

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2024/2025 учебный год
9 класс

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) и тестовые задания.

Время выполнения всех заданий тура – **3** астрономических часа.

Выполнение теоретических (письменных) заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание и определите, наиболее верный и полный ход решения и ответ;
- отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;
- если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением таблицы или схемы, не старайтесь чрезмерно детализировать информацию, вписывайте только те сведения или данные, которые указаны в вопросе;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности выбранных Вами ответов и решений.

Выполнение тестовых заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание;
- определите, какой из предложенных вариантов ответа (в случае использования заданий с выбором ответа) наиболее верный и полный;
- напишите букву (цифру), соответствующую выбранному Вами ответу;
- продолжайте, таким образом, работу до завершения выполнения тестовых заданий;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности Ваших ответов.

Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы.

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его представителям оргкомитета. Максимальная оценка – **100** баллов.

№ 1. «Небесные тела и явления»

Дан список известных небесных тел и явлений.

Небесные тела			
1. Международная космическая станция	2. Галактика Андромеды	3. Венера	4. Геостационарный спутник «Радуга»
Небесные явления			
5. Взрыв сверхновой	6. Полярное сияние	7. Молния	8. Падение кометы Шумейкера-Леви-9 на Юпитер

I. Установите соответствие между небесными телами/явлениями и областями космического пространства, в которых они находятся/происходят.

А) Атмосфера Земли (от поверхности Земли и до высоты 180 км)	Б) Околоземное внеатмосферное пространство (выше 180 км над Землей)	В) Ближний космос (Солнечная система)	Г) Дальний космос (вне Солнечной системы)

II. На какое из перечисленных тел ступала нога человека?

Международная космическая станция	Галактика Андромеды	Венера	Геостационарный спутник «Радуга»
-----------------------------------	---------------------	--------	----------------------------------

III. Какое из небесных тел представляется невооруженному глазу как диффузное протяженное пятно с угловыми размерами порядка 1° ?

Международная космическая станция	Галактика Андромеды	Венера	Геостационарный спутник «Радуга»
-----------------------------------	---------------------	--------	----------------------------------

IV. Какое небесное явление обусловлено гравитационным действием планеты-гиганта на малое тело, что приводит к изменению его орбиты и уничтожению последнего?

Взрыв сверхновой	Полярное сияние	Молния	Падение кометы Шумейкера-Леви-9 на Юпитер
------------------	-----------------	--------	---

V. Какие явления могут наблюдаться в атмосферах Земли и других планет?

Взрыв сверхновой	Полярное сияние	Молния	Падение кометы Шумейкера-Леви-9 на Юпитер
------------------	-----------------	--------	---

№ 2. «Луна: ее фазы и точки орбиты»

На рис. 1 представлены Солнце, Земля и орбита Луны (без сохранения масштаба) с указанием некоторых характерных точек (обозначены заглавными буквами в квадратах) ее положений, а также видимые образы Луны (см. рис. 2) для жителя южного географического полушария в этих положениях. Все соседние точки орбиты равноудалены друг от друга.

1. В каком направлении (по часовой или против часовой стрелки) должна двигаться Луна по орбите, если на нее смотреть со стороны Южного полюса мира?

2. Установите соответствие между положениями Луны на орбите и ее видимыми образами в этих положениях. Ответ представьте парами (буква, цифра).

3. Какой из представленных на рис. 2 образов Луны соответствует фазе 3-й четверти?

4. Какой промежуток времени (в сутках, до десятых долей) должен пройти от момента новолуния до момента нахождения Луны в точке **Б**?

5. Через какой промежуток времени (в сутках, до десятых долей) Луна после пребывания в точке **З** окажется в точке **Д**?

6. Насколько изменяется расстояние (в км, до целых) от Луны до Солнца при перемещении Луны из точки **А** в точку **Г**? Орбиту Луны считайте круговой. Расстояние от Земли до Солнца не меняется и много больше расстояния от Земли до Луны.

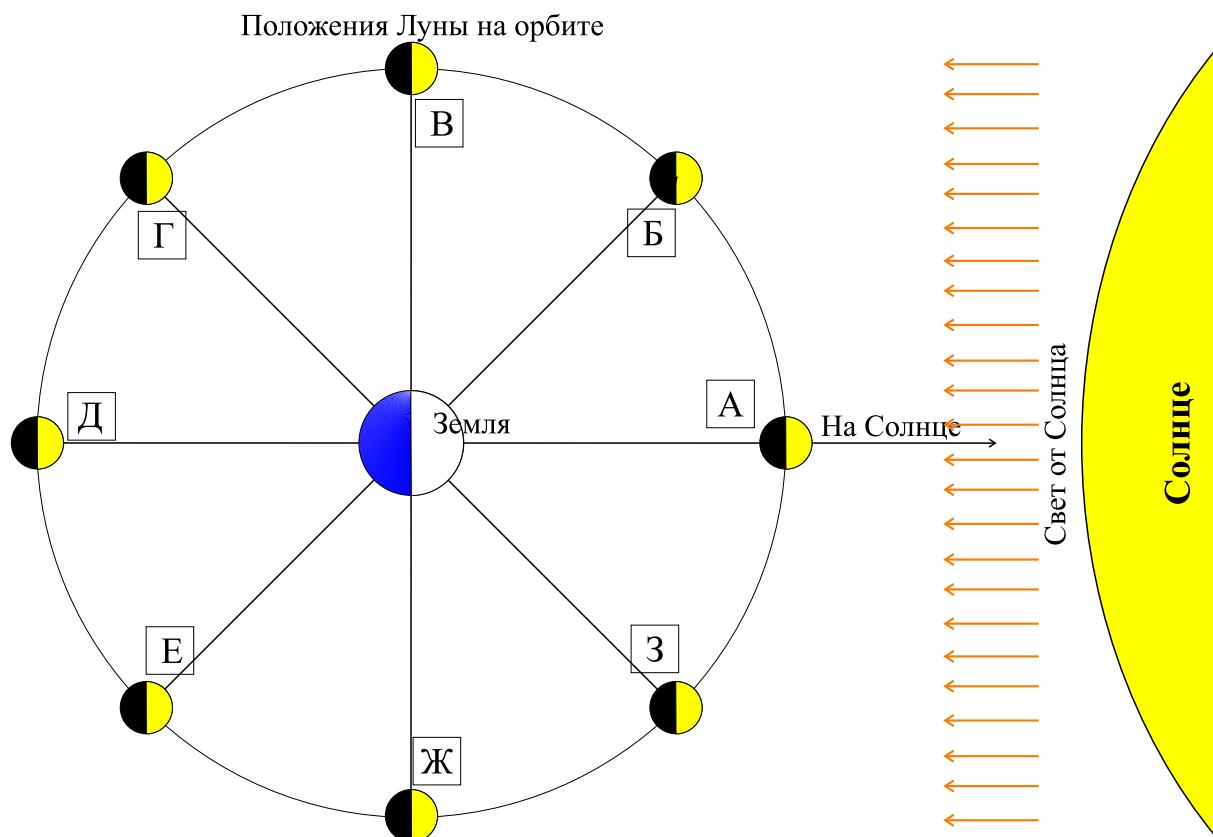


Рис. 1. К определению взаимного расположения Солнца, Земли и Луны (без сохранения масштаба), некоторых характерных точек орбиты последней. Ракурс определен с позиции Южного полюса мира.

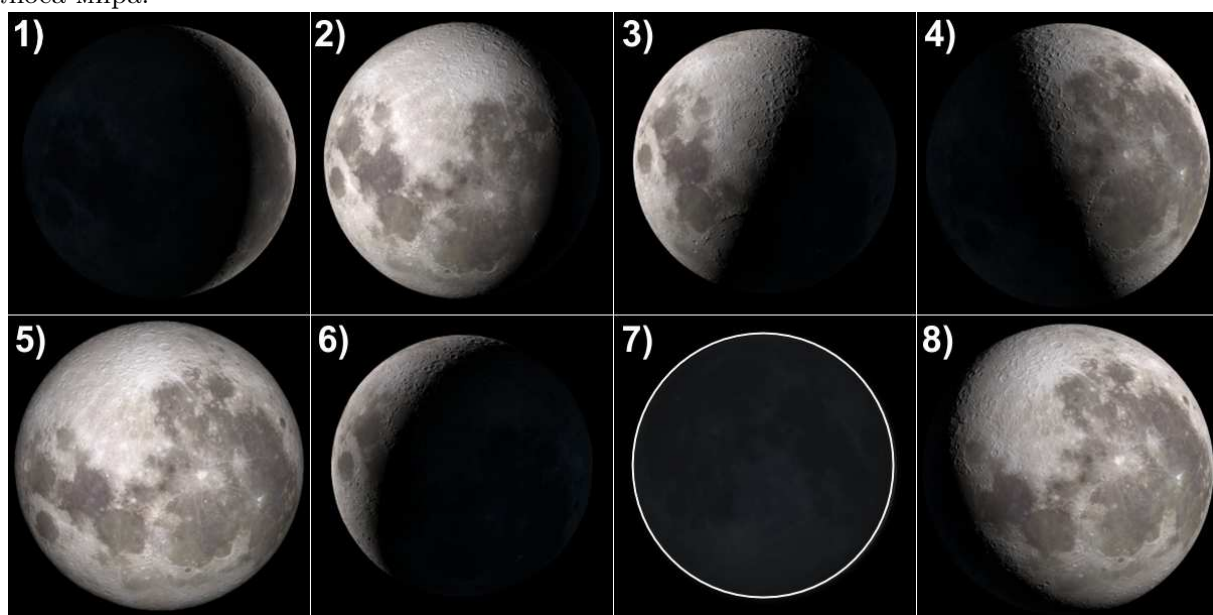


Рис. 2. К определению видимых образов (фаз) Луны, наблюдаемых в течение одного синодического месяца жителем южного географического полушария.

№ 3. «Звездные скопления и их свойства»

На рис. 3 даны фотографии ярчайших представителей двух типов звездных скоплений, наблюдаемых в нашей Галактике.

1. Установите соответствие между представленными образами и типами звездных скоплений, которым они соответствуют. Ответ представьте в виде: (бука, цифра).

Образ скопления	
А	Б



А)

Б)

Рис. 3. К определению звездных скоплений двух типов.

Типы скопления			
1. Рассеянное	2. Шаровое	3. Скопление промежуточного класса	4. Невозможно определить

2. Установите соответствие между представленными образами скоплений и характерными количествами звезд, которые составляют скопления соответствующих типов. Ответ представьте парами (буква, цифра).

Образ скопления					
А			Б		
Количество звезд					
1. $2 \div 10$	2. $11 \div 3000$	3. $10^4 \div 10^6$	4. $10^6 \div 10^{10}$	5. $10^{10} \div 10^{13}$	6. Невозможно определить

3. Установите соответствие между представленными образами скоплений и характерными массами скоплений (выраженными в массах Солнца, $M_{\odot}$) соответствующего типа. Ответ представьте парами (буква, цифра).

Образ скопления					
А			Б		
Интервалы масс, в массах Солнца $M_{\odot}$					
1. $1 \div 10$	2. $10^1 \div 10^3$	3. $10^3 \div 10^5$	4. $10^5 \div 10^8$	5. $10^8 \div 10^{12}$	6. Невозможно определить

4. Образ какого звездного скопления соответствует типу, представители которого, как правило, являются большими «долгожителями»?

Образ скопления		
А	Б	Не возможно определить

№ 4. «Кульминации Юпитера и Сатурна»

Астроном-любитель, наблюдал где-то с территории России верхнюю кульминацию: а) Юпитера в 17.55 по местному времени на высоте $h_{\text{ч}} = 60^\circ$, б) Сатурна – в 05.55 по местному времени на высоте $h_{\text{ч}} = 13^\circ$. В какой календарный сезон года и на какой широте проводились наблюдения?

№ 5. «Искусственный спутник Луны и его синодический период»

На окололунную орбиту выведен искусственный спутник. С Земли он виден регулярно пролетающим через центр видимого диска Луны. Получите аналитическую формулу и определите численное значение для минимального промежутка времени (минимального синодического периода) между двумя последовательными пролетами спутника через центр лунного диска.

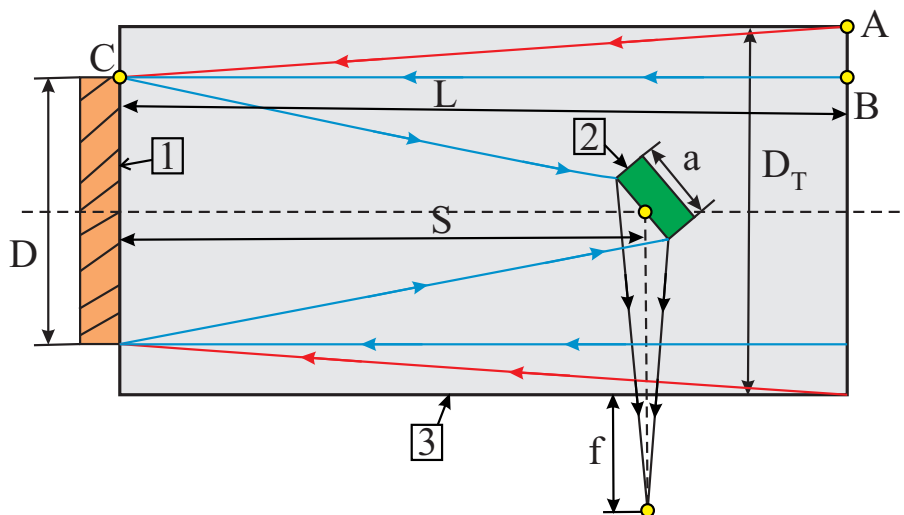


Рис. 4. К определению оптической схемы рефлектора Ньютона и его основных элементов: [1] – главное сферическое зеркало (объектив), [2] – вторичное плоское зеркало, [3] – стальная труба телескопа.

№ 6. «Рефлектор Ньютона астронома-любителя»

Астроном-любитель использует для ночных наблюдений рефлектор Ньютона (см. рис. 4), где в качестве объектива, установлено сферическое зеркало [1], диаметром $D = 150$ мм и фокусным расстоянием $F = 1400$ мм. Труба телескопа [3] имеет внутренний диаметр $D_T = 160$ мм, а расстояние от оптического центра объектива до переднего края трубы есть $L = 470$ мм. На главной оптической оси телескопа установлено плоское диагональное зеркало имеющее форму эллипса, большая и малая оси которого – $a \times b = 49.5 \times 35$ мм, ориентированное своей большей осью под углом $\alpha = 45^\circ$ к главной оси. Определите:

1. Угловой диаметр поля зрения телескопа при условии, что все лучи, подобные AC , участвуют в формировании итогового изображения рассматриваемого участка небосвода.
2. Долю от полного светового потока, падающего на объектив телескопа, которая не участвует в построении изображения, в силу экранирования вторичным зеркалом.

Примечание: Вам может оказаться полезной формула для расчета площади эллипса $S_{\text{элл}}$:

$$S_{\text{элл}} = \frac{\pi}{4}(a \cdot b), \quad (1)$$

здесь a, b – его большая и малая оси.

3. У астронома имеется комплект окуляров с фокусными расстояниями:

Окуляры и их фокусные расстояния (в мм)										
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_i	2.5	4.0	5.0	6.0	7.5	10.0	12.0	15.0	25.0	32.0

Какой из этих окуляров следует использовать для наблюдения Сатурна в его среднем противостоянии, чтобы максимально рассмотреть детали его атмосферы и при этом не превышать максимального допустимого углового увеличения $\Gamma_{\text{max}} = 2D/(1 \text{ мм})$? Чему будет при этом равно угловое увеличение телескопа?

4. Чему будет равен угловой диаметр изображения Сатурна, созданное телескопом с выбранным окуляром? Орбиты Земли и Сатурна считайте круговыми.

Основные справочные данные

§1. Основные физические и астрономические постоянные

- Гравитационная постоянная – $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Скорость света в вакууме – $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Универсальная газовая постоянная – $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
- 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 α – частицы – $m_\alpha = 6.645 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$
- Масса электрона – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Астрономическая единица – $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
- Парсек – $1 \text{ пк} = 3.261 \text{ св. лет} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

§2. Данные о Солнце

- Радиус – $6.955 \cdot 10^5 \text{ км}$
- Масса – $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
- Светимость – $3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
- Спектральный класс – G2
- Видимая звездная величина – -26.74^m
- Абсолютная болометрическая звездная величина – $+4.83^m$
- Показатель цвета (B-V) – $+0.67^m$
- Эффективная температура – 5778 К
- 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 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 км/с
- Период вращения – 23 часа 56 минут 04 секунды
- Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0 – $23^\circ 26' 21.45''$
- Экваториальный радиус – 6378.14 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Средний (по объему) радиус – 6371.01 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 ($\sim 1\%$)

§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 сут
- Синодический период обращения – 29.530589 сут
- 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	Геометрич. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695500	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	-26.8^m
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^m
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^m
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.7^m
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4^m
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час [†]	97.86	0.51	5.7^m
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8^m

* для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры 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	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

§7. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	км	г·см ⁻³	км	сут		
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	0.20	~ 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 вращение.

§8. Формулы приближенного вычисления

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

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

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

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

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

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.