

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Время выполнения заданий – 120 минут

Максимальное количество баллов – 100 баллов

Задание № 1 (8 баллов).

Оцените предложенные утверждения с точки зрения справедливости и дайте пояснения и обоснования ваших рассуждений:

1. Чем севернее находится место наблюдения в южном полушарии, тем заметнее смещаются точки восхода и захода Солнца зимой к точке юга, а летом к точке севера.
2. Ночь на полюсах продолжается лишь четыре месяца, так как сумерки на полюсах продолжаются непрерывно не менее месяца после захода Солнца и столько же времени перед его восходом.
3. При заходе Солнца в полнолуние на противоположной стороне горизонта может происходить восход Луны.
4. Когда спутник достигнет скорости 16,65 км/с, то он выйдет за пределы Солнечной системы.

Задание № 2 (8 баллов).

На какую максимальную и на какую минимальную полуденную высоту может подниматься Солнце в Омске? Географическая широта Омска равна 55°

Задание № 3 (8 баллов).

Астрономы обнаружили в космосе систему, похожую на Солнечную систему. Вокруг звезды X обращалось несколько планет. При изучении движения самой крупной планеты, ученые установили, что среднее расстояние от этой планеты до звезды X составляет 50 а.е. Траектория движения отличается от окружности. Центр фигуры, представляющей траекторию движения, отстоит от звезды X на $s = 10$ а.е. Необходимо выяснить: по какой траектории движется планета и на какое расстояние к звезде X она может приблизиться?

Задание № 4 (8 баллов).

Известно, что с Земли можно наблюдать больше половины лунной поверхности за счёт либраций Луны по широте и долготе. Эти либрации связаны с её орбитальным движением и достигают величины $7-8^\circ$.

Также известно, что визуального эффекта либрации можно добиться, если наблюдать Луну одновременно из двух разных пунктов на поверхности Земли, например, с помощью удалённых телескопов.

1. С чем связан этот эффект?
2. На какой максимальный угол с его помощью можно “заглянуть за край” Луны? Сопроводите решение чертежом.
3. Изменится ли что-то качественно, если наблюдать Луну из одной точки на поверхности Земли в течение некоторого времени в пределах суток?

Задание № 5 (8 баллов).

В 2024 году астрономы по всему миру наблюдают ярчайшую комету столетия: C/2023 A3 (Цзыцзиньшань-ATLAS)! А ярчайшей кометой предыдущего столетия была C/1995 O1 (Хейла-Боппа), которая сближалась с Солнцем в 1997 году на расстояние орбиты Земли и удалится от него примерно на 372 а.е. В каком столетии земляне могут ожидать возвращение кометы Хейла-Боппа?

Задание № 6 (8 баллов).

Период обращения искусственного спутника Земли составляет 2,9 часа. Максимальная высота спутника над Землей составляет 7000 км. Найдите минимальную высоту спутника над Землей.

Землю считать шаром радиусом 6400 км. Рекомендуется использовать сравнение движение спутника с движением Луны. В этом случае среднее расстояние от Земли до Луны принять равным 380000 км, а сидерический период Луны 27,3 сут.

Справочная информация, разрешенная к использованию на ВсОШ

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 $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Постоянная Больцмана $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$

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

Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$

Постоянная Планка $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$

Масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Масса электрона $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Элементарный заряд $e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $697\,000 \text{ км}$

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 $+4.72^{\text{m}}$

Показатель цвета (B–V) $+0.67^{\text{m}}$

Эффективная температура 5800 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

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0.0167

Тропический год 365.24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29.8 км/с

Период вращения $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$

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%)

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
 Минимальное расстояние от Земли 356410 км
 Максимальное расстояние от Земли 406700 км
 Средний 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
 Период прецессии узлов орбиты 18.6 лет
 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}
 Видимая звездная величина в первой/последней четверти -10.5^{m}

Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Гео- метр. аль- бедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли			градусы		
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	697000	109.3	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	26.73	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

Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцент- риситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км	а.е.		градусы		сут.
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

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

Формулы приближенного вычисления

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

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

$$\cos(\alpha + x) \approx \cos \alpha - x \sin \alpha;$$

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

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

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