

**Требования к проведению муниципального этапа Всероссийской
олимпиады школьников в 2018 — 2019 учебном году
по астрономии в Кемеровской области**

Утверждены на заседании региональной
предметно-методической комиссии по астрономии
7 сентября 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА	4
3. ОПИСАНИЕ НЕОБХОДИМОГО МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ.....	6
4. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА	6
5. ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ РЕШЕНИЙ И ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ.....	8
6. ПРОЦЕДУРА ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ	9
7. ПРОЦЕДУРА ОТБОРА УЧАСТНИКОВ НА СЛЕДУЮЩИЙ ЭТАП.....	9
8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	10
9. ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ	10
10. ПЕРЕЧЕНЬ СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, РАЗРЕШЕННЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЛИМПИАДЫ (СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДЛЕЖАЩАЯ РАЗДАЧЕ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ).....	11

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящие требования подготовлены региональной методической комиссией по астрономии Всероссийской олимпиады школьников и направлены для разъяснения соответствующим методическим комиссиям и жюри общих принципов проведения муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2018/2019 учебном году в Кемеровской области.

Муниципальный этап проводится в строгом соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1252 от 18 ноября 2013 г., с изменениями, утвержденными Приказами Министерства образования и науки Российской Федерации №249 от 17 марта 2015 г., №1488 от 17 декабря 2015 г. и №1435 от 17 ноября 2016 г.

Методическая комиссия по астрономии желает организаторам успехов в проведении школьного и муниципального этапов олимпиады. По любым вопросам, связанным с проведением муниципального этапа по астрономии в 2018/2019 учебном году в Кемеровской области, можно обратиться по электронной почте q4ai@ya.ru.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА

В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников, муниципальный этап олимпиады проводится не позднее 25 декабря 2018 года. Данный этап проводится в один аудиторный тур.

Список участников муниципального этапа составляется в соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады школьников и результатами школьного этапа олимпиады по астрономии, проведенного в образовательных учреждениях, подведомственных данному органу местного самоуправления, осуществляющего управление в сфере образования.

Муниципальный этап проводится независимо для школьников 7-11 классов. В соответствии с Порядком проведения Всероссийской олимпиады, участник (в том числе моложе 7 класса) выполняет задания за более старший класс, если он выполнял задания школьного этапа за этот же класс. Он должен быть предупрежден, что в случае квалификации в список участников последующих этапов Всероссийской олимпиады (регионального, заключительного) он будет выступать там в той же старшей параллели.

По ходу муниципального этапа участникам предлагается комплект заданий, подготовленных отдельно для каждой из возрастных параллелей. Количество заданий в каждой возрастной параллели составляет не менее 4 и не более 6, в зависимости от возрастной параллели и длительности этапа. Длительность этапа и число заданий приведены

в таблице:

Возрастная параллель	7 кл.	8 кл.	9 кл.	10 кл.	11 кл.
Длительность этапа (час)	2	2	3	3	3
Количество заданий	4	4	6	6	6

Часть заданий может быть общей для нескольких возрастных параллелей, однако конкурс и подведение итогов должны быть отдельными. Задания для муниципального этапа разрабатываются региональной предметно-методической комиссией по астрономии.

Решение заданий проверяется жюри, формируемым организатором олимпиады – органом местного самоуправления, осуществляющим управление в сфере образования. На основе протокола заседания жюри формируется список победителей и призеров муниципального этапа. Полный протокол олимпиады с указанием оценок *всех участников* (не только победителей и призеров!) передается в Департамент образования и науки Кемеровской области.

На основе протоколов муниципального этапа по всем муниципальным образованиям Департамент образования и науки Кемеровской области устанавливает проходной балл – минимальную оценку на муниципальном этапе, необходимую для участия в региональном этапе. Данный проходной балл устанавливается отдельно в каждой возрастной параллели и может быть разным для разных параллелей. На основе этих баллов формируется список участников регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии 2018/2019 учебного года.

3. ОПИСАНИЕ НЕОБХОДИМОГО МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПОВ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится в один аудиторный тур каждый и *не предусматривает* постановку каких-либо практических (в том числе внеурочных, выполняемых вне школы или в темное время суток) задач по астрономии, и проведение *не требует* специфического оборудования (телескопов и других астрономических приборов). Муниципальный этап олимпиады по астрономии проводится в аудиторном формате, и материальные требования для проведения не выходят за рамки организации стандартного аудиторного режима.

Для проведения муниципального этапа организатор должен предоставить аудитории в достаточном количестве – каждый участник олимпиады должен выполнять задание за

отдельным столом (партой).

Каждому участнику олимпиады Оргкомитет должен предоставить ручку, карандаш, линейку, резинку для стирания и пустую тетрадь со штампом Организационного комитета, а также листы со справочной информацией, разрешенной к использованию на олимпиаде. Полный перечень справочной информации, приведен в разделе 11.

В каждой аудитории должны быть также запасные канцелярские принадлежности и калькулятор. На время работы над решениями участнику должны быть предоставлены продукты питания (сок, печенья).

4. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ШКОЛЬНОГО И МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии проводится в один тур каждый. Участники олимпиады должны быть предупреждены о необходимости прибыть к месту проведения не менее чем за 15 минут до его начала. Они приглашаются на предварительное собрание, на котором оглашаются правила проведения олимпиады, представляется состав оргкомитета и жюри. После этого участники олимпиады распределяются по аудиториям.

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

По окончании организационной части участникам выдаются листы с заданиями, соответствующими их возрастной параллели, и листы со справочной информацией, необходимой для решения заданий. Наблюдатель отмечает время выдачи заданий. На решение заданий муниципального этапа олимпиады по астрономии школьникам отводится 2 часа для участников из 7-8 классов и 3 часа для участников 9-11 классов. Участники начинают выполнять задания со второй страницы тетради, оставляя первую страницу чистой. По желанию участника он может использовать несколько последних страниц тетради под черновик, сделав на них соответствующую пометку. При нехватке места в тетради наблюдатель выдает участнику дополнительную тетрадь. По окончании работы вторая тетрадь вкладывается в первую.

Во время работы над заданиями участник олимпиады имеет право:

1. Пользоваться листами со справочной информацией, выдаваемой участникам вместе с условиями заданий.

2. Пользоваться любыми своими канцелярскими принадлежностями наряду с выданными оргкомитетом.

3. Пользоваться собственным непрограммируемым калькулятором, а также просить наблюдателя временно предоставить ему калькулятор.

4. Обращаться с вопросами по поводу условий задач, приглашая к себе наблюдателя поднятием руки.

5. Принимать продукты питания.

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

Во время работы над заданиями участнику запрещается:

1. Пользоваться мобильным телефоном (в любой его функции).

2. Пользоваться любой другой вычислительной техникой, кроме непрограммируемого калькулятора (карманным компьютером, планшетом и т.д.).

3. Пользоваться какими-либо источниками информации, за исключением листов со справочной информацией, раздаваемых Оргкомитетом перед туром.

4. Обращаться с вопросами к кому-либо, кроме наблюдателя, членов Оргкомитета и жюри.

5. Запрещается одновременный выход из аудитории двух и более участников.

По окончании работы все участники покидают аудиторию, оставляя в ней тетради с решениями. После тура перед ними может выступить член оргкомитета и жюри с кратким разбором заданий.

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

5. ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ РЕШЕНИЙ И ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ

Для проверки решений участников муниципального этапа формируется жюри, состоящее из учителей, работающих в области астрономии и смежных дисциплин (физики, математики). Перед началом этапа жюри проводит собрание, на котором выбирает председателя, знакомится с условиями и решениями заданий и распределяет задания для

проверки между собой.

Для обеспечения объективности проверки решение каждого конкретного задания в той или иной возрастной параллели должно проверяться одним и тем же членом жюри. При достаточном составе жюри рекомендуется проводить независимую проверку решения каждого задания двумя (одними и теми же) членами жюри с усреднением оценки и проведением обсуждения, если оценки двух членов жюри существенно различаются (при необходимости с последующей коррекцией оценок).

Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе в соответствии с рекомендациями, разработанными составителями для каждой отдельной задачи. Альтернативные способы решения задачи, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности также оцениваются в полной мере. Ниже представлена общая схема оценивания решений.

- 0 баллов – решение отсутствует или абсолютно некорректно;
- 1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;
- 1-2 балл – сделана попытка решения, не давшая результата;
- 2-3 балла – правильно угадан сложный ответ, но его обоснование отсутствует или ошибочно;
- 4-6 баллов – частично решенная задача;
- 6-7 баллов – полностью решенная задача с более или менее значительными недочетами;
- 8 баллов – полностью решенная задача.

Выставление премиальных баллов (оценка за задание более 8 баллов) на школьном и муниципальном этапе не допускается. Общая оценка за весь этап получается суммированием оценок по каждому из заданий. Таким образом, максимальная оценка за весь школьный или муниципальный этап составляет 32 балла (до 8 класса включительно) и 48 баллов (9-11 классы).

6. ПРОЦЕДУРА ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ

На основе протоколов муниципального этапа жюри присуждает дипломы победителей и призеров данного этапа. Минимальное число набранных баллов, необходимое для присуждения дипломов, может отличаться для разных возрастных параллелей. При определении этого числа жюри должно принимать во внимание особенности распределения участников по набранным баллам. В каждой возрастной параллели может быть несколько победителей, а доля победителей и призеров среди всех участников может быть любой, вплоть до 100%, если все участники этапа достаточно успешно справились с заданиями.

Не рекомендуется присуждать разный статус (победитель/призер или призер/участник) участникам одной возрастной параллели с незначительной разницей в баллах. **Категорически запрещается** присуждать разный статус участникам одной возрастной параллели с одинаковым числом набранных баллов.

После подведения итогов информация о результатах тура доводится до сведения участников.

7. ПРОЦЕДУРА ОТБОРА УЧАСТНИКОВ НА СЛЕДУЮЩИЙ ЭТАП

По окончании муниципального этапа протоколы с результатами передаются в Департамент образования и науки Кемеровской области. На основе данных протоколов организатор следующего (регионального) этапа для каждой возрастной параллели определяет минимальное количество баллов, необходимое для участия в региональном этапе. **Категорически запрещается** допуск к участию в региональном этапе только победителей или только победителей и призеров муниципального этапа.

8. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.В. Кононович, В.И. Мороз. Общий курс астрономии. Москва, URSS, 2017.
2. П.Г. Куликовский. Справочник любителя астрономии. Москва, Либроком, 2016.
3. Энциклопедия для детей. Том 8. Астрономия. Москва, «Аванта+», 2011.
4. В.Г. Сурдин. Астрономические олимпиады. Задачи с решениями. Москва, МГУ, 1995.
5. В.Г. Сурдин. Астрономические задачи с решениями. Москва, Либроком, 2014.
6. В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. Парадоксальная Вселенная. 250 задач по астрономии. Санкт-Петербург, СПбГУ, 2010. Электронная версия: <http://www.astro.spbu.ru/staff/viva/Book/Book.html>
7. М.Г. Гаврилов. Звездный мир. Сборник задач по астрономии и космической физике. Черноголовка-Москва, 1998.
8. Задачи Московской астрономической олимпиады. 1997-2002. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2002.
9. Задачи Московской астрономической олимпиады. 2003-2005. Под редакцией О.С. Угольников и В.В. Чичмаря. Москва, МИОО, 2005.
10. Задачи Московской астрономической олимпиады. 2006-2015. Сборник под редакцией М.В. Кузнецова, Н.Ю. Подорванюка и О.С. Угольников, 2015.
11. О.С. Угольников. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в 2006 году. Москва, АПК и ППРО, 2007.
12. А.М. Татарников, О.С. Угольников, Е.Н. Фадеев. Сборник задач по астрономии. 10-11 класс. Москва, Просвещение, 2018.

13. О.С. Угольников. Астрономия. Задачник. 10-11 классы. Москва, Просвещение, Центр «Сферы», 2018.

9. ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

1. Сайт Всероссийской олимпиады школьников по астрономии – <http://www.astroolymp.ru/>
2. Учебно-информационный портал астрономических олимпиад, проводимых в России и за рубежом – <https://vk.com/astroolympiads>

10. ПЕРЕЧЕНЬ СПРАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, РАЗРЕШЕННЫХ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЛИМПИАДЫ (СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ПОДЛЕЖАЩАЯ РАЗДАЧЕ ВМЕСТЕ С УСЛОВИЯМИ ЗАДАНИЙ)

Ниже приведен перечень справочных данных, которые считаются известными при решении заданий всех этапов Всероссийской олимпиады школьников по астрономии. Эти справочные данные подлежат раздаче участникам олимпиады в *полном* объеме на всех этапах олимпиады.

Для удобства тиражирования, информация помещена с начала следующей страницы.

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

§1. Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

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

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 а.е. = $3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 68 \text{ (км/с)/Мпк}$

§2. Данные о Солнце

Радиус 695 000 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 5800К

Средний горизонтальный параллакс $8.794''$

Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

§3. Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.017

Тропический год 365.24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды

Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года: $23^\circ 26' 21.45''$

Экваториальный радиус 6378.14 км

Полярный радиус 6356.77 км

Масса $5.974 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Средняя плотность $5.52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Объемный состав атмосферы: N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%).

§4. Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Минимальное расстояние от Земли 356410 км

Максимальное расстояние от Земли 406700 км

Эксцентриситет орбиты 0.055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус 1738 км

Масса $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81.3 массы Земли

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

Визуальное геометрическое альbedo 0.12

Видимая звездная величина в полнолуние -12.7^m

§5. 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.

§6. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн.км	а.е.				
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	градусы 7.004	87.97 сут	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

§7. Характеристики некоторых спутников планет

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

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет.

** – обратное направление вращения.

§8. Формулы приближенного вычисления

$$\begin{aligned} \sin x &\approx \operatorname{tg} x \approx x; \\ \sin(\alpha + x) &\approx \sin \alpha + x \cos \alpha; \\ \cos(\alpha + x) &\approx \cos \alpha - x \sin \alpha; \\ \operatorname{tg}(\alpha + x) &\approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{\cos^2 \alpha}; \\ (1 + x)^n &\approx 1 + nx; \end{aligned}$$

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