

С.В. Бутаков
С.Е. Гурьянов

**ЗАДАНИЯ ШКОЛЬНОГО
ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ
В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ**



МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.П. Астафьева»

Предметно-методическая комиссия регионального этапа всероссийской
олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии

С.В. Бутаков, С.Е. Гурьянов

**ЗАДАНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ**

Учебное пособие

Красноярск
2023

УДК 373.5.016:52(571.51)
ББК Ч426.55,6(2)-382.61я77-14
Б 93

Рецензенты:

Доктор физико-математических наук, профессор

А.М. Баранов

Кандидат технических наук, доцент,

заведующий кафедрой прикладной математики и информатики АНО ВО СИБУП,
член оргкомитета регионального этапа всероссийской олимпиады школьников

в Красноярском крае

Н.В. Лалетин

Бутаков С.В., Гурьянов С.Е.

Б 93 **Задания школьного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в городе Красноярске:** учебное пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2023. – 190 с.: 19 ил.; 7 табл.; 30 наимен. библиограф. указаний.
ISBN 978-5-00102-653-2

Содержатся комплекты заданий с решениями, предлагавшиеся на школьном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в городе Красноярске в 2012–2013 учебном году и в период с 2018 по 2021 год. Предназначено для учителей школ, готовящих школьников к участию в олимпиадах, организаторов олимпиад школьников – завучей школ, специалистов муниципальных органов управления образованием, занимающихся работой с одаренными учащимися, а также студентов педагогических вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавриата 44.03.01 Педагогическое образование, 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) и магистратуры 44.04.01 Педагогическое образование.

УДК 373.5.016:52(571.51)
ББК Ч426.55,6(2)-382.61я77-14

ISBN 978-5-00102-653-2

© Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2023
© Бутаков С.В., Гурьянов С.Е., 2023

Содержание

Предисловие	6
УСЛОВИЯ ЗАДАЧ	9
2012–2013 учебный год	9
Задания для 10 класса и младше	9
Задания для 11 класса.....	11
2018–2019 учебный год	13
Задания для 5–6 классов	13
Задания для 7 класса.....	14
Задания для 8 класса.....	15
Задания для 9 класса.....	16
Задания для 10 класса.....	18
Задания для 11 класса.....	19
2019–2020 учебный год	20
Задания для 5–6 классов	20
Задания для 7 класса.....	21
Задания для 8 класса.....	22
Задания для 9 класса.....	23
Задания для 10 класса.....	24
Задания для 11 класса.....	25
2020–2021 учебный год	26
Задания для 5–6 классов	26
Задания для 7 класса.....	28
Задания для 8 класса.....	29
Задания для 9 класса.....	30
Задания для 10 класса.....	31
Задания для 11 класса.....	33

2021–2022 учебный год	34
Задания для 5–6 классов	34
Задания для 7 класса.....	35
Задания для 8 класса.....	36
Задания для 9 класса.....	37
Задания для 10 класса.....	39
Задания для 11 класса.....	40
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	43
2012–2013 учебный год.....	43
Решения заданий для 10 класса и младше	43
Решения заданий для 11 класса.....	47
2018–2019 учебный год	50
Решения заданий для 5–6 классов	50
Решения заданий для 7 класса.....	52
Решения заданий для 8 класса.....	53
Решения заданий для 9 класса.....	56
Решения заданий для 10 класса.....	60
Решения заданий для 11 класса.....	64
2019–2020 учебный год	67
Решения заданий для 5–6 классов	67
Решения заданий для 7 класса.....	69
Решения заданий для 8 класса.....	70
Решения заданий для 9 класса.....	71
Решения заданий для 10 класса.....	75
Решения заданий для 11 класса.....	78
2020–2021 учебный год	84
Решения заданий для 5–6 классов	84
Решения заданий для 7 класса.....	86

Решения заданий для 8 класса.....	87
Решения заданий для 9 класса.....	89
Решения заданий для 10 класса.....	95
Решения заданий для 11 класса.....	100
2021–2022 учебный год	104
Решения заданий для 5–6 классов	104
Решения заданий для 7 класса.....	107
Решения заданий для 8 класса.....	109
Решения заданий для 9 класса.....	111
Решения заданий для 10 класса.....	115
Решения заданий для 11 класса.....	118
ПРИЛОЖЕНИЯ	123
Приложение 1. Методические рекомендации по организации и проведению школьного этапа всероссийской олимпиады школьников	123
Приложение 2. Методическая программа всероссийской олимпиады школьников по астрономии	151
Приложение 3. Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде по астрономии	172
Приложение 4. Памятка участника олимпиады.....	177
Приложение 5. Пример титульного листа	179
Приложение 6. Пример бланка ответов	180
Приложение 7. Некоторые основные формулы	181
Приложение 8. Список литературы, рекомендуемой при подготовке к олимпиаде по астрономии	187

Предисловие

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии, как и по другим предметам, проходит в несколько этапов:

- 1) школьный этап;
- 2) муниципальный этап;
- 3) региональный этап;
- 4) заключительный этап.

Школьный этап является первым и важным звеном в ежегодном олимпиадном цикле. Он проводится ежегодно с 1 сентября по 1 ноября (см. Приложение 1). Целью школьного этапа является стимулирование у школьников интереса к изучению астрономии и выявление талантливых учащихся для участия в последующих этапах всероссийской олимпиады школьников.

Однако для результативного участия в нем, как и к другим этапам, школьникам требуется дополнительная подготовка. Большинство олимпиадных задач ориентировано на уровень дополнительного образования по астрономии, выходящей за рамки программы средней школы. Тематика заданий для каждой возрастной параллели и на каждом этапе определяется методической программой всероссийской олимпиады школьников по астрономии, разработанной Центральной предметно-методической комиссией всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 2). На эту программу нужно ориентироваться при подготовке школьников к участию в этапах олимпиады.

Основной составляющей подготовки школьников к олимпиаде является решение ими олимпиадных задач, в том числе прошлых лет. Например, задания муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае с 1997 по 2018 годы опубликованы предметно-методической комиссией регионального этапа всероссийской

олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии [17; 18; 19], а задания регионального и заключительного этапов размещены на официальном сайте всероссийской олимпиады по астрономии [6]. На сайтах Санкт-Петербургской астрономической олимпиады и Московской астрономической олимпиады размещены задания всех этапов этих олимпиад – олимпиад I уровня из Перечня олимпиад школьников Минобрнауки России [8; 9].

Следует отметить, что в 2018–2019 учебном году город Красноярск вошел в список основных мест проведения очных туров Санкт-Петербургской астрономической олимпиады и теперь ежегодно эта олимпиада проводится на базе Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, а в 2020–2021 учебном году в Красноярске на базе КГПУ им. В.П. Астафьева открыта точка проведения Московской астрономической олимпиады. Участие школьников в других астрономических олимпиадах также является одной из важных форм подготовки.

Однако задания школьного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии прошлых лет не всегда доступны для педагогов и школьников, так как они разрабатываются муниципальными или региональными предметно-методическими комиссиями в каждом муниципалитете каждого субъекта Российской Федерации отдельно¹.

В данном сборнике содержатся комплекты заданий с решениями, предлагавшиеся на школьном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в городе Красноярске в 2012–2013 учебном году и в период с 2018 по 2021 год, разработанные по заказу главного управления образо-

¹С 2022–2023 учебного года школьный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии во всех муниципальных образованиях Красноярского края проводится по заданиям информационного ресурса «Онлайн-курсы Образовательного центра «Сириус»» в информационно-телекоммуникационной сети Интернет («Сириус.Курсы») [11].

вания администрации города Красноярска Красноярским государственным педагогическим университетом им. В.П. Астафьева и предметно-методической комиссией регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии.

Авторами-составителями представленных комплектов заданий являются: кандидат технических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике, заведующий лабораторией практической астрономии Технопарка универсальных педагогических компетенций Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии Сергей Владимирович Бутаков и методист Центра образования «Перспектива» города Зеленогорска, член Российской Ассоциации учителей астрономии, председатель жюри регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, почетный работник общего образования Российской Федерации, заслуженный педагог Красноярского края Сергей Егорович Гурьянов.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ

2012–2013 учебный год

Задания для 10 класса и младше

1. На детском рисунке (см. рис. 1) изображена планетная система (звезда (в центре), три планеты и три кометы). Какие ошибки с астрономической точки зрения допущены на рисунке?

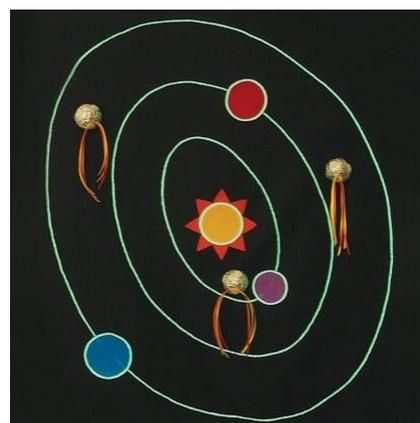


Рис. 1

2. Выберите восемь названий из приведенных ниже, которые являются собственными именами естественных спутников планет:

Цефей	Оберон	Юнона	Титан
Леониды	Луна	Геркулес	Пегасиды
Европа	Харон	Денеб	Фобос
Тритон	Бетельгейзе	Ганимед	Веста

3. На рис. 2 приведена фотография (негатив) одного из созвездий, видимых в Красноярске. Используя рисунок, выполните следующие задания:

а) подпишите на рисунке название этого созвездия и соедините звезды контурами так, чтобы очертание созвездия соответствовало его названию;

б) подпишите на рисунке буквенные обозначения ярких звезд и названия известных вам объектов, присутствующих на рисунке (собственные имена звезд, галактики, туманности, звездные скопления и т.п.).

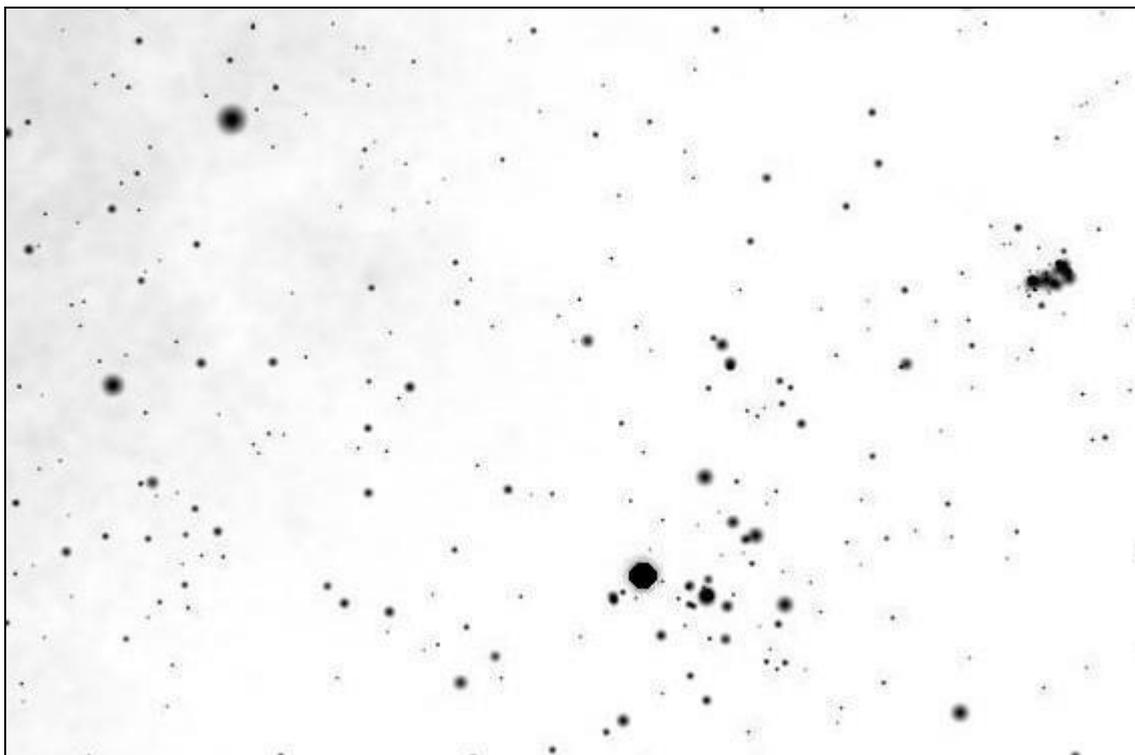


Рис. 2

4. Если бы атмосфера Венеры была достаточно прозрачна, то в каких точках горизонта космонавт, находящийся на ее поверхности, мог бы наблюдать восход и заход Солнца?

- а) восходит на востоке и заходит на западе;
- б) восходит на западе и заходит на востоке;
- в) восходит на востоке и заходит на востоке;
- г) восходит на западе и заходит на западе.

5. Укажите соответствие между названием объекта и его характеристикой:

- | | |
|-------------|---|
| а) Астероид | 1) Явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких метеорных тел |
| б) Метеорит | 2) Относительно небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца |

- | | |
|--------------|---|
| в) Метеор | 3) Небесное тело, промежуточное по размеру между межпланетной пылью и астероидом |
| г) Метеороид | 4) Тело космического происхождения, упавшее на поверхность крупного небесного объекта |

6. Если принять размер Земли за 1 миллиметр, то на каком, примерно расстоянии от нее в этом масштабе будет находиться орбита последней из больших планет – Нептуна:

- а) 35 см;
- б) 35 м;
- в) 350 м;
- г) 3500 м.

Задания для 11 класса

1. В одной из красноярских газет была опубликована статья, начинающаяся фразой: «Субботнее солнце стояло в зените.... Виктор ... нервно оглядывался по сторонам, глядя, как молотят хлеб “Енисей” его товарищей по уборочному отряду». Мог ли автор статьи в действительности в окрестностях Красноярска наблюдать Солнце в зените?

2. Выберите из приведенного ниже списка восемь названий созвездий:

Эридан	Тукан	Веста	Волосы Вероники
Весы	Каллисто	Капелла	Церера
Вега	Циркуль	Андромеда	Кассиопея
Нереида	Персеиды	Заяц	Лириды

3. На рис. 3 приведена фотография (негатив) одного из созвездий, видимых в Красноярске. Используя рисунок, выполните следующие задания:

а) подпишите на рисунке название этого созвездия и соедините звезды контурами так, чтобы очертание созвездия соответствовало его названию;

б) подпишите на рисунке буквенные обозначения ярких звезд и названия известных вам объектов, присутствующих на рисунке (собственные имена звезд, галактики, туманности, звездные скопления и т.п.).

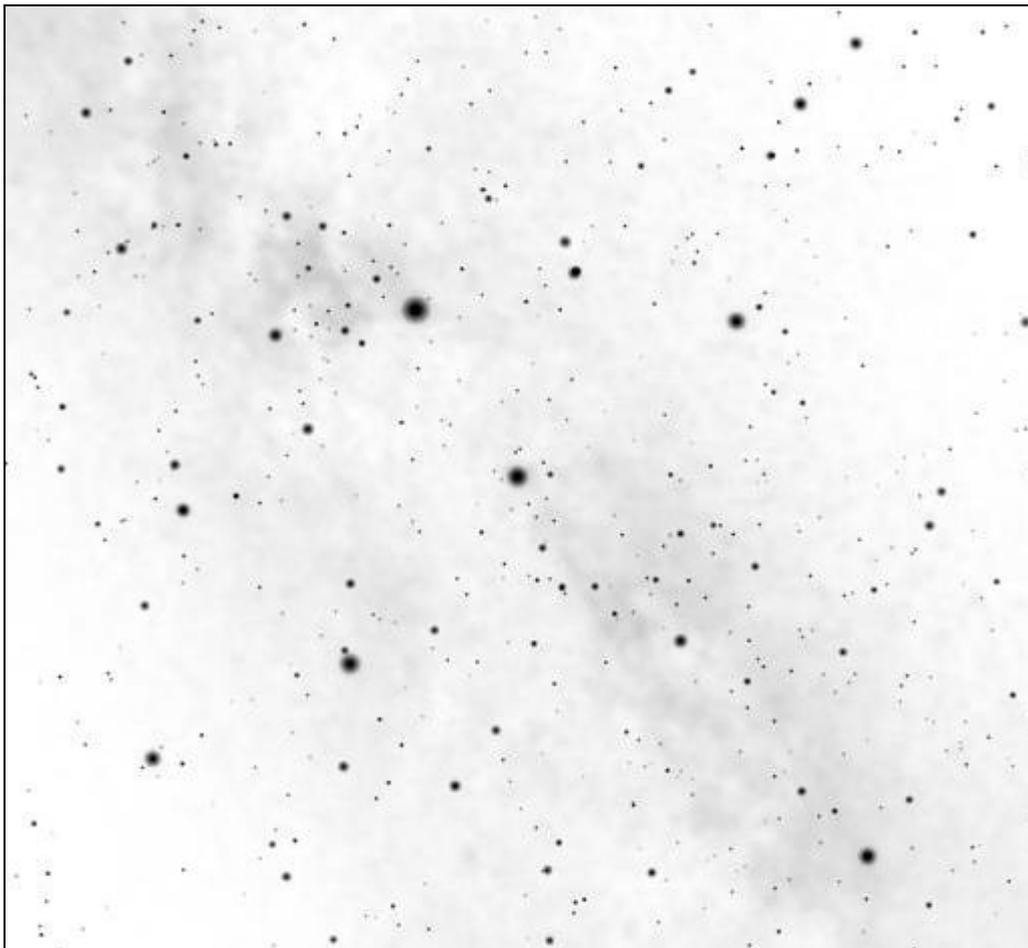


Рис. 3

4. Отношение кубов больших полуосей планет равно 125. Чему равно отношение их периодов обращения вокруг Солнца?

- а) 5,5;
- б) 11,2;
- в) 15,7;

г) 25,0.

5. Укажите соответствие между спектральным классом звезды и ее характеристиками:

- | | |
|------|--|
| а) G | 1) Красные звезды с температурой фотосферы 2500–3500 К |
| б) O | 2) Белые звезды с температурой фотосферы 7000–10000 К |
| в) M | 3) Желтые звезды с температурой фотосферы 5000–6000 К |
| г) A | 4) Голубые звезды с температурой фотосферы 30000–40000 К |

6. Если принять размер Земли за 1 миллиметр, то на каком примерно расстоянии от нее в этом масштабе будет находиться ближайшая звезда Проксима Центавра:

- а) 300 м;
- б); 3000 м;
- в) 300 км
- г) 3000 км.

2018–2019 учебный год

Задания для 5–6 классов

1. Море Москвы

Почему лунное Море Москвы можно сфотографировать только с помощью космических аппаратов?

2. Звезды

Выберите из списка, приведенного ниже, 8 названий звезд:

Церера	Каллисто	Денеб	Харон
Полярная	Вега	Веста	Сириус
Альтаир	Гаспра	Бетельгейзе	Уран
Андромеда	Диона	Солнце	Антарес

3. Небесные тела

Установите соответствие между названиями небесных тел Солнечной системы и их классами (типами):

- | | |
|-------------|-----------------------------|
| 1. Луна | а) Планета земной группы |
| 2. Персеиды | б) Карликовая планета |
| 3. Галлея | в) Планета-гигант |
| 4. Марс | г) Спутник планеты |
| 5. Солнце | д) Комета |
| 6. Паллада | е) Малая планета (астероид) |
| 7. Юпитер | ж) Метеорный поток |
| 8. Плутон | з) Звезда |

4. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

Задания для 7 класса

1. Лунные моря

С незапамятных времен Луна и темные пятна на ней привлекали внимание людей. А вот первым, кому пришло в голову назвать их морями, был Галилео Галилей. На самом деле, лунные моря представляют собой обширные, залитые застывшей базальтовой лавой, низины. Удивительно, что это неудачное название живет до сих пор. Напишите названия любых четырех «лунных морей» на видимой стороне Луны.

2. Что ярче?

В 1603 году Иоганн Байер начал обозначать яркие звезды каждого созвездия буквами греческого алфавита. Расположите обозначения звезд в созвездии α , β , γ , δ , ϵ , ζ , η , θ в порядке возрастания их блеска.

3. Спутники планет

Спутник – это небесное тело, обращающееся вокруг планеты. Установите соответствие между планетами и количеством их известных естественных спутников:

1. Меркурий	а) 69
2. Венера	б) 0
3. Земля	в) 2
4. Марс	г) 27
5. Юпитер	д) 62
6. Сатурн	е) 1
7. Уран	ж) 14
8. Нептун	з) 0

4. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

Задания для 8 класса

1. Фазы Луны и Земли

Опишите, как выглядит Луна в фазе первой четверти для наблюдателя в Красноярске. А как выглядит в этот момент Земля для воображаемого наблюдателя на Луне?

2. Покрытие звезд Луной

Когда Луна в процессе своего движения по орбите вокруг Земли проходит перед звездой или планетой и закрывает ее своим диском для земного наблюдателя, то такое астрономическое явление называется покрытием. Может ли теоретически произойти одновременное покрытие двух звезд, угловое расстояние между которыми на небесной сфере составляет $0,53^\circ$, и находящихся на пути перемещения Луны по небесной сфере? Наибольший видимый угловой диаметр диска Луны равен $32'53''$.

3. Нанозвездолет

Известный астрофизик Стивен Хокинг анонсировал проект космического нанозвездолета – миниатюрного космического зонда, способного под действием лазерного луча развивать скорость 20% от скорости света. В будущем нанозвездолет планируют отправить к ближайшей к Солнцу звезде Проксима Центавра, расположенной на расстоянии 4,24 светового года, и у которой недавно открыли землеподобную планету. Рассчитайте, сколько лет нанозвездолет будет лететь к этой звезде. А через сколько лет с момента старта нанозвездолета земляне получат радиосообщение от нанозонда о прибытии к Проксима Центавра в случае успеха миссии?

4. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

Задания для 9 класса

1. Что ярче?

В начале июня 2018 года Юпитер, звездная величина которого составляла $-2,3^m$, прошел менее чем в 1° к северу от звезды α Весов, имею-

щей звездную величину $+2,7^m$. Какое из этих небесных светил выглядело ярче и во сколько раз?

2. Покрытие звезд Луной

Когда Луна в процессе своего движения по орбите вокруг Земли проходит перед звездой или планетой и закрывает ее своим диском для земного наблюдателя, то такое астрономическое явление называется покрытием. Может ли теоретически произойти одновременное покрытие двух звезд, угловое расстояние между которыми на небесной сфере составляет $0,53^\circ$, и находящихся на пути перемещения Луны по небесной сфере? Если нет, то почему? Если да, то при каких условиях? Наибольший видимый угловой радиус диска Луны равен $16'27''$.

3. Противостояния

Что называют противостоянием планеты? Какие из планет Солнечной системы мы можем наблюдать в противостоянии? Почему термин «великие противостояния» закрепился только за Марсом?

4. Солнце в зените

«Для наблюдателя на земном экваторе Солнце всегда проходит через зенит». Справедливо ли это утверждение и почему?

5. Макет МКС

На какой высоте над поверхностью глобуса диаметром 32 см следует поместить макет Международной космической станции (МКС), если реальная МКС летает на высоте 400 км над поверхностью Земли? Какого размера должен быть этот макет, если наибольший размер МКС составляет около 110 м? Радиус Земли принять равным 6 400 км.

6. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

Задания для 10 класса

1. Астероид вблизи звезды

Малая планета (астероид) с блеском $8,2^m$ звездной величины проходит по небу вблизи звезды $11,2^m$. Какой из этих объектов виден нам ярче и во сколько раз?

2. Кастор или Поллукс

Какая из двух звезд кульминирует в Красноярске раньше и на сколько: Кастор (α Близнецов), имеющая экваториальные координаты $\alpha = 07$ ч 35 мин, $\delta = +31^\circ 53'$, или Поллукс (β Близнецов), имеющая экваториальные координаты $\alpha = 07$ ч 45 мин, $\delta = +28^\circ 02'$?

3. Астрея и Гигея

Две малых планеты (астероида) с номерами 5 (Астрея) и 10 (Гигея) имеют периоды обращения вокруг Солнца в 4,13 года и 5,56 года соответственно. Противостояния какой из них могут чаще наблюдаться с Земли? Во сколько раз?

4. Планета X

Недавно ученые высказали гипотезу о возможном существовании в Солнечной системе девятой планеты, так называемой Планеты X, – газово-ледяного гиганта с массой, в несколько раз превышающей земную. По расчетам теоретиков, эта планета-гигант может находиться от Солнца в 20 раз дальше, чем самая дальняя планета – Нептун. Вычислите, сколько земных

лет может длиться год на этой планете? Считать, что среднее расстояние Нептуна от Солнца составляет 30 астрономических единиц.

5. Макет МКС

На какой высоте над поверхностью глобуса диаметром 32 см следует поместить макет Международной космической станции (МКС), если реальная МКС летает на высоте 400 км над поверхностью Земли? Какого размера должен быть этот макет, если наибольший размер МКС составляет около 110 м? Радиус Земли принять равным 6 400 км. Сколько оборотов вокруг Земли совершает МКС за 24 часа, если ее скорость составляет примерно 7,6 км/с?

6. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

Задания для 11 класса

1. Астероид вблизи звезды

Малая планета (астероид) с блеском $8,2^m$ звездной величины проходит по небу вблизи звезды $11,7^m$. Какой из этих объектов виден нам ярче и во сколько раз?

2. Кастор или Поллукс

Какая из двух звезд кульминирует в Красноярске ($\varphi = 56^\circ 03'$) выше и на сколько: Кастор (α Близнецов), имеющая экваториальные координаты $\alpha = 07$ ч 35 мин, $\delta = +31^\circ 53'$, или Поллукс (β Близнецов), имеющая экваториальные координаты $\alpha = 07$ ч 45 мин, $\delta = +28^\circ 02'$?

3. Астрея и Гигея

Две малых планеты (астероида) с номерами 5 (Астрея) и 10 (Гигея) имеют периоды обращения вокруг Солнца в 4,13 года и 5,56 года соответственно. Противостояния какой из них могут чаще наблюдаться с Земли? Во сколько раз?

4. Сириусы А и В

Ярчайшая звезда ночного неба – Сириус – двойная звезда, которая состоит из звезды главной последовательности (Сириус А) и белого карлика (Сириус В), вращающихся вокруг центра масс с периодом около 50 лет. Среднее расстояние между этими звездами составляет примерно 20 а.е. Оцените суммарную массу обеих звезд этой системы, выраженную в солнечных массах.

5. Самая яркая сверхновая 2017 года

В марте 2017 года в галактике NGC 5643, находящейся на расстоянии 55 миллионов световых лет от Земли, вспыхнула сверхновая звезда. Ее видимая звездная величина в максимуме блеска достигла $+11,5^m$. Какова была ее абсолютная звездная величина?

6. Астрономические явления

Перечислите четыре значимых астрономических явления 2018 года, которые можно увидеть в Красноярске. Когда они произошли или еще произойдут?

2019–2020 учебный год

Задания для 5–6 классов

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия.

2. Фазы Луны

Школьник, наблюдая Луну из Красноярска в течение месяца, зарисовал ее основные фазы (Рис. 4). Как называются фазы Луны, изображенные на рисунках?



Рис. 4

3. Астрономические объекты

Расположите следующие астрономические объекты в порядке их удаления от Земли:

Планета Венера в момент прохождения по диску Солнца, звезда Проксима Центавра, планета Сатурн, квазар 3С 273, Солнце, галактика Туманность Андромеды, Луна, черная дыра Стрелец А.

4. Одинокие планеты

Назовите планеты Солнечной системы, которые не имеют естественных спутников.

Задания для 7 класса

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия.

2. Рекорд «Паркера»

В ноябре 2018 года солнечный зонд «Паркер» установил рекорд сближения с Солнцем, пролетев от него на расстоянии в 6 раз меньшем, чем расстояние от Солнца до Земли. Сколько километров отделяло зонд от Солнца в этот момент?

3. Строй планет

Расположите названия восьми планет Солнечной системы по уменьшению их размера (от самой большой – к самой маленькой).

4. Спутники планет

У каких планет солнечной системы есть такие спутники: Ганимед, Тритон, Титан, Фобос? Ответ оформите в виде пар «спутник – планета».

Задания для 8 класса

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия.

2. Рекорд «Паркера»

В ноябре 2018 года солнечный зонд «Паркер» установил рекорд сближения с Солнцем, пролетев от него на расстоянии около 0,166 астрономических единиц. Чему равно это расстояние в километрах?

3. Межзвездные странники

Автоматическая межпланетная станция (АМС) «Вояджер-2», запущенная в 1977 году, в 2018 году, находясь на расстоянии около 120 астрономических единиц от Солнца, преодолела одну из условных границ Солнечной системы – границу гелиосферы, и вышла в межзвездное пространство (ее «близнец» АМС «Вояджер-1» сделала это еще в 2012 году). Оцените, за какое время «Вояджер-2» достигнет еще одной границы – внешнего края гипотетического облака Оорта, которое может простираться на расстояние до 100 000 астрономических единиц от Солнца.

4. Космические гости

Многие люди часто путают следующие понятия: метеор, метеороид, метеорит и болид. Объясните, что означает каждый из этих терминов.

Задания для 9 класса

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия в порядке пребывания в них Солнца.

2. Созвездия и звезды

Какие созвездия и известные звезды изображены на рисунке?

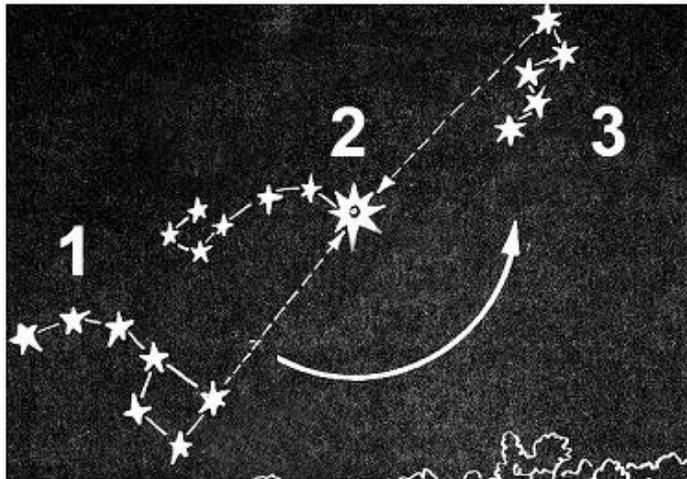


Рис. 5

3. Кто быстрее

Вычислите и сравните орбитальные скорости Земли вокруг Солнца (расстояние 149,6 млн км, период обращения 365,26 суток) и Луны вокруг Земли (расстояние 384,4 тыс. км, период обращения 27,3 суток).

4. Космические гости

Многие люди часто путают следующие понятия: метеор; метеороид; метеорит; болид. Объясните, что означает каждый из этих терминов.

5. Земля–Юпитер

Во сколько раз изменяется расстояние от Земли до Юпитера в соединении и в противостоянии, если среднее расстояние Юпитера от Солнца составляет 5,2 а.е.

6. Рождественская комета

В прошлом году незадолго до католического Рождества комета Виртанена (46P) впервые за 70 лет с момента ее открытия максимально приблизилась к нашей планете на расстояние, равное всего 30 дистанциям Луны от Земли. При этом видимый угловой размер ее сферической комы составил около $0,8^\circ$. Определите линейный диаметр комы этой кометы и сравните его с размером Земли.

Задания для 10 класса

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия в порядке пребывания в них Солнца.

2. Две звезды

Прямые восхождения двух звезд, расположенных на небесном экваторе, равны 21 ч 45 мин и 22 ч 37 мин соответственно. Определите угловое расстояние между этими звездами.

3. Немезида

В конце XX века палеонтологи выявили, что массовые вымирания биологических видов на Земле происходят с периодичностью в 26 миллионов лет. Существует гипотеза, что это может быть связано с наличием у Солнца звезды-спутника Немезиды – красного или коричневого карлика, обращающегося вокруг Солнца с данным периодом. Какова может быть величина большой полуоси орбиты этого гипотетического спутника Солнца?

4. Близкая Венера

Горизонтальный экваториальный параллакс Венеры при наибольшем сближении с Землей составляет $34,5''$. На каком расстоянии от Земли (в километрах и астрономических единицах) в этот момент находится планета?

5. Земля–Юпитер

Во сколько раз изменяется расстояние от Земли до Юпитера в соединении и в противостоянии, если среднее расстояние Юпитера от Солнца составляет 5,2 а.е.?

6. Знаменитый Мицар

На какой высоте в Красноярске ($\varphi = 56^\circ$ с.ш.) кульминирует звезда Мицар, если ее склонение $\delta = 55^\circ$?

Задания для 11 класса

1. Зодиакальные созвездия

Назовите все зодиакальные созвездия в порядке пребывания в них Солнца.

2. Две звезды

Прямые восхождения двух звезд, расположенных на небесном экваторе, равны 21 ч 45 мин 25 с и 22 ч 37 мин 13 с, соответственно. Определите угловое расстояние между этими звездами.

3. Далекая комета

Определите период обращения кометы, удаляющейся от Солнца на расстояние до 3200 а.е.

4. Что ближе?

Хорошо известно, что ближайшими соседями Земли среди планет являются Венера и Марс. А какая из этих планет может ближе всего располагаться к Земле? Данные, необходимые для решения задачи, возьмите из таблицы 1.

Таблица 1

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон орбиты к плоскости эклиптики, градусы	Период обращения, сутки
	млн км	а.е.			
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98

5. Классический астероид

Определите звездный период обращения вокруг Солнца малой планеты из пояса астероидов, если ее противостояния повторяются каждые 1,5 года?

6. α Центавра

α Центавра – это система, состоящая из трех ближайших к Солнцу звезд. Два ее компонента для невооруженного глаза сливаются в одну звезду, которая является третьей по яркости на ночном небе, а третий компонент – тусклый красный карлик Проксима Центавра. Можно ли увидеть звезду α Центавра в Красноярске ($\varphi = 56^{\circ}01'$ с.ш.), если известно, что ее склонение равно $\delta = -60^{\circ}50'$?

2020–2021 учебный год

Задания для 5–6 классов

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 8 ярких звезд.

2. Солнечным днем в окрестностях Красноярска

Какое астрономическое явление изображено на рисунке (рис. 6)? Объясните, почему вы так решили.

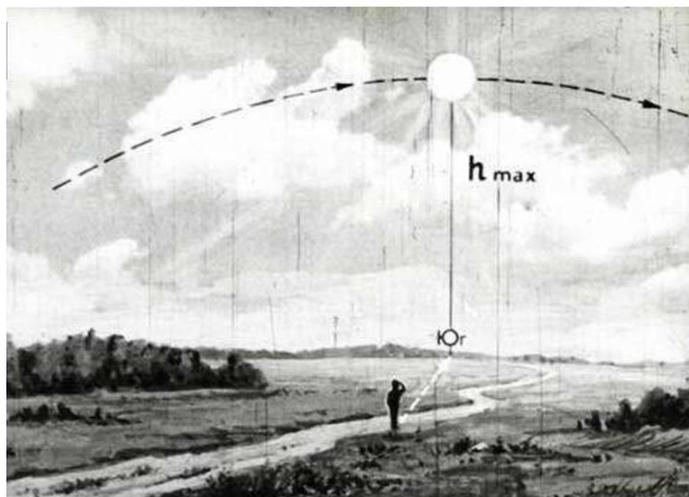


Рис. 6

3. Спутники планет

Установите соответствие между планетой и ее спутником.

Планеты	Спутники
1) Меркурий	а) Луна
2) Венера	б) Европа
3) Земля	в) Деймос
4) Марс	г) Каллисто
5) Юпитер	д) Ариэль
6) Сатурн	е) Тритон
7) Уран	ж) Ио
8) Нептун	з) Энцелад

4. Луна и месяц

Естественный спутник Земли – Луна ежедневно в течение месяца меняет свой вид или, как говорят астрономы, фазы. Иногда Луна выглядит полной, а иногда – неполной, которую в народе называют месяцем. А как правильно в астрономии называются четыре основные фазы Луны? В какое время суток Луна бывает лучше видна в каждой из этих фаз?

Задания для 7 класса

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 8 ярких звезд ночного неба.

2. Солнечным днем где-то в России

Какие астрономические явления изображены на рисунке (рис. 7)?
Объясните, почему вы так решили.

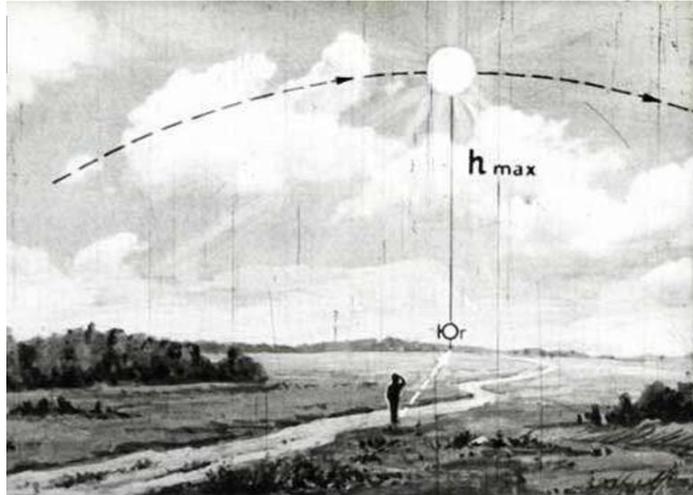


Рис. 7

3. Спутники планет

Установите соответствие между планетой и ее спутником.

Планеты	Спутники
1) Меркурий	а) Луна
2) Венера	б) Европа
3) Земля	в) Деймос
4) Марс	г) Каллисто
5) Юпитер	д) Ариэль
6) Сатурн	е) Тритон
7) Уран	ж) Ио
8) Нептун	з) Энцелад

4. «Голубая Луна»

Период смены фаз Луны используется в календарях многих народов мира со времен каменного века. Наш календарь – не исключение, в нем единица измерения времени «месяц» произошла от лунного месяца. Но иногда в одном календарном месяце бывает сразу два полнолуния! Это явление в прессе часто называют «Голубой Луной». Ближайшее такое событие случится в октябре 2020 года. Объясните, почему в одном месяце могут произойти два полнолуния.

Задания для 8 класса

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 8 ярких звезд ночного неба.

2. Ветры на Нептуне

В атмосфере Нептуна бушуют самые сильные ветры среди планет Солнечной системы. Скорость ветра на этой планете может достигать 600 м/с. Сколько это будет в километрах в час?

3. Соединение Юпитера и Сатурна

Положение двух тел Солнечной системы на одной линии с Землей, в результате чего при наблюдении с Земли они кажутся расположенными близко друг к другу на небесной сфере, в астрономии называется соединением. В этом году в день зимнего солнцестояния произойдет соединение двух планет-гигантов Юпитера и Сатурна, в результате чего они окажутся на небе всего в $0,1^\circ$ друг от друга. Переведите это угловое расстояние между планетами в угловые минуты и сравните его с видимыми угловыми размерами Луны. Укажите дату, когда произойдет это соединение.

4. Лунное затмение

На Земле 26 мая 2021 года произойдет полное лунное затмение, но из Красноярска, к сожалению, его видно не будет. Поясните суть этого астрономического явления. В какой фазе будет Луна в день затмения? Как вы считаете, почему это затмение не будет видно из Красноярска, даже в случае хорошей погоды?

Задания для 9 класса

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 4 ярких звезд ночного неба. В каких созвездиях находятся эти звезды? Ответ оформите в виде пар «звезда – созвездие».

2. В будущее и назад

Установлено, что приливное воздействие Луны тормозит вращение Земли, увеличивая продолжительность земных суток на 1,8 миллисекунды каждые 100 лет. Оцените, когда примерно сутки на Земле станут равны 25 часам. Сколько примерно суток при этом будет составлять год при условии, что период обращения Земли вокруг Солнца остается неизменным? А сколько часов длились сутки и сколько суток длился год во времена динозавров (200 млн лет назад)?

3. Противостояние Марса

В ночь с 13 на 14 октября 2020 года произойдет очередное противостояние Марса. Поясните суть этого астрономического явления. Определите расстояние от Земли до Марса в среднем противостоянии, если известно, что среднее расстояние Марса от Солнца составляет 227,9 млн км.

4. Солнечное затмение

На Земле 14 декабря 2020 года произойдет полное солнечное затмение, которое начнется в 13 ч 33 мин и закончится в 18 ч 52 мин по всемирному («гринвичскому») времени. Поясните суть этого астрономического явления. В какой фазе будет Луна в день затмения? Будет ли это затмение видно из Красноярска при условии хорошей погоды и почему?

5. Полюс мира

В каком направлении и на каком примерно угловом расстоянии от зенита находится северный полюс мира в Красноярске (географическая широта города $\varphi = 56^\circ$ с.ш.)?

6. Близкий Меркурий

Горизонтальный экваториальный параллакс Меркурия во время сближения с Землей 25 октября 2020 года составит $13,1''$. На каком расстоянии от Земли (в километрах и астрономических единицах) в этот момент будет находиться планета? Экваториальный радиус Земли принять равным 6378 км.

Задания для 10 класса

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 8 ярких звезд ночного неба. В каких созвездиях находятся эти звезды? Ответ оформите в виде пар «звезда – созвездие».

2. Пролеты МКС

Осенью 2020 года ожидается серия пролетов Международной космической станции (МКС), видимых из Красноярска. МКС обращается вокруг Земли по орбите, близкой к круговой, на высоте около 400 км. Чему равен

период обращения МКС? С какой угловой скоростью (градусов в минуту) движется МКС по орбите?

Указание: при решении задачи использовать следующие данные: масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус Земли 6378 км, гравитационная постоянная $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

3. Противостояние Марса

В ночь с 13 на 14 октября произойдет очередное противостояние Марса, при этом диск планеты достигнет видимого углового размера $22,4''$. Поясните суть этого астрономического явления. Какое увеличение следует применить при телескопических наблюдениях, чтобы различить диск Марса? Считать, что угловое разрешение глаза человека равно $2'$.

4. Солнечное затмение

Ближайшее солнечное затмение, видимое из Красноярска, произойдет 10 июня 2021 года (его максимальная фаза $\Phi = 0,54$ наступит в 12 ч 06 мин по всемирному времени). Сколько процентов солнечного диска будет закрыто в этот момент Луной? Во сколько и в какой части неба (северная – южная – восточная – западная) будет наблюдаться максимальная фаза затмения в Красноярске?

5. Полюс мира

В каком направлении и на каком примерно угловом расстоянии от зенита находится северный полюс мира в Красноярске (географическая широта города $\varphi = 56^\circ$ с.ш.)?

6. Транснептуновый объект

Недавно открытый транснептуновый объект – астероид из пояса Койпера, названный «Гоблином», имеет звездный период обращения вокруг Солнца, составляющий около 40 тыс. лет. Определите его синодический период обращения.

Задания для 11 класса

1. Яркие звезды

Напишите собственные имена 4 ярких звезд ночного неба. В каких созвездиях находятся эти звезды? Ответ оформите в виде пар «звезда – созвездие» в порядке убывания яркости (блеска) звезд.

2. Пролеты МКС

Осенью 2020 года ожидается серия пролетов Международной космической станции (МКС), видимых из Красноярска. МКС обращается вокруг Земли по орбите, близкой к круговой, на высоте около 400 км. Чему равен период обращения МКС? С какой угловой скоростью (градусов в минуту) движется МКС по орбите?

Указание: при решении задачи использовать следующие данные: масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус Земли 6378 км, гравитационная постоянная $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$.

3. Противостояние Марса

13 октября 2020 года произойдет очередное противостояние Марса. В какое время суток и на какую максимальную высоту над горизонтом поднимется Марс в Красноярске (географическая широта $\varphi = +56,0^\circ$), если склонение Марса в эту дату $\delta = +5,5^\circ$?

4. Затмение за затмением

Ближайшее солнечное затмение, видимое из Красноярска, произойдет 10 июня 2021 года. Когда примерно может произойти на Земле ближайшее к указанной дате лунное затмение?

5. К нам или от нас?

В спектре звезды темная линия, соответствующая лабораторной длине волны $\lambda = 656,3$ нм, смещена относительно нормального положения

и имеет длину волны $\lambda_{наб} = 656,2$ нм. Удаляется или приближается к нам звезда, и с какой скоростью? Орбитальное движение Земли не учитывать.

6. Комета Понса-Виннеке

Ожидается, что одной из самых ярких периодических комет в 2021 году станет комета Понса-Виннеке, блеск которой может достичь +8 звездной величины в конце мая – начале июня. Можно ли будет увидеть эту комету невооруженным глазом? Определите период обращения кометы вокруг Солнца, если большая полуось ее орбиты составляет 3,416 а.е.

2021–2022 учебный год

Задания для 5–6 классов

1. Луна в новогоднюю ночь

Последнее полнолуние в этом году придется на 19 декабря. Будет ли новогодняя ночь с 2021 на 2022 год «лунной»? Объясните, почему вы так считаете. Период смены лунных фаз составляет 29,5 суток.

2. Самый долгий день

Когда в Красноярске в 2021–2022 учебном году (с 1 сентября 2021 года по 30 июня 2022 года) будет самый долгий день, самая долгая ночь, а когда продолжительность дня будет равна продолжительности ночи?

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Флаг Аляски

Как вы считаете, что символизируют звезды на флаге штата США Аляска (рис. 8)? Есть ли на изображении какие-либо неточности?



Рис. 8. Флаг Аляски (желтые звезды на синем фоне)

Задания для 7 класса

1. Луна в новогоднюю ночь

Последнее полнолуние в этом году придется на 19 декабря. Будет ли новогодняя ночь с 2021 на 2022 год «лунной»? Объясните, почему вы так считаете. Период смены лунных фаз составляет 29,5 суток.

2. Все выше или ниже?

В каких частях небосвода высота светил непрерывно увеличивается, а в каких уменьшается?

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Флаг Аляски

Как вы считаете, что символизируют звезды на флаге штата США Аляска (рис. 9)? Есть ли на изображении какие-либо неточности?



Рис. 9. Флаг Аляски (желтые звезды на синем фоне)

Задания для 8 класса

1. Луна в новогоднюю ночь

Последнее полнолуние в этом году придется на 19 декабря. Будет ли новогодняя ночь с 2021 на 2022 год «лунной»? Объясните, почему вы так считаете.

2. Звезда Шольца

Звезда Шольца – красный карлик в созвездии Единорога, по оценкам астрономов, во времена неандертальцев около 70 тысяч лет назад сблизилась с Солнцем на расстояние всего до 0,8 световых лет. Что означает эта единица измерения расстояния? Выразите расстояние в момент сближения в парсеках, астрономических единицах и километрах.

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Лунные затмения

Схематически изобразите на одном рисунке, как движется Луна относительно земной тени и полутени во время лунных затмений, наблюдаемых из северного полушария: А – полного, Б – частного, В – полутеневого и Г – частного полутеневого.

Задания для 9 класса

1. Суперлуние 2022

В ночь с 13 на 14 июля 2022 года жители нашей планеты смогут наблюдать так называемое суперлуние. Именно в это время Луна будет не только в полнолунии, но и окажется ближе всего к Земле.

Опишите, когда и в какой стороне неба лучше всего можно будет наблюдать Луну из Красноярска в эту ночь. Высоко или низко над горизонтом она будет находиться в этот момент? А как будет видна Луна через неделю, через две недели?

2. Прямой наводкой

С поверхности Солнца вылетел квант света (фотон), направленный точно в центр диска Земли. Попадет ли он на нашу планету? Можно считать, что расстояние от Земли до Солнца составляет 150 миллионов километров, скорость света 300 тысяч км/с, а период обращения Земли вокруг Солнца равен 365,25 суток.

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Лунные затмения

Схематически изобразите на одном рисунке, как движется Луна относительно земной тени и полутени во время лунных затмений, наблюдаемых из северного полушария: А – полного, Б – частного, В – полутеневого и Г – частного полутеневого.

5. Луна и гривенник

На каком расстоянии от глаза надо поместить современную десятикопеечную монету (диаметр 17,5 мм), чтобы она закрыла собой Луну или

Солнце (видимые угловые размеры Луны и Солнца примерно одинаковы, о чем свидетельствуют солнечные затмения). В качестве исходных данных принять, что диаметр Луны равен 3475 км, а ее среднее расстояние от Земли составляет 384400 км.

6. Две экзопланеты

Вокруг далекой звезды по круговым орбитам обращаются две планеты. Во сколько раз отличаются их периоды обращения, если вторая планета находится от звезды в три раза дальше, чем первая?

Задания для 10 класса

1. Суперлуние 2022

В ночь с 13 на 14 июля 2022 года жители нашей планеты смогут наблюдать так называемое суперлуние. Именно в это время Луна будет не только в полнолунии, но и окажется ближе всего к Земле.

Опишите, когда и в какой стороне неба лучше всего можно будет наблюдать Луну из Красноярска в эту ночь. Высоко или низко над горизонтом она будет находиться в этот момент? А как будет видна Луна через неделю, через две недели?

2. Звезда Шольца

Звезда Шольца – красный карлик в созвездии Единорога, по оценкам астрономов, во времена неандертальцев около 70 тысяч лет назад сблизилась с Солнцем, при этом ее годичный параллакс составил 4". Определите расстояние до звезды в момент сближения и выразите его в парсеках, световых годах, астрономических единицах и километрах.

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Лунные затмения

Схематически изобразите на одном рисунке, как движется Луна относительно земной тени и полутени во время лунных затмений, наблюдаемых из северного полушария: А – полного, Б – частного, В – полутеневого и Г – частного полутеневого.

5. Самодельный телескоп

В качестве объектива самодельного телескопа взята выпуклая линза от очков с оптической силой в плюс одну диоптрию, а в качестве окуляра – линза от часовой лупы с фокусным расстоянием 25 мм. Какой будет примерно длина трубы такого телескопа, какое увеличение протяженных объектов (Луны, планет, земных предметов) он будет давать?

6. В ожидании кометы Галлея

Самая знаменитая из периодических комет – комета Галлея – обращается вокруг Солнца по орбите с большой полуосью $a = 17,834$ а.е. В последний раз она проходила перигелий (ближайшую к Солнцу точку своей орбиты) 9 февраля 1986 года. Определите, эта комета все еще удаляется от Солнца, или уже начала свое приближение?

Задания для 11 класса

1. Суперлуние 2022

В ночь с 13 на 14 июля 2022 года жители нашей планеты смогут наблюдать так называемое суперлуние. Именно в это время Луна будет не только в полнолунии, но и окажется ближе всего к Земле.

Опишите, когда и в какой стороне неба лучше всего можно будет наблюдать Луну из Красноярска в эту ночь. Высоко или низко над горизонтом она будет находиться в этот момент? А как будет видна Луна через неделю, через две недели?

2. Звезда Шольца

Звезда Шольца – красный карлик в созвездии Единорога с абсолютной звездной величиной $M = +19,4$, по оценкам астрономов, во времена неандертальцев около 70 тысяч лет назад сблизилась с Солнцем, при этом ее годичный параллакс составил 4". Некоторые блогеры утверждают, что в это время на земном небе светили два солнца. Определите видимую звездную величину звезды Шольца в момент сближения. Действительно ли неандертальцы видели в небе два солнца?

3. Звезды и созвездия

Установите соответствие между названием звезды и созвездием, в котором она расположена.

Звезды:

- 1) Вега; 2) Денеб; 3) Бетельгейзе; 4) Альдебаран; 5) Сириус;
- 6) Альтаир; 7) Спика; 8) Арктур.

Созвездия:

- а) Орион; б) Телец; в) Лира; г) Лебедь; д) Дева; е) Волопас;
- ж) Орел; з) Большой Пес.

4. Вега из Красноярска

Одной из самых ярких звезд северного полушария небесной сферы является Вега, экваториальные координаты которой: прямое восхождение – 18 ч 37 мин и склонение $+38^{\circ}47'$. Заходит или нет эта звезда под горизонт на широте Красноярска ($\varphi = +56^{\circ}01'$)?

5. Самодельный телескоп

В качестве объектива самодельного телескопа взята выпуклая линза от очков диаметром 50 мм с оптической силой в плюс одну диоптрию, а в качестве окуляра – линза от часовой лупы с фокусным расстоянием 25 мм. Какой будет примерно длина трубы такого телескопа, какое увеличение протяженных объектов (Луны, планет, земных предметов) он будет давать и какая будет у него разрешающая способность?

6. В ожидании кометы Галлея

Самая знаменитая из периодических комет – комета Галлея – обращается вокруг Солнца по орбите с большой полуосью $a = 17,834$ а.е. и эксцентриситетом $e = 0,967$. В последний раз она проходила перигелий (ближайшую к Солнцу точку своей орбиты) 9 февраля 1986 года. Определите, эта комета все еще удаляется от Солнца, или уже начала свое приближение? Во сколько раз комета получает меньше солнечной энергии в афелии, чем в перигелии?

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

2012–2013 учебный год

Решения заданий для 10 класса и младше

1. *Ответ:* во-первых, на детском рисунке (см. рис. 1 в условии задачи) неверно изображены направления хвостов двух комет, расположенных слева и справа от центральной звезды. Хвосты комет практически всегда направлены в противоположную от Солнца (или звезды) сторону. Так как на частицы, образующие хвост кометы, действует сила светового давления, солнечный ветер, направленные от Солнца, и сила притяжения, направленная к Солнцу. Соотношение этих сил, действующих на частицы с разными характеристиками, различно. На легкие и мелкие частицы преобладающее действие оказывают силы отталкивания, и хвост, состоящий из таких частиц, будет почти точно направлен от Солнца вдоль линии, соединяющей Солнце с ядром кометы (плазменный хвост). Если хвост состоит из более крупных и тяжелых частиц (пылевой хвост), все большую роль будут оказывать силы притяжения, и хвост будет отклоняться от этого направления в сторону, противоположную движению кометы по ее орбите, образуя изгиб. Очень изогнутые и короткие хвосты состоят из тяжелых и крупных частиц.

Кроме того, у всех изображенных комет имеется два хвоста, что в действительности возможно (плазменный хвост и пылевой хвост), но плазменный хвост обычно менее яркий, чем пылевой, и, как уже упоминалось выше, не изогнут. Поэтому двойные хвосты всех комет, в том числе кометы, расположенной снизу от центральной звезды, изображены не корректно.

Во-вторых, на рисунке орбиты планет имеют явно эллиптическую форму. А, как известно (первый закон Кеплера), центральное тело, вокруг

которого обращаются планеты, располагается в одном из фокусов эллиптической орбиты, который смещен относительно центра. На приведенном рисунке центральная звезда расположена в центре эллипсов, что является ошибкой.

Критерии оценивания

Указание на неправильное изображение направления хвостов двух комет относительно Солнца с пояснением – 4 балла.

Указание на неверное положение центральной звезды относительно эллиптических орбит планет, изображенных на рисунке, с пояснением – 4 балла.

Кроме того, в пределах, не превышающих максимального количества баллов за задачу (8), возможно выставление до 2 баллов за упоминание о плазменных и пылевых хвостах комет и их некорректном изображении на рисунке.

2. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо перечислить восемь собственных имен естественных спутников планет, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: естественные спутники планет: Европа (спутник Юпитера), Тритон (спутник Нептуна), Оберон (спутник Урана), Харон (спутник Плутона), Луна (спутник Земли), Ганимед (спутник Юпитера), Титан (спутник Сатурна), Фобос (спутник Марса).

Остальные названия: Цефей, Геркулес – названия созвездий; Леониды, Пегасиды – метеорные потоки; Веста, Юнона – малые планеты (астероиды); Бетельгейзе (α Ориона), Денеб (α Лебедя) – звезды.

Критерии оценивания

За каждое правильно указанное название спутника выставляется 1 балл. Итоговая оценка за выполнение задания получается суммированием баллов за правильные ответы и составляет от 0 до 8 баллов.

3. *Ответ:* на рисунке (см. рис.2 в условии задачи) показано созвездие Тельца. На рисунке, приведенном ниже (рис. 10), обозначен примерный контур созвездия, обозначены яркие звезды, образующие «рисунок» созвездия (α , β , δ и т.д.). Ярчайшая звезда созвездия (α) называется Альдебаран. В правой стороне рисунка располагается известное рассеянное звездное скопление Плеяды.

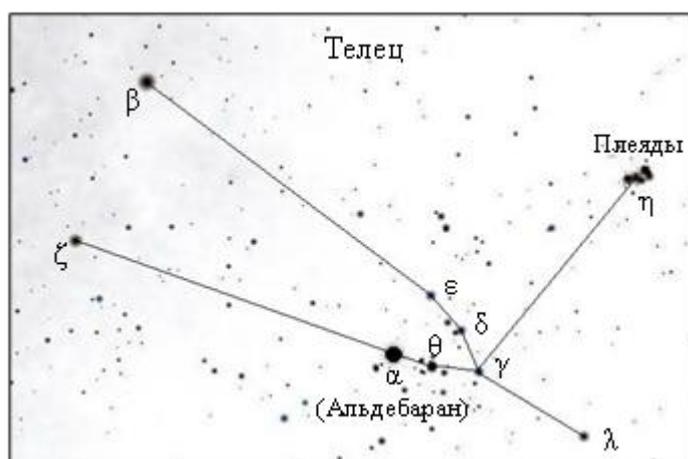


Рис. 10

Критерии оценивания

Правильное определение созвездия – 4 балла.

Верный контур созвездия (допускается указание немного других очертаний, чем приведены на рисунке) – 1 балл.

Правильные буквенные обозначения звезд (допускается указание обозначений не всех звезд) – 1 балл.

Указание названия ярчайшей звезды созвездия – 1 балл.

Указание положения рассеянного звездного скопления Плеяды – 1 балл.

4. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо выбрать правильный ответ из предложенных вариантов, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: б) восходит на западе и заходит на востоке;

(так как у Венеры вращение вокруг оси обратное, что можно установить из разрешенных к использованию справочных данных (Приложение 3)).

Критерии оценивания

За правильный ответ выставляется 8 баллов.

5. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо указать соответствие между названием объекта и его характеристикой, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ:

- | | |
|--------------|---|
| а) Астероид | 2) Относительно небольшое небесное тело Солнечной системы, движущееся по орбите вокруг Солнца |
| б) Метеорит | 4) Тело космического происхождения, упавшее на поверхность крупного небесного объекта |
| в) Метеор | 1) Явление, возникающее при сгорании в атмосфере Земли мелких метеорных тел |
| г) Метеороид | 3) Небесное тело, промежуточное по размеру между межпланетной пылью и астероидом |

Критерии оценивания

За каждое правильно установленное соответствие – 2 балла.

6. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо выбрать правильный ответ из предложенных вариантов, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: в) 350 м;

(примерно это число получается, если минимальное расстояние от Земли до Нептуна (см. Приложение 3) – 4355 млн км, разделить на диаметр Земли – 12800 км и выразить в метрах)

Критерии оценивания

За правильный ответ выставляется 8 баллов.

Решения заданий для 11 класса

1. В северном полушарии Земли выше всего над горизонтом Солнце бывает в истинный полдень (в момент его верхней кульминации) в день летнего солнцестояния (около 22 июня). В этот день Солнце имеет склонение $\delta \approx +23,5^\circ$. Вычислим высоту Солнца в верхней кульминации на широте Красноярска ($\varphi = 56^\circ$) в этот момент: $h = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 56^\circ + 23,5^\circ = 57,5^\circ$. Таким образом, в зените ($h = 90^\circ$) на наших широтах Солнце наблюдаться не может. Тем более что события, описанные в статье, происходили во время уборки урожая, то есть в конце лета или осенью, когда склонение Солнца меньше, чем в день летнего солнцестояния, и близко к 0° . При этом максимальная высота Солнца над горизонтом будет еще меньше (около 40°).

Ответ: автор статьи в окрестностях Красноярска наблюдать Солнце в зените не мог.

Критерии оценивания

Применение формулы для вычисления высоты светила в верхней кульминации – 3 балла.

Использование знаний об изменении склонения Солнца в течение года и его значений в различные сезоны – 2 балла.

Знание значения широты Красноярска – 1 балл.

Правильное вычисление максимальной высоты Солнца в Красноярске и вывод о невозможности наблюдать Солнце на наших широтах в зените – 2 балла.

2. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо перечислить восемь названий созвездий, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: название созвездий: Эридан, Весы, Тукан, Циркуль, Андромеда, Заяц, Волосы Вероники, Кассиопея.

Остальные названия: Веста – малая планета (астероид); Церера – карликовая планета; Вега (α Лирь), Капелла (α Возничего) – звезды; Нереида – спутник Нептуна; Каллисто – спутник Юпитера; Персеиды, Лириды – метеорные потоки.

Критерии оценивания

За каждое правильно указанное название созвездия выставляется 1 балл. Итоговая оценка за выполнение задания получается суммированием баллов за правильные ответы и составляет от 0 до 8 баллов.

3. *Ответ:* на рисунке (см. рис. 3 в условии задачи) показано созвездие Лебедя. На рисунке, приведенном ниже (рис. 11), обозначен примерный контур созвездия, обозначены яркие звезды, образующие «рисунок» созвездия (α , β , δ и т.д.). Ярчайшая звезда созвездия (α) называется Денеб.

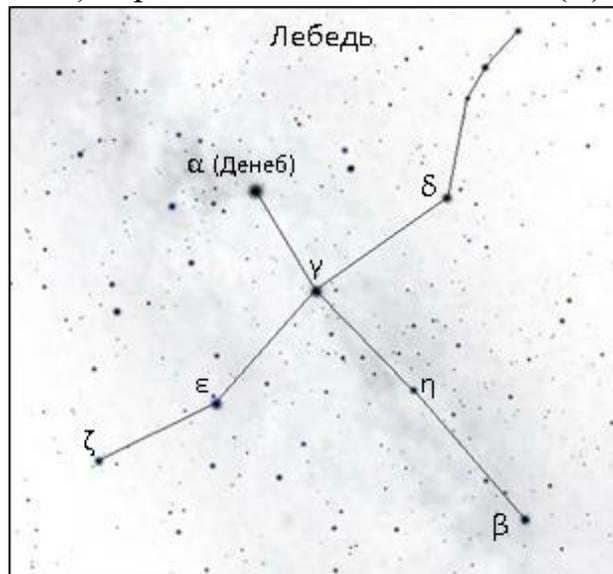


Рис. 11

Критерии оценивания

Правильное определение созвездия – 5 баллов.

Верный контур созвездия (допускается указание немного других очертаний, чем приведены на рисунке) – 1 балл.

Правильные буквенные обозначения звезд (допускается указание обозначений не всех звезд) – 1 балл.

Указание названия ярчайшей звезды созвездия – 1 балл.

4. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо выбрать правильный ответ из предложенных вариантов, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: б) 11,2.

(третий закон Кеплера – квадраты сидерических периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит).

Критерии оценивания

За правильный ответ выставляется 8 баллов.

5. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо указать соответствие между названием объекта и его характеристикой, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ:

а) G 3) Желтые звезды с температурой фотосферы 5000–6000 К

б) O 4) Голубые звезды с температурой фотосферы 30000–40000 К

в) M 1) Красные звезды с температурой фотосферы 2500–3500 К

г) A 2) Белые звезды с температурой фотосферы 7000–10000 К

Критерии оценивания

За каждое правильно установленное соответствие – 2 балла.

6. Данное задание является испытанием тестового типа, и участникам олимпиады необходимо выбрать правильный ответ из предложенных вариантов, давать какие-либо пояснения не требуется.

Ответ: г) 3000 км;

(примерно это число получается, если расстояние до Проксимы Центавра – 1,32 пк (4,3 св.г.) перевести в километры ($1,32 \text{ пк} \cdot 3 \cdot 10^{13} \text{ км}$), разделить на диаметр Земли – 12800 км и выразить в километрах).

Критерии оценивания

За правильный ответ выставляется 8 баллов.

2018–2019 учебный год

Решения заданий для 5–6 классов

1. Море Москвы

За счет силы тяготения со стороны Земли в течение миллиардов лет (приливные возмущения) Луна стала обращаться вокруг нашей планеты «синхронно». То есть, оставаясь обращенной к нам всегда одной стороной (за один оборот вокруг Земли Луна совершает один оборот вокруг своей оси). Поэтому термин «обратная сторона Луны» существует очень давно. Можно догадаться, что если Море Москвы находится на обратной стороне Луны (а так оно и есть), то и наблюдать или фотографировать его можно только с помощью космических аппаратов, во время их пролета над невидимым с Земли полушарием нашего естественного спутника.

Примечание: впервые изображения обратной стороны Луны было получено 7 октября 1959 года советской автоматической межпланетной станцией «Луна-3».

Ответ: потому что Море Москвы находится на обратной, невидимой с Земли, стороне Луны.

Критерии оценивания

За верный ответ – 8 баллов.

2. Звезды

Ответ: Полярная, Альтаир, Вега, Денеб, Бетельгейзе, Солнце, Сириус, Антарес.

Критерии оценивания

За каждое правильно выбранное название звезды выставляется по 1 баллу.

3. Небесные тела

Ответ:

1. Луна – г) Спутник планеты
2. Персеиды – ж) Метеорный поток
3. Галлея – д) Комета
4. Марс – а) Планета земной группы
5. Солнце – з) Звезда
6. Паллада – е) Малая планета (астероид)
7. Юпитер – в) Планета-гигант
8. Плутон – б) Карликовая планета

Критерии оценивания

За каждое верно установленное соответствие – 1 балл.

4. Астрономические явления

2018 год богат на астрономические явления. Среди значимых, наблюдаемых в Красноярске, можно выделить следующие: полное лунное затмение 31 января 2018 г., совпавшее со вторым полнолунием за один календарный месяц (так называемой Голубой Луной) и полнолунием в перигее лунной орбиты – Суперлунием, полное лунное затмение 27 июля 2018 г. (в Красноярске это затмение начнется уже ночью 28 июля), частное солнечное затмение 11 августа 2018 г., великое противостояние Марса 27 июля 2018 г. О других астрономических явлениях можно узнать в Астрономическом календаре на 2018 год на сайте «Астрономия в Сибири. “Астро-Гид” от Сергея Гурьянова»: <http://edu.zelenogorsk.ru/astron/calendar/2018/mycal18.htm> или на сайте проекта Российской астрономической сети «Astronet»: <http://www.astronet.ru/db/msg/1364103>.

Ответ: например, участники могут указать следующие астрономические явления 2018 года, видимые в Красноярске: полное лунное затмение

31 января 2018 г., полное лунное затмение 27 (28) июля 2018 г., частное солнечное затмение 11 августа 2018 г., великое противостояние Марса 27 июля 2018 г.

Примечание: участники также могут указать и другие астрономические явления, видимые в Красноярске в 2018 году.

Критерии оценивания

За каждое указанное астрономическое явление – 1 балл, за верную дату этого явления – 1 балл, но суммарно не более 8 баллов.

Решения заданий для 7 класса

1. Лунные моря

Ответ: основные лунные моря на видимой стороне: 1. Море Кризисов; 2. Море Изобилия; 3. Море Нектара; 4. Море Спокойствия; 5. Море Ясности; 6. Море Паров; 7. Море Холода; 8. Море Дождей; 9. Море Облаков; 10. Море Влажности и, наконец, Океан Бурь.

Критерии оценивания

По 2 балла за каждое правильное название, но суммарно не более 8 баллов.

2. Что ярче?

Как правило, яркие звезды каждого созвездия обозначаются буквами греческого алфавита в порядке убывания их блеска: α , β , γ , δ , ϵ , ζ , η , θ и т.д. Поэтому последовательность звезд в порядке возрастания их блеска будет выглядеть следующим образом: θ , η , ζ , ϵ , δ , γ , β , α .

Примечание: только в 58 созвездиях из 88 самые яркие звезды обозначаются α , в 13 созвездиях самые яркие звезды – β , а в некоторых других – и другие буквы греческого алфавита.

Ответ: θ , η , ζ , ϵ , δ , γ , β , α

Критерии оценивания

За каждую правильную позицию звезды в последовательности выставляется по 1 баллу.

3. Спутники планет

Ответ²:

1. Меркурий – б) 0 или з) 0
2. Венера – з) 0 или б) 0
3. Земля – е) 1
4. Марс – в) 2
5. Юпитер – а) 69
6. Сатурн – д) 62
7. Уран – г) 27
8. Нептун – ж) 14

Критерии оценивания

За каждое верно установленное соответствие – 1 балл.

4. Астрономические явления

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

Решения заданий для 8 класса

1. Фазы Луны и Земли

Ответ: В этот момент Луна удалена от Солнца на 90 градусов, и мы видим ее освещенной точно наполовину. В нашем северном полушарии Луна при этом освещена справа и напоминает часть буквы «Р» (растущая).

За счет того, что расстояние до Солнца (1 а.е.) намного больше расстояния до Луны, условия освещенности Земли и Луны одинаковы. Поэтому Земля с Луны тоже выглядит освещенной ровно наполовину (без учета

² По состоянию на 2018 год.

нюансов, связанных с земной атмосферой). Только, наш взгляд, в этом случае будет направлен в противоположную сторону, и лунный наблюдатель увидит освещенной левую половину земного диска. Земля будет выглядеть для него похожей на букву «С».

Критерии оценивания

Верное описание вида Луны – 4 балла.

Верное понимание и описание вида Земли – 4 балла.

Примечание: за описание участниками того, что Луна и (или) Земля будут освещены наполовину, без указания, с какой стороны будут располагаться освещенные части дисков, выставляется не более 2 баллов за каждый этап решения, т.е. суммарно не более 4 баллов за задачу.

2. Покрытие звезд Луной

Чтобы сделать вывод о возможности одновременного покрытия Луной двух звезд, указанных в задаче, нужно привести угловое расстояние между ними и видимый угловой диаметр Луны к одним единицам измерения. Например, переведем угловые минуты и угловые секунды в доли градуса, зная, что в $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ или $1^\circ = 3600''$, тогда: $32'/60' = 0,533^\circ$, а $53''/3600'' = 0,015^\circ$, что в сумме даст максимальный видимый угловой диаметр Луны в долях градуса: $0,533^\circ + 0,015^\circ = 0,548^\circ \approx 0,55^\circ$. Сравнивая это значение с угловым расстоянием между двумя звездами, равное $0,53^\circ$, видно, что оно меньше видимого углового диаметра Луны, а значит, одновременное их покрытие Луной теоретически возможно.

Примечание: участники могут, наоборот, перевести доли градуса в угловые минуты и угловые секунды и сделать вывод.

Ответ: одновременное покрытие двух звезд Луной, указанных в задаче, теоретически возможно, так как угловое расстояние между ними ($0,53^\circ$) меньше наибольшего видимого углового диаметра Луны ($0,55^\circ$).

Критерии оценивания

Знание частей градуса – 2 балла.

Верный перевод к одним единицам измерения – 4 балла.

Окончательный вывод о возможности одновременного покрытия – 2 балла.

3. Нанозвездолет

Так как Проксима Центавра удалена от нас на расстояние 4,24 световых года, то свет, распространяющийся с самой большой в природе скоростью – скоростью света, доходит от звезды до нас за 4,24 года. По условию задачи скорость нанозвездолета составляет 20% от скорости света, то есть в пять раз меньше ее, а значит, нанозонд будет лететь в пять раз дольше: $4,24 \text{ св. год} \cdot 5 = 21,20 \text{ года}$.

Скорость распространения радиоволн равна скорости света, поэтому, если нанозвездолет отправит радиосигнал сразу после успешного прибытия к Проксиме Центавра, земляне его получат еще только через 4,24 года. То есть с момента старта пройдет $21,20 \text{ г.} + 4,24 \text{ г.} = 25,44 \text{ года}$ или примерно не менее 25 лет и 5 месяцев.

Ответ: нанозвездолет будет лететь к Проксиме Центавра 21,20 года, а земляне получат радиосообщение от нанозонда об успешном прибытии к этой звезде через 25,44 года с момента его старта.

Критерии оценивания

За верный расчет времени полета нанозонда – 4 балла.

За знание, что скорость распространения радиоволн равна скорости света и верный расчет времени получения радиосигнала – 4 балла.

4. Астрономические явления

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

Решения заданий для 9 класса

1. Что ярче?

Так как звездная величина Юпитера была отрицательная, а звезды – положительная, то ярче был Юпитер. Разность звездных величин этих светил составляет 5^m . А так как разность в 5 звездных величин соответствует различию в блеске ровно в 100 раз, то Юпитер был ярче звезды в 100 раз.

Ответ: Юпитер был ярче звезды α Весов в 100 раз.

Критерии оценивания

Верное определение, какое светило ярче, – 2 балла.

Знание соотношения звездных величин с освещенностями (или в целых числах, или в виде формулы Погсона) – 6 баллов.

2. Покрытие звезд Луной

Сначала определим угловой диаметр Луны: $2 \cdot 16'27'' = 32'54''$. Затем приведем видимый угловой диаметр Луны и угловое расстояние между звездами к одним единицам измерения. Например, переведем угловые минуты и угловые секунды в доли градуса, зная, что в $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$ или $1^\circ = 3600''$, тогда: $32'/60' = 0,533^\circ$, а $54''/3600'' = 0,015^\circ$, что в сумме даст максимальный видимый угловой диаметр Луны в долях градуса: $0,533^\circ + 0,015^\circ = 0,548^\circ \approx 0,55^\circ$. Сравнивая это значение с угловым расстоянием между двумя звездами, равное $0,53^\circ$, видно, что оно меньше видимого углового диаметра Луны, а значит одновременное их покрытие Луной теоретически возможно.

Примечание: участники могут, наоборот, перевести доли градуса в угловые минуты и угловые секунды и сделать вывод.

Попробуем рассмотреть при каких условиях это может произойти. Если две звезды лежат на линии движения Луны, то в этом случае говорить об их одновременном покрытии нельзя – при любом даже очень малом расстоянии между ними, сначала будет покрытие одной звезды, а затем – дру-

гой. По условию задачи угловое расстояние между звездами близко к максимальному видимому диаметру Луны. Отсюда можно сделать вывод, что звезды должны быть расположены почти перпендикулярно к направлению движения Луны и симметрично (одна к северу, а другая к югу) от линии видимого перемещения Луны (см. рис. 12).

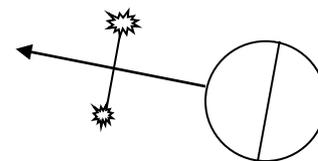


Рис. 12

Ответ: одновременное покрытие двух звезд Луной, указанных в задаче, теоретически возможно, так как угловое расстояние между ними ($0,53^\circ$) меньше наибольшего видимого углового диаметра Луны ($0,55^\circ$). При этом эти звезды должны находиться почти перпендикулярно к направлению движения Луны и симметрично (одна к северу, а другая к югу) от линии ее видимого перемещения.

Критерии оценивания

Верное определение углового диаметра Луны – 1 балл.

Верный перевод к одним единицам измерения – 3 балла.

Любой рисунок (типа рис. 12) или текстовое описание условий, при которых возможно одновременное покрытие, – 2 балла.

Формулировка окончательного вывода о возможности одновременного покрытия – 2 балла.

3. Противостояния

Ответ: Противостояние планеты – это такая конфигурация верхней (внешней) планеты, при которой она видна с Земли в противоположном Солнцу направлении, т.е. находится на продолжении линии «Солнце–Земля». Во время противостояния планеты находятся на наименьшем расстоянии от Земли и наблюдаются всю ночь. Противостояние возможно только для верхних (внешних) планет. Поэтому наблюдать в противостоянии можно Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун.

Противостояние планеты называется великим, если она в это время находится вблизи перигелия своей орбиты. Орбита Марса значительно вытянута (эксцентриситет равен 0,093) по сравнению с орбитами других верхних (внешних) планет. Вследствие этого во время великого противостояния расстояние от Земли до Марса самое минимальное, а диск планеты достигает наибольшего углового размера (около 25") и поверхность Марса удобнее всего изучать в телескоп. Поэтому термин «великие противостояния» закрепился только за Марсом. Великие противостояния Марса повторяются каждые 15–17 лет, а «обычные» противостояния Марса происходят примерно через два года.

Примечание: очередное великое противостояние Марса состоялось 27 июля 2018 г., а следующее великое противостояние произойдет 15 сентября 2035 г.

Критерии оценивания

Правильное (по сути) определение противостояния планеты – 3 балла.

Верное указание планет, которые можно наблюдать в противостоянии, – 2 балла.

Правильное объяснение великих противостояний Марса – 3 балла.

4. Солнце в зените

Ответ: Такое утверждение ошибочно. Для наблюдателя на земном экваторе через зенит проходит небесный экватор, поэтому в зените там могут наблюдаться светила, расположенные только на небесном экваторе. Склонение Солнца изменяется в пределах $\pm 23,5^\circ$. Поэтому большую часть года Солнце удалено от небесного экватора к северу или к югу. И только дважды в году, в дни весеннего и осеннего равноденствий, Солнце находится на небесном экваторе (склонение Солнца при этом равно 0°) и оно может наблюдаться на земном экваторе в зените.

Критерии оценивания

Понимание, что на земном экваторе в зените наблюдаются светила, расположенные на небесном экваторе, – 2 балла.

Знание диапазона изменений склонения Солнца – 2 балла.

Знание, что Солнце находится на небесном экваторе только в дни равноденствий, – 2 балла.

Окончательный вывод об ошибочности приведенного утверждения – 2 балла.

5. Макет МКС

Радиус глобуса ($0,32 \text{ м} / 2 = 0,16 \text{ м}$) меньше радиуса Земли (6 400 000 м) примерно в $6\,400\,000 \text{ м} / 0,16 \text{ м} = 40$ миллионов раз! Во столько же раз меньше должны быть и все другие размеры. Над поверхностью глобуса макет МКС надо будет расположить на высоте всего около $400\,000 \text{ м} / 40\,000\,000 = 4/400 = 0,01 \text{ м} = 1 \text{ см}$. А размер макета станции составит: $110 \text{ м} / 40\,000\,000 = 110\,000 \text{ мм} / 40\,000\,000 = 11 / 4\,000 \approx 0,003$ миллиметра!

Ответ: макет МКС следует поместить в 1 см над поверхностью глобуса, при этом размер макета составит примерно 0,003 мм.

Критерии оценивания

Верное определение масштаба – 2 балла.

Верное вычисление расстояния от глобуса до макета МКС – 3 балла.

Верное вычисление размеров макета МКС – 3 балла.

6. Астрономические явления

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

Решения заданий для 10 класса

1. Астероид вблизи звезды

Звездная величина астероида меньше, следовательно, он ярче звезды на 3 звездные величины. По определению, разница в 1 звездную величину соответствует разнице в блеске в 2,512 раза, и эта зависимость степенная. Значит, астероид ярче звезды в $2,512^3$ или $2,512 \cdot 2,512 \cdot 2,512 = 15,85 \approx 16$ раз.

Примечание: участники для решения задачи также могут использовать формулу Погсона: $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$.

Ответ: астероид ярче звезды примерно в 16 раз.

Критерии оценивания

Правильный вывод, что астероид ярче – 1 балл.

За указание, на сколько звездных величин астероид ярче (3^m), – 1 балл.

Знание, что разница в 1 звездную величину соответствует разнице в блеске в 2,512 раза, и эта зависимость степенная (или применение формулы Погсона) – 4 балла.

Правильное вычисление, во сколько раз астероид ярче звезды – 2 балла (за ответ $2,512^3$ без вычисления этого значения – не более 1 балла).

2. Кастор или Поллукс

Из определения прямого восхождения следует, что звезды восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений (отсчет увеличивается с запада на восток). Поэтому раньше кульминирует Кастор, так как его прямое восхождение меньше. Разность прямых восхождений Поллукса и Кастора составляет: 07 ч 45 мин – 07 ч 35 мин = 10 мин. Это и есть разница во времени кульминаций Кастора и Поллукса.

Примечание: склонение δ на время кульминации светил не влияет.

Ответ: Кастор кульминирует на 10 минут раньше Поллукса.

Критерии оценивания

Понимание сущности прямого восхождения – 4 балла.

Верное вычисление разности прямых восхождений звезд – 2 балла.

Окончательный верный вывод – 2 балла.

3. Астрея и Гигея

Синодическим периодом обращения (S) планеты называется промежуток времени между ее последовательными одноименными конфигурациями, например, противостояниями.

Воспользуемся формулой, связывающей синодический и сидерический периоды обращения внешней планеты: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T}$, где T_{\oplus} – сидерический период обращения Земли (звездный год), равный 365,26 средних солнечных суток или 1 год, T – сидерический (звездный) период обращения планеты.

Тогда синодический период Астреи: $S = \frac{T \cdot T_{\oplus}}{T - T_{\oplus}} = \frac{4,13 \text{ г.} \cdot 1 \text{ г.}}{3,13 \text{ г.}} = 1,32 \text{ г.}$

Аналогично получим для Гигеи: $S = \frac{5,56 \text{ г.} \cdot 1 \text{ г.}}{4,56 \text{ г.}} = 1,22 \text{ г.}$ Откуда видно, что

противостояния Гигеи наблюдаются чаще в $1,32 \text{ г.} / 1,22 \text{ г.} = 1,08$ раза (10 противостояний Гигеи происходит, примерно, за 12,2 лет, в то время как для 10 противостояний Астреи потребуется на год больше – 13,2 года).

Примечание: действительно, чем больше период обращения космического тела вокруг Солнца, тем чаще происходят его противостояния (оно меньше смещается на небесной сфере относительно звезд за звездный год, и Земле требуется меньше времени, чтобы его догнать, двигаясь по своей орбите).

Ответ: противостояния Гигеи наблюдаются чаще в 1,08 раза.

Критерии оценивания

Понимание, что период повторения противостояний – это синодический период обращения планеты, – 2 балла.

Знание соотношения, связывающего синодический и сидерический периоды обращения внешней планеты, – 2 балла.

Правильное вычисление синодических периодов малых планет – 2 балла.

Вычисление, во сколько раз чаще повторяются противостояния одного из астероидов и окончательный верный вывод, – 2 балла.

4. Планета X

Чтобы определить продолжительность года на Планете X, т.е. период обращения этой планеты вокруг Солнца, нужно применить третий эмпирический закон Кеплера

$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Сравнивая движение планеты с Землей, для

которой, приняв звездный период обращения $T_2 = 1$ год, а большую полуось орбиты $a_2 = 1$ а.е., получим простое выражение $T_1 = \sqrt{a_1^3}$ для определения звездного (сидерического) периода обращения планеты в годах, по известной большой полуоси орбиты планеты a_1 , выраженной в астрономических единицах. Так как большая полуось эллиптической орбиты равна среднему расстоянию планеты от Солнца, то для Планеты X она составит $20 \cdot 30 \text{ а.е.} = 600 \text{ а.е.}$

Подставив численные значения, найдем: $T = \sqrt{(600 \text{ а.е.})^3} = 14\,697$ лет $\approx 15\,000$ лет.

Ответ: примерно 15 000 лет.

Критерии оценивания

Понимание, что год – это период обращения планеты вокруг Солнца, – 1 балл.

Применение третьего эмпирического закона Кеплера – 4 балла.

Верное определение большой полуоси орбиты планеты – 1 балл.

Окончательное верное вычисление периода обращения планеты – 2 балла.

5. Макет МКС

Радиус глобуса ($0,32 \text{ м} / 2 = 0,16 \text{ м}$) меньше радиуса Земли ($6\,400\,000 \text{ м}$) примерно в $6\,400\,000 \text{ м} / 0,16 \text{ м} = 40$ миллионов раз! Во столько же раз меньше должны быть и все другие размеры. Над поверхностью глобуса макет МКС надо будет расположить на высоте всего около $400\,000 \text{ м} / 40\,000\,000 = 4 / 400 = 0,01 \text{ м} = 1 \text{ см}$. А размер макета станции составит: $110 \text{ м} / 40\,000\,000 = 110\,000 \text{ мм} / 40\,000\,000 = 11 / 4\,000 \approx 0,003$ миллиметра!

Если принять, что МКС движется по круговой орбите с радиусом $6400 \text{ км} + 400 \text{ км} = 6800 \text{ км}$, то при заданной скорости ее период обращения вокруг Земли составит $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{6,28 \cdot 6800 \text{ км}}{7,6 \text{ км/с}} = 5619$ секунд, или $93,7$ минуты ($1,56$ часа). Тогда за 24 часа станция совершит примерно $24/1,56 = 15,4$ оборота вокруг Земли.

Ответ: макет МКС следует поместить в 1 см над поверхностью глобуса, при этом размер макета составит примерно $0,003 \text{ мм}$. За 24 часа станция совершит примерно $15,4$ оборота вокруг Земли.

Критерии оценивания

Верное определение масштаба – 2 балла.

Верное вычисление расстояния от глобуса до макета МКС – 2 балла.

Верное вычисление размеров макета МКС – 2 балла.

Верное вычисление количества оборотов – 2 балла.

6. Астрономические явления

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

Решения заданий для 11 класса

1. Астероид вблизи звезды

Звездная величина астероида меньше, следовательно – он ярче, чем звезда на 3,5 звездные величины. По определению, разница в 1 звездную величину соответствует разнице в блеске в 2,512 раза, и эта зависимость степенная. Значит, астероид ярче звезды в $2,512^{3,5} = 25,12 \approx 25$ раз.

Примечание: участники для решения задачи также могут использовать формулу Погсона: $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$. При отсутствии инженерного калькулятора, возвести число 2,512 в степень 3,5 можно и на простом калькуляторе, имеющем функцию извлечения квадратного корня: $2,512 \cdot 2,512 \cdot 2,512 \cdot \sqrt{2,512} = 25,12 \approx 25$ раз.

Ответ: астероид ярче звезды примерно в 25 раз.

Критерии оценивания

Правильный вывод, что астероид ярче, – 1 балл.

За указание, на сколько звездных величин астероид ярче ($3,5^m$), – 1 балл.

Знание, что разница в 1 звездную величину соответствует разнице в блеске в 2,512 раза и эта зависимость степенная (или применение формулы Погсона), – 3 балла.

Правильное вычисление, во сколько раз астероид ярче звезды, – 3 балла (за ответ $2,512^{3,5}$ без вычисления этого значения – не более 1 балла).

2. Кастор или Поллукс

1 способ решения.

Используя соотношение, связывающее высоту светила в верхней кульминации h , склонение светила δ и широту места наблюдения φ : $h = \delta + (90^\circ - \varphi)$, определим высоты кульминации звезд.

Высота кульминации Кастора: $h_K = 31^\circ 53' + (90^\circ - 56^\circ 03') = 31^\circ 53' + 33^\circ 57' = 65^\circ 50'$.

Высота кульминации Поллукса: $h_{\Pi} = 28^\circ 02' + (90^\circ - 56^\circ 03') = 28^\circ 02' + 33^\circ 57' = 61^\circ 59'$.

Отсюда видно, что выше кульминирует Кастор на $65^\circ 50' - 61^\circ 59' = 3^\circ 51'$.

2 способ решения.

Используя соотношение, связывающее высоту светила в верхней кульминации h , склонение светила δ и широту места наблюдения φ : $h = \delta + (90^\circ - \varphi)$, выразим разность высот звезд в кульминации:

$h_K - h_{\Pi} = (\delta_K + (90^\circ - \varphi)) - (\delta_{\Pi} + (90^\circ - \varphi)) = \delta_K - \delta_{\Pi} = 31^\circ 53' - 28^\circ 02' = 3^\circ 51'$.

Выше кульминирует Кастор, так как его склонение больше.

Примечание: прямое восхождение α на высоту кульминации светил не влияет.

Ответ: выше кульминирует Кастор на $3^\circ 51'$.

Критерии оценивания

Знание формулы для определения высоты светил в верхней кульминации – 3 балла.

При 1 способе решения:

верное вычисление высот кульминации звезд – 4 балла;

определение разности высот и окончательный верный вывод – 1 балл.

При 2 способе решения:

правильное выражение разности высот и верное ее вычисление – 4 балла;

окончательный верный вывод – 1 балл.

3. Астрея и Гигея

См. решение задания 3 для 10 класса.

4. Сириусы А и В

Для определения масс запишем третий обобщенный закон Кеплера, сравнив систему двух тел Сириус А – Сириус В с другой известной системой двух тел, например, Солнце – Земля:
$$\frac{T^2(M_A + M_B)}{a^3} = \frac{T_3^2(M_C + m_3)}{a_3^3},$$

где M_A – масса Сириуса А, M_B – масса Сириуса В, M_C – масса Солнца; m_3 – масса Земли; T – период обращения звезд вокруг центра масс, a – среднее расстояние между звездами; T_3 и a_3 – период обращения Земли вокруг Солнца ($T_3 = 1$ г) и большая полуось ее орбиты ($a_3 = 1$ а.е.). По условию задачи нужно найти суммарную массу обеих звезд этой системы, выраженную в солнечных массах $M = (M_A + M_B)$.

Учитывая, что масса Солнца много больше массы Земли ($M_C \gg m_3$),

получим выражение: $\frac{T^2 M}{a^3} = M_C$ или $M = \frac{a^3}{T^2} M_C$. Подставив численные

значения, найдем суммарную массу системы, выраженную в массах Солнца:

$$M = \frac{20^3}{50^2} M_C = 3,2 \cdot M_C.$$

Ответ: $3,2 \cdot M_C$.

Критерии оценивания

Применение третьего обобщенного закона Кеплера – 4 балла.

Правильное вычисление суммарной массы системы – 4 балла.

5. Самая яркая сверхновая 2017 года

Абсолютная звездная величина M связана с видимой звездной величиной m и расстоянием до звезды r , выраженному в парсеках, следующим

соотношением: $M = m + 5 - 5 \cdot \lg(r)$. Для перевода расстояния в парсеки вспомним, что 1 парсек = 3,26 световых года.

Подставив численные значения, получим:

$$M = 11,5^m + 5 - 5 \cdot \lg\left(\frac{55 \cdot 10^6 \text{ св.лет}}{3,26 \text{ св.лет}}\right) = -19,6^m.$$

Примечание: значение абсолютной звездной величины получено без учета поглощения излучения межзвездной пылью.

Ответ: $-19,6^m$.

Критерии оценивания

Применение готовой формулы для определения абсолютной звездной величина (или ее вывод) – 4 балла.

Перевод расстояния из световых лет в парсеки – 2 балла.

Окончательное верное вычисление абсолютной звездной величины – 2 балла.

6. Астрономические явления

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

2019–2020 учебный год

Решения заданий для 5–6 классов

1. Зодиакальные созвездия

Ответ: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Змееносец, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы.

Критерии оценивания

Если участник указал:

от 1 до 3 зодиакальных созвездий, то выставляется 1 балл;

от 4 до 5 зодиакальных созвездий – добавляется 1 балл;

от 6 до 7 зодиакальных созвездий – добавляется 1 балл;

от 8 до 9 зодиакальных созвездий – добавляется 1 балл;

далее за каждое последующее зодиакальное созвездие (включая созвездие Змееносца) – добавляется по 1 баллу.

2. Фазы Луны

Ответ: так как школьник наблюдал Луну из Красноярска, т.е. из Северного полушария Земли, то на рисунках (см. рис. 4 в условии задачи) изображены: а – последняя четверть, б – первая четверть, в – новолуние, г – полнолуние.

Примечание: если бы наблюдения проводились из Южного полушария Земли, то на рис. 4а в условии задачи была бы изображена первая четверть, а на рис. 4б – последняя четверть.

Критерии оценивания

За правильное название каждой фазы – 2 балла.

Если участник указывает, что на рис. 4а изображена стареющая, или убывающая Луна, а на рис. 4б – растущая, или молодая, то за такие названия фаз выставляется по 1 баллу вместо 2.

3. Астрономические объекты

Ответ: Луна (спутник Земли), планета Венера в момент прохождения по диску Солнца (в этот момент она находится между Землей и Солнцем и является ближайшей к Земле планетой), Солнце, планета Сатурн, звезда Проксима Центавра (одна из ближайших звезд), черная дыра Стрелец А (находится в центре нашей Галактики), галактика Туманность Андромеды (соседняя галактика), квазар 3С 273 (квазары – одни из самых далеких объектов во Вселенной).

Критерии оценивания

За полностью верную последовательность – 8 баллов, за каждое нарушение последовательности итоговая оценка уменьшается на 1 балл от этого значения.

4. Одинокие планеты

Ответ: Меркурий и Венера.

Критерии оценивания

Верное указание каждой планеты – 4 балла.

Решения заданий для 7 класса

1. Зодиакальные созвездия

См. решение задания 1 для 5–6 классов.

2. Рекорд «Паркера»

Так как расстояние от Солнца до Земли равно примерно 150 миллионов километров, то расстояние от «Паркера» до Солнца в момент сближения составило «всего»: $150 \text{ млн км} / 6 = 25 \text{ млн км}$.

Ответ: примерно 25 млн км.

Критерии оценивания

Знание расстояния от Земли до Солнца – 4 балла.

Верные вычисления и правильный ответ – 4 балла.

3. Строй планет

Ответ: Юпитер; Сатурн; Уран; Нептун; Земля; Венера; Марс; Меркурий.

Критерии оценивания

За полностью верную последовательность – 8 баллов, за каждое нарушение последовательности итоговая оценка уменьшается на 1 балл от этого значения.

4. Спутники планет

Ответ: Ганимед – Юпитер; Тритон – Нептун; Титан – Сатурн; Фобос – Марс.

Критерии оценивания

По 2 балла за каждое правильное соответствие.

Решения заданий для 8 класса

1. Зодиакальные созвездия

См. решение задания 1 для 5–6 классов.

2. Рекорд «Паркера»

Так как 1 астрономическая единица численно равна расстоянию от Земли до Солнца, т.е. примерно 150 миллионов километров, то расстояние от «Паркера» до Солнца в момент сближения составило «всего»:
 $0,166 \text{ а.е.} \cdot 150 \text{ млн км} / 1 \text{ а.е.} \approx 25 \text{ млн км.}$

Ответ: примерно 25 млн км.

Критерии оценивания

Знание понятия «астрономическая единица» и ее величины – 4 балла.

Верные вычисления и правильный ответ – 4 балла.

3. Межзвездные странники

АМС «Вояджер-2» с 1977 по 2018 год, т.е. за 41 год преодолела почти 120 а.е. (расстояние от Земли до Солнца – 1 а.е. – ввиду малости можно не учитывать). Значит станция движется в среднем со скоростью $120 \text{ а.е.} / 41 \text{ г.} = 2,9 \text{ а.е./г.}$. А 100 000 а.е., она пролетит за $100\,000 \text{ а.е.} / 2,9 \text{ а.е./г.} \approx 34\,000 \text{ лет.}$

Примечание: на самом деле скорость движения станции превышает 3,3 а.е. в год, так как за годы своего путешествия, облетев все планеты-гиганты, она двигалась не по прямой линии. Поэтому внешней границы облака Оорта «Вояджер-2» достигнет примерно через 30 000 лет, что несущественно отличается от полученного выше значения.

Ответ: примерно через 34 000 лет.

Критерии оценивания

Верная оценка средней скорости движения станции – 4 балла.

Верная оценка времени полета – 4 балла.

4. Космические гости

Ответ: объекты данного списка лучше расположить в их логической взаимосвязи. Метеороид – небольшая частица, движущаяся по своей орбите вокруг Солнца. При встрече с Землей такая частица обычно полностью сгорает в земной атмосфере, производя кратковременное красивое атмосферное явление, называемое метеором, или «падающей звездой», что физически абсолютно неверно, но визуально очень похоже. Самые яркие метеоры (сравнимые или превосходящие по блеску Венеру) называют болидами. Пролет болида (метеороидного тела большой массы) иногда может привести к его неполному сгоранию в атмосфере, и тогда его остатки, выпавшие на поверхность Земли, называют метеоритами.

Критерии оценивания

За каждое верное объяснение термина – до 2 баллов.

Решения заданий для 9 класса

1. Зодиакальные созвездия

Ответ: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Змееносец, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы.

Примечание: начинать перечисление участники могут с любого созвездия.

Критерии оценивания

Перечисление 12 зодиакальных созвездий (без Змееносца) в любой последовательности – 4 балла. При указании меньшего количества созвездий оценка пропорционально уменьшается.

Указание созвездия Змееносец – 1 балл.

Верная последовательность созвездий – 3 балла.

2. Созвездия и звезды

На рисунке (см. рис. 5 в условии задачи) схематически изображены три созвездия: 1 – Большая Медведица, 2 – Малая Медведица и 3 – Кассиопея. Ниже цифры 2 видна Полярная звезда, а ниже цифры 1 – известная двойная звезда Мицар и Алькор (вторая от конца ручки ковша в Большой Медведице). Кроме того, яркие звезды изображенных созвездий также имеют названия, которые могут быть известны некоторым эрудированным учащимся. В Большой Медведице все 7 звезд ковша имеют имена собственные: кроме Мицара, это Алиот, Дубхе, Бенетнаш, Мерак, Фекда, Мегрец. Названия есть у некоторых звезд Малой Медведицы (кроме Полярной, это Кохаб, Феркад и др.) и Кассиопеи (Шедар, Каф, Нави и др.).

Примечание: в действительности Полярная звезда не самая яркая из изображенных на рисунке, в созвездии Большой Медведицы есть звезды ярче ее, например, Алиот и Бенетнаш.

Критерии оценивания

Указание названий созвездий Большой Медведицы и Малой Медведицы – по 1 баллу за каждое.

Указание названия созвездия Кассиопеи – 2 балла.

Указание Полярной звезды – 1 балл.

Указание Мицара – 1 балл (с Алькором – 2 балла).

Указание названий других звезд, входящих в изображенные созвездия, – 1 балл.

3. Кто быстрее

Скорость – это отношение длины пути ко времени его прохождения. В нашем случае – это отношение длины окружности ($L = 2\pi R$) к периоду обращения T . Учитывая, что в сутках содержится $24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с} = 86400$ секунд, вычислим орбитальные скорости.

Для Земли получаем: $6,28 \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} / (365,26 \text{ сут} \cdot 86400 \text{ с/сут}) \approx 30 \text{ км/с}$. А для Луны: $6,28 \cdot 384,4 \cdot 10^3 \text{ км} / (27,3 \text{ сут} \cdot 86400 \text{ с/сут}) \approx 1 \text{ км/с}$. Таким образом, орбитальная скорость Земли примерно в 30 раз больше.

Примечание: участники могут использовать готовую формулу для вычисления линейной скорости тела, равномерно движущегося по окружности $v = \frac{2\pi R}{T}$. Возможен другой способ решения задачи, когда участники

используют формулу для круговой скорости $v_k = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, однако при этом они должны помнить массы Земли и Луны.

Ответ: орбитальная скорость Земли примерно в 30 раз больше орбитальной скорости Луны.

Критерии оценивания

Правильное вычисление значений скоростей – по 3 балла.

Вычисление их отношения и окончательный верный вывод – 2 балла.

4. Космические гости

См. решение задания 4 для 8 класса.

5. Земля–Юпитер

Эта задача на понимание конфигураций планет. В противостоянии Юпитер расположен в противоположной Солнцу точке его орбиты относительно Земли, при этом расстояние между Землей и Юпитером минимально. А так как среднее расстояние Земли от Солнца равно 1 а.е., то расстояние между Землей и Юпитером в противостоянии составляет: $5,2 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 4,2 \text{ а.е.}$ В соединении для земного наблюдателя Юпитер находится за Солнцем, и это расстояние максимально: $5,2 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 6,2 \text{ а.е.}$ Взяв отношение этих расстояний, получим ответ: $6,2 \text{ а.е.} / 4,2 \text{ а.е.} = 1,48$, т.е. примерно в 1,5 раза.

Ответ: примерно в 1,5 раза.

Критерии оценивания

Правильные вычисления расстояний в противостоянии и соединении – по 3 балла.

Верное вычисление их отношения – 2 балла.

6. Рождественская комета

Кома является протяженной и очень разреженной атмосферой вокруг небольшого ядра кометы, которые вместе образуют голову кометы.

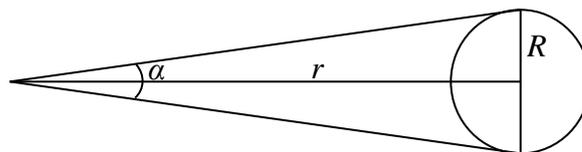


Рис. 13

Видимый угловой размер сферической комы α – это угол, под которым с Земли (с расстояния r) виден ее диаметр ($2R$). Из рис. 13 видно, что в получившемся прямоугольном треугольнике легко найти его катет R – радиус комы: $R = r \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2)$. Вспомнив (или взяв из условия задачи № 3) величину расстояния от Земли до Луны, вычислим радиус комы: $R = 30 \cdot 384,4 \cdot 10^3 \text{ км} \cdot \operatorname{tg}(0,8^\circ/2) \approx 80\,000 \text{ км}$. Тогда диаметр комы будет равен $D = 2R = 160\,000 \text{ км}$.

Примечание: значение тангенса угла участники могут вычислить на калькуляторе или, зная, что тангенс малого угла равен самому углу, выраженному в радианах, получить значение тангенса, переведя значение угла в радианы: так как 1 радиан равен $57,3^\circ$ ($1 \text{ рад} \cdot 180^\circ / 3,14 \text{ рад} = 57,3^\circ$), то $\operatorname{tg}(0,4^\circ) \approx 1 \text{ рад} \cdot 0,4^\circ / 57,3^\circ = 0,007 \text{ рад}$.

Теперь сравним диаметр комы с размером Земли (ее диаметром), вспомнив, что радиус Земли равен примерно 6 400 км: $160\,000 \text{ км} / (2 \cdot 6\,400 \text{ км}) = 12,5$ раз диаметр комы больше диаметра Земли.

Ответ: линейный диаметр комы равен примерно 160 000 км, что в 12,5 раз больше Земли.

Критерии оценивания

Знание расстояние Луны от Земли (или его использование из условия задачи № 3) – 1 балл.

Понимание термина «угловой размер» – 2 балла.

Верное применение тригонометрических функций острого угла прямоугольного треугольника – 1 балл.

Верное вычисление диаметра комы – 2 балла (если участник в ответе указывает верный радиус, то за этот этап выставляется только 1 балл).

Знание радиуса Земли – 1 балл.

Верное вычисление отношения размеров комы и Земли – 1 балл.

Решения заданий для 10 класса

1. Зодиакальные созвездия

См. решение задания 1 для 9 класса.

2. Две звезды

Так как обе звезды расположены на небесном экваторе, то разность их прямых восхождений и есть угловое расстояние между звездами, выраженное в часовой мере угла. Поэтому сначала найдем эту разность $22 \text{ ч } 37 \text{ мин} - 21 \text{ ч } 45 \text{ мин} = 52 \text{ мин}$. А затем переведем ее в более привычную градусную меру угла. Исходя из соотношений, связывающих часовую меру угла и градусную: $24 \text{ ч} = 360^\circ$, $1 \text{ ч} = 15^\circ$, $1 \text{ мин} = 15'$, а $1^\circ = 4 \text{ мин}$, получим: $1^\circ \cdot 52 \text{ мин} / 4 \text{ мин} = 13,00^\circ$ или $13^\circ 00'$.

Примечание: возможен другой способ решения, когда участники сначала переводят прямые восхождения в градусную меру угла, а затем находят их разность.

Ответ: $13^\circ 00'$.

Критерии оценивания

Понимание сущности прямого восхождения – 4 балла.

При 1 способе решения:

Верное вычисление углового расстояния между звездами в часовой мере угла – 1 балл.

Верный перевод углового расстояния между звездами в градусную меру угла – 3 балла. Поскольку в условии задачи прямые восхождения звезд указаны с точностью до минут, то и ответ должен быть записан с точностью до угловых минут, если участник это не сделает, то за этот этап решения выставляется максимум 2 балла.

При 2 способе решения:

правильные вычисления и получение верного ответа – 4 балла.

3. Немезида

Чтобы определить большую полуось орбиты Немезиды, нужно применить третий эмпирический закон Кеплера $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Сравнивая движение звезды с Землей, для которой, приняв звездный период обращения $T_2 = 1$ год, а большую полуось орбиты $a_2 = 1$ а.е., получим простое выражение $a_1 = \sqrt[3]{T_1^2}$ для определения большой полуоси a_1 орбиты звезды в астрономических единицах по известному звездному (сидерическому) периоду обращения звезды T_1 , выраженному в годах.

Подставив данные из условия задачи, найдем:

$$a_1 = \sqrt[3]{(26 \cdot 10^6 \text{ г})^2} = 87\,685 \text{ а.е.} \approx 90\,000 \text{ а.е.}$$

Ответ: примерно 90 000 а.е.

Критерии оценивания

Применение третьего эмпирического закона Кеплера и верная его запись – 4 балла.

Верное вычисление большой полуоси орбиты звезды – 4 балла.

4. Близкая Венера

1 способ решения

Из формулы для определения геоцентрических расстояний $D = \frac{206265'' \cdot R_{\oplus}}{\rho_0}$, где ρ_0 – горизонтальный экваториальный параллакс светила, выраженный в угловых секундах, $R_{\oplus} = 6378$ км – экваториальный радиус Земли, определим расстояние до Венеры в момент наибольшего сближения: $D = \frac{206265'' \cdot 6378 \text{ км}}{34,5''} = 38,1 \cdot 10^6$ км. Или в астрономических единицах $1 \text{ а.е.} \cdot 38,1 \cdot 10^6 \text{ км} / 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} = 0,255 \text{ а.е.}$

2 способ решения

Геоцентрическое расстояние одного светила D_1 обратно пропорционально его горизонтальному параллаксу ρ_{01} , т.е. $D_1 \sim \frac{1}{\rho_{01}}$. Аналогичную пропорциональность можно записать для другого светила, у которого известны расстояние D_2 и горизонтальный параллакс ρ_{02} : $D_2 \sim \frac{1}{\rho_{02}}$. Разделив

одно соотношение на другое, получим $\frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_{02}}{\rho_{01}}$. Сравнивая, например, с

Солнцем, для которого хорошо известен горизонтальный параллакс, равный $8,8''$, и при этом оно находится на 1 а.е. от Земли, можно легко найти расстояние до Венеры в астрономических единицах: $D_1 = \frac{1 \text{ а.е.} \cdot 8,8''}{34,5''} = 0,255$

а.е. Или в километрах $0,255 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} / 1 \text{ а.е.} = 38,1 \cdot 10^6 \text{ км.}$

Ответ: $38,1 \cdot 10^6$ км; 0,255 а.е.

Критерии оценивания

Использование соотношения, связывающего геоцентрическое расстояние с горизонтальным параллаксом (как в 1 или как во 2 способах решения), – 4 балла.

Знание необходимых данных о Земле или о Солнце и верные вычисления – 2 балла.

Верный перевод из одних единиц измерения в другие – 2 балла.

5. Земля–Юпитер

См. решение задания 5 для 9 класса.

6. Знаменитый Мицар

За сутки светила совершают две кульминации – верхнюю и нижнюю.

Определим высоту Мицара в верхней кульминации в Красноярске из соотношения $h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi) = 55^\circ + (90^\circ - 56^\circ) = 55^\circ + 34^\circ = 89^\circ$.

Теперь определим высоту Мицара в нижней кульминации в Красноярске из соотношения $h_{\min} = \delta - (90^\circ - \varphi) = 55^\circ - (90^\circ - 56^\circ) = 55^\circ - 34^\circ = 21^\circ$.

Примечание: так как высоты Мицара в обеих кульминациях положительные, то Мицар для Красноярска является незаходящей звездой.

Ответ: Мицар в верхней кульминации кульминирует на высоте $h_{\max} = 89^\circ$, а в нижней кульминации – на высоте $h_{\min} = 21^\circ$.

Критерии оценивания

Использование выражения для высоты светил в верхней кульминации – 3 балла.

Верные вычисления высоты Мицара в верхней кульминации – 1 балл.

Использование выражения для высоты светил в нижней кульминации – 3 балла.

Верные вычисления высоты Мицара в нижней кульминации – 1 балл.

Решения заданий для 11 класса

1. Зодиакальные созвездия

См. решение задания 1 для 9 класса.

2. Две звезды

Так как обе звезды расположены на небесном экваторе, то разность их прямых восхождений и есть угловое расстояние между звездами, выраженное в часовой мере угла. Поэтому сначала найдем эту разность: $22 \text{ ч } 37 \text{ мин } 13 \text{ с} - 21 \text{ ч } 45 \text{ мин } 25 \text{ с} = 51 \text{ мин } 48 \text{ с}$. А затем переведем ее в более привычную градусную меру угла.

Для этого, учитывая, что $1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$, выразим полученную разность в минутах: $1 \text{ мин} \cdot 48 \text{ с} / 60 \text{ с} = 0,80 \text{ мин}$, таким образом, $51 \text{ мин } 48 \text{ с} = 51,80 \text{ мин}$.

Исходя из следующего соотношения, связывающего часовую меру угла и градусную $1 \text{ ч} = 15^\circ$, переведем часовые минуты в градусы: $51,80 \text{ мин} \cdot 15^\circ / 60 \text{ мин} = 12,95^\circ$.

Учитывая, что $1^\circ = 60'$, переведем доли градуса в угловые минуты: $0,95^\circ \cdot 60 \text{ мин} / 1^\circ = 57,00'$.

В итоге получаем: $12^\circ 57' 00''$.

Примечание: возможен другой способ решения, когда участники сначала переводят прямые восхождения в градусную меру угла, а затем находят их разность.

Ответ: $12^\circ 57' 00''$.

Критерии оценивания

Понимание сущности прямого восхождения – 4 балла.

При 1 способе решения:

Верное вычисление углового расстояния между звездами в часовой мере угла – 1 балл.

Верный перевод углового расстояния между звездами в градусную меру угла – 3 балла. Поскольку в условии задачи прямые восхождения звезд указаны с точностью до секунд, то и ответ должен быть записан с точностью до угловых секунд, если участник это не сделает, то за этот этап решения выставляется максимум 2 балла. Если участник не переводит доли

градуса в угловые минуты, то при верном значении величины угла в градусах и его долях, выставляется всего 1 балл.

При 2 способе решения:

правильные вычисления и получение верного ответа – 4 балла.

3. Далекая комета

Третий эмпирический закон Кеплера связывает звездные (сидерические) периоды обращений небесных двух тел с большими полуосями их

орбит:
$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Для решения этой задачи важно понять, что в условии задачи дано наибольшее (афелийное) расстояние кометы от Солнца, а ближайшая точка орбиты кометы (перигелий) находится где-то неподалеку от Солнца (по крайней мере, в пределах 1–2 а.е.), так как орбиты комет сильно вытянуты (имеют большой эксцентриситет). Поэтому большой полуосью такой эллиптической орбиты с хорошей точностью будет $3200/2 = 1600$ а.е.

Сравнив движение кометы с обращением Земли (приняв $T_2 = 1$ год и $a_2 = 1$ а.е.), получим $T_1 = \sqrt{a_1^3}$. Откуда $T = \sqrt{(1600 \text{ а.е.})^3} = 64 \cdot 10^3$ лет.

Ответ: $64 \cdot 10^3$ лет.

Критерии оценивания

Применение третьего эмпирического закона Кеплера и верная его запись – 4 балла.

Понимание, что большая полуось орбиты кометы равна половине от приведенного в условии значения, – 3 балла.

Вычисления и получение верного ответа – 1 балл.

Если участник использует в решении в качестве большой полуоси значение 3200 а.е., то общая оценка за задание не должна превышать 4 балла.

4. Что ближе?

Если орбиты всех трех планет считать круговыми, то расстояние в момент наибольшего сближения Земли и Марса (в противостоянии), а также Земли и Венеры (в нижнем соединении) легко вычислить как разность средних расстояний планет от Солнца (больших полуосей их орбит). Для Земли и Марса наименьшее расстояние составит $1,5237 \text{ а.е.} - 1,0000 \text{ а.е.} = 0,5237 \text{ а.е.}$, а для Земли и Венеры: $1,0000 \text{ а.е.} - 0,7233 \text{ а.е.} = 0,2767 \text{ а.е.}$ Таким образом, Венера может располагаться ближе к Земле, чем Марс.

Однако орбита Марса, в отличие от орбит двух других планет, обладает существенным эксцентриситетом, т.е. заметно эллиптична. Вычислим наименьшее расстояние между Землей и Марсом, когда Марс во время противостояния будет находиться в перигелии своей орбиты, а Земля в афелии. Расстояние планеты от Солнца в перигелии $r_{\text{П}}$ и в афелии $r_{\text{А}}$ связаны с большой полуосью a и эксцентриситетом e орбиты следующими соотношениями: $r_{\text{П}} = a \cdot (1 - e)$, $r_{\text{А}} = a \cdot (1 + e)$.

Тогда перигелийное расстояние Марса: $r_{\text{ПМ}} = a_{\text{М}} \cdot (1 - e_{\text{М}}) = 1,5237 \text{ а.е.} \cdot (1 - 0,0934) = 1,3814 \text{ а.е.}$

А афелийное расстояние Земли: $r_{\text{АЗ}} = a_{\text{З}} \cdot (1 + e_{\text{З}}) = 1,0000 \text{ а.е.} \cdot (1 + 0,0167) = 1,0167 \text{ а.е.}$

Тогда наименьшее расстояние между Землей и Марсом составит: $1,3814 \text{ а.е.} - 1,0167 \text{ а.е.} = 0,3647 \text{ а.е.}$ Все же это значительно больше, чем среднее расстояние между Землей и Венерой, вычисленное выше.

Примечание: при решении задачи участники могут использовать величины больших полуосей, выраженные в километрах.

Ответ: Венера.

Критерии оценивания

Правильные вычисления в приближении круговых орбит и верный вывод – не более 4 баллов.

Если участник правильно выполняет дополнительные проверочные расчеты с учетом эксцентриситета и делает верный вывод, то добавляется еще до 4 баллов.

Если участник упоминает про эксцентриситет и его влияние на расстояние между планетами, но формул не приводит и расчетов не выполняет – 1 балл.

5. Классический астероид

Пояс астероидов расположен между орбитами Марса и Юпитера, поэтому малая планета (астероид), указанная в задаче, является внешней (верхней) планетой. В условии задачи дан период повторения ее противостояний. А промежуток времени между последовательными одноименными конфигурациями планеты называется синодическим периодом S . Поэтому в задаче нужно найти звездный период обращения по известному синодическому периоду для внешней (верхней) планеты.

Для этого воспользуемся уравнением синодического движения для внешних (верхних) планет: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T}$, где S – синодический период обращения планеты, T_{\oplus} – сидерический период обращения Земли (звездный год), равный 365,26 средних солнечных суток или 1 год, T – сидерический или звездный период обращения планеты.

Выразим из него звездный (сидерический) период обращения малой планеты: $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{S}$ или $T = \frac{T_{\oplus} \cdot S}{S - T_{\oplus}}$. Подставив численные значения, полу-

чим: $T = \frac{1 \text{ г} \cdot 1,5 \text{ г}}{0,5 \text{ г}} = 3 \text{ г}.$

Ответ: 3 года.

Критерии оценивания

Знание местоположения в Солнечной системе пояса астероидов – 1 балл.

Применение уравнения синодического движения для внешних (верхних) планет – 4 балла.

Выражение из уравнения синодического движения звездного периода путем приведения дробей к общему знаменателю – 2 балла.

Получение верного ответа – 1 балл.

6. α Центавра

1 способ решения

Определим максимальную высоту звезды α Центавра в Красноярске в момент ее верхней кульминации из соотношения $h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi) = -60^\circ 50' + (90^\circ - 56^\circ 01') = -60^\circ 50' + 33^\circ 59' = -26^\circ 51'$. Так как высота звезды в верхней кульминации отрицательна, то для наблюдателя в Красноярске она всегда будет находиться под горизонтом.

2 способ решения

Используя условие для невосходящих светил $\delta < -(90^\circ - \varphi)$, легко найти, что в Красноярске никогда не будут восходить звезды со склонением $\delta < -(90^\circ - 56^\circ 01') = -33^\circ 59'$. Поэтому звезда α Центавра, имеющая склонение $\delta = -60^\circ 50'$, в Красноярске не видна.

Ответ: нет, звезда α Центавра в Красноярске не видна.

Критерии оценивания

Использование выражения для высоты светил в верхней кульминации или условия для невосходящих светил – 4 балла.

Правильные вычисления и окончательный верный вывод – 4 балла.

2020–2021 учебный год
Решения заданий для 5–6 классов

1. Яркие звезды

Таблица 2

Названия и обозначения некоторых ярких звезд

Адара– ϵ Большого Пса	Кастор – α Близнецов
Акрукс – α Южного Креста	Мимоза – β Южного Креста
Алголь – β Персея	Мира – σ Кита
Альдебаран – α Тельца	Мицар – ζ Большой Медведицы
Альтаир – α Орла	Поллукс – β Близнецов
Антарес – α Скорпиона	Полярная – α Малой Медведицы
Арктур – α Волопаса	Процион – α Малого Пса
Ахернар– α Эридана	Регул – α Льва
Беллатрикс (Беллатрикс) – γ Ориона	Ригель – β Ориона
Бетельгейзе – α Ориона	Сириус – α Большого Пса
Вега – α Лиры	Солнце
Денеб – α Лебеда	Спика – α Девы
Денебола – β Льва	Толиман (Ригель Кентаурус) – α Центавра
Канопус – α Киля	Фомальгаут – α Южной Рыбы
Капелла – α Возничего	Хадар – β Центавра

Примечание: участники могут назвать и другие существующие имена звезд, не указанные в таблице 2, правильность которых жюри может проверить в сети Интернет.

Ответ: например, Солнце, Полярная, Сириус, Вега, Альтаир, Денеб, Бетельгейзе, Мицар.

Критерии оценивания

За каждое правильное название звезды – 1 балл. Но суммарно не более 8 баллов за задание, если участник напишет больше названий звезд.

2. Солнечным днем в окрестностях Красноярска

На рисунке (см. рис. 6 в условии задачи) изображено явление, которое называется полдень (истинный полдень), так как на наших широтах в истинный полдень Солнце расположено точно в направлении на юг и находится на максимальной высоте над горизонтом (h_{\max}). Подробнее см. решение задания 2 для 7 класса.

Примечание: самой максимальной высоты в Северном полушарии Земли Солнце достигает в полдень в день летнего солнцестояния (около 21 июня).

Ответ: полдень.

Критерии оценивания

За правильный ответ – 6 баллов.

За правильное объяснение – 2 балла.

3. Спутники планет

Планеты	Спутники
1) Меркурий	–
2) Венера	–
3) Земля	а) Луна
4) Марс	в) Деймос
5) Юпитер	б) Европа г) Каллисто ж) Ио
6) Сатурн	з) Энцелад
7) Уран	д) Ариэль
8) Нептун	е) Тритон

Ответ: 1) –; 2) –; 3) – а); 4) – в); 5) – б), г), ж); 6) – з); 7) – д); 8) – е).

Критерии оценивания

За каждое верно установленное соответствие – 1 балл.

4. Луна и месяц

Ответ: новолуние – Луна не видна (расположена на небе в направлении на Солнце); первая четверть – видна вечером; полнолуние – ночью; последняя четверть – утром.

Критерии оценивания

За каждую правильно названную фазу – по 1 баллу, еще по 1 баллу за каждое правильно указанное время суток.

Решения заданий для 7 класса

1. Яркие звезды

См. таблицу 2 в решении задания 1 для 5–6 классов.

Примечание: участники могут назвать и другие существующие имена звезд, не указанные в таблице 2, правильность которых жюри может проверить в сети Интернет.

Ответ: например, Полярная, Сириус, Вега, Альтаир, Денеб, Бетельгейзе, Мицар, Альдебаран.

Критерии оценивания

За каждое правильное название звезды – 1 балл. Но суммарно не более 8 баллов за задание, если участник напишет больше названий звезд.

2. Солнечным днем где-то в России

На рисунке (см. рис. 7 в условии задачи) изображено явление кульминации Солнца (верхней для наших широт), так как Солнце расположено строго в направлении на юг и находится на максимальной высоте над горизонтом (h_{\max}). Явление верхней кульминации Солнца также называется полднем (истинным

полднем). Самой максимальной высоты в Северном полушарии Земли Солнце достигает в полдень в день летнего солнцестояния (около 21 июня).

Ответ: полдень, верхняя кульминация Солнца, день летнего солнцестояния.

Критерии оценивания

За ответ «полдень» – 4 балла.

За правильное объяснение – 2 балла.

За ответ «кульминация Солнца» – 1 балл.

За ответ «летнее солнцестояние» – 1 балл.

3. Спутники планет

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. «Голубая Луна»

Ответ: период смены фаз Луны называется синодическим месяцем, величина которого составляет 29,5 суток. Если в календарном месяце 31 день и первое полнолуние происходит 1-го числа этого месяца, то следующее полнолуние наступит примерно через 30 дней, т.е. 31-го числа. В октябре 2020 года именно так и произойдет.

Критерии оценивания

Знание величины синодического месяца (с точностью до десятых) – 4 балла, если участник указывает период смены фаз 29 суток – 3 балла, 28 суток – 2 балла, 27 суток – 1 балл.

Правильное объяснение возможности наступления двух полнолуний в одном месяце – 4 балла.

Решения заданий для 8 класса

1. Яркие звезды

См. решение задания 1 для 7 класса.

2. Ветры на Нептуне

Так как в $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$, а $1 \text{ ч} = 60 \text{ мин} = (60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с}) / 1 \text{ мин} = 3600 \text{ с}$, то

$$1 \text{ м/с} = \frac{\frac{1}{1000} \text{ км}}{\frac{1}{3600} \text{ ч}} = \frac{3600}{1000} \text{ км/ч} = 3,6 \text{ км/ч}.$$

Другими словами, чтобы перевести скорость из м/с в км/ч, нужно ее значение в м/с умножить на 3600 и разделить на 1000 или, что еще проще, значение скорости в м/с умножить на коэффициент 3,6. Таким образом, получим, что скорость ветра: $600 \text{ м/с} \cdot 3,6 = 2160 \text{ км/ч}$. По земным меркам это сверхзвуковая скорость!

Ответ: 2160 км/ч.

Критерии оценивания

Перевод значения скорости из м/с в км/ч любым способом (пояснения) – 4 балла.

Получение верного значения скорости в км/ч – 4 балла.

3. Соединение Юпитера и Сатурна

Так как $1^\circ = 60'$, то $0,1^\circ = (0,1^\circ \cdot 60') / 1^\circ = 6'$. Видимый угловой диаметр Луны при наблюдениях с Земли равен примерно $0,5^\circ = 30'$, что в 5 раз больше найденного расстояния.

Зимнее солнцестояние происходит ежегодно 21–22 декабря.

Ответ: угловое расстояние между планетами составит 6', что в 5 раз меньше видимого углового размера Луны; 21–22 декабря.

Критерии оценивания

Правильный перевод долей градуса в угловые минуты – 2 балла.

Знание того, что угловой размер Луны близок к 30', и верный результат сравнения – 2 балла.

Верная дата зимнего солнцестояния (ответы 21 декабря или 22 декабря или около 21 декабря или около 22 декабря считать верными) – 4 балла.

4. Лунное затмение

Ответ: Лунные затмения происходят, когда Луна попадает в тень от Земли (см. рис. 14). А это значит, что она видна в противоположной от Солнца («ночной») части неба и перед

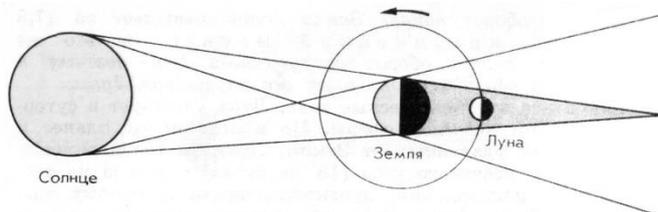


Рис. 14

затмением полностью освещена солнечным светом. Такая фаза Луны называется полнолунием. Лунное затмение можно наблюдать везде, где в это время видна Луна (находится над горизонтом). Так как в условии задачи сказано, что из Красноярска это затмение видно не будет, значит, для наблюдателя в Красноярске Луна в это время будет находиться под горизонтом. Однако это явление смогут наблюдать жители противоположного полушария Земли.

Критерии оценивания

Верное описание сути лунного затмения и (или) объяснение с помощью рисунка – 3 балла.

Верное определение фазы Луны – 3 балла.

Верное объяснение причины невидимости затмения из Красноярска – 2 балла.

Решения заданий для 9 класса

1. Яркие звезды

См. таблицу 2 в решении задания 1 для 5–6 классов.

Примечание: участники могут назвать и другие существующие имена звезд, не указанные в таблице, правильность которых жюри может проверить в сети Интернет.

Ответ: например, Полярная – Малая Медведица, Сириус – Большой Бес, Вега – Лира, Бетельгейзе – Орион.

Критерии оценивания

За каждое правильное указание пары «звезда – созвездие» – 2 балла (1 балл за правильное название звезды и 1 балл за верное указание созвездия, в котором она находится). Но суммарно не более 8 баллов за задание, если участник напишет больше пар.

2. В будущее и назад

Так как $1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$, а $1,8 \text{ мс} = 0,0018 \text{ с}$, то определим, через сколько столетий «набежит» дополнительный час: $3600 \text{ с} / 0,0018 \text{ с} = 2\,000\,000$ столетий. Или через $100 \cdot 2\,000\,000$ столетий = 200 000 000 лет.

Примечание: так как задача оценочная, разницу между солнечными сутками (24 ч 00 мин 00 с) и звездными сутками – действительным периодом вращения Земли вокруг своей оси (23 часа 56 минут 04 секунды), равную 3 мин 56 с, можно не учитывать.

Сейчас в году примерно 365 суток или $365 \text{ сут} \cdot 24 \text{ ч} = 8760 \text{ ч}$. Тогда 25-часовых суток в году будет $8760 \text{ ч} / 25 \text{ ч} \approx 350$ суток.

Примечание: так как задача оценочная, то продолжительность года участники могут брать в целых сутках.

Во времена динозавров (200 млн лет назад) сутки длились, соответственно, на 1 час меньше современных, т.е. 23 часа. А продолжительность года была $8760 \text{ ч} / 23 \text{ ч} \approx 380$ суток.

Ответ: 25 часов в сутках будет примерно через 200 млн лет, а продолжительность года при этом составит около 350 суток; во времена дино-

завров сутки длились примерно 23 часа, а продолжительность года была около 380 суток.

Критерии оценивания

Верное определение интервала времени, через который сутки увеличатся на час, – 4 балла.

Верное вычисление продолжительности года в будущем – 2 балла.

Верное вычисление длительности суток во времена динозавров – 1 балл.

Верное вычисление длительности года во времена динозавров – 1 балл.

3. Противостояние Марса

Противостояние – это конфигурация внешней планеты, при которой она расположена в противоположной Солнцу точке своей орбиты относительно Земли (см. рис. 15). На небе планета как бы противостоит Солнцу, находясь над горизонтом всю ночь и кульминируя в направлении юга в полночь (истинную полночь). Во время противостояний расстояние между Землей и планетой минимальное. Поэтому в этой конфигурации условия для наблюдения внешних планет наилучшие.

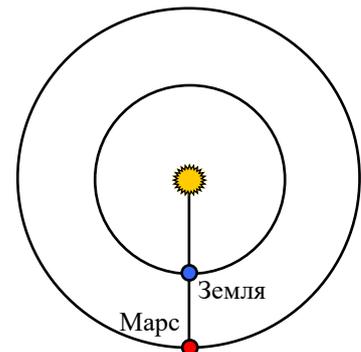


Рис. 15

Известно, что среднее расстояние Земли от Солнца (1 астрономическая единица) составляет 149,6 млн км, тогда расстояние между Землей и Марсом в среднем противостоянии составит: $227,9 \text{ млн км} - 149,6 \text{ млн км} = 78,3 \text{ млн км}$.

Примечание: из-за существенной эллиптичности орбиты Марса расстояние между планетами может заметно меняться. Во время противостояния 2020 года расстояние между планетами будет меньше среднего и составит 62,1 млн км.

Ответ: Противостояние – это конфигурация внешней планеты, при которой она расположена в противоположной Солнцу точке своей орбиты относительно Земли; расстояние между Землей и Марсом в среднем противостоянии составляет 78,3 млн км.

Критерии оценивания

Правильное понимание явления противостояния (возможно объяснение с использованием рисунка) – 4 балла (если участник не указывает, что данная конфигурация относится к внешней планете, то за этот этап выставляется оценка не более 3 баллов).

Знание величины астрономической единицы в километрах – 2 балла (исходя из того, что данные в условии задачи имеют точность до десятых млн км, то если участник использует приближенную величину астрономической единицы, равную 150 млн км, то за этот этап выставляется 1 балл).

Вычисления и окончательный верный ответ – 2 балла.

4. Солнечное затмение

Солнечные затмения происходят, когда Луна, находясь между Солнцем и Землей, отбрасывает тень на Землю (см. рис. 16). А это значит, что Луна обращена к Земле неосвещенной стороной. Такая фаза Луны называется новолунием.

Многим известно (например, из настроек смартфонов и компьютеров), что разница между всемирным временем («гринвичским», GMT) и временем в Красноярске составля-

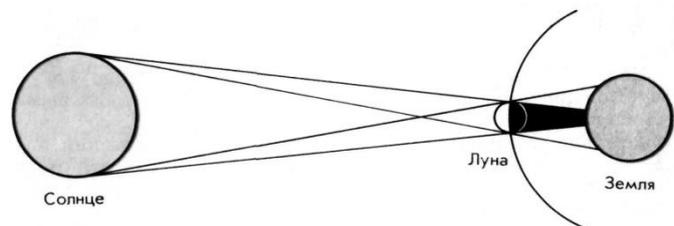


Рис. 16

ет +7 часов (+3 часа разница Москвы с Гринвичем и +4 часа разница Красноярска с Москвой). Поэтому солнечное затмение начнется по красноярскому времени в $13 \text{ ч } 33 \text{ мин} + 7 \text{ ч} = 20 \text{ ч } 33 \text{ мин}$, а закончится в

18 ч 52 мин + 7 ч = 1 ч 52 мин. Учитывая, что затмение произойдет в декабре, когда самые длинные ночи и короткие дни, то очевидно, что в Красноярске в это время будет ночь и солнечного затмения видно не будет.

Примечание: в отличие от лунных, солнечные затмения видны на Земле в достаточно узкой полосе, поэтому даже если бы солнечное затмение приходилось на дневные часы, то высока вероятность того, что из Красноярска его также не было бы видно. Видимость солнечных затмений в той или иной местности нужно уточнять в специальных ежегодниках – астрономических календарях или на астрономических сайтах в сети Интернет.

Ответ: во время солнечного затмения Луна, располагаясь между Солнцем и Землей, отбрасывает тень на Землю, а для наблюдателя на Земле она закрывает (затмевает) Солнце; во время солнечного затмения Луна всегда находится в фазе новолуния; из Красноярска это затмение видно не будет, так как в это время в этом месте будет ночь.

Критерии оценивания

Верное описание сути солнечного затмения и (или) объяснение с помощью рисунка – 3 балла.

Верное определение фазы Луны – 2 балла.

Знание разницы между всемирным временем и красноярским – 1 балл.

Верное вычисление моментов начала и конца затмения по красноярскому времени – 1 балл.

Верный вывод о невидимости затмения в Красноярске с объяснением причины – 1 балл.

5. Полюс мира

Близ полюса мира (менее чем в 1°) в северном полушарии находится Полярная звезда. Как известно, в наших широтах Полярная звезда указывает на север, поэтому северный полюс мира тоже находится в направлении се-

вера. По определению, угловое расстояние от горизонта до зенита равно 90 градусам. А высота полюса мира h_p над горизонтом всегда равна широте φ места наблюдения, т.е. $h_p = 56^\circ$. Значит, что северный полюс мира в Красноярске удален от зенита примерно на $90^\circ - 56^\circ = 34^\circ$.

Ответ: северный полюс мира в Красноярске находится в направлении севера примерно в 34° от зенита.

Критерии оценивания

Знание, что Полярная звезда находится около полюса мира и указывает на север, – 2 балла.

Знание значения высоты точки зенита – 2 балла.

Знание связи широты с высотой полюса мира – 2 балла.

Верное вычисление зенитного расстояния полюса мира – 2 балла.

6. Близкий Меркурий

1 способ решения

Из формулы для определения геоцентрических расстояний $D = \frac{206265'' \cdot R_{\oplus}}{\rho_0}$, где ρ_0 – горизонтальный экваториальный параллакс светила, выраженный в угловых секундах, R_{\oplus} – экваториальный радиус Земли,

определим расстояние до Меркурия в момент сближения:

$$D = \frac{206265'' \cdot 6378 \text{ км}}{13,1''} = 100,4 \cdot 10^6 \text{ км. Или в астрономических единицах}$$

$$1 \text{ а.е.} \cdot 100,4 \cdot 10^6 \text{ км} / 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} = 0,671 \text{ а.е.}$$

2 способ решения

Геоцентрическое расстояние светила D обратно пропорционально его горизонтальному параллаксу ρ_0 , поэтому для двух светил справедливо соотношение

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_{02}}{\rho_{01}}. \text{ Взяв в качестве одного из светил Солнце, для которого}$$

хорошо известен горизонтальный параллакс, равный $8,8''$, и при этом оно

находится на 1 а.е. от Земли, можно легко найти расстояние до Меркурия в астрономических единицах: $D_1 = \frac{1 \text{ а.е.} \cdot 8,8''}{13,1''} \approx 0,671 \text{ а.е.}$ Или в километрах

$0,671 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} / 1 \text{ а.е.} = 100,4 \cdot 10^6 \text{ км.}$

Ответ: $100,4 \cdot 10^6 \text{ км}$; $0,671 \text{ а.е.}$

Критерии оценивания

Использование соотношения, связывающего геоцентрическое расстояние с горизонтальным параллаксом (как в 1 или как во 2 способах решения), – 4 балла.

Верные вычисления – 2 балла.

Верный перевод из одних единиц измерения в другие – 2 балла.

Решения заданий для 10 класса

1. Яркие звезды

См. таблицу 2 в решении задания 1 для 5–6 классов.

Примечание: участники могут назвать и другие существующие имена звезд, не указанные в таблице, правильность которых жюри может проверить в сети Интернет.

Ответ: например, Полярная – Малая Медведица, Сириус – Большой Бес, Вега – Лира, Альтаир – Орел, Денеб – Лебедь, Бетельгейзе – Орион, Мицар – Большая Медведица, Альдебаран – Телец.

Критерии оценивания

За каждое правильное название пары «звезда – созвездие» – 1 балл. Но суммарно не более 8 баллов за задание, если участник напишет больше пар. Дробные оценки не допускаются. Если верно написаны только имена звезд, то оценка не может превышать 4 балла.

2. Пролеты МКС

Сначала определим линейную скорость МКС, используя выражение

для круговой скорости $v = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{r}}$, где G – гравитационная постоянная, M_{\oplus}

– масса Земли, r – радиус орбиты, равный сумме радиуса Земли R_{\oplus} и высоты орбиты h . Подставив численные значения, получим:

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{6378000 \text{ м} + 400000 \text{ м}}} = 7684 \text{ м/с}.$$

Теперь вычислим период обращения МКС из соотношения $T = \frac{2\pi \cdot r}{v}$:

$$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (6378000 \text{ м} + 400000 \text{ м})}{7684 \text{ м/с}} = 5540 \text{ с} \approx 92 \text{ мин}.$$

И, наконец, найдем угловую скорость, например из выражения:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{5540 \text{ с}} = 0,00113 \text{ рад/с}.$$

Переведем ее из радиан в секунду в гра-

дусы в минуту. Для этого вспомним (или определим), что 1 радиан равен

$$57,3^{\circ} \quad (1 \text{ рад} \cdot 180^{\circ} / 3,14 \text{ рад} = 57,3^{\circ}). \quad \text{Тогда } 1 \text{ рад/с} = \frac{57,3^{\circ}}{\frac{1}{60} \text{ мин}} = 57,3 \cdot 60 \text{ }^{\circ}/\text{мин}$$

$$= 3438 \text{ }^{\circ}/\text{мин}. \quad \text{То есть } 0,00113 \text{ рад/с} = 0,00113 \cdot 3438 = 3,9 \text{ }^{\circ}/\text{мин} \approx 4 \text{ }^{\circ}/\text{мин}.$$

Угловую скорость можно вычислить еще проще и сразу в градусах в минуту, зная, что полную окружность (360°) МКС облетает за 92 минуты:

$$\omega = \frac{360^{\circ}}{T} = \frac{360^{\circ}}{92 \text{ мин}} = 3,9 \text{ }^{\circ}/\text{мин} \approx 4 \text{ }^{\circ}/\text{мин}.$$

Примечания: угловую скорость также можно получить без нахождения периода обращения из выражения $v = \omega \cdot r$. Узнать конкретную дату и время пролета МКС можно на сайте <http://www.heavens-above.com/>.

Ответ: Период обращения $T = 5540 \text{ с} \approx 92 \text{ мин}$; угловая скорость движения по орбите составляет примерно $4 \text{ }^{\circ}/\text{мин}$.

Критерии оценивания

Верное вычисление линейной скорости – 3 балла.

Верное вычисление периода обращения – 3 балла.

Верное вычисление угловой скорости – 2 балла.

3. Противостояние Марса

Противостояние – это конфигурация внешней планеты, при которой она расположена в противоположной Солнцу точке своей орбиты относительно Земли (см. рис. 15). На небе планета как бы противостоит Солнцу, находясь над горизонтом всю ночь и кульминируя в направлении юга в полночь (истинную полночь). Во время противостояний расстояние между Землей и планетой минимальное. Поэтому в этой конфигурации условия для наблюдения внешних планет наилучшие.

Чтобы различить диск Марса, его видимый угловой размер должен быть не меньше разрешающей способности глаза, равной $2'$. Для этого телескопу необходимо увеличить размер диска планеты с $22,4''$ до $2'$. Так как $1' = 60''$, то $2' = 120''$. Тогда увеличение телескопа должно быть не меньше $120'' / 22,4'' = 5,4$ раза.

Примечание: в данном противостоянии отличить Марс от точечных звезд можно будет даже с помощью обычного бинокля (типичные увеличения в 6, 7, 8, 10 и т.п. раз).

Ответ: Противостояние – это конфигурация внешней планеты, при которой она расположена в противоположной Солнцу точке своей орбиты относительно Земли; чтобы различить диск Марса в телескоп во время противостояния, нужно применить увеличение не менее 5,4 раза.

Критерии оценивания

Правильное понимание явления противостояния (возможно объяснение с использованием рисунка) – 4 балла (если участник не указывает, что

данная конфигурация относится к внешней планете, то за этот этап выставляется оценка не более 3 баллов).

Понимание, что такое разрешение (разрешающая способность), увеличение, – 2 балла.

Вычисления и окончательный верный ответ – 2 балла.

4. Солнечное затмение

Фаза солнечного затмения Φ – это доля диаметра диска Солнца, закрытая Луной. Поэтому максимально будет закрыто 54 % (чуть более половины) солнечного диска.

Многим известно (например, из настроек смартфонов и компьютеров), что разница между всемирным временем («гринвичским», GMT) и временем в Красноярске составляет +7 часов (+3 часа разница Москвы с Гринвичем и +4 часа разница Красноярска с Москвой). Значит, время наступления максимума затмения 12 ч 06 мин по всемирному времени соответствует 19 ч 06 мин по времени Красноярска.

Чтобы выяснить, в какой части неба будет наблюдаться максимальная фаза затмения в Красноярске, проведем упрощенные рассуждения. В полдень (истинный полдень) – 12 часов 00 мин (по истинному солнечному времени) Солнце находится на юге. Далее, смещаясь к западу, через шесть часов оно окажется в западной части неба. Если бы мы находились на земном экваторе, или затмение происходило бы в дни равноденствий (весной или осенью), когда Солнце находится на небесном экваторе, вблизи этого момента наблюдался бы заход Солнца. Но в наших северных широтах, особенно в июне, когда Солнце находится на небесной сфере севернее небесного экватора (его склонение близко к максимальному), путь Солнца над горизонтом будет больше и зайдет оно гораздо позже (вспомните, в июне самые длинные дни и короткие ночи). Поэтому это затмение мы увидим в западной части неба.

Примечание: истинный полдень в Красноярске наступает около 13 часов, так как в повседневной (гражданской) жизни используется декретное время.

Ответ: 54 % солнечного диска будет закрыто Луной во время максимальной фазы затмения, которая в Красноярске наступит в 19 ч 06 мин, и будет наблюдаться в западной части неба.

Критерии оценивания

Понимание термина «фаза затмения» и верное определение доли в процентах – 2 балла.

Верное определение момента максимальной фазы по красноярскому времени – 2 балла.

Правильные рассуждения и верное определение, в какой части неба будет наблюдаться затмение, – 4 балла (правильный ответ без пояснений – не более 1 балла за этот этап решения).

5. Полюс мира

См. решение задания 5 для 9 класса.

6. Транснептуновый объект

Так как астероид относится к поясу Койпера, то он является внешним объектом по отношению к орбите Земли (на это также указывают и слово «транснептуновый», – т.е. за орбитой Нептуна, и большой период обращения вокруг Солнца). Поэтому воспользуемся уравнением синодического движения для внешних (верхних) планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T},$$
 где S – синодический период обращения астероида, T_{\oplus} –

сидерический период обращения Земли (звездный год), равный 365,26 средних солнечных суток или 1 год, T – сидерический или звездный период обращения астероида.

Выразим из него синодический период обращения астероида, приведя дроби к общему знаменателю: $S = \frac{T_{\oplus} \cdot T}{T - T_{\oplus}}$. Подставив численные значения,

получим: $S = \frac{40000 \text{ г} \cdot 1 \text{ г}}{39999 \text{ г}} = 1,000025 \text{ г}.$

Примечание: обратите внимание, что при большом сидерическом периоде синодический период стремится к величине звездного года, так как один оборот Земли вокруг Солнца удаленные объекты Солнечной системы смещаются по своей орбите незначительно.

Ответ: 1,000025 года или примерно 1 год.

Критерии оценивания

Знание местоположения в Солнечной системе пояса Койпера – 1 балл.

Применение уравнения синодического движения для внешних (верхних) планет – 4 балла.

Выражение из уравнения синодического движения синодического периода обращения путем приведения дробей к общему знаменателю – 2 балла.

Получение верного ответа – 1 балл.

Решения заданий для 11 класса

1. Яркие звезды

Таблица 3

Названия и обозначения некоторых ярких звезд в порядке убывания их блеска

Сириус – α Большого Пса	Антарес – α Скорпиона
Канопус – α Киля	Спика – α Девы
Толиман (Ригель Кентаурус) – α	Поллукс – β Близнецов

Центавра	
Арктур – α Волопаса	Фомальгаут – α Южной Рыбы
Вега – α Лиры	Мимоза – β Южного Креста
Капелла – α Возничего	Денеб – α Лебеда
Ригель – β Ориона	Регул – α Льва
Процион – α Малого Пса	Адара – ϵ Большого Пса
Ахернар – α Эридана	Кастор – α Близнецов
Бетельгейзе – α Ориона	Беллатрикс (Беллатрикс) – γ Ориона
Хадар – β Центавра	Полярная – α Малой Медведицы
Альтаир – α Орла	Алголь – β Персея
Акрукс – α Южного Креста	Денебола – β Льва
Альдебаран – α Тельца	Мицар – ζ Большой Медведицы

Примечание: участники могут назвать и другие существующие имена звезд, не указанные в таблице 3, правильность которых жюри может проверить в сети Интернет.

Ответ: например, 1. Сириус – Большой Бес, 2. Вега – Лира, 3. Бетельгейзе – Орион, 4. Полярная – Малая Медведица.

Критерии оценивания

За каждое правильное название пары «звезда – созвездие» – 1 балл, но суммарно не более 4 баллов за этот этап, если участник напишет больше пар. Дробные оценки не допускаются. Если верно написаны только имена звезд, то оценка не может превышать 2 баллов.

Верная последовательность пар в порядке убывания их блеска – 4 балла.

2. Пролеты МКС

См. решение задания 2 для 10 класса.

3. Противостояние Марса

Во время противостояния планета на небесной сфере как бы противостоит Солнцу, находясь над горизонтом всю ночь и кульминируя в направлении юга в полночь (истинную полночь). В момент верхней кульминации планета выше всего поднимается над горизонтом (над домами, деревьями, дымкой) и, учитывая, что это происходит в темное время суток, условия для ее наблюдения будут наилучшими.

Определим высоту Марса в верхней кульминации в Красноярске из соотношения $h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi) = 5,5^\circ + (90^\circ - 56,0^\circ) = 5,5^\circ + 34,0^\circ = 39,5^\circ$.

Ответ: в полночь на высоту $39,5^\circ$.

Критерии оценивания

Понимание явления противостояния и верное определение момента верхней кульминации – 4 балла.

Использование выражения для высоты светил в верхней кульминации – 3 балла.

Верные вычисления высоты Марса в верхней кульминации – 1 балл.

4. Затмение за затмением

Солнечные затмения происходят в новолуние, а лунные – в полнолуние. Полный период смены лунных фаз (синодический месяц) составляет 29,5 суток. Солнечное и лунное затмения должно разделять не менее примерно половины такого периода (от новолуния до полнолуния) $29,5 / 2 = 14,75$ или около 15 суток. Поэтому ближайшее солнечное затмение может произойти примерно на 15 суток раньше или позже 10 июня. Первым решением будет дата 25 июня. А другим решением – 26 мая (10 июня минус 10, получим 31 мая – и еще минус 5 суток).

Примечание: в самом деле, 26 мая 2021 года на Земле будет наблюдаться полное лунное затмение, однако из Красноярска его видно не будет (см. решение задания 4 для 8 класса).

Ответ: 25 июня и 26 мая.

Критерии оценивания

Понимание, при каких фазах Луны происходят лунные и солнечные затмения, – 2 балла.

Знание величины синодического месяца (с точностью до десятых) – 2 балла.

Верное определение каждой даты – по 2 балла.

5. К нам или от нас?

Линия в спектре звезды смещена в сторону меньших длин волн, т.е. к фиолетовому концу спектра на величину $\Delta\lambda = |\lambda_{наб} - \lambda| = |656,2 \text{ нм} - 656,3 \text{ нм}| = 0,1 \text{ нм}$, значит звезда, согласно эффекту Доплера, приближается к нам.

Связь смещения длины волны $\Delta\lambda$ с лучевой скоростью v в соответствии с эффектом Доплера определяется соотношением $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$, где λ – длина волны источника излучения (лабораторная длина волны), c – скорость света, равная $2,998 \cdot 10^5 \text{ км/с}$.

Выразив скорость и подставив значения, получим

$$v = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2,998 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 0,1 \text{ нм}}{656,3 \text{ нм}} = 45,7 \text{ км/с}.$$

Примечание: данное решение ориентировано на уровень школьного этапа олимпиады и не учитывает движение Земли по орбите со средней скоростью 29,8 км/с.

Ответ: звезда приближается к нам со скоростью 45,7 км/с.

Критерии оценивания

Верный вывод о приближении звезды с обоснованием – 2 балла.

Правильное применение эффекта Доплера – 4 балла.

Верные вычисления – 2 балла.

6. Комета Понса-Виннеке

Комету будет невозможно увидеть невооруженным глазом, так как ее звездная величина составляет $+8^m$, а глаз различает примерно до $+6^m$.

Чтобы определить период обращения кометы, нужно применить третий закон Кеплера $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Сравнивая движение кометы вокруг Солнца с Землей, для которой, приняв звездный период обращения $T_2 = 1$ год, а большую полуось орбиты $a_2 = 1$ а.е., получим простое выражение $T_1 = \sqrt{a_1^3}$ для определения звездного (сидерического) периода обращения кометы T_1 в годах по известной большой полуоси a_1 орбиты кометы, выраженной в астрономических единицах.

Подставив данные из условия задачи, найдем:
 $T_1 = \sqrt{(3,416 \text{ а.е.})^3} = 6,3 \text{ г.}$

Ответ: увидеть эту комету невооруженным глазом нельзя; период обращения кометы вокруг Солнца составляет 6,3 года.

Критерии оценивания

Вывод о невозможности наблюдения кометы невооруженным глазом с объяснением – 2 балла.

Правильное применение третьего закона Кеплера в полной или упрощенной форме – 4 балла.

Верное вычисление периода обращения кометы – 2 балла.

2021–2022 учебный год

Решения заданий для 5–6 классов

1. Луна в новогоднюю ночь

Между полнолунием (когда Луна видна всю ночь) и новолунием (когда Луна находится вблизи Солнца и не видна на ночном небе) проходит половина периода смены фаз, т.е. $29,5/2 = 14,75$ суток. Так как 19 и 31 де-

кабря разделяет 12 суток, значит, что в новогоднюю ночь Луна будет стареющей, в фазе, близкой к новолунию. В такой фазе Луна восходит рано утром (незадолго до восхода Солнца), а сама новогодняя ночь будет безлунной.

Ответ: новогодняя ночь будет безлунной.

Критерии оценивания

Понимание последовательности смены основных фаз Луны и верное деление периода – 2 балла.

Правильное определение ближайшей к Новому году основной фазы Луны (новолуние) – 4 балла.

Вывод о том, что ближайшая новогодняя ночь будет безлунной, – 2 балла.

2. Самый долгий день

Ответ: Самый долгий день в средних широтах северного полушария Земли, где находится Красноярск, наступает в день летнего солнцестояния (около 21 июня), самая долгая ночь – в день зимнего солнцестояния (около 21 декабря), а день равен ночи в день осеннего равноденствия (около 23 сентября) и в день весеннего равноденствия (около 20 марта).

Критерии оценивания

Указание, что самый долгий день наступает в день летнего солнцестояния или около 21 июня или в конце июня, – 2 балла.

Указание, что самая долгая ночь наступает в день зимнего солнцестояния или около 21 декабря или в конце декабря, – 2 балла.

Указание, что день равен ночи в день осеннего равноденствия или около 23 сентября или в конце сентября, – 2 балла.

Указание, что день равен ночи в день весеннего равноденствия или около 20 марта или в конце марта, – 2 балла.

Примечание: ответ, что самый долгий день наступает летом, самая долгая ночь – зимой, а день равен ночи – осенью и весной, оценивается максимум в 4 балла.

3. Звезды и созвездия

Ответ: 1 – в; 2 – г; 3 – а; 4 – б; 5 – з; 6 – ж; 7 – д; 8 – е.

Критерии оценивания

За каждое верно установленное соответствие – 1 балл.

4. Флаг Аляски

На флаге Аляски семь звезд символизируют созвездие Большой Медведицы, а восьмая (самая крупная) – Полярную звезду. Кроме того, звезды «Большого Ковша» имеют имена собственные: Дубхе, Мерак, Фекда, Мегрец, Алиот, Мицар, Бенеташ (Алкаид).

На флаге есть как минимум две неточности. Полярная звезда изображена слишком большой – можно подумать, что она очень яркая, но это не так. По блеску она примерно такая же, как и звезды ковша Большой Медведицы.

Также известно, что для нахождения Полярной звезды нужно отложить примерно 5 расстояний между крайними звездами ковша Большой Медведицы (см. рис. 17), а на флаге это расстояние меньше реального.

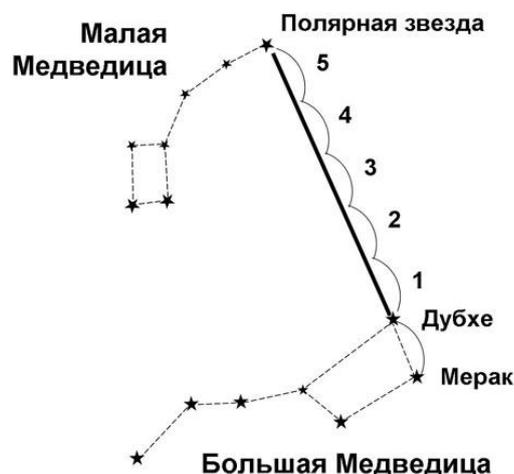


Рис. 17

Ответ: звезды на флаге Аляски символизируют созвездие Большой Медведицы и Полярную звезду; размер Полярной звезды на флаге не соответствует ее яркости и расположена она к ковшу Большой Медведицы ближе, чем на небе.

Критерии оценивания

За указание созвездия Большой Медведицы – 3 балла.

Знание имен звезд ковша Большой Медведицы не требуется, но может быть поощрено жюри 1–2 баллами (в зависимости от количества названных звезд), при условии, что общая оценка за задание не превысит 8 баллов.

За указание Полярной звезды – 3 балла.

За указание несоответствия размеров Полярной звезды ее яркости – 1 балл.

За указание на непропорциональное расположение Полярной звезды от ковша Большой Медведицы – 1 балл.

Решения заданий для 7 класса

1. Луна в новогоднюю ночь

См. решение задания 1 для 5–6 классов.

2. Все выше или ниже?

На видимом небосводе можно мысленно провести линию юг-север, которую астрономы называют «небесный меридиан». Высоты всех светил, расположенных к востоку от этой линии, после восхода непрерывно увеличиваются. Но после пересечения светилом небесного меридиана его высота начинает уменьшаться, вплоть до захода за горизонт. Следует отметить, что светила восходят не только в точке востока, а заходят в точке запада, а могут восходить по всей восточной стороне горизонта от точки севера до точки юга, а заходить – по всей западной стороне. Это зависит от располо-

жения светила на небесной сфере относительно ее полюсов (точек, вокруг которых она вращается, как нам кажется).

Ответ: высота увеличивается для всех светил, расположенных к востоку (включая северо-восточную, восточную и юго-восточную стороны неба) от направления юг-север, и уменьшается для светил, расположенных к западу (включая юго-западную, западную и северо-западную стороны) от направления юг-север.

Критерии оценивания

Если в ответе указано, что высота увеличивается только на востоке, а уменьшается только на западе – 4 балла.

Оставшиеся 4 балла выставляются за более подробные пояснения и указания, что высота будет увеличиваться для светил, расположенных не только в восточной, но и на северо-восточной и юго-восточной сторонах неба, а уменьшаться – на юго-западной, западной и северо-западной.

3. Звезды и созвездия

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. Флаг Аляски

См. решение задания 4 для 5–6 классов.

Критерии оценивания

За указание созвездия Большой Медведицы – 2 балла.

Знание имен звезд ковша Большой Медведицы не требуется, но может быть поощрено жюри 1–2 баллами (в зависимости от количества названных звезд), при условии, что общая оценка за задание не превысит 8 баллов.

За указание Полярной звезды – 2 балла.

За указание несоответствия размеров Полярной звезды ее яркости – 2 балла.

За указание на непропорциональное расположение Полярной звезды от ковша Большой Медведицы – 2 балла.

Решения заданий для 8 класса

1. Луна в новогоднюю ночь

Известно, что период смены лунных фаз (синодический месяц) составляет 29,5 суток. Между полнолунием (когда Луна видна всю ночь) и новолунием (когда Луна находится вблизи Солнца и не видна на ночном небе) проходит половина периода смены фаз, т.е. $29,5/2 = 14,75$ суток. Так как 19 и 31 декабря разделяет 12 суток, значит, что в новогоднюю ночь Луна будет стареющей, в фазе, близкой к новолунию. В такой фазе Луна восходит рано утром (незадолго до восхода Солнца), а сама новогодняя ночь будет безлунной.

Ответ: новогодняя ночь будет безлунной.

Критерии оценивания

Знание продолжительности синодического месяца – 2 балла (если участник указывает, что период смены фаз равен месяцу или около 30 дней, то оценка за этот этап не снижается).

Понимание последовательности смены основных фаз Луны и верное деление периода – 2 балла.

Правильное определение ближайшей к Новому году основной фазы Луны (новолуние) – 3 балла.

Вывод о том, что ближайшая новогодняя ночь будет безлунной – 1 балл.

2. Звезда Шольца

Световой год – внесистемная единица измерения расстояния в астрономии, равная расстоянию, которое электромагнитные волны (свет) проходят в вакууме за один год (юлианский, равный 365,25 сут).

Известно, что 1 парсек равен 3,26 светового года или 206265 астрономических единиц. Поэтому расстояние до звезды в момент сближения в парсеках было $(1 \text{ пк} \cdot 0,8 \text{ св.год}) / 3,26 \text{ св.год} = 0,25 \text{ пк}$, а в астрономических единицах $(206265 \text{ а.е.} \cdot 0,8 \text{ св.год}) / 3,26 \text{ св.год} = 50\,617 \text{ а.е.} \approx 51\,000 \text{ а.е.}$ Зная, что $1 \text{ а.е.} = 149,6 \text{ млн км}$, получим, что в километрах это расстояние составляло «всего» $(50\,617 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \text{ млн км}) / 1 \text{ а.е.} = 7,6 \text{ триллионов километров}$.

Примечание: участник может перевести световые годы сразу в километры, понимая, что означает световой год, помня значение скорости света и переведя продолжительность юлианского года в секунды, т.е. $0,8 \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 365,25 \text{ сут} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с} = 7,6 \text{ трлн км}$, затем километры перевести в астрономические единицы и далее в парсеки.

Ответ: 0,25 пк или 51 000 а.е. или 7,6 трлн км.

Критерии оценивания

Понимание, что означает световой год, – 2 балла.

Верный перевод расстояния в парсеки – 2 балла.

Верный перевод расстояния в астрономические единицы – 2 балла.

Верный перевод расстояния в километры – 2 балла.

3. Звезды и созвездия

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. Лунные затмения

Движение Луны по небу относительно звезд в наших широтах (северном полушарии Земли) происходит с запада на восток (справа налево) – это так называемое прямое движение, также характерное и для Солнца, и для планет. Поэтому Луна в разных затмениях будет проходить сквозь земную тень/полутень примерно так, как показано на следующем рисунке (рис. 18):

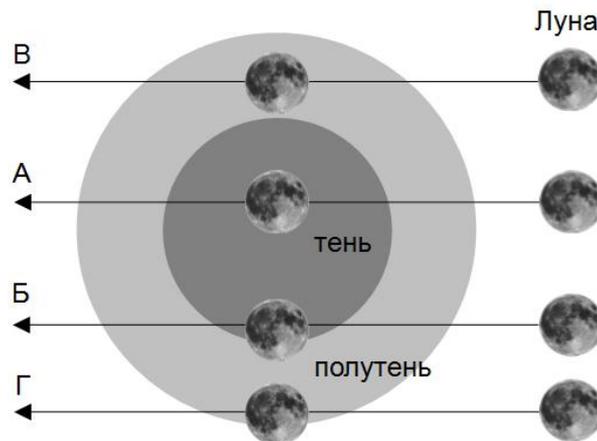


Рис. 18. Схемы различных лунных затмений для наблюдателей северного полушария

Ответ: см. рис. 1: А – полное, Б – частное, В – полутеневое и Г – частное полутеневое.

Критерии оценивания

За каждый правильный трек – по 2 балла. Треки на рисунках учащихся могут отличаться от приводимых на рисунке, главное, чтобы было отражено полное или частное погружение Луны в земную тень или полутень.

Решения заданий для 9 класса

1. Суперлуние 2022

Луна перемещается по небесной сфере вдоль эклиптики, незначительно отклоняясь от нее. Высота Солнца в северном полушарии Земли максимальна летом в день летнего солнцестояния (около 21 июня) в местный полдень, когда оно кульминирует (поднимается выше всего) над южным горизонтом, т.к. Солнце в этот момент находится на эклиптике выше небесного экватора. Противоположная точка эклиптики кульминирует в местную полночь и расположена ниже небесного экватора, при этом ее высота над южным горизонтом будет минимальна. Так как Луна в полнолунии находится около эклиптики в точке, противоположной Солнцу, то ее

высота в момент верхней кульминации будет минимальна летом. Дата «суперлуния» близка к летнему солнцестоянию, поэтому Луна будет видна ночью (лучше всего около местной полуночи) в южной стороне неба низко над горизонтом.

Через неделю фаза Луны станет близкой к последней четверти, Луна поднимется по эклиптике в область точки весеннего равноденствия и будет восходить во второй половине ночи. В это время ее лучше всего наблюдать под утро в момент ее верхней кульминации. А еще через неделю наступит новолуние, в это время Луны видно не будет (при самых лучших условиях можно будет попытаться отыскать тонкий лунный серпик в лучах утренней зари).

Ответ: Луну из Красноярска в ночь с 13 на 14 июля 2022 года лучше всего можно будет наблюдать около местной полуночи в южной стороне неба низко над горизонтом. Через неделю наступит фаза последней четверти, и Луна будет лучше всего видна во второй половине ночи под утро. Через две недели наступит новолуние, а в этой фазе Луна не видна.

Критерии оценивания

Указание на то, что в ночь «суперлуния» Луна будет лучше всего видна около местной полуночи – 2 балла.

Правильное пояснение, что в это время она будет видна низко над южным горизонтом, – 2 балла.

За указание того, что через неделю наступит последняя четверть, – 1 балл. Пояснение, что в это время Луна будет наблюдаться во второй половине ночи, а лучше всего под утро – 1 балл.

Определение того, что через две недели после полнолуния Луна будет вблизи новолуния, – 1 балл. Указание, что в этой фазе она не видна, – 1 балл.

2. Прямой наводкой

Расстояние от Солнца до Земли фотон преодолет за $150 \cdot 10^6 / 300 \cdot 10^3 = 500$ секунд, или примерно за 8,3 минуты. Если Земля за это время из-за орбитального движения вокруг Солнца сместится от начального положения больше, чем на свой радиус (примерно 6400 км), то фотон пролетит мимо.

Скорость движения Земли по круговой орбите $v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$, где r – радиус орбиты Земли, T – период ее обращения вокруг Солнца. Подставив значения из условия задачи, получим $v = 2\pi \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км} / 365,25 \text{ сут} \approx 2580000 \text{ км/сут}$ или $2580000 \cdot 1 \text{ км} / (24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с}) \approx 30 \text{ км/с}$. Таким образом, на свой радиус Земля сместится за $6400 \text{ км} / 30 \text{ км/с} \approx 213$ секунд, или за 3,6 минуты. Как видно, за то время, пока фотон долетит до Земли, она переместится больше, чем на свой радиус. А это значит, что фотон, испущенный точно в центр диска Земли, пролетит мимо.

Ответ: не попадет.

Критерии оценивания

Правильное определение времени полета фотона до Земли – 2 балла.

Верное определение орбитальной скорости Земли (или ее знание) – 3 балла.

Вычисление смещения Земли в пространстве более, чем на свой радиус (участник может эту часть решения выполнить по-другому: $500 \text{ с} \cdot 30 \text{ км/с} = 15000 \text{ км}$, что превышает радиус Земли более чем в два раза) – 2 балла.

Вывод о том, что фотон не попадет на Землю – 1 балл.

3. Звезды и созвездия

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. Лунные затмения

См. решение задания 4 для 8 класса.

5. Луна и гривенник

Из рис. 19 видно, что решение задачи можно свести к рассмотрению двух подобных треугольников (по I признаку – два угла одного треугольника соответственно равны двум углам другого): ORR_1 и OMM_1 , где RR_1 – линейные размеры гривенника, а MM_1 – линейные размеры Луны, а OR и OM – расстояния от наблюдателя O (Observer) до этих объектов.

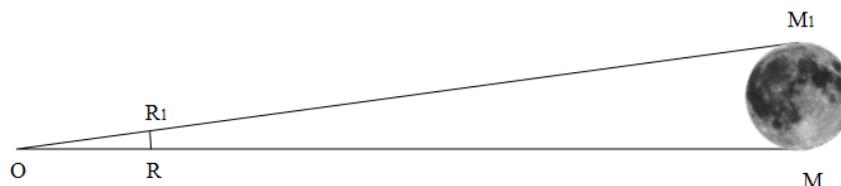


Рис. 19

Как можно понять, отношение $MM_1 / OM = RR_1 / OR$, откуда получаем:

$$OR = RR_1 \cdot OM / MM_1.$$

Подставим численные значения, получим: $OR = 17,5 \text{ мм} \cdot 384400 \text{ км} / 3475 \text{ км} = 1936 \text{ мм}$.

Ответ: 1936 мм \approx 1,94 метра.

Примечание: вряд ли у какого-нибудь человека длина руки может приближаться к двум метрам. Поэтому утверждение о том, что любой из учеников, держа маленький десятик на вытянутой руке, сможет закрыть им Луну – справедливо!

Критерии оценивания

Установление подобия треугольников – 2 балла.

Получение формулы для вычислений – 4 балла.

Правильные вычисления и ответ – 2 балла.

Примечание: участник может верно решить задачу, вспомнив видимый угловой размер Луны ($0,5^\circ$) и построив прямоугольный треугольник, через тангенс найти прилежащий катет. Но это решение не может быть

оценено более чем на 4 балла, так как при этом используются не все данные из условия задачи.

6. Две экзопланеты

Так как две экзопланеты обращаются вокруг общего тяготеющего центра – звезды, то можно применить третий (эмпирический) закон Кеплера:

ра: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Отсюда получим отношение периода обращения второй планеты к периоду первой

$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{a_2^3}{a_1^3}} = \sqrt{3^3} = 5,2$ раза. Т.е. период обращения

второй планеты в 5,2 раз больше первой.

Ответ: периоды обращения отличаются в 5,2 раза.

Критерии оценивания

Применение третьего (эмпирического) закона Кеплера – 4 балла.

Верное вычисление отношения периодов обращения – 4 балла.

Решения заданий для 10 класса

1. Суперлуние 2022

См. решение задания 1 для 9 класса.

2. Звезда Шольца

Расстояние до звезд в парсеках определяется из соотношения: $r = \frac{1}{\pi''}$,

где π'' – годичный параллакс звезды, выраженный в угловых секундах. Поэтому расстояние до звезды в момент сближения в парсеках было

$$r = \frac{1}{4''} = 0,25 \text{ пк.}$$

Известно, что 1 парсек равен 3,26 св. год или 206265 а.е. Поэтому расстояние до звезды в момент сближения в световых годах было (0,25 пк ·

$3,26 \text{ св.год} / 1 \text{ пк} = 0,82 \text{ св. год}$, а в астрономических единицах ($206265 \text{ а.е.} \cdot 0,82 \text{ св. год} / 3,26 \text{ св. год} = 51\,883 \text{ а.е.} \approx 52\,000 \text{ а.е.}$). Зная, что $1 \text{ а.е.} = 149,6 \text{ млн км}$, получим, что в километрах это расстояние составляло «всего» $(51\,883 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \text{ млн км}) / 1 \text{ а.е.} = 7,8 \text{ триллионов километров}$.

Ответ: 0,25 пк или 0,82 св. год или 52 000 а.е. или 7,8 трлн км.

Критерии оценивания

Верное определение расстояния в парсеках – 2 балла.

Верный перевод расстояния в световые годы – 2 балла.

Верный перевод расстояния в астрономические единицы – 2 балла.

Верный перевод расстояния в километры – 2 балла.

3. Звезды и созвездия

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. Лунные затмения

См. решение задания 4 для 8 класса.

5. Самодельный телескоп

Увеличение телескопа определяется следующим соотношением:

$G = \frac{F}{f}$, где F – фокусное расстояние объектива, f – фокусное расстояние

окуляра.

Так как 1 диоптрия равна оптической силе линзы с фокусным расстоянием, равным 1 метру, то увеличение самодельного телескопа будет

$$G = \frac{1000 \text{ мм}}{25 \text{ мм}} = 40 \text{ раз.}$$

Длина трубы телескопа определяется в основном фокусным расстоянием объектива, поэтому она будет равна примерно 1 метр (если говорить точнее, то она равна сумме фокусных расстояний объектива и окуляра – в данном случае 1,025 метра).

Ответ: длина трубы такого телескопа составит примерно 1 м, а его увеличение будет 40 раз.

Критерии оценивания

Знание определения диоптрии – 2 балла.

Верное вычисление увеличения телескопа – 4 балла.

Верное определение длины трубы телескопа – 2 балла.

6. В ожидании кометы Галлея

Зная большую полуось орбиты кометы, по третьему закону Кеплера можно определить период ее обращения вокруг Солнца: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Сравни-

вая движение кометы вокруг Солнца с Землей, для которой, приняв звездный период обращения $T_2 = 1$ год, а большую полуось орбиты $a_2 = 1$ а.е., получим простое выражение $T_1 = \sqrt{a_1^3}$ для определения звездного (сидерического) периода обращения кометы T_1 в годах по известной большой полуоси a_1 орбиты кометы, выраженной в астрономических единицах.

Подставив данные из условия задачи, найдем:
 $T_1 = \sqrt{(17,834 \text{ а.е.})^3} = 75,31$ года.

Переведем дату последнего прохождения перигелия (9 февраля) в доли года. Это примерно 31 день (январь) + 9 (февраль) = 40 суток. Или: $40 / 365,25 = 0,11$ года. Получаем, что в последний раз комета проходила ближайшую к Солнцу точку орбиты (перигелий) примерно в 1986,11 году (а в следующий раз это произойдет в $1986,11 + 75,31 = 2061,42$ году). Половина периода, когда комета удаляется, составляет $75,31 / 2 = 37,66$. Суммируем и получаем: $1986,11 + 37,66 = 2023,77$. Наша олимпиада проходит осенью 2021 года, значит, комета все еще удаляется от Солнца и как раз приближается к афелию своей орбиты.

Ответ: комета все еще удаляется от Солнца.

Критерии оценивания.

Использование третьего закона Кеплера и получение верного периода – 4 балла.

Доказательство, что половина периода еще не прошла и комета продолжает удаляться от Солнца, – 4 балла.

Решения заданий для 11 класса

1. Суперлуние 2022

См. решение задания 1 для 9 класса.

2. Звезда Шольца

Расстояние до звезд в парсеках определяется из соотношения: $r = \frac{1}{\pi''}$,

где π'' – годичный параллакс звезды, выраженный в угловых секундах. Поэтому расстояние до звезды в момент сближения в парсеках было

$$r = \frac{1}{4''} = 0,25 \text{ пк.}$$

Абсолютная звездная величина M связана с видимой звездной величиной m и расстоянием до звезды r , выраженному в парсеках, следующим соотношением: $M = m + 5 - 5 \cdot \lg(r)$.

Выразим видимую звездную величину: $m = M - 5 + 5 \cdot \lg(r)$.

Подставив известные значения, получим: $m = 19,4 - 5 + 5 \cdot \lg(0,25) = +11,4^m$.

Невооруженным глазом можно различить звезды примерно до $+6^m$, поэтому звезду Шольца неандертальцы видеть не могли, тем более как второе солнце.

Ответ: видимая звездная величина звезды Шольца в момент сближения составляла $+11,4^m$, поэтому неандертальцы не могли видеть эту звезду даже ночью.

Критерии оценивания

Верное определение расстояния в парсеках – 2 балла.

Использование формулы, связывающей абсолютную звездную величину с видимой, – 2 балла.

Верный расчет видимой звездной величины звезды Шольца в момент сближения – 2 балла.

Окончательный вывод о невозможности увидеть эту звезду невооруженными глазами – 2 балла.

3. Звезды и созвездия

См. решение задания 3 для 5–6 классов.

4. Вега из Красноярска

Северный полюс мира ($\delta = 90^\circ$) в Красноярске расположен на высоте $\varphi = +56^\circ$ над северным горизонтом. А это значит, что сам математический северный горизонт находится на линии склонения $\delta = 90^\circ - \varphi = +34^\circ$. Склонение Веги почти на 5 градусов больше, а это значит, что она все-таки является для нас незаходящей звездой.

Примечание: участник может решить задачу, используя формулу для высоты светила в нижней кульминации: $h_{\min} = \delta - (90^\circ - \varphi) = 38^\circ 47' - (90^\circ - 56^\circ 01') = 38^\circ 47' - 33^\circ 59' = 4^\circ 48'$, т.е. даже в нижней кульминации высота положительная, а это значит, что звезда не заходит за горизонт в Красноярске никогда.

Ответ: Вега является для наблюдателя из Красноярска незаходящей звездой.

Критерии оценивания

Понимание элементов небесной сферы и (или) знание формулы для высоты светила в нижней кульминации: – 4 балла.

Верное вычисление и окончательный верный вывод – 4 балла.

5. Самодельный телескоп

Увеличение телескопа определяется следующим соотношением:

$$G = \frac{F}{f}, \text{ где } F - \text{ фокусное расстояние объектива, } f - \text{ фокусное расстояние}$$

окуляра.

Так как 1 диоптрия равна оптической силе линзы с фокусным расстоянием, равным 1 метру, то увеличение самодельного телескопа будет

$$G = \frac{1000 \text{ мм}}{25 \text{ мм}} = 40 \text{ раз.}$$

Длина трубы телескопа определяется в основном фокусным расстоянием объектива, поэтому она будет равна примерно 1 метру (если говорить точнее, то она равна сумме фокусных расстояний объектива и окуляра – в данном случае 1,025 метра).

Теоретическая разрешающая способность телескопа определяется как

$$\alpha = \frac{140''}{D}, \text{ где } D - \text{ диаметр объектива телескопа в миллиметрах. Тогда раз-}$$

решающая способность самодельного телескопа будет не лучше, чем

$$\alpha = \frac{140''}{D} = \frac{140''}{50 \text{ мм}} = 2,8''.$$

Примечание: участники могут использовать формулу

$$\alpha = 1,22 \cdot \frac{206265'' \cdot \lambda}{D}, \text{ где } \lambda - \text{ средняя длина световой волны } (5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}), D -$$

диаметр объектива телескопа.

Ответ: длина трубы такого телескопа составит примерно 1 м, его увеличение будет 40 раз, а разрешающая способность 2,8''.

Критерии оценивания

Знание определения диоптрии – 2 балла.

Верное вычисление увеличения телескопа – 2 балла.

Верное определение длины трубы телескопа – 2 балла.

Верное определение разрешающей способности телескопа – 2 балла.

6. В ожидании кометы Галлея

Зная большую полуось орбиты кометы, по третьему закону Кеплера можно определить период ее обращения вокруг Солнца: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. Сравни-

вая движение кометы вокруг Солнца с Землей, для которой, приняв звездный период обращения $T_2 = 1$ год, а большую полуось орбиты $a_2 = 1$ а.е., получим простое выражение $T_1 = \sqrt{a_1^3}$ для определения звездного (сидерического) периода обращения кометы T_1 в годах по известной большой полуоси a_1 орбиты кометы, выраженной в астрономических единицах.

Подставив данные из условия задачи, найдем:
 $T_1 = \sqrt{(17,834 \text{ а.е.})^3} = 75,31$ года.

Переведем дату последнего прохождения перигелия (9 февраля) в доли года. Это примерно 31 день (январь) + 9 (февраль) = 40 суток. Или: $40 / 365,25 = 0,11$ года. Получаем, что в последний раз комета проходила ближайшую к Солнцу точку орбиты (перигелий) примерно в 1986,11 году (а в следующий раз это произойдет в $1986,11 + 75,31 = 2061,42$ году). Половина периода, когда комета удаляется, составляет $75,31 / 2 = 37,66$. Суммируем и получаем: $1986,11 + 37,66 = 2023,77$. Наша олимпиада проходит осенью 2021 года, значит, комета все еще удаляется от Солнца и как раз приближается к афелию своей орбиты.

Значения перигелийного (q) и афелийного (Q) расстояний определяются из соотношений: $q = a \cdot (1 - e)$ и $Q = a \cdot (1 + e)$. Откуда отношение афелийного и перигелийного расстояний может быть представлено в виде:
 $\frac{Q}{q} = \frac{1+e}{1-e} = \frac{1+0,967}{1-0,967} = 59,6 \approx 60$ раз. Учитывая, что солнечная энергия с

удалением от него рассеивается по сфере все большей площади, а площадь

сферы пропорциональна квадрату радиуса, которым является расстояние до Солнца (так называемый закон обратных квадратов), значит, комета в афелии будет получать в $60^2 = 3600$ раз меньше солнечной энергии, чем в перигелии.

Ответ: комета все еще удаляется от Солнца, в афелии комета 3600 раз получает меньше солнечной энергии, чем в перигелии.

Критерии оценивания.

Использование третьего закона Кеплера и получение верного периода – 2 балла.

Доказательство, что половина периода еще не прошла и комета продолжает удаляться от Солнца, – 2 балла.

Верное определение отношения афелийного и перигелийного расстояний – 2 балла.

Знание закона обратных квадратов и верное вычисление, во сколько раз комета получает меньше солнечной энергии в афелии, чем в перигелии, – 2 балла.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Методические рекомендации по организации и проведению школьного этапа всероссийской олимпиады школьников³

I. Общие вопросы организации школьного этапа всероссийской олимпиады школьников

1. Общие положения

Всероссийская олимпиада школьников (далее – олимпиада) проводится в соответствии с приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 27 ноября 2020 г. № 678 «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников» (далее – Порядок) [1], приказами (распоряжениями) органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющими государственное управление в сфере образования (далее – ОИВ), органов публичной власти федеральной территории «Сириус», осуществляющих полномочия, предусмотренные пунктом 5 части 1 статьи 8 Федерального закона «О федеральной территории «Сириус» (далее – ОПВ «Сириус»), локальными нормативными актами органов местного самоуправления, осуществляющими управление в сфере образования (далее – ОМС), и образовательных организаций (далее – ОО).

Школьный этап олимпиады проводится по заданиям, разработанным для обучающихся 5–11 классов.

Участник олимпиады выполняет по своему выбору олимпиадные задания, разработанные для класса, программу которого он осваивает, или для более старших классов. В случае прохождения участников олимпиады, выполнивших задания, разработанные для более старших классов по отно-

³ Извлечения из методических рекомендации по организации и проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников в 2023/24 учебном году [2; 3].

шению к тем классам, программы которых они осваивают, на следующий этап олимпиады указанные участники олимпиады и на следующих этапах олимпиады выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на предыдущем этапе олимпиады.

Организатором школьного этапа олимпиады является ОМС, ОПВ «Сириус».

В соответствии с Порядком организатору необходимо:

- не позднее чем за 30 календарных дней подготовить и утвердить график проведения школьного этапа олимпиады в соответствии со сроками, установленными ОИВ и ОПВ «Сириус»;

- не позднее чем за 15 календарных дней до начала проведения школьного этапа олимпиады утвердить составы организационного комитета, жюри и апелляционной комиссии по каждому общеобразовательному предмету;

- не позднее чем за 15 календарных дней подготовить и утвердить сроки, расписание и продолжительность проведения школьного этапа олимпиады по каждому общеобразовательному предмету, перечень материально-технического оборудования, используемого при его проведении, процедуру регистрации участников олимпиады, анализа выполненных олимпиадных работ, их показа, а также рассмотрения апелляций участников олимпиады;

- не позднее чем за 15 календарных дней до проведения школьного этапа по соответствующему предмету подготовить и утвердить сроки дешифрования олимпиадных заданий, выдачи критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных работ;

- не позднее чем за 10 календарных дней до даты начала школьного этапа олимпиады (путем рассылки официальных писем, публикации на официальных интернет-ресурсах) информировать ОМС, руководителей ОПВ «Сириус», руководителей ОО, расположенных на территории соответ-

ствующих муниципальных образований, участников школьного этапа олимпиады и их родителей (законных представителей) о сроках и местах проведения школьного этапа олимпиады по каждому общеобразовательному предмету;

– обеспечить создание специальных условий для участников школьного этапа олимпиады с ограниченными возможностями здоровья (далее – ОВЗ) и детей-инвалидов, учитывающих состояние их здоровья, особенно психологического развития с учетом требований Порядка;

– организовать процедуру пересмотра индивидуальных результатов в случае выявления в протоколах жюри технических ошибок, допущенных при подсчете баллов за выполнение заданий, и утверждения итоговых результатов школьного этапа олимпиады с учетом внесенных изменений;

– установить квоту победителей и призеров школьного этапа олимпиады;

– в срок до 21 календарного дня со дня последней даты проведения соревновательных туров утвердить итоговые результаты школьного этапа олимпиады по каждому общеобразовательному предмету на основании протоколов жюри и опубликовать их на своем официальном сайте в сети Интернет.

Методическое обеспечение школьного этапа олимпиады осуществляют муниципальные предметно-методические комиссии (далее – МПМК) по каждому общеобразовательному предмету.

МПМК разрабатывают олимпиадные задания для проведения школьного этапа олимпиады по соответствующему общеобразовательному предмету и требования к организации и проведению школьного этапа олимпиады по соответствующему общеобразовательному предмету с учетом настоящих методических рекомендаций.

МПК и при разработке Требований к организации и проведению школьного этапа олимпиады по конкретному общеобразовательному предмету рекомендуется включить следующую информацию:

- время начала состязательных туров;
- материально-техническое обеспечение;
- перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады;
- порядок проверки и оценивания выполненных олимпиадных заданий;
- процедуры анализа олимпиадных заданий и их решений;
- процедуры показа проверенных работ участников олимпиады;
- порядок проведения апелляций и подведения итогов школьного этапа олимпиады.

По решению ОИВ и ОПВ «Сириус», МПК по каждому общеобразовательному предмету, по которому проводится олимпиада, могут не создаваться, а их функции выполняют соответствующие региональные предметно-методические комиссии (далее – РПК).

Для проведения школьного этапа олимпиады не позднее чем за 15 календарных дней до начала проведения формируется организационный комитет (далее – оргкомитет), состоящий не менее чем из 5 человек. В состав оргкомитета могут входить руководители (заместители руководителей) ОМС, руководители организаций, являющиеся операторами (координаторами) школьного этапа олимпиады, представители администрации ОО, представители МПК и РПК, педагогические, научно-педагогические работники, а также представители общественных и иных организаций, средств массовой информации.

Оргкомитет школьного этапа олимпиады обеспечивает:

– проведение олимпиады в соответствии с Порядком, нормативными правовыми актами, регламентирующими проведение школьного этапа олимпиады и действующими на момент проведения олимпиады санитарно-эпидемиологическими требованиями к условиям и организации обучения в образовательных организациях;

– не позднее чем за 10 календарных дней до начала соревновательных туров сбор и хранение заявлений от родителей (законных представителей) обучающихся, заявивших о своем участии в олимпиаде, об ознакомлении с Порядком и о согласии на публикацию результатов по каждому общеобразовательному предмету на своем официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети Интернет с указанием фамилии, инициалов, класса, наименования субъекта Российской Федерации, количества баллов, набранных при выполнении заданий (далее – сведения об участниках), и передает их организатору школьного этапа олимпиады (далее – согласия на обработку персональных данных);

– не позднее чем за 10 календарных дней до начала соревновательных туров информирование участников о продолжительности выполнения олимпиадных заданий, оформлении выполненных олимпиадных работ, о проведении анализа олимпиадных заданий, показе выполненных олимпиадных работ, порядке подачи и рассмотрения апелляций о несогласии с выставленными баллами, основаниях для удаления с олимпиады, а также о времени и месте ознакомления с результатами олимпиады;

– назначение организаторов в аудитории проведения, вне аудиторий проведения и их инструктаж, включающий правила проведения олимпиады, особенности проведения туров по каждому общеобразовательному предмету, обязанности участников и организаторов;

– кодирование (обезличивание) и декодирование олимпиадных работ участников школьного этапа олимпиады.

Для проведения школьного этапа олимпиады оргкомитет разрабатывает организационно-технологическую модель (далее – оргмодель).

Оргмодель проведения школьного этапа олимпиады должна быть утверждена ОИВ или ОПВ «Сириус».

Оргмодель проведения школьного этапа олимпиады может содержать:

- порядок организации проведения туров по каждому общеобразовательному предмету;
- порядок организации проверки выполненных олимпиадных работ участников;
- порядок организации процедуры анализа олимпиадных заданий и их решений;
- порядок показа выполненных олимпиадных работ участников;
- порядок проведения апелляции по результатам проверки олимпиадных работ участников;
- квоту на участие в школьном этапе по соответствующему общеобразовательному предмету;
- порядок определения победителей и призеров школьного этапа;
- порядок подведения итогов.

В соответствии с Порядком состав жюри школьного этапа олимпиады формируется из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников образовательных организаций, аспирантов, ординаторов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по соответствующим общеобразовательным предметам, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в сфере, соответствующей общеобразовательному предмету олимпиады, и утверждается организатором олимпиады.

В состав жюри школьного этапа входят председатель жюри и члены жюри.

Жюри школьного этапа олимпиады:

- осуществляет оценивание выполненных олимпиадных работ;
- проводит анализ олимпиадных заданий и их решений, показ выполненных олимпиадных работ в соответствии с Порядком и оргмоделью этапа олимпиады;

- определяет победителей и призеров олимпиады на основании ранжированного списка участников по каждому общеобразовательному предмету с учетом результатов рассмотрения апелляций и в соответствии с квотой, установленной организатором школьного этапа олимпиады, и оформляет итоговый протокол;

- направляет организатору школьного этапа олимпиады протокол жюри, подписанный председателем и членами жюри по соответствующему общеобразовательному предмету, с результатами олимпиады, оформленными в виде рейтинговой таблицы победителей, призеров и участников с указанием сведений об участниках, классе и набранных ими баллах по общеобразовательному предмету (далее – рейтинговая таблица);

- направляет организатору школьного этапа олимпиады аналитический отчет о результатах выполнения олимпиадных заданий, подписанный председателем жюри.

- своевременно передает данные в оргкомитет школьного этапа для заполнения соответствующих баз данных олимпиады.

Протоколы работы жюри и рейтинговые таблицы направляются организатору школьного этапа олимпиады в форме, определенной организатором (электронная форма, скан-копии, письменная форма и т.п.).

2. Порядок проведения соревновательных туров олимпиады

Места проведения олимпиады должны соответствовать санитарным нормам и требованиям Роспотребнадзора, установленным на момент проведения олимпиады.

Решение о проведении школьного этапа олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий принимается организатором школьного этапа олимпиады по согласованию с ОИВ или ОПБ «Сириус».

Организатор школьного этапа олимпиады не позднее 10 календарных дней до начала олимпиады определяет механизм передачи заданий, бланков (листов) ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий для работы жюри, входящих в комплект олимпиадных заданий (далее – комплект заданий).

Рекомендуется осуществлять передачу комплектов заданий в зашифрованном виде либо в распечатанном виде, в закрытых конвертах (пакетах) в день проведения олимпиады по соответствующему общеобразовательному предмету.

Лицо, получившее материалы (в распечатанном либо электронном виде), несет персональную ответственность за информационную безопасность переданных ему комплектов заданий и подписывает соглашение о неразглашении конфиденциальной информации.

Оргкомитет школьного этапа олимпиады:

- собирает у участников олимпиады согласия на обработку персональных данных;

- информирует участников о сроках и площадках проведения олимпиады, продолжительности и начале выполнения олимпиадных заданий, правилах оформления выполненных олимпиадных работ, основаниях для удаления с олимпиады, времени и месте ознакомления с результатами олимпиады, процедурах анализа заданий олимпиады и их решений, показа выполненных олимпиадных работ, порядке подачи и рассмотрения апелляций о несогласии с выставленными баллами, в том числе с использованием информационных стендов ОО – площадок проведения олимпиады;

- обеспечивает выполнение требований к материально-техническому оснащению олимпиады по каждому общеобразовательному предмету;
- проводит регистрацию участников в день проведения олимпиады по каждому общеобразовательному предмету;
- обеспечивает тиражирование материалов в день проведения олимпиады;
- назначает организаторов в аудитории проведения олимпиады по каждому общеобразовательному предмету;
- обеспечивает контроль соблюдения выполнения участниками требований Порядка, оргмодели и иных локальных актов;
- осуществляет кодирование (обезличивание) работ участников олимпиады;
- осуществляет хранение работ участников олимпиады в течение срока, установленного оргмоделью;
- обеспечивает своевременную передачу обезличенных работ участников членам жюри для проверки;
- осуществляет декодирование работ участников олимпиады;
- осуществляет подготовку и внесение данных в протокол предварительных результатов;
- информирует участников о результатах выполнения ими олимпиадных заданий;
- информирует участников о дате, времени и месте проведения процедур анализа выполненных олимпиадных заданий и их решений, показа работ и проведения процедуры апелляции по каждому общеобразовательному предмету;
- организует проведение процедур анализа и показа выполненных олимпиадных заданий для участников олимпиады;
- принимает заявления на апелляцию от участников олимпиады;

– организует проведение апелляций по каждому общеобразовательному предмету.

В случаях проведения олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий порядок проведения определяется с учетом технических возможностей организатора и площадок проведения (пропускная способность канала Интернет, наличие соответствующего информационного ресурса, личных кабинетов участников и пр.).

Для участия в олимпиаде участнику необходимо предъявить документ, удостоверяющий личность (паспорт), либо свидетельство о рождении (для участников, не достигших 14-летнего возраста).

При проведении олимпиады каждому участнику должно быть предоставлено отдельное рабочее место, оборудованное с учетом настоящих методических рекомендаций и требований к проведению олимпиады по каждому общеобразовательному предмету.

До начала соревновательных туров для участников должен быть проведен краткий инструктаж, в ходе которого они должны быть проинформированы о продолжительности олимпиады, справочных материалах, средствах связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады, правилах поведения, запрещенных действиях, датах опубликования результатов, процедурах анализа олимпиадных заданий, просмотра работ участников и порядке подачи апелляции в случаях несогласия с выставленными баллами.

Во время проведения соревновательных туров участникам запрещается:

- общаться друг с другом, свободно перемещаться по аудитории;
- выносить из аудиторий и мест проведения олимпиады олимпиадные задания на бумажном и (или) электронном носителях, листы ответов и черновики, копировать олимпиадные задания;

– обмениваться любыми материалами и предметами, использовать справочные материалы, средства связи и электронно-вычислительную технику, если иное не предусмотрено и не прописано в требованиях к проведению олимпиады по конкретному общеобразовательному предмету;

– покидать место проведения без разрешения организаторов или членов оргкомитета.

В случае нарушения установленных правил участник олимпиады удаляется из аудитории, а его работа аннулируется. В отношении удаленного участника составляется акт, который подписывается организаторами и членами оргкомитета.

Опоздание участников олимпиады к началу ее проведения, выход из аудитории участников по уважительной причине не дают им права на продолжение времени выполнения заданий соревновательного тура.

Во время выполнения олимпиадных заданий участник олимпиады вправе покинуть аудиторию только по уважительной причине. При этом запрещается выносить олимпиадные задания (бланки заданий), черновики и бланки ответов.

В каждой аудитории, где проходят соревновательные туры, необходимо обеспечить наличие часов. Время начала и окончания соревновательного тура олимпиады фиксируется организатором на информационном стенде (школьной доске).

Все участники во время проведения олимпиады должны размещаться по 1 человеку за столом (партой). Рассадка осуществляется таким образом, чтобы участники олимпиады не могли видеть записи в бланках (листах) ответов других участников.

В местах проведения соревновательных туров олимпиады вправе присутствовать: представители организатора, оргкомитета и жюри, технические специалисты (в случае необходимости), а также граждане, аккредит-

тованные в качестве общественных наблюдателей в порядке, установленном Министерством просвещения Российской Федерации.

Общественным наблюдателям необходимо предъявить членам оргкомитета документы, подтверждающие их полномочия (удостоверение общественного наблюдателя, документ, удостоверяющий личность).

Все участники школьного этапа олимпиады обеспечиваются:

- черновиками (при необходимости);
- заданиями, бланками (листами) ответов;
- необходимым оборудованием в соответствии с требованиями по каждому общеобразовательному предмету олимпиады.

До начала работы участники олимпиады под руководством организаторов в аудитории заполняют титульный лист. Титульный лист (Приложение 4) заполняется от руки разборчивым почерком буквами русского алфавита. Время инструктажа и заполнения титульного листа не включается во время выполнения олимпиадных заданий.

После заполнения титульных листов участники одновременно приступают к выполнению заданий.

Задания могут выполняться участниками только на бланках (листах) ответов (Приложение 5), выданных организаторами.

За 30 минут и за 5 минут до времени окончания выполнения заданий организаторам необходимо сообщить участникам о времени, оставшемся до завершения выполнения заданий.

После окончания времени выполнения олимпиадных заданий все листы, используемые участниками в качестве черновиков, должны быть помечены словом «черновик». Черновики сдаются организаторам, членами жюри не проверяются, а также не подлежат кодированию.

Бланки (листы) ответов и черновики сдаются организаторам, которые после окончания выполнения работ всеми участниками передают их работы членам оргкомитета.

Кодирование работ осуществляется шифровальной комиссией после выполнения олимпиадных заданий всеми участниками олимпиады.

Работы участников олимпиады не подлежат декодированию до окончания проверки всех работ участников членами жюри.

Участники олимпиады, досрочно завершившие выполнение олимпиадных заданий, могут сдать их организаторам и покинуть место проведения соревновательного тура.

Участники олимпиады, досрочно завершившие выполнение олимпиадных заданий и покинувшие аудиторию, не имеют права вернуться для выполнения заданий или внесения исправлений в бланки (листы) ответов.

3. Порядок проверки олимпиадных работ

Состав жюри олимпиады формируется из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников ОО, аспирантов, ординаторов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по соответствующим общеобразовательным предметам, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в сфере, соответствующей общеобразовательному предмету олимпиады.

Число членов жюри школьного этапа олимпиады по каждому общеобразовательному предмету должно составлять не менее 5 человек.

Бланки (листы) ответов участников олимпиады не должны содержать никаких референций на ее автора (фамилия, имя, отчество) или каких-либо иных отличительных пометок, которые могли бы выделить работу среди других или идентифицировать ее исполнителя. В случае обнаружения вышеперечисленного олимпиадная работа участника олимпиады не проверяется. Результат участника олимпиады по данному туру аннулируется, участнику выставляется 0 баллов за данный тур, о чем составляется протокол представителем организатора.

Кодированные работы участников олимпиады передаются председателю жюри школьного этапа олимпиады.

Жюри осуществляют проверку выполненных олимпиадных работ участников в соответствии с предоставленными критериями и методикой оценивания выполненных олимпиадных заданий, разработанными МПМК или РПМК.

Проверку выполненных олимпиадных работ участников олимпиады рекомендуется проводить не менее чем двумя членами жюри.

Членам жюри олимпиады запрещается копировать и выносить выполненные олимпиадные работы участников из аудиторий, в которых они проверяются, комментировать процесс проверки выполненных олимпиадных работ, а также разглашать результаты проверки до публикации предварительных результатов олимпиады.

После проверки всех выполненных олимпиадных работ участников жюри составляет протокол результатов и передает бланки (листы) ответов в оргкомитет для их декодирования.

После проведения процедуры декодирования результаты участников (в виде рейтинговой таблицы) размещаются на информационном стенде ОО, а также на информационном ресурсе организатора в сети Интернет.

По итогам проверки выполненных олимпиадных работ участников олимпиады, а также проведения процедуры апелляции организатору направляется аналитический отчет о результатах выполнения олимпиадных заданий, подписанный председателем жюри.

После проведения процедуры апелляции жюри олимпиады вносятся изменения в рейтинговую таблицу результатов участников олимпиады.

Итоговый протокол подписывается председателем жюри и утверждается организатором олимпиады с последующим размещением его на информационном стенде площадки проведения, а также публикацией на информационном ресурсе организатора.

4. Порядок проведения процедуры анализа, показа и апелляции по результатам проверки заданий

Анализ олимпиадных заданий и их решений проходит в сроки, установленные оргкомитетом.

По решению организатора, анализ олимпиадных заданий и их решений может проводиться очно или с использованием информационно-коммуникационных технологий.

Анализ олимпиадных заданий и их решений осуществляют члены жюри школьного этапа олимпиады.

В ходе анализа олимпиадных заданий и их решений представители жюри подробно объясняют критерии оценивания каждого из заданий и дают общую оценку по итогам выполнения заданий.

После проведения анализа олимпиадных заданий и их решений в установленное организатором время жюри по запросу участников проводит показ выполненных ими олимпиадных работ.

Показ выполненных олимпиадных работ участников осуществляется в сроки, установленные оргкомитетом в соответствии с оргмоделью школьного этапа олимпиады.

Показ работы осуществляется лично участнику олимпиады, выполнившему данную работу. Перед показом участник предъявляет членам жюри и оргкомитета документ, удостоверяющий его личность (паспорт), либо свидетельство о рождении (для участников, не достигших 14-летнего возраста).

Каждый участник олимпиады вправе убедиться в том, что выполненная им олимпиадная работа проверена и оценена в соответствии с критериями и методикой оценивания выполненных олимпиадных работ.

Во время показа запрещено выносить работы участников, выполнять фото- и видеофиксацию работы, делать в ней какие-либо пометки.

Во время показа выполненных олимпиадных работ жюри не вправе изменять баллы, выставленные при проверке олимпиадных заданий.

Участник олимпиады вправе подать апелляцию о несогласии с выставленными баллами (далее – апелляция). Срок окончания подачи заявлений на апелляцию и время ее проведения устанавливается оргмоделью школьного этапа олимпиады.

Апелляция, по решению организатора, может проводиться как в очной форме, так и с использованием информационно-коммуникационных технологий. В случае проведения апелляции с использованием информационно-коммуникационных технологий организатор должен обеспечить все необходимые условия для качественного и объективного проведения данной процедуры.

Апелляция подается лично участником олимпиады в оргкомитет на имя председателя апелляционной комиссии в письменной форме по установленному организатором образцу. В случаях проведения апелляции с использованием информационно-коммуникационных технологий форму подачи заявления на апелляцию определяет оргкомитет.

При рассмотрении апелляции могут присутствовать общественные наблюдатели, сопровождающие лица, должностные лица Министерства просвещения Российской Федерации, Рособрнадзора, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих государственное управление в сфере образования, или органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации при предъявлении служебных удостоверений или документов, подтверждающих право участия в данной процедуре. Указанные лица не вправе принимать участие в рассмотрении апелляции. В случае нарушения указанного требования перечисленные лица удаляются апелляционной комиссией из аудитории с составлением акта об их удалении, который предоставляется организатору.

Рассмотрение апелляции проводится в присутствии участника олимпиады, если он в своем заявлении не просит рассмотреть ее без его участия.

Для проведения апелляции организатором олимпиады в соответствии с Порядком проведения ВсОШ создается апелляционная комиссия. Рекомендуемое количество членов комиссии – нечетное, но не менее 3-х человек.

Апелляционная комиссия до начала рассмотрения апелляции запрашивает у участника документ, удостоверяющий личность (паспорт), либо свидетельство о рождении (для участников, не достигших 14-летнего возраста).

Апелляционная комиссия не рассматривает апелляции по вопросам содержания и структуры олимпиадных заданий, критериев и методики оценивания их выполнения. Черновики при проведении апелляции не рассматриваются.

На заседании апелляционной комиссии рассматривается оценивание только тех заданий, которые указаны в заявлении участника.

Решения апелляционной комиссии принимаются простым большинством голосов.

В случае равенства голосов председатель комиссии имеет право решающего голоса.

Для рассмотрения апелляции членам апелляционной комиссии предоставляются либо копии, либо оригинал проверенной жюри работы участника олимпиады (в случае выполнения задания, предусматривающего устный ответ, – аудиозаписи устных ответов участников олимпиады), олимпиадные задания, критерии и методика их оценивания, предварительный протокол оценивания работ участников.

В случае неявки по уважительным причинам (болезни или иных обстоятельств), подтвержденных документально, участника, не просившего о

рассмотрении апелляции без его участия, рассмотрение апелляции по существу проводится без его участия.

В случае неявки на процедуру очного рассмотрения апелляции без объяснения причин участника, не просившего о рассмотрении апелляции без его участия, рассмотрение апелляции по существу не проводится.

Апелляционная комиссия может принять следующие решения:

- отклонить апелляцию, сохранив количество баллов;
- удовлетворить апелляцию с понижением количества баллов;
- удовлетворить апелляцию с повышением количества баллов.

Апелляционная комиссия по итогам проведения апелляции информирует участников олимпиады о принятом решении.

Решение апелляционной комиссии является окончательным.

Решения апелляционной комиссии оформляются протоколами по установленной организатором форме.

Протоколы апелляции передаются председателем апелляционной комиссии в оргкомитет.

5. Порядок подведения итогов олимпиады

На основании протоколов апелляционной комиссии председатель жюри вносит изменения в рейтинговую таблицу и определяет победителей и призеров школьного этапа олимпиады по общеобразовательному предмету.

В случае выявления организатором олимпиады при пересмотре индивидуальных результатов технических ошибок в протоколах жюри, допущенных при подсчете баллов за выполнение заданий, в итоговые результаты школьного этапа олимпиады должны быть внесены соответствующие изменения.

Организатор олимпиады в срок до 14 календарных дней с момента окончания проведения олимпиады должен утвердить итоговые результаты школьного этапа по каждому общеобразовательному предмету.

Итоговые результаты олимпиады организатор публикует на своем официальном ресурсе в сети Интернет.

II. Методические рекомендации центральной предметно-методической комиссии по организации и проведению школьного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

1. Введение

Олимпиада по астрономии проводится в целях выявления и развития у обучающихся творческих способностей и интереса к научной (научно-исследовательской) деятельности, пропаганды научных знаний.

Задачи олимпиады:

- выявление талантливых школьников в области астрономии и смежных наук;
- популяризация астрономических знаний среди школьников и молодежи, поднятие уровня астрономической грамотности.

Олимпиада проводится на территории Российской Федерации.

Рабочим языком проведения олимпиады является русский язык.

Участие в олимпиаде индивидуальное, олимпиадные задания выполняются участником самостоятельно, без помощи посторонних лиц.

Сроки окончания школьного этапа олимпиады – не позднее 1 ноября.

Школьный этап олимпиады проводится по заданиям, разработанным для 5–11 классов. Школьный этап проводится в один аудиторный тур. Участник школьного этапа олимпиады выполняет олимпиадные задания, разработанные для класса, программу которого он осваивает, или для более старших классов. В случае прохождения участников, выполнивших задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, программы которых они осваивают, на следующий этап олимпиады, указанные участники и на следующих этапах олимпиады выполняют олимпиадные задания, разработанные для класса, который они выбрали на предыдущем этапе олимпиады.

Методические рекомендации включают: методические подходы к составлению олимпиадных заданий школьного этапа олимпиады; принципы формирования комплектов олимпиадных заданий; необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий; перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады; критерии и методику оценивания выполненных олимпиадных заданий.

2. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий и методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады

2.1. Принципы формирования комплектов олимпиадных заданий

В комплект олимпиадных заданий школьного этапа олимпиады по каждой возрастной группе (классу) входят:

- бланк заданий;
- бланк ответов;
- критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий.

При составлении заданий, бланков ответов, критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий необходимо соблюдать единый стиль оформления. Рекомендуемые технические параметры оформления материалов:

- размер бумаги (формат листа) – А4;
- размер полей страниц: правое – 1 см, верхнее и нижнее – 2 мм, левое – 3 см;
- размер колонтитулов – 1,25 см;
- отступ первой строки абзаца – 1,25 см;
- размер межстрочного интервала – 1,5;
- размер шрифта – кегль не менее 12;
- тип шрифта – Times New Roman;
- выравнивание – по ширине;

- нумерация страниц: страницы должны быть пронумерованы арабскими цифрами в центре нижней части листа без точки с соблюдением сквозной нумерации ко всему документу;

- титульный лист должен быть включен в общую нумерацию страниц бланка ответов, номер страницы на титульном листе не ставится;

- рисунки и изображения должны быть хорошего разрешения (качества) и в цвете, если данное условие является принципиальным и необходимым для выполнения заданий;

- таблицы и схемы должны быть четко обозначены, сгруппированы и рационально размещены относительно параметров страницы.

При разработке бланков ответов необходимо учитывать следующее:

- первый лист бланка ответов – титульный. На титульном листе должна содержаться следующая информация: указание этапа олимпиады (школьный); текущий учебный год; поле, отведенное под код/шифр участника; строки для заполнения данных участником (Ф.И.О., класс, полное наименование образовательной организации);

- второй и последующие листы содержат поле, отведенное под код/шифр участника; указание номера задания; поле для выполнения задания участником (разлинованный лист, таблица, схема, рисунок и т.д.); максимальный балл, который может получить участник за его выполнение; поле для выставления фактически набранных баллов; поле для подписи членов жюри.

2.2. Методические подходы к составлению заданий школьного этапа олимпиады

На школьном этапе олимпиады участникам предлагаются комплекты заданий, разработанные муниципальной предметно-методической комиссией. Оптимальное количество заданий: 4–6. При тестовом формате заданий (эффективном при проведении этапа с использованием информационно-коммуникационных технологий) количество заданий может быть увеличено.

Участникам из каждой параллели должен быть предложен свой комплект заданий, при этом некоторые задания могут входить в комплекты нескольких возрастных параллелей (как в идентичной, так и в отличающейся формулировке). Комплекты заданий должны обладать тематической полнотой, то есть соответствовать различным вопросам тематической программы олимпиады (см. Приложение 2).

Задания должны иметь теоретический характер, то есть не требовать для решения использования каких-либо астрономических приборов и электронно-вычислительных средств, за исключением непрограммируемого калькулятора, и выполняться без выхода на улицу.

Комплект заданий должен содержать задания различной сложности. Большинство заданий школьного этапа должны представлять категорию 1 – наиболее простые задания, доступные большинству участников этапа. Решение этих заданий должны предусматривать однократное применение какого-либо астрономического или физического закона с его возможным применением к математическим вычислениям. Одно – два задания комплекта относятся к категории 2, в рамках которого фактически задаются несколько вопросов, нахождение последовательных ответов на которые приводит в конечном итоге к решению всего задания. Соотношение количества заданий категории 1 и 2 может изменяться в разных возрастных параллелях с учетом специфики конкретной ситуации и уровня подготовки участников.

В комплект олимпиадных заданий по каждой возрастной группе (классу) входит:

- бланк заданий;
- бланк решений и ответов;
- критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий.

Бланки ответов не должны содержать сведений, которые могут раскрыть содержание заданий.

Необходимые справочные сведения для решения задания (значения физических и астрономических постоянных, физические характеристики планет и т. п.), которые заведомо не являются общеизвестными, приводятся в тексте условия или, если это предусмотрено соответствующей предметно-методической комиссией, выносятся на листы со справочными данными, которые выдаются участникам олимпиады вместе с условиями заданий. Полный список справочных материалов (который может быть полностью или частично использован предметно-методическими комиссиями) содержится в Приложении 3.

2.3. Минимальный уровень требований к заданиям школьного этапа

Задания школьного этапа основываются на тематической программе, составленной центральной предметно-методической комиссией всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 2). В ней отражается список тем курса астрономии, которые могут быть отражены в заданиях того или иного класса обучения.

Уровень сложности заданий должен быть определен таким образом, чтобы участник смог выполнить их за время, отведенное организатором для данного этапа олимпиады.

Рекомендованная длительность школьного этапа 45 минут (8 класс и моложе), 1–1,5 часа (9 класс) и 1,5–2 часа (10–11 классы).

Задания школьного этапа олимпиады могут быть разработаны как отдельно для каждого класса (параллели), так и для возрастных групп, объединяющих несколько классов (параллелей), например:

а) первая возрастная группа – обучающиеся 5–6 классов общеобразовательных организаций;

б) вторая возрастная группа – обучающиеся 7–8 классов общеобразовательных организаций;

в) третья возрастная группа – обучающиеся 9 класса общеобразовательных организаций;

г) четвертая возрастная группа – обучающиеся 10 класса общеобразовательных организаций;

д) четвертая возрастная группа – обучающиеся 11 класса общеобразовательных организаций.

К олимпиадным заданиям предъявляются следующие общие требования:

– соответствие уровня сложности заданий заявленной возрастной группе;

– тематическое разнообразие заданий;

– корректность формулировок заданий;

– указание максимального балла за каждое задание и за тур в целом;

– соответствие заданий критериям и методике оценивания;

– наличие заданий, выявляющих склонность к научной деятельности и высокий уровень интеллектуального развития участников;

– наличие заданий, выявляющих склонность к получению специальности, для поступления на которую(-ые) могут быть потенциально востребованы результаты олимпиады;

– недопустимо наличие заданий, противоречащих правовым, этическим, эстетическим, религиозным нормам, демонстрирующих аморальные, противоправные модели поведения и т.п.;

– недопустимо наличие заданий, представленных в неизменном виде, дублирующих задания прошлых лет, в том числе для другого уровня образования.

При разработке критериев и методики выполненных олимпиадных заданий важно руководствоваться следующими требованиями:

– полнота (достаточная детализация) описания критериев и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий и начисления баллов;

– понятность, полноценность и однозначность приведенных критериев оценивания.

3. Необходимое материально-техническое обеспечение для выполнения олимпиадных заданий школьного этапа олимпиады

Для проведения всех мероприятий олимпиады необходима соответствующая материальная база, которая включает в себя элементы для проведения тура.

Школьный этап не предусматривает выполнение каких-либо практических и наблюдательных задач по астрономии, его проведение не требует специального оборудования (телескопов и других астрономических приборов), поэтому материальные требования для их проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима. Каждому участнику олимпиады должны быть предоставлены листы формата А4 для выполнения олимпиадных заданий. В случае проведения этапа с использованием информационно-коммуникационных технологий участникам должен быть предоставлен доступ к онлайн-платформе, на которой проводится этап.

Участники могут использовать свои письменные принадлежности (включая циркуль, транспортир, линейку и т. п.) и непрограммируемый инженерный калькулятор. В частности, калькуляторы, допустимые для использования на ЕГЭ, разрешаются для использования на любых этапах олимпиады. Рекомендуется иметь в аудитории несколько запасных ручек черного цвета.

4. Перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, разрешенных к использованию во время проведения олимпиады

При выполнении заданий школьного этапа олимпиады допускается использование только справочных материалов, предоставленных организаторами, предусмотренных в заданиях и критериях оценивания. Использование любых средств связи на олимпиаде категорически запрещается. Участники могут использовать собственные непрограммируемые калькуляторы.

5. Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий

Для проверки решений участников формируется жюри, состоящее из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников образовательных организаций, аспирантов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии и физике, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в области астрономии и физики. Численность жюри школьного этапа олимпиады составляет не менее 5 человек.

Для обеспечения объективной и единообразной проверки решение каждого задания должно проверяться одним и тем же членом жюри у всех участников в данной возрастной параллели, а при достаточном количестве членов жюри – независимо двумя членами жюри с последующей коррекцией существенного различия в их оценках одной и той же работы.

Решение каждого задания оценивается в соответствии с рекомендациями, разработанными предметно-методической комиссией. Альтернативные способы решения, не учтенные составителями заданий, также оцениваются в полной мере при условии их корректности. Во многих заданиях этапы решения можно выполнять в произвольном порядке; это не влияет на оценку за выполнение каждого этапа и за задание в целом.

При частичном выполнении задания оценка зависит от степени и правильности выполнения каждого этапа решения, при этом частичное выполнение этапа оценивается пропорциональной частью баллов за этот этап. При проверке решения необходимо отмечать степень выполнения его этапов и выставленные за каждый этап количества баллов.

Если тот или иной этап решения можно выполнить отдельно от остальных, он оценивается независимо. Если ошибка, сделанная на предыдущих этапах, не нарушает логику выполнения последующего и не приво-

дит к абсурдным результатам, то последующий этап при условии правильного выполнения оценивается полностью.

Жюри не учитывает решения или части решений заданий, изложенные в черновике, даже при наличии ссылки на черновик в чистовом решении. Об этом необходимо отдельно предупредить участников перед началом олимпиады.

Жюри должно придерживаться принципа соразмерности: так, если в решении допущена грубая астрономическая или физическая ошибка с абсурдным выводом (например, скорость больше скорости света, масса звезды, существенно меньшая реальной массы Земли и т. д.), все решение оценивается в 0 баллов, тогда как незначительная математическая ошибка должна снижать итоговую оценку не более, чем на 2 балла.

Система и методика оценивания олимпиадных заданий должна позволять объективно выявить реальный уровень подготовки участников олимпиады.

С учетом этого при разработке методики оценивания олимпиадных заданий предметно-методическим комиссиям рекомендуется:

- по всем заданиям начисление баллов производить целыми, а не дробными числами;

- размер максимальных баллов за задания установить одинаковым, либо меняющимся в зависимости от уровня сложности задания, за задания одного уровня сложности начислять одинаковый максимальный балл;

Ниже представлена примерная схема оценивания решений по 8-балльной системе:

0 баллов: решение отсутствует, либо абсолютно некорректно, либо в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл: правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;

1–2 балла: попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла: правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов: задание частично решено;

5–7 баллов: задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

В тестовых заданиях, эффективных при проведении олимпиады с использованием информационно-коммуникационных технологий, оценка определяется формально на основе ответа участника по алгоритму, задаваемому для каждого задания.

Оценка выполнения участником любого задания не может быть отрицательной. Минимальная оценка, выставляемая за выполнение отдельно взятого задания, – 0 баллов.

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путем сложения суммы баллов, набранных участником за выполнение заданий с последующим приведением к 100-балльной системе (максимальная оценка по итогам выполнения заданий 100 баллов, например, оценка за этап не более 50 баллов, тогда оценка умножается на 2, $50 \times 2 = 100$). В случае дробного итогового результата он округляется до сотых.

Приложение 2
Методическая программа
всероссийской олимпиады школьников по астрономии⁴

Общие принципы составления программы

Методическая программа, определяющая темы курса астрономии, которые могут быть затронуты в заданиях того или иного этапа олимпиады в той или иной возрастной параллели, была переработана центральной предметно-методической комиссией в 2019 году и вступила в действие с 2019/20 учебного года.

Основным принципом построения программы является последовательное и непрерывное прохождение школьником ее разделов в рамках подготовки, вне зависимости от его результатов на всероссийской олимпиаде в том или ином учебном году. Каждый переход к последующему этапу предусматривает глубокое освоение одного или двух новых разделов, выстроенных в соответствии с логикой изучения курса астрономии на трех циклах – начальном, базовом и углубленном, с минимизацией частоты смены тем. Таким образом, подготовка будет наилучшим образом способствовать не только практике решений олимпиадных заданий, но и общему астрономическому образованию школьника.

Имея непрерывную структуру прохождения разделов и уровней, естественную для изучения предмета, программа характеризуется «диагональным» соответствием с определенными этапами всероссийской олимпиады школьников, описанным в следующем разделе. В связи с этим на ранних этапах олимпиады не встречаются трудные вопросы поздних этапов олимпиады предыдущих лет обучения. При переходе обучающегося в следующий класс вопросы смещаются в раннюю сторону на один этап.

⁴Данная программа была разработана и утверждена Центральной предметно-методической комиссией всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2019 году [3; 4].

Определенные вопросы данного перечня требуют углубленной подготовки по физике и математике. В этом случае соответствующие аспекты смежных дисциплин указываются в конце раздела.

В комплект заданий, предлагаемых участникам на том или ином этапе, могут входить как задания текущего уровня, соответствующие указанным разделам программы, так и связанные с ранее изученными разделами. Возможно также включение заданий, охватывающих несколько таких тем.

Таблица. Уровни (римские цифры) и разделы (арабские цифры) тематического списка вопросов, соответствующие разным этапам всероссийской олимпиады школьников в разных возрастных параллелях

<i>Этапы олимпиады</i>	<i>Школьный</i>	<i>Муниципальный</i>	<i>Региональный</i>	<i>Заключительный</i>
5-6 класс	I (1, 2)			
7 класс	II (3)	III (4)		
8 класс	III (4)	IV (5)		
9 класс	IV (5)	V (6, 7)	VI (8, 9)	VII (10, 11)
10 класс	V (6, 7)	VI (8, 9)	VII (10, 11)	VIII (12), IX (13)
11 класс	VI (8, 9)	VII (10, 11)	VIII (12)	X (14, 15)

Обоснование распределения

Приведенная «диагональная» структура распределения позволяет сохранить последовательность освещения тем участником вне зависимости от результатов его выступления на олимпиаде в том или ином учебном году. Это важно для прохождения всех этапов, в том числе заключительного. На региональном и заключительном этапах рассматриваются темы не ниже базового цикла, при этом задания, связанные с темами углубленного цикла

(разделы 13-15), приводятся только на заключительном этапе в 10 и 11 классах.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ СПИСОК ВОПРОСОВ

УРОВЕНЬ I (5–6 классы, школьный этап)

Раздел 1. Классическая астрономия (начальный цикл)

§ 1.1. Звездное небо

Объекты, наблюдаемые на дневном и ночном небе: Солнце, Луна, звезды, планеты, искусственные спутники Земли, метеоры, кометы, Млечный путь, туманности, галактики. Созвездия, наиболее яркие звезды и характерные объекты неба Земли, характерные условия их видимости в России и других странах мира. Ориентирование по Полярной звезде. Некоторые яркие звезды и другие объекты, видимые из Северного и Южного полушария Земли.

§ 1.2. Земля, ее свойства и движение

Три базовых факта о Земле: шарообразная форма, вращение вокруг своей оси и вокруг Солнца. Форма и размеры Земли. Смена времен года, равноденствия и солнцестояния. Основные единицы времени: солнечные сутки и тропический год. Видимый путь Солнца по небу, зодиакальные созвездия.

§ 1.3. Луна, ее свойства и движение

Движение Луны вокруг Земли и осевое вращение Луны. Смена фаз Луны. Синодический месяц. Основные типы солнечных и лунных затмений, условия их наступления.

Раздел 2. Строение Вселенной (начальный цикл)

§ 2.1. Солнце и планеты

Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы мира. Строение Солнечной системы: Солнце; планеты и их спутники; карликовые планеты; астероиды, кометы и другие малые тела. Астрономическая единица. Расстояние от Солнца, строение и (качественно) физические характеристики

планет. Наблюдение планет, их видимое отличие от звезд. Крупнейшие спутники планет. Искусственные объекты космоса: спутники, зонды, автоматические межпланетные станции. Исследование ближнего космоса.

§ 2.2. Звезды и расстояния до них

Характерные расстояния до ближайших звезд в сравнении с масштабами Солнечной системы, принципы измерения расстояния. Скорость света, световой год, его связь с астрономической единицей. Характеристики звезд: масса, радиус, температура. Представление о двойных звездах и экзопланетах. Звездные скопления, их основные свойства.

§ 2.3. Объекты далекого космоса

Каталог Мессье, его самые известные объекты. Туманности. Галактики, их основные свойства и типы. Представление о расстояниях до галактик и масштабах Вселенной.

Смежные вопросы физики

Понятия массы и плотности. Объем и плотность шарообразного тела. Прямолинейное распространение света, понятие о преломлении света.

УРОВЕНЬ II (7 класс, школьный этап)

Раздел 3. Небесная сфера (начальный цикл, часть 1)

§ 3.1. Географические координаты

Градусная и часовая мера угла. Широта и долгота на поверхности Земли. Полюса, экватор, параллели и меридианы. Географическое положение континентов и крупнейших стран мира (качественно). Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Длина окружности экватора, меридиана.

§ 3.2. Горизонтальные координаты на небесной сфере

Понятие небесной сферы. Основные точки на небесной сфере: зенит, надир, полюсы мира. Стороны горизонта, небесный меридиан. Изменение вида звездного неба в течение суток и в течение года. Подвижная карта

звездного неба. Суточное движение небесных светил, восход, заход, кульминация. Высота и астрономический азимут светила. Полнос мира, его высота над горизонтом. Истинный и математический горизонт. Представление об атмосферной рефракции, ее величина у горизонта.

Смежные вопросы математики

Градусная и часовая мера угла. Понятие сферы, большие и малые круги. Формула для длины окружности. Теорема о равенстве углов со взаимно перпендикулярными сторонами.

УРОВЕНЬ III (7 класс, муниципальный этап; 8 класс, школьный этап)

Раздел 4. Небесная сфера (начальный цикл, часть 2)

§ 4.1. Угловые измерения на небе

Угловые расстояния между небесными объектами. Угловые размеры объекта, их связь с линейными размерами (при известном расстоянии, малые углы).

§ 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний

Определение радиуса Земли из астрономических наблюдений. Зависимость расстояния до видимого горизонта и его положения от высоты наблюдения на Земле. Общее понятие параллакса. Геометрический метод определения расстояния до астрономических объектов. Горизонтальный и годичный параллакс. Парсек, его связь с астрономической единицей и световым годом. Характерные значения суточного параллакса близких объектов (Солнца, Луны, искусственных спутников Земли) и годичного параллакса ближайших звезд. Влияние суточного параллакса близких светил на их высоту над горизонтом.

§ 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере

Большие и малые круги небесной сферы, принципы построения систем сферических координат. Склонение и часовой угол. Высоты светил в

верхней и нижней кульминации для любой точки Земли, незаходящие и невосходящие светила. Угол между линиями небесного экватора и горизонтом в точке их пересечения в зависимости от широты места. Выражения для углового расстояния между двумя точками неба для элементарных случаев (близкие точки, точки на горизонте или экваторе, на одном азимуте, меридиане или круге склонения). Стереографическая проекция.

§ 4.4. Экваториальные координаты и время

Прямое восхождение светила и звездное время. Соотношение звездных и солнечных суток. Местное солнечное время. Всемирное время, поясное и декретное время. Часовые пояса и зоны, гражданское (административное) время, линия перемены дат. Сезонный перевод часов. Юлианские дни.

§ 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты

Эклиптика, ее положение в экваториальной системе координат. Полюса эклиптики, их положение на небе. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе. Тропики и полярные круги на Земле. Изменение склонения Солнца в течение года, полярный день, полярная ночь. Климатические и астрономические пояса Земли. Гелиоцентрическая система координат в Солнечной системе.

§ 4.6. Основы летоисчисления и измерения времени

Календарные год, месяц и сутки, их соотношение с тропическим годом, синодическим месяцем и солнечными сутками. Системы различных календарей. Високосный год, юлианский и григорианский календарь. Солнечные часы.

Смежные вопросы математики

Радианная и часовая мера угла. Угловой размер тела. Прямоугольный треугольник. Теорема Пифагора. Элементы тригонометрии. Стандартная запись числа. Математические операции со степенями. Пользование непрограммируемым инженерным калькулятором.

УРОВЕНЬ IV (8 класс, муниципальный этап; 9 класс, школьный этап)

Раздел 5. Кинематика Солнечной системы (начальный цикл)

§ 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит)

Упрощенная запись III закона Кеплера для круговой орбиты (как эмпирический факт). Угловая и линейная скорость планеты относительно Солнца. Синодический и сидерический период планеты. Внутренние и внешние планеты. Конфигурации и условия видимости планет.

§ 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит)

Движение карликовых и малых планет (в предположение круговой орбиты). Представление о движении комет и метеорных потоках. Внешние области Солнечной системы. Пояс Койпера, облако Оорта.

§ 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит)

Синодический и сидерический периоды Луны, их связь. Солнечные и лунные затмения. Величина фазы, продолжительность, стадии затмения. Характерные расстояния и периоды обращения спутников планет. Определение скорости света на основе анализа движения спутников планет.

Смежные вопросы математики

Подобие треугольников. Возведение в степень, квадратные и кубические корни.

Смежные вопросы физики

Понятие периода движения по окружности, угловой скорости равномерного кругового движения. Прямолинейное распространение света.

УРОВЕНЬ V (9 класс, муниципальный этап; 10 класс, школьный этап)

Раздел 6. Небесная механика (начальный цикл)

§ 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите

Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения и сила тяжести на различных небесных телах. Круговая (первая космическая) и угловая скорость. Вес и невесомость. Связь атмосферного давления на поверхности планеты и силы тяжести, оценка массы атмосферы.

§ 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит)

Период обращения, выражение III закона Кеплера в обобщенной формулировке для круговых орбит. Линейная скорость планеты относительно Земли. Петлеобразное движение планет, геоцентрическая угловая скорость планеты на небе в момент основных конфигураций.

§ 6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет

Приливы, их периодичность. Искусственные спутники Земли на низких орбитах, их видимое движение на небе. Торможение спутников в атмосферах планет. Геостационарные спутники.

Смежные вопросы математики

Сложение и вычитание векторов.

Смежные вопросы физики

Закон всемирного тяготения, законы Ньютона. Сила тяжести, вес тела. Величина ускорения свободного падения, центростремительного ускорения. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Законы Ньютона. Первая космическая (круговая) скорость.

Раздел 7. Астрономическая оптика (начальный цикл)

§ 7.1. Схемы и принципы работы телескопов

Линзы и зеркала, простейшие оптические схемы телескопов - рефракторов и рефлекторов. Построение изображений, фокусное расстояние. Угловое увеличение, масштаб изображения, разрешающая способность телескопа. Выходной зрачок, равнозрачковое увеличение. Представление об ограничении разрешающей способности телескопа (качественно), атмосферное ограничение разрешающей способности. Вид различных небесных объектов в телескоп. Представление о приемниках излучения (глаз, ПЗС-матрица и т. д.). Некоторые виды монтировок (альт-азимутальная, экваториальная).

Смежные вопросы физики

Законы геометрической оптики. Отражение и преломление света на границе двух сред. Плоские и сферические зеркала, линзы. Построение изображений.

УРОВЕНЬ VI (9 класс, региональный этап; 10 класс, муниципальный этап; 11 класс, школьный этап)

Раздел 8. Звездная астрономия (базовый цикл)

§ 8.1. Энергия излучения

Понятия мощности излучения (светимости), энергетического потока излучения, плотности потока излучения, освещенности, яркости. Убывание плотности потока излучения обратно пропорционально квадрату расстояния (без учета поглощения).

§ 8.2. Шкала звездных величин

Видимая звездная величина. Формула Погсона. Видимые звездные величины наиболее ярких звезд и планет. Поверхностная яркость, ее независимость от расстояния, звездная величина фона ночного неба.

§ 8.3. Зависимость звездной величины от расстояния

Зависимость звездной величины от расстояния до объекта в отсутствие поглощения. Модуль расстояния. Изменение видимой яркости планет при их движении вокруг Солнца (без учета фазы, случай круговых орбит). Абсолютная звездная величина звезды, абсолютная звездная величина тел Солнечной системы.

§ 8.4. Электромагнитные волны

Длина волны, период и частота, скорость распространения в вакууме и в среде, показатель преломления. Диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и цвета. Прозрачность земной атмосферы для различных диапазонов электромагнитных волн.

§ 8.5. Излучение абсолютно черного тела

Закон Стефана–Больцмана. Эффективная температура и радиус звезды. Светимость звезды и освещенность от нее, связь с абсолютной и видимой звездной величиной.

§ 8.6. Солнце

Строение и химический состав. Поверхность Солнца, пятна, их температура и время жизни. Циклы солнечной активности. Вращение Солнца. Солнечная постоянная.

§ 8.7. Движение звезд

Эффект Доплера. Лучевая и трансверсальная скорость звезды. Собственное движение и параллакс звезды.

§ 8.8. Двойные и затменные переменные звезды

Движение двух тел сопоставимой массы для случая круговых орбит. Центр масс. Обобщенный III закон Кеплера для кругового движения. Затменные переменные звезды, главный и вторичный минимум, их глубина и длительность.

§ 8.9. Планеты и экзопланеты

Сферическое и геометрическое альbedo. Зона обитаемости. Качественное понятие о парниковом эффекте. Движение экзопланет вокруг звезд для случая круговых орбит. Транзиты экзопланет, их временные и фотометрические свойства, условия наблюдения.

§ 8.10. Звездные скопления

Характеристики и наблюдаемые свойства рассеянных и шаровых звездных скоплений и входящих в них звезд. Расположение скоплений на небе. Метод группового параллакса определения расстояний до скоплений.

§ 8.11. Основы галактической астрономии

Представление о строении нашей Галактики. Движение Солнца в Галактике.

Смежные вопросы математики

Логарифмическое исчисление. Площадь поверхности сферы. Телесный угол. Приближенные вычисления. Правила округления, число значащих цифр. Степенная запись и приближенные вычисления с большими и малыми числами. Анализ графиков.

Смежные вопросы физики

Общее понятие энергии, мощности, потока энергии, плотности потока энергии, яркости, освещенности. Понятие об электромагнитных волнах, длина волны, период и частота, скорость распространения, диапазоны электромагнитных волн. Понятие об абсолютно черном теле. Виды теплопередачи. Эффект Доплера. Понятие центра масс.

Раздел 9. Астрономическая оптика (базовый цикл)

§ 9.1. Ограничение разрешающей способности телескопа

Понятие о дифракции. Дифракционное ограничение разрешающей способности телескопа.

§ 9.2. Светосила и проникающая способность телескопа

Относительное отверстие телескопа, его проникающая способность. Видимый блеск точечных и протяженных источников при наблюдении в телескоп. Представление об ограничениях на проникающую способность телескопа (фон ночного неба).

§ 9.3. Основные приемники излучения

Свойства и строение человеческого глаза. Дневное и ночное зрение. Равнозрачковое увеличение телескопа. Фотоаппараты. Диафрагма, время экспозиции. ПЗС-матрицы, строение и принципы работы. Отношение сигнал/шум. Аберрации оптики. Виньетирование, глубина резкости.

Смежные вопросы физики

Понятие об интерференции и дифракции. Пределы применимости геометрической оптики. Понятие о дифракции света. Свойства и строение человеческого глаза. Аберрации оптики.

УРОВЕНЬ VII (9 класс, заключительный этап; 10 класс, региональный этап; 11 класс, муниципальный этап)

Раздел 10. Небесная механика (базовый цикл)

§ 10.1. Законы Кеплера, движение по эллипсу

Эллипс, его характеристики – большая и малая оси, эксцентриситет. Три закона Кеплера для случая большой центральной массы. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Импульс и момент импульса. Перицентр и апоцентр, скорость движения в этих точках. Параболическая (вторая космическая) скорость. Эксцентриситет и скорости в периферии параболы и гиперболы.

§ 10.2. Небесная механика в Солнечной системе

Характеристики орбит планет, карликовых планет и астероидов. Кометы, их движение в Солнечной системе. Геоцентрическая и гелиоцентрическая скорость. Метеорные потоки, радианты. Межпланетные перелеты по

траектории Цандера–Гомана. Великие противостояния Марса. Фаза произвольного освещенного шара, равенство линейной и площадной фазы. Изменение видимой яркости планет и комет по ходу их движения для случая эллиптических орбит с учетом фазы. Движение спутников планет. Третья космическая скорость, гравитационная связанность системы.

§ 10.3. Система Солнце – Земля – Луна

Характеристики орбиты Луны, перигей и апогей. Солнечные и лунные затмения для случая произвольных расстояний до Солнца и Луны. Кольцеобразно-полные затмения Солнца. Покрытия Луной звезд и планет, условия их наблюдений. Либрации Луны.

§ 10.4. Задача двух тел и звездная динамика

Распространение законов Кеплера на случай произвольных масс. Обобщенный III закон Кеплера для эллиптического движения. Приведенная масса. Доплеровский метод открытия и анализа двойных систем и экзопланет. Элементы орбит двойных звезд и экзопланет (элементарные случаи). Восстановление характеристик орбит двойных звезд из наблюдений (элементарные случаи). Движение звезд в поле центрально-симметричных масс (звездных скоплений, центров галактик).

Смежные вопросы математики

Эллипс, связь различных характеристик эллипса. Площадь эллипса. Понятие о параболе и гиперболе. Теоремы синусов и косинусов. Сложение и вычитание векторов. Формулы приближенного вычисления для малых параметров.

Смежные вопросы физики

Импульс, момент инерции, момент импульса. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса для случая точечных масс. Космические скорости. Движение в поле сферически-симметричной массы.

Раздел 11. Небесная сфера (базовый цикл)

§ 11.1. Уравнение времени

Истинное и среднее Солнце. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени, его характерные значения на протяжении года. Ана-
лемма.

§ 11.2. Аберрация света и поправки к координатам светил

Топоцентрические и геоцентрические координаты. Изменение видимых положений светил вследствие движения Земли. Параллактический и аберрационный эллипсы звезд на разных эклиптических широтах. Поправки к гелиоцентрическим координатам и лучевым скоростям звезд.

§ 11.3. Прецессия оси вращения Земли

Предварение равноденствий, звездный (сидерический) и тропический год, их соотношение. Изменение экваториальных и эклиптических координат звезд вследствие прецессии. Нутация (качественно).

Смежные вопросы математики

Работа с графиками и таблицами. Линейная аппроксимация, определение коэффициентов линейной зависимости. Оценка погрешностей прямых и косвенных измерений. Понятие о среднеквадратическом отклонении.

Смежные вопросы физики

Момент силы, момент импульса, импульс момента силы. Основное уравнение динамики вращательного движения.

УРОВЕНЬ VIII (10 класс, заключительный этап; 11 класс, региональный этап)

Раздел 12. Элементы астрофизики (базовый уровень)

§ 12.1. Квантовая природа света

Квантово-механическая модель атома. Понятие об энергетических уровнях электронов. Квантовые и волновые свойства света. Фотоны, фото-

эффект. Энергия и импульс квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Эффект Пойнтинга–Робертсона.

§ 12.2. Основы спектрального анализа

Спектр излучения. Понятие спектральной линии излучения и поглощения, линейчатый и непрерывный спектр. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Виды задания спектра (как функции частоты или длины волны).

§ 12.3. Спектр излучения звезд

Характерный вид спектра излучения абсолютно черного тела. Закон смещения Вина. Фотометрические системы UBVRI, показатели цвета. Цветовая температура. Боллометрическая звездная величина, боллометрическая поправка. Потемнение дисков звезд к краю.

§ 12.4. Классификация звезд

Спектральные классы звезд, их связь с эффективной температурой. Классы светимости звезд (сверхгиганты, гиганты, карлики). Диаграммы «спектр-светимость» и «цвет-светимость» (Герцшпрунга–Рассела), главная последовательность. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

§ 12.5. Ядерная физика и механизмы энерговыделения звезд

Динамическая, тепловая и ядерная шкалы, их характерные времена. Связь массы и энергии покоя. Дефект массы, энергия связи и зависимость удельной энергии связи от числа нуклонов. Синтез и распад, выделение энергии (качественно). Законы сохранения заряда и энергии в ядерных реакциях. Свойства элементарных частиц. Условия протекания термоядерных реакций в недрах звезд, протон-протонный цикл. Нейтрино.

§ 12.6. Эволюция нормальных звезд

Звездообразование, его области в Галактике. Масса Джинса. Типы звездного населения в галактиках. Стадия главной последовательности. Стадия красного гиганта, синтез тяжелых элементов в ядре. Равновесие и

перенос энергии в звездах. Эволюционные треки маломассивных и массивных звезд на диаграмме Герцшпрунга–Рассела, вид этой диаграммы для звездных скоплений, определение их возраста по положению «точки поворота». Звездные ассоциации.

§ 12.7. Пульсирующие переменные звезды

Цефеиды, их характеристики. Зависимость «период-светимость», определение расстояний. Представление о полосе неустойчивости на диаграмме Герцшпрунга–Рассела. Звезды типа RR Лиры, долгопериодические переменные звезды.

§ 12.8. Поздние стадии эволюции звезд

Белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Пределы Чандрасекара, Оппенгеймера–Волкова. Гравитационный радиус. Новые звезды. Сверхновые звезды, их классификация и основные свойства. Планетарные туманности и остатки вспышек сверхновых. Пульсары.

§ 12.9. Межзвездная среда

Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Пылевые облака. Области H I и H II. Молекулярные облака. Линия 21 см. Газовые и диффузные туманности.

§ 12.10. Галактики и основы космологии

Классификация и наблюдательные свойства галактик. Местная группа галактик. Типы звездного населения. Сверхмассивные черные дыры в галактиках, активные ядра галактик, квазары. Закон Хаббла, красное смещение.

Смежные вопросы математики

Производная функции. Исследование функций на основе производной, геометрический смысл производной.

Смежные вопросы физики

Квантовые и волновые свойства света. Фотоны. Энергия и импульс фотонов. Внешний фотоэффект. Давление света. Квантово-механическая

модель атома. Постулаты Бора. Стационарные состояния атома. Понятие об энергетических уровнях электронов в атоме. Виды спектров. Спектральный анализ. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Связь массы и энергии. Дефект массы, энергия связи и удельная энергия связи. Законы сохранения в ядерной физике. Синтез и распад ядер. Термоядерные реакции. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон, нейтрино). Свойства идеального газа. Понятие о температуре, давлении газа, концентрации частиц.

УРОВЕНЬ IX (10 класс, заключительный этап)

Раздел 13. Небесная сфера (углубленный уровень)

§ 13.1. Суточные пути светил (общий случай)

Основы сферической тригонометрии. Параллактический треугольник. Преобразования горизонтальных, экваториальных и эклиптических координат. Вычисление углового расстояния между точками небесной сферы для произвольного случая. Азимуты и часовые углы восхода и захода светил для произвольного склонения и широты.

§ 13.2. Система Солнце–Земля–Луна (общий случай)

Вращение линии узлов и линии апсид лунной орбиты, тропический, аномалистический и драконический месяцы. Наклон лунной орбиты к эклипике, условия для наступления солнечных и лунных затмений различных типов. Циклы затмений, сарос. Серии покрытий Луной звезд и планет. Предельная эклиптическая широта и расстояние от узла для наступления затмений различных типов, покрытия звезды или планеты.

§ 13.3. Движение близких тел в небе Земли (общий случай)

Видимый путь Луны и искусственных спутников в небе Земли. Триангуляция близких объектов (спутников, метеоров). Учет несферичности Земли. Основы современных систем спутниковой навигации.

§ 13.4. Галактическая система координат

Основные точки и большие круги, преобразования в другие системы небесных координат. Положение центра Галактики и галактических полюсов в небе Земли. Характерные положения различных типов небесных объектов в галактической системе координат.

Смежные вопросы математики

Основы сферической тригонометрии, сферические теоремы синусов и косинусов. Площадь шарового слоя, участка сферы. Линейная аппроксимация, определение ее коэффициентов.

УРОВЕНЬ X (11 класс, заключительный этап)

Раздел 14. Небесная механика (углубленный цикл)

§ 14.1. Элементы орбит

Пространственное положение орбиты, кеплеровы элементы, основные точки и направления. Элементы параболической и гиперболической орбиты. Эксцентриситет, прицельный параметр и угол между асимптотами гиперболы. Орбиты двойных звезд и экзопланет в проекции на небесную сферу (общий случай).

§ 14.2. Движение в поле тяжести двух и более тел

Точки Лагранжа. Приливное ускорение. Сфера Хилла, полость Роша. Представление об устойчивости систем. Изменение орбит малых планет и комет при сближении с большими планетами, активные и пассивные гравитационные маневры. Высота приливов (элементарная теория). Приливное разрушение спутников (элементарная теория). Приливное трение (качественное представление).

§ 14.3. Движение систем с переменной массой и энергией

Уравнения Циолковского и Мещерского. Теорема о вириале для гравитационно-связанных систем. Движение спутников в атмосферах планет,

движение тел около звезд с сильным звездным ветром. Эволюция тесных двойных систем. Понятие о гравитационных волнах.

Смежные вопросы математики

Парабола и гипербола, их геометрические свойства и характеристики. Понятие производной функции, ее геометрический и физический смысл.

Раздел 15. Астрофизика и космология (углубленный цикл)

§ 15.1. Формула Планка

Спектральная мощность излучения единицы поверхности. Формула Планка, приближения Релея–Джинса и Вина, область их применимости. Яркостная температура. Закон Кирхгофа.

§ 15.2. Гидростатическое равновесие звезд

Взаимодействие излучения с зарядами. Гидростатическое равновесие звезд, предел светимости Эддингтона.

§ 15.3. Основы спектроскопии

Интерференция и дифракция. Дисперсия света, спектральные приборы (призма, дифракционная решетка). Спектральное разрешение. Спектры различных астрономических объектов. Влияние температуры среды на ширину спектральной линии.

§ 15.4. Перенос излучения в среде

Преломление света и атмосферная рефракция для произвольного положения объекта. Спектральная зависимость преломления, «зеленый луч». Влияние преломления на яркостные характеристики объектов. Оптическая толщина. Поглощение и рассеяние света в атмосферах Земли и планет, закон Бугера. Отражение света различными поверхностями, закон Ламберта. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны. Избыток цвета, трехцветные диаграммы, звездная величина объекта на заданном расстоянии при наличии поглощения. Метод фотометрического параллакса определения расстояний до звезд.

§ 15.5. Всеволновая астрономия

Приемники излучения в гамма-, рентгеновской, ультрафиолетовой, инфракрасной и радиоастрономии. Янский. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

§ 15.6. Физика атмосфер планет

Тепловой баланс планет и парниковый эффект. Озоновый слой в атмосфере Земли, его оптические свойства. Серебристые облака. Строение атмосфер планет Солнечной системы, представления об атмосферах экзопланет.

§ 15.7. Магнетизм во Вселенной

Дипольное магнитное поле. Магнитное поле токового слоя. Магнитное давление. Магнитосферы небесных тел. Энергия магнитного поля и его переход в другие формы энергии.

§ 15.8. Галактика и галактики

Строение и морфология галактик различных типов. Кривые вращения, темная материя. Функции светимости звезд, начальная функция масс, отношение «масса/светимость». Соотношения Талли–Фишера и Фабе–Джексона.

§ 15.9. Основы теории относительности

Принцип относительности, принцип инвариантности скорости света. Преобразования Лоренца, релятивистское сложение скоростей. Сокращение длины и замедление времени. Эффект «светового эхо». Релятивистский эффект Доплера. Гравитационное красное смещение (в слабых полях). Представление о гравитационном линзировании.

§ 15.10. Космология

Крупномасштабная структура Вселенной. Прошлое и будущее Вселенной. Расширение Вселенной. Масштабный фактор. Модель однородной изотропной Вселенной. Уравнение Фридмана (качественное понимание), эволюция масштабного фактора в рамках ньютоновской физики. Критиче-

ская плотность Вселенной. Барионное вещество, темная материя и темная энергия. Реликтовое излучение, его свойства.

Смежные вопросы математики

Интегрирование простейших функций и его геометрический смысл. Приложение дифференциальных уравнений в задачах по физике и астрономии.

Смежные вопросы физики

Волновые свойства света. Понятие об интерференции, дифракции, дисперсии света. Магнитное поле. Магнитная индукция. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Основы специальной теории относительности. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистское сокращение длины и замедление времени.

Приложение 3

Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде по астрономии⁵

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

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

Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана–Больцмана $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Элементарный заряд $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

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

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

Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $697\,000 \text{ км}$

Масса $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звездная величина $-26,78^{\text{m}}$

Абсолютная болометрическая звездная величина $+4,72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0,67^{\text{m}}$

Эффективная температура 5800К

Средний горизонтальный параллакс $8,794''$

⁵Приведенная справочная информация разрешена центральной предметно-методической комиссией к использованию участниками на всех этапах всероссийской олимпиады школьников по астрономии и подлежит к выдаче вместе с условиями задач [3]. На школьном этапе по решению муниципальных предметно-методических комиссий эти справочные данные могут выдаваться в частичном объеме, необходимом для решения тех задач, которые входят в комплект школьного этапа олимпиады.

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2
Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты $0,0167$
Тропический год $365,24219$ суток
Средняя орбитальная скорость $29,8 \text{ км/с}$
Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26' 21,45''$
Экваториальный радиус $6378,14 \text{ км}$
Полярный радиус $6356,77 \text{ км}$
Масса $5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Средняя плотность $5,52 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
Объемный состав атмосферы: N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%)

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Эксцентриситет орбиты $0,055$
Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$
Сидерический (звездный) период обращения $27,321662$ суток
Синодический период обращения $29,530589$ суток
Радиус 1738 км
Период прецессии узлов орбиты $18,6$ лет
Масса $7,348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ или $1/81,3$ массы Земли
Средняя плотность $3,34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
Визуальное геометрическое альbedo $0,12$
Видимая звездная величина в полнолуние $-12,7^m$
Видимая звездная величина в первой/последней четверти $-10,5^m$

Таблица 1

Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность г·см ⁻³	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты градусы	Гео- метр. аль- беда	Види- мая звезд- ная вели- чина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1,989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109,3	1,41	25,380 сут	7,25	–	–26,8
Меркурий	$3,302 \cdot 10^{23}$	0,05271	2439,7	0,3825	5,42	58,646 сут	0,00	0,10	–0,1
Венера	$4,869 \cdot 10^{24}$	0,81476	6051,8	0,9488	5,20	243,019 сут**	177,36	0,65	–4,4
Земля	$5,974 \cdot 10^{24}$	1,00000	6378,1	1,0000	5,52	23,934 час	23,45	0,37	–
Марс	$6,419 \cdot 10^{23}$	0,10745	3397,2	0,5326	3,93	24,623 час	25,19	0,15	–2,0
Юпитер	$1,899 \cdot 10^{27}$	317,94	71492	11,209	1,33	9,924 час	3,13	0,52	–2,7
Сатурн	$5,685 \cdot 10^{26}$	95,181	60268	9,4494	0,69	10,656 час	26,73	0,47	0,4
Уран	$8,683 \cdot 10^{25}$	14,535	25559	4,0073	1,32	17,24 час*	97,86	0,51	5,7
Нептун	$1,024 \cdot 10^{26}$	17,135	24746	3,8799	1,64	16,11 час	28,31	0,41	7,8

* для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет;

** обратное вращение.

Таблица 2

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцент- риситет	Наклон к плоскости эклиптики градусы	Период обращения	Синодический период сут
	млн км	а.е.				
Меркурий	57,9	0,3871	0,2056	7,004	87,97 сут	115,9
Венера	108,2	0,7233	0,0068	3,394	224,70 сут	583,9
Земля	149,6	1,0000	0,0167	0,000	365,26 сут	—
Марс	227,9	1,5237	0,0934	1,850	686,98 сут	780,0
Юпитер	778,3	5,2028	0,0483	1,308	11,862 лет	398,9
Сатурн	1429,4	9,5388	0,0560	2,488	29,458 лет	378,1
Уран	2871,0	19,1914	0,0461	0,774	84,01 лет	369,7
Нептун	4504,3	30,0611	0,0097	1,774	164,79 лет	367,5

Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см ³	км	сут		m
Земля							
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384400	27,32166	0,12	-12,7
Марс							
Фобос	$1,08 \cdot 10^{16}$	~10	2,0	9380	0,31910	0,06	11,3
Деймос	$1,8 \cdot 10^{15}$	~6	1,7	23460	1,26244	0,07	12,4
Юпитер							
Ио	$8,94 \cdot 10^{22}$	1815	3,55	421800	1,769138	0,61	5,0
Европа	$4,8 \cdot 10^{22}$	1569	3,01	671100	3,551181	0,64	5,3
Ганимед	$1,48 \cdot 10^{23}$	2631	1,94	1070400	7,154553	0,42	4,6
Каллисто	$1,08 \cdot 10^{23}$	2400	1,86	1882800	16,68902	0,20	5,7
Сатурн							
Тефия	$7,55 \cdot 10^{20}$	530	1,21	294660	1,887802	0,9	10,2
Диона	$1,05 \cdot 10^{21}$	560	1,43	377400	2,736915	0,7	10,4
Рея	$2,49 \cdot 10^{21}$	765	1,33	527040	4,517500	0,7	9,7
Титан	$1,35 \cdot 10^{23}$	2575	1,88	1221850	15,94542	0,21	8,2
Япет	$1,88 \cdot 10^{21}$	730	1,21	3560800	79,33018	0,2	~11,0
Уран							
Миранда	$6,33 \cdot 10^{19}$	235,8	1,15	129900	1,413479	0,27	16,3
Ариэль	$1,7 \cdot 10^{21}$	578,9	1,56	190900	2,520379	0,34	14,2
Умбриэль	$1,27 \cdot 10^{21}$	584,7	1,52	266000	4,144177	0,18	14,8
Титания	$3,49 \cdot 10^{21}$	788,9	1,70	436300	8,705872	0,27	13,7
Оберон	$3,03 \cdot 10^{21}$	761,4	1,64	583500	13,46324	0,24	13,9
Нептун							
Тритон	$2,14 \cdot 10^{22}$	1350	2,07	354800	5,87685**	0,7	13,5

* для полнолуния или среднего противостояния внешних планет;

** обратное направление вращения.

Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(\alpha + x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha;$$

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx;$$

($x \ll 1$, углы выражаются в радианах).

Приложение 4

Памятка участника олимпиады⁶

Прежде чем начать решать задания всероссийской олимпиады школьников по астрономии, ознакомьтесь с правилами ее проведения.

Вам будут вручены листы с условиями заданий олимпиады. Убедитесь, что это будут задания для того класса, за который Вы выступаете на олимпиаде. Задания выдаются на _ листах, проверьте наличие всех необходимых листов с заданиями. Количество заданий – _, на их решение Вам будет отведено __ часа __ минут. Время отсчитывается от момента выдачи листов с заданиями.

Кроме этого, Вам должны выдать листы со справочной информацией, разрешенной к использованию на олимпиаде. Помните, что это – единственный источник, которым Вы можете пользоваться по ходу решения заданий, использование любых других источников – нарушение правил олимпиады. Вы также не можете пользоваться переносными компьютерами, программируемыми калькуляторами и мобильными телефонами (в любых функциях) во время олимпиады. Настоятельно рекомендуем Вам отключить их до окончания олимпиады.

При этом Вы имеете право пользоваться непрограммируемым инженерным (научным) калькулятором, любыми канцелярскими принадлежностями (как своими, так и выданными оргкомитетом олимпиады). Вы можете в любое время принимать продукты питания, но при этом старайтесь не отвлекать, не мешать и уважать труд Ваших друзей, находящихся рядом.

Если у Вас возник вопрос по условиям заданий или правилам проведения олимпиады, не задавайте его вслух. Вопросы задаются в письменном

⁶Памятка может быть выдана участникам олимпиады по астрономии вместе с условиями задач.

виде и передаются дежурному. Он же выдаст Вам ответ. Вопросы не принимаются в первые и последние 30 минут тура.

Вы можете временно покинуть аудиторию, при этом Вы должны отдать свои рабочие листы сотруднику оргкомитета, находящемуся в аудитории. Он вернет их Вам, когда Вы вернетесь в аудиторию и продолжите работу. Одновременный выход из аудитории двух или более участников олимпиады не допускается.

Решение заданий Вы должны выполнять на специально выданных Вам листах (бланках ответов). Вы можете использовать часть листов для черновика, который не будет проверяться и оцениваться жюри. Ваши персональные данные указываются на титульном листе. Их не должно быть на бланках для выполнения заданий.

При решении задач помните, что жюри обращает внимание, прежде всего, не на ответ, а на структуру решения, обоснованность и связанность законов и фактов, которые Вы используете. Старайтесь писать полные и подробные решения, но не добавляйте в них лишнюю информацию, не относящуюся к теме задания. Записи и рисунки делайте аккуратно, чтобы Ваш ход мысли было легко понять. Получив ответ, постарайтесь проверить его известными Вам способами, чтобы исключить возможность случайных ошибок.

Если Вы закончили решения раньше срока, не спешите покидать аудиторию. Используйте оставшееся время, чтобы еще раз просмотреть и проверить все Ваши решения. Наверняка, в них будет то, что можно улучшить, идеальных работ на олимпиаде практически не бывает.

От всей души желаем Вам успеха на олимпиаде!

Приложение 5

Пример титульного листа

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ																																																																							
Всероссийская олимпиада школьников	_____ этап																																																																						
Заполняется ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ чернилами черного или синего цвета по образцам:																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td><td>Д</td><td>Е</td><td>Ж</td><td>З</td><td>И</td><td>К</td><td>Л</td><td>М</td><td>Н</td><td>О</td><td>П</td><td>Р</td><td>С</td><td>Т</td><td>У</td><td>Ф</td><td>Х</td><td>Ц</td><td>Ч</td><td>Ш</td><td>Щ</td><td>Ъ</td><td>Ы</td><td>Ь</td><td>Э</td><td>Ю</td><td>Я</td><td>@</td><td>8</td><td>9</td><td>.</td> </tr> <tr> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td><td>G</td><td>H</td><td>I</td><td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td><td>Z</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>0</td><td>.</td> </tr> </table>		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	1	2	3	4	5	6	7	0	.
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	@	8	9	.																																					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	1	2	3	4	5	6	7	0	.																																					
ПРЕДМЕТ	КЛАСС																																																																						
ДАТА																																																																							
ШИФР УЧАСТНИКА																																																																							
ФАМИЛИЯ																																																																							
ИМЯ																																																																							
ОТЧЕСТВО																																																																							
Документ, удостоверяющий личность	Гражданство																																																																						
<input type="checkbox"/> свидетельство о рождении	<input type="checkbox"/> Российская Федерация																																																																						
<input type="checkbox"/> паспорт	<input type="checkbox"/> Иное																																																																						
серия	номер																																																																						
Дата рождения																																																																							
Домашний телефон участника	+ 7																																																																						
Мобильный телефон участника	+ 7																																																																						
Электронный адрес участника																																																																							
Муниципалитет																																																																							
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																							
Сведения о педагогах-наставниках																																																																							
1. Фамилия																																																																							
Имя																																																																							
Отчество																																																																							
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																							
2. Фамилия																																																																							
Имя																																																																							
Отчество																																																																							
Сокращенное наименование образовательной организации (школы)																																																																							
Личная подпись участника	Все поля обязательны к заполнению!																																																																						

Приложение 6
Пример бланка ответов

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Школьный этап
20__ – 20__ учебный год

Класс:		БЛАНК ОТВЕТА	Шифр:	
Задание:			Страница:	
<p>Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка. Обратную сторону можно использовать как черновик. При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.</p>				
Макс. баллов:			Подписи членов жюри	
Кол-во баллов:				

Приложение 7

Некоторые основные формулы⁷

1. Теоретическая разрешающая способность телескопа:

$$\alpha = 1,22 \cdot \frac{206265'' \cdot \lambda}{D}, \text{ где } \lambda \text{ – средняя длина световой волны } (5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}),$$

D – диаметр объектива телескопа, или $\alpha = \frac{140''}{D}$, где D – диаметр объектива

телескопа в миллиметрах.

2. Увеличение телескопа:

$$W = \frac{F}{f}, \text{ где } F \text{ – фокусное расстояние объектива, } f \text{ – фокусное расстояние окуляра.}$$

3. Высоты светил в кульминации:

высота светил в верхней кульминации, кульминирующих к югу от зенита ($\delta < \varphi$):

$$h_{\max} = \delta + (90^\circ - \varphi);$$

высота светил в верхней кульминации, кульминирующих к северу от зенита ($\delta > \varphi$):

$$h_{\max} = 90^\circ - \delta + \varphi;$$

высота светил в нижней кульминации:

$$h_{\min} = \delta - (90^\circ - \varphi),$$

где φ – широта места наблюдения, δ – склонение светила.

4. Астрономическая рефракция:

приближенная формула для вычисления угла рефракции, выраженного в секундах дуги (при температуре $+10^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении 760 мм. рт. ст.):

⁷Основные формулы участники олимпиады по астрономии должны помнить или уметь вывести, пользоваться списком формул во время проведения туров запрещается.

$\rho = 58'', 2 \cdot \operatorname{tg}(z)$ для $z < 70^\circ$, где z – зенитное расстояние светила, связанное с высотой светила h соотношением $z = 90^\circ - h$.

5. Время:

звездное время:

$s = t + \alpha$, где α – прямое восхождение какого-либо светила, t – его часовой угол;

среднее солнечное время (местное среднее время):

$T_m = T_\odot + \eta$, где T_\odot – истинное солнечное время, η – уравнение времени;

всемирное время:

$T_m = T_0 + \lambda$, где λ – долгота пункта с местным средним временем T_m , выраженная в часовой мере, T_0 – всемирное время в этот момент;

поясное время:

$T_n = T_0 + n$, где T_0 – всемирное время; n – номер часового пояса (для Гринвича $n = 0$, для Москвы $n = 2$, для Красноярска $n = 6$);

декретное время:

$T_D = T_0 + n + 1$ ч или $T_D = T_m - \lambda + n + 1$ ч.

6. Формулы, связывающие сидерический (звездный) период обращения планеты T с синодическим периодом ее обращения S :

для верхних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T};$$

для нижних планет:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_\oplus}, \text{ где } T_\oplus \text{ – звездный период обращения Земли вокруг Солнца.}$$

7. Третий закон Кеплера:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3, \text{ где } T_1 \text{ и } T_2 \text{ – периоды обращения планет, } a_1 \text{ и } a_2 \text{ –}$$

большие полуоси их орбиты.

8. Закон всемирного тяготения:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}, \text{ где } m_1 \text{ и } m_2 \text{ – массы притягивающихся материальных то-}$$

чек, r – расстояние между ними, G – гравитационная постоянная.

9. Третий обобщенный закон Кеплера:

$$\frac{T^2(m_1 + m_2)}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G}, \text{ где } m_1 \text{ и } m_2 \text{ – массы двух взаимно притягиваю-}$$

щихся тел, r – расстояние между их центрами, T – период обращения этих тел вокруг общего центра масс, G – гравитационная постоянная;

для системы Солнце и две планеты:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 \left(\frac{M + m_1}{M + m_2}\right) = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3, \text{ где } T_1 \text{ и } T_2 \text{ – сидерические (звездные) перио-}$$

ды обращения планет, M – масса Солнца, m_1 и m_2 – массы планет, a_1 и a_2 – большие полуоси орбит планет;

для систем Солнце и планета, планета и спутник:

$$\frac{T_1^2(M + m_1)}{a_1^3} = \frac{T_2^2(m_1 + m_2)}{a_2^3}, \text{ где } M \text{ – масса Солнца; } m_1 \text{ – масса плане-}$$

ты; m_2 – масса спутника планеты; T_1 и a_1 – период обращения планеты во-
круг Солнца и большая полуось ее орбиты; T_2 и a_2 – период обращения
спутника вокруг планеты и большая полуось его орбиты;

при $M \gg m_1$, а $m_1 \gg m_2$,

$$\frac{M}{m_1} = \frac{a_1^3 \cdot T_2^2}{a_2^3 \cdot T_1^2}.$$

10. Линейная скорость движения тела по параболической орбите (параболическая скорость):

$$v_p = \sqrt{\frac{2GM}{r}}, \text{ где } G \text{ – гравитационная постоянная, } M \text{ – масса цен-}$$

трального тела, r – радиус-вектор избранной точки параболической орбиты.

11. Линейная скорость движения тела по эллиптической орбите в избранной точке:

$$v = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}, \text{ где } G - \text{ гравитационная постоянная, } M - \text{ масса центрального тела, } r - \text{ радиус-вектор избранной точки эллиптической орбиты, } a - \text{ большая полуось эллиптической орбиты.}$$

12. Линейная скорость движения тела по круговой орбите (круговая скорость):

$$v_c = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \frac{v_p}{\sqrt{2}}, \text{ где } G - \text{ гравитационная постоянная, } M - \text{ масса центрального тела, } R - \text{ радиус орбиты, } v_p - \text{ параболическая скорость.}$$

13. Эксцентриситет эллиптической орбиты, характеризующий степень отклонения эллипса от окружности:

$$e = \frac{c}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}, \text{ где } c - \text{ расстояние от фокуса до центра орбиты, } a - \text{ большая полуось орбиты, } b - \text{ малая полуось орбиты.}$$

14. Связь расстояний перицентра и апоцентра с большой полуосью и эксцентриситетом эллиптической орбиты:

$$r_{\Pi} = a(1 - e), \quad r_A = a(1 + e), \quad a = \frac{r_{\Pi} + r_A}{2}, \text{ где } r_{\Pi} - \text{ расстояния от фокуса,}$$

в котором находится центральное небесное тело, до перицентра, r_A – расстояния от фокуса, в котором находится центральное небесное тело, до апоцентра, a – большая полуось орбиты, e – эксцентриситет орбиты.

15. Эффект Доплера:

$$\lambda_{наб} = \lambda \left(1 + \frac{V_{луч}}{c} \right) \text{ или } \frac{(\lambda_{наб} - \lambda)}{\lambda} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{V_{луч}}{c},$$

где $\lambda_{наб}$ – длина волны излучения, принятая наблюдателем, λ – длина волны источника излучения (лабораторная длина волны), $V_{луч}$ – проекция

скорости источника на луч зрения (лучевая скорость), c – скорость света, ν – частота излучения ($\nu = \frac{c}{\lambda}$).

16. Расстояние до светила (в пределах Солнечной системы):

$$D = \frac{206265'' R_{\oplus}}{\rho_0}, \text{ где } R_{\oplus} \text{ – экваториальный радиус Земли (6378 км), } \rho_0 \text{ –}$$

горизонтальный экваториальный параллакс светила, выраженный в секундах дуги,

$$\text{или } \frac{D_1}{D_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, \text{ где } D_1 \text{ и } D_2 \text{ – расстояния до светил, } \rho_1 \text{ и } \rho_2 \text{ – их горизон-}$$

тальные параллаксы.

17. Радиус светила:

$$R = \frac{\rho R_{\oplus}}{\rho_0}, \text{ где } \rho \text{ – угол, под которым с Земли виден радиус диска све-}$$

тила (угловой радиус), R_{\oplus} – экваториальный радиус Земли, ρ_0 – горизонтальный параллакс светила.

18. Расстояние до звезд:

$$\text{в парсеках: } r = \frac{1}{\pi''}, \text{ где } \pi'' \text{ – годичный параллакс звезды, выраженный}$$

в секундах дуги;

$$\text{в астрономических единицах: } r = \frac{206265''}{\pi''}, \text{ где } \pi'' \text{ – годичный парал-}$$

лакс звезды, выраженный в секундах дуги;

$$\text{в километрах: } r = \frac{206265'' a}{\pi''}, \text{ где } \pi'' \text{ – годичный параллакс звезды, вы-}$$

раженный в секундах дуги, a – средний радиус (большая полуось) земной орбиты, выраженный в километрах.

19. Связь блеска звезды и ее звездной величины (формула Погсона):

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)} \text{ или } \lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4(m_2 - m_1) \text{ или } \Delta m = 2,5 \lg \frac{I_1}{I_2},$$

где I_1 – освещенность, создаваемая звездой, звездная величина которой равна m_1 , и I_2 – освещенность, создаваемая другой звездой, звездная величина которой равна m_2 .

20. Абсолютная звездная величина:

$M = m + 5 - 5 \lg R$, где m – видимая звездная величина, R – расстояние до звезды, выраженное в парсеках.

21. Закон Стефана–Больцмана:

$\varepsilon = \sigma T^4$, где ε – энергия, излучаемая в единицу времени с единицы поверхности, T – абсолютная температура (в кельвинах), а σ – постоянная Стефана–Больцмана.

22. Закон Вина:

$\lambda_{\max} = \frac{0,29}{T}$, где λ_{\max} – длина волны, на которую приходится максимум излучения абсолютно черного тела (в сантиметрах), T – абсолютная температура (в кельвинах).

23. Связь светимости звезды с ее радиусом и абсолютной температурой ее фотосферы:

$$\frac{L}{L_c} = \left(\frac{R}{R_c} \right)^2 \left(\frac{T}{T_c} \right)^4, \text{ где } L \text{ – светимость звезды, } L_c \text{ – светимость Солнца,}$$

R – радиус звезды, R_c – радиус Солнца, T – абсолютная температура фотосферы звезды, T_c – абсолютная температура фотосферы Солнца ($T_c \approx 5800 \text{ K}$).

24. Закон Хаббла:

$$v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = c \cdot z = H \cdot r, \text{ где } v \text{ – лучевая скорость удаления галактики, } c$$

– скорость света, $\Delta\lambda$ – доплеровское смещение линий в спектре, λ – длина волны источника излучения, z – красное смещение, r – расстояние до галактики в мегапарсеках, H – постоянная Хаббла, равная $75 \text{ км / (с}\cdot\text{Мпк)}$.

Приложение 8

Список литературы, рекомендуемой при подготовке к олимпиаде по астрономии

1. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 27 ноября 2020 г. № 678 (ред. от 26.01.2023) «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников».
2. Методические рекомендации по организации и проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников в 2023/24 учебном году. М., 2023. 16 с.
3. Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2023/24 учебном году. М.: Центральная предметно-методическая комиссия всероссийской олимпиады школьников по астрономии, 2023. 36 с.
4. Методическая программа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. URL: <http://www.astroolymp.ru/syllabus.php/>
5. Всероссийская олимпиада школьников: официальный сайт. URL: <https://vserosolimp.edsoo.ru/>
6. Всероссийская олимпиада по астрономии: официальный сайт URL: <http://www.astroolymp.ru/>
7. Всероссийская олимпиада школьников: сайт министерства образования Красноярского края. URL: https://krao.ru/publications/federalnyie-konkursyi_1/vserossijskaya-olimpiada-shkolnikov/
8. Раздел Санкт-Петербургской астрономической олимпиады на сайте «Школьная астрономия Петербурга». URL: <http://school.astro.spbu.ru/?q=olymp>.
9. Московская астрономическая олимпиада: сайт информационного сопровождения Московской астрономической олимпиады. URL: <https://mosastro.olimpiada.ru/>

10. Астрономические олимпиады: учебно-информационный портал астрономических олимпиад, проводимых в России и за рубежом: [самое большое сообщество ВКонтакте, где обсуждаются астрономические олимпиады]. URL: <https://vk.com/astroolympiads>.

11. Олимпиады Образовательного центра «Сириус»: сайт. URL: <https://siriusolymp.ru/>.

12. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии / авт.-сост. А.В. Засов, А.С. Расторгуев, М.Г. Гаврилов, В.Г. Сурдин, О.С. Угольников, Б.Б. Эскин. М.: АПК и ППРО, 2005. 200 с.

13. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов / авт.-сост. О.С. Угольников. М., 2006. 136 с.

14. Бутаков С.В., Лалетин Н.В. Роль вуза в системе всероссийских предметных олимпиад школьников: монография / АНО ВО СИБУП. Красноярск, 2017. 109 с.

15. Шепелев А.С., Долгов Д.А., Молчанов С.Д., Борисов С.Б. Астрардъ – краткий сборник теории по астрономии. Жуковский, 2018. 60 с.

16. Веселова А.В., Волобуева М.И., Пирогов М.А., Утешев И.А. Астрофизический дивертисмент. Задачи и упражнения по астрономии и астрофизике / под ред. И.А. Утешева. М.: Сам Полиграфист, 2018. 154 с.

17. Бутаков С.В. Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае. 1997–2008 годы: учебно-методическое пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2009. 91 с.

18. Бутаков С.В., Гурьянов С.Е. Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае. 2009–2013 годы: учебно-методическое пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2014. 170 с.

19. Бутаков С.В., Гурьянов С.Е. Задания муниципального этапа все-российской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае. 2014–2018 годы: учебное пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2019. 191 с.
20. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями: учебное пособие. М.: Либроком, 2018. 240 с.
21. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями: учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002. 240 с.
22. Сурдин В.Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. М.: МГУ, 1995. 320 с.
23. Гаврилов М.Г. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка–Москва, 1998. 100 с.
24. Московские астрономические олимпиады. 1997–2002 / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2002. 64 с.
25. Московские астрономические олимпиады. 2003–2005 / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2005. 110 с.
26. Задачи Московской Астрономической олимпиады. 2006–2015 / под ред. М.В. Кузнецова, Н.Ю. Подорванюка и О.С. Угольникова. М., 2015. 162 с.
27. Задания олимпиад школьников Московской области по астрономии. М., 2006. 48 с.
28. Олимпиады по астрономии и космической физике: сборник задач / сост. М.Г. Гаврилов; ред. В.Г. Сурдин. М.: Бюро Квантум, 1998. 128 с. (Приложение к журналу «Квант»; № 4/1998).
29. Угольников О.С. Небо начала века. 2001–2012: астроном. справ. М.: А.Д. Сельянов, 2000. 317 с.
30. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. СПб.: СПбГУ, 1997. 144 с.

Учебное издание

Сергей Владимирович Бутаков
Сергей Егорович Гурьянов
ЗАДАНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ

Учебное пособие

Редактор А.П. Малахова
Корректор Ж.В. Козупица
Компьютерная верстка Ю.С. Нагорнова, Е.Н. Агеева

660049, Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89.
Отдел научных исследований и грантовой деятельности
КГПУ им. В.П. Астафьева,
тел. (391) 217-17-82

Подписано в печать 04.09.23. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 11,9. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «ЛИТЕРА-принт»,

т. 295-03-40

