

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2025/2026 учебный год
10 класс

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) и тестовые задания.

Время выполнения всех заданий тура – **4** 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. «Полное лунное затмение прошедшего сентября»

На рис. 1 представлены 13 фаз Луны, полученные астрофотографом во время полного лунного затмения, произошедшего 07 сентября 2025 года. На рис. 2 представлена мировая карта зон его видимости.

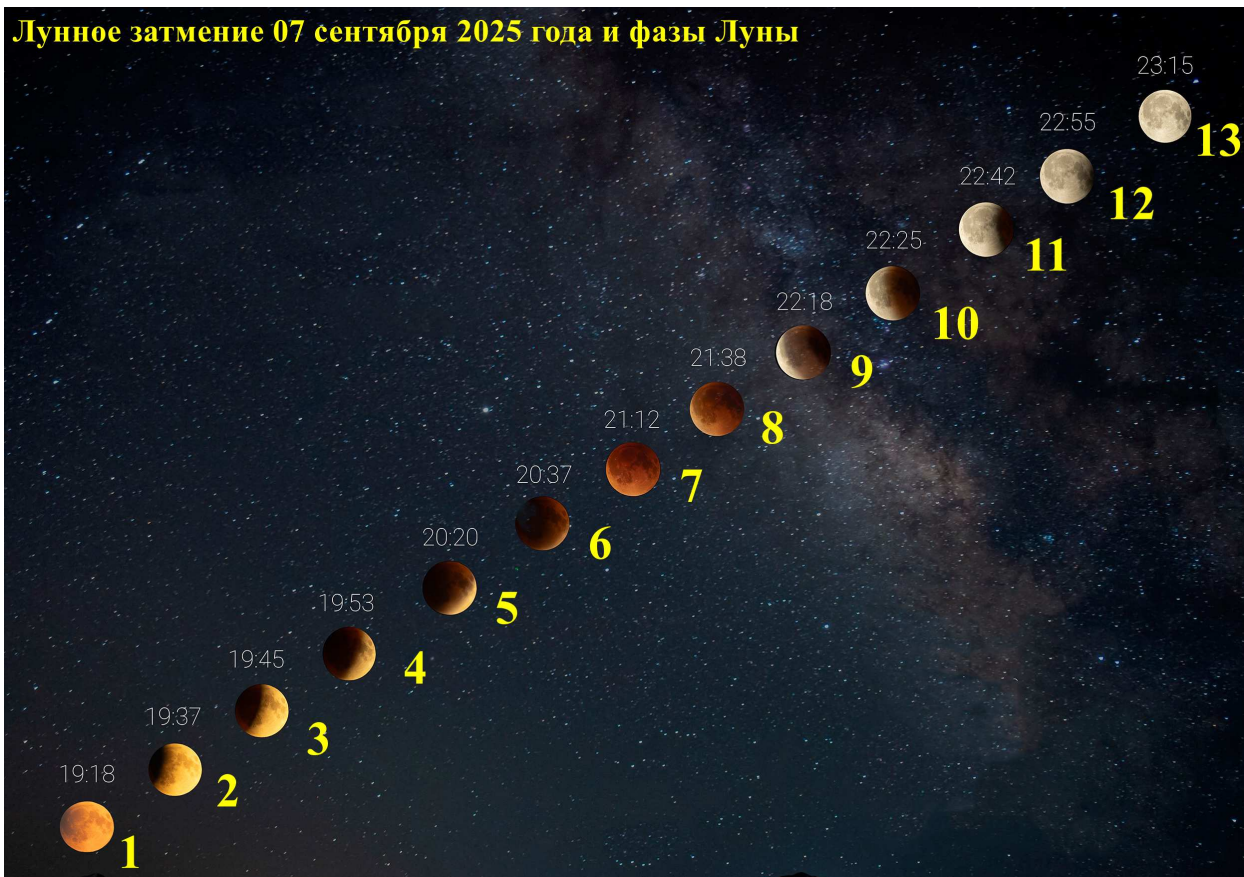


Рис. 1. К определению 13 фаз Луны, полученных астрофотографом (Е. Сальников) во время полного лунного затмения, произошедшего 07 сентября 2025 года. Моменты получения образов указаны по Московскому времени.

1. В какой из ниже представленных фаз Луны земной наблюдатель может наблюдать полное лунное затмение?

Варианты ответов:

Основные лунные фазы			
1. Новолуние	2. Молодой растущий месяц	3. Первая четверть	4. Выпуклая растущая Луна
5. Полнолуние	6. Выпуклая убывающая Луна	7. Последняя четверть	8. Старый убывающий месяц

2. Определите номера образов Луны, представленных на рис. 1, которые соответствуют фазе полного теневого затмения (см. рис. 3).

3. С поверхностей каких материков Земли невозможно было наблюдать полное лунное затмение в принципе?

Варианты ответов:

А) Евразия	Б) Северная Америка	В) Южная Америка	Г) Африка
Д) Австралия	Е) Антарктида	—	—

4. Определите общие продолжительности: а) фотосессии Луны, выполненную астрофотографом, б) всех фаз затмения. Насколько минут отличаются эти продолжительности?

5. Вычислите среднее значение интервала (в минутах, до сотых) между сделанными кадрами в данной фотосессии.



Рис. 2. К определению мировой карты зон видимости полного лунного затмения 07 сентября 2025 года.

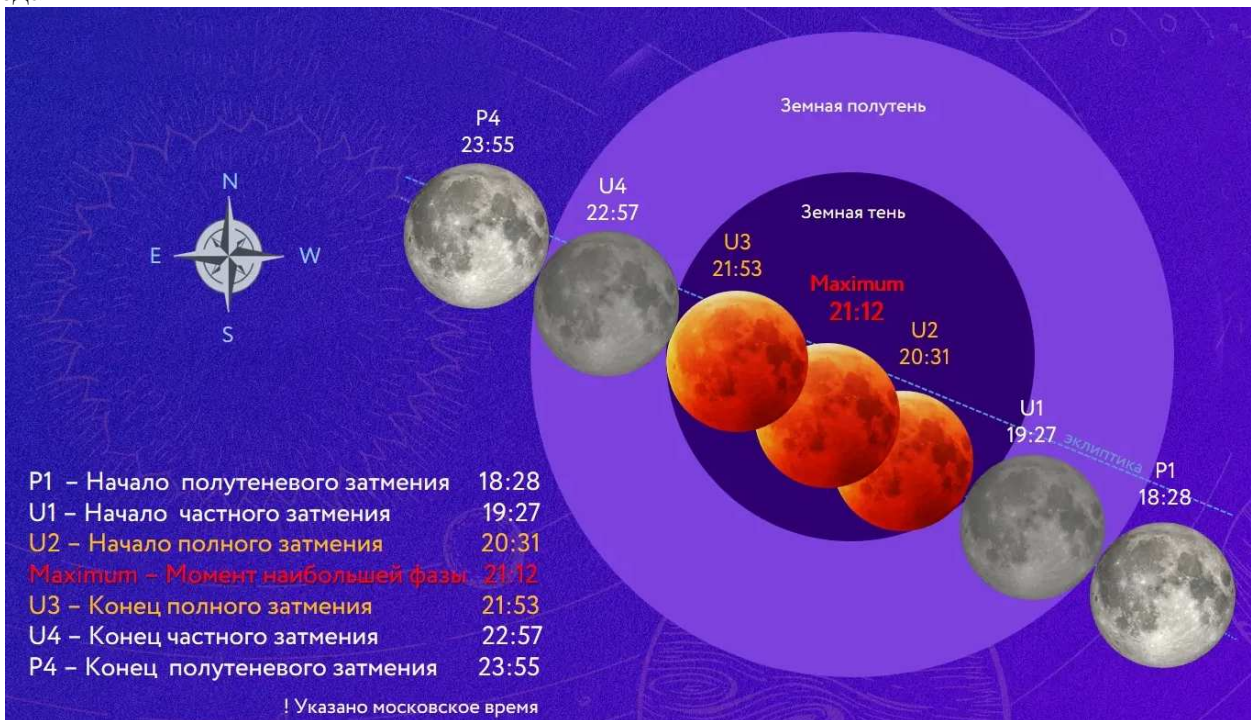


Рис. 3. К определению схемы и основных фаз полного лунного затмения 07 сентября 2025 года.

6. С использованием рис. 3, определите отношение площадей полутени и тени Земли.

№ 2. «Августовский парад планет 2025 года и его особенности»

Парад (или выравнивание) планет – астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагаются вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на 4 вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы			
мини-парад	малый	большой	великий (полный)
Количество планет участников			
2 ÷ 3	4	5 ÷ 6	7 ÷ 8

1. На рис. 4 представлен результат компьютерной симуляции парада планет, произошедше-



Рис. 4. К определению парада планет от 06 августа 2025 года.

го 06 августа 2025 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет с позиции наблюдателя, расположенного в южном географическом полушарии. Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Варианты ответов:

1. Мини-парад	2. Малый парад	3. Большой парад	4. Великий парад
---------------	----------------	------------------	------------------

2. В какое время суток данную конфигурацию планет можно было наблюдать?

Варианты ответов:

1. Вечер	2. Ночь	3. Утро	4. День
----------	---------	---------	---------

3. Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?

Варианты ответов:

1. Математический горизонт	2. Небесный меридиан	3. Первый вертикал
4. Колюр равноденствий	5. Небесный экватор	6. Эклиптика

4. Какая из представленных планет обладала наименьшим зенитным расстоянием на момент симуляции данного события?

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Юпитер
4. Сатурн	5. Уран	6. Нептун

5. Какая из представленных планет на момент симуляции обладала наибольшим азимутом? Известно, что нуль-пункт и направление отсчета астрономического азимута в южном полушарии такое же как и в северном.

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Юпитер
4. Сатурн	5. Уран	6. Нептун

6. Какая из представленных планет на момент симуляции обладала наибольшей эклиптической долготой? В этот момент точка весеннего равноденствия располагалась слева от пары планет-гигантов.

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Юпитер
4. Сатурн	5. Уран	6. Нептун

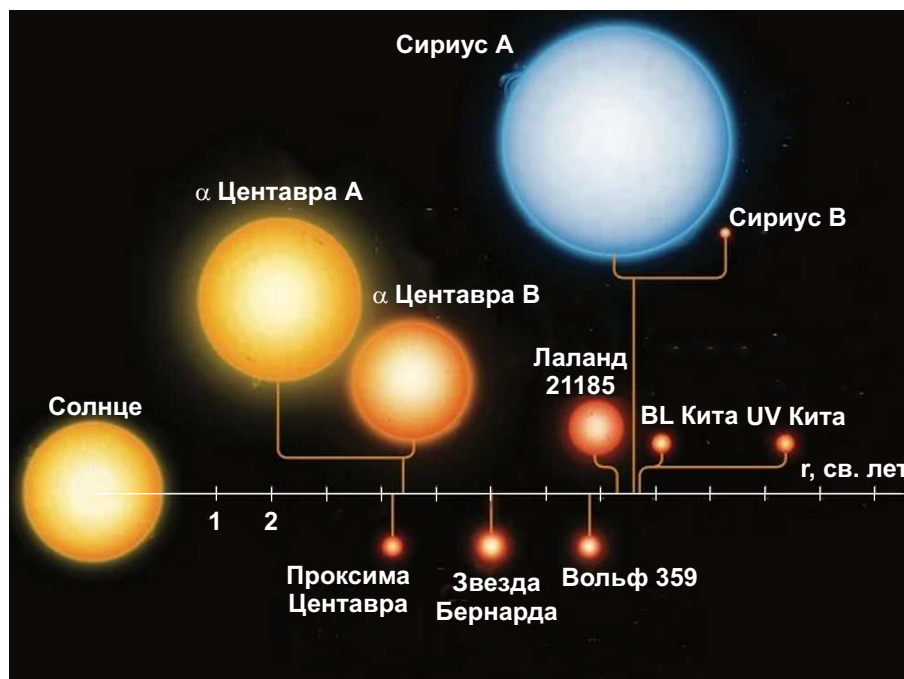


Рис. 5. Солнце и ее звездное окружение (10 ближайших звезд с приближенным соблюдением соотношений их размеров). П-образные скобки, соединяющие звезды, указывают на их физическую двойственность. Координаты оснований перпендикуляров, восстановленных из тел звезд на ось расстояний, определяют их текущее расстояние до Солнца.

Звезда	$\mathcal{M}_*/\mathcal{M}_\odot$	$\mathcal{R}_*/\mathcal{R}_\odot$	$L_*/L_\odot$	$T_*, \text{ K}$	$m_*,^m$	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	M5.5	V
α Центавра А	1.10	1.227	1.519	5750	-0.01	G2	V
α Центавра В	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	K1	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	M4	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	M6	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	M2	V
Сириус А	2.063	1.713	24.7	9845	-1.46	A0	V
Сириус В	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	DA	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	M5.5	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	M6	V

Пояснение: здесь $\mathcal{M}_*$, $\mathcal{R}_*$, L_* – значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* – эффективная температура ее поверхности, m_* – ее видимая звездная величина; $\mathcal{M}_\odot$, $\mathcal{R}_\odot$, $L_\odot$ – значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл – спектральный класс звезды, КлСв – класс ее светимости.

Таблица 1. Основные характеристики 10 ближайших к Солнцу звезд.

№ 3. «Топ-10 ближайших к Солнцу звезд и их свойства»

На рис. 5 представлена диаграмма распределения 10 ближайших звезд в окрестности Солнца. В табл. 1 представлены их основные характеристики.

1.а) Масса какой из представленных звезд в 10 раз отличается от массы Солнца?

Варианты ответов:

1. Проксима Центавра	2. α Центавра А	3. α Центавра В	4. Звезда Барнарда
5. Вольф 359	6. Лаланд 21185	7. Сириус А	8. Сириус В
9. BL Кита	10. UV Кита	–	–

1.б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ представьте в световых годах, округлив до десятых.

1.в) Во сколько раз плотность данной звезды больше плотности Солнца?

2.а) Поверхность какой из представленных звезд является наиболее холодной?

Варианты ответов:

1. Проксима Центавра	2. α Центавра А	3. α Центавра В	4. Звезда Бернарда
5. Вольф 359	6. Лаланд 21185	7. Сириус А	8. Сириус В
9. BL Кита	10. UV Кита	–	–

2.б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ представьте в световых годах, округлив до десятых.

2.в) Во сколько раз температура поверхности данной звезды меньше температуры поверхности Солнца?

3.а) Массовая плотность какой звезды среди представленных является наибольшей?

Варианты ответов:

1. Проксима Центавра	2. α Центавра А	3. α Центавра В	4. Звезда Бернарда
5. Вольф 359	6. Лаланд 21185	7. Сириус А	8. Сириус В
9. BL Кита	10. UV Кита	–	–

3.б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ представьте в световых годах, округлив до десятых.

3.в) Во сколько раз освещенность, создаваемая этой звездой на расстоянии 1 а. е. меньше соответствующей освещенности, создаваемой Солнцем у поверхности Земли?

№ 4. «Путешествие самарца и восход звезды»

Один заядлый самарский путешественник, решил отправиться в путешествие по океану вдоль экватора, используя часы, идущие по самарскому времени. В течение нескольких дней своего странствия он обнаружил, что в один и тот же момент времени по данным часам на востоке каждое утро восходила одна и та же звезда. В каком направлении и с какой скоростью (в км/ч, до десятых) двигался самарский путешественник? За какое минимальное количество суток (до десятых долей) путешественник смог с такой скоростью обогнуть земной шар вдоль экватора?

№ 5. «Солнечный квартет»

Четыре звезды, идентичные Солнцу, образуют квадрат со стороной L и двигаются по одной круговой орбите вокруг общего центра масс с периодом $T = 4$ земных года. Определите:

1. Расстояние L (в а. е., до сотых).

2. Радиус R (в а. е., до сотых) их круговой орбиты;

3. Угловой радиус ρ (в угловых минутах, до десятых) ближайшей звезды, видимой с поверхности другой.

4. Во сколько раз интенсивность света у поверхности одной из звезд квартета, отличается от соответствующей величины у поверхности Земли?

№ 6. «Большое трио Местной группы и его фотометрия»

Как известно, Млечный путь (абсолютная звездная величина которого $M_0 = -21.0^m$), Туманность Андромеды (М31, интегральная видимая звездная величина – $m_1 = 3.4^m$, абсолютная звездная величина – $M_1 = -21.0^m$, экваториальные координаты центра – $\alpha_1 = 00^h 42^m 44^s$, $\delta_1 = 41^\circ 16' 8''$, видимые размеры – $a' \times b' = 192' \times 60'$) и Туманность Треугольника (М33, расстояние до галактики – $r_2 = 900$ кпк, интегральная видимая звездная величина – $m_2 = 5.7^m$, экваториальные координаты центра – $\alpha_2 = 01^h 33^m 50.90^s$, $\delta_2 = 30^\circ 39' 36''$, видимые размеры – $a' \times b' = 73 \times 45'$) являются самыми массивными компонентами Местной группы галактик. Оцените:

1. Модуль разности абсолютных зв. величин М31 и М33 (в зв. величинах, до десятых)?

2. Разницу расстояний до галактик М31 и М33 (в кпк, до десятых)?

3. Радиусы данных галактик (в кпк, до десятых).

4. Видимую звездную величину М33 с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного в М31?

5. Видимую звездную величину М31 с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного в М33?

6. Поверхностную яркость галактик с точки зрения земного наблюдателя в зв. величинах на квадрат. угл. сек.

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.