

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

Максимальный балл – 48 баллов

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) задания.

Время выполнения заданий тура 2,5 астрономических часа (150 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. «Наблюдение звездного неба». (Максимальный балл – 8 баллов)

Юный астроном на Земле наблюдает Луну в созвездии Рака. В это же время астронавт, находящийся на Луне, смотрит на Землю. Звезды какого созвездия окружают Землю для астронавта? Ответ обоснуйте.

Задача №2. «Звезда Барнарда». (Максимальный балл – 8 баллов)

Персонажи одного из рассказов Сергея Лукьяненко путешествуют к звезде Барнарда с помощью фантастической технологии - маятникового звездолета.

“В точке старта маятниковый звездолет появляется раз в полгода. Воздух над бетонным полем начинает дрожать будто от жара, мутнеет, возникают решетчатые опоры, цилиндрические жилые отсеки и служебные помещения. Он не слишком походит на звездолет из фантастического фильма, скорее – на космическую станцию.

... Звездолет находится в точке старта тридцать семь с половиной минут. Как правило, персоналу хватает менее получаса. За пять минут до отправления люки задраивают, техники удаляются на безопасное расстояние.

... Еще через пять минут звездолет становится прозрачным и исчезает. У звезды Барнарда он появится почти через три месяца полета, на те же самые тридцать семь с половиной минут. И все повторится. Маятниковые звездолеты никого и никогда не ждут, их путь определен не расписанием, а законами физики.

Какие экваториальные координаты Солнца фиксируют астрономы, находящиеся у звезды Барнарда? Ответ обосновать. Чем примечательна каждая из звезд, упомянутых в рассказе, в реальности? Прямое восхождение звезды Барнарда 17ч57м, склонение +04°41'.

Задача №3. «Сто лет тому вперед...». (Максимальный балл – 8 баллов)

На какой день недели выпадет 21 сентября 2121 года, если в 2021 году это был вторник?

Задача №4. «Условия видимости планет». (Максимальный балл – 8 баллов)

Юпитер – одна из внешних, по отношению к земной орбите, планет Солнечной системы. Юпитер, двигаясь вокруг Солнца, занимает характерные взаимные положения относительно Земли и Солнца. Например, наблюдать Юпитера с Земли можно в квадратуре (когда угол «Юпитер-Земля-Солнце» прямой) и в противостоянии (когда Земля находится между Солнцем и Юпитер на одной прямой с ними). Докажите, что видимая яркость Юпитера в квадратуре будет меньше, чем в противостоянии.

Задача №5 «Луна». (Максимальный балл – 8 баллов)

Наблюдатель видит полную Луну в созвездии Дева. В каком месяце это происходит?

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)

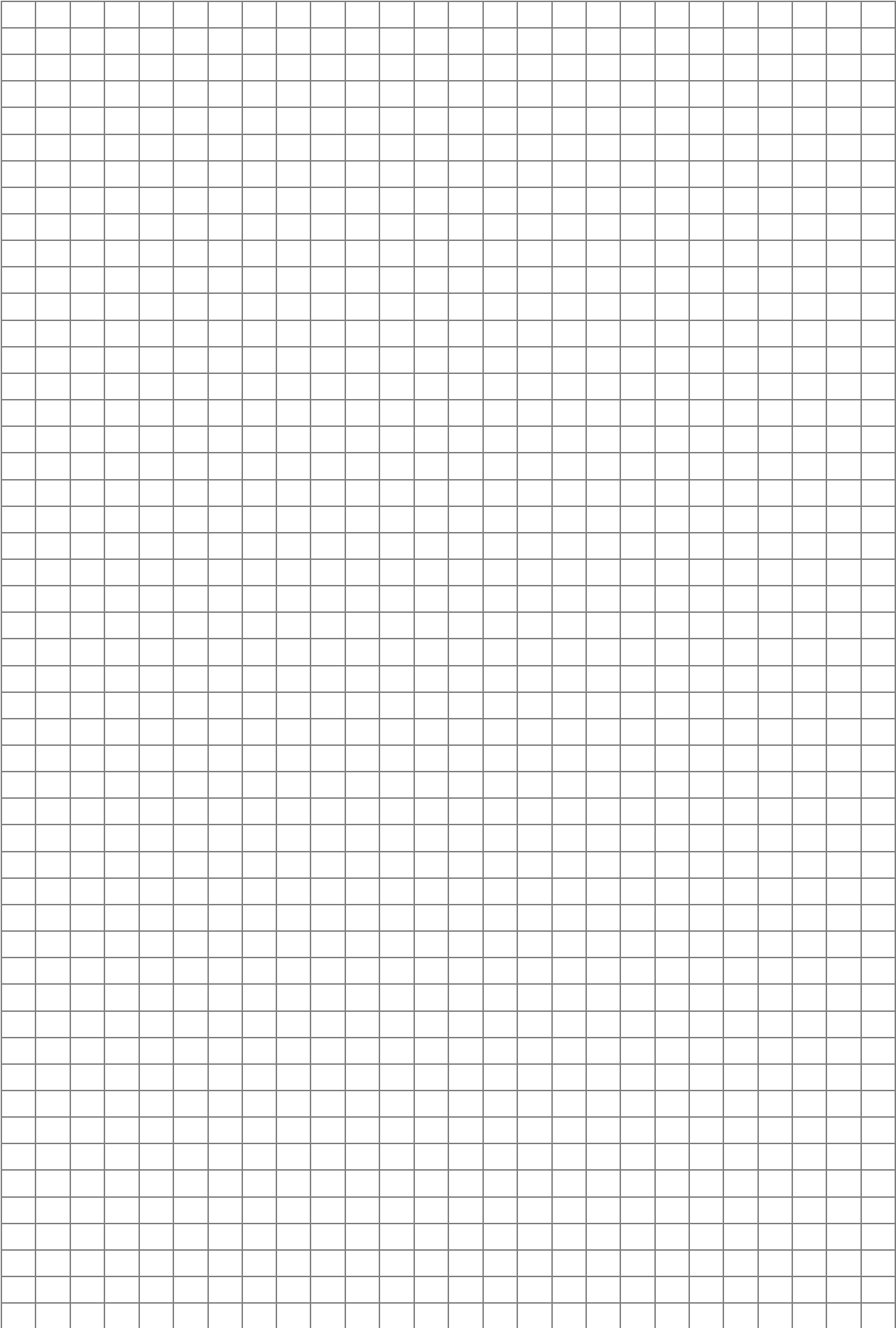


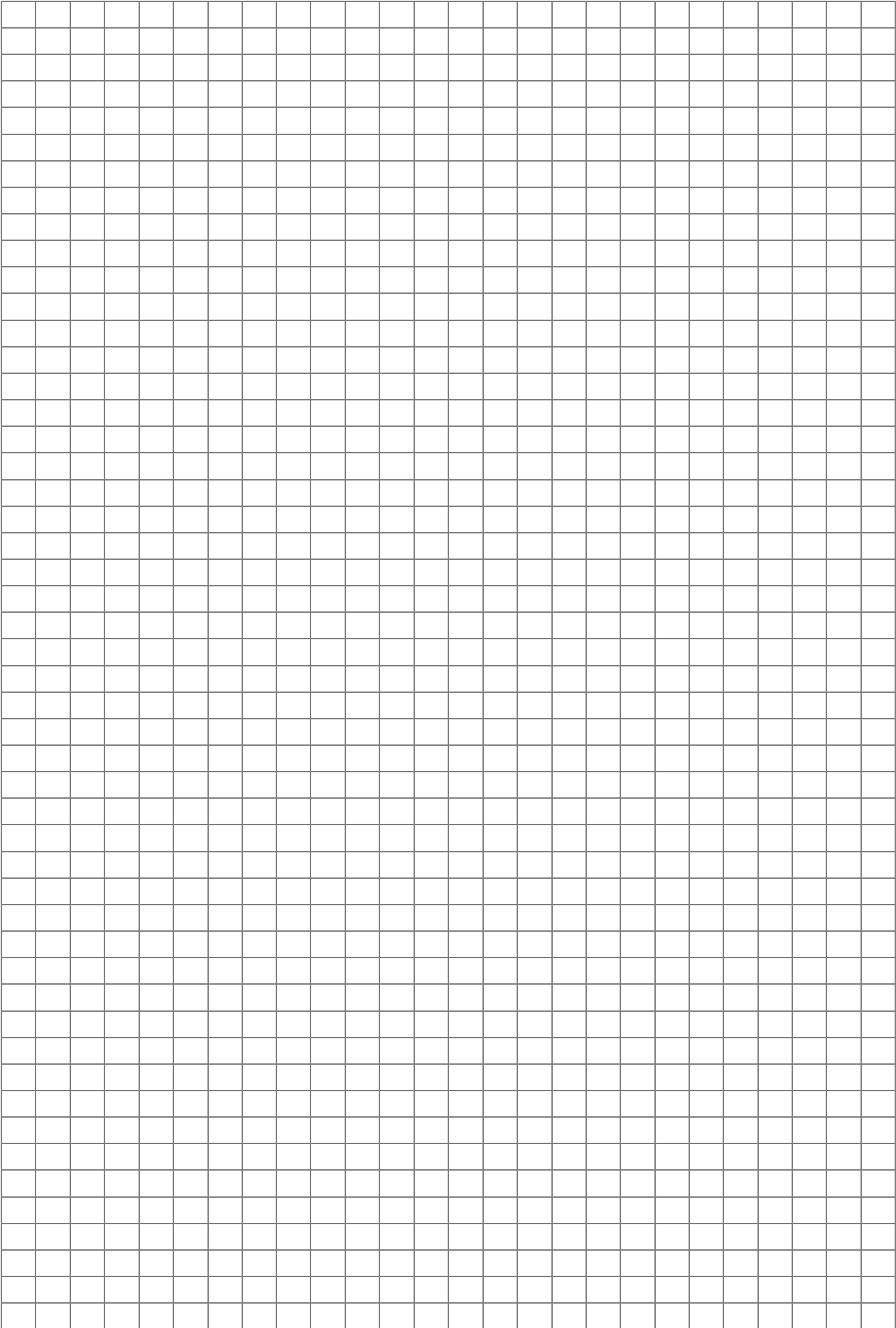
(Рис. 1)

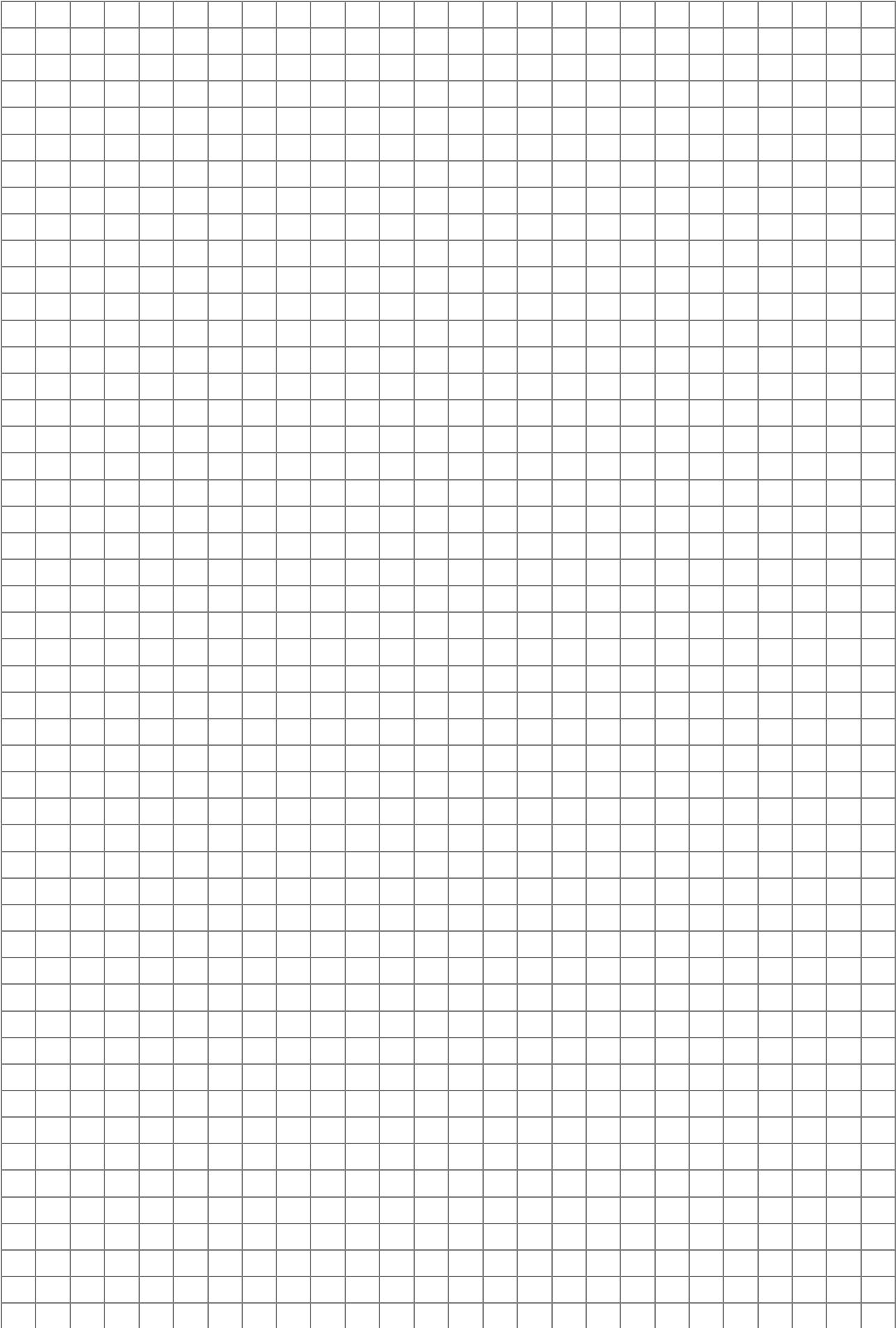
Б) А это изображение кометы Макнота (рис. 2), которая была видна в 2007 году и стала самой яркой за последние 40 лет. Чем можно объяснить такую необычную форму хвоста? (Максимальный балл – 4 балла)

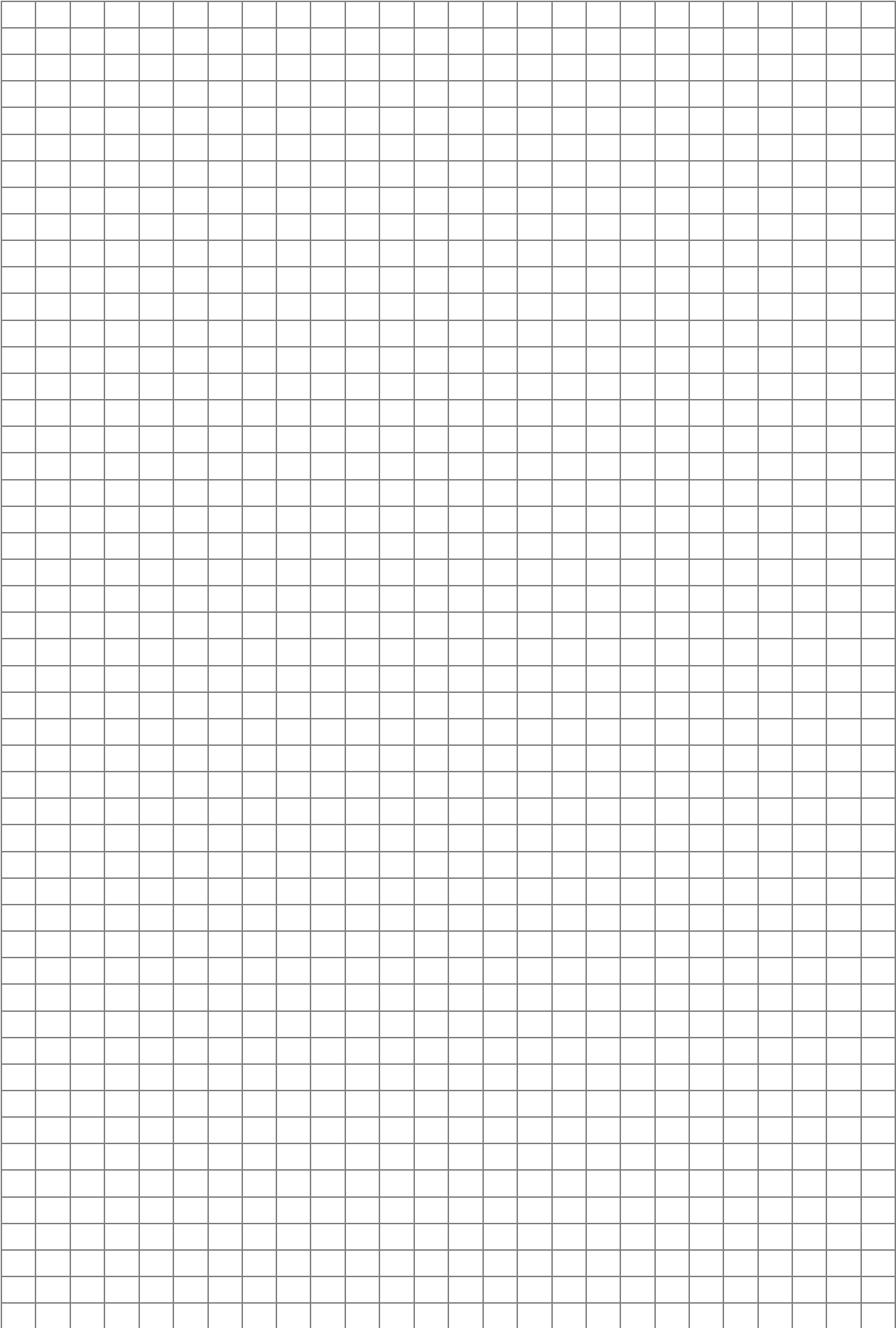


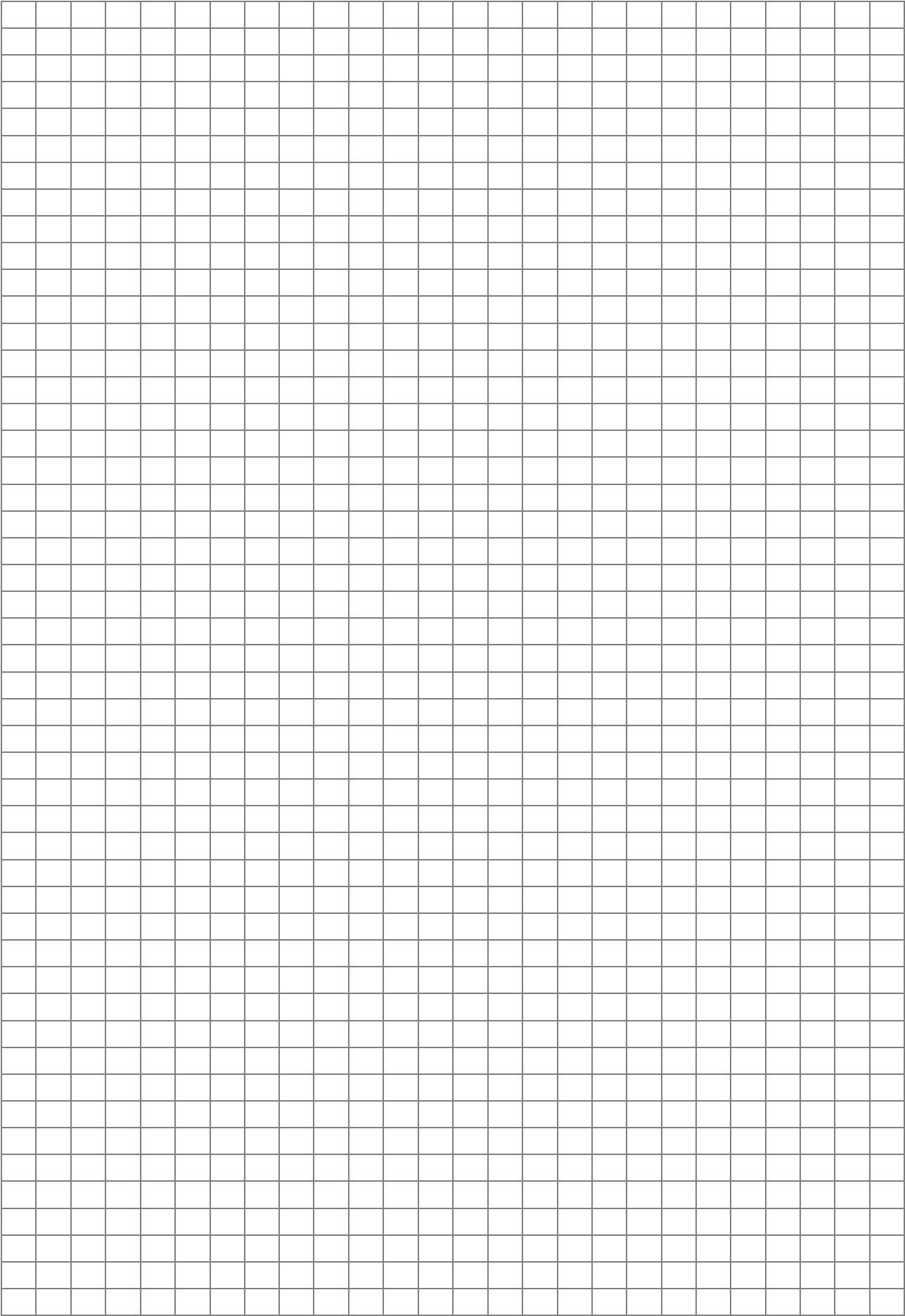
Рис. 2











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: N_2 (78%), O_2 (21%), 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 Вт/м^2

Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 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 $-12,7^m$

Видимая звёздная 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 | 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 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 | | | | | | | |
|---------------|----------------------|-------|------|---------|-----------|------|-------|
| 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 |
| 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

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

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

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

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

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

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