

Утверждены на заседании Центральной  
предметно-методической комиссии по астрономии  
(Протокол от 23.10.2017 г. № 1)

**Требования к проведению регионального этапа по астрономии  
в 2017/2018 учебном году  
(для организаторов и членов жюри)**

**Москва, 2017 г.**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения	3
2. Функции оргкомитета и жюри регионального этапа олимпиады	3
3. Материально-техническое обеспечение Регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2018 года	5
4. Порядок проведения соревновательных туров	6
5. Порядок проведения анализа олимпиадных заданий и их решений и показа работ	9
6. Критерии и методики оценивания решений заданий	10
7. Порядок рассмотрения апелляции по результатам проверки жюри олимпиадных заданий	11
8. Порядок подведения итогов олимпиады	12
9. Контактная информация	13
Приложение 1. Методическая программа Всероссийской олимпиады по астрономии	15
Приложение 2. Справочная информация, выдаваемая участникам на олимпиаде	25

## ***1. Общие положения.***

Настоящие требования к проведению регионального этапа всероссийской олимпиады школьников (далее – Олимпиада) по астрономии составлены на основе Порядка проведения всероссийской олимпиады школьников, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 18 ноября 2013 г. № 1252 и изменений, внесенных в Порядок (приказ Минобрнауки России от 17 марта 2015 г. № 249, приказ Минобрнауки России от 17 декабря 2015 г. № 1488 и приказ Минобрнауки России от 17 ноября 2016 г. № 1435).

Общие принципы формирования комплекта заданий регионального этапа олимпиада по астрономии следующие:

1. Задания формируются на основе методического списка вопросов по астрономии, соответствующим текущему классу (до регионального этапа включительно) и предыдущих классов (все этапы), при этом каждое из заданий соответствует разным вопросам данного списка. Возможность освещения вопросов предыдущих классов и этапов делает необходимым публикацию полной методической программы олимпиады (приложение 1).

2. Основу комплекта составляют задания, требующие многоэтапного применения различных астрономических и физических законов и формул, геометрических и логических построений.

Региональный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится в один день и состоит из одного теоретического тура. Олимпиада проводится в аудиторном формате и **не требует** специфического оборудования (телескопов, атласов и звездных карт и т.д.).

## ***2. Функции оргкомитета и жюри регионального этапа олимпиады***

Оргкомитет регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии формируется органом государственной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющим государственное управление в сфере образования. Задачей Оргкомитета является организация проведения олимпиады, предоставление материально-технических ресурсов для работы участников олимпиады и членов жюри. Оргкомитет осуществляет:

1. Составление списков участников олимпиады;

2. Выдачу условий заданий и листов со справочными материалами участникам перед олимпиадой и их сбор после олимпиады;
3. Организацию процесса решения заданий в соответствии с данными требованиями;
4. Кодирование работ участников олимпиады;
5. Передачу закодированных (без указания фамилий участников) работ в жюри;
6. Декодирование работ после окончания работы жюри;
7. Составление предварительных протоколов олимпиады;
8. Передачу в жюри протоколов олимпиады без указания фамилий участников для вынесения решений о присуждении поощрительных грамот победителей и призеров олимпиады;
9. Публикацию протокола олимпиады в общедоступных источниках в сети Интернет;
10. Сбор заявлений на апелляцию от участников и передачу их вместе с работами в сканированном виде в жюри;
11. Прием решений жюри об изменении оценок на основе рассмотрений апелляций и внесении их в протокол олимпиады;
12. Отправку электронных копий решений заданий и протоколов апелляций по запросу Центральной предметно-методической комиссии по астрономии для проведения экспертизы;
13. Прием экспертных заключений из Центральной предметно-методической комиссии по астрономии относительно проверки работ в жюри и проведении апелляции, внесение решений в протокол олимпиады;
14. Публикацию окончательного протокола олимпиады в общедоступных источниках в сети Интернет.

Орган государственной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющий государственное управление в сфере образования, также формирует жюри регионального этапа Всероссийской олимпиады, в которое должны входить научные и педагогические работники, специализирующиеся в области астрономии. Оптимальная численность жюри – 10% от числа участников регионального этапа, но не менее 4 человек. Назначаются председатель и заместитель председателя жюри. Жюри осуществляет:

1. Ответы на вопросы участников олимпиады по формулировке заданий по ходу олимпиады;
2. Проверку решений заданий в соответствии с критериями, определенными ЦПМК по астрономии Всероссийской олимпиады школьников;
3. Анализ и оценивание решений заданий по окончании олимпиады;

4. Проведение апелляций по итогам проверки решений;
5. Представление организатору олимпиады результаты олимпиады (протоколы) для их утверждения;
6. Принятие решения о выдаче поощрительных грамот победителей и призеров олимпиады на основе протоколов с итоговыми оценками без указания фамилий участников.

Оргкомитет и жюри *не вправе* публиковать условия и решения заданий олимпиады до их опубликования на сайте Всероссийской олимпиады по астрономии [www.astroolymp.ru](http://www.astroolymp.ru) (ориентировочная дата публикации – три рабочих дня после проведения тура)

### ***3. Материально-техническое обеспечение регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2018 года***

Для проведения регионального этапа олимпиады Организатор регионального этапа предоставляет аудитории в количестве, определяемом числом участников олимпиады. Аудитории должны соответствовать всем техническим и санитарным требованиям, в них должны быть обеспечены условия для нормальной работы участников олимпиады и наблюдателей в течение всей олимпиады. Если тур проводится в типовых школьных аудиториях, то в каждой из них должны находиться не более 15 участников, причем каждый участник должен сидеть за отдельной партой. При проведении тура в большой аудитории участники должны располагаться в ряду не ближе 2 метров друг от друга. В аудиториях должны быть установлены часы, доступные для обзора со всех рабочих мест.

При наличии среди участников лиц с ОВЗ должны быть созданы все условия для качественной и равноправной работы, включая все необходимое оборудование, исходя из состояния здоровья участника.

При полной численности участников регионального этапа, большей 20, рекомендуется организовать работу участников олимпиады по каждой из возрастных групп (9, 10 и 11 класс) в разных аудиториях.

Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить:

1. Ручку.
2. Карандаш.
3. Линейку.
4. Резинку для стирания.

5. Пустую тетрадь (либо сшитый комплект листов) со штампом или кодом Организационного комитета для выполнения заданий. По требованию участника олимпиады ему должна быть предоставлена вторая тетрадь или комплект листов.

Каждому участнику олимпиады должен быть выданы два листа с общей информацией, два листа с заданиями, соответствующими нужной возрастной параллели, и три листа со справочными данными, приложенными к комплекту заданий (Приложение 2), вне зависимости от возрастной параллели. Во избежание причинения вреда зрению участников и возможных неточностей при прочтении условий листы с заданиями должны размножаться с сохранением размеров листа на бумаге формата А4. Размножение листов заданий, инструкции и справочных данных с уменьшением формата бумаги *не допускается*. При наличии среди участников лиц с ОВЗ по зрению возможно увеличение шрифтов в тексте условий и справочных данных с увеличением числа раздаточных листов для этих участников.

В каждой аудитории должны быть также запасные канцелярские принадлежности и не менее калькуляторы в количестве не менее 20% от числа участников, временно выдаваемых по их требованию. В течение всего тура олимпиады в каждой аудитории находится наблюдатель, назначаемый Организационным комитетом.

Для работы жюри должна быть выделена аудитория, обеспеченная отдельными рабочими местами для каждого члена жюри.

#### ***4. Порядок проведения соревновательных туров***

Региональный этап Всероссийской олимпиады по астрономии 2018 года проводится в один тур отдельно в трех возрастных параллелях – 9, 10 и 11 класс. Для каждой возрастной параллели предназначен отдельный комплект из 6 заданий. Сроки проведения регионального этапа определяются Министерством образования и науки Российской Федерации. Продолжительность тура – 4 часа с момента выдачи заданий участникам. Время начала тура для каждого региона Российской Федерации определяется Министерством образования и науки Российской Федерации.

Олимпиада проводится на базе высшего, среднего или среднего специального учебного заведения или учреждения дополнительного образования. Участники олимпиады и сопровождающие их лица должны быть предупреждены о необходимости прибыть на место проведения регионального этапа не менее чем за 20-30 минут до его начала. Они приглашаются на предварительное собрание, на котором оглашаются правила проведения олимпиады, представляется состав оргкомитета и жюри. Собрание проводится

в конференц-зале или иной большой аудитории учреждения, в котором проводится олимпиада. После этого участники олимпиады распределяются по аудиториям.

Перед началом работы участники олимпиады пишут на обложке тетради или первом листе свою фамилию, имя и отчество, номер класса и школы, район и населенный пункт. Участникам олимпиады запрещается писать свои личные данные на внутренние страницы тетради или других листах. Наблюдатель проставляет на обложку и первую страницу тетради каждого участника идентичный шифр. В случае использования сшитых листов шифр проставляется на каждый лист, включая первый.

По окончании организационной части участникам выдается полный комплект листов с заданиями, соответствующими их возрастной параллели (2 страницы), а также инструкцию (2 страницы) и справочную информацию (3 страницы), прилагаемую к заданиям. Прилагаемая к комплекту заданий справочная информация является разрешенной для использования и должна быть выдана участникам в полном объеме. Вторая страница листов с заданиями содержит графики и диаграммы, на которых участники олимпиады могут выполнять построения и вычисления. Для объективности и полноты проверки они могут сдавать эти листы вместе с решениями, на них также проставляется шифр участника.

Наблюдатель отмечает время выдачи заданий, на их решение выделяется 4 часа, начиная с данного момента. Участники начинают выполнять задания со второй страницы тетради или второго листа сшивки, оставляя первую страницу чистой. По желанию участника, он может использовать несколько последних страниц под черновик, сделав на них соответствующую пометку. При нехватке места в тетради наблюдатель выдает участнику дополнительную тетрадь (либо сшитый комплект листов), проставляя на ее обложке тот же шифр, что был поставлен на первую тетрадь. По окончании работы вторая тетрадь вкладывается в первую (комплекты листов сшиваются).

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

1. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями наряду с выданными оргкомитетом.
2. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором, а также просить наблюдателя временно предоставить ему калькулятор.
3. Пользоваться справочной информацией, выдаваемой на трех листах вместе с условиями заданий (Приложение 2; включены также в информацию для участника);
4. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.
5. Принимать продукты питания.

6. Временно покидать аудиторию, оставляя у наблюдателя свою тетрадь.

*Во время работы над заданиями участнику запрещается:*

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

Лица, сопровождающие участников олимпиады, не имеют право подходить к аудиториям, где работают участники, до окончания этапа во всех аудиториях. По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями. При выполнении построений на графиках (задача №6 в каждой возрастной параллели) листы с этими графиками также сдаются и подшиваются к листам с решениями.

Проверку работ и подведение итогов олимпиады проводит жюри, сформированное органом государственной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющим государственное управление в сфере образования. Перед началом проверки работ жюри должно ознакомиться с правильными решениями задач, желательно провести решения заданий самостоятельно. Далее жюри проводит заседание, на котором распределяет работу по проверке заданий. Решение каждой конкретной задачи должно быть проверено у всех участников одной возрастной категории одними и теми же членами жюри для обеспечения объективности результатов. Рекомендуется, чтобы решение каждой задачи независимо проверялось как минимум двумя членами жюри.

Решение каждой задачи оценивается по 8-балльной системе (от 0 до 8 баллов). Премияльные баллы на региональном этапе Всероссийской олимпиады школьников **не допускаются**. При независимой проверке решения одной задачи несколькими членами жюри их оценки усредняются с округлением до целого числа. Выставление итоговых дробных оценок **не допускается**. При разнице оценок за решение одного задания в 2 балла или более членам жюри, выставившим эти оценки, рекомендуется провести обсуждение с целью выработки единого мнения. Общая оценка участника за весь



региональный этап получается суммированием его оценок за решение 6 задач и составляет от 0 до 48 баллов.

При проверке работ жюри использует решения и системы оценивания, прилагаемые в инструкции для жюри. Необходимо также ознакомиться с общей инструкцией по проверке, приложенной к решениям заданий. Жюри выставляет оценки на первой странице тетради участника. По окончании работы жюри передает тетради в оргкомитет.

Оргкомитет соединяет тетради с обложками на основе шифра и проводит усреднение (если требуется) и суммирование оценок участников по каждой из задач. На основе этого оргкомитетом заполняется протокол с указанием персональных данных участников, их оценок за каждое из заданий и суммарную оценку. На основе суммарных оценок жюри определяет победителей и призеров олимпиады в каждой возрастной параллели. Для обеспечения максимальной объективности оргкомитету следует передавать в жюри выписки из протокола, не содержащие персональных данных, с указанием лишь суммарных оценок.

## ***5. Порядок проведения анализа олимпиадных заданий и их решений и показа работ.***

После завершения работы участников они переходят вместе с сопровождающими в конференц-зал или большую аудиторию, где проводится заключительное собрание. Перед ними может выступить член оргкомитета и жюри с кратким анализом заданий и критериев оценивания, который должен начаться не ранее, чем через полчаса после окончания олимпиады. Основная цель процедуры разбора заданий – информировать участников Олимпиады о правильных вариантах ответов на предложенные задания, объяснить допущенные ими ошибки и недочеты. Решение о проведении (и форме проведения) разбора заданий принимает организатор регионального этапа олимпиады.

Выдавать решения участникам и сопровождающим, а также публиковать их в любых средствах массовой информации ***категорически запрещается*** до момента их опубликования на сайте Всероссийской олимпиады школьников по астрономии.

После завершения процедуры проверки решений заданий участники олимпиады могут запросить провести показ собственной работы. Процедура проведения показа работ может быть произведена в очной или заочной форме. В ее ходе участнику олимпиады

предоставляется копия его работы, а также делается анализ о выполнении каждого из этапов задания и оценки, выставленные за эти этапы и все задание в целом. Выдача оригинала решения задания участнику на руки *не допускается*. В случае несогласия участника олимпиады с выставленной оценкой он вправе подать апелляционное заявление (пункт 7).

При необходимости провести показ работы участника с ОВЗ необходимо привлечение соответствующего эксперта (экспертов).

## ***6. Критерии и методики оценивания решений заданий***

В каждой возрастной параллели (9, 10 и 11 класс) участникам предлагаются по 6 заданий. Проверка и оценивание решений производится жюри. Перед началом работы жюри проводит совещание, на котором производится распределение каждого задания по каждой возрастной параллели между членами жюри. Для обеспечения объективности проверки, член жюри, в ответственность которого входит то или иное задание, должен проверить и оценить его выполнение у всех участников по данной возрастной параллели. При этом допускается проверка одного и того же задания у всех участников двумя членами жюри, однако итоговая оценка должна получаться на основе округления или совместного обсуждения двух членов жюри. Выставление дробной итоговой оценки за выполнение задания *не допускается*.

Оценка за выполнение каждого задания выставляется по 8-балльной системе (отсутствие решения или каких-либо разумных тезисов по нему оценивается 0 баллами, полное и правильное решение – 8 баллами). Оценка выставляется в соответствии с критериями, приведенными вместе с самими решениями в инструкциях для жюри. Большинство решений заданий разделяются на несколько основных этапов, каждому из которых соответствует определенное количество баллов, указанное в инструкции. При проверке необходимо отмечать степень правильности выполнения каждого отдельного этапа и число баллов, выставленное за этот этап. Эта информация может оказаться полезной при анализе и возможной апелляции участника олимпиады по итоговой оценке.

Арифметические ошибки, допущенные участником олимпиады при выполнении того или иного этапа, могут служить основанием для частичного снижения оценки или полного снятия баллов за данный этап решения (но не за все решение), в зависимости от степени величины ошибки. Физические ошибки или просчеты, указывающие на отсутствия понимания сути этапа, приводят к полному снятию баллов за данный этап решения.

Участники олимпиады могут выполнять решение иным способом, не совпадающим с описанным в инструкции для жюри. Само по себе это не является основанием для снижения оценки. Член жюри должен определить степень правильности способа, предложенного участником олимпиады. Если сама методика решения верна, оно разделяется на этапы, эквивалентные описанным в инструкции для жюри, и итоговая оценка определяется правильностью выполнения этих этапов.

Жюри учитывает решения или части решений заданий, изложенные в черновике, при наличии ссылки на черновик в чистовом решении. Если чистовое и черновое решение выполнено двумя противоречащими друг другу способами, оценивается только решение в черновике, вне зависимости от того, какой из способов более верный.

ЦПК по астрономии оставляет за собой право осуществлять выборочную перепроверку выполненных решений заданий регионального этапа олимпиады.

## ***7. Порядок рассмотрения апелляции по результатам проверки жюри олимпиадных заданий***

Апелляция проводится в случаях несогласия участника Олимпиады с результатами оценивания его олимпиадной работы. Апелляции участников Олимпиады рассматриваются членами жюри (апелляционная комиссия).

Рассмотрение апелляции проводится в спокойной и доброжелательной обстановке. Участнику Олимпиады, подавшему апелляцию, предоставляется возможность убедиться в том, что его работа проверена и оценена в соответствии с критериями и методикой, разработанными Центральной предметно-методической комиссией.

Апелляция участника Олимпиады должна быть рассмотрена не позднее чем через 3 часа с момента подачи соответствующего заявления. Для проведения апелляции участник Олимпиады подает письменное заявление на имя председателя Жюри.

При рассмотрении апелляции присутствует только участник Олимпиады, подавший заявление, имеющий при себе документ, удостоверяющий личность.

По результатам рассмотрения апелляции выносятся одно из следующих решений:

- об отклонении апелляции и сохранении выставленных баллов;
- об удовлетворении апелляции и корректировке баллов.

Критерии и методика оценивания олимпиадных заданий не могут быть предметом апелляции и пересмотру не подлежат.

Решения по апелляции принимаются простым большинством голосов. В случае равенства голосов председатель Жюри имеет право решающего голоса. Решения по апелляции являются окончательными и пересмотру не подлежат, за исключением случая их экспертизы ЦПМК (см. далее). Рассмотрение апелляции оформляется протоколом, который подписывается членами Жюри.

При необходимости рассмотрения апелляции участника с ОВЗ необходимо привлечение соответствующего эксперта (экспертов).

Протоколы рассмотрения апелляции передаются председателю Жюри для внесения соответствующих изменений в протокол и отчетную документацию.

Документами по проведению апелляции являются:

- письменные заявления об апелляциях участников Олимпиады;
- журнал (листы) регистрации апелляций;
- протоколы проведения апелляции, которые вместе с аудио или видеозаписью работы апелляционной комиссии хранятся в оргкомитете в течение 3 лет.

Окончательные итоги Олимпиады утверждаются Жюри с учетом проведения апелляции.

## ***8. Порядок подведения итогов олимпиады***

Окончательные итоги регионального этапа олимпиады по астрономии подводятся на последнем заседании жюри после завершения процесса рассмотрения всех поданных участниками апелляций.

Победители и призеры регионального этапа олимпиады определяются на основании рейтинга и в соответствии с квотой, установленной организатором регионального этапа.

Документом, фиксирующим итоговые результаты регионального этапа олимпиады, является протокол жюри регионального этапа, подписанный его председателем, а также всеми членами жюри.

Окончательные результаты проверки решений всех участников фиксируются в итоговой таблице, представляющей собой ранжированный список участников, расположенных по мере убывания набранных ими баллов. Участники с одинаковыми баллами располагаются в алфавитном порядке. При принятии решения о присвоении дипломов жюри должно руководствоваться копией протокола без указания персональных данных участников, только на основе их суммарных оценок.

Обращаем особое внимание, что обязательное требование о наборе 50% от максимального количества баллов (пункт 64 Порядка проведения Всероссийской олимпиады) для присуждения дипломов победителей и призеров относится *только к заключительному этапу Всероссийской олимпиады*. Критерии для присуждения дипломов победителей и призеров регионального этапа разрабатываются жюри исходя из фактического распределения участников по набранным баллам, отдельно для каждой возрастной параллели. Достижение уровня 50% от максимального числа баллов рекомендуется считать достаточным (но не обязательным) для присуждения диплома.

Для уменьшения влияния случайных факторов на итоги олимпиады жюри не рекомендуется утверждать минимальное число баллов, необходимое для присуждения дипломов победителей и призеров олимпиады, в интервалах большой плотности результатов (например, минимальное число баллов для победителей, равное 40, при наличии результатов других участников в 38-39 баллов). Минимальное число баллов для присуждения дипломов победителей и призеров может быть разным для параллелей 9, 10 и 11 классов.

Председатель жюри передает протокол по определению победителей и призеров в оргкомитет для подготовки приказа об итогах регионального этапа Олимпиады.

Победители и призеры регионального этапа Олимпиады награждаются поощрительными грамотами.

ЦПМК по астрономии вправе проводить выборочную перепроверку выполненных олимпиадных заданий на основе заявлений участников либо по собственной инициативе. В этом случае оргкомитет высылает сканированные копии работ участников олимпиады в ЦПМК по адресу [ougolnikov@gmail.com](mailto:ougolnikov@gmail.com) и [appeal@astroolymp.ru](mailto:appeal@astroolymp.ru). На основе выборочной перепроверки ЦПМК вправе рекомендовать жюри пересмотреть оценки участников (в сторону увеличения или уменьшения количества баллов) и итоги олимпиады, а также довести результаты до сведения Министерства образования и науки Российской Федерации.

## ***9. Контактная информация***

По всем возникающим вопросам по ходу проведения регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии можно обращаться к заместителю председателя ЦПМК по астрономии Угольникову Олегу Станиславовичу, тел. (8-916)-391-73-00, e-mail:

[ougolnikov@gmail.com](mailto:ougolnikov@gmail.com). Оперативная информация по проведению всех этапов Всероссийской олимпиады по астрономии доступна на сайте олимпиады [www.astroolymp.ru](http://www.astroolymp.ru).

## **МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ**

*Примечание.* Темы разделены по параграфам, соответствующим возрастным параллелям (от 5-6 до 11 класса). Если для части темы указан определенный этап олимпиады, она может быть задействована в заданиях этого и более поздних этапов олимпиады вплоть до заключительного. Любая из тем может быть задействована на любом этапе олимпиады в более старшей возрастной параллели.

### **§ 1. 5-6 классы (только школьный этап).**

#### 1.1. Основные объекты звездного неба.

Созвездия и наиболее яркие звезды неба. Условия их видимости в разные сезоны года. Ориентирование на местности по полярной звезде. Астеризмы. Видимые отличия планет от звезд.

#### 1.2. Видимое движение Солнца по небу.

Эклиптика, зодиакальные созвездия. Положение Солнца в созвездиях в зависимости от времени года.

#### 1.3. Солнечная система.

Структура и состав Солнечной системы. Астрономическая единица. Планеты Солнечной системы: радиусы орбит, физические характеристики (размеры, форма, масса, плотность, период вращения). Обращение Земли вокруг Солнца, как причина смены времен года. Крупнейшие спутники планет. Системы мира Птолемея и Коперника.

#### 1.4. Основы летоисчисления.

Календарный год. Високосные и невисокосные года. Юлианский и григорианский календари.

#### 1.5. Вращение Земли.

Полус и экватор. Смена дня и ночи. Изменение вида звездного неба в течении суток.

#### 1.6. Основные сведения о Луне.

Движение Луны вокруг Земли, фазы Луны. Солнечные и лунные затмения.

1.7. Начальные представления о структуре Вселенной.

Основные типы объектов Вселенной (звезды, галактики). Характерные пространственные масштабы.

## **§ 2. 7 класс (школьный и муниципальный этапы).**

2.1. Земля как планета.

*Школьный этап:* Фигура Земли. Экваториальный и полярный радиусы. Географические координаты.

2.2. Основы сферической астрономии.

*Школьный этап:* Основные точки и линии на небесной сфере (горизонт, небесный меридиан, зенит, полюс мира, стороны света). Понятие высоты объекта над горизонтом. Связь высоты полюса мира над горизонтом с широтой наблюдателя.

*Муниципальный этап:* Суточные пути светил на небесной сфере на разных широтах. Восход, заход, кульминация. Годичное движение Солнца по небу. Равноденствия и солнцестояния. Полярный день и полярная ночь. Тропик и полярный круг.

2.3. Оптические явления в атмосфере Земли.

*Школьный этап:* Радуга, солнечные и лунные гало, ложное Солнце (паргелий) и ложная Луна (парселений), световые столбы. Серебристые облака. Полярные сияния.

2.4. Солнце и звезды, их физические характеристики.

*Школьный этап:* Масса, радиус, температура Солнца.

*Муниципальный этап:* Основные характеристики звезд: Масса, размеры (гиганты, карлики), температура, цвет (качественно).

2.5. Малые тела Солнечной системы.

*Школьный этап:* Определение планеты и карликовой планеты. Свойства и основные характеристики карликовых планет, астероидов и комет, условия их наблюдений. Главный пояс астероидов, пояс Койпера и облако Оорта. Происхождение и эволюция комет. Метеоры и метеорные потоки на Земле. Радиант метеорного потока. Метеориты.

2.6. Электромагнитное излучение и система расстояний в астрономии.



*Школьный этап:* Скорость света, световой год. Характерные расстояния до объектов Вселенной в световых годах.

*Муниципальный этап:* Шкала и диапазоны электромагнитных волн. Парсек и метод годичного параллакса измерения расстояний до звезд. Соотношение между парсеком и световым годом. Пространственно-временные масштабы Вселенной.

## 2.7. Общие сведения по математике.

*Школьный этап:* Единицы измерения углов (часовые и градусные), их части. Длина окружности.

*Муниципальный этап:* Линейные уравнения. Решение систем линейных уравнений.

## **§ 3. 8 класс (школьный и муниципальный этапы).**

### 3.1. Небесная сфера.

*Школьный этап:* Понятие небесной сферы. Большие и малые круги на небесной сфере. Угловые расстояния между объектами на небесной сфере.

*Муниципальный этап:* Координаты на поверхности сферы аналогично широте и долготе на Земле. Горизонтальная и экваториальная система координат. Высота, азимут, часовой угол, прямое восхождение и склонение точек небесной сферы. Высоты светил в верхней и нижней кульминации. Рефракция (основные свойства). Незаходящие и невосходящие светила.

### 3.2. Шкалы времени в астрономии.

*Школьный этап:* Осевое вращение Земли и солнечные сутки. Местное и поясное время. Связь с географической долготой. Декретное время, часовые пояса и часовые зоны.

*Муниципальный этап:* Звездное время, звездные сутки. Изменение условий видимости звезд в течение года. Зимние, весенние, летние и осенние созвездия. Подвижная карта звездного неба.

### 3.3. Основы небесной механики.

*Школьный этап:* Законы Кеплера в простой формулировке для круговых орбит. Первая космическая скорость.

*Муниципальный этап:* Закон всемирного тяготения. Обобщенные законы Кеплера. Движение по эллипсу и параболе. Эллипс, его основные точки, большая и малая полуоси,

эксцентриситет. Парабола как предельный случай эллипса. Вторая космическая скорость. Определение масс небесных тел на основе закона всемирного тяготения.

#### 3.4. Солнечная система.

*Школьный этап:* Определение расстояний до тел Солнечной системы (методы радиолокации и суточного параллакса). Угловые размеры планет. Связь угловых и линейных размеров космических объектов.

*Муниципальный этап:* Упрощенная запись III закона Кеплера для планет Солнечной системы. Видимое движение планет, их конфигурации. Сидерический, синодический периоды планет, связь между ними. Перелеты между планетами. Расчеты времени межпланетных перелетов по эллипсам Гомана.

#### 3.5. Система Земля-Луна.

*Школьный этап:* Синодический и сидерический периоды Луны. Эксцентриситет орбиты Луны, точки перигея и апогея.

#### 3.6. Общие сведения о глазе и оптических приборах.

*Школьный этап:* Глаз как оптический прибор. Устройство простейших оптических приборов для астрономических наблюдений. Линзовые, зеркальные и зеркально-линзовые телескопы.

*Муниципальный этап:* Оптические схемы телескопов. Параметры оптических систем и изображений: фокусное расстояние, относительное отверстие, угловое увеличение, масштаб изображения, предельное угловое разрешение, размеры дифракционного изображения. Ограничения со стороны земной атмосферы на разрешающую способность.

#### 3.7. Общие сведения по математике.

*Школьный этап:* Запись больших чисел, математические операции со степенями. Приближенные вычисления. Число значащих цифр. Пользование инженерным калькулятором.

*Муниципальный этап:* формулы для синуса и тангенса малых углов. Квадратные уравнения. Подобие фигур. Прямоугольный треугольник. Теорема Пифагора. Площади простейших геометрических фигур: треугольник, круг.

### § 4. 9 класс.

#### 4.1. Уравнение времени.

*Муниципальный этап:* Истинное и среднее солнечное время, причины их различия. Уравнение времени, его характерная величина в разные периоды года. Аналемма.

*Заключительный этап:* математическое выражение для уравнения времени.

#### 4.2. Движение Земли и эклиптические координаты.

*Муниципальный этап:* Тропический и звездный год, прецессия оси Земли. Нутация (качественно). Принципы построения календарей. Солнечный, лунный и лунно-солнечный календари. Юлианские даты.

*Региональный этап:* Эклиптическая система координат. Абберрация света.

#### 4.3. Небесная механика.

*Региональный этап:* элементы орбит в общем случае. Скорость движения в точках перигелия и апогелия. Законы сохранения энергии и момента импульса. Движение по гиперболе. Наклонение орбиты, линия узлов. Прохождения планет по диску Солнца, условия наступления. Третья космическая скорость для Земли и других тел Солнечной системы.

#### 4.4. Движение Луны.

*Региональный этап.* Наклонение орбиты, линия узлов. Луны Либрации Луны. Движение узлов орбиты Луны, периоды «низкой» и «высокой» Луны. Аномалистический и драконический месяцы. Солнечные и лунные затмения, их типы, условия наступления. Сарос. Покрытия звезд и планет Луной, условия их наступления. Понятие о приливах.

#### 4.5. Шкала звездных величин.

*Муниципальный этап:* Светимость. Освещенность. Яркость. Звездная величина, ее связь с освещенностью и расстоянием до объекта. Формула Погсона. Изменение видимой яркости планет и комет при их движении по орбите. Альbedo планет.

#### 4.6. Звезды, общие понятия.

*Муниципальный этап:* Основные характеристики звезд: температура, радиус, масса и светимость. Закон излучения абсолютно черного тела (закон Стефана-Больцмана). Понятие эффективной температуры.

#### 4.7. Движение звезд в пространстве.

*Муниципальный этап:* Тангенциальная скорость и собственное движение звезд. Пространственное движение Солнца и звезд, апекс.

*Региональный этап:* Эффект Доплера. Лучевая скорость звезд и принципы ее измерения.

#### 4.8. Двойные и переменные звезды.

*Муниципальный этап:* Затменные переменные звезды. Определение масс и размеров звезд в двойных системах.

*Региональный этап:* Классификация двойных: визуальные, астрометрические, затменные переменные. Кривые блеска и кривые вращения в двойных системах. Пульсирующие переменные звезды, их типы. Зависимость «период-светимость» для цефеид. Долгопериодические переменные звезды. Новые звезды. Внесолнечные планеты, методы их обнаружения. Характеристики их орбит, "зона обитаемости".

#### 4.9. Рассеянные и шаровые звездные скопления.

*Региональный этап:* Возраст, физические свойства скоплений и особенности входящих в них звезд. Основные различия между рассеянными и шаровыми скоплениями. Движения звезд, входящих в скопление. Метод «группового параллакса» определения расстояния до скопления.

#### 4.10. Солнце.

*Все этапы:* Основные характеристики Солнца (вращение, химический состав). Солнечные пятна, циклы солнечной активности, Активные образования в атмосфере Солнца. Солнечная постоянная. Числа Вольфа. Состав атмосферы солнца.

*Муниципальный этап:* Магнитные поля на Солнце. Гелиосфера. Магнитосфера. Солнечный ветер.

*Региональный этап:* Механизм энерговыделения Солнца. Внутреннее строение Солнца. Солнечные нейтрино.

#### 4.11. Телескопы, проникающая способность, приемники излучения.

*Муниципальный этап:* Проникающая способность телескопа, поверхностная яркость протяженных объектов при наблюдении в телескоп.

*Региональный этап:* Современные приемники излучения: Фотоумножители, ПЗС-матрицы. Аберрации оптики. Оптические схемы современных телескопов. Космические телескопы, интерферометры.

#### 4.12. Строение и типы галактик.

*Школьный этап:* Морфологические типы галактик. Классификация Хаббла.

*Региональный этап:* Активные ядра галактик (классификация, наблюдательные проявления и физические механизмы). Происхождение и эволюция галактик. Кривые вращения галактических дисков. Темная материя в галактиках. Сверхмассивные черные дыры и оценка их массы.

#### 4.13. Основы космологии.

*Региональный этап:* Крупномасштабная структура Вселенной. Скопления и сверхскопления галактик. Гравитационное линзирование (качественно).

#### 4.14. Неоптическая астрономия.

*Школьный этап:* Космические лучи (состав, энергия, происхождение). Нейтрино. Гравитационные волны. Механизмы излучения.

#### 4.15. Общие сведения из физики.

*Региональный этап:* Теорема вириала. Связь массы и энергии. Строение ядра атома, дефект масс и энергия связи. Выделение энергии при термоядерных реакциях. Уравнения ядерных реакций (общие принципы), радиоактивность. Основные свойства элементарных частиц (электрон, протон, нейтрон, фотон, нейтрино). Антивещество.

#### 4.16. Общие сведения из математики.

*Школьный этап:* Экспонента, натуральные и десятичные логарифмы, вещественные степени. Формулы приближенных вычислений.

*Региональный этап:* Иррациональные уравнения. Метод простой итерации. Оценка погрешностей. Число значащих цифр. Линейная аппроксимация (графически). Площади и объемы простейших геометрических фигур: эллипс, цилиндр, шар, шаровой сегмент, конус, эллипсоид (только объем). Уравнения плоскости, эллипса и сферы. Геометрический смысл коэффициентов уравнений. Телесный угол. Системы координат на плоскости и в пространстве (прямоугольная, полярная, сферическая). Конические сечения: круг, эллипс, парабола, гипербола. Основные свойства. Уравнение эллипса в полярных координатах.

### § 5. 10 класс.

### 5.1. Движение в поле тяжести нескольких тел.

*Региональный этап:* Приливное воздействие. Сфера Хилла, полость Роша. Основы теории возмущенного движения, точки либрации.

### 5.2. Сферические координаты.

*Региональный этап:* Параллактический треугольник и преобразование сферических координат. Вычисление моментов времени и азимутов восхода и захода светил.

### 5.3. Основы спектроскопии.

*Региональный этап:* понятие спектра. Интенсивность, спектральная плотность излучения. Ангстрем. Закон смещения Вина. Многоцветная фотометрия, представление о фотометрической системе UBVR, показатели цвета. Спектр атома водорода и водородоподобных ионов. Квантовые и волновые свойства света. Поглощение, рассеяние, испускание электромагнитного излучения. Линейчатый и непрерывный спектры. Спектры различных астрономических объектов. Спектр разреженного газа (солнечной короны, планетарных и диффузных туманностей, полярных сияний). Профиль спектральной линии.

### 5.4. Влияние земной атмосферы на наблюдаемые характеристики звезд.

*Региональный этап:* Атмосферная рефракция, ее зависимость от температуры, давления и длины волны, "зеленый луч". Поглощение и рассеяние света в атмосфере, закон Бугера. Определение внеатмосферных звездных величин звезд. Понятие оптической толщины, ее связь с длиной пути луча в среде. Теллурические спектральные линии.

### 5.5. Классификация звезд с учетом их спектральных характеристик.

*Школьный этап:* Спектральная классификация звезд. Диаграмма «цвет-светимость» (Герцшпрунга-Рассела), «спектр-светимость» для разных групп звезд, рассеянных и шаровых звездных скоплений. Звезды главной последовательности, гиганты, сверхгиганты.

*Региональный этап:* Соотношение «масса-светимость» для звезд главной последовательности.

### 5.6. Эволюция звезд.

*Школьный этап:* Эволюция звезд различной массы и их перемещение по диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Эволюция звездных скоплений.

*Региональный этап:* Нуклеосинтез в недрах звезд различных типов и при взрыве сверхновых. Равновесие звезд. Перенос энергии в звезде. Звездные атмосферы и их спектры. Временные шкалы эволюции звезд (ядерная, тепловая, динамическая). Образование звезд. Джинсовская масса. Конечные стадии эволюции звезд: белые карлики, нейтронные звезды, черные дыры. Предел Чандрасекара. Гравитационный радиус. Пульсары. Планетарные туманности. Сверхновые звезды: типы, механизмы и основные характеристики. Сверхновые типа Ia. Остатки и расширяющиеся оболочки сверхновых. Сферическая и дисковая аккреция. Предел светимости Эддингтона.

#### 5.7. Межзвездная среда.

*Школьный этап:* Представление о распределении газа и пыли в пространстве. Плотность, температура и химический состав межзвездной среды. Горячий газ и холодные молекулярные облака. Газовые и диффузные туманности.

*Региональный этап:* Зависимость межзвездного поглощения от длины волны и влияние на звездные величины и цвет звезд, оптическая толщина. Связь избытка цвета с поглощением в полосе V.

#### 5.8. Общие сведения из физики.

*Школьный этап:* Газовые законы. Температура, тепловая энергия газа, концентрация частиц и давление. Термодинамическое равновесие. Идеальный газ. Связь скорости молекул и температуры.

*Региональный этап:* Длина свободного пробега и частота столкновений. Средняя квадратическая скорость молекул газа. Барометрическая формула. Плазма. Процессы ионизации и рекомбинации. Вырожденный газ.

#### 5.9. Общие сведения из математики.

*Региональный этап:* Метод наименьших квадратов. Непрерывные распределения, их простейшие параметры. Дифференцирование и его геометрический смысл. Сферическая тригонометрия (сферические теоремы синусов и косинусов).

### § 6. 11 класс.

#### 6.1. Небесная механика.

*Региональный этап:* Движение тел с переменной массой. Уравнение Циолковского.

## 6.2. Свойства излучения.

*Региональный этап:* Поляризация излучения. Давление света. Формула Планка. Приближения Рэля-Джинса и Вина. Яркостная температура. Мазерное излучение. Синхротронное излучение. Мера дисперсии и эффект Фарадея в межзвездной среде.

## 6.3. Галактика и галактики.

*Школьный этап:* Фотометрические и спектральные свойства галактик разных типов. Типы населения звезд в галактиках. Функция светимости звезд. Начальная функция масс.

*Региональный этап:* Соотношения Талли-Фишера и Фабер-Джексона.

## 6.4. Космология.

*Школьный этап:* Закон Хаббла, космологическое красное смещение. Реликтовое излучение, его спектр и флуктуации яркости.

*Региональный этап:* Большой взрыв. Инфляционная теория. Первичный нуклеосинтез. Первичная рекомбинация. Расширение Вселенной. Прошлое и будущее Вселенной. Модель однородной изотропной Вселенной Фридмана. Альтернативные модели Вселенной. Барионное вещество, темная материя и темная энергия. Критическая плотность Вселенной. Масштабный фактор. Угломерное и фотометрическое расстояния. Рост неоднородностей во Вселенной.

## 6.5. Общие сведения из физики.

*Региональный этап:* Специальная теория относительности. Преобразования Лоренца. Лоренцево сокращение и релятивистское замедление времени. Релятивистский эффект Доплера. Гравитационное красное смещение.

## 6.6. Общие сведения из математики.

*Региональный этап:* Интегрирование и его геометрический смысл. Формула Ньютона-Лейбница. Простейшие дифференциальные уравнения в задачах по физике и астрономии.



## СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ВЫДАВАЕМАЯ УЧАСТНИКАМ ОЛИМПИАДЫ

### Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная  $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$   
 Скорость света в вакууме  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   
 Постоянная Больцмана  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$   
 Универсальная газовая постоянная  $\mathcal{R} = 8.31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$   
 Постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$   
 Масса протона  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 Масса электрона  $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$   
 Астрономическая единица 1 а.е. =  $1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$   
 Парсек 1 пк =  $206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$   
 Постоянная Хаббла  $H = 68 \text{ (км/с)/Мпк}$

### Данные о Солнце

Радиус  $695\,000 \text{ км}$   
 Масса  $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$   
 Светимость  $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$   
 Спектральный класс  $G2$   
 Видимая звездная величина  $-26.78^m$   
 Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4.72^m$   
 Показатель цвета (B-V)  $+0.67^m$   
 Эффективная температура  $5800\text{К}$   
 Средний горизонтальный параллакс  $8.794''$   
 Скорость движения в Галактике  $230 \text{ км/с}$   
 Интегральный поток энергии на расстоянии Земли  $1360 \text{ Вт/м}^2$

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты  $0.017$   
 Тропический год  $365.24219 \text{ суток}$   
 Средняя орбитальная скорость  $29.8 \text{ км/с}$   
 Период вращения  $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$   
 Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года:  $23^\circ 26' 21.45''$   
 Экваториальный радиус  $6378.14 \text{ км}$   
 Полярный радиус  $6356.77 \text{ км}$   
 Масса  $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$   
 Средняя плотность  $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$   
 Объемный состав атмосферы:  $\text{N}_2 (78\%), \text{O}_2 (21\%), \text{Ar} (\sim 1\%)$ .

### Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли  $384400 \text{ км}$   
 Минимальное расстояние от Земли  $356410 \text{ км}$   
 Максимальное расстояние от Земли  $406700 \text{ км}$   
 Эксцентриситет орбиты  $0.055$   
 Наклон плоскости орбиты к эклиптике  $5^\circ 09'$   
 Сидерический (звездный) период обращения  $27.321662 \text{ суток}$   
 Синодический период обращения  $29.530589 \text{ суток}$   
 Радиус  $1738 \text{ км}$   
 Масса  $7.348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$  или  $1/81.3$  массы Земли

Средняя плотность  $3.34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$

Сферическое альbedo 0.07

Видимая звездная величина в полнолуние  $-12.7^m$

Видимая звездная величина в первой и последней четверти  $-10^m$

## ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695000	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	–26.8
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	–0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут**	177.36	0.65	–4.4
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	–2.0
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	–2.7
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час**	97.86	0.51	5.7
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8

\* – для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное вращение.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТ ПЛАНЕТ

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн.км	a.e.				
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	108.2	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	149.6	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	—
Марс	227.9	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	778.3	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	1429.4	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	2871.0	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	4504.3	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

## ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут		m
<b>Земля</b>							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
<b>Марс</b>							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
<b>Юпитер</b>							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8 \cdot 10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48 \cdot 10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08 \cdot 10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
<b>Сатурн</b>							
Тефия	$7.55 \cdot 10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05 \cdot 10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49 \cdot 10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88 \cdot 10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.2	~11.0
<b>Уран</b>							
Миранда	$6.33 \cdot 10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7 \cdot 10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27 \cdot 10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49 \cdot 10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03 \cdot 10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
<b>Нептун</b>							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685**	0.76	13.5

\* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

\*\* – обратное направление вращения.

## ФОРМУЛЫ ПРИБЛИЖЕННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(\alpha + x) \approx \sin \alpha + x \cos \alpha;$$

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + nx;$$

( $x \ll 1$ , углы выражаются в радианах).