

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2018-2019 УЧЕБНЫЙ ГОД
11 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: 3 часа (180 мин)

Максимальное количество баллов за каждое задание: 8

Максимальная сумма баллов за все задания: 48

Использовать можно: инженерный (научный) калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешенные к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии (Приложение 1), карту звездного неба (Приложение 2).

1. Покрытие Альдебарана Луной

В ночь с 23 на 24 февраля 2018 года из Красноярска можно было увидеть покрытие звезды Альдебаран (α Тельца) Луной. В какой, примерно, фазе была Луна?

2. Зенитные расстояния Веги

Найдите разность зенитных расстояний Веги (склонение $\delta = +38^\circ 47'$) в разноименных кульминациях в Красноярске (географическая широта $\varphi = +56^\circ 01'$).

3. Пыль на земной орбите

По оценкам ученых каждые сутки на Землю из космоса выпадает около 100 тонн метеорного вещества. За счет чего это происходит? Оцените плотность пылевой материи в районе земной орбиты.

4. Солнечное затмение 11 августа 2018 года

На рисунке рис. 1 представлена фотография частного солнечного затмения 11 августа 2018 года, полученная через темный светофильтр участниками Красноярской астрономической школы. Определите по фотографии величину фазы затмения в момент съемки. До или после максимума затмения был получен снимок, если в окрестностях Красноярска максимальная фаза затмения составляла 0,42? Можно ли было надеяться увидеть большую фазу затмения при перемещении наблюдателя в одном из указанных на рисунке направлений? Считать, что линии на рисунке совпадают с линиями прямого восхождения и склонения на небесной сфере.

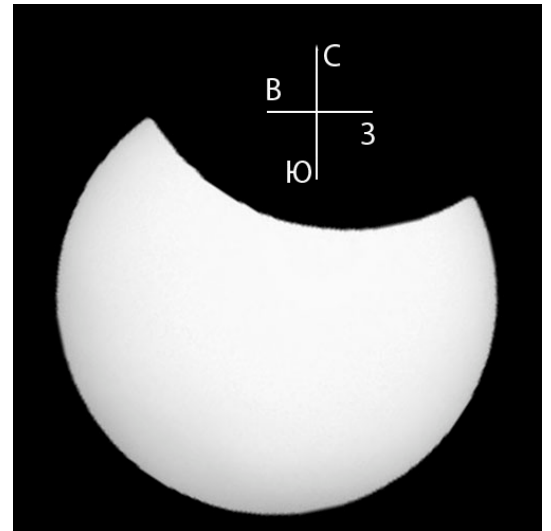


Рис. 1

5. Комета Джакобини-Циннера

Во сколько раз комета 21P Джакобини-Циннера (родоначальница метеорного потока Драконид) получает тепла от Солнца больше в перигелии, чем в афелии? Найдите период обращения этой кометы. Считать, что комета обращается по орбите с эксцентриситетом $e = 0,710$ и на среднем расстоянии 3,498 а.е. от Солнца.

6. Хвост кометы

Знаменитая комета 21P Джакобини-Циннера прошла очередной перигелий 10–11 сентября 2018 года на расстоянии 0,39 а.е. от Земли и 1,02 а.е. от Солнца. По некоторым наблюдениям длина ее хвоста в это время достигала 2° . Определите длину хвоста кометы в километрах, если ее элонгация (видимое угловое удаление от Солнца) в это время была 80° . Сравните длину хвоста кометы с расстоянием от Земли до Луны. Расстояние от Земли до Солнца принять за $1,00 \text{ а.е.} = 149,598 \cdot 10^6 \text{ км}$.

**Справочные данные,
разрешенные к использованию участниками
на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии
и подлежащие к выдаче вместе с условиями задач**

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 $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
 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 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
 Масса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 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 $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
 Постоянная Хаббла $H = 72 \text{ (км/с)/Мпк}$

Данные о Солнце

Радиус $695\,000 \text{ км}$
 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 $+4,72^m$
 Показатель цвета (B–V) $+0,67^m$
 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 $0,017$
 Тропический год $365,24219 \text{ суток}$
 Средняя орбитальная скорость $29,8 \text{ км/с}$
 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 $6378,14 \text{ км}$
 Полярный радиус $6356,77 \text{ км}$
 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
 Эксцентриситет орбиты $0,055$
 Наклон плоскости орбиты к эклиптике $5^\circ 09'$
 Сидерический (звездный) период обращения $27,321662 \text{ суток}$
 Синодический период обращения $29,530589 \text{ суток}$
 Радиус 1738 км
 Масса $7,348 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ 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 $-12,7^m$

Физические характеристики Солнца и планет

| Планета | Масса | | Радиус | | Плотность | Период вращения вокруг оси | Наклон экватора к плоскости орбиты | Геометр. альбедо | Видимая звездная величина** |
|----------|-----------------------|-------------|--------|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| | кг | массы Земли | км | радиусы Земли | | | | | |
| Солнце | $1,989 \cdot 10^{30}$ | 332946 | 695000 | 108,97 | 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 | 25,33 | 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 |

* – обратное вращение.

** – для наибольшей элонгации внутренних планет и среднего противостояния внешних планет.

Таблица 2

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 |

Таблица 3

Характеристики некоторых спутников планет

| Спутник | Масса | Радиус | Плотность | Радиус орбиты | Период обращения | Геометр. альбедо | Видимая звездная величина* |
|---------|-----------------------|--------|-----------|---------------|------------------|------------------|----------------------------|
| | | | | | | | |
| Луна | $7,348 \cdot 10^{22}$ | 1738 | 3,34 | Земля | | | |
| | | | | 384400 | 27,32166 | 0,12 | –12,7 |
| Фобос | $1,08 \cdot 10^{16}$ | ~10 | 2,0 | Марс | | | |
| | | | | 9380 | 0,31910 | 0,06 | 11,3 |
| Деймос | $1,8 \cdot 10^{15}$ | ~6 | 1,7 | 23460 | 1,26244 | 0,07 | 12,4 |
| Ио | $8,94 \cdot 10^{22}$ | 1815 | 3,55 | Юпитер | | | |
| | | | | 421800 | 1,769138 | 0,61 | 5,0 |
| | | | | 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).

Карта звездного неба

