

II Международная дистанционная астрономическая олимпиада  
II International Remote Astronomy Olympiad

Италия, Матера

15-24. X. 2022

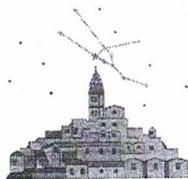
Matera, Italy

язык	<b>Русский</b>
language	

### Задачи теоретического тура

*Напоминание. Все задачи составлены таким образом, что при написании решений от участника не требуется использование какого-либо языка. таким образом, не допускается написание 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). Наблюдение сверхновой.** Звезда Ипсилон Льва ранее считалась кандидатом в сверхновые. Белый Медведь-астроном на Северном полюсе решил пронаблюдать предполагаемую вспышку этой сверхновой. Он даже оборудовал наблюдательную площадку из льда на высоте 9 метров от уровня Ледовитого океана.
- 1.1.** Вычислите и сделайте вывод, если бы вспышка произошла, мог ли Медведь пронаблюдать её. Если "No", докажите это необходимыми формулами, расчётами и, возможно, чертежами. Если "Yes", найдите необходимые условия для наблюдения, и также обоснуйте ваш вывод с помощью необходимых формул, расчётов и, возможно, чертежей. Размеры и другие необходимые сведения о животном вспомните сами. Форму Земли считайте сферической.
  - 1.2.** Сопроводите решение художественным рисунком довольного (если бы удалось пронаблюдать) или грустного (если не удалось) Медведя-наблюдателя на наблюдательной площадке Северного полюса.
- 2(αγ). Потерявшийся космонавт.** Представьте себе, что Международную Космическую Станцию после окончания её работы немного уменьшили (до массы  $M = 300$  тонн) и решили направить на Марс. Где-то на середине пути один из космонавтов при выходе в открытый космос не рассчитал время работы и оказалось, что топливные баки скафандра опустошились на расстоянии  $L = 140$  м от станции, когда его скорость относительно станции была равна нулю. Общая масса космонавта в межпланетном скафандре (с пустыми топливными баками) равна  $m = 180$  кг. Оцените время  $t$ , необходимое космонавту, чтобы достичь станции благодаря гравитационному притяжению.
- 3(αγ). NGC года.** NGC 2022 – миниатюрная планетарная туманность в созвездии Ориона. В сопроводительных материалах представлен негатив снимка области размером  $1 \times 1$  угл. секунды с NGC 2022 в центральной части (фото телескопа Хаббл, 2019 г.), а также некоторые данные о туманности.
- 3.1.** На какое расстояние мы должны приблизиться к этой туманности, чтобы она светила как Солнце на Земле?
  - 3.2.** Каков при этом будет угловой размер данного объекта?



II Международная дистанционная астрономическая олимпиада  
II International Remote Astronomy Olympiad

Италия, Матера

15-24. X. 2022

Matera, Italy

язык  
language **Русский**

### Задачи теоретического тура

**4-5(αβγ). Частное солнечное затмение 2022.** Через 8 дней, 25 октября произойдёт частное солнечное затмение. Максимальная фаза затмения будет наблюдаться в Сибири и составит 0,8623 в 16:01:20 местного времени (11:01:20 UT). В Матере максимальная фаза 0,309 будет наблюдаться в 12:29:15 местного времени (10:29:15 UT). Геоцентрический угловой диаметр диска Луны в часы затмения составит  $d_{\text{L}} = 31'45''$ . Внеатмосферная звёздная величина Солнца 25 октября будет равна  $m_0 = -27,98^m$ .

**4(αβγ). Частное затмение 2022 в Сибири.**

- 4.1. Приведите все вычисления (размеры, углы), необходимые для правильного выполнения следующего пункта задания (4.2.).
- 4.2. Нарисуйте, как будет выглядеть картина затмения в момент максимальной фазы из точки, где максимальная фаза будет наблюдаться. На рисунке изобразите важные детали, точки и линии (например, зенит, горизонт и др.). Направление "верх" на Вашем рисунке должно совпадать с направлением "верх" на небе.
- 4.3. Для наблюдения этого затмения запущен искусственный спутник Земли. Оцените минимально возможный период обращения этого спутника, чтобы в какой-то момент затмение стало для него центральным.
- 4.4. Вычислите и покажите с помощью чисел, затмение, видимое в предыдущем пункте, будет полным (напишите по-английски «Total») или кольцеобразным (напишите по-английски «Annular»).

**5(αβγ). Частное затмение 2022 в Матере.**

- 5.1. Оцените, на какой высоте будет Солнце в Матере в момент максимальной (для Матеры) фазы затмения. Решение сопроводите необходимыми рисунками.
- 5.2. Вычислите видимую в Матере звёздную величину Солнца  $m_{\text{ес}}$  в момент максимальной (для Матеры) фазы затмения (в случае совершенно ясного неба). Решение сопроводите необходимыми рисунками.

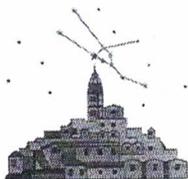
**6(αβγ). Зеркала Архимеда.** Задача связана с местностью проведения Олимпиады. Сиракузы и Матера находятся в одном географическом регионе.

Существует легенда, что во время осады Сиракуз (214–212 годы до н.э.) Архимед уничтожил вражеские корабли направив на них отражённый свет от многих зеркал. Как только вражеский кораблю подходил на расстояние в  $\frac{1}{2}$  древнегреческого стадия, воины при помощи больших плоских бронзовых зеркал направляли на него отражённый солнечный свет и как только этот свет концентрировался в круге диаметром в 1 пехий, корабль загорался.

Будем считать, что деревянный корабль мог возгореться при превышении температуры самовозгорания дерева (около  $400^{\circ}\text{C}$  для твёрдых пород дерева) в упомянутом круге диаметром в 1 пехий. По данным современных исследователей отражающая способность бронзовых зеркал в Древней Греции была порядка 40%. Также, поскольку в легенде говорилось о зеркалах такого максимального размера, который мог бы удержать 1 воин, размер зеркал, вероятно, был порядка 1–1,5 метров.

В нынешних единицах 1 древнегреческий стадий (στάδιον) равняется 184,9 м, 1 пехий (πῆχυς) – 462 мм.

- 6.1. Оцените, свет от сколько зеркал нужно было направить на вражеский корабль, чтобы он загорелся.
- 6.2. Каков должен был быть минимальный диаметр таких зеркал?



## II Международная дистанционная астрономическая олимпиада

## II International Remote Astronomy Olympiad

Италия, Матера

15-24. X. 2022

Matera, Italy

ЯЗЫК

language

**Русский****Задачи теоретического тура**

*Напоминание. Все задачи составлены таким образом, что при написании решений от участника не требуется использование какого-либо языка. Таким образом, не допускается написание 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.*

**7(βγ). Планета.** Задача посвящена 90-летию открытия предела Чандрасекара.

В окрестностях Канопуса обнаружен белый карлик, имеющий звездную величину  $m_{\text{вб}} = 16.4^m$  и массу, равную одной трети предела Чандрасекара. Вокруг этого белого карлика обращается планета, подобная Земле (имеющая также подобную атмосферу и климат). Вычислите (оцените):

**7.1.** сидерический период этой планеты

**7.2.** и угловой размер белого карлика, видимый с планеты.

В сопроводительных материалах вы можете найти зависимость радиуса от массы для белых карликов.

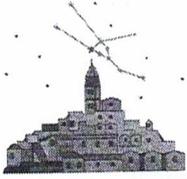
**8(βγ). Вега.** Оцените время жизни звезды Вега на главной последовательности. Считается, что она сойдёт с главной последовательности после того, как израсходует  $\eta = 20\%$  водорода, изначально входившего в её состав. Дефект массы при слиянии четырёх ядер атомов водорода в одно ядро атом гелия составляет  $\Delta m = 4,7 \cdot 10^{-29}$  кг.

**9(βγ). Космическая яхта.** 2217 год. Космический турист на космической яхте совершает перелёт с Земли на Марс. Двигаясь вокруг Солнца по круговой орбите радиусом 1 а.е., яхта раскрывает солнечный парус и таким образом выходит на орбиту Гомана-Цандера к Марсу. Оцените:

**9.1.** площадь  $S$

**9.2.** возможную толщину  $d$

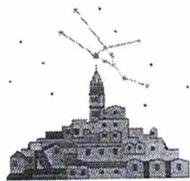
открывшейся части этого паруса. Считайте парус зеркальным, а орбиты Земли и Марса – круговыми. Масса яхты вместе с парусом составляет  $m = 12$  тонн.



## 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, $G$ ( $\text{Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$ )	$6.674 \cdot 10^{-11}$	Constant of gravitation, $G$ ( $\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ )
Солнечная постоянная, $A$ ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ )	1367	Solar constant, $A$ ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
Параметр Хаббла, среднее значение $H_0$ (км/с/Мпк) диапазон значений	68 50-100	mean value Hubble parameter, 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, $\mu_0$ (Гн/м)	$1.257 \cdot 10^{-6}$	Magnetic constant, $\mu_0$ (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, $\sigma$ ( $\text{Вт}/\text{м}^2/\text{К}^4$ )	$5.670 \cdot 10^{-8}$	Stefan-Boltzmann constant, $\sigma$ ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{K}^4$ )
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 Стандартная атмосфера, $P_0$ (Па)	$P = P_0 e^{-\rho g h / RT}$ 101 325	Dependence of atmospheric pressure on height 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
$\pi$	3.14159265	$\pi$
$e$	2.71828183	$e$
Золотое сечение, $\phi$	1.61803399	Golden ratio, $\phi$
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 $\kappa$ (arcsec·К/Па)	0.1623	$\kappa$ (arcsec·K/Pa)
$k_0$ (для 273 К, 760 мм.рт.ст.)	60.2"	$k_0$ (for 273 K, 760 mmHg)
		Coefficient of refraction



II Международная дистанционная астрономическая  
олимпиада

II International Remote Astronomy Olympiad

Италия, Матера

16-24. X. 2022

Matera, Italy

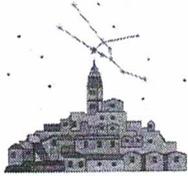
Элементы орбит и физические характеристики Солнца, планет,  
некоторых карликовых планет и Луны

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		Эксцентриситет, $e$	Экваториальный диаметр, км	Масса, $10^{24}$ кг	Средняя плотность, $г/см^3$	Ускор. своб. пад. у пов., $м/с^2$	Макс. блеск, вид. с Земли (**)	Альбедо
	в астр. ед.	в млн. км	в тропич. годах	в средних сутках							
Body, planet	Average distance to central body		Sidereal (or analogous) period		Eccentricity $e$	Equat. diameter km	Mass $10^{24}$ kg	Av. density $g/cm^3$	Grav. acceler. at surf. $m/s^2$	Max. magn. from Earth (**)	Albedo
	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.

Coordinates Координаты	Matera Матера
$\lambda$ (E / в.д.)	$+16^\circ 36'$
$\phi$ (N / с.ш.)	$+40^\circ 40'$
Altitude above sea level Высота над уровнем моря	401 м
Local timezone Местный часовой пояс	UT+01 / UT+02
	Italia



II Международная дистанционная астрономическая олимпиада

II International Remote Astronomy Olympiad

Италия, Матера

15-24. X. 2022

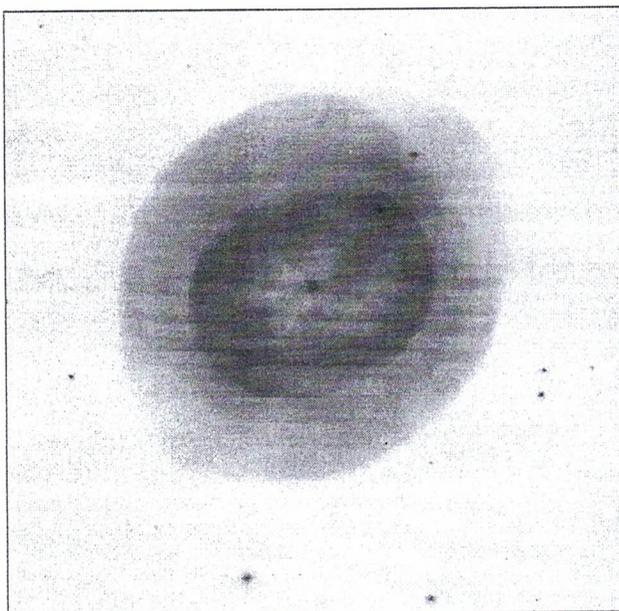
Matera, Italy

Данные о некоторых звёздах и объектах

Data of some stars and objects

			R.A.	DEC	$\rho$	Зв. вел. Mag.	Температура Temperature	Масса Mass
Солнце	Sun	☉	0 <sup>h</sup> – 24 <sup>h</sup>	-23°26' – +23°26'	8".794	-26 <sup>m</sup> .74	5777 K	1 M <sub>☉</sub>
Сириус	Sirius	α CMa	06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	-16° 42' 58"	0".379	-1 <sup>m</sup> .47 8 <sup>m</sup> .44	9940 K 25200 K	2.06 M <sub>☉</sub> 1.02 M <sub>☉</sub>
Канопус	Canopus	α Car	06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	-52° 41' 45"	0".011	-0 <sup>m</sup> .74	7400 K	10 M <sub>☉</sub>
Толиман (Rigel Kent)	Toliman (Rigel Kent)	α Cen	14 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	-60° 50' 07"	0".747	-0 <sup>m</sup> .01 1 <sup>m</sup> .33	5810 K 5260 K	1.11 M <sub>☉</sub> 0.93 M <sub>☉</sub>
Вега	Vega	α Lyr	18 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	38° 47' 01"	0".130	0 <sup>m</sup> .03	9600 K	2.14 M <sub>☉</sub>
Капелла	Capella	α Aur	05 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	45° 59' 53"	0".076	0 <sup>m</sup> .08	4970 K 5730 K 3700 K ???? K	2.57 M <sub>☉</sub> 2.48 M <sub>☉</sub> 0.57 M <sub>☉</sub> 0.53 M <sub>☉</sub>
Ригель	Rigel	β Ori	05 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	08° 12' 06"	0".004	0 <sup>m</sup> .12 <sup>v</sup>	12100 K	21 M <sub>☉</sub>
Процион	Procyon	α CMi	07 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	05° 13' 30"	0".286	0 <sup>m</sup> .37 10 <sup>m</sup> .75	6600 K 9700 K	1.50 M <sub>☉</sub> 0.60 M <sub>☉</sub>
Ахернар	Achernar	α Eri	01 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-57° 14' 12"	0".023	0 <sup>m</sup> .45	12-17 · 10 <sup>3</sup> K	6.7 M <sub>☉</sub>
Бетельгейзе	Betelgeuse	α Ori	05 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	07° 24' 25"	0".005	0 <sup>m</sup> .5	3590 K	11.6 M <sub>☉</sub>
Хадар	Hadar	β Cen	14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	-60° 22' 23"	0".008	0 <sup>m</sup> .61 <sup>v</sup>	25000 K	12.0 M <sub>☉</sub> 10.6 M <sub>☉</sub>
Альтаир	Altair	α Aql	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	08° 52' 06"	0".195	0 <sup>m</sup> .77	8000 K	1.7 M <sub>☉</sub>
и Льва	и Leonis	и Leo	11 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	-00° 49' 26"	0".018	4 <sup>m</sup> .33	4840 K	2.58 M <sub>☉</sub>
Проксима Центавра	Proxima Centauri	V645 Cen, α Cen C	14 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-62° 40' 46"	0".769	11 <sup>m</sup> .06	3040 K	0.123 M <sub>☉</sub>
NGC 2022	NGC 2022	Ori	05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup>	09° 05' 12"	0".00040	11 <sup>m</sup> .6		

NGC 2022



Белые карлики

White dwarfs

