

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап, теоретический тур
2023/2024 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. «Созвездия и яркие звезды (для 9-го класса)»

На рис. 1 представлен фрагмент звездной карты с указанием границ созвездий.

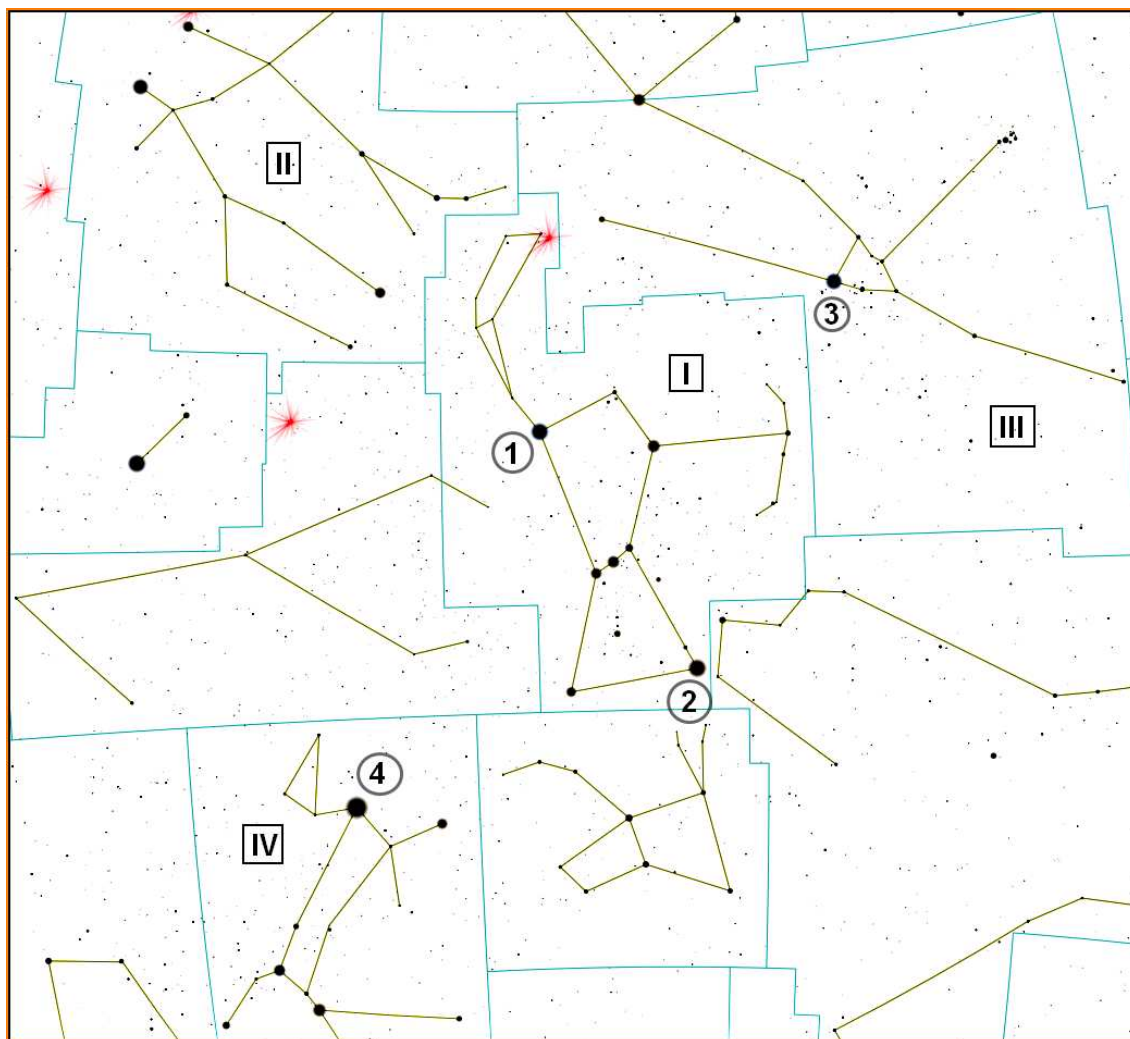


Рис. 1. К задаче №1.

1. Сопоставьте участкам звездного небосвода, отмеченным на рис. 1 римскими цифрами I-IV, названия созвездий, представленных в табл. 1. Свои ответы запишите в табл. 2. (1 балл за правильно названное созвездие)

А) Большая Медведица	Б) Малая Медведица	В) Кит	Г) Орион
Д) Большой Пес	Е) Единорог	Ж) Телец	З) Голубь
И) Заяц	К) Малый Пес	Л) Возничий	М) Близнецы

Таблица 1. Названия некоторых созвездий земного небосвода.

Созвездие	I	II	III	IV
Название				

Таблица 2. К определению ответов на первый вопрос задачи.

2. Сопоставьте некоторым ярким звездам (обозначенным черными жирными точками), отмеченным на рис. 1 арабскими цифрами 1 – 4, их названия, представленные в табл. 3. Свои ответы запишите в табл. 4. (2 балла за правильно названную звезду)

А) Вега	Б) Альферац	С) Сириус	Д) Кастор
Е) Альдебаран	Ф) Капелла	Г) Денеб	Н) Поллукс
Ж) Ригель	К) Процион	Л) Арктур	М) Бетельгейзе

Таблица 3. Названия некоторых ярких звезд земного небосвода.

Звезда	1	2	3	4
Название				

Таблица 4. К определению ответов на второй вопрос задачи.

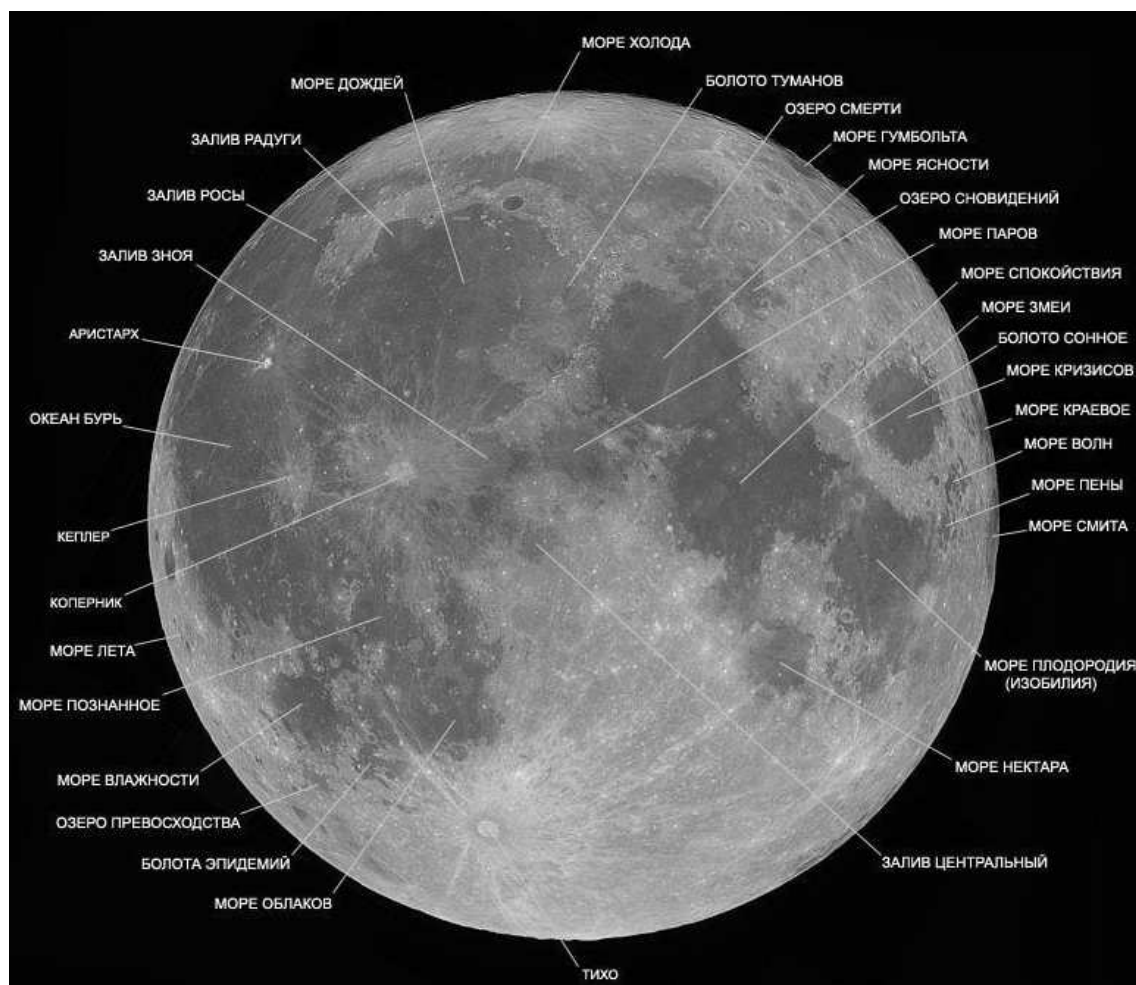


Рис. 2. Карта поверхности Луны.

№ 2. «Рельеф Луны в солнечном свете»

Вашему вниманию представлена карта поверхности обращенного к Земле полушария Луны (см. рис. 2, прямое изображение для жителя северного географического полушария).

Определите:

1. Какие формы рельефа Луны будут располагаться на освещенной части видимого диска Луны в фазе первой четверти? (1 балл за каждую правильно названную форму рельефа)

1. Море кризисов	2. Кратер Коперник	3. Море краевое
4. Море влажности	5. Болото сонное	6. Кратер Кеплер
7. Море Гумбольта	8. Океан бурь	–

2. Какой промежуток времени (округлить до десятых суток) разделяет моменты наступления новолуния и первой четверти? (4 балла)

3. Чему равна угловая ширина серпа Луны (до десятых угловой минуты) в фазе первой четверти? Орбиту Луны считать круговой. (4 балла)

№ 3. «Небесные тела и их свойства»

1. Установите принадлежность небесных тел различным составляющим Вселенной. Свои ответы в этой задаче представьте парами: (цифра, буква). (1 балл за каждую правильно названную пару)

Варианты ответов:

1. Астероид Юнона	2. Антарес	3. Туманность Андромеды
4. Марс	5. Шаровое звездное скопление M15	6. Солнце

А) Солнечная система	Б) галактика Млечный Путь	В) видимая часть Вселенной
----------------------	---------------------------	----------------------------

Замечание: если рассматриваемый объект принадлежит сразу нескольким структурным составляющим Вселенной, то в качестве ответа следует выбирать меньшую по размерам (объему) составляющую.

2. Установите соответствия небесных тел их характерным размерам (1 балл за каждую правильно названную пару):

Варианты ответов:

1. Астероид Юнона	2. Антарес	3. Туманность Андромеды
4. Марс	5. Шаровое звездное скопление M15	6. Солнце

А) 234 км	Б) 6800 км	В) 1400000 км
Г) 5.35 а.е.	Д) 54 пк	Е) 46 кпк

3. Установите соответствия небесных тел характерным расстояниям от центра Земли до них (1 балл за каждую правильно названную пару)

Варианты ответов:

1. Туманность Треугольника	2. Звезда Бернарда	3. Шаровое звездное скопление M15
4. Луна	5. Солнце	6. Международная космическая станция

А) 6789 км	Б) 384400 км	В) 1 а.е.
Г) 5.96 св.г.	Д) 10.3 кпк	Е) 0.850 Мпк

4. Установите соответствия небесных тел характерным значениям их масс (1 балл за каждую правильно названную пару)

Варианты ответов:

1. Шаровое звездное скопление M15	2. Туманность Треугольника	3. Сатурн
4. Солнце	5. Комета Галлея	6. Луна

А) $2.2 \cdot 10^{14}$ кг	Б) $7.35 \cdot 10^{22}$ кг	В) $5.7 \cdot 10^{26}$ кг
Г) $2 \cdot 10^{30}$ кг	Д) $1.1 \cdot 10^{36}$ кг	Е) 10^{41} кг

№ 4. «Служба экспресс-посылок на Луне»

Недавно была предложена идея использования рельсотрона (электромагнитной пушки) для пересылки небольших предметов между различными точками поверхности Луны. Суть метода в следующем: в электромагнитную пушку заряжается металлическая капсула внутрь которой упаковывается небольшой предмет для пересылки. Это пушка посредством выстрела запускает в свободный полет данную капсулу, которая двигаясь вблизи поверхности Луны, в конечном счете достигает пункта назначения. Оцените:

1. Расстояние (в км округлив до целого), которое пролетает капсула, запущенная на северном полюсе Луны и доставленная на ее южный полюс. (4 балла)

2. Скорость (в км/с, округлив до сотых), с которой должна двигаться капсула. (4 балла)

3. Время (в минутах, до десятых) для пересылки экспресс-посылки между указанными полюсами. (4 балла)

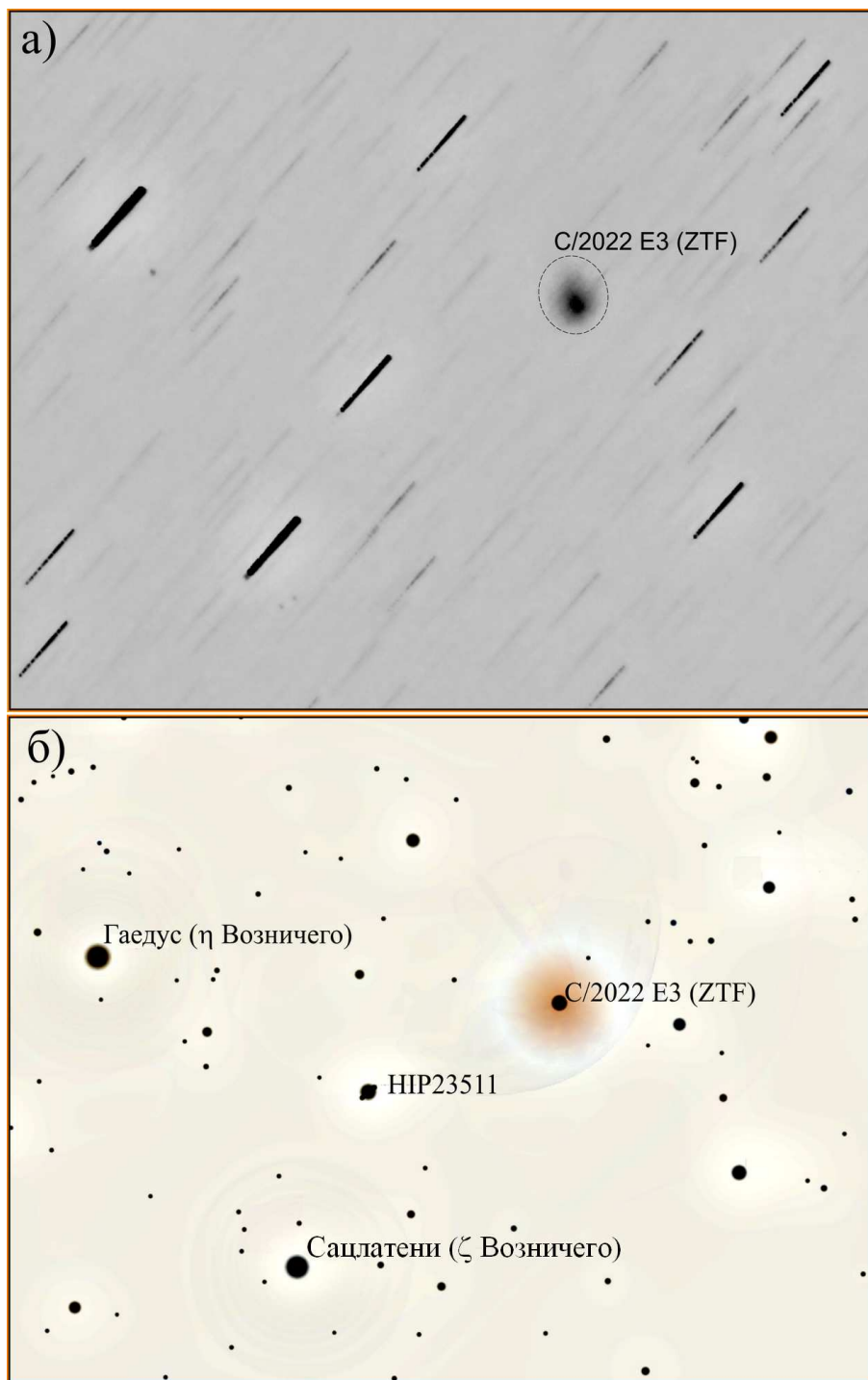


Рис. 3. К определению а) образа кометы и ее видимой комы, полученного астрономом-любителем; б) звездного окружения кометы C/2022 E3 (ZTF), симуляция Stellarium.

4. Во сколько раз ускорение, приобретаемое капсулой во время старта, больше ускорения свободного падения у поверхности Луны, если длина пушки рельсотрона составляет 12 м? Следует учесть, что на всем своем протяжении рельсотрон оказывает постоянное ускоряющее действие. (6 баллов)

№ 5. «Кома кометы C/2022 E3 (ZTF)»

На рис. 3.а) представлен образ кометы C/2022 E3 (ZTF), полученный самарским астрономом-любителем 07.02.2023 года в результате сложения более 500 одиночных кадров, где неподвижным объектом является данное небесное тело. Здесь пунктирным овалом обозначена граница видимой комы кометы. На рис. 3.б) представлена симуляция, полученная с помощью компьютерного планетария Stellarium кометы C/2022 E3 (ZTF) и ее звездного окружения. Известно геоцентрическое расстояние до кометы $\Delta_c = 49.70$ млн. км и экваториальные координаты трех звезд этого участка

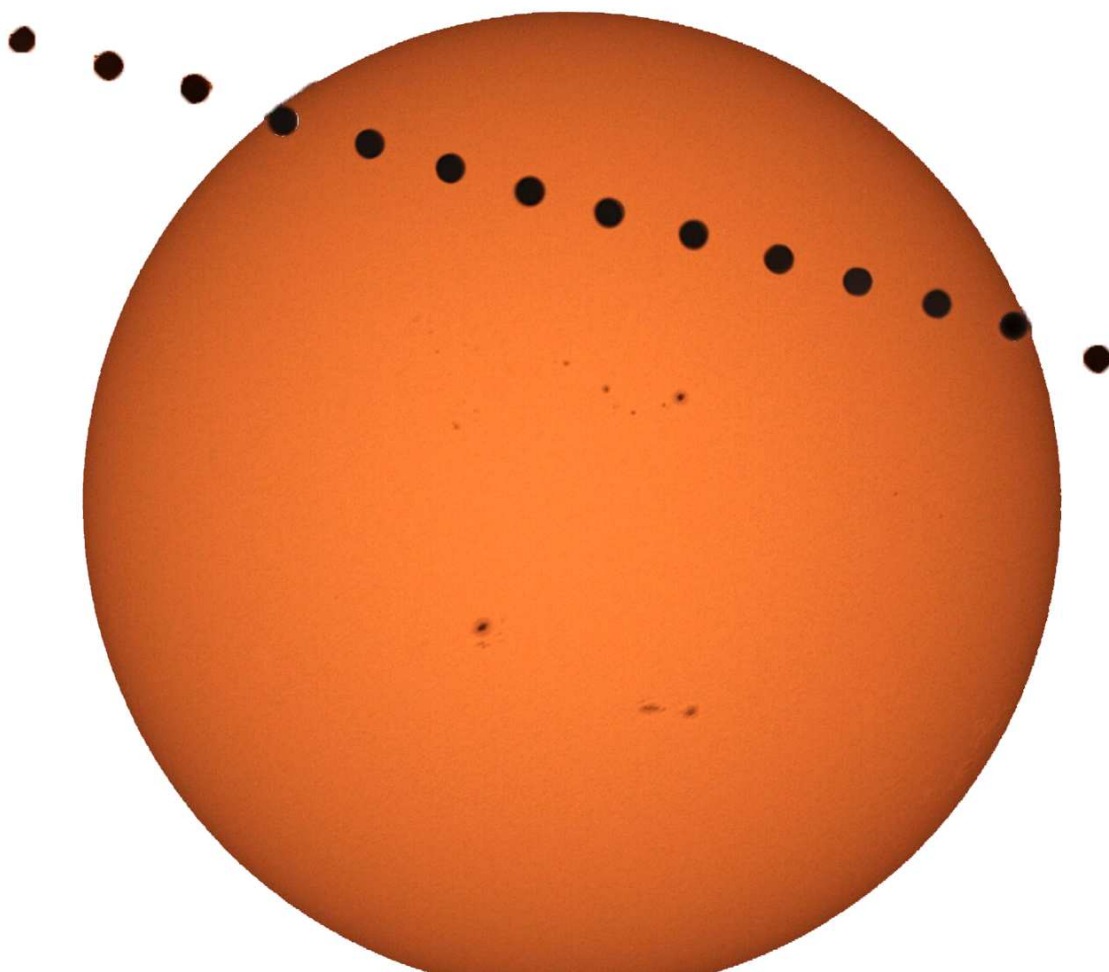


Рис. 4. Прохождение Венеры по диску Солнца 6 июня 2012 года.

небосвода:

Пр. восхождение	Склонение	Пр. восхождение	Склонение	Пр. восхождение	Склонение
Гаедус		Сацлатени		HIP23511	
05 ^h 08 ^m 08 ^s	41°16'	05 ^h 04 ^m 05 ^s	41°06.5'	05 ^h 04 ^m 56 ^s	41°28.5'

Оцените:

1. Наибольший видимый угловой размер (в угл. мин.) комы кометы, представленной на рис. 3.а). (11 баллов)

2. Наибольший видимый линейный размер (в км) комы кометы. (3 балла)

№ 6. «Прохождение Венеры по диску Солнца»

На рис. 4 представлена фотография-коллаж прохождения Венеры по диску Солнца 6 июня 2012 года. Оцените:

1. Общее время (в часах, округлив до сотых) пребывания диска Венеры (полностью спроецировавшейся) на диске Солнца. (18 баллов)

2. Промежуток времени (в минутах, до целых), через который проводилась съемка положений Венеры. Орбиты Земли и Венеры считать круговыми. (2 балла)

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.