

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ВСЕРОССИЙСКОЙ  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

О.С. Угольников

**РЕКОМЕНДАЦИИ**  
по проведению школьного этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
в 2013/2014 учебном году

Москва 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Общие принципы разработки заданий	3
3. Материально-техническое обеспечение школьного этапа олимпиады по астрономии	5
4. Процедура проведения школьного этапа	5
5. Процедура оценивания решений и подведения итогов	7
6. Список литературы	8
7. Информация об олимпиаде в сети Интернет	9
8. Пример комплекта заданий для школьного этапа с решениями	9
8.1. Общая характеристика	9
8.2. Задания для 5-6 классов, 7-8 классов, 9 класса	10
8.3. Задания для 10 класса	12
8.4. Задания для 11 класса	13
9. Справочная информация, подлежащая раздаче вместе с условиями заданий	16
10. Приложение. Вопросы по астрономии, рекомендуемые центральной предметно-методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии для подготовки школьников к решению задач этапов Олимпиады	19
10.1. 9 класс	19
10.2. 10 класс	21
10.3. 11 класс	23

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Настоящие методические рекомендации подготовлены Центральной методической комиссией по астрономии Всероссийской олимпиады школьников и направлены на помощь соответствующим методическим комиссиям и жюри в составлении заданий для школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2013/2014 году в субъектах Российской Федерации.

Данный материал содержит рекомендации по структуре и тематике заданий школьного этапа олимпиады по астрономии, условиям проведения этого этапа, материально-техническому обеспечению, а также системе оценивания и процедуре определения победителей и призеров школьного этапа.

Методическая комиссия по астрономии желает организаторам успехов в проведении школьного этапа олимпиады. По любым вопросам, связанным с данным этапом, можно обратиться по электронной почте к председателю комиссии профессору А.С. Расторгуеву (адрес [rastor@sai.msu.ru](mailto:rastor@sai.msu.ru)) и заместителю председателя комиссии О.С. Угольникову (адрес [ougolnikov@gmail.com](mailto:ougolnikov@gmail.com)).

## **2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЗАДАНИЙ**

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников является ее первым этапом. Его целью является популяризация астрономических знаний среди широкого круга учащихся, укрепление системы школьного астрономического образования.

Основные принципы, в соответствии с которыми формируются задания того или иного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, описаны в книге «Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году» (автор-составитель О.С. Угольников, Федеральное Агентство по образованию РФ, АПКиППРО, 2006). В 2013/2014 учебном году методические рекомендации по составлению заданий олимпиады составлены в соответствии с Положением о Всероссийской олимпиаде школьников, принятым Министерством Образования и Науки Российской Федерации (приказ №695 от 2 декабря 2009 года).

В соответствии с данным Положением, организатором школьного этапа олимпиады является образовательное учреждение (школа). Задания разрабатываются органом местного самоуправления муниципальных районов и городских округов в сфере образования. Этот же орган определяет дату проведения школьного этапа (не ранее 1 октября и не позже 15 ноября 2013 г.) Разработка заданий для муниципального этапа должна быть проведена заблаговременно (в начале сентября 2013 г.). Подготовка заданий производится муниципальной

методической комиссией, созданной органом местного самоуправления муниципальных районов и городских округов в сфере образования.

В школьном этапе олимпиады по астрономии могут принять участие *все* заинтересованные школьники 5-11 классов. Любое ограничение списка участников по каким-либо критериям (успеваемость по различным предметам и др.) является нарушением Положения о Всероссийской олимпиаде школьников и *категорически запрещается!*

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится среди школьников 5-11 классов в пяти возрастных параллелях: 5-6, 7-8, 9, 10 и 11 классы. В параллелях 7-8, 9, 10 и 11 классов результаты школьного этапа являются основой для отбора участников следующего, муниципального этапа Всероссийской олимпиады.

Для каждой из возрастных параллелей должен быть предложен свой комплект заданий, при этом некоторые задания могут входить в комплекты по нескольким возрастным параллелям (как в идентичной, так и в отличающейся формулировке). Допускается использование идентичного комплекта заданий для параллелей 7-8 и 9 классов, при этом составление итоговой рейтинговой таблицы и подведение итогов в этих параллелях проводится отдельно. Первые 4 задания для параллели 7-8 класса можно использовать как комплект для 5-6 классов.

Исходя из целей и задач школьного этапа Всероссийской олимпиады по астрономии, рекомендуется предлагать школьникам 7-11 классов по 6 не связанных друг с другом заданий. На школьном этапе 4-5 из этих 6 заданий должны иметь односложную структуру решения, связанную с применением одного-двух астрономических фактов или физических законов (задания первой категории). 1-2 задания должны быть заданиями второй категории, требующими последовательного применения сразу нескольких фактов или законов. Очередность задач в комплекте (от 1 до 6) должна примерно соответствовать последовательности от более легких к более сложным заданиям. Участникам олимпиады в возрастной параллели 5-6 классов предлагаются задания 1-4 (более простые) из комплекта 7-8 классов. При этом, система оценивания всех заданий должна быть идентичной. Рекомендуется оценивать решение по 8-балльной системе (от 0 баллов за отсутствие решения до 8 баллов за полное верное решение).

Тематика заданий выбирается исходя из списка вопросов, рекомендуемых методической комиссией Всероссийской олимпиады школьников по астрономии при подготовке к этапам олимпиады (см. **Приложение**). Данный список разработан для 9, 10 и 11 классов, однако при составлении заданий нужно принять во внимание, что школьный этап проводится в начале учебного года, и задания должны ориентироваться, в основном, на программу предыдущих лет. При составлении заданий для 5-6 и 7-8 классов используется тематика первых пунктов Списка

вопросов вместе с основными начальными астрономическими понятиями и фактами, входящими в программу курса естествознания.

Каждое из заданий той или иной параллели должно быть связано с разными вопросами из методического списка. Таким образом, достигается сбалансированность комплекта заданий по темам.

На первом этапе составления заданий необходимо создать базу данных, содержащих примерно вдвое большее число заданий-кандидатов, чем это требуется для проведения этапа Олимпиады. Задания проходят независимую экспертизу в муниципальной методической комиссии, на основе которой формируется более узкий комплект. Далее задания распределяются по возрастным категориям, исходя из требований, описанных выше. Сформированный комплект проходит повторную экспертизу в муниципальной методической комиссии.

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ**

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится в один аудиторный тур. Школьный этап *не предусматривает* постановку каких-либо практических (в том числе внеурочных, выполняемых вне школы или в темное время суток) задач по астрономии, и его проведение *не требует* специфического оборудования (телескопов и других астрономических приборов).

Для проведения школьного этапа организатор должен предоставить аудитории в достаточном количестве – каждый участник олимпиады должен выполнять задание за отдельным столом (партой).

Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить ручку, карандаш, линейку, резинку для стирания и пустую тетрадь со штампом Организационного комитета. В каждой аудитории должны быть также запасные канцелярские принадлежности и калькулятор. На время работы над решениями участнику должны быть предоставлены продукты питания (сок, печенье).

### **4. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА**

Школьный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится в один тур. Участники олимпиады должны быть предупреждены о необходимости прибыть к месту проведения не менее чем за 15 минут до его начала. Они приглашаются на предварительное

собрание, на котором оглашаются правила проведения олимпиады, представляется состав оргкомитета и жюри. После этого участники олимпиады распределяются по аудиториям.

Для проведения этапов олимпиады Организационный комитет предоставляет аудитории в количестве, определяемом числом участников олимпиады. В течение всего тура олимпиады в каждой аудитории находится наблюдатель, назначаемый Организационным комитетом. Перед началом работы участники олимпиады пишут на обложке тетради свою фамилию, имя и отчество, номер класса и школы, район и населенный пункт.

По окончании организационной части участникам выдаются листы с заданиями, соответствующими их возрастной параллели, и листы со справочной информацией, необходимой для решения заданий (часть 9 настоящих рекомендаций). Наблюдатель отмечает время выдачи заданий. На решение заданий муниципального этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 3 часа для участников из 5-6 классов и 4 часа для остальных участников. Участники начинают выполнять задания со второй страницы тетради, оставляя первую страницу чистой. По желанию участника он может использовать несколько последних страниц тетради под черновик, сделав на них соответствующую пометку. При нехватке места в тетради наблюдатель выдает участнику дополнительную тетрадь. По окончании работы вторая тетрадь вкладывается в первую.

*Во время работы над заданиями участник олимпиады имеет право:*

1. Пользоваться листами со справочной информацией, выдаваемой участникам вместе с условиями заданий.
2. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями наряду с выданными оргкомитетом.
3. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором, а также просить наблюдателя временно предоставить ему калькулятор.
4. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.
5. Принимать продукты питания.
6. Временно покидать аудиторию, оставляя у наблюдателя свою тетрадь.

*Во время работы над заданиями участнику запрещается:*

1. Пользоваться мобильным телефоном (в любой его функции).
2. Пользоваться программируемым калькулятором или переносным компьютером.
3. Пользоваться какими-либо источниками информации, за исключением листов со справочной информацией, раздаваемых Оргкомитетом перед туром.
4. Обращаться с вопросами к кому-либо, кроме наблюдателя, членов Оргкомитета и жюри.
5. Производить записи на собственную бумагу, не выданную оргкомитетом.
6. Запрещается одновременный выход из аудитории двух и более участников.

По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями, и переходят в конференц-зал или большую аудиторию, где проводится заключительное собрание. Перед ними может выступить член оргкомитета и жюри с кратким разбором заданий.

Отдельное помещение для жюри должно быть предоставлено Оргкомитетом на весь день проведения олимпиады. Члены жюри должны прибыть на место проведения олимпиады за 1 час до окончания работы участников. Председатель жюри (или его заместитель) и 1-2 члена жюри должны прибыть к началу этапа и периодически обходить аудитории, отвечая на вопросы участников по условию задач.

## **5. ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ РЕШЕНИЙ И ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ**

Для проверки решений участников школьного этапа формируется жюри, состоящее из учителей, работающих в области астрономии и смежных дисциплин (физики, математики). Допускается приглашение педагогических и научных работников из других организаций. Численность жюри должна быть не менее 1/10 от общего числа участников. Перед началом этапа жюри проводит собрание, на котором выбирает председателя, знакомится с условиями и решениями заданий и распределяет задания для проверки между собой.

Для обеспечения объективности проверки решение каждого конкретного задания в той или иной возрастной параллели должно проверяться одним и тем же членом жюри. При достаточном составе жюри рекомендуется проводить независимую проверку решения каждого задания двумя (одними и теми же) членами жюри с усреднением оценки и проведении обсуждения, если оценки двух членов жюри различаются более чем на 2 балла.

Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе. Большая часть из этих 8 баллов (не менее 4-5) выставляется за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения. Оставшиеся баллы выставляются за правильность расчетов, аккуратную и полную подачу ответа.

Максимальная оценка за каждое задание одинакова и не зависит от темы, освещаемой в задании, и категории сложности. Таким образом, достигается максимальная независимость результатов муниципального этапа олимпиады от конкретных предпочтений каждого школьника по темам в курсе астрономии и смежных дисциплин.

Суммарная оценка за весь этап составляет 32 балла для 5-6 классов и 48 баллов для других участников. Победителем этапа становится участник, набравший максимальное количество баллов в своей возрастной параллели при условии, что его оценка составляет не менее 50% от максимально возможной, то есть не менее 16 баллов для 5-6 классов и 24 баллов

для других параллелей. В противном случае диплом победителя в данной возрастной параллели не присуждается, участники с наиболее высокими оценками становятся призерами олимпиады.

Дипломы призеров олимпиады вручаются участникам, идущие в итоговом протоколе за победителем и имеющие результат не ниже 10-12 баллов для 5-6 класса и 15-20 баллов для других параллелей. Число призеров ограничивается квотой, установленной организаторами муниципального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии. Протокол школьного этапа с указанием оценок участников по каждой из задач и суммы баллов, и список победителей и призеров подписывается председателем и членами жюри и передается в орган местного самоуправления муниципального района. Победители и призеры школьного этапа в 7-11 классах приглашаются для участия в муниципальном этапе Всероссийской олимпиады школьников в ноябре-декабре 2013 г. В соответствии с Положением о Всероссийской олимпиаде школьников данное право предоставляется всем победителям и призерам школьного этапа 7-11 класса. Орган местного самоуправления муниципальных районов и городских округов в сфере образования *не вправе* уменьшать их количество.

## 6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Курс общей астрономии. Москва, 2002.
2. П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. Москва, УРСС, 2002.  
Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. Москва, «Аванта+», 2004.
3. В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. Москва, МГУ, 1995.
4. В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. Санкт-Петербург, СПбГУ, 1997.
5. М.Г. Гаврилов. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка-Москва, 1998.
6. В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. Москва, УРСС, 2002.
7. Московские астрономические олимпиады. 1997-2002. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2002.
8. Московские астрономические олимпиады. 2003-2005. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2005.
9. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии. Авт-сост. А.В. Засов, А.С. Расторгуев, В.Г. Сурдин, М.Г. Гаврилов, О.С. Угольников, Б.Б. Эскин. Москва, АПК и ППРО, 2005.
10. О.С. Угольников. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году. Москва, АПК и ППРО, 2006.



## 7. ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

1. Портал Всероссийской олимпиады школьников – <http://www.rosolymp.ru>.
2. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии – <http://www.astroolymp.ru>.

## 8. ПРИМЕР КОМПЛЕКТА ЗАДАНИЙ ДЛЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА С РЕШЕНИЯМИ

### 8.1. Общая характеристика.

Предлагаемый далее пример комплекта заданий для школьного этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии составлен в соответствии с общими принципами, описанными в части 2 настоящих рекомендаций. В каждой из возрастных параллелей предлагается по 6 заданий, из которых большая часть имеют категорию 1 (наиболее простые), по одной задаче в 7-10 классах и три задачи в 11 классе – категорию сложности 2, требующую последовательного применения нескольких логических или математических операций в рамках курса астрономии.

Каждое из шести заданий внутри одной возрастной параллели связано с различными пунктами курса астрономии, входящих в методический список (см. Приложения). В таблице для каждого из предложенных заданий указывается номер соответствующего пункта и категория сложности.

№ задания	5-6, 7-8, 9 классы		10 класс		11 класс	
	Пункт	Кат.сл.	Пункт	Кат.сл.	Пункт	Кат.сл.
1	1.1	1	1.1	1	2.5	1
2	1.7	1	1.7	1	1.7	1
3	1.2	1	1.2	1	1.2, 1.3	2
4	1.3	1	1.3	1	2.2, 3.7	2
5	1.5	2	1.5	2	1.5	2
6	1.6	1	1.6	1	1.11, 2.9	1

## 8.2. Задания для 5-6 классов, 7-8 классов, 9 класса

**Примечание.** В комплект для 5-6 классов входят задания 1-4, в комплект для 7-8 и 9 класса – задания 1-6.

**1. Условие.** Какие предметы, находящиеся на звездном небе в виде созвездий, можно использовать на различных уроках в школе?

**1. Решение.** На уроках математики вы неоднократно пользовались Треугольником, Циркулем.

На уроках физики вы неоднократно пользовались Весами, Часами.

На уроках биологии вы неоднократно пользовались Микроскопом.

На уроках географии вы неоднократно пользовались Компасом.

На уроках труда вы неоднократно пользовались Насосом, Печью, Резцом, Сеткой.

И, наконец, на уроках астрономии вы вполне могли пользоваться Октантом, Секстантом, Телескопом, а также изучать имена всех 88 созвездий.

**2. Условие.** Объясните русскую поговорку “Если месяц по зорям ходит — к затмению Солнца”. Всегда ли она выполняется?

**2. Решение.** Смысл этой поговорки состоит в том, что солнечное затмение может наступить только в новолуние, а за несколько дней до новолуния Луна имеет форму серпа и наблюдается только на фоне утренней зари. Разумеется, эта поговорка выполняется не всегда, так как не в каждое новолуние наступает солнечное затмение, и не каждое солнечное затмение будет видно в конкретном наблюдательном пункте.

**3. Условие.** Два поезда выехали с одинаковой скоростью на запад и восток из пункта А в момент захода Солнца. Пассажиры какого из поездов раньше встретят рассвет?

**3. Решение.** Суточное движение поверхности Земли за счет осевого вращения направлено с запада на восток. Поэтому скорость поезда, отправившегося на восток, сложится со скоростью суточного вращения, что уменьшит наблюдаемую с поезда продолжительность солнечных суток. Пассажиры этого поезда встретят рассвет раньше пассажиров другого поезда, который поехал в западном направлении, и на котором солнечные сутки будут длиться более 24 часов.

**4. Условие.** Бывает ли на северном полярном круге полярный день? полярная ночь?

**4. Решение.** Как известно, на северном полярном круге (широта около  $+66.6^\circ$ ) точка летнего солнцестояния касается горизонта в нижней кульминации, а точка зимнего солнцестояния — в верхней кульминации. Однако вспомним о том, что Солнце имеет достаточно большие угловые размеры, кроме этого, вблизи горизонта оно наблюдается выше своего истинного положения

вследствие эффекта атмосферной рефракции. Поэтому в полночь 21 июня, равно как и в полдень 22 декабря, Солнце будет видно, хотя и низко над горизонтом. То есть, на северном полярном круге летом ненадолго наступает полярный день, а полярной ночи зимой там не наступает.

**5. Условие.** Оцените, на какую высоту может подпрыгнуть астронавт, высадившийся на поверхность Луны. Массой скафандра пренебречь.

**5. Решение.** Высота, на которую может подпрыгнуть астронавт, определяется соотношением

$$h = \frac{v^2}{2g},$$

где  $v$  — его вертикальная скорость после прыжка, а  $g$  — ускорение свободного падения. Если пренебречь массой скафандра, то скорость  $v$  определяется только физическими возможностями астронавта и одинакова на Земле и на Луне. Ускорение свободного падения на поверхности небесного тела равно

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

где  $M$  и  $R$  — его масса и радиус. Масса Луны в 81.3 раза меньше массы Земли, а ее радиус меньше земного в 3.67 раза. Получается, что ускорение свободного падения на Луне в 6.04 раза меньше, чем на Земле, соответственно во столько же раз высота прыжка на Луне будет больше, чем на Земле. Если предположить, что астронавт является также неплохим прыгуном в высоту и прыгает на Земле на 2 метра, то на Луне он мог бы запрыгнуть на крышу четырехэтажного дома (12 метров)!

**6. Условие.** Объясните, почему Титан — спутник Сатурна, смог сохранить свою атмосферу, а Меркурий — нет?

**6. Решение.** Титан и Меркурий имеют сходную массу и размеры, но Меркурий находится значительно ближе к Солнцу и получает от него намного больше тепла. В разогретой атмосфере частицы имеют большие скорости и легче уходят от планеты. Поэтому Меркурий не удержал атмосферу. Холодная атмосфера Титана значительно более устойчива.

### 8.3. Задания для 10 класса.

**1. Условие.** Какие предметы, находящиеся на звездном небе в виде созвездий, можно использовать на различных уроках в школе?

**1. Решение.** На уроках математики вы неоднократно пользовались Треугольником, Циркулем.

На уроках физики вы неоднократно пользовались Весами, Часами.

На уроках биологии вы неоднократно пользовались Микроскопом.

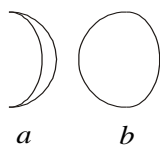
На уроках географии вы неоднократно пользовались Компасом.

На уроках труда вы неоднократно пользовались Насосом, Печью, Резцом, Сеткой.

И, наконец, на уроках астрономии вы вполне могли пользоваться Октантом, Секстантом, Телескопом, а также изучать имена всех 88 созвездий.

**2. Условие.** Луна кульминировала в 15 часов по местному времени. Нарисуйте ее фазу в этот день.

**2. Решение.** Луна кульминировала примерно на 3 часа позже Солнца. Если это была верхняя кульминация, то Луна была растущей, примерно посередине между фазами новолуния и первой четверти. При наблюдении из северного полушария Земли она будет иметь вид серпа с рогами, направленными влево (рисунок *a*), при наблюдении из южного полушария рога будут направлены вправо. Если кульминация была нижней, то это была ущербная Луна посередине между полнолунием и последней четвертью. При наблюдении из северного полушария ущерб будет справа (рисунок *b*), из южного — слева.



**3. Условие.** Два поезда выехали с одинаковой скоростью на запад и восток из пункта А в момент захода Солнца. Пассажиры какого из поездов раньше встретят рассвет?

**3. Решение.** Суточное движение поверхности Земли за счет осевого вращения направлено с запада на восток. Поэтому скорость поезда, отправившегося на восток, сложится со скоростью суточного вращения, что уменьшит наблюдаемую с поезда продолжительность солнечных суток. Пассажиры этого поезда встретят рассвет раньше пассажиров другого поезда, который поехал в западном направлении, и на котором солнечные сутки будут длиться более 24 часов.

**4. Условие.** Бывает ли на северном полярном круге полярный день? полярная ночь?

**4. Решение.** Как известно, на северном полярном круге (широта около  $+66.6^\circ$ ) точка летнего солнцестояния касается горизонта в нижней кульминации, а точка зимнего солнцестояния — в верхней кульминации. Однако вспомним о том, что Солнце имеет достаточно большие угловые размеры, кроме этого, вблизи горизонта оно наблюдается выше своего истинного положения вследствие эффекта атмосферной рефракции. Поэтому в полночь 21 июня, равно как и в полдень 22 декабря, Солнце будет видно, хотя и низко над горизонтом. То есть, на северном полярном круге летом ненадолго наступает полярный день, а полярной ночи зимой там не наступает.

**5. Условие.** Гелиостационарной называется круговая орбита, лежащая в плоскости экватора Солнца, с периодом обращения, равным сидерическому периоду осевого вращения Солнца (25.4 суток). Найти ее большую полуось.

**5. Решение.** Радиус круговой орбиты спутника  $R$ , вращающегося вокруг тела с массой  $M$ , связан с периодом обращения  $T$  следующим соотношением:

$$R = \left( \frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}.$$

Если подставить в эту формулу массу и период осевого вращения Солнца ( $2 \cdot 10^{30}$  кг и 25.4 сут), то мы получим значение радиуса гелиостационарной орбиты  $R=25.3$  млн км или 0.17 а.е.

**6. Условие.** Объясните, почему Титан — спутник Сатурна, смог сохранить свою атмосферу, а Меркурий — нет?

**6. Решение.** Титан и Меркурий имеют сходную массу и размеры, но Меркурий находится значительно ближе к Солнцу и получает от него намного больше тепла. В разогретой атмосфере частицы имеют большие скорости и легче уходят от планеты. Поэтому Меркурий не удержал атмосферу. Холодная атмосфера Титана значительно более устойчива.

#### 8.4. Задания для 11 класса.

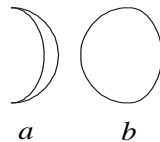
**1. Условие.** Почему в “Астрономических календарях” для переменных звезд — цефеид приводятся моменты максимумов, а для затменных переменных звезд — моменты минимумов блеска?

**1. Решение.** С первого взгляда может показаться, что для всех типов периодических переменных звезд лучше всего приводить моменты именно максимумов, а не минимумов

блеска — ведь максимум гораздо легче наблюдать. На самом деле это так для всех переменных звезд, кроме затменных. У них не существует максимума как такового, блеск звезды долго держится на максимальном уровне, почти не меняясь между резкими и острыми минимумами, связанными с затмением одной звезды другой в двойной паре. Поэтому для затменных переменных звезд в справочниках приводят моменты минимумов блеска.

**2. Условие.** Луна кульминировала в 15 часов по местному времени. Нарисуйте ее фазу в этот день.

**2. Решение.** Луна кульминировала примерно на 3 часа позже Солнца. Если это была верхняя кульминация, то Луна была растущей, примерно посередине между фазами новолуния и первой четверти. При наблюдении из северного полушария Земли она будет иметь вид серпа с рогами, направленными влево (рисунок *a*), при наблюдении из южного полушария рога будут направлены вправо. Если кульминация была нижней, то это была ущербная Луна посередине между полнолунием и последней четвертью. При наблюдении из северного полушария ущерб будет справа (рисунок *b*), из южного — слева.



**3. Условие.** Поезд движется со скоростью 60 км/ч на запад вдоль параллели 60° с.ш. Какую продолжительность светлого времени суток зафиксирует пассажир этого поезда 21 марта? Рефракцией пренебречь.

**3. Решение.** Скорость суточного движения Земли направлена с запада на восток и равна

$$v_0 = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T_0}.$$

Здесь  $R$  — радиус Земли,  $T_0$  — период ее вращения вокруг своей оси. На широте  $\varphi=60^\circ$  эта скорость составляет 835 км/ч. Движение пассажира поезда вокруг оси Земли будет происходить на 60 км/ч медленнее, и его скорость  $v$  составит 775 км/ч, что увеличит продолжительность солнечных суток до

$$T = \frac{2\pi R \cos \varphi}{v},$$

то есть до 25.85 часов. В день весеннего равноденствия световой день будет длиться ровно половину солнечных суток (если не учитывать рефракцию), то есть для пассажира поезда он составит  $12.93^ч$  или  $12^ч56^м$ .

**4. Условие.** Белый карлик имеет массу 0.6 масс Солнца, светимость 0.001 светимости Солнца и температуру, вдвое большую температуры Солнца. Во сколько раз его средняя плотность выше солнечной?

**4. Решение.** Как известно, светимость звезды по закону Стефана-Больцмана пропорциональна  $R^2T^4$ . Радиус белого карлика со светимостью в 1000 раз меньше солнечной и температурой поверхности вдвое большей, чем у Солнца, составляет по отношению к радиусу Солнца

$$\sqrt{\frac{0.001}{2^4}} = 0.0079.$$

Соответственно, его плотность по отношению к плотности Солнца будет равна

$$\frac{0.6}{0.0079^3} = 1.21 \cdot 10^6.$$

**5. Условие.** Гелиостационарной называется круговая орбита, лежащая в плоскости экватора Солнца, с периодом обращения, равным сидерическому периоду осевого вращения Солнца (25.4 суток). Найти ее большую полуось.

**5. Решение.** Радиус круговой орбиты спутника  $R$ , вращающегося вокруг тела с массой  $M$ , связан с периодом обращения  $T$  следующим соотношением:

$$R = \left( \frac{GMT^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}.$$

Если подставить в эту формулу массу и период осевого вращения Солнца ( $2 \cdot 10^{30}$  кг и 25.4 сут), то мы получим значение радиуса гелиостационарной орбиты  $R=25.3$  млн км или 0.17 а.е.

**6. Условие.** Почему на небе вблизи Млечного Пути наблюдается больше слабых звезд, а количество слабых галактик, наоборот, меньше, чем вдали от него?

**6. Решение.** Наблюдая области неба, близкие к Млечному Пути, мы видим звезды нашей Галактики, сконцентрированные в ее диске. Именно их излучение сливается в светлую полосу Млечного Пути. Вдоль Млечного Пути наблюдается много молодых горячих звезд, которые рождаются из уплотненного в галактической плоскости межзвездного вещества. Однако все это вещество, точнее, его пылевая составляющая, поглощает свет более далеких объектов. Поэтому галактики практически и не видны вблизи полосы Млечного Пути.

## 9. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДЛЕЖАЩАЯ РАЗДАЧЕ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ.

### 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  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Универсальная газовая постоянная  $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

Постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Масса протона  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

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  $695\,000 \text{ км}$

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  $5800 \text{ К}$

Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0.017$

Тропический год  $365.24219 \text{ суток}$

Средняя орбитальная скорость  $29.8 \text{ км/с}$

Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$

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:  $\text{N}_2$  (78%),  $\text{O}_2$  (21%),  $\text{Ar}$  (~1%).

### Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли  $384400 \text{ км}$



Минимальное расстояние от Земли 356410 км  
 Максимальное расстояние от Земли 406700 км  
 Эксцентриситет орбиты 0.055  
 Наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09'  
 Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток  
 Синодический период обращения 29.530589 суток  
 Радиус 1738 км  
 Масса  $7.348 \cdot 10^{22}$  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  $-12.7^m$

### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108.97	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	25.33	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.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	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 <sup>3</sup>	км	сут		m
<b>Земля</b>							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
<b>Марс</b>							
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
<b>Юпитер</b>							
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
<b>Сатурн</b>							
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
<b>Уран</b>							
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
<b>Нептун</b>							
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).

## 10. ПРИЛОЖЕНИЕ

**Вопросы по астрономии, рекомендуемые центральной предметно-методической комиссией Всероссийской Олимпиады по астрономии для подготовки школьников к решению задач этапов Олимпиады**

### 10.1. 9 класс.

#### 1.1. Звездное небо.

Созвездия и ярчайшие звезды неба: названия, условия видимости в различные сезоны года.

#### 1.2. Небесная сфера.

Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная система координат, основные круги и линии на небесной сфере. Высота над горизонтом небесных светил в кульминации. Высота полюса Мира. Изменение вида звездного неба в течение суток. Подвижная карта звездного неба. Рефракция (качественно). Сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. Понятия углового расстояния на небесной сфере и угловых размеров объектов.

#### 1.3. Движение Земли по орбите.

Видимый путь Солнца по небесной сфере. Изменение вида звездного неба в течение года. Эклиптика, понятие полюса эклиптики и эклиптической системы координат. Зодиакальные созвездия. Прецессия, изменение экваториальных координат светил из-за прецессии.

#### 1.4. Измерение времени.

Тропический год. Солнечные и звездные сутки, связь между ними. Солнечные часы. Местное, поясное время. Истинное и среднее солнечное время, уравнение времени. Звездное время. Часовые пояса и исчисление времени в нашей стране; декретное время, летнее время. Летоисчисление. Календарь, солнечная и лунная система календаря. Новый и старый стиль.

#### 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения.

Форма орбит: эллипс, парабола, гипербола. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси, эксцентриситет. Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера (включая обобщенный третий закон Кеплера). Первая и вторая космические скорости. Круговая скорость, скорость движения в точках перицентра и апоцентра. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения. Расчеты времени межпланетных перелетов по касательной траектории.

### 1.6. Солнечная система.

Строение, состав, общие характеристики. Размеры, форма, масса тел Солнечной системы, плотность их вещества. Отражающая способность (альbedo). Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Астрономическая единица. Угловые размеры планет. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Видимые движения и конфигурации планет. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия наступления. Малые тела Солнечной системы. Метеороиды, метеоры и метеорные потоки. Метеориты. Орбиты планет, астероидов, комет и метеороидов. Возмущения в движении планет. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы.

### 1.7. Система Солнце - Земля - Луна.

Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Синодический, сидерический, аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрывтия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

### 1.8. Оптические приборы.

Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений (бинокль, фотоаппарат, линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы). Построение изображений протяженных объектов в фокальной плоскости. Угловое увеличение, масштаб изображения. Крупнейшие телескопы нашей страны и мира.

### 1.9. Шкала звездных величин.

Представление о видимых звездных величинах различных астрономических объектов. Решение задач на звездные величины в целых числах. Зависимость яркости от расстояния до объекта.

### 1.10. Электромагнитные волны.

Скорость света. Различные диапазоны электромагнитных волн. Видимый свет, длины волн и частоты видимого света. Радиоволны.

### 1.11. Общие представления о структуре Вселенной.

Пространственно-временные масштабы Вселенной. Наша Галактика и другие галактики, общее представление о размерах, составе и строении.

### 1.12. Измерения расстояний в астрономии.

Внесистемные единицы в астрономии (астрономическая единица, световой год, парсек, килопарсек, мегапарсек). Методы радиолокации, суточного и годового параллакса. Аберрация света.

### 1.13. Дополнительные вопросы.

*Дополнительные вопросы по математике:* Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором. Единицы измерения углов: градус и его части, радиан, часовая мера. Понятие сферы, большие и малые круги. Формулы для синуса и тангенса малого угла. Решение треугольников, теоремы синусов и косинусов. Элементарные формулы тригонометрии.

*Дополнительные вопросы по физике:* Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Потенциальная энергия взаимодействия точечных масс. Геометрическая оптика, ход лучей через линзу.

## 10.2. 10 класс.

### 2.1. Шкала звездных величин.

Звездная величина, ее связь с освещенностью. Формула Погсона. Связь видимого блеска с расстоянием. Абсолютная звездная величина. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите.

### 2.2. Звезды, общие понятия.

Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Законы излучения абсолютно черного тела: закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина. Понятие эффективной температуры.

### 2.3. Классификация звезд.

Представление о фотометрической системе UBVR, показатели цвета. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела). Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты. Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

### 2.4. Движение звезд в пространстве.

Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения. Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Апекс.

## 2.5. Двойные и переменные звезды.

Затменные переменные звезды. Спектрально-двойные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах. Внесолнечные планеты. Пульсирующие переменные звезды, их типы, кривые блеска. Зависимость «период-светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды.

## 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления.

Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Диаграммы «цвет-светимость» для звезд скоплений. Движения звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления.

## 2.7. Солнце.

Основные характеристики, общее представление о внутреннем строении и строении атмосферы. Характеристики Солнца как звезды, солнечная постоянная. Солнечная активность, циклы солнечной активности. Магнитные поля на Солнце. Солнечно-земные связи.

## 2.8. Ионизованное состояние вещества.

Понятие об ионизованном газе. Процессы ионизации и рекомбинации. Общее представление об ионах в атмосфере Земли и межпланетной среде. Магнитное поле Земли. Полярные сияния.

## 2.9. Межзвездная среда.

Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Межзвездное поглощение света, его зависимость от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд. Газовые и диффузные туманности. Звездообразование. Межзвездное магнитное поле.

## 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способность.

Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов.

## 2.11. Дополнительные вопросы.

*Дополнительные вопросы по математике:* площадь поверхности и сферы, объем шара.

*Дополнительные вопросы по физике:* Газовые законы. Понятие температуры, тепловой энергии газа, концентрации частиц и давления. Основы понятия спектра, дифракции света.

### 10.3. 11 класс.

#### 3.1. Основы теории приливов.

Приливное воздействие. Понятие о радиусе сферы Хилла, полости Роша. Точки либрации.

#### 3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды.

Рассеяние и поглощение света в атмосфере Земли, в межпланетной и межзвездной среде, зависимость поглощения от длины волны. Атмосферная рефракция, зависимость от высоты объекта, длины волны света.

#### 3.3. Законы излучения.

Интенсивность излучения. Понятие спектра. Излучение абсолютно черного тела. Формула Планка. Приближения Релея-Джинса и Вина, области их применения. Распределение энергии в спектрах различных астрономических объектов.

#### 3.4. Спектры звезд.

Основы спектрального анализа. Линии поглощения в спектрах звезд, спектральная классификация. Атмосферы Солнца и звезд. Фотосфера и хромосфера Солнца.

#### 3.5. Спектры излучения разреженного газа.

Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний.

#### 3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд.

Ядерные источники энергии звезд, запасы ядерной энергии. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Образование химических элементов в недрах звезд различных типов, в сверхновых звездах (качественно).

#### 3.7. Эволюция Солнца и звезд.

Стадия гравитационного сжатия при образовании звезды. Время жизни звезд различной массы. Сверхновые звезды. Поздние стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Гравитационный радиус. Пульсары.

#### 3.8. Строение и типы галактик.

Наша Галактика. Ближайшие галактики. Расстояние до ближайших галактик. Наблюдательные особенности галактик. Состав галактик и их физические характеристики. Вращение

галактических дисков. Морфологические типы галактик. Активные ядра галактик, радиогалактики, квазары.

### 3.9. Основы космологии.

Определение расстояний до галактик. Сверхновые I типа. Красное смещение в спектрах галактик. Закон Хаббла. Скопления галактик. Представление о гравитационных линзах (качественно). Крупномасштабная структура Вселенной. Реликтовое излучение и его спектр.

### 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений.

Элементарные сведения о современных методах фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Использование светофильтров. Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

### 3.11. Дополнительные вопросы.

*Дополнительные вопросы по математике:* основы метода приближенных вычислений и разложений в ряд. Приближенные формулы для  $\cos x$ ,  $(1+x)^n$ ,  $\ln(1+x)$ ,  $e^x$  в случае малых  $x$ .

*Дополнительные вопросы по физике:* Элементы специальной теории относительности. Релятивистская формула для эффекта Доплера. Гравитационное красное смещение. Связь массы и энергии. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон). Квантовые и волновые свойства света. Энергия квантов, связь с частотой и длиной волны. Давление света. Спектр атома водорода. Космические лучи. Понятие об интерференции и дифракции.