

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.П. Астафьева»

Институт математики, физики и информатики
Выпускающая кафедра физики

Грантовская Виктория Олеговна
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема «Подготовка учащихся к участию в заключительном этапе
всероссийской олимпиады школьников по астрономии»

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование
Профиль Физика и информатика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ



Зав. кафедрой физики,
д.ф.м.н., профессор
А.М. Баранов

Руководитель

к.т.н., доцент кафедры
физики

С.В. Бутаков

Дата защиты « 14 » июня 2016

Обучающийся Грантовская В.О.

« 14 » июня 2016

Оценка хорошо

Красноярск

2016

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Порядок проведения заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии	5
1.1. История олимпиадного движения по астрономии в России	5
1.2. Организация и проведение заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии.....	12
Глава 2. Задания заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии	17
2.1. Анализ заданий заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии	17
2.2. Методические рекомендации по подготовке учащихся к участию в этапах всероссийской олимпиады школьников по астрономии	45
Заключение	50
Литература	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	73

Введение

Проведение олимпиад школьников по астрономии и другим учебным предметам в России стало уже традицией. В настоящее время участие во всероссийской олимпиаде школьников дает несколько больше преимуществ, чем в ранние годы проведения. В прошлом – талантливые дети просто отстаивали честь школы, а сегодня, выиграв олимпиаду, можно облегчить себе поступление практически в любой вуз страны. Вместе с тем, олимпиада помогает выявить уровень знаний учащихся, раскрыть их потенциальные способности, так как олимпиадные задания отличаются от стандартных заданий школьной программы и они имеют более сложный характер. Так же, принимая участие в олимпиадах с младших классов, учащиеся набираются опыта, что помогает им в дальнейшем при обучении. Для наиболее успешного выполнения такого рода заданий ученикам необходимо не только иметь нестандартное мышление и эрудированность, но и хороший уровень дополнительной подготовки по предмету. Обычно для подготовки к олимпиадам используются задания предыдущих лет, которые публикуются вместе с подробными решениями. Анализ этих заданий можно использовать для создания наиболее эффективной программы подготовки школьников к олимпиаде, которая повысит результативность их участия. Поэтому актуальной задачей является разработка таких образовательных программ.

Цель работы: разработать эффективную дополнительную образовательную программу для подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

Объект исследования:

обучение астрономии.

Предмет исследования:

всероссийская олимпиада школьников по астрономии.

Гипотеза:

разработанная дополнительная образовательная программа по астрономии будет способствовать повышению качества подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

Решаемые задачи:

1. Ознакомится с историей всероссийской олимпиады школьников по астрономии и регламентом проведения её заключительного этапа.
2. Выполнить анализ разделов астрономии и тем, которые использовались в заданиях заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в период с 2010 по 2016 годы.
3. Определить степень выполнения заданий участниками заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в разрезе разделов астрономии и тем в период с 2010 по 2016 годы.
4. Разработать дополнительную образовательную программу для подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии.
5. Провести апробацию разработанной дополнительной образовательной программы.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Работа изложена на 53 страницах и содержит 10 рисунков и 9 таблиц. Библиографический список включает 20 наименований.

Глава 1. Порядок проведения заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

1.1. История олимпиадного движения по астрономии в России

На протяжении многих лет, с 1947 года, в СССР существовала только одна астрономическая олимпиада – Московская. Ее участниками, победителями, а потом и организаторами, членами жюри были многие известные астрономы СССР и России. Некоторые из них стояли и у истоков Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, история которой начинается в 1994 году, когда с инициативой провести у себя в подобную олимпиаду выступил город Ярославль [4].

Учредителями первой олимпиады стали Министерство образования Российской Федерации, Евро-Азиатское Астрономическое общество, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский городской дворец творчества детей и юношества, Ногинский научный центр РАН, Московский научно-технический центр «Космофлот» и Ярославский городской научно-педагогический центр. Таким образом, астрономия стала восьмым предметом в единой системе общероссийских олимпиад (вместе с математикой, физикой, химией, биологией, информатикой, географией и экологией) [4].

В первый год многие края, области, республики не успели провести свои региональные олимпиады и направить команды на заключительный этап, который прошел с 16 по 20 мая в Ярославле. В этот старинный русский город, известный своими давними астрономическими традициями, съехалось более шестидесяти участников – школьников 7-11-х классов из тринадцати регионов России. В Ярославском планетарии состоялось открытие олимпиады, в следующие два дня были проведены теоретический и творческий туры [4].

С тех пор Заключительный этап Всероссийской олимпиады по астрономии проводится ежегодно весной. Как правило, первым проводится

теоретический тур олимпиады, на котором школьникам обычно предлагается по 6 задач на 4 часа (лишь на второй олимпиаде было предложено по 5 задач, а на их решение отводилось 3,5 часа, с 2007 года продолжительность туров увеличена до 5 часов). На первых двух олимпиадах участники заключительного этапа соревновались в двух возрастных категориях: 8-9-е классы (в эту группу включаются также приезжающие порой семиклассники) и 10-11-е классы. Начиная с третьей олимпиады, 10-е и 11-е классы были разделены, а также увеличено представительство территорий [5].

С 1996 по 2003 год каждая область, край, республика, Москва и Санкт-Петербург могла направить на заключительный этап олимпиады двух 11-классников, двух десятиклассников и четырех участников по 8-9-м классам (плюс дополнительно дипломантов I-II степени заключительного этапа предыдущей олимпиады). Города и районы России, проводившие у себя астрономические олимпиады, по согласованию с Координационным советом могли представлять свою область на заключительном этапе, если область не посылала команду на заключительный этап. Было возможно также участие команд из других стран. С 2004 года каждый регион направляет участников на заключительный этап согласно квоте, своей для каждого субъекта Российской Федерации. С 2009 года, после утверждения нового Положения о Всероссийской олимпиаде школьников, отбор на заключительный этап производится по единому рейтингу участников, составленному по итогам регионального этапа олимпиады [5].

Специальная программа организуется для руководителей, которые привозят своих школьников на олимпиаду. Как правило, руководители – это те энтузиасты преподавания астрономии, которые являются инициаторами и основными организаторами работы в своих областях и городах. Во многих местах очень трудно найти новую астрономическую литературу, узнать свежие астрономические новости. Приезд на олимпиаду для многих руководителей – это реальная возможность получить новую информацию как от ученых-астрономов, работающих в жюри, так и друг от друга. Не

случайно, что руководители, несколько раз привозившие школьников на олимпиады, почувствовали необходимость более тесного сотрудничества и стали инициаторами образования Ассоциации учителей астрономии [5].

Олимпиада стала крупнейшим в России форумом для увлеченных астрономией детей и их наставников, местом не только соревнования, но и научно-популярных лекций, обмена опытом и широкой культурной программы. Начиная с 2006 года, количество участников заключительного этапа и представляемых ими регионов непрерывно увеличивается. На заключительный этап олимпиады по астрономии 2016 года в город Саранск приехали 174 школьника из 41 региона Российской Федерации.

Места проведения заключительных этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии представлены в таблице 1 [5]:

Таблица 1.

№ олимпиады	Год	Город
1	май 1994 года	Ярославль
2	май 1995 года	Рязань
3	май 1996 года	Калуга
4	апрель 1997 года	Троицк
5	апрель 1998 года	Троицк
6	март 1999 года	Троицк
7	апрель 2000 года	Белгород

8	апрель 2001 года	Троицк
9	апрель 2002 года	Сыктывкар и Красноярск
10	апрель 2003 года	Курск
11	апрель 2004 года	Пушино
12	апрель 2005 года	Пушино
13	апрель 2006 года	Саранск
14	апрель 2007 года	Саранск
15	апрель 2008 года	Новороссийск
16	апрель 2009 года	Анапа
17	апрель 2010 года	Анапа
18	апрель 2011 года	Анапа
19	апрель 2012 года	Орёл
20	апрель 2013 года	Орловская область (г. Орел)
21	апрель 2014 год	Великий Новгород
22	апрель 2015 год	Великий Новгород
23	март 2016 год	Саранск

В настоящее время, помимо официальных олимпиад, таких как всероссийская олимпиада школьников по астрономии и Санкт-Петербургская

астрономическая олимпиада [7], являющихся частью Российской системы олимпиадного движения, проводятся ряд других интеллектуальных соревнований школьников по астрономии, такие, как Азиатско-тихоокеанская астрономическая олимпиада, впервые состоявшаяся в городе Иркутске в 2005 году; олимпиады наукоградов и научных центров (ННЦ), проводимые под Москвой в научном центре «Черноголовка» Российской Академии наук, астрономия на которых присутствует с 1986/87 учебного года; Русский Международный астрономический турнир школьников, впервые организованный в 2006 году и представляющий собой лично-командное состязание школьников старших классов в умении решать сложные исследовательские и научные проблемы.

В Красноярском крае впервые районная и краевая олимпиады по астрономии были проведены в 1997–1998 учебном году в рамках всероссийской олимпиады школьников. В апреле 2002 года Красноярский край принял участников заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии и физике космоса. Олимпиада проводилась одновременно в двух городах: в Железногорске (Красноярский край) – для учащихся регионов Сибири и Дальнего Востока и в Сыктывкаре (Республика Коми) – для школьников европейской части России. В г. Железногорск съехались 29 школьников из 5 регионов Сибири (Красноярский край, Новосибирская область, Томская область, Кемеровская область, Иркутская область). Задания были едиными для участников в Сыктывкаре и Железногорске, а подведение итогов и распределение мест производилось по единому протоколу жюри [12].

Школьники Красноярского края неоднократно становились призерами и победителями на заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Список учащихся Красноярского края – призеров и победителей заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии – за всю историю ее проведения приведен в таблице 2 [12].

Таблица 2.

Год	Участник	Класс	Населенный пункт	Образовательное учреждение	Результат
1998	Канищев К.А.	8	Железногорск	МОУ «СОШ № 178»	Призер
2002	Ибрагимов А.А.	9	г. Красноярск	МОУ «СОШ № 10»	Победитель
2002	Обушенко А.В.	10	г. Красноярск	МОУ «СОШ № 10»	Победитель
2002	Васильев Д.С.	11	г. Зеленогорск	МОУ «СОШ №161»	Призер
2002	Ушаков В.С.	11	г. Красноярск	МОУ «СОШ № 89»	Призер
2002	Карпов А.В.	11	г. Красноярск	МОУ «СОШ № 115»	Призер
2010	Пузырев А.А.	9	г. Красноярск	МБОУ «СОШ №7»	Призер
2010	Жук М.Ю.	9	г. Зеленогорск	МОУ «СОШ №161»	Призер
2010	Ефимов В.О.	11	г. Красноярск	МОУ «СОШ № 145»	Призер
2011	Жук М.Ю.	10	г. Зеленогорск	МОУ «СОШ №161»	Призер

2012	Жук М.Ю.	11	г. Зеленогорск	МБОУ «СОШ №161»	Призер
2014	Юшков Р.А.	10	г. Красноярск	МАОУ Лицей №7	Призер
2015	Юшков Р.А.	11	г. Красноярск	МАОУ Лицей №7	Призер
2016	Мельников А.Р.	9	г. Красноярск	МАОУ Лицей №7	Призер

1.2. Организация и проведение заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

Всероссийская олимпиада по астрономии проводится каждый год, как правило, в рамках учебного года в период с 1 сентября по 30 апреля. Координирует организацию и проведение олимпиады Центральный оргкомитет под руководством председателя. У оргкомитета есть ряд обязанностей. Например, оргкомитет обязан вносить предложения по составу центральных предметно-методических комиссий, жюри заключительного этапа, срокам и местам проведения олимпиады, числу участников заключительного этапа олимпиады, набравших необходимое количество баллов на региональном этапе олимпиады, по совершенствованию и развитию олимпиады. Ещё одной обязанностью оргкомитета является установление квоты победителей и призеров, которые составляют не более 45 процентов от общего числа участников заключительного этапа олимпиады, при этом число победителей заключительного этапа олимпиады не должно превышать 8 процентов от общего числа участников заключительного этапа олимпиады. Также оргкомитет должен заслушивать отчеты центральных предметно-методических комиссий олимпиады о результатах их работы [1].

Состав Центрального оргкомитета олимпиады формируется из представителей образовательных организаций высшего образования, федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования, центральных предметно-методических комиссий олимпиады и утверждается Минобрнауки России. Организационно-техническое, информационное обеспечение деятельности Центрального оргкомитета олимпиады осуществляет Минобрнауки России.

Центральные предметно-методические комиссии олимпиады до 1 декабря разрабатывают, утверждают и направляют организаторам регионального и заключительного этапов олимпиады требования к организации и проведению олимпиады. Эти требования определяют описание необходимого материально-технического обеспечения для выполнения олимпиадных заданий, перечень справочных материалов, средств связи и электронно-вычислительной техники, критерии и методики оценивания выполненных олимпиадных заданий, процедуру регистрации участников олимпиады, показ олимпиадных работ, рассмотрения апелляций участников олимпиады, время начала регионального этапа олимпиады с учетом часовых поясов, регламент заполнения, регистрации и учета дипломов победителей и призеров заключительного этапа олимпиады. Комиссия, также, составляет олимпиадные задания на основе содержания образовательных программ основного общего и среднего общего образования углубленного уровня и соответствующей направленности (профиля), формируют из них комплекты заданий для регионального и заключительного этапов олимпиады. Хранение олимпиадных заданий для регионального и заключительных этапов олимпиады до их направления в Минобрнауки России обеспечивает комиссия и несет установленную законодательством Российской Федерации ответственность за их конфиденциальность. Комплекты олимпиадных заданий представляют в Минобрнауки России не позднее 30 календарных дней до даты начала регионального и заключительного этапов олимпиады на электронных носителях в зашифрованном виде. Также, ежегодно представляют в Минобрнауки России аналитические отчеты о результатах олимпиады по соответствующему общеобразовательному предмету.

Для объективной проверки олимпиадных заданий, выполненных участниками олимпиады, на каждом этапе олимпиады формируется жюри олимпиады. Жюри принимает для оценивания закодированные (обезличенные) олимпиадные работы участников олимпиады и оценивает

выполненные задания в соответствии с утвержденными критериями и методиками оценивания выполненных олимпиадных заданий. Жюри в обязательном порядке представляет результаты олимпиады каждому из её участников. После чего проводит с участниками олимпиады анализ олимпиадных заданий и их решений. При необходимости очно осуществляет показ выполненных олимпиадных заданий и рассматривает апелляции участников олимпиады с использованием видеофиксации. Только жюри определяет победителей и призеров олимпиады на основании рейтинга и в соответствии с квотой, при этом победителем, призером заключительного этапа олимпиады признается участник, набравший не менее 50 процентов от максимально возможного количества баллов по итогам оценивания выполненных олимпиадных. В случае равного количества баллов участников олимпиады, занесенных в итоговую таблицу, решение об увеличении квоты победителей и (или) призеров этапа олимпиады принимает непосредственно организатор олимпиады соответствующего этапа. В обязанности жюри также входит представление организатору олимпиады результатов олимпиады (протоколы) для их утверждения и представление организатору соответствующего этапа олимпиады аналитического отчета о результатах выполнения олимпиадных заданий.

Состав жюри всех этапов олимпиады должен меняться не менее чем на пятую часть от общего числа членов не реже одного раза в пять лет. Главными принципами деятельности Центрального оргкомитета олимпиады, центральных предметно-методических комиссий и жюри всех этапов олимпиады являются компетентность, объективность, гласность, а также, что немало важно, соблюдение норм профессиональной этики [1].

Принимать индивидуальное участие в заключительном этапе олимпиады имеют право участники регионального этапа олимпиады текущего учебного года, которые набрали необходимое количество баллов, установленное Минобрнауки России, а также победители и призеры заключительного этапа олимпиады предыдущего учебного года,

продолжающие обучение в организациях, осуществляющих образовательную деятельность. Победители и призеры заключительного этапа олимпиады предыдущего года обладают некой привилегией по сравнению с другими участниками. Они вправе выполнять олимпиадные задания, разработанные для более старших классов по отношению к тем, в которых они проходят обучение.

Минобрнауки России утверждает составы оргкомитетов заключительного этапа олимпиады, место, где проводится заключительный этап олимпиады, формирует жюри заключительного этапа олимпиады и утверждает их составы и устанавливает количество баллов по каждому классу, необходимое для участия в заключительном этапе олимпиады. Минобрнауки, также, заблаговременно информирует руководителей органов государственной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих государственное управление в сфере образования, Центральный оргкомитет олимпиады, центральные предметно-методические комиссии олимпиады, оргкомитеты заключительного этапа олимпиады, участников заключительного этапа олимпиады и их родителей (законных представителей) о сроках и местах проведения заключительного этапа олимпиады, а также о настоящем порядке и требованиях к организации и проведению заключительного этапа олимпиады. Утверждает итоговые результаты олимпиады (рейтинг победителей и рейтинг призеров олимпиады) и публикует их на официальном сайте олимпиады в сети «Интернет» вместе с протоколами жюри заключительного этапа олимпиады с указанием сведений об участниках. Ещё одна из функций Минобрнауки России – награждение победителей и призеров олимпиады дипломами.

Оргкомитеты заключительного этапа олимпиады должны определять организационно-технологическую модель проведения заключительного этапа олимпиады. По мимо этого, оргкомитет обеспечивает организацию и проведение заключительного этапа олимпиады в соответствии с утвержденными центральными предметно-методическими комиссиями

олимпиады требованиями к проведению заключительного этапа олимпиады, обеспечивает участников данного этапа олимпиады проживанием и питанием на время его в соответствии с действующими на момент проведения олимпиады санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами, обеспечивает хранение олимпиадных заданий для заключительного этапа олимпиады и осуществляет их кодирование (обезличивание). Именно оргкомитеты несут ответственность за жизнь и здоровье участников олимпиады во время её проведения.

Финансовое и научно-методическое обеспечение заключительного этапа олимпиады осуществляются за счет средств федерального бюджета [1].

Глава 2. Задания заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

2.1. Анализ заданий заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии

Выполним анализ разделов астрономии и тем (далее по тексту – темы), которые использовались в заданиях заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в период с 2010 по 2016 годы, что позволит в дальнейшем, при разработке дополнительной образовательной программы для подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии, уделить большее внимание на те темы, которые чаще встречаются в заданиях.

Ниже представлен перечень тем для 9, 10 и 11 классов, которые рекомендованы центральной предметно-методической комиссией по астрономии всероссийской олимпиады школьников для подготовки учащихся к решению задач заключительного этапа олимпиады.

Темы для 9 класса:

- 1.1. Звездное небо
- 1.2. Небесная сфера
- 1.3. Движение Земли по орбите
- 1.4. Измерение времени
- 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения
- 1.6. Солнечная система
- 1.7. Система Солнце–Земля–Луна
- 1.8. Оптические приборы
- 1.9. Шкала звездных величин
- 1.10. Электромагнитные волны
- 1.11. Общие представления о структуре Вселенной
- 1.12. Измерения расстояний в астрономии

- 1.13. Дополнительные вопросы

Темы для 10 класса:

- 2.1. Шкала звездных величин
- 2.2. Звезды, общие понятия
- 2.3. Классификация звезд
- 2.4. Движение звезд в пространстве
- 2.5. Двойные и переменные звезды
- 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления
- 2.7. Солнце
- 2.8. Ионизованное состояние вещества
- 2.9. Межзвездная среда
- 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности
- 2.11. Дополнительные вопросы

Темы для 11 класса:

- 3.1. Основы теории приливов.
- 3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды
- 3.3. Законы излучения
- 3.4. Спектры звезд
- 3.5. Спектры излучения разреженного газа
- 3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии

Солнца и звезд

- 3.7. Эволюция Солнца и звезд
- 3.8. Строение и типы галактик
- 3.9. Основы космологии
- 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений
- 3.11. Дополнительные вопросы

Для анализа были использованы олимпиадные задания с их решениями, размещенные на официальном сайте всероссийской олимпиады по астрономии [5], образец которых содержится в Приложении 1. Результаты анализа представлены ниже в таблицах 3–5.

Таблица 3. Темы задач для 9 класса

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	1.2. Небесная сфера. 1.4. Измерение времени	1.3. Движение Земли по орбите 1.2. Небесная сфера.	1.2. Небесная сфера	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.2. Небесная сфера
2	1.2. Небесная сфера	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система.	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 1.8. Оптические приборы	1.3. Движение Земли по орбите 1.5. Движение небесных тел под действием силы	2.1. Шкала звездных величин 1.2. Небесная сфера	1.4. Измерение времени 1.5. Движение небесных тел под действием силы
3	1.4. Измерение времени	1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 1.8. Оптические приборы	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.6. Солнечная система	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.13. Дополнительные вопросы
4	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система	1.3. Движение Земли по орбите 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система	1.8. Оптические приборы 1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система
5	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.8. Оптические приборы 1.4. Измерение времени	1.6. Солнечная система 1.12. Измерения расстояний в астрономии	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.2. Небесная сфера 1.8. Оптические приборы	1.1. Звездное небо 1.9. Шкала звездных величин 2.1. Шкала звездных величин	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система

6	1.9. Шкала звездных величин	1.2. Небесная сфера 1.10. Электромагнитные волны 1.9. Шкала звездных величин 2.1. Шкала звездных величин 2.9. Межзвездная среда 1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система 1.8. Оптические приборы 1.9. Шкала звездных величин 1.11. Общие представления о структуре Вселенной	1.6. Солнечная система 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.11. Общие представления о структуре Вселенной 2.1. Шкала звездных величин	1.11. Общие представления о структуре Вселенной 2.3. Классификация звезд	1.6. Солнечная система 1.11. Общие представления о структуре Вселенной 2.1. Шкала звездных величин
Практический тур							
1	1.13. Дополнительные вопросы 1.8. Оптические приборы	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.6. Солнечная система	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 2.1. Шкала звездных величин	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.6. Солнечная система	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.1. Звездное небо 1.3. Движение Земли по орбите
2	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	2.9. Межзвездная среда 1.12. Измерения расстояний в астрономии 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин	1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система 2.4. Движение звезд в пространстве	1.2. Небесная сфера
3	1.11. Общие представления о структуре Вселенной	1.6. Солнечная система 1.1. Звездное небо	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 2.7. Солнце	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.4. Измерение времени 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.4. Измерение времени
Блиц тест							
1							1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени
2							1.7. Система Солнце–Земля–Луна
3							1.1. Звездное небо 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления

		1.2. Небесная сфера 3.8. Строение и типы галактик
4		1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин

Таблица 4. Темы задач для 10 класса

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.3. Движение Земли по орбите 1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 2.1. Шкала звездных величин 1.4. Измерение времени	1.3. Движение Земли по орбите 1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы	1.2. Небесная сфера
2	1.2. Небесная сфера 2.1. Шкала звездных величин	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения. 1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.4. Измерение времени.	2.2. Звезды, общие понятия 2.1. Шкала звездных величин	1.5. Движение небесных тел под действием силы 1.8. Оптические приборы	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы	1.4. Измерение времени 1.5. Движение небесных тел под действием силы
3	1.4. Измерение времени.	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 2.1. Шкала звездных величин	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 2.7. Солнце	1.6. Солнечная система 1.3. Движение Земли по орбите	1.6. Солнечная система 2.7. Солнце 2.1. Шкала звездных величин	3.10. Приемники излучения и методы наблюдений 1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений
4	1.3. Движение Земли по орбите	2.1. Шкала звездных величин	1.8. Оптические приборы	1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера	1.6. Солнечная система	1.5. Движение небесных тел под

	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.6. Солнечная система	1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 2.1. Шкала звездных величин	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения		2.1. Шкала звездных величин	действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин
5	1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.5. Движение небесных тел под действием силы	1.6. Солнечная система 1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы 1.12. Измерения расстояний в астрономии	1.5. Движение небесных тел под действием силы 2.1. Шкала звездных величин	1.9. Шкала звездных величин 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.2. Небесная сфера	2.1. Шкала звездных величин 2.2. Звезды, общие понятия
6	2.2. Звезды, общие понятия 2.1. Шкала звездных величин	1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин	2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления 2.1. Шкала звездных величин 1.12. Измерения расстояний в астрономии	2.2. Звезды, общие понятия 2.7. Солнце 1.5. Движение небесных тел под действием силы	2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления	1.3. Движение Земли по орбите 1.4. Измерение времени	1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.4. Движение звезд в пространстве
Практический тур							
1	1.13. Дополнительные вопросы 1.8. Оптические приборы	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.13. Дополнительные вопросы	1.6. Солнечная система 1.2. Небесная сфера	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система
2	1.3. Движение Земли по орбите	1.8. Оптические приборы	1.3. Движение Земли по орбите	2.1. Шкала звездных величин	3.10. Приемники излучения и	1.2. Небесная сфера	1.5. Движение небесных тел под

	1.9. Шкала звездных величин 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 1.6. Солнечная система	2.1. Шкала звездных величин 1.1. Звездное небо	1.5. Движение небесных тел под действием силы 2.7. Солнце	методы наблюдений 2.1. Шкала звездных величин	1.3. Движение Земли по орбите 1.6. Солнечная система	действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система 2.2. Звезды, общие понятия 3.7. Эволюция Солнца и звезд
3	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система.	2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 2.1. Шкала звездных величин 2.9. Межзвездная среда	2.9. Межзвездная среда 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений 1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите	1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин 1.12. Измерения расстояний в астрономии	1.4. Измерение времени 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	3.8. Строение и типы галактик 3.9. Основы космологии	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 1.7. Система Солнце–Земля–Луна
Блиц тест							
1							1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени
2							1.7. Система Солнце–Земля–Луна
3							1.1. Звездное небо 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления 1.2. Небесная сфера 3.8. Строение и типы галактик
4							1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин

Таблица 5. Темы задач для 11 класса

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система 1.3. Движение Земли по орбите	1.4. Измерение времени 1.3. Движение Земли по орбите	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система	1.2. Небесная сфера 2.11. Дополнительные вопросы	1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени 1.13. Дополнительные вопросы
2	1.2. Небесная сфера. 1.3. Движение Земли по орбите 2.7. Солнце	1.6. Солнечная система 3.9. Основы космологии 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений	2.7. Солнце 2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 1.8. Оптические приборы	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система	2.1. Шкала звездных величин 1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления	2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности 2.1. Шкала звездных величин	1.2. Небесная сфера. 1.3. Движение Земли по орбите 1.7. Система Солнце–Земля–Луна
3	1.6. Солнечная система 2.11. Дополнительные вопросы	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	2.5. Двойные и переменные звезды 1.9. Шкала звездных величин	1.6. Солнечная система 1.2. Небесная сфера	3.3. Законы излучения 3.4. Спектры звезд 2.9. Межзвездная среда	1.3. Движение Земли по орбите 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.2. Небесная сфера 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений
4	1.3. Движение Земли по орбите 1.7. Система Солнце–Земля–Луна	1.6. Солнечная система 1.7. Система Солнце–Земля–Луна 2.7. Солнце	2.7. Солнце 1.6. Солнечная система 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.1. Шкала звездных величин	3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд 2.2. Звезды, общие понятия	2.7. Солнце 1.12. Измерения расстояний в астрономии 1.6. Солнечная система	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин
5	2.3. Классификация звезд 3.10. Приемники излучения и методы	1.6. Солнечная система 2.2. Звезды, общие понятия	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.6. Солнечная	2.1. Шкала звездных величин 3.2. Оптические	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 1.2. Небесная сфера	2.1. Шкала звездных величин 2.5. Двойные и переменные звезды	2.10. Телескопы, разрешающая и проникающая способности

	наблюдений 2.1. Шкала звездных величин		система 1.3. Движение Земли по орбите	свойства атмосфер планет и межзвездной среды			3.10. Приемники излучения и методы наблюдений 3.9. Основы космологии
6	3.4. Спектры звезд 2.1. Шкала звездных величин 2.2. Звезды, общие понятия	1.11. Общие представления о структуре Вселенной 2.1. Шкала звездных величин 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений 2.7. Солнце	2.2. Звезды, общие понятия 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	3.10. Приемники излучения и методы наблюдений 1.2. Небесная сфера 2.1. Шкала звездных величин	2.5. Двойные и переменные звезды 2.1. Шкала звездных величин 1.2. Небесная сфера	2.9. Межзвездная среда 2.11. Дополнительные вопросы 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 2.2. Звезды, общие понятия	1.2. Небесная сфера 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений
Практический тур							
1	3.3. Законы излучения 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений	1.6. Солнечная система 1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 2.1. Шкала звездных величин	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.9. Шкала звездных величин 1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система 1.4. Измерение времени 1.2. Небесная сфера	1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.3. Движение Земли по орбите 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система
2	1.3. Движение Земли по орбите 1.9. Шкала звездных величин 1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1.6. Солнечная система 1.7. Система Солнце–Земля–Луна 3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды	1.7. Система Солнце–Земля–Луна 2.1. Шкала звездных величин 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений	3.4. Спектры звезд 3.3. Законы излучения	2.1. Шкала звездных величин 3.10. Приемники излучения и методы наблюдений	3.4. Спектры звезд 3.8. Строение и типы галактик 3.3. Законы излучения 2.1. Шкала звездных величин 1.12. Измерения расстояний в астрономии	1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения 1.6. Солнечная система 2.2. Звезды, общие понятия 3.7. Эволюция Солнца и звезд

3	1.2. Небесная сфера 1.6. Солнечная система	1.6. Солнечная система 1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.1. Шкала звездных величин 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления	1.1. Звездное небо 2.1. Шкала звездных величин 2.4. Движение звезд в пространстве 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления 2.3. Классификация звезд	3.4. Спектры звезд 3.3. Законы излучения 3.8. Строение и типы галактик 1.12. Измерения расстояний в астрономии 2.1. Шкала звездных величин	1.6. Солнечная система 2.1. Шкала звездных величин	3.8. Строение и типы галактик 3.9. Основы космологии	3.4. Спектры звезд 3.8. Строение и типы галактик 3.9. Основы космологии 3.11. Дополнительные вопросы
Блиц тест							
1							1.1. Звездное небо 1.2. Небесная сфера 1.4. Измерение времени
2							1.7. Система Солнце–Земля–Луна
3							1.1. Звездное небо 2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления 1.2. Небесная сфера 3.8. Строение и типы галактик
4							2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления 2.1. Шкала звездных величин 2.9. Межзвездная среда 2.3. Классификация звезд

Ниже представлены диаграммы, которые наглядно иллюстрируют содержимое таблиц 3–5. Для каждой параллели было составлено 3 диаграммы, по данным проведенных туров – теоретическому, практическому, а так же общая диаграмма, включающая в себя обобщенные данные практического, теоретического туров и блиц-теста.

По оси абсцисс указан номер темы, используемый в задании, а по оси ординат – количество задач, в которых встречалась указанная тема. Соответствие номеров тем их названиям приведено в легенде диаграммы. Таким образом, можно легко увидеть, какие темы встречались чаще в олимпиадных заданиях за исследуемый период, а какие реже.

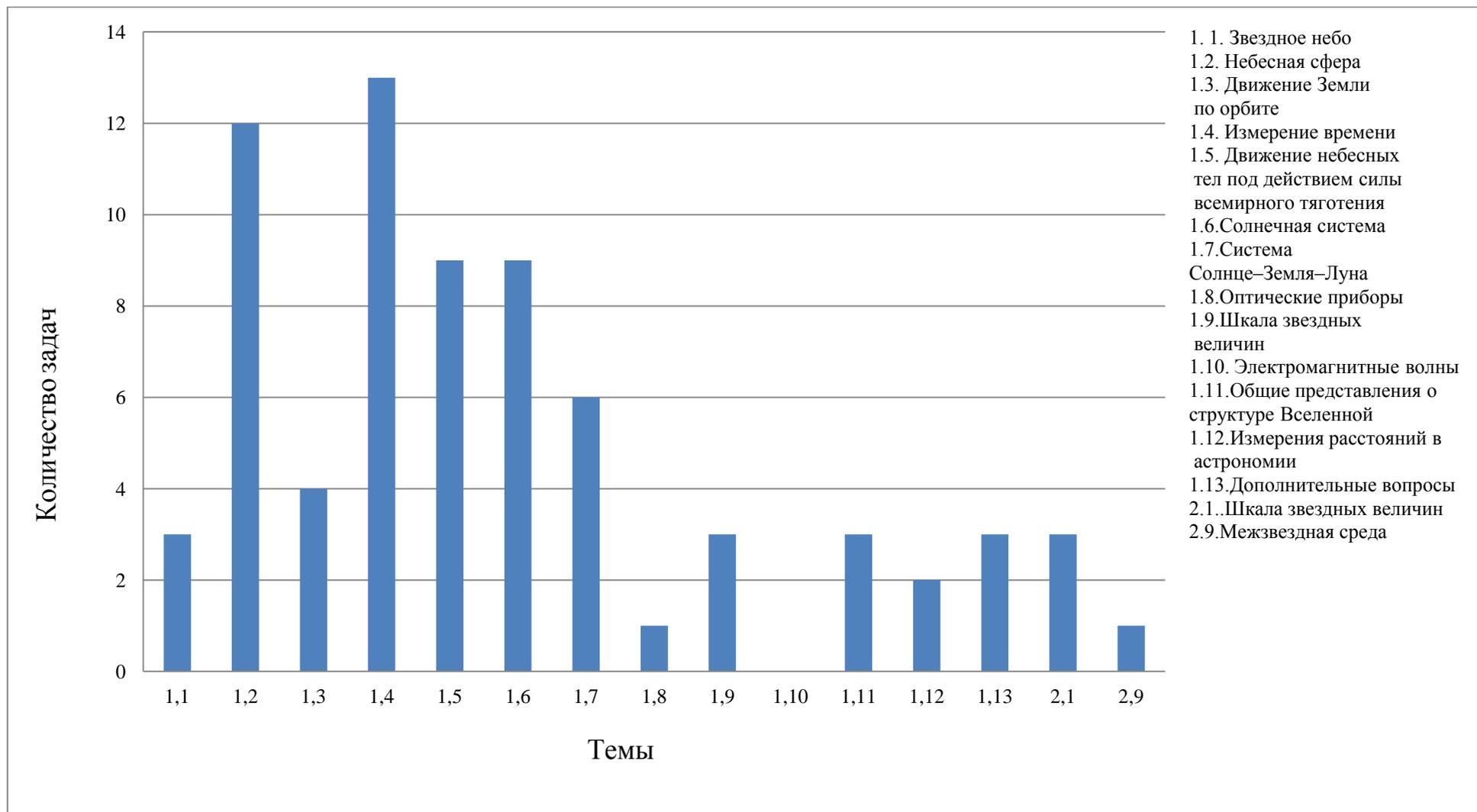


Рис. 1. Темы теоретического тура 9 класса.

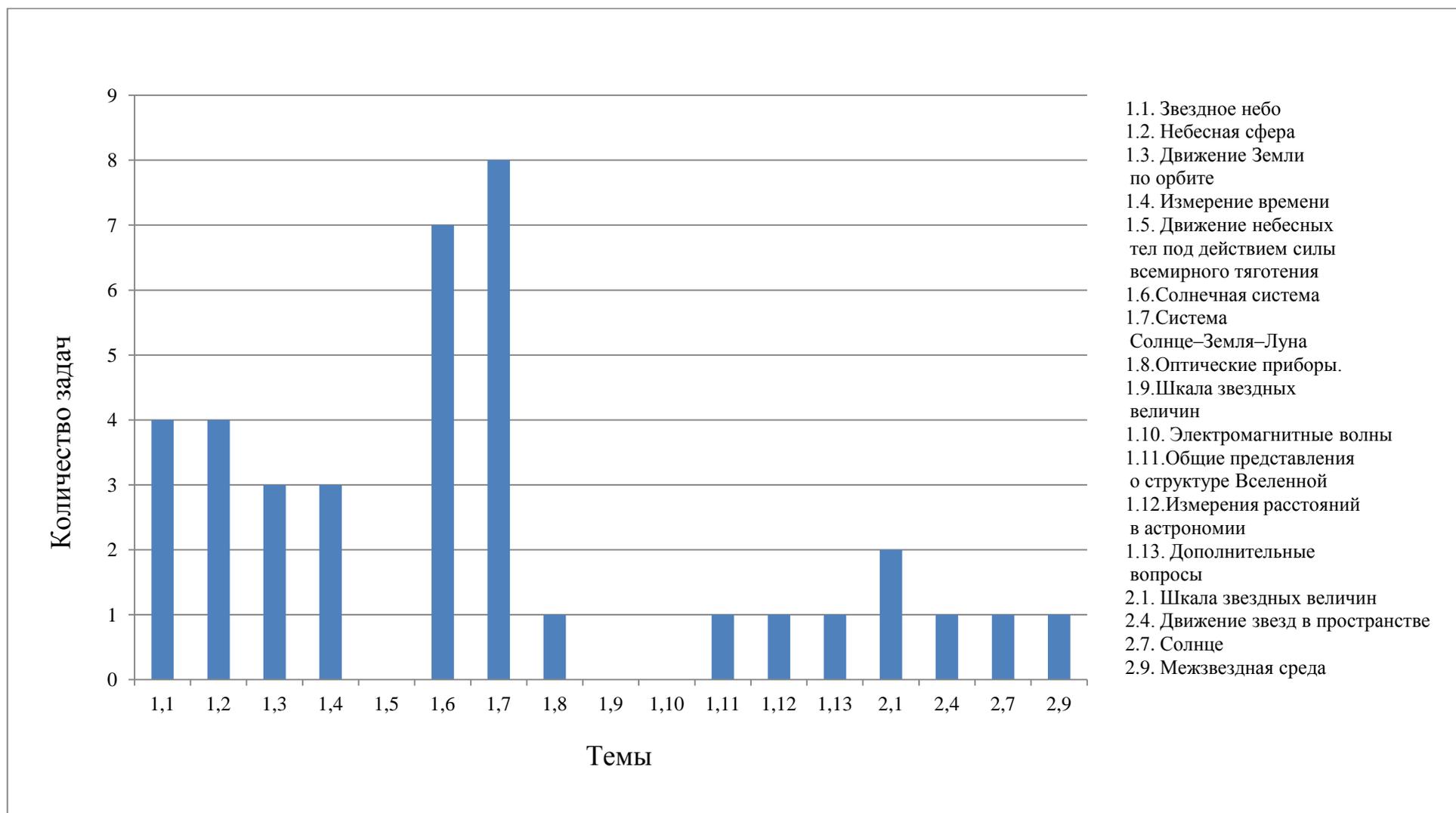


Рис. 2. Темы практического тура 9 класса.

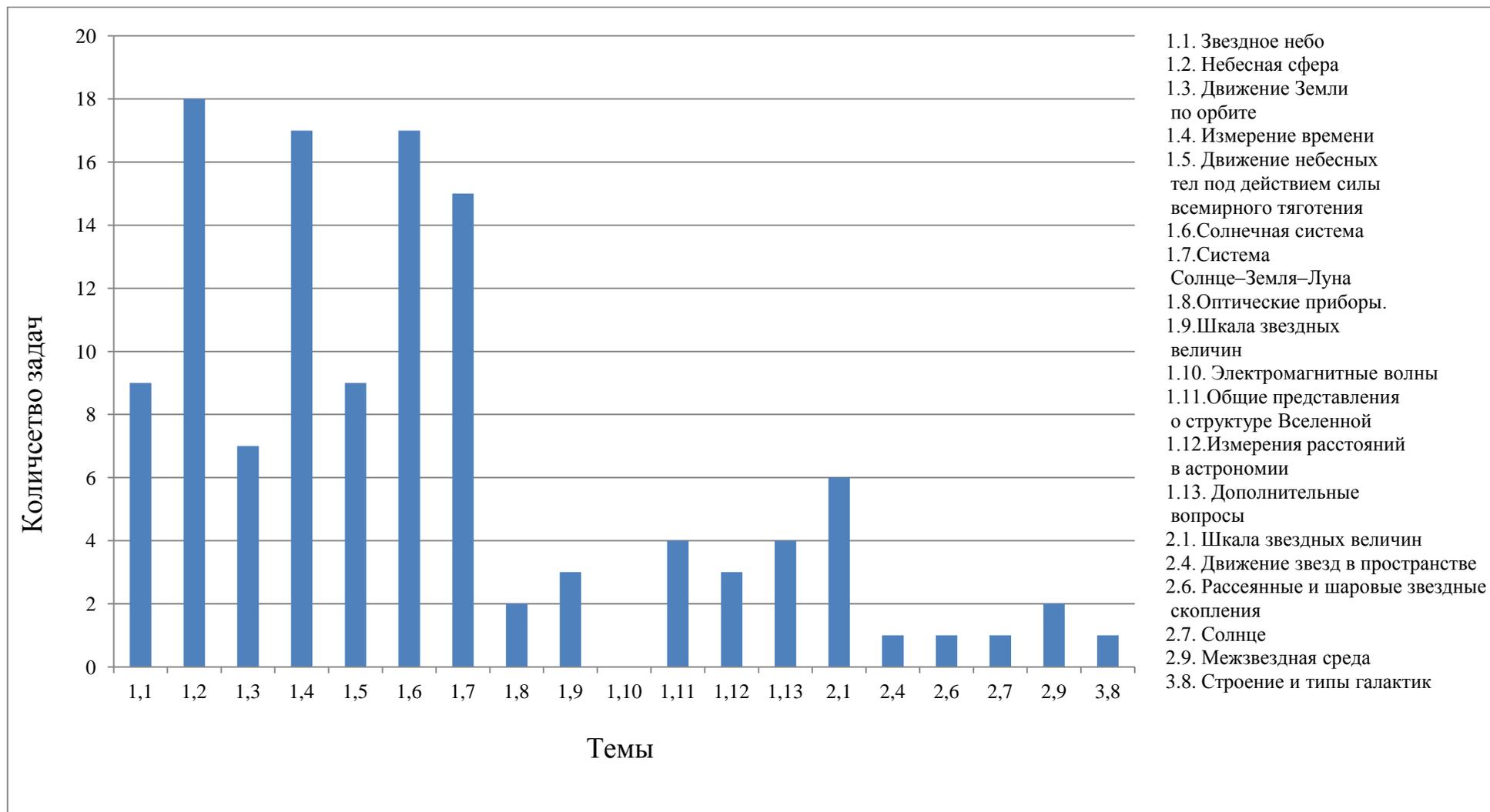


Рис. 3. Общая диаграмма тем 9 класса.

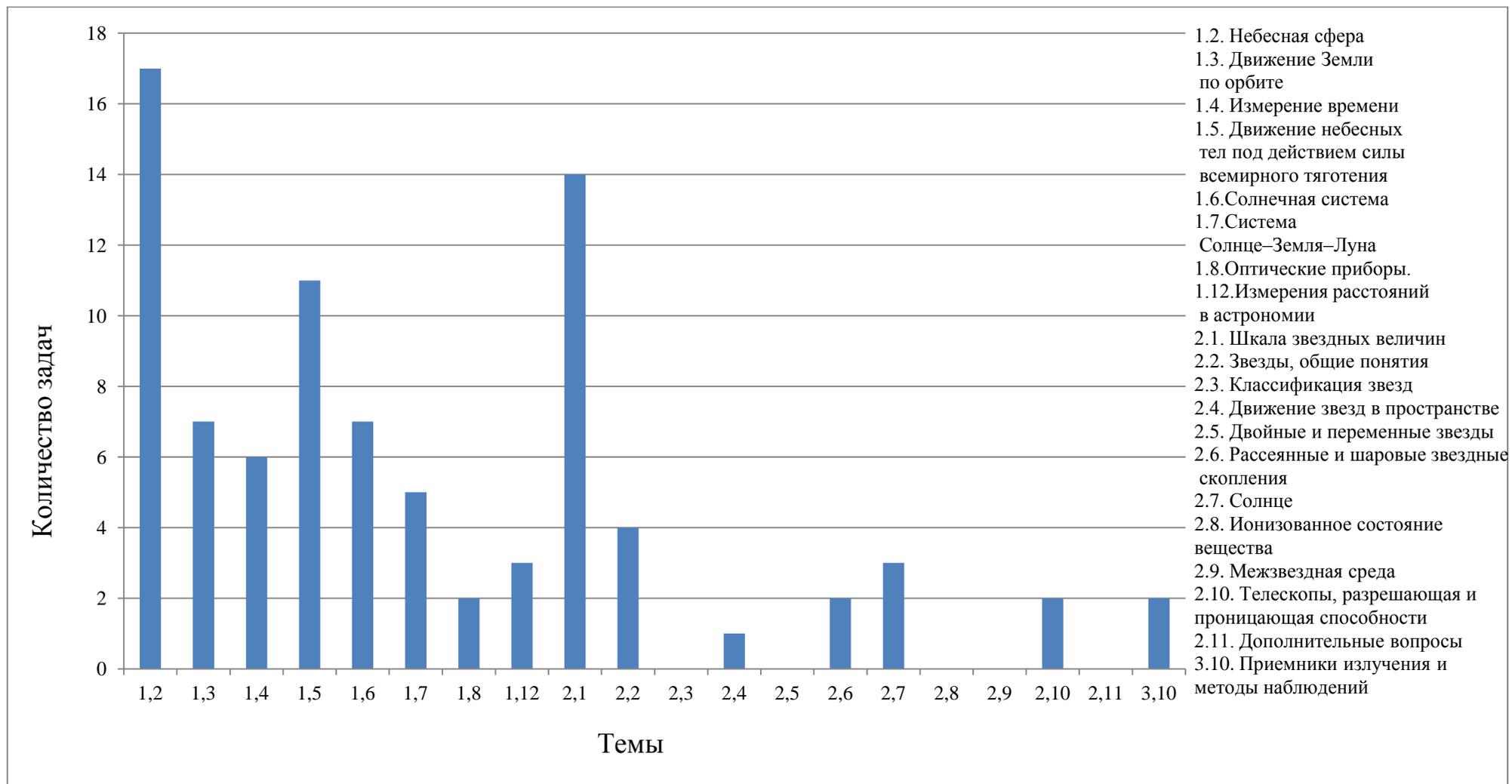


Рис. 4. Темы теоретического тура 10 класса.

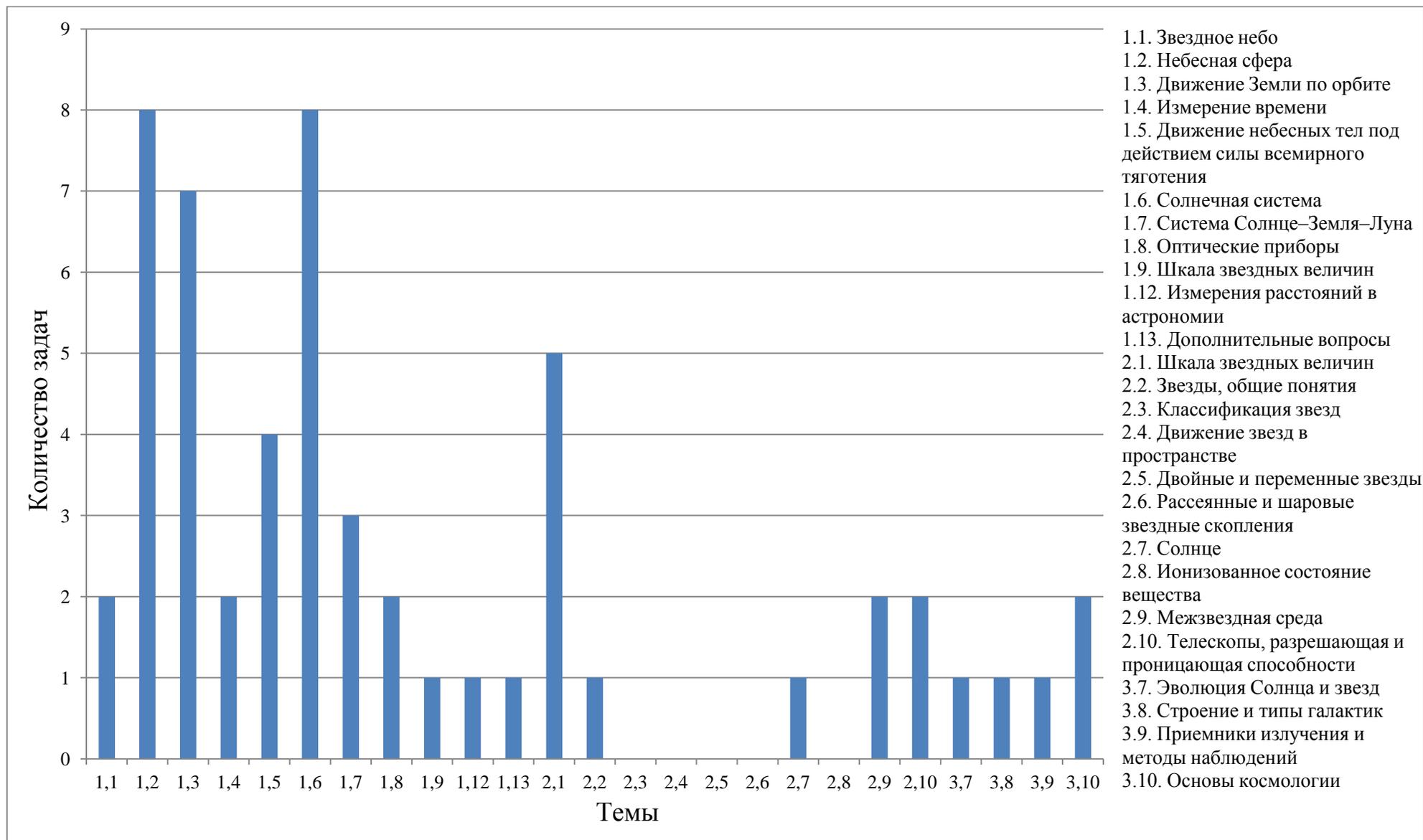


Рис. 5. Темы практического тура 10 класса.

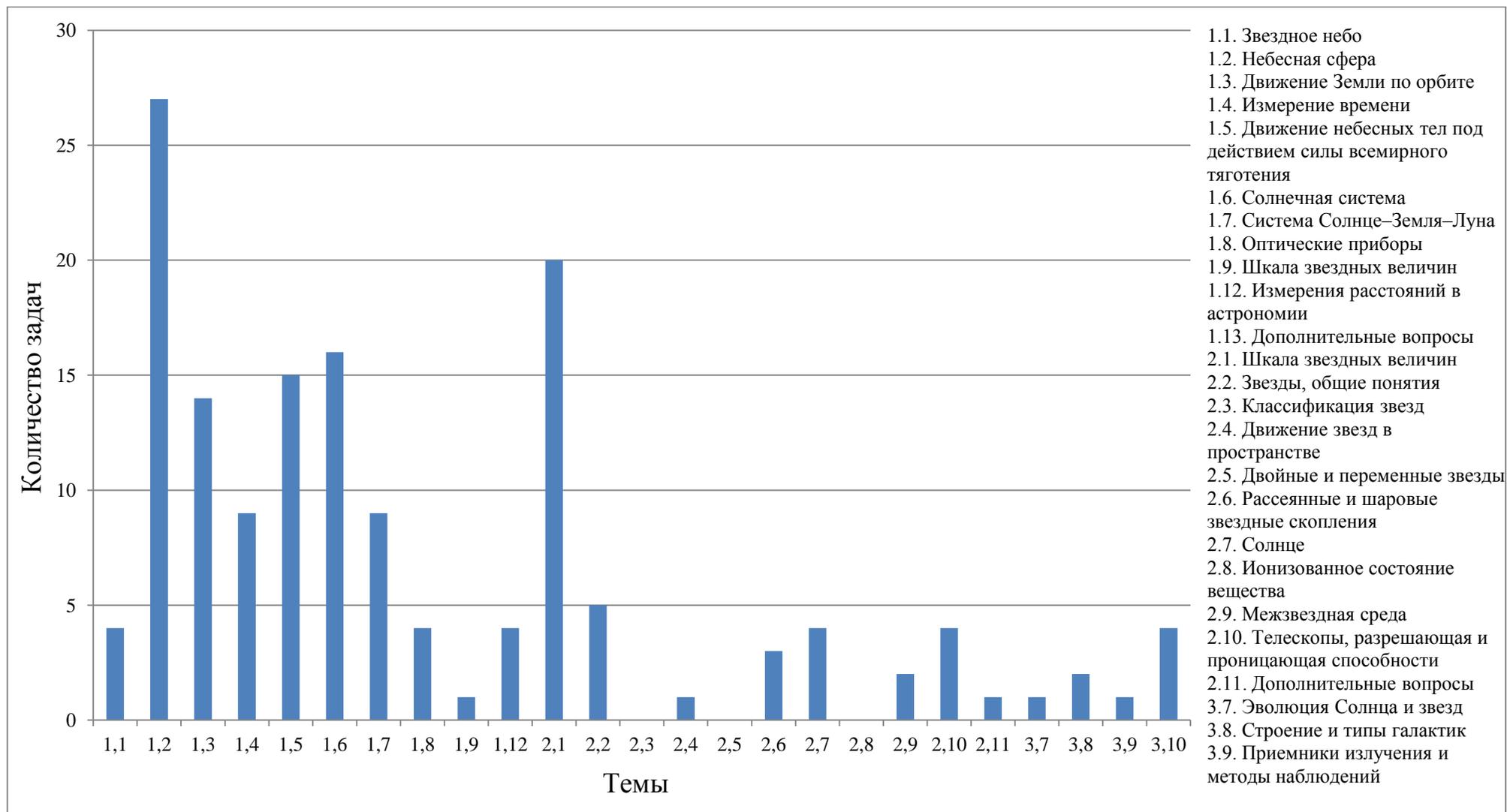


Рис. 6. Общая диаграмма тем 10 класса.

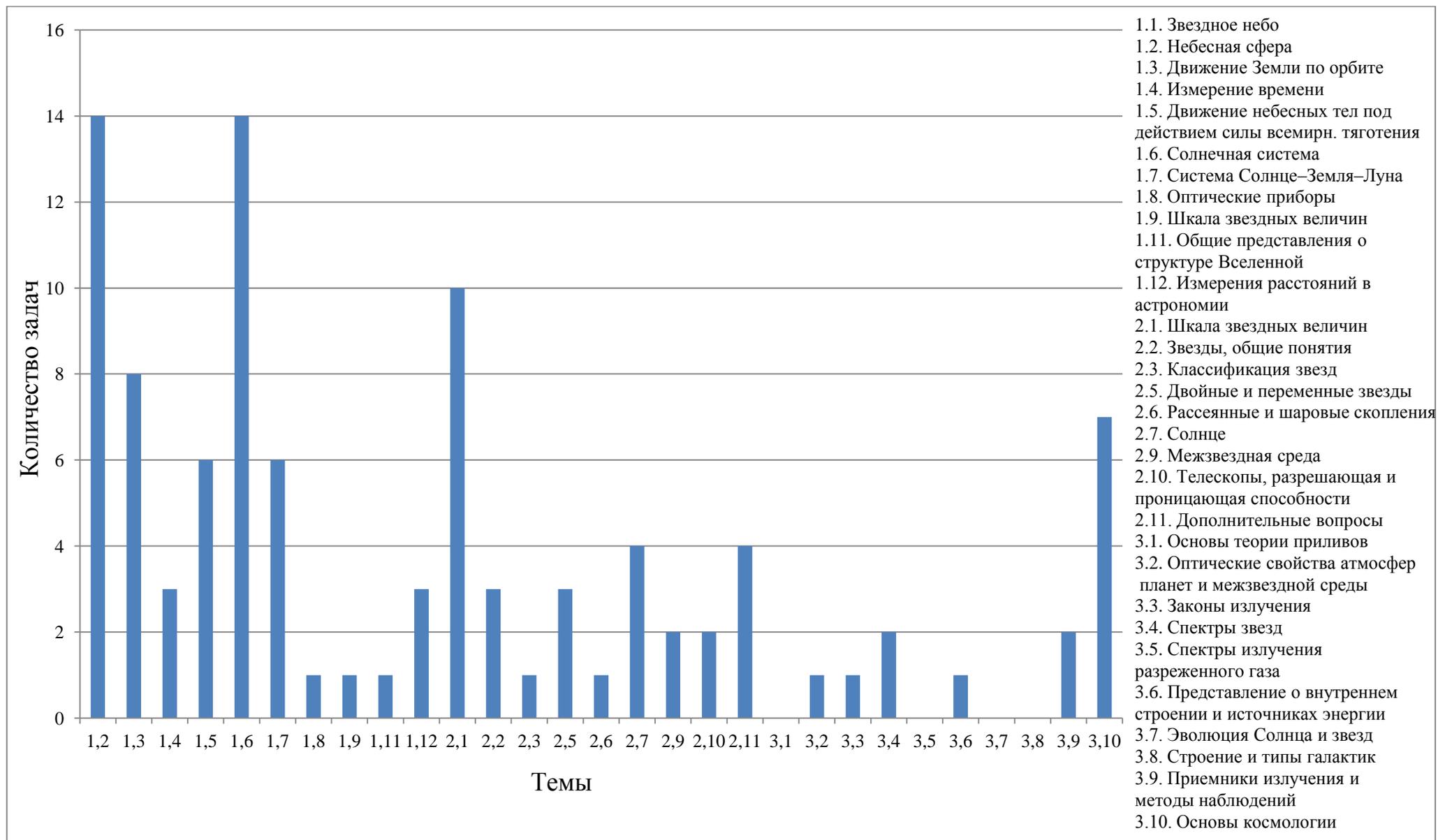


Рис. 7. Темы теоретического тура 11 класса.

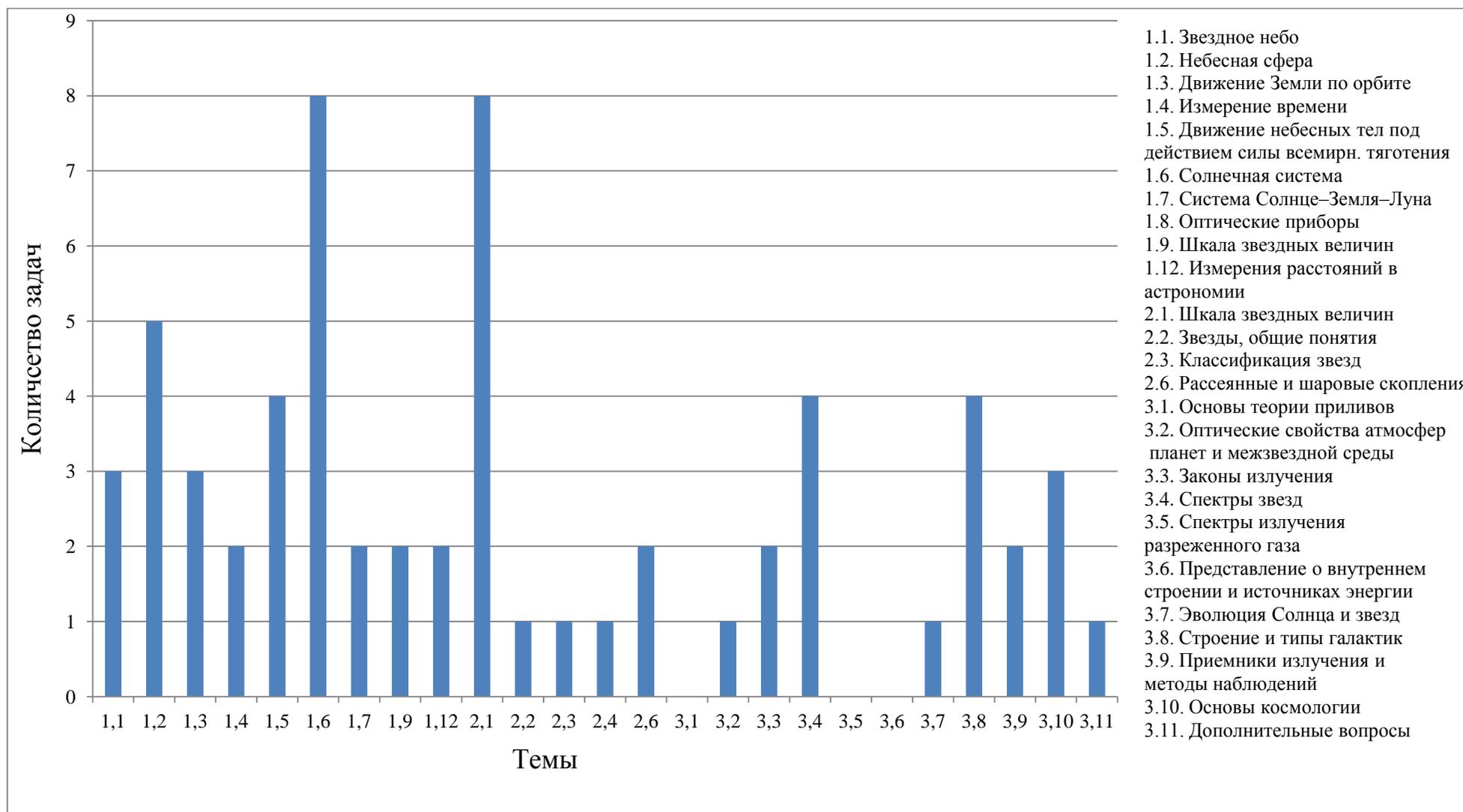


Рис. 8. Темы практического тура 11 класса.

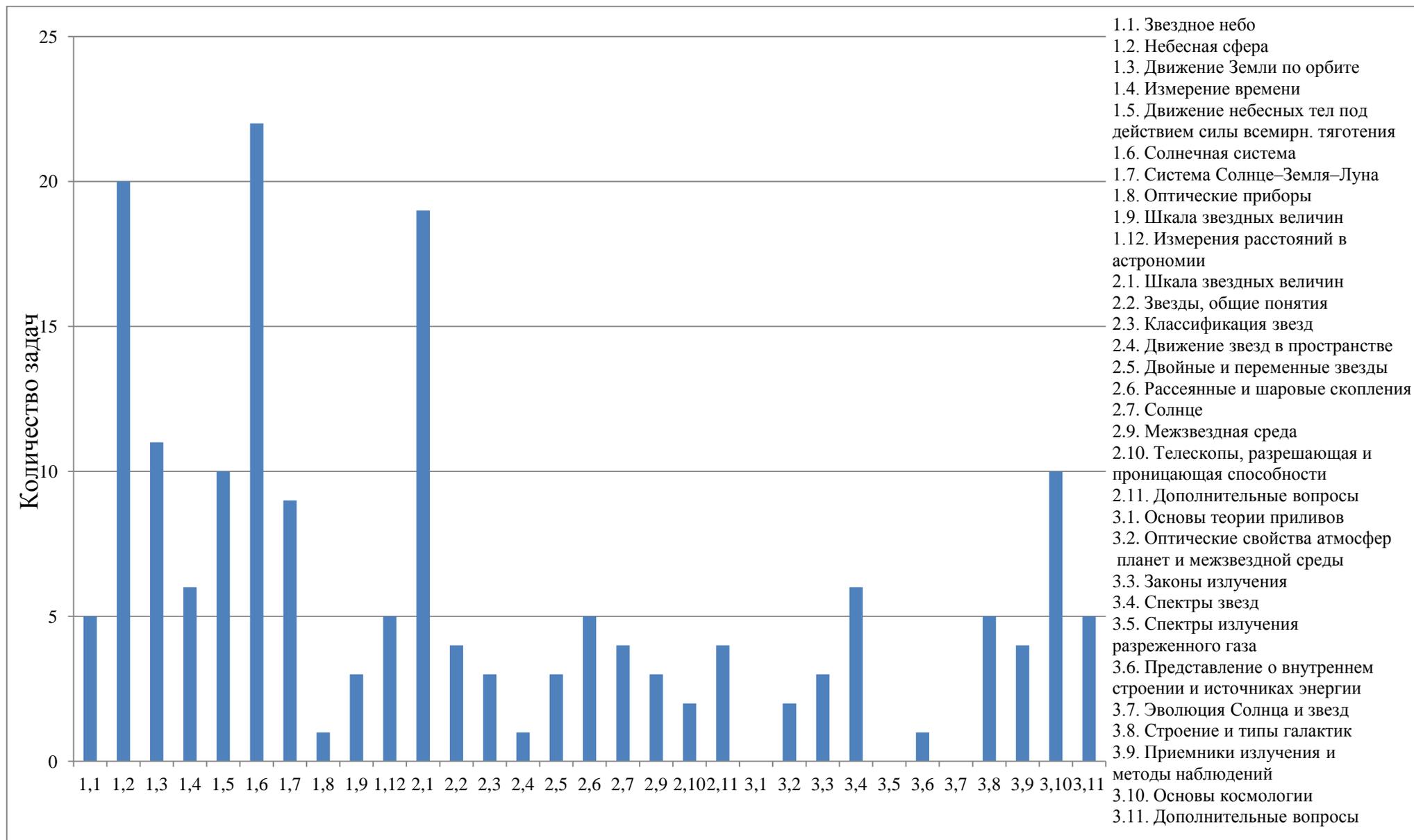


Рис. 9. Общая диаграмма тем 11 класса.

Из представленных диаграмм (Рис. 1. – Рис. 9.), можно увидеть следующее: в олимпиадных заданиях по астрономии за последние 7 лет, встречалась практически каждая из предложенных тем, за исключением темы «Ионизированное состояние вещества» и «Спектры излучения разряженного газа», «Основы теории приливов».

В 9 классе чаще всего встречаются темы: «Небесная сфера», «Измерение времени», «Солнечная система», «Система Солнце–Земля–Луна» – каждая из этих тем встречалась в олимпиадных заданиях за последние 6 лет не менее 15 раз. Реже встречались темы: «Звездное небо», «Движение Земли по орбите», «Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения», «Шкала звездных величин» – не менее 6 раз. И наименьшее количество раз встречались темы: «Оптические приборы», «Электромагнитные волны», «Общие представления о структуре Вселенной», «Измерения расстояний в астрономии», «Дополнительные вопросы», «Движение звезд в пространстве», «Рассеянные и шаровые звездные скопления», «Солнце», «Межзвездная среда», «Строение и типы галактик» – до 4 раз.

В 10 классе чаще всего встречаются темы: «Небесная сфера», «Движение Земли по орбите», «Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения», «Солнечная система», «Шкала звездных величин» – от 14 до 27 раз. От 1 до 9 раз встречались темы: «Звездное небо», «Измерение времени», «Система Солнце–Земля–Луна», «Оптические приборы», «Шкала звездных величин», «Измерения расстояний в астрономии», «Звезды, общие понятия», «Движение звезд в пространстве», «Рассеянные и шаровые звездные скопления», «Солнце», «Межзвездная среда», «Телескопы, разрешающая и проникающая способности», «Дополнительные вопросы», «Эволюция Солнца и звезд», «Строение и типы галактик», «Приемники излучения и методы наблюдений», «Основы космологии».

В 11 классе чаще всего встречаются темы: «Небесная сфера», «Солнечная система», «Шкала звездных величин» – от 19 до 22 раз. Реже встречались темы: «Звездное небо», «Движение Земли по орбите», «Измерение времени», «Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения», «Система Солнце–Земля–Луна», «Рассеянные и шаровые скопления», «Спектры звезд», «Строение и типы галактик», «Основы космологии», «Дополнительные вопросы» – от 5 до 11 раз. Темы которые встречались не более 4 раз это: «Оптические приборы», «Шкала звездных величин», «Звезды, общие понятия», «Классификация звезд», «Движение звезд в пространстве», «Двойные и переменные звезды», «Солнце», «Межзвездная среда», «Телескопы, разрешающая и проникающая способности», «Дополнительные вопросы», «Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды», «Законы излучения», «Спектры излучения разреженного газа», «Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звёзд», «Эволюция Солнца и звезд», «Приемники излучения и методы наблюдений».

Для того чтобы выяснить на сколько успешно участники олимпиады справляются с выполнением тех или иных заданий на соответствующую тему, определим степень выполнения заданий участниками заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в разрезе разделов астрономии и тем в период с 2010 по 2016 годы (далее по тексту – решаемость). Для этого составим таблицы решаемости заданий и тем и построим соответствующую диаграмму, используя таблицы 3–5, а так же протоколы проведения заключительного этапа олимпиады за последние 7 лет, размещенные на официальном сайте всероссийской олимпиады по астрономии [5]. Для наглядности решаемость приведена в процентном соотношении.

Таблица 6. Решаемость заданий в 9 классе, %.

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	15,3	11	39,1	56,5	62,5	61,5	80,9
2	35	13,4	41	70,9	26	14,5	51,8
3	22,5	26,6	45,4	45,6	30,9	27,8	14,8
4	36,9	18	56,6	37,4	38,5	26,5	59,3
5	66,9	52,1	50,3	26,3	19,2	73,6	48,6
6	27,9	25,5	50,2	63	69,7	68,5	71,1
Практический тур							
1	27,3	45,6	32,4	67,8	66,7	56,4	55,2
2	27,3	48,5	27,1	54,1	47,8	63,9	50,7
3	49,7	17	31,8	66,7	39,9	43,2	45
Блиц тест							
1							47,6
2							32,2
3							38,4
4							76,5

Таблица 7. Решаемость заданий в 10 классе, %.

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	17,7	31,6	55,3	40,4	71,4	25,9	83,5
2	37,4	14,2	55,4	80	68,8	30,1	54,1
3	21,4	18,75	15	39,6	75,2	48,7	21,6
4	17,4	16,75	28,4	45,1	50,2	37,7	32,2
5	60,2	44,4	20,2	52,1	34	8,7	43,2
6	49,2	33,9	36,5	60,1	18,4	39	20,8
Практический тур							
1	25,7	27,7	52	45,8	67,8	20,6	51,9
2	12,8	18,7	36,8	40,1	32	52,2	50,9
3	8,5	17,1	44,9	40,2	45,7	62,2	36,9
Блиц тест							
1							57,3
2							66,5

3		57,5
4		75,6

Таблица 8. Решаемость заданий в 11 классе, %.

№ заданий	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Теоретический тур							
1	27,7	42	41,4	21,6	79,8	69,2	49,6
2	39,8	47,6	30,6	30,7	73,3	73,2	35
3	41,5	29,3	29,8	59	53,8	54,5	31,8
4	23	26,4	57,3	81,5	27,6	46,1	28,6
5	61,6	59,5	19,9	69,3	21,8	35,3	72,6
6	39,8	28,6	41	30,3	26,5	68,8	53,4
Практический тур							
1	36,6	33,2	60,4	43,4	43,3	50,5	33,5
2	20,8	23,3	39,6	67,3	33,8	31,6	67,6
3	13,9	47	21,4	16	23,9	55,8	23
Блиц тест							
1							44,5
2							57,5
3							47,4
4							43,6

Исходя из полученных данных, можно определить решаемость каждой темы и построить соответствующую диаграмму.

Таблица 9. Решаемость тем.

Темы	Решаемость, %
1.1. Звездное небо	42,5
1.2. Небесная сфера	41,35
1.3. Движение Земли по орбите	37,1
1.4. Измерение времени	38,4

1.5. Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	40,1
1.6. Солнечная система	43,5
1.7. Система Солнце–Земля–Луна	34,1
1.8. Оптические приборы	42,1
1.9. Шкала звездных величин	35,3
1.10. Электромагнитные волны	25,5
1.11. Общие представления о структуре Вселенной	56,3
1.12. Измерения расстояний в астрономии	41,6
1.13. Дополнительные вопросы	29
2.1. Шкала звездных величин	43,6
2.2. Звезды, общие понятия	48,1
2.3. Классификация звезд	48,8
2.4. Движение звезд в пространстве	35,4
2.5. Двойные и переменные звезды	34,1
2.6. Рассеянные и шаровые звездные скопления	42,6
2.7. Солнце	41
2.8. Ионизованное состояние	~

вещества	
2.9. Межзвездная среда	38,4
2.10. Телескопы, разрешающая и проницающая способности	41,2
2.11. Дополнительные вопросы	48,7
3.1. Основы теории приливов.	~
3.2. Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды	46,3
3.3. Законы излучения	41,1
3.4. Спектры звезд	38,6
3.5. Спектры излучения разреженного газа	~
3.6. Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд	27,6
3.7. Эволюция Солнца и звезд	59,3
3.8. Строение и типы галактик	41,5
3.9. Основы космологии	52,2
3.10. Приемники излучения и методы наблюдений	36,4
3.11. Дополнительные вопросы	23

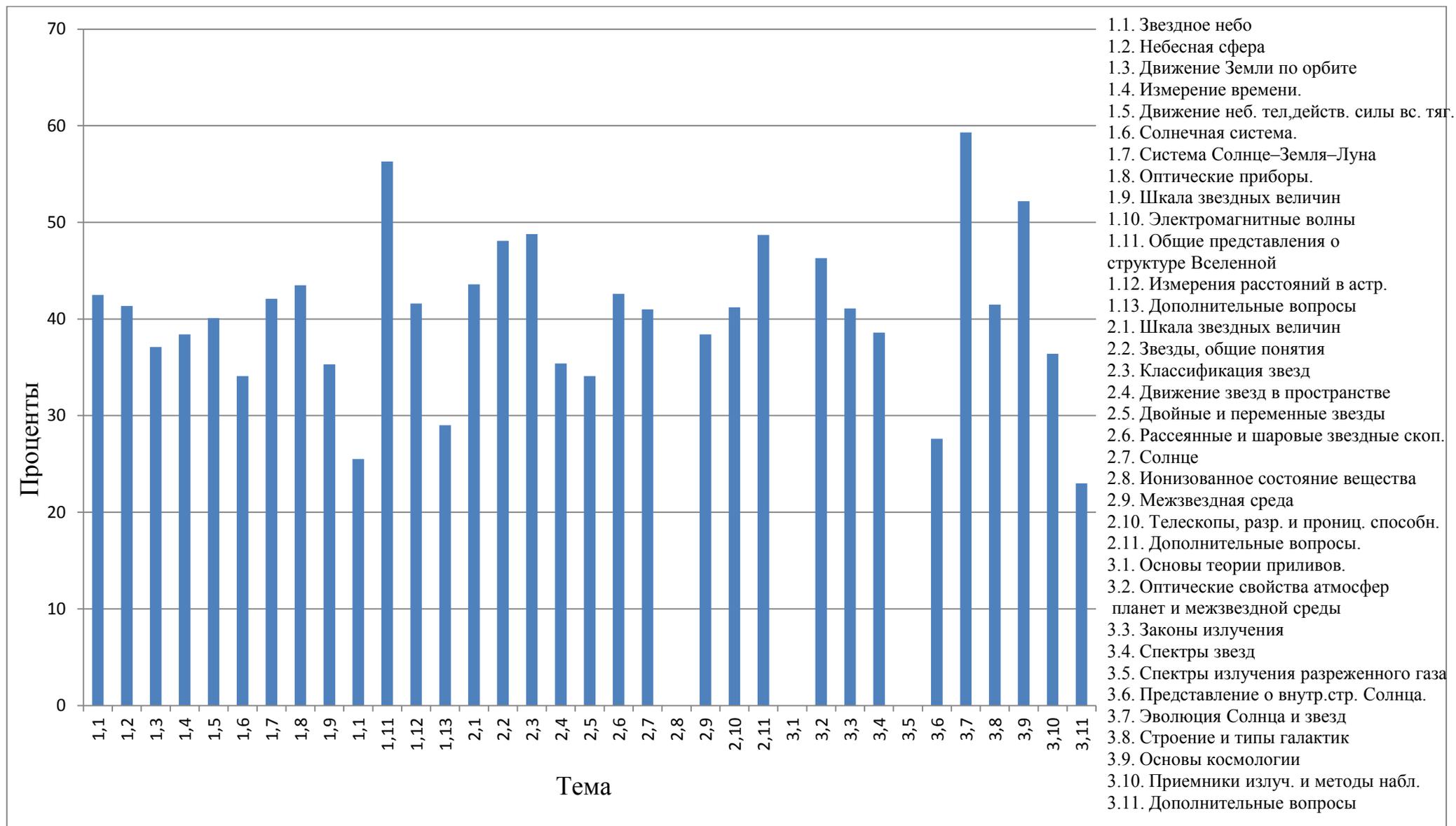


Рис. 10. Решаемость каждой темы, %

Из диаграммы (Рис. 10) видно, что ученики в 9 классе справляются более чем на 40% с темами: «Звездное небо», «Небесная сфера», «Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения», «Система Солнце–Земля–Луна», «Оптические приборы», «Общие представления о структуре Вселенной», «Измерения расстояний в астрономии». Менее чем на 40% ученики решили темы: «Движение Земли по орбите», «Измерение времени», «Солнечная система», «Шкала звездных величин», «Электромагнитные волны» и «Дополнительные вопросы».

В 10 классе на 40% и более ученики справляются с темами: «Шкала звездных величин», «Звезды, общие понятия», «Классификация звезд», «Рассеянные и шаровые звездные скопления», «Телескопы, разрешающая и проникающая способности», «Солнце» и «Дополнительные вопросы». Темы, которые были решены менее чем в 40% это: «Движение звезд в пространстве», «Двойные и переменные звезды», «Ионизованное состояние вещества», «Межзвездная среда».

В 11 классе от 40% до 60% ученики справляются с темами: «Эволюция Солнца и звезд», «Основы космологии», «Оптические свойства атмосфер планет и межзвездной среды», «Законы излучения», «Строение и типы галактик». От 23% до 38% ученики справляются с темами: «Спектры звезд», «Представление о внутреннем строении Солнца и звёзд», «Приемники излучения и методы наблюдения», «Дополнительные вопросы».

2.2. Методические рекомендации по подготовке учащихся к участию в этапах всероссийской олимпиады школьников по астрономии

Специфика предмета астрономии заключается в необходимости наличия у школьников сильной физической и математической базы при ее изучении. В то же время астрономия не является составной частью физики, она рассматривает широкий круг вопросов, не освещаемых в рамках каких-либо других наук. Также астрономия рассматривает ряд необходимых и важных вопросов, смежных с физической наукой, которые мало освещаются в школьном курсе физики, но вполне могут быть доступны школьникам. Очень важной проблемой также является обеспечение хорошего уровня самообразования заинтересованных школьников, обеспечение их необходимыми условиями и литературой. Также, для поддержки интереса школьников и стимулирования их непрерывного самообразования необходимо проведение различных конкурсов научных работ и соревнований по решению задач в домашних условиях. Необходимо учесть, что при подготовке к Заключительному этапу Всероссийской олимпиады желательно участие педагогического работника, который будет сопровождать команду региона на Заключительном этапе.

Предмет астрономии имеет также свою специфику организации учебных занятий. Изучение астрономии рекомендуется начинать со знакомства со звездным небом. К первым занятиям по астрономии целесообразно привлекать не только старшеклассников, но и заинтересованных школьников младшего возраста. Учитывая климатические особенности большинства регионов России, подобные занятия лучше проводить в сентябре, пока еще достаточно тепло и много ясных дней. Так как темнота в сентябре наступает достаточно поздно, необходима организация внеурочного графика работы преподавателей дополнительного образования, рекомендуется активное содействие родителей и самих учащихся. Целью астрономических занятий под открытым небом является не

только ознакомление с наиболее примечательными объектами (яркими звездами, созвездиями), но и начальное освещение материала следующих пунктов. Так, учителю необходимо продемонстрировать учащимся суточное движение неба, обратить внимание на постепенное изменение времени восхода и захода звезд в последующие дни (для этого необходимо проведение нескольких занятий). Одновременно с этим вводится понятие звездных суток и указывается, что их продолжительность не равна 24 часам. С целью последовательного изучения материала в первые занятия не следует затрагивать Луну и планеты, нужным образом выбирая области неба. Необходимо четко понимать, что переход к движению Земли по орбите и годичным изменениям вида звездного неба возможен только после полного усвоения вопроса «Небесная сфера». Жесткое требование последовательности рассмотрения вопросов характерно для всей программы 9 класса, в частности, крайне сложный вопрос о движении Луны, как естественного спутника Земли, изучается только после кинематики и механики Солнечной системы. При рассмотрении движения небесных тел под действием тяготения необходимо добиться от учащихся четкого понимания смысла выражений для различных физических величин (космических скоростей и т.д.) и умения их выводить, так как это позволит им овладеть физическим аппаратом, важным для дальнейшего образования и решения широкого класса олимпиадных заданий. Пункты 1.9 – 1.12 программы 9 класса являются, по сути, вводным ознакомительным курсом в астрофизику и звездную астрономию, более подробное освещение которых происходит в 10 и 11 классах. Эти пункты рекомендуется преподавать в менее формализованной, но более занимательной для учеников форме. Целесообразно проведение научно-популярных лекций ученых и профессоров, на которые можно приглашать учеников разных классов, как для закрепления имеющихся знаний, так и для привлечения более юных школьников к изучению астрономии с будущего учебного года. В зависимости от того, в каком из курсов – физики или астрономии – раньше

вводится то или иное понятие, необходима менее или более глубокая проработка данного понятия на занятиях по астрономии. Степень усвоения учащимися знаний каждого раздела курса астрономии можно проверять небольшими тестами на занятиях, а также решением олимпиадных задач в качестве домашних заданий и на дополнительных семинарских занятиях [9].

По итогам проведенного исследования и на основании полученных данных, можно дополнительно дать следующие рекомендации, которые педагоги смогут применять совместно со всеми выше перечисленными способами подготовки. Благодаря им, можно будет понять на какие темы стоит сделать упор, а какие могут быть рассмотрены поверхностно.

И так, при подготовке школьников к олимпиаде по астрономии нужно иметь в виду, что олимпиадные задания для 10 и 11 классов могут включать в себя темы и вопросы из курса предыдущих классов. Задания олимпиад высокого уровня, как правило, одновременно охватывают несколько тем, которые могут относиться к разным разделам программы по астрономии, возможно, из разных классов. Поэтому необходимо уделять часть времени на повторение уже пройденного материала, как теоретически, так и в виде решения разного уровня задач.

При подготовке учащихся 9 классов к олимпиаде рекомендуется сделать упор на темы: «Движение Земли по орбите», «Измерение времени», «Солнечная система», «Шкала звездных величин» и «Дополнительные вопросы», поскольку именно данные темы вызывают у школьников наибольшие трудности. Возможно, именно эти темы стоит рассмотреть более внимательно, расширить понятия и законы, которые затрагивают эти разделы. Также, сделать акцент именно на решении задач, которые включают в себя одну и более из выше перечисленных тем.

У учащихся 10 классов, наибольшие трудности вызывают темы: «Движение звезд в пространстве», «Двойные и переменные звезды», «Межзвездная среда». С задачами на эти темы учащиеся справляются хуже, чем с другими. Это вполне объяснимо, ведь каждая из них, включает в себя

очень широкий спектр понятий и формул, поэтому в этом случае, также необходимо разнообразить задания для учащихся при подготовке.

В 11 классе, как правило, с решением задач, которые включают в себя темы 9 и 10 классов, трудностей не возникает, школьники довольно легко справляются с ними, а вот с темами: «Спектры звезд», «Представление о внутреннем строении Солнца и звёзд», «Приемники излучения и методы наблюдения», «Дополнительные вопросы» – уже не так просто.

Конечно, не стоит полностью игнорировать темы, с которыми ученики справляются хорошо, но обратить внимание именно на «западающие» темы, стоит обязательно. Ведь главная суть олимпиады состоит не в расширении уровня знаний, а в умении применять эти знания для решения более сложных задач, свободном владении приемами и методами, используемыми в астрономии.

Если при подготовке школьников к олимпиаде по астрономии учитывать все вышеописанное, то можно предположить, что это будет способствовать повышению качества подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Для этого в рамках проведенного исследования совместно с представителями предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии Красноярского края была разработана дополнительная образовательная программа для подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 2) в объеме 80 академических часов.

Апробация разработанной программы проходила с 24 февраля по 20 марта 2016 г. в рамках тренинга «Учебно-тренировочные сборы для кандидатов в команду Красноярского края для участия в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по общеобразовательному предмету Астрономия», организованного министерством образования Красноярского края. Тренинг по разработанной дополнительно

образовательной программе проводили представители предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии Красноярского края. В тренинге приняли участие победители и призеры муниципального и регионального этапов олимпиады – учащиеся 9–11 классов общеобразовательных организаций Красноярского края в количестве 5 человек. Эффективность разработанной дополнительной образовательной программы подтверждается успешным выступлением команды Красноярского края на заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии, проходившем в г. Саранске с 21 по 27 марта 2016 года, где учащийся 9 класса МАОУ Лицей № 7 г. Красноярска Мельников Андрей стал призером заключительного этапа олимпиады, показав абсолютный девятый результат в общем рейтинге среди 57 учащихся 9 классов, представлявших 41 регион России.

Заключение

В ходе проведенного исследования были выполнены все поставленные задачи:

1. Изучена история всероссийской олимпиады школьников по астрономии, включая историю проведения олимпиады по астрономии в Красноярском крае и участия команды Красноярского края в заключительном этапе олимпиады по астрономии. Также изучен регламент проведения заключительного этапа олимпиады, определенный новым Порядком проведения всероссийской олимпиады школьников [1].

2. Выполнен анализ разделов астрономии и тем, которые использовались в заданиях заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в период с 2010 по 2016 годы. Выявлено, что наиболее часто встречающиеся в задачах темы: «Небесная сфера», «Солнечная система», редко встречающиеся темы: «Эволюция Солнца и звезд», «Рассеянные и шаровые звездные скопления», «Приемники излучения и методы наблюдений».

3. Определена степень выполнения заданий участниками заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии в разрезе разделов астрономии и тем (решаемость) в период с 2010 по 2016 годы. Установлено, что наиболее сложными для участников темами, встречающиеся в задачах являются: «Электромагнитные волны» и «Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд».

4. На основе проведенного анализа заданий заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников разработана дополнительная образовательная программа для подготовки учащихся к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

5. В рамках тренинга «Учебно-тренировочные сборы для кандидатов в команду Красноярского края для участия в заключительном этапе

всероссийской олимпиады школьников по общеобразовательному предмету «Астрономия», проведена апробация разработанной дополнительной образовательной программы, которая по результатам участия команды Красноярского края в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии показала свою эффективность.

Таким образом, гипотеза подтверждена, а поставленная цель достигнута.

Литература

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1252 (ред. от 17.03.2015) «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников».
2. Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2015/2016 учебном году. М.: Центральная предметно-методическая комиссия всероссийской олимпиады школьников по астрономии, 2015.
3. Требования к проведению регионального этапа по астрономии 2015/2016 учебном году (для организаторов и членов жюри). М.: Центральная предметно-методическая комиссия всероссийской олимпиады школьников по астрономии, 2015.
4. Информационный портал Всероссийской олимпиады школьников. URL: <http://www.rosolymp.ru/>
5. Всероссийская олимпиада по астрономии: официальный сайт URL: <http://www.astroolymp.ru/>
6. Всероссийская олимпиада школьников: сайт министерства образования Красноярского края. URL: http://krao.ru/rb-topic_t_386.htm
7. Сайт Санкт-Петербургской астрономической олимпиады «Школьная астрономия Петербурга». URL: <http://school.astro.spbu.ru/>
8. 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.
9. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. Авт.-сост. О.С. Угольников. М., 2006.
10. Сурдин В.Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. М.: МГУ, 1995.

11. Сурдин В.Г. *Астрономические задачи с решениями: учебное пособие.* М.: Едиториал УРСС, 2002.
12. 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.*
13. Бутаков С.В., Гурьянов С.Е. *Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае. 2009–2013 годы»: учебно-методическое пособие.* Красно-яр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2014.
14. Малахова Г.И., Страут Е.К. *Дидактический материал по астрономии: пособие для учителя. 3-е изд., перераб.* М.: Просвещение, 1989.
15. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А.. *Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии.* СПб.: СПбГУ, 1997.
16. Гаврилов М.Г. *Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике.* Черноголовка–Москва, 1998.
17. *Задачи Московской Астрономической олимпиады. 1997–2002.* / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2002.
18. *Задачи Московской Астрономической олимпиады. 2003–2005.* / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2005.
19. *Задачи Московской Астрономической олимпиады. 2006–2015.* / под ред. М.В.Кузнецова, Н.Ю. Подорванюка, О.С. Угольникова. М.: 2015.
20. *Задания олимпиад школьников Московской области по астрономии.* М., 2006.



ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР



✍ 9 класс ✍

IX/X.1

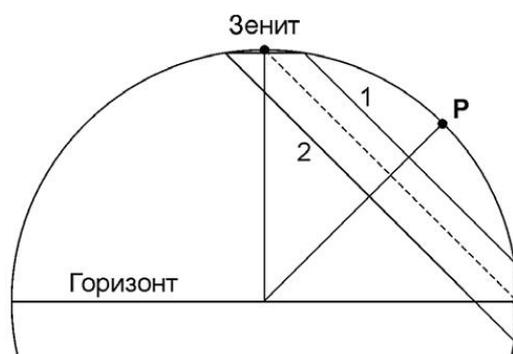
СИНХРОННЫЕ КУЛЬМИНАЦИИ

О.С. Угольников

? Верхние кульминации двух далеких звезд происходят одновременно, при этом звезды располагаются симметрично относительно зенита. Во время нижней кульминации эти звезды располагаются симметрично относительно горизонта. Определите широту места наблюдения. Атмосферную рефракцию не учитывать.

! Очевидно, что раз верхние кульминации двух далеких звезд происходят одновременно, то и нижние кульминации произойдут одновременно, через половину звездных суток. В нижней кульминации положения звезд симметричны относительно горизонта, следовательно, одна из звезд расположена выше него. Значит, верхняя кульминация этой звезды тоже будет над горизонтом, ровно как и верхняя кульминация другой звезды, расположенной симметрично относительно зенита, на той же высоте. Изобразим проекцию небесной сферы на плоскость небесного меридиана.

Суточные пути двух звезд в этой проекции будут выглядеть как параллельные линии. Проведем еще одну линию, параллельную этим двум и находящуюся посередине между ними (пунктирную). Она также будет суточной параллелью некоторого объекта неба, у которого верхняя кульминация произойдет в зените, а нижняя – на горизонте. Такое может быть на широте $\pm 45^\circ$. В этом можно убедиться также, взяв середину дуги меридиана между точками верхней и нижней кульминации любой из двух звезд. Эта точка **Р** – один из полюсов мира – будет расположена на высоте 45° .



IX/X.2

ВСТРЕЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Е.Н. Фадеев

? Два спутника вращаются по круговым экваториальным орбитам вокруг Земли. Известно, что спутник 1 имеет радиус орбиты 18650 км (*10 класс*: горизонтальный параллакс 20°) и обратное движение (противоположно осевому вращению Земли), а спутник 2 – радиус орбиты 36700 км (*10 класс*: горизонтальный параллакс 10°) и прямое движение. Для наблюдателя на экваторе в некоторый момент времени спутники находятся в западной полусфере. Высота первого спутника 30° , высота второго спутника 60° . Какой из спутников раньше попадет в зенит и через какой промежуток времени? Атмосферной рефракцией пренебречь.

! Угловую скорость вращения спутника можно определить из III закона Кеплера:

$$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}},$$

где M – масса Земли, r – радиус орбиты спутника. Если задан горизонтальный параллакс спутника p , то радиус и угловую скорость можно определить по формулам:

$$r = \frac{R}{\sin p}; \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}} \sin^3 p.$$

Для двух спутников, заданных в условии задачи, мы получаем $\omega_1 = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1} \sim 51.5^\circ/\text{ч}$ и $\omega_2 = 9.0 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1} \sim 18.5^\circ/\text{ч}$. Зная высоту спутника над горизонтом (h), можно вычислить его геоцентрическое зенитное расстояние (см. рисунок):

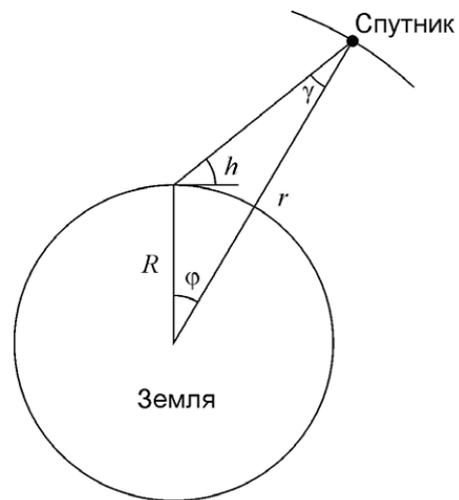
$$\sin \gamma = \frac{R}{r} \cos h;$$

$$\varphi = 180^\circ - \gamma - (90^\circ + h) = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{R}{r} \cos h\right) - h = 90^\circ - \arcsin(\sin p \cos h) - h.$$

Получаем, что в системе координат, связанной с центром Земли, в начальный момент времени первый спутник отстоял от зенита на угол $\varphi_{01} = 43^\circ$, а второй – на угол $\varphi_{02} = 25^\circ$. Угловая скорость вращения Земли равна

$$\omega_0 = \frac{360^\circ}{T} = 15^\circ/\text{ч}.$$

Здесь T – продолжительность звездных суток. Очевидно, параллактическое смещение спутника не влияет на момент прохождения зенита, и мы можем далее ре-



Теоретический тур - 9 класс

шать задачу в геоцентрической системе. Тогда первый спутник движется относительно звезд к западу со скоростью ω_1 . При этом зенит наблюдателя движется относительно звезд в противоположном направлении со скоростью ω_0 . Значит, для того, чтобы попасть в зенит, спутнику необходимо зайти за горизонт на западе, а затем взойти на востоке. Для этого необходимо пройти угол $\varphi_1 = 360^\circ - \varphi_{01} = 317^\circ$. Спутник достигнет зенита через время

$$t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega_1 + \omega_0} = 4.8 \text{ ч.}$$

Второй спутник со скоростью ω_2 движется прямым движением в восточном направлении, и в том же направлении со скоростью ω_0 движется зенит наблюдателя. Поскольку $\omega_2 > \omega_0$, спутник будет медленно перемещаться по небу в восточном направлении. Чтобы попасть в зенит, спутнику надо преодолеть угловое расстояние $\varphi_2 = \varphi_{02} = 25^\circ$. На это потребуется время

$$t_2 = \frac{\varphi_2}{\omega_2 - \omega_0} = 7.2 \text{ ч.}$$

Итого, первый спутник достигнет зенита раньше. Произойдет это через 4.8 ч.

IX.3

ОПЕРЕЖАЮЩИЙ ВОСХОД

О.С. Угольников

? В некотором пункте Земли центр диска Луны взошел на 20 минут раньше по местному (среднему солнечному) времени, чем в предыдущие сутки, находясь в созвездии Рыб. Определите возможные значения широты этого пункта. Атмосферной рефракцией, суточным параллаксом Луны и эксцентриситетом ее орбиты пренебречь.

! Как известно, Луна движется по своей орбите с запада на восток и при наблюдении с большей части поверхности Земли каждый день восходит позже, чем накануне. Ситуация, описанная в условии задачи, может наступить только в приполярных районах нашей планеты, где продолжительность видимости Луны может резко изменяться даже за одни сутки. Так как Луна находится в созвездии Рыб и движется среди звезд на северо-восток, мы можем сделать вывод, что картина наблюдалась в северных полярных широтах. Чтобы решить задачу, изобразим положение Луны вблизи двух последовательных восходов (на обороте).

В первый день Луна появилась на горизонте в точке **А**. Через звездные сутки, когда орбита Луны заняла то же положение на небе, Луна уже находилась над горизонтом в точке **С**. Так как звездные сутки на 4 минуты короче солнечных, получаем, что с момента восхода Луны на второй день (точка **В**) прошло 16 минут. Пренебрегая орбитальным движением Луны за это время, получаем, что в ходе своего суточного движения (скорость 15° в час) Луна прошла путь l , равный 4° . Линия, по которой проходило это движение (**ВС**), параллельна небесному экватору и достаточно близка к нему, так как Луна находится в созвездии Рыб.



Орбитальное перемещение Луны происходило вдоль линии **АС** (суточным параллаксом Луны мы пренебрегаем). Эта линия образует с небесным экватором (и линией **ВС**) угол γ , который вблизи точки весеннего равноденствия может принимать значения от $\varepsilon - i$ до $\varepsilon + i$, где ε – угол наклона экватора к эклиптике (23.45°), а i – угол наклона орбиты Луны к эклиптике (5.15°). Численно это соответствует интервалу от 18.3° до 28.6° . Сама линия **ВС** вблизи точки востока образует угол φ (широта места) с вертикалью. Величина суточного перемещения Луны по круговой орбите d равна $(360^\circ / T) = 13.2^\circ$ (здесь T – сидерический период обращения Луны). В треугольнике на рисунке угол **ВАС** равен

$$\text{ВАС} = 180^\circ - (90^\circ - \varphi) - (180^\circ - \gamma) = \varphi + \gamma - 90^\circ.$$

Из теоремы синусов имеем

$$\frac{d}{\sin(90^\circ - \varphi)} = \frac{l}{\sin(\varphi + \gamma - 90^\circ)};$$

$$\frac{d}{\cos \varphi} = \frac{l}{-\cos(\varphi + \gamma)} = \frac{l}{\sin \gamma \sin \varphi - \cos \gamma \cos \varphi}.$$

Отсюда

$$\sin \gamma \sin \varphi - (\cos \gamma + (l/d)) \cos \varphi = 0.$$

В итоге,

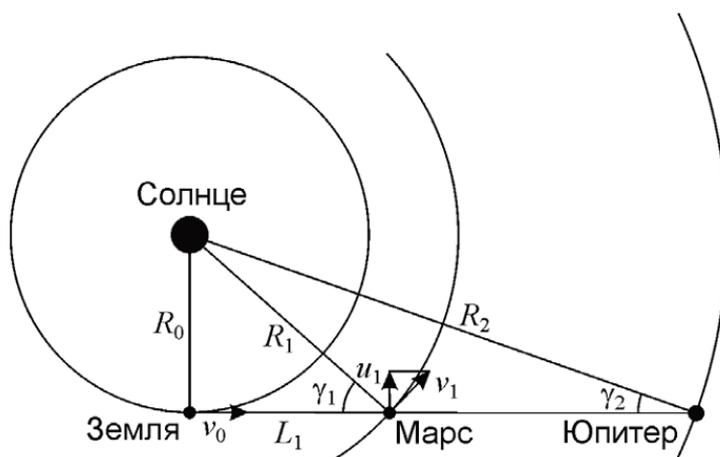
$$\varphi = \arctan \frac{\cos \gamma + (l/d)}{\sin \gamma}.$$

Подставляя границы интервала возможных значений угла γ , получаем интервал широт: от $+68^\circ$ до $+76^\circ$. Отметим, что минимальное значение угла γ соответствует максимальной широте и наоборот.

IX.4 МАРС НА ДИСКЕ ЮПИТЕРА

О.С. Угольников

? Предположим, Вы стали свидетелем редчайшего явления для Земли: Марс, находясь в точке западной квадратуры, прошел по диаметру диска Юпитера. Сколько времени будет длиться это явление (вместе с частными фазами) в одном пункте нашей планеты? Эксцентриситетом и наклоном орбит планет к плоскости эклиптики, движением наблюдателя за счет осевого вращения Земли пренебречь.



Изобразим положение Земли, Марса и Юпитера в момент явления. Обе планеты находятся в западной квадратуре, Земля при наблюдении с каждой из них оказывается в наибольшей восточной элонгации. Нам нужно определить угловую скорость Марса и Юпитера в небе Земли. Собственная скорость Земли v_0 направлена вдоль прямой, соединяющей ее с планетами, и на их угловую скорость не влияет. Скорость Марса v_1 имеет составляющую u_1 , перпендикулярную направлению на Землю. Угловая скорость Марса равна

$$\omega_1 = \frac{u_1}{L_1} = \frac{v_1 \cos \gamma_1}{R_1 \cos \gamma_1} = \frac{v_1}{R_1}.$$

Мы получили, что угловая скорость движения Марса по небу в момент квадратуры равна угловой скорости его движения по орбите. К этому выводу можно было прийти другим путем: Земля должна двигаться с той же угловой скоростью в небе Марса. Коль скоро она находится в наибольшей элонгации, ее угловая скорость равна угловой скорости Солнца. Она, в свою очередь, равна угловой скорости движения Марса по орбите. Аналогичные выводы мы можем сделать для угловой скорости Юпитера в небе Земли ω_2 . Из III закона Кеплера имеем:

$$\omega_{1,2} = \frac{v_{1,2}}{R_{1,2}} = \omega_0 \left(\frac{R_0}{R_{1,2}} \right)^{3/2}.$$

Здесь ω_0 – угловая скорость движения Земли по орбите ($0.986^\circ/\text{сутки}$). В момент прохождения Марс движется по небу относительно Юпитера с угловой скоростью $(\omega_1 - \omega_2)$ и должен пройти дугу, равную сумме угловых диаметров планет $(\delta_1 + \delta_2)$. В случае Юпитера нас интересует экваториальный диаметр, так как экватор Юпитера практически параллелен плоскости его орбиты. Продолжительность явления составит



$$T = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{\frac{d_1}{\sqrt{R_1^2 - R_0^2}} + \frac{d_2}{\sqrt{R_2^2 - R_0^2}}}{\omega_0 \left(\left(\frac{R_0}{R_1} \right)^{3/2} - \left(\frac{R_0}{R_2} \right)^{3/2} \right)} = \frac{(d_1 / R_0)(a_1^2 - 1)^{-1/2} + (d_2 / R_0)(a_2^2 - 1)^{-1/2}}{\omega_0 (a_1^{-3/2} - a_2^{-3/2})}.$$

Здесь a_1 и a_2 – радиусы орбит Марса и Юпитера в астрономических единицах. Подставляя численные значения, получаем 41 минуту.

IX.5 ВИЗИТ КОМЕТЫ

М.И. Волобуева

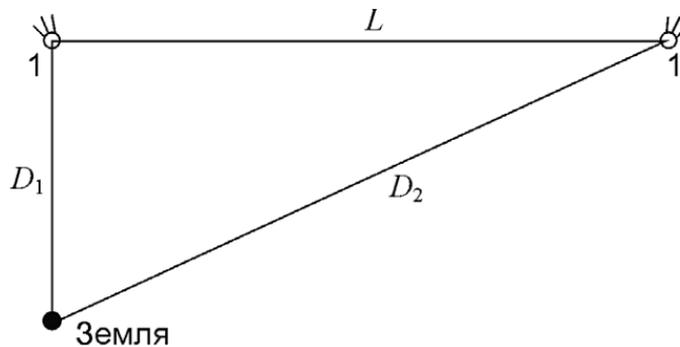
? 17 января 2016 года комета C/2013 US10 (Каталина) приблизилась к Земле на минимальное расстояние. При этом ее горизонтальный параллакс составил $12.0''$. 18 марта того же года параллакс кометы был равен $4.0''$. С какой средней пространственной скоростью относительно Земли двигалась комета за этот период?

! Находим расстояния от Земли до кометы в указанные моменты времени:

$$D_{1,2} = R / \sin p_{1,2}$$

Здесь R – радиус Земли, $p_{1,2}$ – параллаксы кометы в оба момента времени. Учитывая малость углов параллакса, их синусы можно заменить значениями самих углов в радианах. Мы получаем расстояние 0.73 а.е. для 17 января и 2.20 а.е. для 18 марта. Промежуток времени T между этими моментами составляет 61 день. Так как нас интересует средняя скорость движения кометы относительно Земли, а указанный промежуток времени существенно меньше одного года, будем считать путь кометы прямой линией. Учтем, что 17 января комета приблизилась к Земле на минимальное расстояние, то есть ее геоцентрическая траектория была перпендикулярна направлению на Землю. Средняя геоцентрическая скорость кометы равна

$$v = \frac{L}{T} = \frac{\sqrt{D_2^2 - D_1^2}}{T} = 59 \text{ км/с}.$$



IX.6 ЗВЕЗДНЫЕ ВОЙНЫ

М.И. Волобуева

? Желая внушить страх сторонникам Сопротивления, Новый Орден, преемник Галактической Империи, с помощью базы «Старкиллер» уничтожил планетную систему Хосниан, в которой располагалась столица Новой Республики Хосниан-Прайм. Получившаяся вспышка была настолько яркой, что была видна на планетах других систем даже днем. Например, на Токадане взрыв самой маленькой из планет выглядел как вспышка с блеском -8^m . Найдите суммарную видимую звездную величину вспышки на Токадане, если известно, что в системе Хосниан было четыре планеты с одинаковыми плотностями, а их радиусы соотносились как 1:2:3:4. Считать, что мощность взрыва пропорциональна массе планеты, а его длительность на всех планетах одинакова.

! Плотности планет равны, значит отношение масс планет равно отношению кубов их радиусов. Мощность взрыва самой маленькой из планет меньше суммарной мощности взрыва всей системы в

$$(1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3)/1^3 = 100 \text{ раз.}$$

Так как расстояния между взорвавшимися планетами гораздо меньше расстояния до других планетных систем, то можно считать, что все планеты находятся на одинаковом расстоянии от Токадана, и суммарная вспышка будет там также в 100 раз ярче, чем взрыв наименьшей из планет. Разница в блеске в 100 раз соответствует пяти звездным величинам. В итоге получаем:

$$m = -8^m - 5^m = -13^m.$$



ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР



9 класс

IX.1

ЗВЕЗДЫ У ЭКЛИПТИКИ

А.Н. Акинъчиков

? В таблице приведены обозначения, координаты и звездные величины некоторых звезд ярче 4.5^m неподалеку от точки осеннего равноденствия. Укажите шесть самых близких к эклиптике из приведенных в таблице звезд.

Название	Пр. восх.		Склонение			Зв. вел.
	ч	м	°	'	м	
ρ Льва	10	32.8	+	09	18	3.85
ϕ Льва	11	16.7	-	03	39	4.47
σ Льва	11	21.1	+	06	02	4.05
ι Льва	11	23.9	+	10	32	3.94
υ Льва	11	36.9	-	00	49	4.30
ν Девы	11	45.9	+	06	32	4.03
β Девы	11	50.7	+	01	46	3.61
\omicron Девы	12	05.2	+	08	44	4.12
η Девы	12	19.9	-	00	40	3.89
γ Девы	12	41.7	-	01	27	2.91
δ Девы	12	55.6	+	03	24	3.38
ϵ Девы	13	02.2	+	10	58	2.83
θ Девы	13	10.0	-	05	32	4.38
α Девы	13	25.2	-	11	10	0.98

! Точка осеннего равноденствия имеет координаты $(12^ч, 0^\circ)$. Эклиптика проходит через эту точку, располагаясь под углом $\epsilon = 23.4^\circ$ к экватору. Участок неба, в котором находятся звезды из таблицы, сравнительно небольшой (звезды представляют всего два соседних созвездия), соответствующую часть небесной сферы мы вполне можем считать плоской, а проходящий через нее фрагмент эклиптики – прямой линией. Тогда прямое восхождение и склонение точек эклиптики связаны друг с другом соотношением:

$$\delta = -15^\circ/ч \cdot (\alpha - 12^ч) \operatorname{tg} \epsilon = -15^\circ/ч \cdot (\alpha - 12^ч) \cdot 0.433.$$

Пусть звезда **S** имеет координаты (α, δ) и для определенности находится в правой верхней четверти рисунка справа. Проведем из нее перпендикуляр к эклиптике, который пересекает ее в точке **A**. Нам нужно найти длину отрезка **SA**. Продолжим этот отрезок до пересечения с экватором (точка **E**). Треугольники **OAE** и **SCE** подобны, так как имеют одинаковые углы. Отсюда мы можем выразить длину отрезка **OE**:

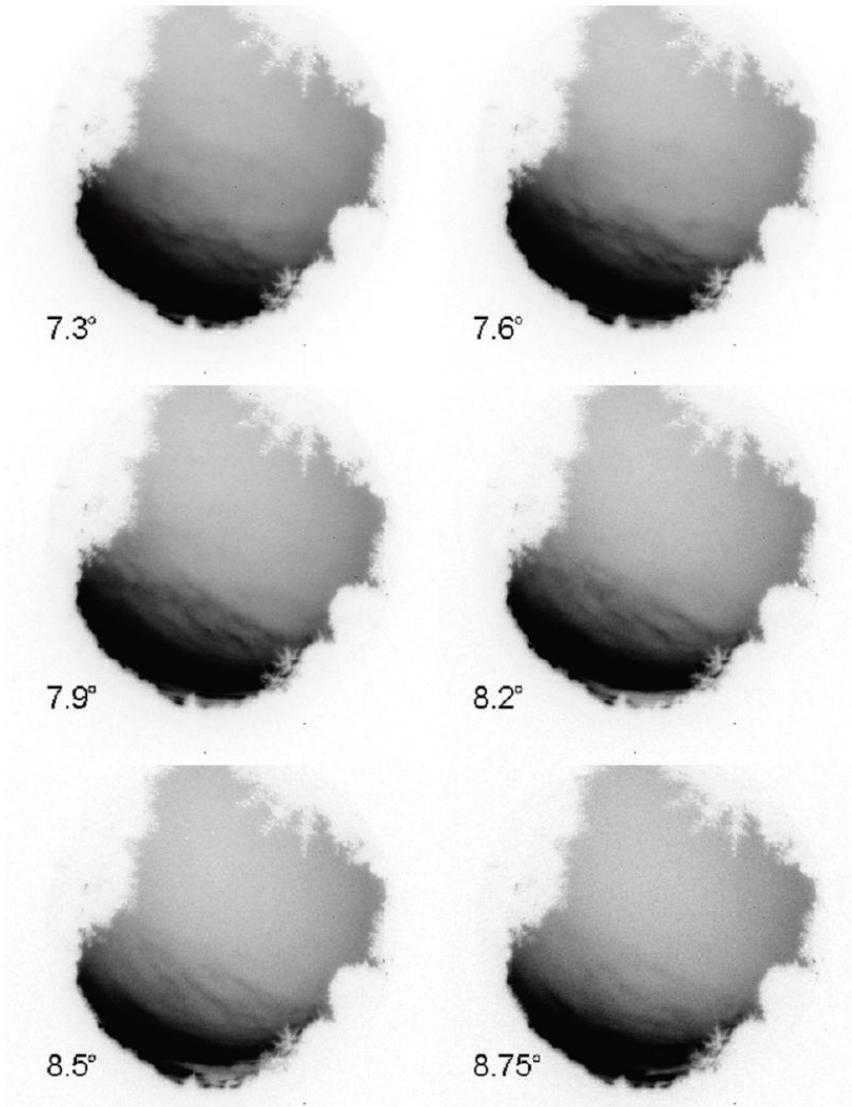
$$OE = OC + CS \operatorname{tg} \epsilon.$$

IX.2

СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА

О.С. Угольников

? Вам предложены 6 фотографий (негатив), полученных в Подмоскowie (широта $+55^\circ$) с помощью объектива "рыбий глаз" (поле зрения чуть менее 180°) вечером 5 июля 2015 года, в период появления аномально ярких серебристых облаков, занявших большую часть неба. Для каждой фотографии указана величина погружения Солнца под горизонт в градусах. Определите высоту серебристых облаков (в км) над поверхностью Земли. Атмосферной рефракцией и поглощением света пренебречь.



Практический тур - 9 класс

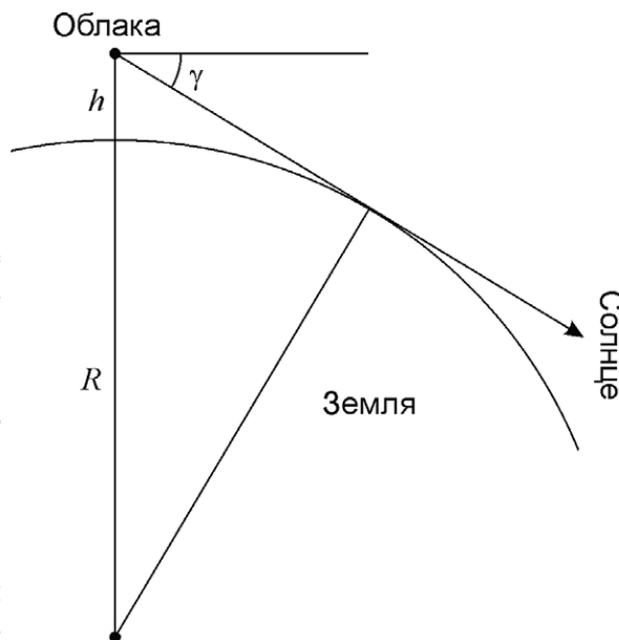
❗ Фотографии охватывают сравнительно короткую стадию сумерек (глубина погружения Солнца под горизонт увеличивается всего на полтора градуса), но за это время успевают измениться видимое распределение облаков на небе. Если вначале они охватывали большую часть небесной полусферы, то в конце они видны только в области зари, над зашедшим Солнцем. При этом мы можем видеть, что дело не в движении облаков в сторону зари (практически незаметном на фотографиях), а в их постепенном исчезновении вдаль от заревого сегмента. В реальности, облака не исчезают, а входят в тень Земли, их перестает освещать Солнце. Данный эффект может послужить основой измерения высоты облаков. Решение удобнее провести для точки зенита, так как там высота тени Земли определяется проще всего (см. рисунок внизу).

Если Солнце опустилось под горизонт на угол γ , то в пренебрежении рефракцией его лучи будут попадать в слой атмосферы над наблюдателем с высотой

$$h = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \gamma} - 1 \right) \approx \frac{R\gamma^2}{2}.$$

Во втором равенстве, справедливом для малых углов, значение γ выражается в радианах. Мы видим, что серебристые облака хорошо видны в зените на первых трех фотографиях, с трудом видны на четвертой и не видны на последних двух фотографиях. Поэтому мы можем взять в качестве предельного погружения Солнца величину, равную или чуть большую, чем для четвертой фотографии. Приняв значение $\gamma = 8.3^\circ$ или 0.145 радиан, получаем высоту серебристых облаков 67 км.

Полученное значение высоты серебристых облаков занижено примерно на 15 км. Связано это с тем, что при решении не учитывалось поглощение солнечного излучения в нижних слоях атмосферы. В реальности, в желто-зеленой области спектра касательные лучи Солнца, проходящие на высоте менее 15 км над Землей, практически не доходят до верхней атмосферы над наблюдателем. Если бы мы учли этот эффект, мы бы получили точное значение высоты: 82 км. Атмосферная рефракция мало влияет на картину, так как для лучей, проходящих выше 15 км над поверхностью Земли, она достаточно слаба.



IX.3

МАРСИАНСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

Е.Н. Фадеев

? Разработайте календарь для нужд будущих жителей Марса. Предложите простой и эффективный календарь, в котором необходимо вставлять один или несколько високосных лет за фиксированный короткий период (не более 16 марсианских лет). Оцените, за какое время в таком календаре будет накапливаться ошибка в 1 день. Предложите более точный календарь, в котором ошибка в 1 день накапливается более 1000 лет, а сам календарный цикл, т. е. количество лет, по прошествии которых последовательность вставки високосных годов полностью повторяется, не больше, чем у современного григорианского календаря на Земле. Тропический год на Марсе длится 686.9717 земных суток, период осевого вращения Марса 24.6229 часа.

! Тропический год на Марсе T (686.9717 суток) немного короче периода обращения Марса вокруг Солнца T_0 (686.98 суток), что связано с прецессией оси вращения Марса, аналогичной той, что есть у оси вращения Земли. Пусть S_0 – период вращения Марса вокруг своей оси. Вращение происходит в ту же сторону, что и орбитальное движение, поэтому для длительности солнечных суток на Марсе (называемых "солами" в англоязычной литературе) выполняется соотношение:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{S_0} - \frac{1}{T_0}.$$

Получается, что один сол составляет 1.027489 земных суток. Теперь мы можем рассчитать основной параметр для составления марсианского календаря: длительность тропического года в солах:

$$N = \frac{T}{S} = 668.593.$$

Сразу напрашивается наиболее простая модель марсианского календаря, при котором високосные (669 сол) и невисокосные (668 сол) годы будут просто чередоваться. Длительность года в таком календаре окажется равной 668.5 сол, что на 0.093 сол короче истинного. Ошибка в 1 день в таком календаре накопится за $(1/0.093) \sim 11$ марсианских лет. Можно ввести 3-летний цикл с 2 високосными годами. Тогда год продлится 668.667 сол, что на 0.074 сол длиннее истинного. Разница в 1 сутки накопится за 13 лет. Очевидно, это не лучшие варианты календаря.

Более хорошая и при этом простая модель календаря представляет собой совмещение двухгодичной и трехгодичной системы и предусматривает 5-летние циклы, в ходе которых 3 года будут високосными. Средняя продолжительность года в календаре составит 668.6 сол, что на 0.007 сол больше истинного. Разница в 1 сол накопится за $(1/0.007) = 140$ марсианских лет. По точности это сопоставимо с юлианским календарем на Земле.

Если сохранить данные 5-летние циклы, но в каждом 28-м таком цикле делать 3 невисокосных и 2 високосных года, то всего за 140-летний период наступит 57 невисокосный год и 83 високосных года. Продолжительность года в таком ка-

Практический тур - 9 класс

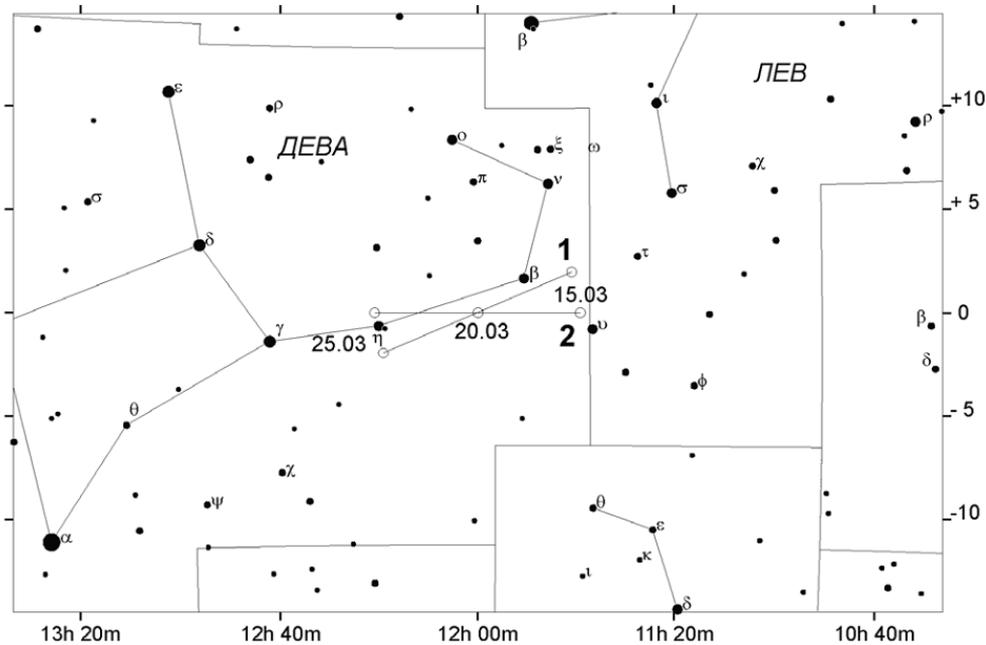
лендаре составит $668 + (83/140) = 668.593$ сола, что при тех точностях, что использовались при решении, совпадает с истинным значением. В реальности отличие составит около 0.0001 сол, то есть этим календарем можно будет пользоваться до 10000 марсианских лет. Данный вид календаря можно ввести и по аналогии с земным григорианским календарем, исключив 3 високосных года за 400 лет. В этом случае високосными окажутся $(0.6 \cdot 400) - 3 = 237$ лет из 400, а средняя продолжительность года будет равна 668.5925 сол. Ошибка в 1 день накопится примерно за 2000 марсианских лет.



X/XI.1 ВЕСЕННЯЯ КОМЕТА

О.С. Угольников

? Вам представлена карта участка звездного неба, на которую нанесен трек кометы (10 класс – вариант 1, 11 класс – вариант 2). Известно, что орбита кометы параболическая, и 20 марта она прошла точку перигелия. Определите расстояние между Землей и кометой в момент ее перигелия. Для варианта 2 найдите также угол наклона орбиты кометы к плоскости эклиптики. Орбиту Земли считать круговой.





БЛИЦ-ТЕСТ



IX/X/XI.1

ЧЕТЫРЕ СЕЗОНА

О.С. Угольников

? Перед Вами вид южной части неба вечером вскоре после захода Солнца в Саранске в марте (A), июне (B), сентябре (C) и декабре (D). Линия внизу соответствует горизонту. Поставьте буквы A, B, C и D около соответствующих цифр в таблице на листе ответов.

! Задание можно решить, хорошо зная условия видимости определенных участков звездного неба в разные сезоны. Можно обратить внимание на такую особенность. Так как небо показано для раннего вечера, вскоре после захода Солнца, то вследствие существенной разницы долготы дня в Саранске летом и зимой видимая конфигурация созвездий не соответствует смещению ровно на 6 часов по звездному времени, как это было бы вблизи экватора.

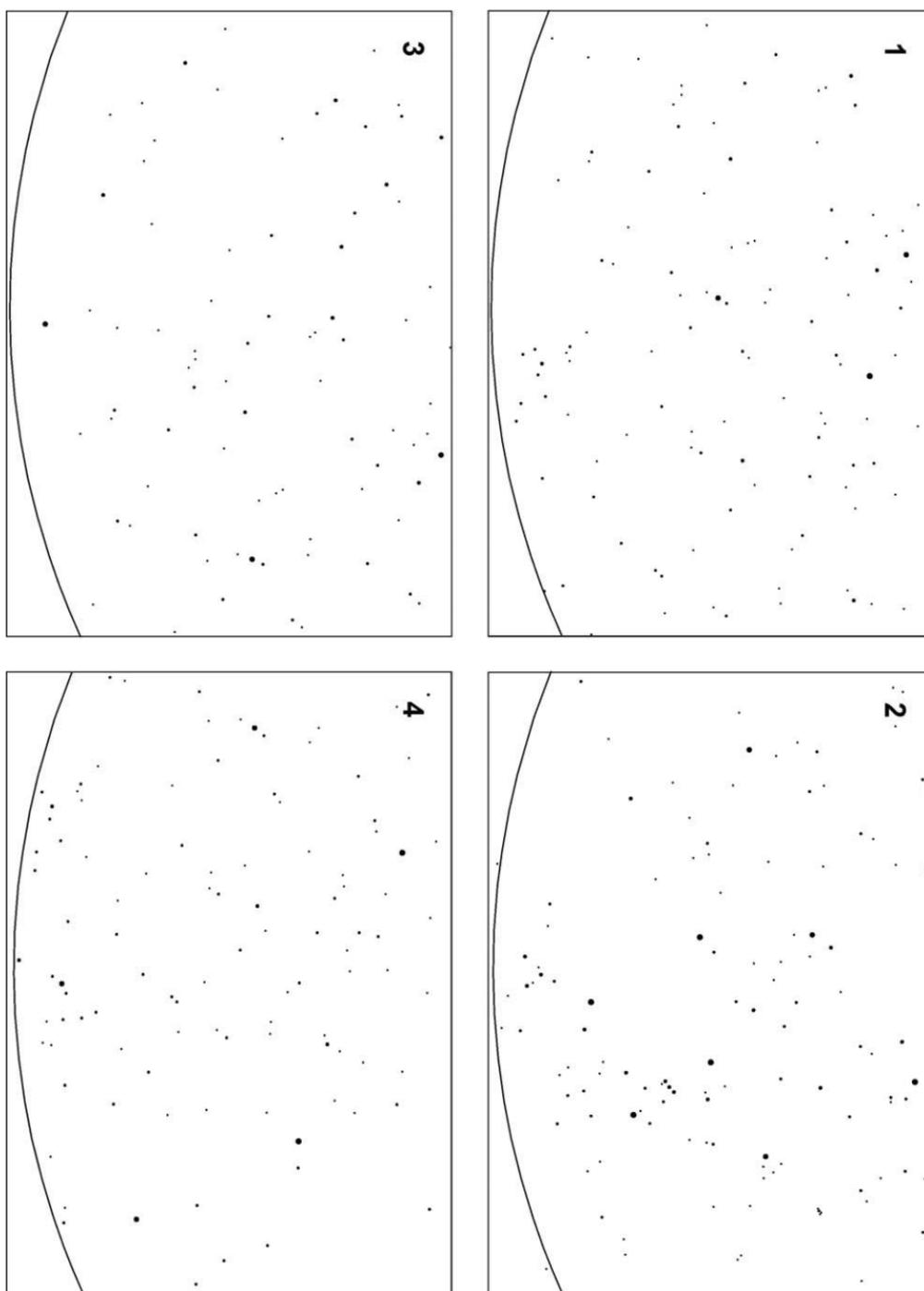
Действительно, июньское изображение соответствует моменту около 22 часов по местному времени, а сентябрьское – гораздо более раннему (примерно 19 часов). Соответствующая разница в звездном времени составит всего около 3 часов, и часть звезд, видимая в левой части рисунка для июня, может быть найдена справа в сентябре. Тот же эффект будет замечен при сравнении рисунков для сентября и декабря, где разница в звездном времени будет также невелика.

С другой стороны, изображение для марта будет полностью отличаться от декабрьского, так как разница в звездном времени составит около 9 часов (из-за более позднего захода Солнца в марте). То же самое относится к сравнению рисунков для марта и июня. В итоге, задание можно решить, даже не зная расположения созвездий на небе в эти сезоны. Для этого нужно найти пары частично перекрывающихся рисунков.

Мы видим, что левая часть рисунка 4 сходится с правой частью рисунка 1 (можно обратить внимание на яркую звезду Альтаир). Левая часть рисунка 1 содержит те же звезды, что и правая часть рисунка 3. Можем сделать вывод, что рисунок 4 соответствует июню, рисунок 1 – сентябрю, рисунок 3 – декабрю. Рисунок 2 не содержит созвездий, видимых на других рисунках, и относится к марту. В итоге, мы имеем ответы:

1	C	3	D
2	A	4	B

Блиц-тест



IX.2

ЗАТМЕНИЕ У ГОРИЗОНТА

О.С. Угольников

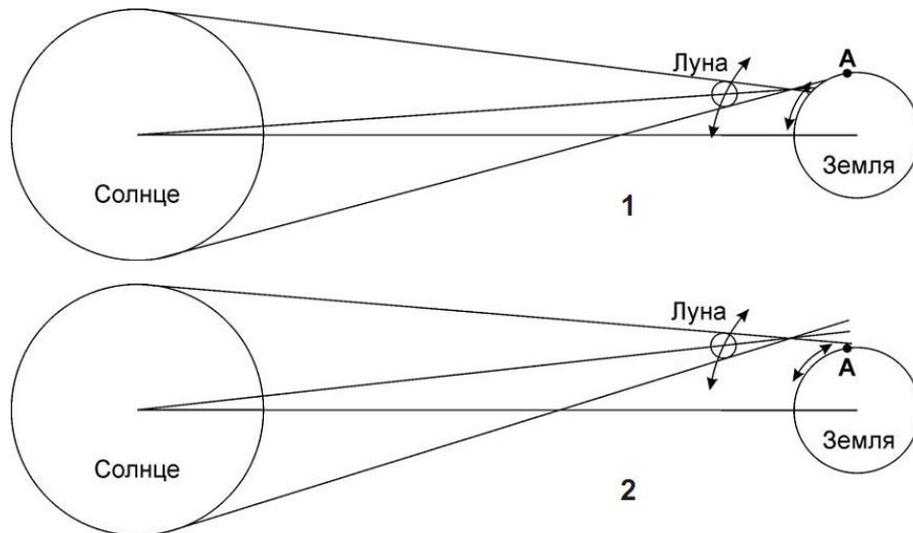
? На фотографии (последняя страница обложки, №2) запечатлены три последовательные стадии кольцеобразного солнечного затмения при наблюдении из некоторого пункта Земли. Отметьте галочками на листе ответов, какие из вариантов 1-4 могут иметь место в этот момент.

1	Начало кольцеобразного затмения на Земле, северное полушарие
2	Начало кольцеобразного затмения на Земле, южное полушарие
3	Окончание кольцеобразного затмения на Земле, северное полушарие
4	Окончание кольцеобразного затмения на Земле, южное полушарие

! Из рисунка нельзя сделать однозначный вывод, какое из изображений Солнца – верхнее или нижнее – было первым в хронологическом порядке, а какое – последним. Но мы можем ответить, в каком из этих случаев кольцеобразное солнечное затмение происходило в каком-то другом пункте Земли на большей высоте над горизонтом, а в каком случае область видимости кольцеобразной фазы находилась на самом лимбе, входя на Землю или сходя с нее.

Рассмотрим верхнее положение Солнца на фотографии. Луна в это время располагалась ниже Солнца. Изобразим положение Солнца, Луны и Земли в проекции «сбоку», расположив наблюдательный пункт А сверху (рисунок 1). Мы видим, что кольцеобразное затмение наблюдается на Земле существенно выше горизонта, причем все продолжение тени Луны находится на поверхности нашей планеты. Данный момент не может быть началом или окончанием кольцеобразного затмения на Земле.

Рассмотрим теперь момент, соответствующий самому низкому положению Солнца на фото (рисунок 2). Центр Луны располагается чуть выше центра Солнца. Если бы Луна располагалась в точности над Солнцем, то в этот момент кольце-



Блиц-тест

образное затмение уже не могло бы наблюдаться нигде на Земле. В реальности, оно может еще быть видно чуть левее (в проекции фото) пункта, где сделана фотография, но область видимости уже только касается Земли. То есть, самое нижнее изображение примерно соответствует моменту начала или окончания кольцеобразного затмения на Земле.

Если верхнее положение Солнца было первым по времени, то можно сделать вывод, что Солнце заходит, а фото снято во время окончания кольцеобразного солнечного затмения на Земле. Кроме этого, можно заключить, что дело происходило в северном полушарии, так как Солнце заходит, смещаясь вдоль горизонта вправо. Возможен другой вариант – восход Солнца в южном полушарии Земли, и тогда дело происходило в начале кольцеобразного затмения Солнца на нашей планете. Итак, из всех перечисленных в таблице вариантов могут иметь место 2 и 3.

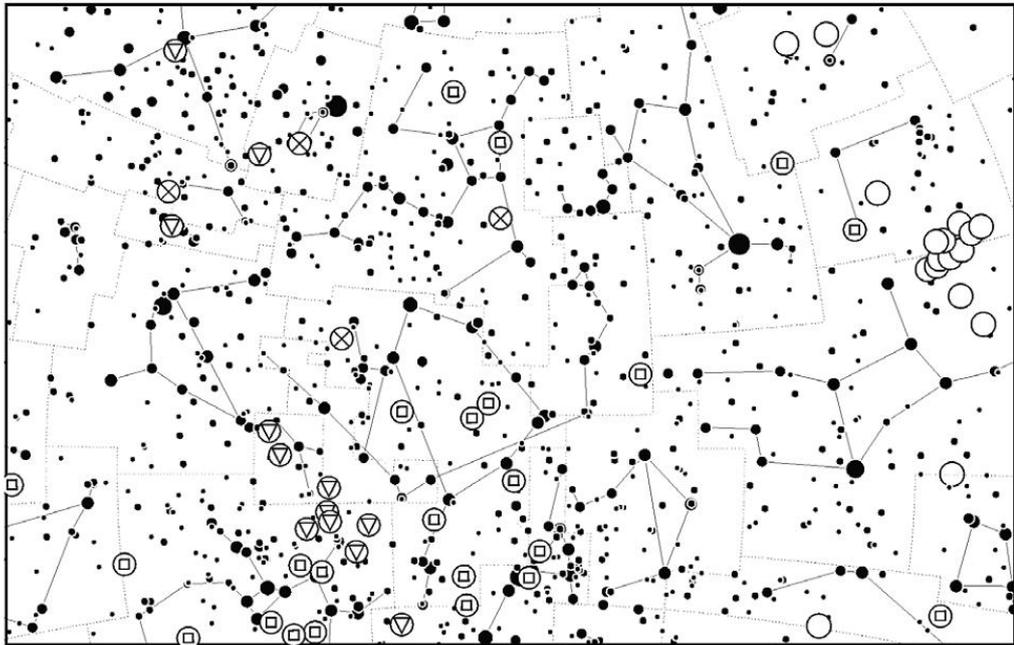
IX/X/XI.3 ДИП-СКАЙ-ТУР

О.С. Угольников

? На карте участка звездного неба разными символами обозначены небесные объекты определенного класса: **А** – рассеянные звездные скопления, **В** – шаровые звездные скопления, **С** – планетарные туманности, **Д** – галактики. Поставьте буквы **А**, **В**, **С** и **Д** напротив соответствующих символов в таблице на листе ответов.

! Ответ на задание несложно получить, если знать расположение объектов различного типа на небе. К ответу можно прийти и из общих соображений. Через указанный на карте участок неба, сверху вниз в левой части, проходит Млечный Путь – проекция диска Галактики на небесную сферу. В диске расположены молодое звездное население и в частности – рассеянные звездные скопления. Можно сделать вывод, что рассеянные скопления показаны кружками с треугольниками, расположенными в пределах узкой линии точно вдоль Млечного пути. Планетарных туманностей показано мало по сравнению с другими объектами, и их проще узнать по своему самому известному представителю – туманности Кольцо (М57) в созвездии Лиры. Они концентрируются к полосе Млечного Пути, но не так сильно, как рассеянные скопления. Туманности показаны кружками с крестиками. Шаровые скопления расположены в гало Галактики и на небе образуют группу с увеличением плотности к центру Галактики, находящемся внизу карты. Они показаны кружками с квадратами. Далекие галактики избегают

Блиц-тест



и Млечного Пути, и центра нашей Галактики, так как там они не могут быть видны – их свет поглощается пылью нашей звездной системы. Они видны лишь вдалеке от Млечного пути и показаны пустыми кружками. Итак, ответ выглядит следующим образом:

○	D	⊕	B
⊗	C	▽	A

IX/X.4 ВОСЕМЬ СОСЕДЕЙ

О.С. Угольников

? На диаграмме (на обороте) показано изменение видимой звездной величины в течение года (с Земли) восьми объектов Солнечной системы. Напишите в таблице на листе ответов названия всех восьми объектов.

! Легче всего на диаграмме отметить кривую блеска, соответствующую Солнцу (1) и Луне (с ежемесячными колебаниями, 2). Также легко распознается кривая блеска Меркурия (5), имеющая колебания с периодом около 1/3 года – синодическим периодом этой планеты. Далее, даже не зная характерного блеска планет, можно найти кривую, соответствующую Марсу (7) – планете с длинным синодическим периодом. На диаграмме уместилась лишь его половина от противостояния до соединения. Венера (3), Юпитер (4) и Сатурн (6) определяются по характерным значениям звездной величины. Наконец, линия (8) соответствует Урану, а не какому-либо другому объекту Солнечной системы (например, яркому

XXIII Всероссийская олимпиада школьников по астрономии



астероиду типа Весты или Цереры), так как в противном случае колебания блеска были бы существенно сильнее. Таблица ответов получается следующей:

1	Солнце	5	Меркурий
2	Луна	6	Сатурн
3	Венера	7	Марс
4	Юпитер	8	Уран



Учебно-тренировочные сборы для кандидатов в команду Красноярского края на заключительный этап всероссийской олимпиады школьников

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ
ШКОЛЬНИКОВ ПО ПРЕДМЕТУ
«АСТРОНОМИЯ»**

Категория обучающихся: учащиеся 9-11 классов, победители и призеры регионального этапа всероссийской олимпиады школьников Красноярского края по Астрономии.

Цель программы: углубление знаний учащихся в области астрономии, подготовка к участию в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

Срок обучения: 80 часов.

Форма обучения: очная.

Авторы программы: Бутаков С.В., Грантовская В.О.

Учебно-тематический план обучения

№	Наименование темы	Количество часов		
		Теория	Практика	Всего
1.	Звездное небо	1	1	2
2.	Небесная сфера	1	3	4
3.	Движение Земли по орбите	1	3	4
4.	Измерение времени	1	3	4
5.	Движение небесных тел под действием силы всемирного тяготения	1	1	2
6.	Солнечная система	1	2	3
7.	Система Солнце–Земля–Луна	1	2	3
8.	Оптические приборы	1	1	2
9.	Шкала звездных величин	1	3	4
10.	Электромагнитные волны	1	3	4
11.	Общие представления о структуре Вселенной	1	1	2
12.	Измерения расстояний в астрономии	1	1	2
13.	Звезды, общие понятия	1	1	2
14.	Классификация звезд	1	1	2
15.	Движение звезд в пространстве	1	3	4
16.	Двойные и переменные звезды	1	3	4
17.	Рассеянные и шаровые звездные скопления	1	1	2
18.	Солнце	1	3	4
19.	Ионизованное состояние вещества	1	1	2
20.	Межзвездная среда	1	1	2
21.	Телескопы, разрешающая и проникающая способности. Приемники излучения и методы наблюдений	1	1	2
22.	Основы теории приливов	1	1	2
23.	Оптические свойства атмосфер планет и	1	1	2

	межзвездной среды			
24.	Законы излучения	1	1	2
25.	Спектры звезд	1	1	2
26.	Спектры излучения разреженного газа	1	1	2
27.	Представление о внутреннем строении и источниках энергии Солнца и звезд	1	1	2
28.	Эволюция Солнца и звезд	1	1	2
29.	Строение и типы галактик	1	1	2
30.	Основы космологии	1	3	4
	ИТОГО	30	50	80

Содержание программы обучения

1. Звездное небо.

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

2. Небесная сфера.

Суточное движение небесных светил на различных широтах. Восход, заход, кульминация. Горизонтальная и экваториальная системы 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.

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.

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 стили.

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.

6. Солнечная система.

Строение, состав, общие характеристики. Размеры, форма, масса тел Солнечной системы, плотность их вещества. Отражающая способность (альбедо). 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.

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. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

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.

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. 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.

10. Электромагнитные волны.

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

11. Общие представления о структуре Вселенной.

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

12. Измерения расстояний в астрономии.

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

13. 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.

14. 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.

15. Движение звезд в пространстве.

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

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Ионизованное состояние вещества.

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

20. 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. Звздообразование. Межзвездное магнитное поле.

21. Телескопы, разрешающая и проникающая способности. Приемники излучения и методы наблюдений.

Предельное угловое разрешение и проникающая способность. Размеры дифракционного изображения, ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов. Элементарные сведения о современных методах фотометрии и спектроскопии. Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Использование светофильтров. Прием радиоволн. Угловое разрешение радиотелескопов и радиоинтерферометров.

22. Основы теории приливов.

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

23. 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.

24. 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.

25. Спектры звезд.

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

26. Спектры излучения разреженного газа.

Представление о спектрах солнечной короны, планетарных и диффузных туманностях, полярных сияниях.

27. 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).

28. 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.

29. 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.

30. 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.

Практическая работа: решение задач.

Литература

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1252 (ред. от 17.03.2015) «Об утверждении Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников».
2. Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2015/2016 учебном году. М.: Центральная предметно-методическая комиссия всероссийской олимпиады школьников по астрономии, 2015.
3. Информационный портал Всероссийской олимпиады школьников. URL: <http://www.rosolymp.ru/>
4. Всероссийская олимпиада по астрономии: официальный сайт URL: <http://www.astroolymp.ru/>
5. Всероссийская олимпиада школьников: сайт министерства образования Красноярского края. URL: http://krao.ru/rb-topic_t_386.htm
6. Сайт Санкт-Петербургской астрономической олимпиады «Школьная астрономия Петербурга». URL: <http://school.astro.spbu.ru/>
7. 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.
8. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. Авт.-сост. О.С. Угольников. М., 2006.
9. Сурдин В.Г. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. М.: МГУ, 1995.
10. Сурдин В.Г. Астрономические задачи с решениями: учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002.
11. 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.

12. Бутаков С.В., Гурьянов С.Е. Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае. 2009–2013 годы»: учебно-методическое пособие. Красно-яр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. – Красноярск, 2014.

13. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. – 2-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2001.

14. Левитан Е.П. Астрономия: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений. М.: Просвещение, 1994.

15. Малахова Г.И., Страут Е.К. Дидактический материал по астрономии: пособие для учителя. 3-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1989.

16. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: учебное пособие для вузов. 4-е изд. М.: ЛИБРОКОМ, 2011.

17. Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии / Под ред. В.Г. Сурдина. Изд. 6-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2009.

18. Иванов В.В., Кривов А.В., Денисенков П.А.. Парадоксальная Вселенная. 175 задач по астрономии. СПб.: СПбГУ, 1997.

19. Гаврилов М.Г. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка–Москва, 1998.

20. Московские астрономические олимпиады. 1997–2002. / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2002.

21. Московские астрономические олимпиады. 2003–2005. / под ред. О.С. Угольникова и В.В. Чичмаря. М.: МИОО, 2005.

22. Задания олимпиад школьников Московской области по астрономии. М., 2006.