

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

**2020-2021 учебный год**

**11 класс**

**Максимальный балл – 48 баллов**

**Задача №1. «Малые тела Солнечной системы»**

Для безымянного астероида, находящегося в поясе астероидов, известна следующая информация. Минимальное расстояние от него до Солнца равно 2 а.е., а к моменту времени, когда угол поворота астероида при его движении вокруг Солнца, отсчитываемый от перигелия, составит  $90^0$ , расстояние от него до Солнца вырастает до 3,5 а.е. Определите период обращения данного астероида. Необходимые для решения константы можно найти в справочных материалах.

**Задача №2. «Межпланетные перелеты»**

«Марс» — автоматические межпланетные станции, которые запускались СССР с 1960 по 1973 с целью изучения планеты Марс и околопланетного пространства. В одном из запусков с Земли на Марс автоматическая межпланетная станция была запущена по наиболее экономичной орбите. Каково было угловое расстояние Марса от Солнца в момент запуска для земного наблюдателя? Орбиты Марса и Земли считать круговыми и лежащими в одной плоскости, радиус орбиты Марса равен 1.5 а.е. Сделайте рисунок, поясняющий Ваше решение.

**Задача №3. «Движение звезд»**

В центральной части шарообразной эллиптической галактики вокруг ее центра обращаются две звезды. Орбиты обеих звезд круговые, лежат в одной плоскости, направления вращения совпадают, радиус орбиты первой звезды составляет 100 пк, а второй - 50 пк. Найдите синодический период этих двух звезд (т.е. период между повторением одинакового взаимного расположения двух звезд и центра галактики), если известно, что в центральной части галактики все звезды расположены примерно однородно, концентрация звезд составляет около  $10^4 M_{\odot}/\text{пк}^3$ , где  $M_{\odot}$  – масса Солнца. Необходимые для решения константы можно найти в справочных материалах.

**Задача №4. «Немного географии...»**

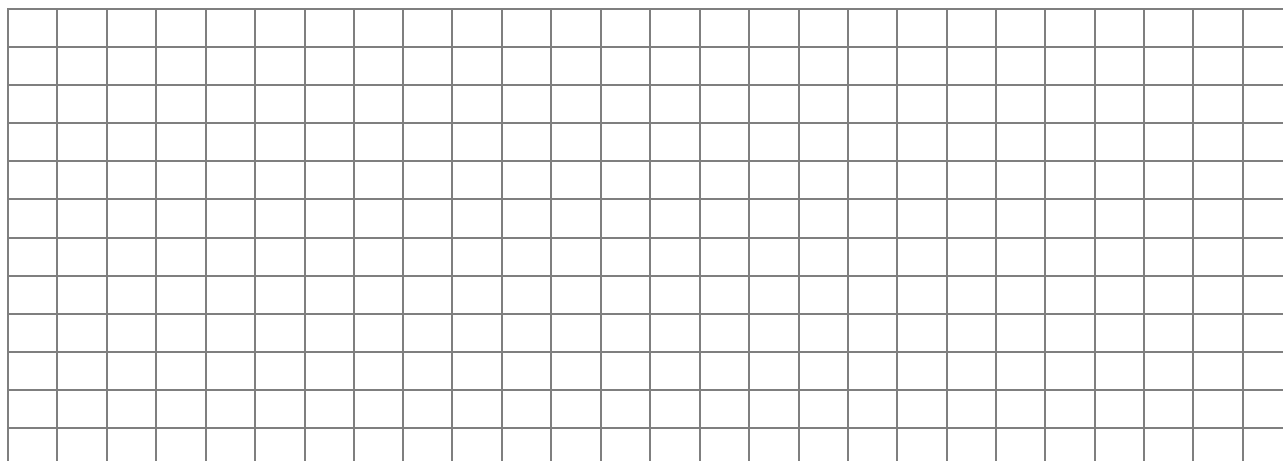
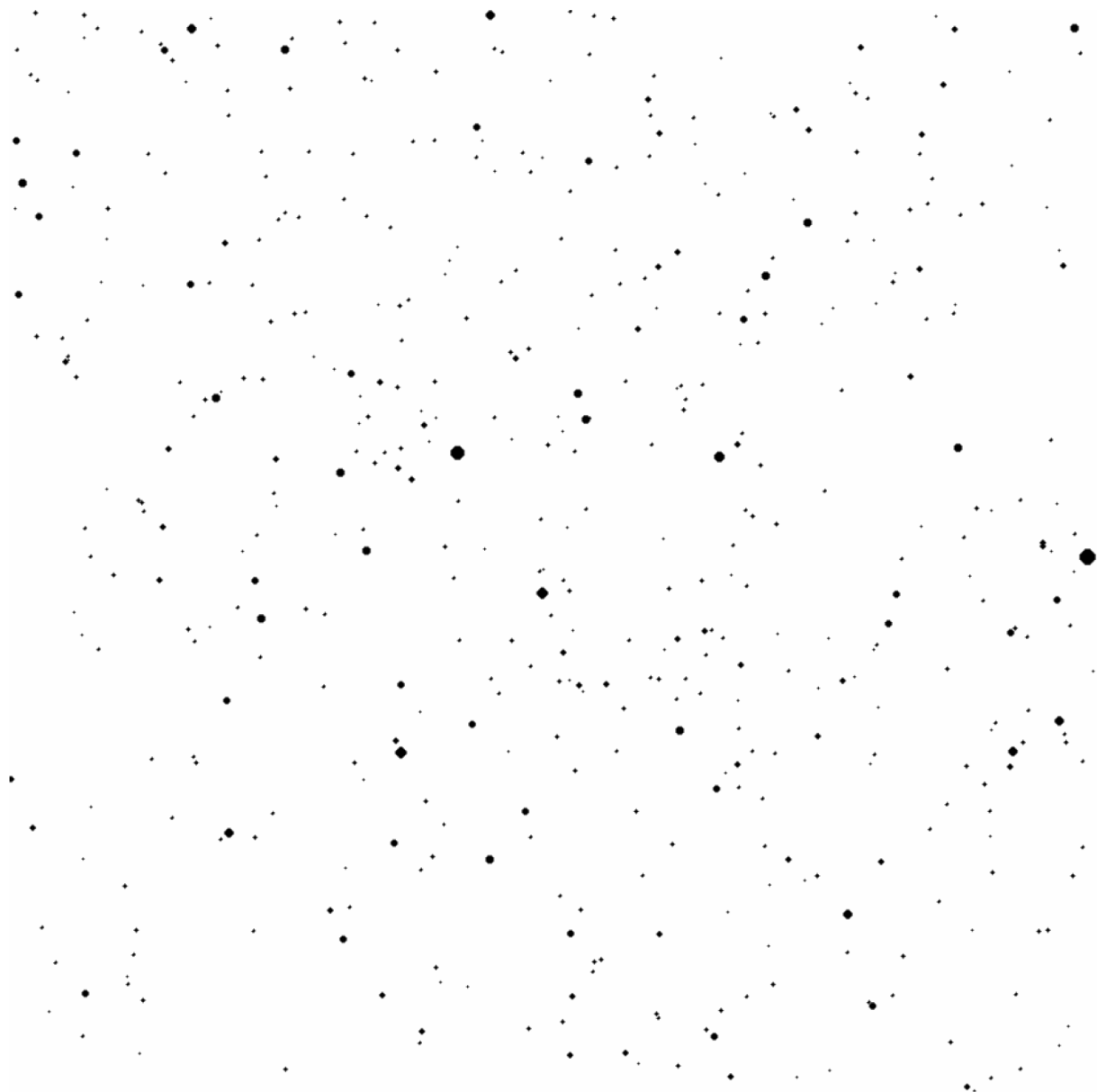
В секретном бункере на Земле в ночь на 1 декабря 2020 года звездное время совпадает с московским. Какова географическая долгота этого бункера? Уравнением времени пренебречь. И вопрос для самых эрудированных любителей астрономии: кто впервые дал правильное объяснение видимого годового движения Солнца по небесной сфере?

**Задача №5. «Наша галактика»**

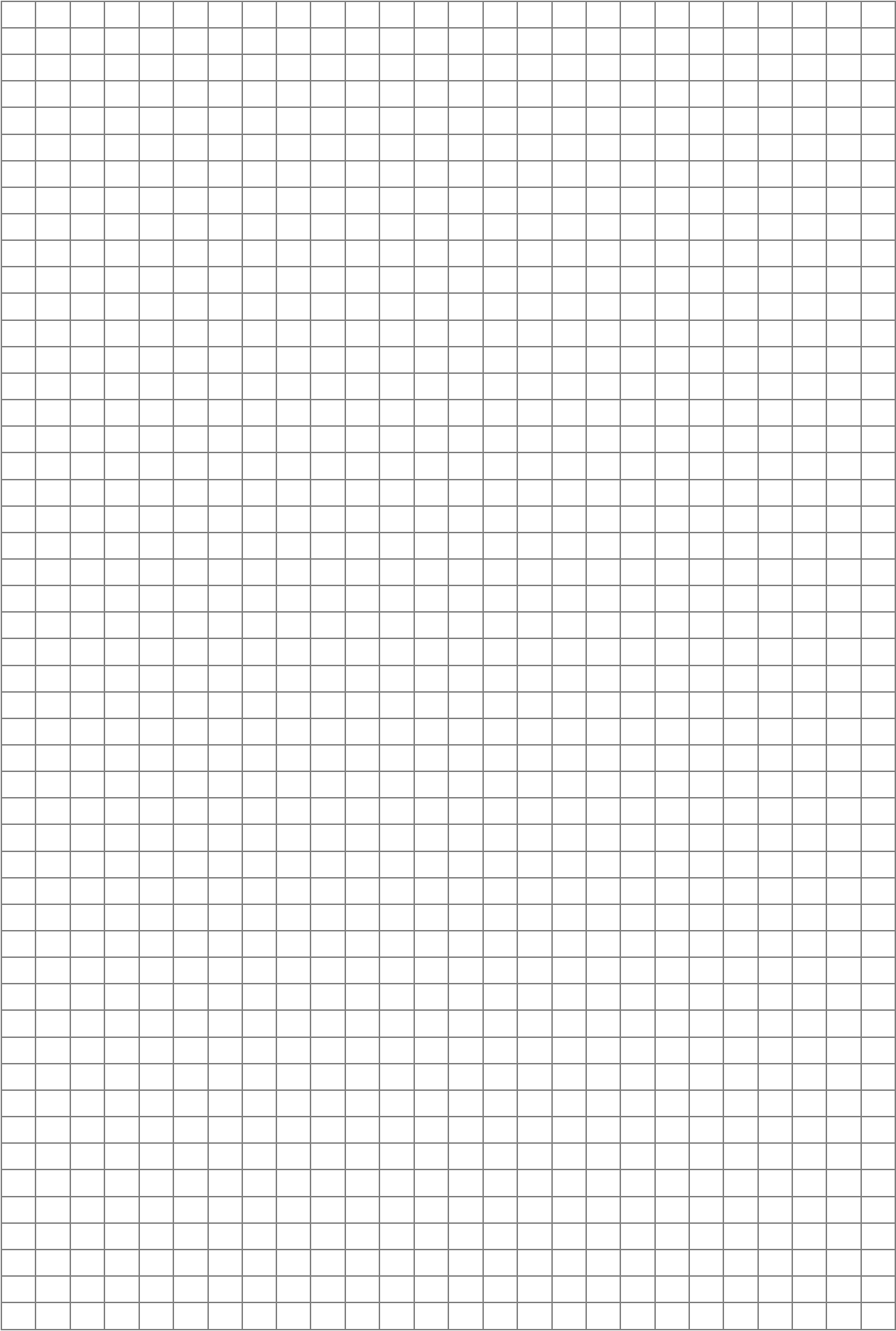
В нашей Галактике есть два типа звездных скоплений: рассеянные скопления, в каждом из которых около тысячи звезд, и шаровые скопления, в каждом из которых около миллиона звезд. Рассеянные скопления находятся в плоскости диска Галактики, шаровые распределены сферически-симметрично относительно центра Галактики. Как для наблюдателя с Земли расположены рассеянные скопления на небе? А шаровые? Объясните свой ответ.

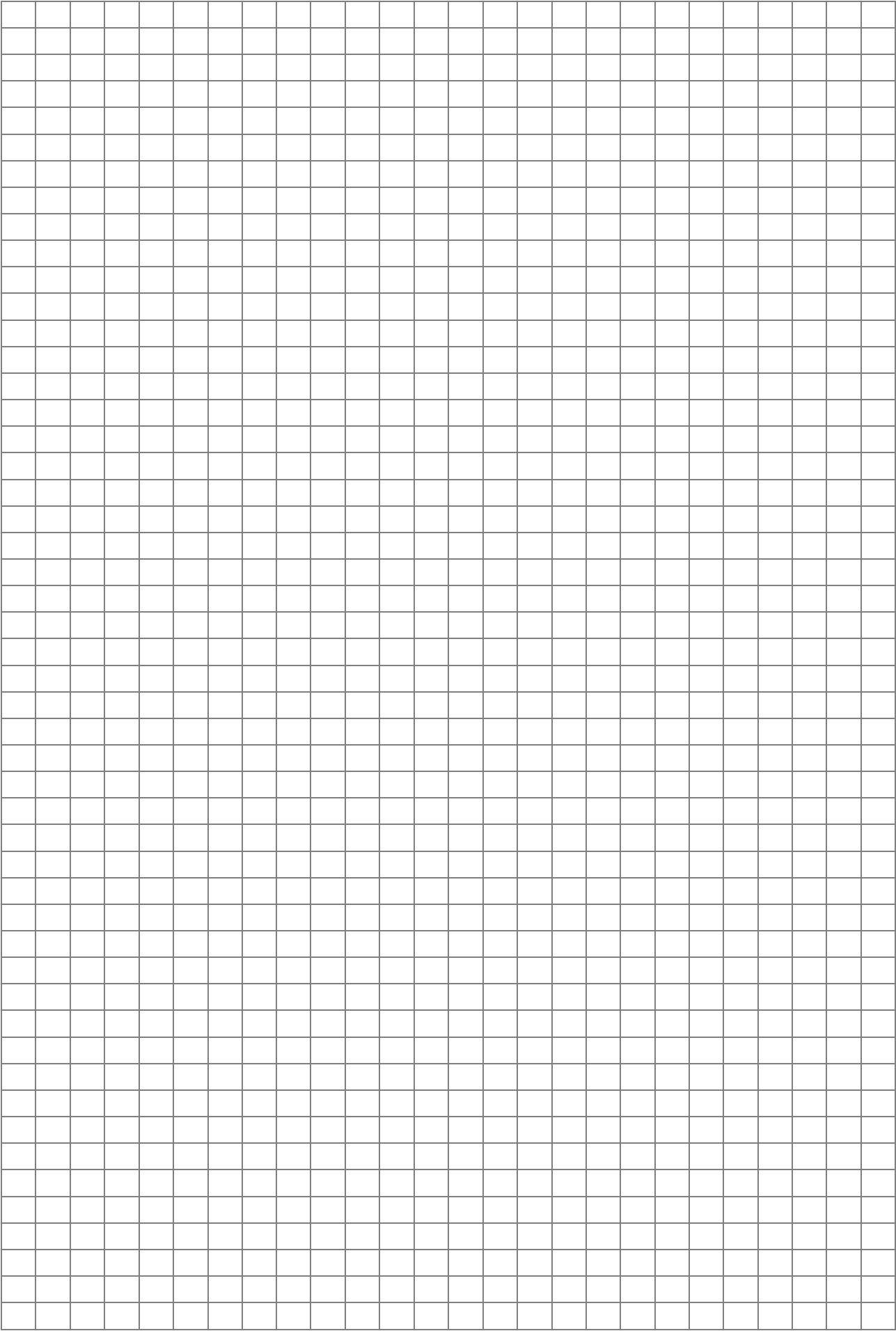
### Задача №6. «Наблюдая звездное небо»

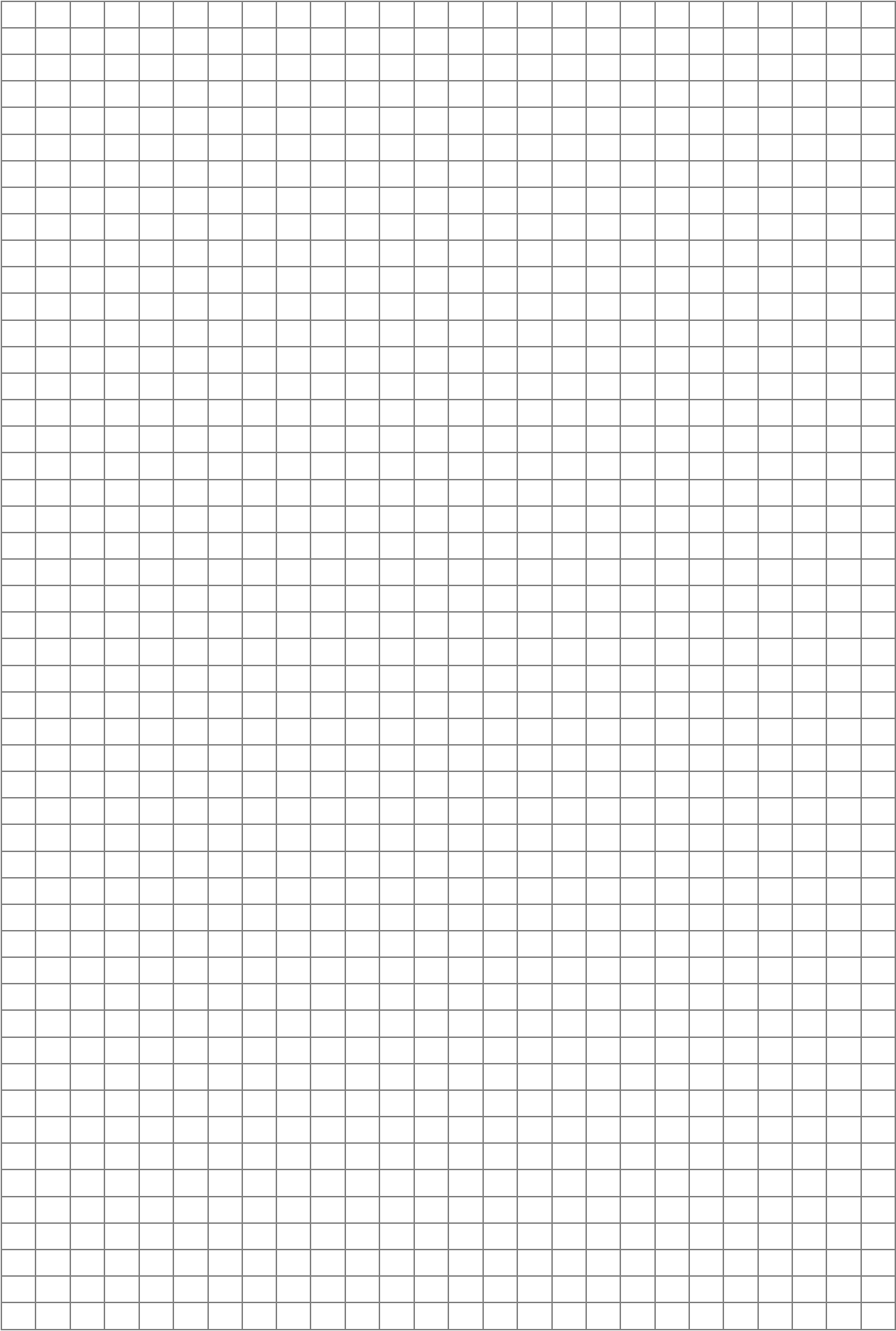
На приложенном рисунке приведен фрагмент звездной карты. Какое созвездие (созвездия) на нем изображено? Перечислите под рисунком, нарисуйте и подпишите на карте известные вам астрономические объекты, расположенные в указанной области. Соедините основные звезды, чтобы получить фигуру созвездия. Нарисуйте примерные границы созвездий.

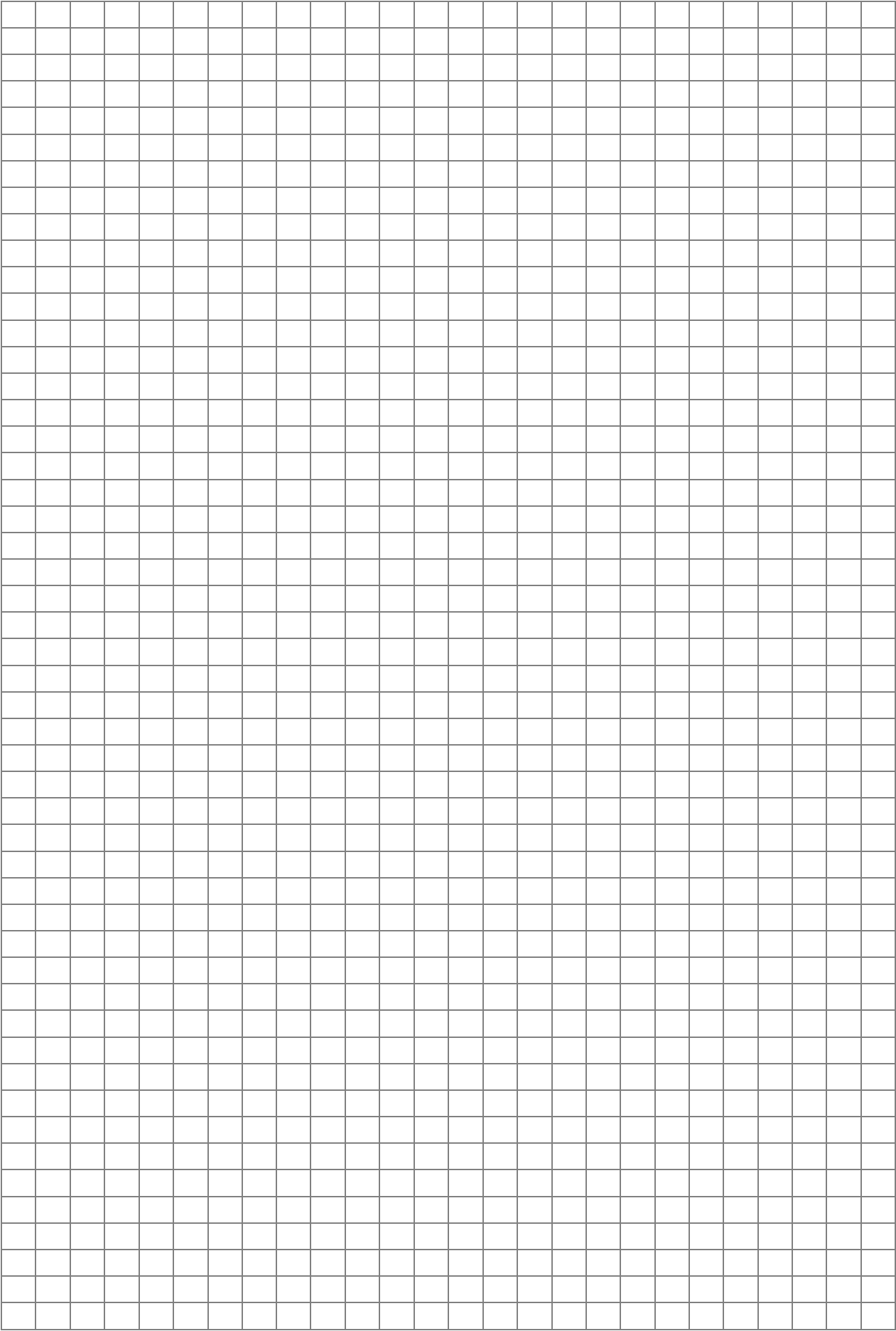


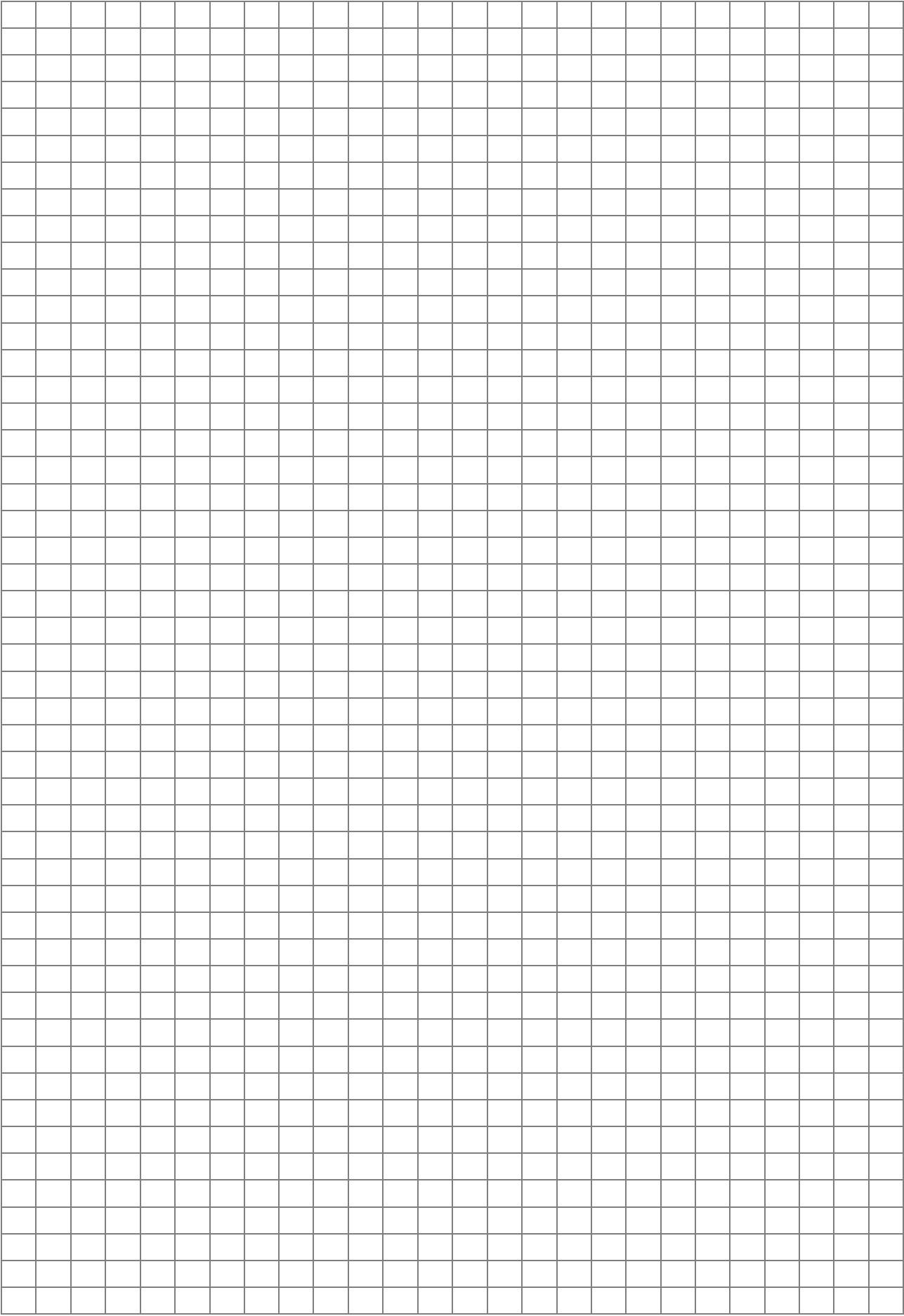
This image shows a full page of blank graph paper. The grid consists of small, uniform squares formed by thin, light gray lines. There are no margins, text, or other markings on the page.













## 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  $R = 8,31 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$

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

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. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли	г/см <sup>3</sup>		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		Эксцентриситет	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	Геометр. альbedo	Видимая звездная величина*
	кг	км	г/см <sup>3</sup>	км	сут.		т
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 ПРИБЛИЖЁННОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ

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

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

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

$$\operatorname{tg}(\alpha + x) \approx \operatorname{tg} \alpha +$$

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

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