

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
2021-2022 учебный год  
9 класс**

**Максимальный балл – 48 баллов**

**Уважаемый участник олимпиады!**

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) задания.

Время выполнения заданий тура 3,5 астрономических часа (210 минут).

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.

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

Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его членам жюри.

**Таблица выставленных баллов (заполняется при проверке жюри)**

Задача №1	Задача №2	Задача №3	Задача №4	Задача №5	Задача №6	Сумма

**Задача №1. «Далекie миры».** (Максимальный балл – 8 баллов)

HD 69830 d — экзопланета, открытая в 2006 году вращается вокруг оранжевого карлика HD 69830 в созвездии Корма и, потенциально, находится в обитаемой зоне. По данным наблюдений её период обращения составляет 197 дней, а расстояние до родительской звезды 94,5 млн км. По предложенным данным определите массу родительской звезды.

**Задача №2. «Наблюдение далеких объектов».** (Максимальный балл – 8 баллов)

В архиве фотографий, сделанных телескопом «Хаббл», были обнаружены две фотографии одной и той же планетарной туманности, сделанные с интервалом 5 лет. Оказалось, что за это время угловой диаметр туманности увеличился на  $0",05$ . Измерения показали, что скорость удаления краев туманности от ее центра составляет 50 км/с. Оцените, на каком расстоянии находится наблюдаемая туманность.

**Задача №3. «Небесные гости».** (Максимальный балл – 8 баллов)

С именем Эдмунда Галлея связан коренной перелом в представлениях о кометах. Галлей рассчитал и опубликовал в 1705 году орбиты 24 комет и обратил внимание на сходство параметров орбит у нескольких из них, наблюдавшихся в XVI—XVII веках, с параметрами кометы 1682 года. В таблице представлены некоторые элементы орбиты комет 1531, 1607 и 1682 гг., полученные Галлеем. По приведенным данным определите: период обращения кометы, эксцентриситет и малую полуось ее орбиты.

Элементы орбит комет 1531, 1607 и 1682 гг., полученные Галлеем

Прохождение перигелия	Наклонение	Долгота узла	Долгота перигелия	Перигелий, а. е.
26.08.1531	162°18'	50°48'	301°36'	0,58
27.10.1607	162°58'	50°21'	302°16'	0,58
15.09.1682	162°24'	49°25'	301°39'	0,57

**Задача №4. «Наблюдаем Луну».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Как изменится на фотографии вид полной Луны, если закрыть правую половину объектива телескопа? Почему при рассматривании в один и тот же телескоп Луны ее яркость по мере все большего и большего увеличения все более и более ослабевает?

**Задача №5 «Вокруг Земли...».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Спутник движется в обратном направлении по круговой экваториальной орбите на высоте 5000 км. Определите видимую угловую скорость спутника в тот момент, когда он находится на горизонте для наблюдателя на экваторе Земли.

**Задача №6 «Хвостатые гости».** (Максимальный балл – 8 баллов)

В этой задаче Вам нужно ответить на несвязанных между собой вопросов.

А) На фотографии (рис. 1) изображена одна из известных комет XX века. Как называется эта комета? Как Вы можете заметить, у кометы наблюдается 2 хвоста. Благодаря чему такое возможно? Из чего состоит каждый из этих хвостов? (Максимальный балл – 4 балла)



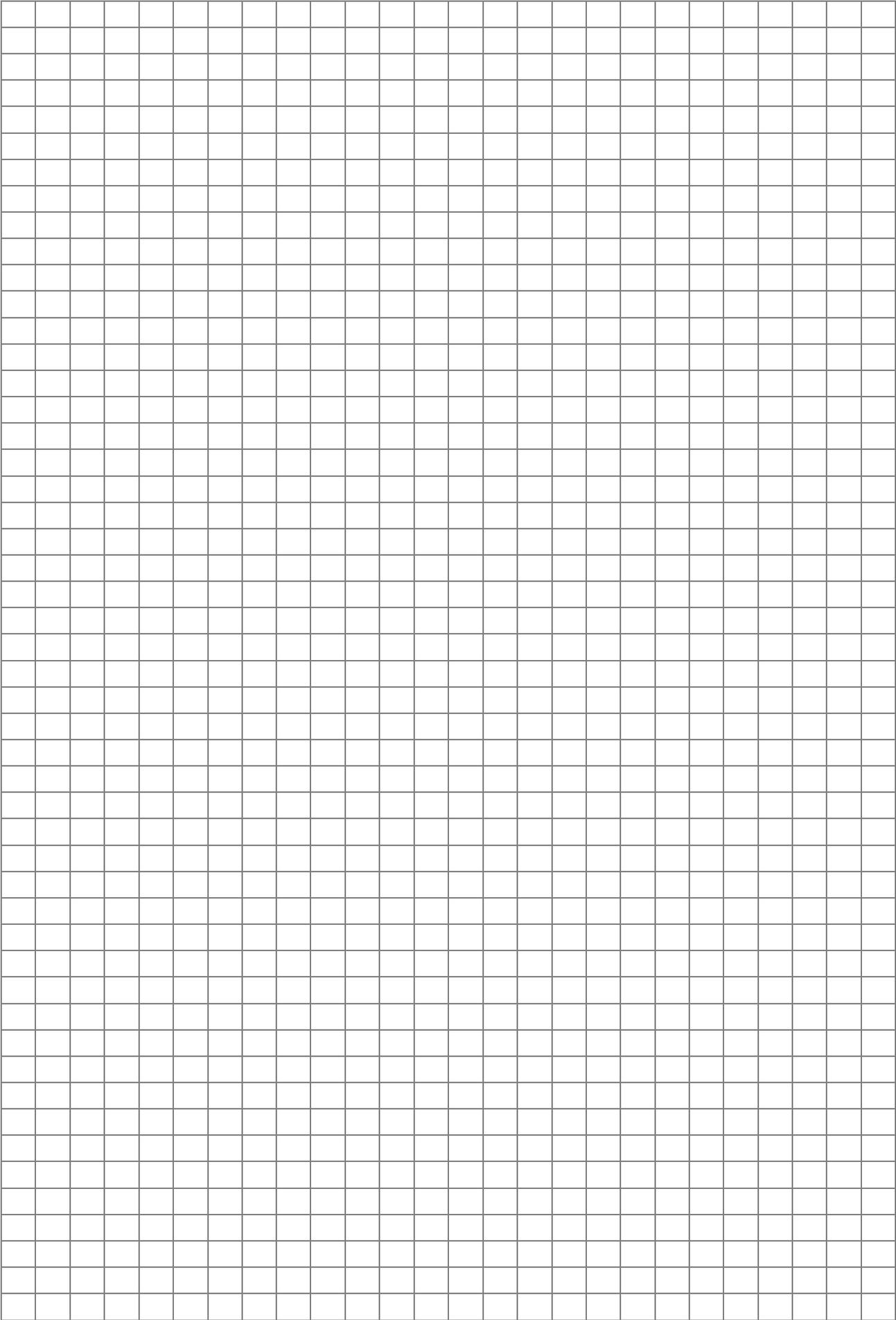
(Рис. 1)

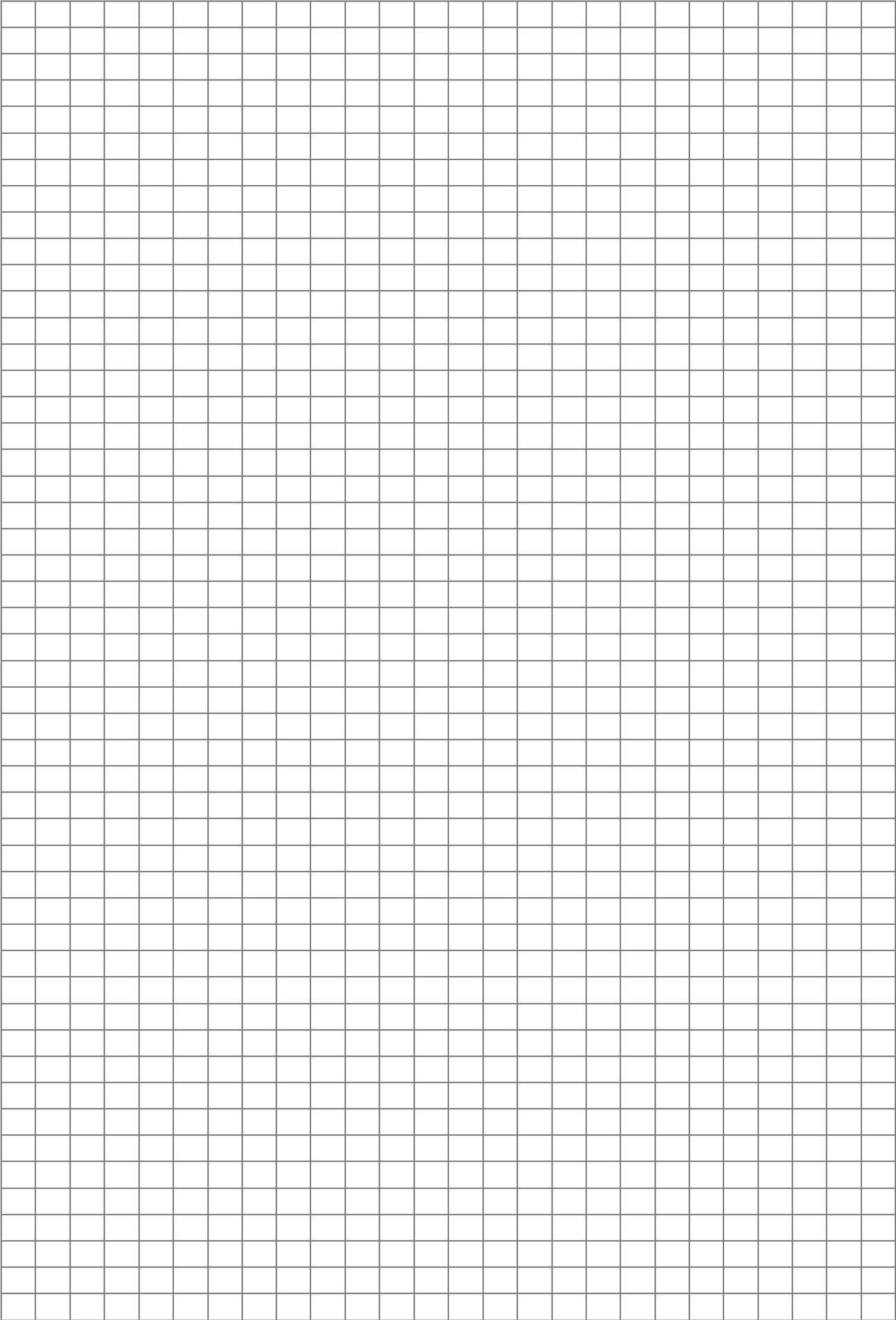
Б) А это изображение кометы Макнота (рис. 2), которая была видна в 2007 году и стала самой яркой за последние 40 лет. Чем можно объяснить такую необычную форму хвоста? (Максимальный балл – 4 балла)

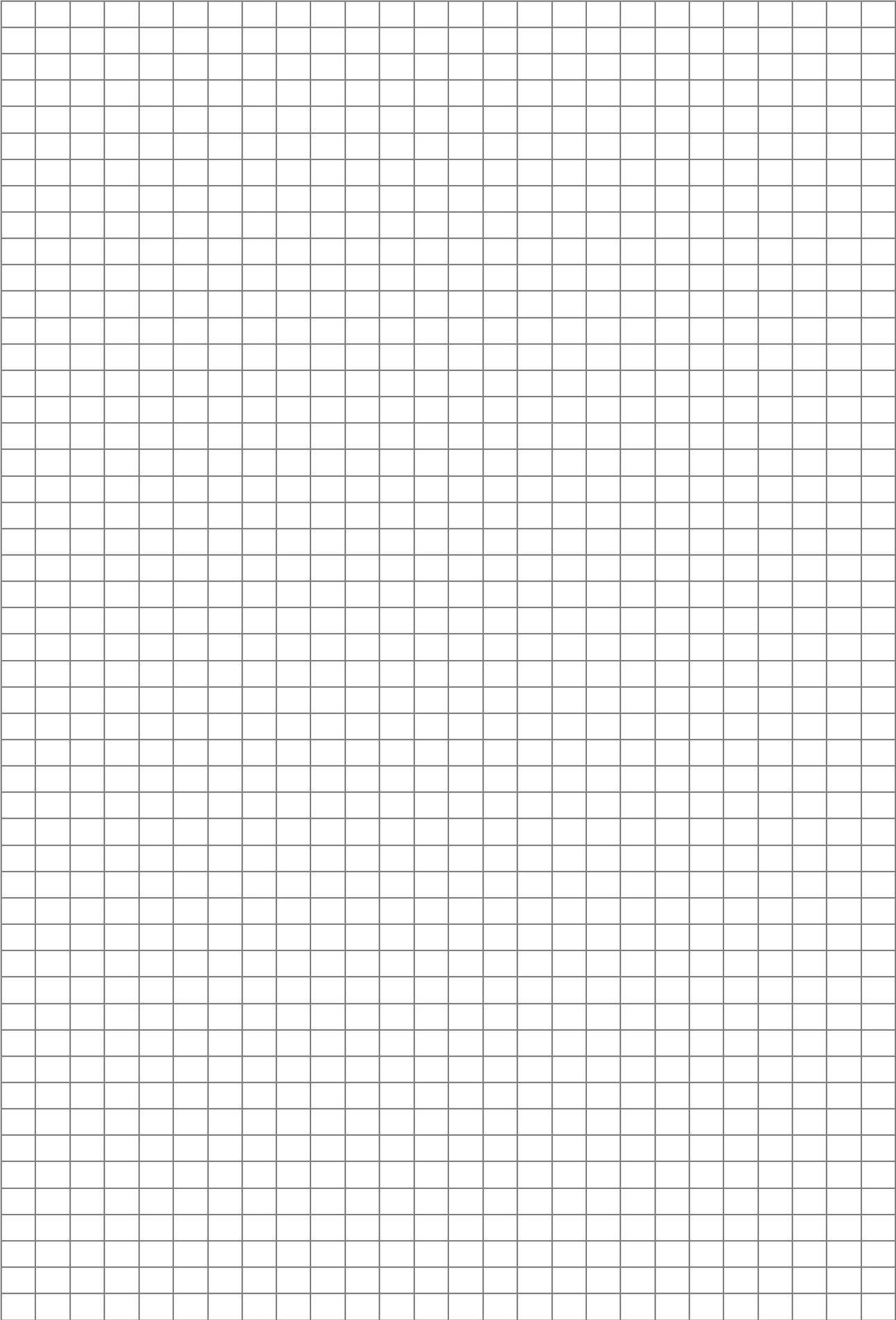


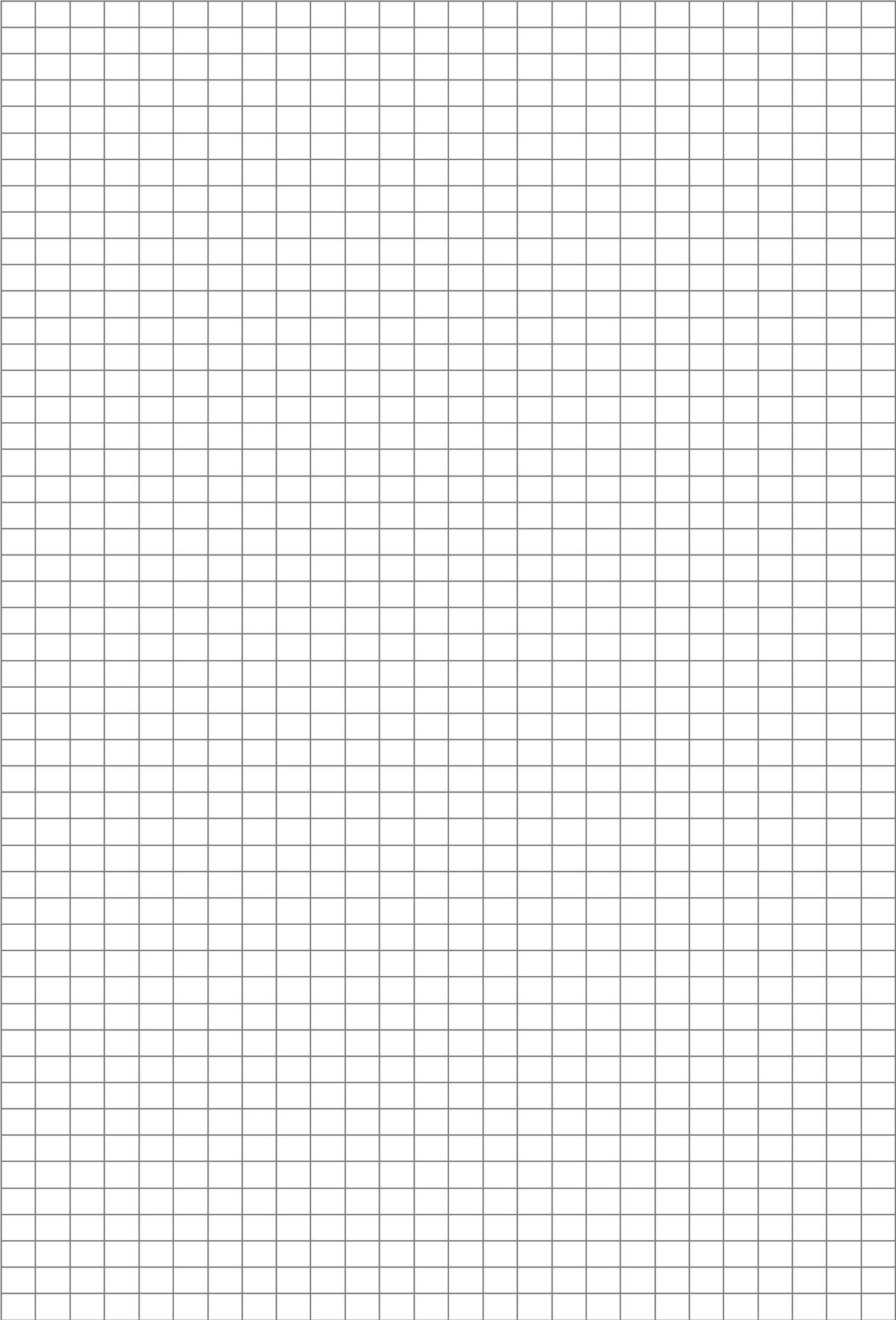
Рис. 2

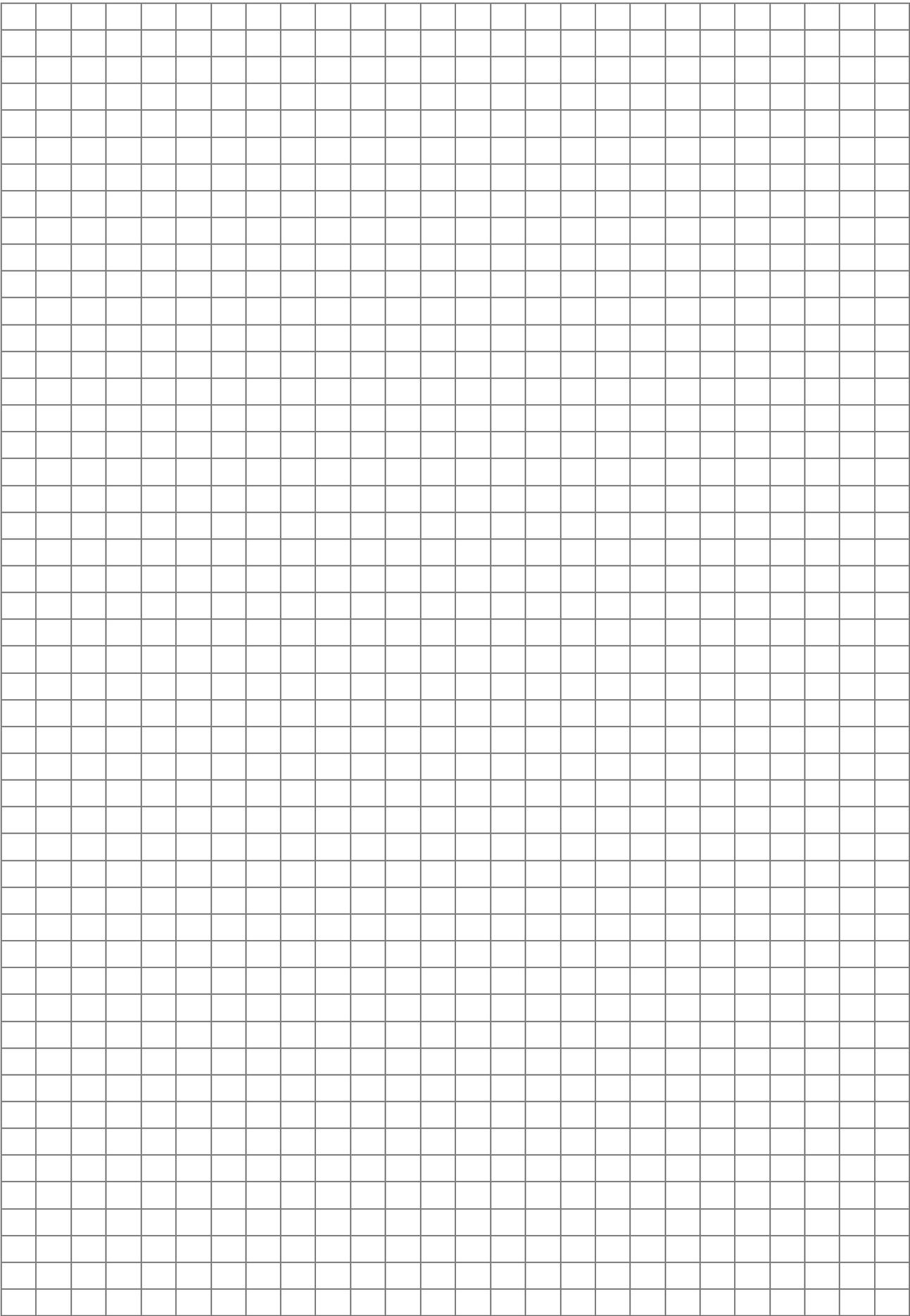












## Справочная информация, разрешённая к использованию на олимпиаде

### 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 а.е. =  $1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек 1 пк =  $206\,265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

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

### Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0,0167

Тропический год 365,24219 суток

Средняя орбитальная скорость 29,8 км/с

Период вращения 23 часа 56 минут 04 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  $5,52 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$

Объёмный состав атмосферы:  $\text{N}_2$  (78%),  $\text{O}_2$  (21%),  $\text{Ar}$  (~1%).

### Данные о Солнце

Радиус 697 000 км

Масса  $1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Светимость  $3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$

Спектральный класс G2

Видимая звёздная величина  $-26,78^{\text{m}}$

Абсолютная болометрическая звёздная 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  $1360 \text{ Вт/м}^2$

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли  $600 \text{ Вт/м}^2$

### Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384 400 км

Минимальное расстояние от Земли 356 410 км

Максимальное расстояние от Земли 406 700 км

Средний эксцентриситет орбиты 0,055

Наклон плоскости орбиты к эклиптике  $5^\circ 09'$

Сидерический (звёздный) период обращения 27,321 662 суток

Синодический период обращения 29,530 589 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 звёздная величина в полнолуние  $-12,7^{\text{m}}$

Видимая звёздная величина в первой/последней четверти  $-10,5^{\text{m}}$

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЦА И ПЛАНЕТ

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометр. альbedo	Вид. звёздная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
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		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

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометр. альbedo	Видимая звёздная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут.		m
<b>Земля</b>							
Луна	$7,348 \cdot 10^{22}$	1738	3,34	384400	27,32166	0,12	-12,7
<b>Марс</b>							
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
<b>Юпитер</b>							
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

<b>Сатурн</b>							
Тетфия	$7,55 \cdot 10^{20}$	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
<b>Уран</b>							
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
<b>Нептун</b>							
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 ПРИБЛИЖЁННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

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

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

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

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha + \frac{x}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha};$$

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

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