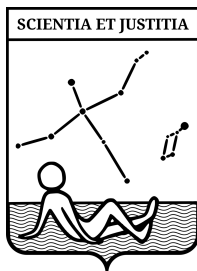


Штаб сборной команды Российской Федерации  
на Международной олимпиаде по астрономии и астрофизике



# Учебно-тренировочные сборы — *лето 2018* —

## Диагностический тест

Задания и ответы

Авторы-составители:

А. В. Веселова, И. А. Утешев, А. С. Шепелев

Замечания и вопросы на [uteshev@phystech.edu](mailto:uteshev@phystech.edu)

2018-06-29

## Инструкция

Вам предлагается решить 80 тестовых заданий различной сложности: от бесконечно простых до чуть более трудных. Каждый полный правильный ответ на любой вопрос оценивается в 1 балл, при частично верном ответе возможно присуждение «дробного» балла.

Комплект заданий не содержит вопросов «с подвохом» или таких, в которых на выбор ответа может повлиять способ его вычисления.

Ответом на каждый вопрос является один или несколько из представленных вариантов А–D, быть может, с точностью до единиц изменения или преобразования. **Необходимо выбрать все верные ответы.**

### 0. Пример

Укажите эквивалент половины звёздных суток.

A.  $0.500^d$                       B.  $12^h 58^m$                       C.  $11^h 56^m$                       D.  $718^m$

**Решение.** Продолжительность звёздных суток  $23^h 56^m 04^s$ , их половина  $23^h 56^m 04^s \div 2 = 11^h 58^m 02^s \approx 11^h 58^m = 718^m \simeq 0.4986^d \approx 0.499$  сут. Таким образом, единственный правильный ответ — D.

**Примечание.** Ответ А — в точности половина средних солнечных суток. Ответы В и С могут получаться в результате арифметических ошибок.

Закрасьте ■ клетки на листе ответов, соответствующие вашему выбору. Поменять своё решение не получится — будьте внимательны!

*Если вы считаете, что верного ответа среди предложенных вариантов нет, закрасьте все 4 клетки.*

**На выполнение заданий теста отводится 4 часа.**

### Количество задач по темам

|                        |    |                    |           |
|------------------------|----|--------------------|-----------|
| Общие знания           | 12 | Математика         | 6         |
| Небесная сфера         | 12 | Звёзды и галактики | 4         |
| Оптика и излучение     | 12 | Термодинамика      | 4         |
| Геометрия и кинематика | 8  | Частицы и поля     | 4         |
| Небесная механика      | 8  | Космология         | 4         |
| Время и календарь      | 6  | <b>Всего</b>       | <b>80</b> |

## Общие знания

### 1. Камертон

Выберите верные соотношения для резонансов.

- A. Юпитер – Сатурн, 5 : 3
- B. Юпитер – Сатурн, 5 : 2
- C. Нептун – Плутон, 3 : 2
- D. Нептун – Плутон, 4 : 3

### 2. Ниже нуля

Какие из этих звёзд являются невосходящими в средней полосе России?

- A. Дубхе
- B. Спика
- C. Мегрец
- D. Канопус

### 3. Гагарин

В каком месяце *завершился* первый космический полёт человека?

- A. Март
- B. Апрель
- C. Май
- D. Июнь

### 4. Первый ИСЗ

Как назывался первый искусственный спутник Земли?

- A. Спутник-1
- B. Союз-1
- C. Иридиум
- D. Восток-1

### 5. Времена года

В каком месяце Земля находится ближе всего к Солнцу?

- A. Январь
- B. Март
- C. Июнь
- D. Июль

### 6. Прекрасное далёко

Какой из объектов сегодня является наиболее удалённым от Земли?

- A. Умбриэль
- B. Гиперион
- C. Варда
- D. Седна

### 7. Открытие Нептуна

Какой способ обнаружения планеты использовали при открытии Нептуна?

- A. Транзитный
- B. Косвенный
- C. Прямой
- D. Доплеровский

### 8. Короткий месяц

Какой месяц из перечисленных самый короткий?

- A. Синодический
- B. Драконический
- C. Сидерический
- D. Февраль

**9. Вервольф**

Пусть  $f$  — количество пятен на Солнце,  $g$  — количество их групп.  
 Выберите верное выражение для числа Вольфа.

- A.  $f + 10g$       B.  $10f + g$       C.  $f - 10g$       D.  $10f - g$

**10. Шутка ли**

Какие фазы можно наблюдать во время гибридного солнечного затмения?

- A. Частная      B. Кольцеобразная      C. Полная      D. Новолуние

**11. Дальтоники**

Какие из перечисленных звёзд имеют не красный цвет?

- A.  $\alpha$  Lyr      B.  $\mu$  Ser      C.  $\alpha$  Aur      D.  $\alpha$  Sco

**12. Прямой подсчёт**

Укажите диапазон, в котором лежит значение выражения

$$S \cdot SB \cdot G \cdot R \cdot K,$$

где  $S$  — количество спутников всех больших планет Солнечной системы,  $SB$  — разность максимального и минимального склонения звёзд из созвездия Эридана в градусах,  $G$  — количество звёзд ярче Денеба для земного наблюдателя,  $R$  — продолжительность пребывания Солнца в созвездии Скорпиона в течение года в сутках,  $K$  — видимая площадь Галактики Андромеды в квадратных градусах.

- A.  $(2 \div 5) \cdot 10^4$       B.  $(2 \div 5) \cdot 10^5$       C.  $(2 \div 5) \cdot 10^6$       D.  $(2 \div 5) \cdot 10^7$

**Небесная сфера****13. Фаза Луны**

29 января для наблюдателя на Земле Луна оказалась в созвездии Овна.  
 Укажите её фазу.

- A. Новолуние      B. I четверть      C. Полнолуние      D. III четверть

**14. Времена года**

Наблюдатель видит полную Луну в созвездии Девы.  
 В каком месяце проводятся наблюдения?

- A. Сентябрь      B. Октябрь      C. Март      D. Апрель

### 15. Часть неба

Во сколько раз отличается количество звезд, видимых на полюсе в течение суток от количества звезд, видимых на экваторе в течение тех же суток?

- A. В 1.5 раза      B. В 90 раз      C. В 2 раза      D. Они равны

### 16. Таракан

Звезда со склонением  $+18^\circ$  наблюдается над точкой севера на  $8^\circ$  с.ш. Определите склонение звезды, находящейся в это время на том же альмукантарате над точкой юга.

- A.  $-8^\circ$       B.  $-2^\circ$       C.  $+2^\circ$       D.  $+18^\circ$

### 17. Непересекающие звёзды

Для склонения  $\delta$  всех звёзд, не пересекающих горизонт при наблюдении на широте  $\varphi$ , справедливы выражения:

- A.  $|\delta| \leq 90^\circ - |\varphi|$   
B.  $|\delta| \geq |\varphi| - 90^\circ$   
C.  $|\delta| > 90^\circ - |\varphi|$

$$D. \begin{cases} \delta > 90^\circ - \varphi, & \varphi \geq 0^\circ; \\ \delta < \varphi - 90^\circ, & \\ \delta < -90^\circ - \varphi, & \\ \delta > \varphi + 90^\circ, & \varphi < 0^\circ. \end{cases}$$

### 18. Зюйд-вест

Найдите азимут восхода Солнца 29 июня в Санкт-Петербурге (широта  $60^\circ$ ).

- A.  $138^\circ$       B.  $142^\circ$       C.  $218^\circ$       D.  $222^\circ$

### 19. Транзит звезды

За какое время Ахернар проходит через поле зрения телескопа диаметром  $1.2''$ , если его путь лежит через центр поля? Склонение Ахернара  $-57^\circ 14'$ .

- A.  $4.8^m$       B.  $8.8^m$       C.  $12.8^m$       D.  $16.8^m$

### 20. Две звезды

Наблюдатель на широте  $37^\circ$  с.ш. установил, что звезда  $A$  в верхней кульминации находится на такой же высоте, как и звезда  $B$  в нижней, причём склонение звезды  $B$  равно  $+59^\circ$ . Чему равно склонение звезды  $A$ ?

- A.  $-47^\circ$       B.  $-59^\circ$       C.  $+37^\circ$       D.  $+6^\circ$

**21. Двига́й-двига́й**

За 1000 лет координаты звезды изменились следующим образом: склонение изменилось с  $+38^\circ$  до  $+39^\circ$ , прямое восхождение изменилось с  $20^h 00^m$  до  $20^h 08^m$ . Вычислите собственное движение звезды.

- A.  $1''/\text{год}$                       B.  $7''/\text{год}$                       C.  $12''/\text{год}$                       D.  $18''/\text{год}$

**22. Странная пара**

Определите расстояние от адмиралтейства в Санкт-Петербурге ( $59.9^\circ$  с. ш.,  $30.3^\circ$  в. д.) до устья Kelani Ganga в Коломбо ( $7.0^\circ$  с. ш.,  $79.9^\circ$  в. д.).

- A.  $7.2 \cdot 10^3$  км                      B.  $8.1 \cdot 10^3$  км                      C.  $6.8 \cdot 10^3$  км                      D.  $7.6 \cdot 10^3$  км

**23. Долгий день**

Оцените продолжительность дня 21 июня в Екатеринбурге (широта  $56^\circ 50'$ ). Рефракцию и угловые размеры Солнца не учитывать.

- A.  $14.2^h$                       B.  $15.7^h$                       C.  $16.3^h$                       D.  $17.5^h$

**24. Выпуклая фигура**

Вычислите площадь сферического треугольника со сторонами  $50^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $70^\circ$ .

- A. 0.2 ср                      B. 0.5 ср                      C. 1.0 ср                      D. 2.0 ср

## Оптика и излучение

**25. Блеск двойной**

Компоненты тесной двойной системы имеют блески  $1.0^m$  и  $2.0^m$ . Вычислите суммарный блеск системы.

- A.  $3.0^m$                       B.  $0.5^m$                       C.  $0.6^m$                       D.  $1.0^m$

**26. Разрешающая способность**

Диаметр телескопа 40 см, а отношение фокусного расстоянию объектива к фокусному расстоянию окуляра  $F/f = 60$ . Какова звездная величина самых тусклых звёзд, которые можно наблюдать в этот телескоп невооружённым глазом?

- A.  $15.1^m$                       B.  $15.5^m$                       C.  $15.3^m$                       D.  $14.9^m$

**27. Очень большой телескоп**

Определить минимальный диаметр телескопа для наблюдения Солнца из галактики-спутника с расстояния 120 кпк. Поглощением пренебречь.

- A. 1 м                      B. 5 м                      C. 40 м                      D. 200 м

**28. Снайпер**

Оцените минимальный диаметр оптического телескопа, в который можно было бы увидеть десятикопеечную монету на Луне как неточечный объект. Диаметр монеты равен 1.7 см.

- A. 29 м                      B. 150 м                      C. 1 км                      D. 16 км

**29. Лампочка**

Звезда главной последовательности имеет радиус  $2R_{\odot}$  и температуру 8200 К. Оцените её светимость.

- A.  $8L_{\odot}$                       B.  $18L_{\odot}$                       C.  $28L_{\odot}$                       D.  $38L_{\odot}$

**30. Солнечная постоянная**

Чему равна солнечная постоянная на орбите Нептуна?

- A.  $1.5 \text{ Вт/м}^2$                       B.  $6.8 \cdot 10^{12} \text{ Вт/м}^2$                       C.  $3 \text{ Вт/м}^2$                       D.  $0.12 \text{ Вт/м}^2$

**31. Необычная мера**

Модуль расстояния до звезды равен  $2.26^m$ . Определите расстояние до неё.

- A. 9 пк                      B. 30 пк                      C. 80 пк                      D. 112 пк

**32. Собирающая линза**

Некоторый объект, находящийся на оптической оси собирающей линзы за фокусом, начинает двигаться по направлению к линзе. Как движется его изображение?

- A. К линзе, вдоль оси                      B. От линзы, вдоль оси                      C. Поперёк оси                      D. Недостаточно данных

**33. Веган**

Оцените длину волны, на которую приходится максимум излучения звезды с температурой  $10^4 \text{ К}$ .

- A.  $2900 \text{ \AA}$                       B.  $290 \text{ \AA}$                       C.  $0.29 \text{ мкм}$                       D.  $2.9 \text{ мкм}$

**34. Бальмер-альфа**

Определите лучевую скорость звезды, если линия  $H\alpha$  в её излучении имеет длину волны 656.8 нм.

- A. 38 км/с      B. 115 км/с      C. 230 км/с      D. 580 км/с

**35. Крупный камень**

Астероид, находящийся на расстоянии 100 тыс. км от центра Земли, имеет в полной фазе видимую звёздную величину 18.3 при альбедо 0.1. Оцените его диаметр и выберите наиболее близкое значение.

- A. 1 м      B. 10 м      C. 30 м      D. 100 м

**36. Макс Планк**

Рассчитайте разность звёздных величин абсолютно черного тела, нагретого до температуры  $T = 4500$  К, в двух узкополосных фотометрических фильтрах: центр полосы пропускания первого приходится на длину волны  $\lambda_1 = 364$  нм, а ширина полосы  $\Delta\lambda_1 = 10$  Å; для второго соответственно  $\lambda_2 = 1000$  нм,  $\Delta\lambda_2 = 30$  Å.

- A.  $1.3^m$       B.  $1.8^m$       C.  $0.8^m$       D.  $2.3^m$

## Геометрия и кинематика

**37. Летящая звезда**

Оцените собственное движение звезды, имеющей тангенциальную скорость 90 км/с и находящейся на расстоянии 5 пк.

- A.  $0.007^\circ/\text{год}$       B.  $0.8''/\text{год}$       C.  $10^{-4}$  рад/год      D.  $4''/\text{год}$

**38. Квадратура круга**

Оцените расстояние между наблюдателем на Ганиমেде и Сатурном, когда Сатурн находится в квадратуре для наблюдателя.

- A. 6 а. е.      B. 7 а. е.      C. 8 а. е.      D. 9 а. е.

**39. Омега**

Большая полуось круговой орбиты астероида равна 2.52 а. е. Чему равен синодический период астероида при наблюдении с Земли?

- A. 1.33 года      B. 0.80 года      C. 1.98 года      D. 0.46 года

#### 40. Марсианское затмение

На какое максимальное расстояние к центру Марсу должен подлететь астероид диаметром 37 км, чтобы он для наблюдателя на Марсе мог закрыть собой Солнце?

- A.  $6.2 \cdot 10^3$  км      B.  $9.9 \cdot 10^3$  км      C.  $11.4 \cdot 10^3$  км      D.  $12.6 \cdot 10^3$  км

#### 41. Старые горизонты

В каких конфигурациях зонд на Энцеладе может наблюдать Юпитер?

- A. Верхнее соединение      B. Противостояние      C. Западная квадратура      D. Восточная элонгация

#### 42. По всей видимости

На каких широтах может наблюдаться спутник на круговой орбите с радиусом 8000 км и углом наклона  $5^\circ$  к плоскости экватора?

- A.  $[-40^\circ, +40^\circ]$       B.  $[-50^\circ, +50^\circ]$       C.  $[-70^\circ, +70^\circ]$       D.  $[-85^\circ, +85^\circ]$

#### 43. Период одни сутки

Оцените горизонтальный параллакс  $\alpha$  Сеп.

- A.  $3 \cdot 10^{-5}''$       B.  $4 \cdot 10^{-2}''$       C.  $7 \cdot 10^{-8}$  рад      D.  $6 \cdot 10^{-7}$  рад

#### 44. Конфигурация

При наблюдении с Земли Меркурий оказался в восточной элонгации, а при наблюдении с Венеры — в западной. Выберите правильное выражение для расстояния между Землёй и Венерой в этот момент.

- A.  $\sqrt{a_{\oplus}^2 + a_{\odot}^2 - 2a_{\oplus}^2}$   
B.  $\sqrt{a_{\oplus}^2 - a_{\oplus}^2} + \sqrt{a_{\odot}^2 - a_{\oplus}^2}$   
C.  $\sqrt{a_{\oplus}^2 + a_{\oplus}^2} + \sqrt{a_{\odot}^2 + a_{\oplus}^2}$   
D.  $\sqrt{a_{\oplus}^2 + a_{\oplus}^2} - \sqrt{a_{\odot}^2 - a_{\oplus}^2}$

## Небесная механика

#### 45. Виток

За какое время МКС совершает один оборот вокруг Земли?

Высоту орбиты МКС принять равной 400 км.

- A. 65.3 мин      B. 59.6 мин      C. 92.3 мин      D. 84.4 мин

**46. ВКС Сатурна**

Чему равна вторая космическая скорость на гелиоцентрическом расстоянии, равным радиусу орбиты Сатурна?

- A. 7.9 км/с      B. 8.3 км/с      C. 9.6 км/с      D. 10.4 км/с

**47. Коники**

Какую форму имеет орбита объекта Солнечной системы, если на расстоянии 4 а. е. от Солнца он имеет скорость 25 км/с?

- A. Окружность      B. Эллипс      C. Парабола      D. Гипербола

**48. Щель Кирквуда**

Чему приблизительно равна большая полуось орбиты астероида, двигающегося в резонансе 2:3 с Юпитером?

- A. 3.0 а. е.      B. 3.5 а. е.      C. 4.0 а. е.      D. 4.5 а. е.

**49. Линия апсид**

Оцените эксцентриситет эллиптической орбиты астероида, если в перигелии его скорость равна 45 км/с, а в афелии 20 км/с.

- A. 0.15      B. 0.21      C. 0.38      D. 0.62

**50. Интеграл энергии**

Какая из приведённых формул соответствует интегралу энергии для гиперболической орбиты?

- A.  $\frac{v^2}{GM} = \frac{2}{r} - \frac{1}{a}$       B.  $\frac{v^2}{GM} = \frac{2}{r} + \frac{1}{a}$       C.  $\frac{v^2}{GM} = \frac{2}{r} - \frac{1}{|a|}$       D.  $\frac{v^2}{GM} = \frac{2}{r} + \frac{1}{|a|}$

**51. Аномальное движение**

Большая полуось орбиты астероида равна 2 а. е., эксцентриситет равен 0.2. Чему равно его гелиоцентрическое расстояние при истинной аномалии 60°?

- A. 1.54 а. е.      B. 1.75 а. е.      C. 2.13 а. е.      D. 2.43 а. е.

**52. Микроприливы**

Оцените приливное ускорение, создаваемое Юпитером на Земле.

- A.  $6 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$       B.  $4 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}^2$       C.  $7 \cdot 10^{-12} \text{ м/с}^2$       D.  $3 \cdot 10^{-14} \text{ м/с}^2$

## Время и календарь

### 53. Который час?

Чему равно звёздное время в истинный солнечный полдень 24 июля?

- A.  $4^{\text{h}} 12^{\text{m}}$                       B.  $4^{\text{h}} 34^{\text{m}}$                       C.  $3^{\text{h}} 57^{\text{m}}$                       D.  $4^{\text{h}} 49^{\text{m}}$

### 54. Семь дней

Каким днем недели являлось 29 января 1883 года?

- A. Суббота                      B. Воскресенье                      C. Понедельник                      D. Вторник

### 55. Чукотское время

Определите гражданское время в г. Певек в средний солнечный полдень. Долгота города  $170^{\circ} 19'$ , местный часовой пояс UT+12.

- A.  $11^{\text{h}} 45^{\text{m}}$                       B.  $12^{\text{h}} 39^{\text{m}}$                       C.  $13^{\text{h}} 23^{\text{m}}$                       D.  $13^{\text{h}} 57^{\text{m}}$

### 56. Разность долгот

В пункте с долготой  $7^{\text{h}} 28^{\text{m}}$  звезда с прямым восхождением  $5^{\text{h}} 16^{\text{m}} 41^{\text{s}}$  наблюдается в нижней кульминации. Чему равно звездное время в этот момент в пункте с долготой  $75.00^{\circ}$ ?

- A.  $14^{\text{h}} 47^{\text{m}} 19^{\text{s}}$                       B.  $02^{\text{h}} 47^{\text{m}} 19^{\text{s}}$                       C.  $14^{\text{h}} 48^{\text{m}} 41^{\text{s}}$                       D.  $02^{\text{h}} 48^{\text{m}} 41^{\text{s}}$

### 57. Время-время

Астроном *A* расположился на долготе  $33^{\circ}$  в.д. в городе, находящемся в часовом поясе UT+3, а астроном *B* — в городе, где среднее солнечное время отстаёт на  $8^{\text{h}} 17^{\text{m}}$  от среднего солнечного времени астронома *A*. Во сколько по гражданскому времени у *B* наступает средняя полночь, если астроном *B* находится в соответствующем его долготе часовом поясе?

- A. 01:05                      B. 23:55                      C. 00:05                      D. 00:10

### 58. Вокруг света за *N* дней

Пароход вышел из Сан-Франциско 1 августа в 12:00 и прибыл во Владивосток тоже в 12:00 18 августа. Сколько полных суток длился этот рейс?

- A. 16                      B. 17                      C. 18                      D. 19

# Математика

## 59. Вершина творения

Найдите минимум функции  $y(x) = (3x + 8)x - 2(x - 7)$ .

- A.  $-11$                       B.  $1$                       C.  $11$                       D.  $21$

## 60. Триангуляция

Укажите величину наименьшего угла в треугольнике со сторонами 7, 8 и 10.

- A.  $34$                       B.  $44$                       C.  $54$                       D.  $64$

## 61. Овсянка, сэр!

Некоторый астероид в Солнечной системе имеет орбиту с большой полуосью

$$\left( \int_0^{+\infty} \frac{x}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \right) \text{ млн км и эксцентриситетом } \begin{vmatrix} e-2 & 0 & 0 \\ 799.90 & e-2 & 357 \\ 495.6 & 0 & e-2 \end{vmatrix}.$$

Определите его перицентрическое расстояние.

- A.  $1.7 \cdot 10^{-3}$  а. е.    B.  $6.7 \cdot 10^{-3}$  а. е.    C.  $9.2$  а. е.                      D.  $12.6$  а. е.

## 62. Банахова рубаша

Укажите неподвижные точки преобразования  $x \mapsto \cos x$ .

- A.  $-0.86$                       B.  $0.00$                       C.  $0.74$                       D.  $0.92$

## 63. Компланарность

Выберите, какие из перечисленных векторов лежат в плоскости

$$\mathcal{L}: \left\langle \begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \right\rangle.$$

- A.  $(-2 \ 0 \ 12)^T$     B.  $(-3 \ 8 \ -18)^T$     C.  $(5 \ 7 \ 0)^T$                       D.  $(0 \ 0 \ 0)^T$

## 64. Черное и белое

На шахматную доску случайным образом поставлены две ладьи.

Какова вероятность, что они не будут бить одна другую?

- A.  $\frac{1}{8}$                       B.  $\frac{7}{8}$                       C.  $\frac{7}{9}$                       D.  $\frac{11}{12}$

## Звёзды и галактики

### 65. Ветхий завет

Продолжительность жизни звёзд класса A0V составляет порядка

- A. 0.2 млрд лет    B. 1 млрд лет    C. 10 млрд лет    D. 20 млрд лет

### 66. Перепись населения

Какие из перечисленных объектов относятся к I типу населения Галактики?

- A. Шаровые звёздные скопления  
B. Звёзды типа W Девы  
C. Голубые сверхгиганты  
D. Классические цефеиды

### 67. Снять мерки

Выберите правильные оценки параметров Галактики.

- A. Радиус солнечной орбиты  $R_0 = 8$  кпк  
B. Масса Галактики  $M_{MW} = 2 \cdot 10^{14} M_{\odot}$   
C. Скорость вращения Солнца  $V_{\text{rot}, \odot} = 150$  км/с  
D. Масса центральной чёрной дыры  $M_{\text{Sgr A}^*} = 4 \cdot 10^6 M_{\odot}$

### 68. Фабер – Джексон

Оцените отношение светимостей эллиптических галактик, если дисперсии их скоростей относятся как 1.2.

- A. 1.2                      B. 1.4                      C. 2.1                      D. 3.4

## Термодинамика

### 69. Холодная атмосфера

Оцените тепловую скорость атома водорода в атмосфере коричневого карлика с температурой 1200 К.

- A. 5.5 км/с              B. 10.2 км/с              C. 21.1 км/с              D. 31.7 км/с

### 70. Полезное действие

Тепловой двигатель с КПД 50% за один цикл отдает холодильнику 12 кДж теплоты. Какая работа совершается за один цикл?

- A. 4 кДж              B. 6 кДж              C. 12 кДж              D. 24 кДж

**71. Средняя масса**

Оцените среднюю молярную массу вещества в центре Солнца.

- A. 0.3 г/моль      B. 0.6 г/моль      C. 1.0 г/моль      D. 2.0 г/моль

**72. Пускайте газ!**

Взято по 10 г гелия, неона и аргона при одинаковой температуре.

У какого газа внутренняя энергия самая большая?

- A. He      B. Ne      C. Ar      D. Энергии одинаковы

**Частицы и поля****73. Лайман-альфа**

Какие из указанных длин волн соответствуют линиям серии Лаймана?

- A. 911.5 Å      B. 364.6 нм      C. 656.3 нм      D. 1216 Å

**74. Прямая реакция**

Укажите возможные реакции.

- A.  $n \rightarrow pe$       B.  $\mu \rightarrow e\nu_\mu\nu_e$       C.  $pe \rightarrow n\nu_e$       D.  $\nu_e \rightarrow \nu_e$

**75. Дрейфуем**

За какое время протон от солнечной вспышки с энергией 2 ГэВ достигает Земли?

- A. 241 с      B. 499 с      C. 576 с      D. 998 с

**76. Дырки**

Концентрация свободных носителей заряда в полупроводнике зависит от температуры по закону

$$n(T) = n_0 \exp\left(\frac{kT}{E}\right),$$

где  $E$  — ширина запрещённой зоны. Для кремния  $E \simeq 1.1$  эВ. Определите изменение сопротивления кремниевого элемента при изменении температуры от 20 °C до 80 °C.

- A. +2.0 %      B. -0.5 %      C. +0.5 %      D. -10 %

## Космология

### 77. Красное смещение

Оцените расстояние от Млечного Пути до галактики с  $z = 0.02$ .

- A. 73 Мпк                      B. 88 Мпк                      C. 108 Мпк                      D. 113 Мпк

### 78. Горит

В какую эпоху температура реликтового излучения равнялась температуре воспламенения бумаги по Бредбери ( $451^\circ\text{F} = 232^\circ\text{C}$ ).

- A.  $z \approx 0.1$                       B.  $z \approx 3$                       C.  $z \approx 10$                       D.  $z \approx 200$

### 79. Откуда она там взялась?

Найдите угловой радиус кольца Эйнштейна для ЧД солнечной массы, наблюдаемой с расстояния 10 пк. Источник находится достаточно далеко.

- A.  $0.058''$                       B.  $1.4 \cdot 10^{-7}$  рад                      C.  $1'$                       D. 29 mas

### 80. Без лишних вопросов

Правильный ответ — D.

- A. D                      B. D                      C. D                      D. A

# Справочные данные

## Основные физические и астрономические постоянные

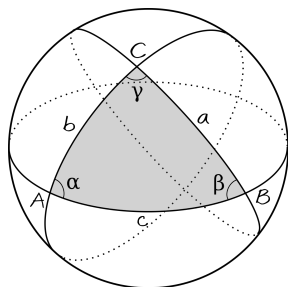
|                                                    |                                                                             |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Гравитационная постоянная $G$                      | $6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ |
| Электрическая постоянная $\epsilon_0$              | $8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$                                          |
| Скорость света в вакууме $c$                       | $2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$                                              |
| Постоянная Больцмана $k$                           | $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$                                          |
| Универсальная газовая постоянная $\mathfrak{R}$    | $8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$                                    |
| Постоянная Стефана – Больцмана $\sigma$            | $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$     |
| Постоянная Планка $h$                              | $6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$                            |
| Масса протона $m_p$                                | $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$                                            |
| Масса электрона $m_e$                              | $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$                                            |
| Элементарный электрический заряд $e$               | $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$                                           |
| Янский 1 Ян                                        | $10^{-26} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц)}$                                 |
| Астрономическая единица 1 а.е.                     | $1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$                                             |
| Парсек 1 пк                                        | $206265 \text{ а.е.}$                                                       |
| Постоянная Хаббла $H_0$                            | $68 \text{ (км/с)/Мпк}$                                                     |
| Светимость Солнца $L_\odot$                        | $3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$                                             |
| Видимая звёздная величина Солнца $m_\odot$         | $-26.8^{\text{м}}$                                                          |
| Абсолютная звёздная величина Солнца $M_\odot$      | $+4.72^{\text{м}}$                                                          |
| Показатель цвета $(B - V)_\odot$                   | $+0.67^{\text{м}}$                                                          |
| Эффективная температура Солнца $T_\odot$           | $5800 \text{ К}$                                                            |
| Солнечная постоянная $E_\odot$                     | $1360 \text{ Вт/м}^2$                                                       |
| Наклон экватора Земли к эклиптике $\varepsilon$    | $23.44^\circ$                                                               |
| Сидерический год                                   | $365.2564 \text{ сут.}$                                                     |
| Тропический год                                    | $365.2422 \text{ сут.}$                                                     |
| Звёздные сутки                                     | $23^{\text{ч}} 56^{\text{м}} 04^{\text{с}}$                                 |
| Большая полуось орбиты Луны $a_\zeta$              | $384400 \text{ км}$                                                         |
| Средний эксцентриситет орбиты Луны $e_\zeta$       | $0.055$                                                                     |
| Наклон плоскости орбиты Луны к эклиптике $i_\zeta$ | $5.15^\circ$                                                                |
| Сидерический месяц                                 | $27.3217 \text{ сут.}$                                                      |
| Синодический месяц                                 | $29.5306 \text{ сут.}$                                                      |
| Радиус Луны $R_\zeta$                              | $1738 \text{ км}$                                                           |
| Масса Луны $\mathfrak{M}_\zeta$                    | $\mathfrak{M}_\oplus/81.3$                                                  |
| Визуальное геометрическое альbedo $\alpha_\zeta$   | $0.12$                                                                      |
| Видимая звёздная величина в полнолуние $m_\zeta$   | $-12.7^{\text{м}}$                                                          |

### Физические характеристики Солнца и больших планет

| Планета  | Масса, кг             | Радиус, км | Период вращения вокруг оси | Наклон экватора к плоскости орбиты, ° | Альбедо |
|----------|-----------------------|------------|----------------------------|---------------------------------------|---------|
| Солнце   | $1.989 \cdot 10^{30}$ | 697000     | 25.380 сут.                | 7.25                                  |         |
| Меркурий | $3.302 \cdot 10^{23}$ | 2440       | 58.646 сут.                | 0.00                                  | 0.10    |
| Венера   | $4.869 \cdot 10^{24}$ | 6052       | 243.019 сут.               | 177.36                                | 0.65    |
| Земля    | $5.974 \cdot 10^{24}$ | 6378       | 23.934 ч                   | 23.44                                 | 0.37    |
| Марс     | $6.419 \cdot 10^{23}$ | 3397       | 24.623 ч                   | 25.19                                 | 0.15    |
| Юпитер   | $1.899 \cdot 10^{27}$ | 71492      | 9.924 ч                    | 3.13                                  | 0.52    |
| Сатурн   | $5.685 \cdot 10^{26}$ | 60268      | 10.656 ч                   | 25.33                                 | 0.47    |
| Уран     | $8.683 \cdot 10^{25}$ | 25559      | 17.24 ч                    | 97.86                                 | 0.51    |
| Нептун   | $1.024 \cdot 10^{26}$ | 24746      | 16.11 ч                    | 28.31                                 | 0.41    |

### Параметры орбит больших планет

| Планета  | Большая полуось, а.е. | Эксцентриситет | Наклон к плоскости эклиптики, ° | Период обращения |
|----------|-----------------------|----------------|---------------------------------|------------------|
| Меркурий | 0.3871                | 0.2056         | 7.004                           | 87.97 сут.       |
| Венера   | 0.7233                | 0.0068         | 3.394                           | 224.70 сут.      |
| Земля    | 1.0000                | 0.0167         | 0.000                           | 365.26 сут.      |
| Марс     | 1.5237                | 0.0934         | 1.850                           | 686.98 сут.      |
| Юпитер   | 5.2028                | 0.0483         | 1.308                           | 11.862 лет       |
| Сатурн   | 9.5388                | 0.0560         | 2.488                           | 29.458 лет       |
| Уран     | 19.1914               | 0.0461         | 0.774                           | 84.01 лет        |
| Нептун   | 30.0611               | 0.0097         | 1.774                           | 164.79 лет       |



### Формулы сферической тригонометрии

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C};$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A;$$

$$\sin a \cos C = \sin b \cos c - \cos b \sin c \cos A.$$

---

## Ответы

|          |        |        |        |
|----------|--------|--------|--------|
| 1. BC    | 21. B  | 41. AD | 61. A  |
| 2. D     | 22. A  | 42. A  | 62. C  |
| 3. B     | 23. D  | 43. A  | 63. BD |
| 4. A     | 24. B  | 44. B  | 64. C  |
| 5. A     | 25. C  | 45. D  | 65. B  |
| 6. D     | 26. D  | 46. D  | 66. CD |
| 7. B     | 27. C  | 47. D  | 67. AD |
| 8. B     | 28. D  | 48. C  | 68. C  |
| 9. A     | 29. B  | 49. C  | 69. A  |
| 10. ABCD | 30. A  | 50. AD | 70. C  |
| 11. AC   | 31. B  | 51. B  | 71. B  |
| 12. C    | 32. B  | 52. C  | 72. A  |
| 13. B    | 33. AC | 53. A  | 73. AD |
| 14. CD   | 34. C  | 54. C  | 74. C  |
| 15. C    | 35. A  | 55. B  | 75. C  |
| 16. B    | 36. B  | 56. C  | 76. B  |
| 17. CD   | 37. D  | 57. C  | 77. B  |
| 18. C    | 38. C  | 58. A  | 78. D  |
| 19. B    | 39. A  | 59. C  | 79. BD |
| 20. A    | 40. B  | 60. B  | 80. D  |