

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2025/2026 учебный год
9 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. «Лунное затмение от 7 сентября 2025 года»

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 фазе Луны земной наблюдатель может наблюдать 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. С поверхностей каких материков Земли можно было наблюдать все фазы полного лунного затмения?

Варианты ответов:

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

3. Установите соответствие между номерами изображений фаз лунного затмения (см. рис. 1) и его основными этапами (см. рис. 3), в которых эти фазы затмений наблюдаются. Заполните ниже представленную таблицу.

Варианты ответов:

Основные этапы (фазы затмения)				
$P_1 - U_1$	$U_1 - U_2$	$U_2 - U_3$	$U_3 - U_4$	$U_4 - P_4$
Полутеневые	Частные теневые	Полные теневые	Частные теневые	Полутеневые
Номера фаз				



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

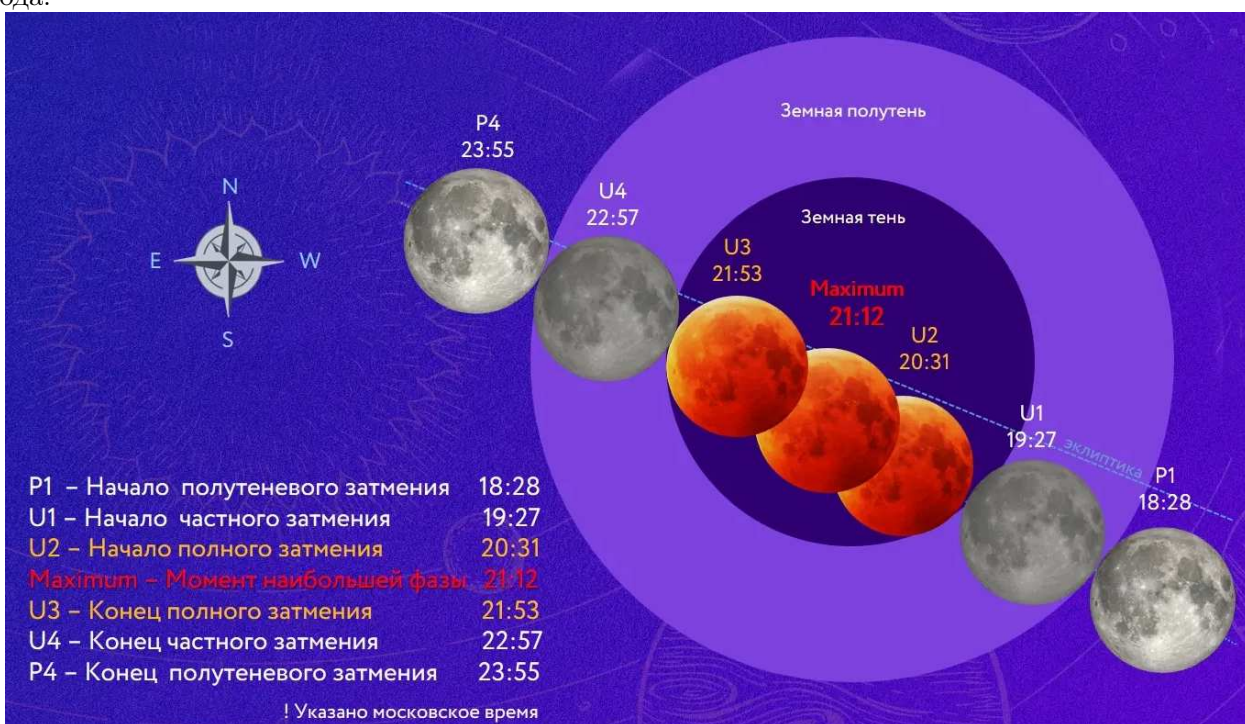


Рис. 3. К определению схемы и основных фаз полного лунного затмения 07 сентября 2025 года.

№ 2. «Часовые зоны Российской Федерации»

На рис. 4 представлена карта Российской Федерации с разбиением ее территории на основные часовые зоны. Здесь арабскими цифрами со знаком указаны значения разности времен ΔT в данной часовой зоне и московского времени.

1. Какое общее количество часовых зон существует на территории РФ?
2. Чему равна разность ΔT для зоны с минимальной площадью среди представленных?
3. Чему равна разность показаний часов для жителей зон с разностями $\Delta T_1 = +5$ и $\Delta T_2 = -1$?
4. Какое время (с точностью до минуты) показывают часы жителя Петропавловска-Камчатского в тот момент, когда в Самаре часы показывают полдень?



Рис. 4. К определению часовых зон России.

5. Пассажирский самолет вылетел из Магадана в 7 часов 44 минуты по времени своей часовой зоны и приземлился в Санкт-Петербурге в 08 часов 05 минут (по времени местной зоны) тех же суток. Определите время полета данного самолета (с точностью до минуты).

6. Определите среднюю скорость (в км/ч, до целых) движения самолета во время полета относительно поверхности Земли, если он все время перемещался вдоль географической параллели, соединяющей эти города. Следует, считать атмосферу Земли неподвижной относительно ее поверхности, потоками ветра пренебречь.

№ 3. «Температурные шкалы и сферы сублимации»

На рис. 5.а) представлено символическое изображение термометра с указанием двух шкал температур: Цельсия и Фаренгейта. Здесь же указаны средние значения температур поверхностей 9 планет Солнечной системы. На рис. 5.б)-в) представлены в масштабе сферы сублимации для 7 распространенных космических льдов Солнечной системы (H_2O , CO , N_2 , CH_4 , CO_2 , NH_3 , O_2) с указанием их значений минимальной температуры сублимации, достигаемой на поверхностях этих сфер. Под *сферой сублимации космического льда данного сорта* понимается сфера определенного радиуса, центр которой совпадает с центром Солнца, внутри которой космический лед данного сорта, располагающийся на поверхности небесного тела, уже способен активно сублимировать (превращаться из твердого в газообразное состояние, минуя жидкое) в окружающее пространство. Если небесное тело находится внутри сферы сублимации данного сорта льда, то в его атмосфере (при ее наличии) данное вещество может регулярно пребывать в газообразном состоянии в значительном количестве. Вне своей сферы сублимации космический лед может пребывать лишь в твердом состоянии либо на твердой поверхности (при наличии) небесного тела, либо в виде аэрозоли взвешенных в атмосфере кристаллов.

1. Какие из представленных классических планет в своих атмосферах могут содержать в значительных количествах углекислый газ (CO_2)?

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Земля	4. Марс
5. Юпитер	6. Сатурн	7. Уран	8. Нептун

2. Чему равна по шкале Фаренгейта температура аммиачного льда NH_3 на поверхности его сферы сублимации?

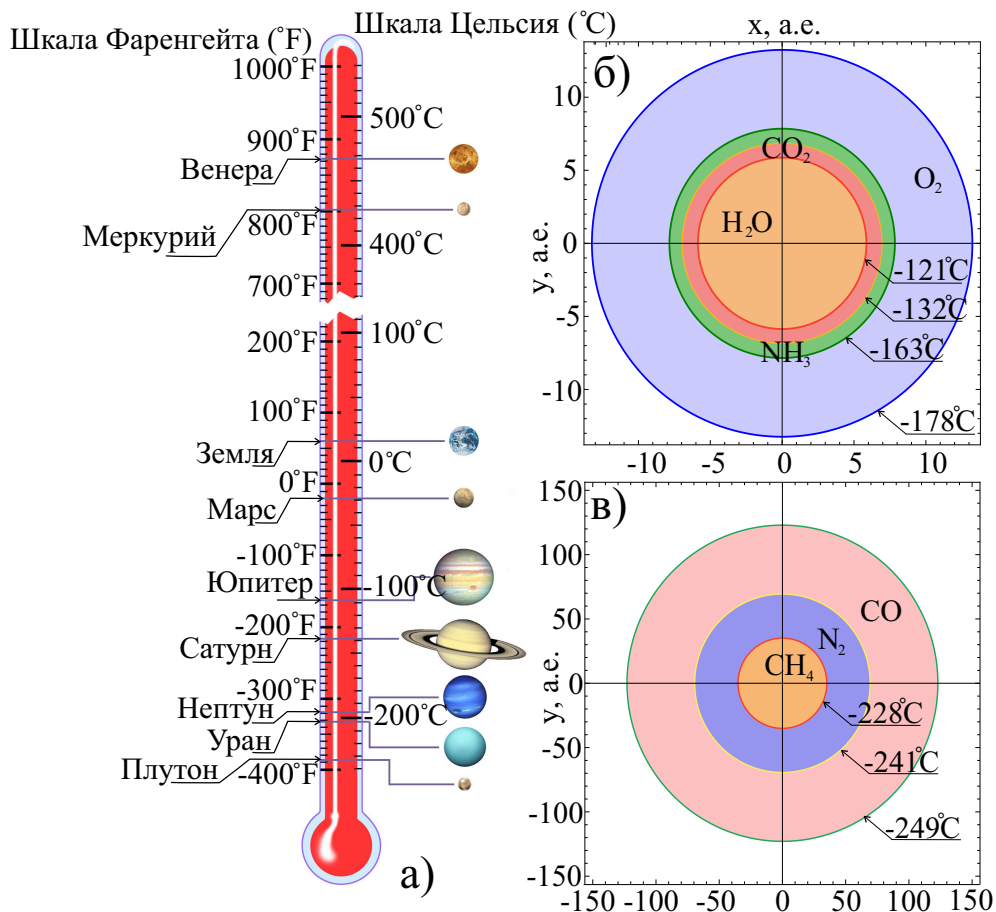


Рис. 5. К определению а) двух шкал температур и ее значений для планет Солнечной системы; б)-в) сфер сублимации для семи космических льдов (H₂O, CO, N₂, CH₄, CO₂, NH₃, O₂).

3. Какая планета ближе других располагается к поверхности сферы сублимации водяного льда (H₂O)?

Варианты ответов:

1. Меркурий	2. Венера	3. Земля	4. Марс
5. Юпитер	6. Сатурн	7. Уран	8. Нептун
9. Плутон	10. –	–	–

4. Чему равна температура поверхности этой планеты по шкале Цельсия и Фаренгейта?

5. Какое количество теплоты (в кДж, до целых) поглотит порция воды массой 1 кг, изначально пребывавшая в твердой фазе, если ее доставить из колец Сатурна на поверхность Меркурия? Следует полагать, что данная порция воды находилась в кольцах Сатурна и на Меркурии при температурах, соответствующих данным планетам и указанных на рис. 5.а). Удельная массовая теплоемкость льда, жидкой воды и водяного пара равны 2100, 4200 и 2078 Дж/(кг·°C) соответственно. Удельная теплота плавления водяного льда равна 340 кДж/кг, удельная теплота парообразования воды – 2300 кДж/кг. Следует полагать, что процесс плавления льда и кипения воды происходят при 0°C и 100°C соответственно.

№ 4. «Две звезды над горизонтом»

Две звезды имеют координаты $\alpha_1 = 19^h00^m$, $\delta_1 = -10^\circ00'$, и $\alpha_2 = 07^h00^m$, $\delta_2 = +5^\circ00'$. Определите:

1. Над какими точками горизонта (точки севера, востока, юга и запада) может наблюдать эти звезды в ночное время астроном-любитель, располагающийся на Северном полярном круге?

2. На каких угловых расстояниях (в градусах, с точностью до минуты) эти звезды (располагаясь выше горизонта) отстоят от указанных точек в те моменты, когда они располагаются на тех же кругах высоты, что и данные точки?

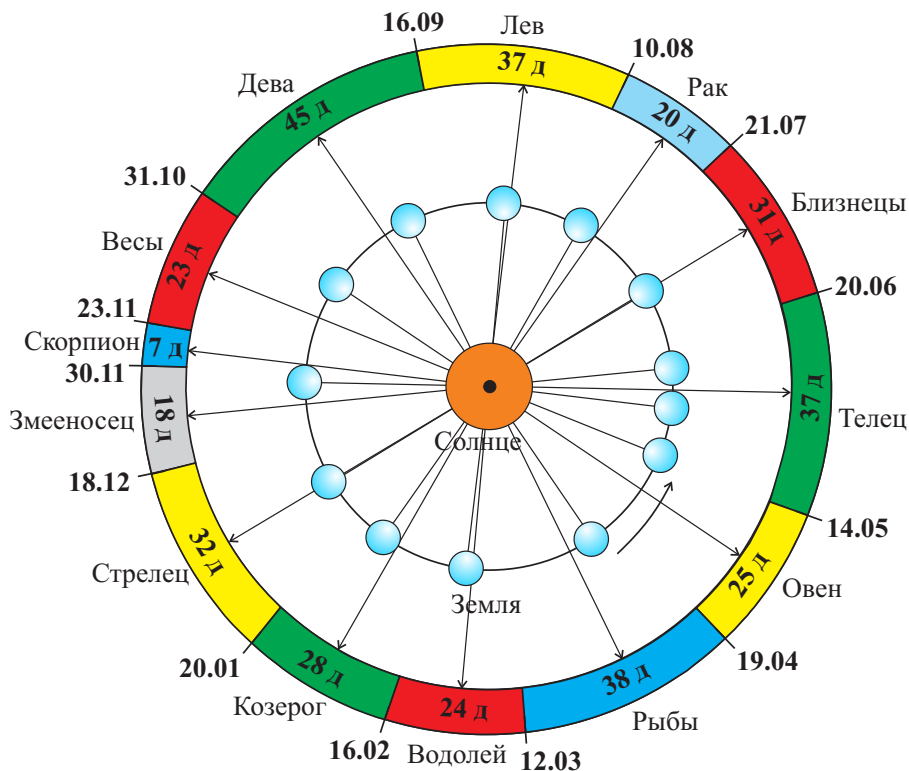


Рис. 6. Диаграмма видимого движения Солнца по зодиакальным созвездиям для воображаемого наблюдателя, расположенного над северным географическим полушарием, вдали от Земли (здесь Земля движется против часовой стрелки, указано стрелкой; на рисунке видно ее северное полушарие); длинными прямыми стрелками указаны направления проецирования Солнца на зодиакальные созвездия с точки зрения земного наблюдателя; указанные даты отвечают началу момента пребывания Солнца в данном созвездии. Продолжительность пребывания в созвездии указана в сутках (днях).

3. Чему равно угловое расстояние (выраженное в градусах, до целых) между указанными звездами?

4. В какое время года (весна, лето, осень, зима) их условия наблюдений являются оптимальными? Следует отметить, что условия наблюдений небесного тела считаются *оптимальными*, если данное тело наблюдается в истинную полночь (при этом Солнце опускается максимально глубоко под горизонт, т. е. находится в нижней кульминации) на наибольшей высоте над горизонтом (находится в своей верхней кульминации).

№ 5. «Радиоисточник и его свойства»

Радиоастроном, регулярно исследуя далекий источник радиоизлучения заметил, что сигнал от источника, 1 марта и 1 сентября приходит на 8 минут и 20 секунд позже, чем 1 июня.

1) В каком созвездии находится радиоисточник? Для решения Вам может оказаться полезной диаграмма видимого движения Солнца по зодиакальным созвездиям (см. рис. 6).

2) Оцените его эклиптические координаты.

3) Оцените его экваториальные координаты.

№ 6. «Тройная звезда»

Три звезды, идентичные Солнцу, образуют равносторонний треугольник со стороной L и движутся по одной круговой орбите вокруг общего центра масс с периодом $T = 3$ 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) одной звезды, видимой с поверхности другой.

4. Во сколько раз интенсивность света у поверхности одной из звезд тройной системы, от-

личается от соответствующей величины у поверхности Земли? *Интенсивностью* ($\mathcal{I}$) называется скалярная физическая величина, равная отношению светимости звезды (полной мощности излучения звезды, $\mathcal{L}_*$) к площади поверхности сферы радиуса R , равного расстоянию от звезды (расположенной в центре этой сферы) до наблюдателя (расположенного на поверхности этой сферы), регистрирующего ее излучение, т. е.

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{L}_*}{4\pi R^2}, \quad (1)$$

Следует помнить, что интенсивность относится к классу аддитивных величин, т. е. подчиняющихся закону сложения.

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.