



XXVII Международная астрономическая олимпиада

XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 – 14.XI. 2023

Beijing, China

язык
language

Русский

Только для перевода.

Задачи теоретического тура

Напоминание. Большинство задач составлены таким образом, что при написании решений от участника требуется минимальное использование какого-либо языка. Таким образом, допускается минимум текстов в решениях задач (ни на родном языке, ни на одном из официальных языков IAO). Уделяйте больше внимания формулам, рисункам и графикам. Разрешается употреблять несколько ключевых слов на английском языке (например, "Yes", "No", "Assume", "Answer", "Average", "Minimum", "Maximum", "Impossible situation" и т.д.), а также термины, содержащиеся в прилагаемых таблицах, и названия объектов.

- 1(αγ).** Крабовидная туманность. Каков сейчас реальный физический диаметр (в км и астрономических единицах) Крабовидной туманности? Крабовидная туманность – остатки сверхновой, вспышку которой на Земле зафиксировали 4 июля 1054 года. Она расположена в созвездии Тельца и в настоящее время её видимый угловой размер составляет около 5'.
- 2(αγ).** Космический аппарат. Искусственный спутник Земли или космическая станция обращается по круговой орбите на высоте 320 км и, как правило, хорошо виден при пролёте над местностью. В некоторый день из-за плохих условий наблюдения (смог или небольшой туман) аппарат был виден невооружённым глазом всего 1 минуте 50 секунд, причём в зените его звёздная величина составила 1,5^m. Какой была бы видимая звёздная величина аппарата в этой же местности в максимально благоприятных условиях.
- 3(αβγ).** Межзвёздное путешествие. В ближайшем будущем люди посылают огромный космический корабль к планете в системе Альфа Центавра, пытаясь посетить инопланетян, проживающих на этой планете. У инопланетян голубая кожа и размеры любых органов, примерно как у людей. Наблюдая за небом, они замечают, что космический корабль движется к ним по прямой линии с постоянной скоростью 0,152°с.
- Для разгона и торможения корабль оснащён двумя мощными двигателями, каждый из которых вырабатывает конический пучок фотонов. Угол раствора конуса составляет 4,96 градуса. Выходная мощность одного двигателя равна $P = 2,25 \cdot 10^{17}$ Вт, из которых 9,92% приходится на видимый свет.
- 3.1.** На каком расстоянии тормозящий корабль сравнится по яркости с Солнцем для наблюдателей-центаврян?
- 3.2.** Смогут ли при этом инопланетяне визуально различить на своём небе корабль и Солнце? Запишите ваши расчёты и ответьте (по-английски) "Yes" или "No".

Дополнительные данные об α Cen:

Собственное движение (R.A.)	Собственное движение (DEC)	Лучевая скорость
-3,614"/год	+0,803"/год	-22,4 км/с

- 4(αβγ).** Гибридное затмение. Гибридным называется такое солнечное затмение, которое в одних местах на Земле видно как кольцеобразное, а в других – как полное. 20 апреля этого года наблюдалось одно из таких затмений. Его полоса прошла через Индийский океан, Австралию, Восточный Тимор, Индонезию и Тихий океан. На отдельном листе приведена карта-схема полосы затмения (масштабы не соблюдены). Звёздочками отмечены: 1 – приблизительная точка перехода от кольцеобразного затмения к полному, высота Солнца над горизонтом в это время составляла 10°, 2 – точка наблюдения затмения с максимальной фазой, высота Солнца над горизонтом – 67°, 3 – приблизительная точка перехода от полного затмения к кольцеобразному, высота Солнца над горизонтом – 10°. Вычислите максимальную ширину полосы полной фазы затмения.
- 5(αβγ).** Метеоры. Двое наблюдателей метеорного потока Леониды, начало которого приходится примерно на сегодняшнюю дату, визуально наблюдают метеоры в одной и той же области неба. За первые два часа наблюдений один из них заметил 28 метеоров, второй – 38, причём 18 из этих метеоров были замечены обоими наблюдателями. Все метеоры были примерно одной яркости.

- 5.1. Каково наиболее вероятное общее число метеоров, появившихся за время наблюдений на данном участке неба?
- 5.2. Решение сопроводите художественным рисунком ситуации, при которой в конце данных наблюдений к наблюдателям внезапно присоединился бурый медведь-астроном.

6(βγ). **Сфера Дайсона.** Далёкое будущее. Земляне построили сферу Дайсона. Её размер таков, что, что температурные условия для её жителей аналогичны нынешним наиболее благоприятным климатическим условиям на Земле. Для строительства использовали материал планеты Земля. Построенная сфера не вращается.

- 6.1. Найдите радиус этой сферы Дайсона R_D .
- 6.2. Найдите получившуюся толщину сферы Дайсона d_D .
- 6.3. Найдите ускорение свободного падения на сфере Дайсона g_D . С ускорением свободного падения на какой планете или объекте Солнечной системы можно сравнить это ускорение?
- 6.4. Для того, чтобы у жителей внутренней стороны сферы сменялись бы светлое и тёмное время суток с привычной для нас периодичностью, внутри сферы Дайсона вокруг Солнца была создана непрозрачная полусфера, вращающаяся вокруг Солнца. (Пояснение для понимания, как вращается полусфера: её вращение можно сравнить с вращением поверхности восточного полушария Земли вокруг оси вращения Земли). Вычислите, каков должен быть радиус этой полусферы R_F , чтобы она могла обращаться вокруг Солнца только за счёт гравитационного взаимодействия с ним.
- 6.5. Климатические условия на каких планетах значительно изменятся после строительства сферы Дайсона?
- 6.6. Климатические условия на каких планетах после строительства сферы Дайсона изменятся, но незначительно?

В п. 8.3, 8.5, 8.6. напишите название или категорию объекта латиницей или по-английски.

7(βγ). **Гравитационные волны и космология.** В плоской Вселенной свет распространяется в течение интервала времени Δt , удовлетворяющего $c\Delta t = a(t)\Delta r$, где c – скорость света, Δr – сопутствующее расстояние, пройденное светом, и $a(t)$ – масштабный фактор в момент времени t . В расширяющейся вселенной $a(t)$ увеличивается со временем.

- 7.1. Для плоской вселенной с космологической постоянной Λ справедливы следующие соотношения для $a(t)$ (для краткости некоторые константы опущены):

$$a(t) \propto \begin{cases} \{\cosh[(3\Lambda)^{1/2}t] - 1\}^{1/3}, & \Lambda > 0 \\ \{1 - \cos[(-3\Lambda)^{1/2}t]\}^{1/3}, & \Lambda < 0. \end{cases}$$

Нарисуйте схематически, как $a(t)$ изменяется со временем и

определите, как эволюционирует наша Вселенная, рассмотрев такие варианты: (А) Расширение; (В) Сжатие; (С) Расширение, за которым следует сжатие; (D) Сжатие, за которым следует расширение.

- 7.2. Известно, что сопутствующее расстояние r между источником излучения и наблюдателем остается постоянным. If the radiation is emitted at time t_e Если излучение происходит в момент времени t_e и принимается в момент времени t_o , выведите для него формулу космологического красного смещения z , выражающую z через $a(t_e)$ и $a(t_o)$ (в виде $z = \dots$). Если светимость источника равна L , а освещённость от него равна F , то из соотношения $F \equiv \frac{L}{4\pi d_L^2}$ определяется так называемое фотометрическое расстояние d_L .

Для момента t_o выражающую формулу, выражающую d_L через $a(t)$, z и r ($d_L = \dots$).

- 7.3. На определенной стадии слияния тесных двойных систем частота гравитационной волны увеличивается со временем. Наблюдаемый параметр с размерностью массы может быть определён как $\mathcal{M} \propto f^{-11/5} \dot{f}^{3/5}$, где f – частота, а $\dot{f} = \Delta f / \Delta t$ – скорость изменения. Учитывая амплитуду h гравитационной волны, её расстояние до нас может быть рассчитано как $d \propto \frac{\mathcal{M}}{h} (\mathcal{M} f)^{2/3}$.

С помощью необходимых формул и расчётов определите, является это расстояние сопутствующим (comoving distance) или фотометрическим (luminosity distance).

- 5.1. Каково наиболее вероятное общее число метеоров, появившихся за время наблюдений на данном участке неба?
- 5.2. Решение сопроводите художественным рисунком ситуации, при которой в конце данных наблюдений к наблюдателям внезапно присоединился бурый медведь-астроном.

6(βγ). **Сфера Дайсона.** Далёкое будущее. Земляне построили сферу Дайсона. Её размер таков, что, что температурные условия для её жителей аналогичны нынешним наиболее благоприятным климатическим условиям на Земле. Для строительства использовали материал планеты Земля. Построенная сфера не вращается.

- 6.1. Найдите радиус этой сферы Дайсона R_D .
- 6.2. Найдите получившуюся толщину сферы Дайсона d_D .
- 6.3. Найдите ускорение свободного падения на сфере Дайсона g_D . С ускорением свободного падения на какой планете или объекте Солнечной системы можно сравнить это ускорение?
- 6.4. Для того, чтобы у жителей внутренней стороны сферы сменялись бы светлое и тёмное время суток с привычной для нас периодичностью, внутри сферы Дайсона вокруг Солнца была создана непрозрачная полусфера, вращающаяся вокруг Солнца. (Пояснение для понимания, как вращается полусфера: её вращение можно сравнить с вращением поверхности восточного полушария Земли вокруг оси вращения Земли). Вычислите, каков должен быть радиус этой полусферы R_F , чтобы она могла обращаться вокруг Солнца только за счёт гравитационного взаимодействия с ним.
- 6.5. Климатические условия на каких планетах значительно изменятся после строительства сферы Дайсона?
- 6.6. Климатические условия на каких планетах после строительства сферы Дайсона изменятся, но незначительно?

В п. 8.3, 8.5, 8.6. напишите название или категорию объекта латиницей или по-английски.

7(βγ). **Гравитационные волны и космология.** В плоской Вселенной свет распространяется в течение интервала времени Δt , удовлетворяющего $c\Delta t = a(t)\Delta r$, где c – скорость света, Δr – сопутствующее расстояние, пройденное светом, и $a(t)$ – масштабный фактор в момент времени t . В расширяющейся вселенной $a(t)$ увеличивается со временем.

- 7.1. Для плоской вселенной с космологической постоянной Λ справедливы следующие соотношения для $a(t)$ (для краткости некоторые константы опущены):

$$a(t) \propto \begin{cases} \{\cosh[(3\Lambda)^{1/2}t] - 1\}^{1/3}, & \Lambda > 0 \\ \{1 - \cos[(-3\Lambda)^{1/2}t]\}^{1/3}, & \Lambda < 0. \end{cases}$$

Нарисуйте схематически, как $a(t)$ изменяется со временем и

определите, как эволюционирует наша Вселенная, рассмотрев такие варианты: (А) Расширение; (В) Сжатие; (С) Расширение, за которым следует сжатие; (D) Сжатие, за которым следует расширение.

- 7.2. Известно, что сопутствующее расстояние r между источником излучения и наблюдателем остается постоянным. If the radiation is emitted at time Если излучение происходит в момент времени t_e и принимается в момент времени t_o , выведите для него формулу космологического красного смещения z , выражающую z через $a(t_e)$ и $a(t_o)$ (в виде $z = \dots$). Если светимость источника равна L , а освещённость от него равна F , то из соотношения $F \equiv \frac{L}{4\pi d_L^2}$ определяется так называемое фотометрическое расстояние d_L .

Для момента t_o выражающую формулу, выражающую d_L через $a(t)$, z и r ($d_L = \dots$).

- 7.3. На определённой стадии слияния тесных двойных систем частота гравитационной волны увеличивается со временем. Наблюдаемый параметр с размерностью массы может быть определён как $\mathcal{M} \propto f^{-11/5} \dot{f}^{3/5}$, где f – частота, а $\dot{f} = \Delta f / \Delta t$ – скорость изменения. Учитывая амплитуду h гравитационной волны, её расстояние до нас может быть рассчитано как $d \propto \frac{\mathcal{M}}{h} (\mathcal{M} f)^{2/3}$.

С помощью необходимых формул и расчётов определите, является это расстояние сопутствующим (comoving distance) или фотометрическим (luminosity distance).



XXVII Международная астрономическая олимпиада

XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 – 14.XI. 2023

Beijing, China

Язык
language

English

For translation only.

Theoretical round. Problems to solve

Reminding. Most of the problems are compiled in such a way that when writing solutions, minimal use of any language is required from the participant. So minimum texts is allowed in solutions of the problems (neither in the native language, nor in one of the official languages of the IAO). Pay more attention to formulas, drawings and graphs. It is permitted to write a few keywords in English (for example, "Yes", "No", "Assume", "Answer", "Average", "Minimum", "Maximum", "Impossible situation", etc.), as well as terms contained in the accompanying tables and names of objects.

- 1($\alpha\gamma$).** **Crab nebula.** What is the actual physical diameter (in km and astronomical units) of the Crab Nebula right now? The crab nebula is the remnants of a supernova, the outbreak of which was recorded on Earth on July 4, 1054. It is located in the constellation of Taurus and currently its apparent angular size is about 5'.
- 2($\alpha\gamma$).** **Space apparatus.** An artificial Earth satellite or space station orbits in a circular orbit at an altitude of 320 km and, as a rule, is clearly visible when passing over the location. On one day, due to poor observation conditions (smog or a small fog), the apparatus was visible to the naked eye for only 1 minute 50 seconds, and at the zenith its magnitude was 1.5^m. What would be the apparent magnitude of the apparatus in the same location under the most favorable conditions.
- 3($\alpha\beta\gamma$).** **Interstellar Travel.** In the near future, humans will send a massive space ship towards a planet in the Alpha Centauri system, trying to visit the aliens residing on this planet. The aliens have blue skin and all their organs are similar in size to those of humans. When they observe the sky, they notice that the space ship travel towards them in a straight line with a constant speed of 0.152 c.
- For acceleration and deceleration, the ship is equipped with two powerful engines, each of which produces a conic beam of pure photons. The cone angle of the beam is 4.96 degrees. The power output of an engine is $P = 2.25 \cdot 10^{17}$ W, of which 9.92% is visible light.
- 3.1.** Observed by the Centaurians, at what distance is the decelerating ship as bright as the Sun?
- 3.2.** Herein, will the aliens be able to visually distinguish the ship and the Sun in their sky? Write down your calculations and answer (in English) with "Yes" or "No".

Additional data about α Cen:

Proper motion (R.A.)	Proper motion (DEC)	Radial velocity
-3.614"/yr	+0.803"/yr	-22.4 km/s

- 4($\alpha\beta\gamma$).** **Hybrid eclipse.** A hybrid eclipse is a solar eclipse that in some places on Earth is seen as annular, and in some others as total. On April 20 this year one of these eclipses was observed. Its band passed through the Indian Ocean, Australia, East Timor, Indonesia and the Pacific Ocean. A separate sheet shows a map-scheme of the path of the eclipse (not to scale). The asterisks are marked: 1 – the approximate transition point from annular eclipse to total, the altitude of the Sun above the horizon at that time was 10°, 2 – the observation point of the eclipse with the maximum phase, the altitude of the Sun was 67°, and 3 – the approximate transition point from total eclipse to an annular, the altitude of the Sun was 10°. Calculate the maximum width of the path of the totality.
- 5($\alpha\beta\gamma$).** **Meteors.** Two observers of the Leonid meteor shower, the beginning of which falls approximately on today's date, visually observe meteors in the same area of the sky. During the first two hours of

observations, one of them noticed 28 meteors and the other one noticed 38, and 18 of these meteors were noticed by both observers. All the meteors were about the same brightness.

- 5.1. What is the most probable total number of meteors that appeared during the observations in this area of the sky?
- 5.2. Accompany the solution with an artistic picture of the situation, in which the brown bear-astronomer suddenly joined the observers at the end of these observations.

6(βγ). **Dyson sphere.** The distant future. The Earthlings built a Dyson sphere. Its size is such that the temperature conditions for its inhabitants are similar to the current most favorable climatic conditions on Earth. The material of the planet Earth was used for its construction. The constructed sphere does not rotate.

- 6.1. Find the radius of this Dyson sphere R_D .
- 6.2. Find the resulting thickness of the Dyson sphere d_D .
- 6.3. Find the acceleration of gravity on the Dyson sphere g_D . With the acceleration of gravity on which planet or object of the Solar system can this acceleration be compared?
- 6.4. In order for the inhabitants of the inner side of the sphere to change the light and dark time of day with the frequency familiar to us, an opaque hemisphere rotating around the Sun was created inside the Dyson sphere around the Sun. (Explanation for understanding how the hemisphere rotates: its rotation can be compared with the rotation of the surface of the eastern hemisphere of the Earth around the axis of rotation of the Earth). Calculate what the radius R_F of this hemisphere should be so that it can revolve around the Sun only due to gravitational interaction with it.
- 6.5. Which planets' climatic conditions will change significantly after the construction of the Dyson sphere?
- 6.6. Which planets' climatic conditions will change, but only slightly, after the construction of the Dyson sphere?

Note: In paragraphs 8.3, 8.5, 8.6. write the name or category of the object in Latin or English.

7(βγ). **Gravitational waves and cosmology.** In a flat universe, the light travels within a time interval Δt satisfies $c\Delta t = a(t)\Delta r$, where c is the speed of light, Δr is the comoving distance the light traveled, and $a(t)$ is the scale factor at time t . $a(t)$ increases with time in an expanding universe.

- 7.1. Considering a flat universe with cosmological constant Λ , $a(t)$ satisfies the following relationships (some constants are omitted for brevity):

$$a(t) \propto \begin{cases} \{\cosh[(3\Lambda)^{1/2}t] - 1\}^{1/3}, & \Lambda > 0 \\ \{1 - \cosh[(-3\Lambda)^{1/2}t]\}^{1/3}, & \Lambda < 0. \end{cases}$$

Draw a schematic diagram of the evolution of $a(t)$ with time and

determine how our universe evolves from the following options: (A) Expansion; (B) Contraction; (C) Expansion followed by contraction; (D) Contraction followed by expansion.

- 7.2. It is known that the comoving distance r between a radiation source and an observer remains constant. If the radiation is emitted at time t_e and received at time t_o , derive its cosmological redshift z in form of $a(t_e)$ and $a(t_o)$. Considering the luminosity of the source is L and its brightness is F , the luminosity distance d_L is then defined from $F \equiv \frac{L}{4\pi d_L^2}$.

Derive d_L at t_o in the form of $a(t)$, z and r .

- 7.3. The gravitational wave in a certain phase of compact binary mergers have a frequency which is increasing over time. An observable parameter with the dimensionality of mass can be defined as $\mathcal{M} \propto f^{-11/5} \dot{f}^{3/5}$, where f is the frequency and $\dot{f} = \Delta f / \Delta t$ is the rate of change. Considering the amplitude h of gravitational wave, its distance to us can be calculated as $d \propto \frac{\mathcal{M}}{h} (\mathcal{M} f)^{2/3}$.

Determine whether this is comoving distance or luminosity distance with necessary formulae and calculations.



XXVII Международная астрономическая олимпиада
XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 – 14.XI. 2023

Beijing, China

язык	<u>Русский</u>
language	
язык	<u>English</u>
language	

**Элементы орбит и физические характеристики Солнца, планет,
некоторых карликовых планет и Луны**

**Parameters of orbits and physical characteristics of Sun, planets,
some dwarf planets and Moon**

Небесное тело, планета	Среднее расстояние от центрального тела		Сидерический период обращения		Экс- цен- триси- тет, e	Эквато- риальн. диаметр км	Масса 10^{24} кг	Сред- няя плот- ность ³ г/см ³	Ускор. своб. пад. у пов. ² м/с ²	Макс. блеск, вид. с Земли (**)	Аль- bedo
	в астр. ед.	в млн. км	в тропич. годах	в средних сутках							
Body, planet	Average distance to central body		Sidereal (or analogous) period		Ec- centri- city e	Equat. diameter km	Mass 10^{24} kg	Av. den- sity ³ g/cm ³	Grav. acceler. at surf. m/s ²	Max. magn. from Earth (**)	Al- bedo
	in astr. units	in mln. km	in tropical years	in days							
Солнце Sun	$1,65 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$2,3 \cdot 10^8$	$8,4 \cdot 10^{10}$		1392000	1989000	1,409		-26,8 ^m	
Меркурий Mercury	0,387	57,9	0,241	87,969	0,206	4 879	0,3302	5,43	3,70	-2,2 ^m	0,06
Венера Venus	0,723	108,2	0,615	224,701	0,007	12 104	4,8690	5,24	8,87	-4,7 ^m	0,78
Земля Earth	1,000	149,6	1,000	365,256	0,017	12 756	5,9742	5,515	9,81		0,36
Луна Moon	0,00257	0,38440	0,0748	27,3217	0,055	3 475	0,0735	3,34	1,62	-12,7 ^m	0,07
Марс Mars	1,524	227,9	1,880	686,980	0,093	6 794	0,6419	3,94	3,71	-2,0 ^m	0,15
Церера Ceres	2,77	414	4,60	1 681	0,077	963	0,0009	2,16	0,27	6,7 ^m	0,09
Юпитер Jupiter	5,204	778,6	11,862	4 332,59	0,048	142 984	1899,8	1,33	24,86	-2,7 ^m	0,66
Сатурн Saturn	9,584	1433,7	29,458	10 759,20	0,054	120 536	568,50	0,70	10,41	0,7 ^m	0,68
Уран Uranus	19,191	2871,0	84,015	30 685,93	0,046	51 118	86,625	1,30	8,44	5,5 ^m	0,74
Нептун Neptune	30,071	4498,6	164,778	60 187,64	0,008	49 532	102,78	1,76	11,20	7,8 ^m	0,58
Плутон Pluto	39,482	5906,4	248,09	90 613	0,249	2 374	0,0130	1,86	0,61	15,1 ^m	0,6

**) Для внешних планет и Луны – в среднем противостоянии.
**) For outer planets and Moon – in mean opposition.



Map 4.



XXVII Международная астрономическая олимпиада
XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

6 - 14.XI. 2023

Beijing, China

язык	<u>Русский</u>
language	
язык	<u>English</u>
language	

Некоторые константы и формулы

Some constants and formulae

Скорость света в вакууме, c (м/с)	299 792 458	Speed of light in vacuum, c (m/s)
Гравитационная постоянная, G (Н·м ² /кг ²)	$6.674 \cdot 10^{-11}$	Constant of gravitation, G (N·m ² /kg ²)
Солнечная постоянная, A (Вт/м ²)	1367	Solar constant, A (W/m ²)
Параметр Хаббла, среднее значение	68	mean value Hubble parameter,
H_0 (км/с/Мпк) диапазон значений	50-100	range of values H_0 (km/s/Mpc)
Постоянная Планка, h (Дж·с)	$6.626 \cdot 10^{-34}$	Plank constant, h (J·s)
Заряд электрона, e (Кл)	$1.602 \cdot 10^{-19}$	Charge of electron, e (C)
Масса электрона, m_e (кг)	$9.109 \cdot 10^{-31}$	Mass of electron, m_e (kg)
Соотношение масс протона и электрона, m_p/m_e	1836.15	Proton-to-electron mass ratio, m_p/m_e
Постоянная Фарадея, F (Кл/моль)	96 485	Faraday constant, F (C/mol)
Магнитная постоянная, μ_0 (Гн/м)	$1.257 \cdot 10^{-6}$	Magnetic constant, μ_0 (H/m)
Универсальная газовая постоянная, R (Дж/моль/К)	8.314	Universal gas constant, R (J/mol/K)
Постоянная Больцмана, k (Дж/К)	$1.381 \cdot 10^{-23}$	Boltzmann constant, k (J/K)
Постоянная Стефана-Больцмана, σ (Вт/м ² /К ⁴)	$5.670 \cdot 10^{-8}$	Stefan-Boltzmann constant, σ (W/m ² /K ⁴)
Константа смещения Вина, b (м·К)	0.002897	Wien's displacement constant, b (m·K)
Лабораторная длина волны $H\alpha$ (Å)	6563	Laboratory wavelength of $H\alpha$ (Å)
Лабораторная длина волны $H\beta$ (Å)	4861	Laboratory wavelength of $H\beta$ (Å)
Длина тропического года, T (сут)	365.242199	Tropical year length, T (days)
Длина сидерического года, T (сут)	365.25636	Sidereal year length, T (days)
Длина аномалистического года, T (сут)	365.259636	Anomalistic year length, T (days)
Период обращения узлов лунной орбиты (лет)	-18.6	Nodal period of lunar orbit (years)
Зависимость атмосферного давления от высоты	$P = P_0 e^{-\mu g h / RT}$	Dependence of atmospheric pressure on height
Стандартная атмосфера, P_0 (Па)	101 325	Standard atmosphere, P_0 (Pa)
Высота однородной атмосферы (м)	7991	Height of homogeneous atmosphere (m)
Ослабление видимого света слоем 1 атмосферы (минимально)	19%, 0.23 ^m	Visible light extinction by the terrestrial atmosphere in zenith (minimum)
Показатель преломления воздуха (1 атм., 0°C), n	1.0002926	Refractive index of air (1 atm., 0°C), n
Показатель преломления воды при 20°C, n	1.334	Refractive index of water for 20°C, n
Момент инерции шара	$I = \frac{2}{5} MR^2$	Moment of inertia of a solid ball
Момент инерции сферы	$I = \frac{2}{3} MR^2$	Moment of inertia of spherical shell
Объём шара	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$	Volume of a sphere
Площадь сферы	$S = 4\pi R^2$	Surface of sphere
$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$	π	π
	e	e
Золотое сечение, ϕ	1.61803399	Golden ratio, ϕ
Формула рефракции в земной атмосфере для зенитных расстояний $z' < 80^\circ$	$\rho \approx \kappa \frac{P}{T} \tan z'$	Terrestrial atmospheric refraction formula for zenith distances $z' < 80^\circ$
Коэффициент рефракции κ (arcsec·К/Па)	0.1623	κ (arcsec·K/Pa)
k_0 (для 273 К, 760 мм.рт.ст.)	60.2"	k_0 (for 273 K, 760 mmHg)
		Coefficient of refraction



XXVII Международная астрономическая олимпиада
XXVII International Astronomy Olympiad

Китай, Пекин

8 - 14.XI. 2023

Beijing, China

ЯЗЫК	<u>Русский</u>
language	
ЯЗЫК	<u>English</u>
language	

28 самых ярких звёзд неба

28 brightest stars in the sky

			RA	DEC	ρ	m	S C
Альтаир	Altair	α Aql	19 ^h 50 ^m 47 ^s	08° 52' 06"	0".195	0 ^m .77	A7
Капелла	Capella	α Aur	05 ^h 16 ^m 41 ^s	45° 59' 53"	0".073	0 ^m .08	G5+G0
Арктур	Arcturus	α Boo	14 ^h 15 ^m 38 ^s	19° 10' 57"	0".089	-0 ^m .04 ^v	K1
Канопус	Canopus	α Car	06 ^h 23 ^m 57 ^s	-52° 41' 45"	0".028	-0 ^m .72	F0
Бета Киля	Miaplacidus	β Car	09 ^h 13 ^m 12 ^s	-69° 43' 02"	0".029	1 ^m .68	A2
Толиман	Toliman (Rigel Kent)	α Cen ^A ^B	14 ^h 39 ^m 36 ^s	-60° 50' 07"	0".747	-0 ^m .01 1 ^m .33	G2 K1
Хадар	Hadar	β Cen	14 ^h 03 ^m 49 ^s	-60° 22' 23"	0".009	0 ^m .61	B1
Сириус	Sirius	α CMa	06 ^h 45 ^m 09 ^s	-16° 42' 58"	0".375	-1 ^m .46	A1
Адара	Adara	ϵ CMa	06 ^h 58 ^m 38 ^s	-28° 58' 19"	0".008	1 ^m .50	B2
Процион	Procyon	α CMi	07 ^h 39 ^m 18 ^s	05° 13' 30"	0".288	0 ^m .38	F5
Акрукс	Acrux	α Cru	12 ^h 26 ^m 36 ^s	-63° 05' 57"	0".010	0 ^m .77	B0
Бекрукс	Becrux	β Cru	12 ^h 47 ^m 43 ^s	-59° 41' 20"	0".009	1 ^m .30	B0
Гакрукс	Gacrux	γ Cru	12 ^h 31 ^m 10 ^s	-57° 06' 48"	0".037	1 ^m .60	M4
Денеб	Deneb	α Cyg	20 ^h 41 ^m 26 ^s	45° 16' 49"	0".002	1 ^m .25	A2
Ахернар	Achernar	α Eri	01 ^h 37 ^m 43 ^s	-57° 14' 12"	0".026	0 ^m .46	B3
Кастор	Castor	α Gem	07 ^h 34 ^m 36 ^s	31° 53' 18"	0".065	1 ^m .58	A1+A2
Поллукс	Pollux	β Gem	07 ^h 45 ^m 19 ^s	28° 01' 35"	0".097	1 ^m .14	K0
Регул	Regulus	α Leo	10 ^h 08 ^m 22 ^s	11° 58' 02"	0".041	1 ^m .35	B7
Вега	Vega	α Lyr	18 ^h 36 ^m 56 ^s	38° 47' 01"	0".129	0 ^m .03	A0
Бетельгейзе	Betelgeuse	α Ori	05 ^h 55 ^m 10 ^s	07° 24' 25"	0".005	0 ^m .5 ^v	M2
Ригель	Rigel	β Ori	05 ^h 14 ^m 32 ^s	-08° 12' 06"	0".013	0 ^m .12	B8
Беллатрикс	Bellatrix	γ Ori	05 ^h 25 ^m 08 ^s	06° 20' 59"	0".013	1 ^m .64	B2
Фомальгаут	Fomalhaut	α PsA	22 ^h 57 ^m 39 ^s	-29° 37' 20"	0".130	1 ^m .16	A3
Антарес	Antares	α Sco	16 ^h 29 ^m 24 ^s	-26° 25' 55"	0".024	0 ^m .96	M1+B4
Шаула	Shaula	λ Sco	17 ^h 33 ^m 37 ^s	-37° 06' 14"	0".005	1 ^m .62	B2
Альдебаран	Aldebaran	α Tau	04 ^h 35 ^m 55 ^s	16° 30' 33"	0".048	0 ^m .85 ^v	K5
Эль-Нат	El Nath	β Tau	05 ^h 26 ^m 18 ^s	28° 36' 27"	0".025	1 ^m .66	B7
Слика	Spica	α Vir	13 ^h 25 ^m 12 ^s	-11° 09' 41"	0".023	0 ^m .98	B1

Некоторые другие звёзды

Some other stars

Проксима Центавра	Proxima Centauri	V645 Cen, α Cen C	14 ^h 29 ^m 43 ^s	-62° 40' 46"	0".769	11 ^m .05	M5.5
----------------------	---------------------	-----------------------------	---	--------------	--------	---------------------	------

Некоторые другие объекты

Some other objects

Крабовидная туманность	Crab nebula	M1, NGC 1952	05 ^h 35 ^m	22° 01'	0".0005	8 ^m .4	
---------------------------	----------------	-----------------	---------------------------------	---------	---------	-------------------	--