нахождение размеров объектов на фото – 2 балла; за нахождение размеров протуберанца в диаметрах Земли и километрах – по 2 балла; за нахождение времени выброса – 2 балла. Погрешность в 1-2 мм при измерении размеров на фото не ведет к снижению оценки, если все расчеты произведены верно.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

9-й класс

1. 1) Сохраняя свое взаиморасположение, все звезды на небосводе равномерно обращаются вокруг Полярной звезды, которую мы принимаем условно за Полюс мира. Способ определения времени основан на наблюдении вращения ковша Большой Медведицы вокруг Полярной звезды (α Малой Медведицы). «Часовой» стрелкой часов становится, линия, соединяющая Полярную звезду со звездами Большой Медведицы α и β (Дубхе и Мирак).



2) Полярная звезда остается неподвижной и условно считается центром циферблата звездных часов.

3) Положение ковша – «вода вылита из ковша» соответствует полуночи начала осени (сентябрь), «ковш полон воды» соответствует 6 часам утра начала осени (сентябрь).

Разбалловка: за объяснение способа определения времени из наблюдений за звездами (1) – 2 балла; за указание центра часов (2) – 2 балла; за рисунок с обозначением часов – до 4 баллов.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

2. Солнечные затмения происходят в новолуние, а лунные — в полнолуние. Между этими фазами Луны проходит примерно 2 недели. Поэтому утверждение ошибочно.

Разбалловка: за условие наблюдения того или иного затмения с учетом лунной фазы – по 3 балла; за вывод об ошибочности утверждения – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

3. 1-з, 2-ж, 3-е, 4-д, 5-г, 6-в, 7-б, 8-а.

Разбалловка: за каждый правильный ответ – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов

4. Количество теплоты, идущее на нагревание воды: $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$ (1)

Энергия полного солнечного излучения: $E = P_c \cdot t$, (2)

где P_c – мощность излучения Солнца, а t – время нагревания.

Используем условие теплового баланса и приравняем (1) и (2): $P_c \cdot t = cm(t_2^0 - t_1^0)$ (3)

Выразим массу через плотность и объем: $m = \rho V$ (4)

$$t = \frac{c\rho V(t_2^0 - t_1^0)}{P_c} \quad (5)$$

Находим время:

Подставим численные значения:

$$t = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,3 \cdot 10^9 \cdot 10^9 \text{ м}^3 (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})}{3,8 \cdot 10^{26} \text{ Вт}} \approx 1,5 \text{ с} \quad (6)$$

Разбалловка: за написание формул теплового баланса (1-3) – 4 балла; за нахождение массы (4) – 1 балл; за нахождение времени в общем виде (5) – 1 балл; за окончательный ответ (6) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Период обращения корабля можно найти по формуле: $T = 2\pi(R + h)/v$ (1)

$$\text{Подставим данные: } T = \frac{2 \cdot 3,14(6,4 \cdot 10^6 + 0,2 \cdot 10^6)}{7,8 \cdot 10^3 \text{ м/с}} \approx 5314 \text{ с} \quad (2)$$

Т.к., корабль совершил 17 полных витков, общее время нахождения собак в космосе: $t = T \cdot 17$ (3)

$$\text{Подставим данные: } t = 5314 \text{ с} \cdot 17 = 90338 \text{ с} \approx 25 \text{ ч} \quad (4)$$

Разбалловка: за написание формулы (1) – 2 балла; за расчет периода (2) – 2 балла; за написание формулы (3) – 2 балла; за окончательный ответ (4) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

$$6. \text{ Скорость движения экзопланеты: } v = (2\pi)/T \quad (1)$$

$$\text{Запишем второй закон Ньютона для планеты: } F_{\text{тяг}} = F_{\text{ц}} \quad (2)$$

$$\text{Распишем, чему равны силы: } G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}, \quad (3)$$

где m – масса планеты, M – масса звезды.

$$\text{Из (3) выразим массу: } M = (v^2 r)/G \quad (4)$$

$$\text{В (4) подставим (2): } M = \frac{4\pi^2 \cdot r^3}{GT^2} \quad (5)$$

Подставим численные значения:

$$M = \frac{4 \cdot 9,86 \cdot (9,45 \cdot 10^{10} \text{ м})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 (197 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с})^2} \approx 1,7 \cdot 10^{30} \text{ кг} \quad (6)$$

Разбалловка: за написание формулы (1) – 1 балл; за написание формулы (2) – 1 балл; за написание формулы (3) – 2 балла; за написание формулы (4) – 1 балл; за окончательную формулу (5) – 1 балл, за окончательный ответ (6) – 2 балла.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.

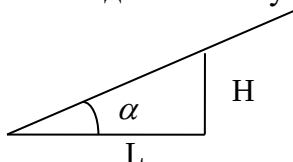
10-й класс

1-3. см. в решениях за 9 класс.

4. Истинный полдень – это момент верхней кульминации Солнца. (1)

22 июня – день летнего солнцестояния, склонение Солнца $\delta = +23^\circ 27'$. (2)

Найдем высоту центра солнечного диска в этот день в верхней кульминации:



Длину тени можно найти из прямоугольного треугольника: $L = H/\operatorname{tg} \alpha$, где $\alpha = h_{\text{в.к.}}$ (3)

$$h_{\text{в.к.}} = 90^\circ - (\varphi - \delta) = 90^\circ - (58^\circ 36' - 23^\circ 27') = 64^\circ 51' \approx 64,85^\circ \quad (4)$$

$$\text{Подставим: } L = 1,7 \text{ м} / \operatorname{tg} 64,85^\circ \approx 0,8 \text{ м} \quad (5)$$

Разбалловка: за связь истинного полдня с верхней кульминацией (1) – 1 балл; за определение склонения Солнца (2) – 2 балла; за использование геометрических представлений (3) – 2 балла; за формулу высоты и расчеты (4) – 2 балла; за нахождение длины тени (5) – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Геоостационарный спутник неподвижен относительно какой-то точки на поверхности Земли на экваторе. Значит, период его обращения равен периоду вращения Земли $T = 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 4 \text{ с} = 86164 \text{ с}$.

1) способ:

Можно найти линейную скорость зная, что угловая скорость спутника равна угловой скорости вращения Земли: $v = \omega R$, где $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{6,28}{86164 \text{ с}} \approx 7,288 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$,

радиус орбиты спутника $R = R_{\text{З}} + h = 6378,14 \text{ км} + 36000 \text{ км} \approx 4,24 \cdot 10^7 \text{ м}$.

После подстановки: $v \approx 3,09 \text{ м/с}$.

2) способ:

Линейную скорость равномерного движения спутника по круговой орбите можно

найти: $v = \sqrt{G \frac{M_3}{R}}$, где $R = R_{\oplus} + h = (6,378 + 36) \cdot 10^6 \text{ м} \approx 42,4 \cdot 10^6 \text{ м}$

Подставим численные значения:

$$v \approx \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \frac{6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{42,4 \cdot 10^6 \text{ м}}} \approx 3,07 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 3,07 \text{ км/с}$$

Разбалловка: за определение периода обращения – 1 балл; за определение скорости – 2 балла; за определение радиуса орбиты – 2 балла; за нахождение ответа – 2 балла. Если участник считает период вращения Земли равным суткам (24 ч), т.е. путает периоды, оценка снижается на 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Период колебаний маятниковых часов: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$. (1)

Длина маятника будет одинакова на Земле и на Луне, а ускорение свободного падения – разное. Тогда получаем: $T_L/T_3 = \sqrt{g_3/g_L}$. (2)

Из закона всемирного тяготения: $g = GM/R^2$, подставим в (2): $T_L/T_3 = (R_L/R_3)\sqrt{M_3/M_L}$ (3)

После подстановки данных: $T_L/T_3 = 3,7\sqrt{81} \approx 2,43$. (4)

За 1 сут, прошедшие на Земле, часы на Луне пройдут в земных часах: $T_L = 24 \cdot 2,43 = 58,32 \text{ ч} \approx 2 \text{ дн} 10 \text{ ч} 19 \text{ мин}$. (5)

Ответ: на Луне часы покажут 10ч19мин, но «убегут» на 2 суток вперед.

Разбалловка: за знание периода (1) – 1 балл; за нахождение отношения (2) – 1 балл; за вычисление отношения периодов (3)-(4) – 3 балла; за расчет времени (5) – 1 балл; за ответ – до 2 баллов.

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. Ниже всего Солнце опускается в полночь, в Северном полушарии его высота в это время суток находится по формуле: $h = \varphi - 90^\circ + \delta$, где δ — склонение Солнца. (1)

Наибольшее склонение Солнце имеет 22 июня, $\delta = \varepsilon = 23^\circ 27'$. (2)

Широта находится из этого уравнения при $h = 15^\circ$ и $\delta = \varepsilon$: $\varphi = h + 90^\circ - \delta = 81^\circ 33'$ (3)

Ответ: на широтах от $81^\circ 33'$ до 90° с.ш.

Разбалловка: за каждое утверждение (1) – 3 балла; за утверждение (2) – 2 балла; за расчет широты (3) – 2 балла; за окончательный ответ – 1 балл.

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

5. Из третьего закона Кеплера: $a_1^3/a_2^3 = T_1^2/T_2^2$, (1)

следовательно, чем меньше радиус орбиты космического корабля, тем меньше период его обращения, и минимальному периоду обращения соответствует минимальный радиус орбиты, т.е. радиус Луны: $a_k = R_L$. Большая полуось орбиты Луны: $a_L = R_L/\beta$. (2)

Применим (1-2) к космическому кораблю и Луне: $T_{\min} = T_L(a_k/a_L)^{1,5}$, $T_{\min} = T_L(\beta)^{1,5}$ (3)

$$T_{\min} = 27,3 \text{ сут} (8,7 \cdot 10^{-3})^{1,5} \approx 0,0221 \text{ сут} \approx 32 \text{ мин} \quad (4)$$

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

6. Световой поток от половины галактики не изменяется, (1)

а от второй половины из-за слоя пыли, поглощающего втрое – ослабляется втрое, (2) значит, яркость составит $1/2 + (1/2)/3$. Соответствующая разность звёздных величин равна $2,5 \lg(1/2 + 1/6) = 0,44$. Ярче на 0,44 звездных величин. (3)

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

Максимальная стоимость ответа составляет 8 баллов.

Максимальное количество баллов за все задания: 48.