

## Задачи теоретического тура

1. **Полдень на Олимпиаде.** Вчера, 16 октября 2015 г., верхняя кульминация Солнца в месте проведения Олимпиады в 11:29:43 местного времени. Вычислите насколько возможно точно, в какое время верхняя кульминация Солнца будет (или была) сегодня.

Оцените разницу  $\Delta h$  высоты Солнца в кульминации вчера и сегодня.

2. **Затмение на полюсах.** Белый Медведь и Пингвин с прошлых Международных астрономических олимпиад возвратились на свои полюса (северный и южный соответственно) и решили пронаблюдать кольцеобразное солнечное затмение. Пингвину посчастливилось, и он увидел удивительную картину: при максимальной фазе затмения точно на видимом горизонте оказались центры как солнечного, так и лунного диска. А что в это время наблюдал Медведь? Нарисуйте, что увидел Белый Медведь в этот момент, а также нанесите пунктиром истинные положения Солнца и Луны. Форму Земли считать сферической. На рисунке должно быть художественное изображение Медведя на северном полюсе, а также указаны необходимые линейные или угловые размеры. Необходимые сведения о животных вспомните сами.

3. **Тесное соединение.** Через некоторое время после событий, описанных в предыдущей задаче (но никто не знает даже масштаб этого некоторого времени – минуты, часы, дни или годы...), Венера в точке восточной элонгации вступила в тесное соединение с Марсом, находившимся вблизи точки афелия своей орбиты. Одновременно с этим на Земле наблюдалось полное лунное затмение.

3.1. Нарисуйте чертёж, соответствующий данной ситуации.

3.2. Объясните, какое животное (они сидят на тех же полюсах) могло увидеть это лунное затмение. (Закончите Ваше объяснение ответом **В+** или **В-** для Медведя и **Р+** или **Р-** для Пингвина). Приветствуется художественное изображение наблюдающих животных.

3.3. Вычислите, в каком созвездии наблюдалась затемнённая Луна.

3.4. Оцените, через какое минимальное время после ситуации, описанной в условии прошлой задачи, могла возникнуть ситуация, описанная в условии этой задачи.

4. **Альфа Центавра.** Вычислите, какая звезда излучает больше энергии: Солнце или Альфа Центавра A+B.

5. **Движение спутника.** Искусственный спутник Земли, летящий по экваториальной немного эллиптической орбите, прошёл точку перигея на высоте  $H_p = 428,0$  км от поверхности мирового океана; его скорость в этот момент на 0,6 % превышала круговую скорость для данной точки. Через какое время спутник достигнет высоты  $H_1 = 498,0$  км?



**XX Международная астрономическая олимпиада**  
**XX International Astronomy Olympiad**

Россия, Татарстан, Казань

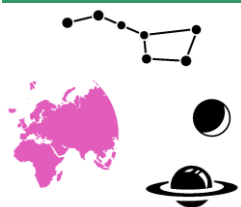
15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

Язык	<b><u>Русский</u></b>
language	

## Задачи теоретического тура

- Полдень на Олимпиаде.** Вчера, 16 октября 2015 г., верхняя кульминация Солнца в месте проведения Олимпиады в 11:29:43 местного времени. Вычислите насколько возможно точно, в какое время верхняя кульминация Солнца будет (или была) сегодня. Оцените разницу  $\Delta h$  высоты Солнца в кульминации вчера и сегодня.
- Затмение на полюсах.** Белый Медведь и Пингвин с прошлых Международных астрономических олимпиад возвратились на свои полюса (северный и южный соответственно) и решили пронаблюдать кольцеобразное солнечное затмение. Пингвину посчастливилось, и он увидел удивительную картину: при максимальной фазе затмения точно на видимом горизонте оказались центры как солнечного, так и лунного диска. А что в это время наблюдал Медведь? Нарисуйте, что увидел Белый Медведь в этот момент, а также нанесите пунктиром истинные положения Солнца и Луны. Форму Земли считать сферической. На рисунке должно быть художественное изображение Медведя на северном полюсе, а также указаны необходимые линейные или угловые размеры. Необходимые сведения о животных вспомните сами.
- Тесное соединение.** Через некоторое время после событий, описанных в предыдущей задаче (но никто не знает даже масштаб этого некоторого времени – минуты, часы, дни или годы...), Венера в точке восточной элонгации вступила в тесное соединение с Марсом, находившимся вблизи точки афелия своей орбиты. Одновременно с этим на Земле наблюдалось полное лунное затмение.
  - Нарисуйте чертёж, соответствующий данной ситуации.
  - Объясните, какое животное (они сидят на тех же полюсах) могло увидеть это лунное затмение. (Закончите Ваше объяснение ответом **В+** или **В-** для Медведя и **Р+** или **Р-** для Пингвина). Приветствуется художественное изображение наблюдающих животных.
  - Вычислите, в каком созвездии наблюдалась затемнённая Луна.
  - Оцените, через какое минимальное время после ситуации, описанной в условии прошлой задачи, могла возникнуть ситуация, описанная в условии этой задачи.
- Созвездие Белого Барса.** Согласно древней средневожской легенде в далёком прошлом на небе существовало созвездие Белого Барса (White Leopard – *Pardus Album*), число звёзд в котором было в точности равно числу букв греческого алфавита, и звёзды эти имели величины  $\alpha$  PaA –  $+0,10^m$ ,  $\beta$  PaA –  $+0,20^m$ ,  $\gamma$  PaA –  $+0,30^m$ ,  $\delta$  PaA –  $+0,40^m$  и так далее с увеличением на  $0,10^m$  вплоть до  $\omega$  PaA. Вычислите суммарную звёздную величину звёзд этого созвездия.
- Спиральная галактика.** В созвездии Южного Креста (Crux) обнаружена спиральная галактика, состоящая из звёзд спектральных классов A7-A8. На небе галактика видна как эллипс с размерами около  $40 \times 30$  угл. секунд. В спектре галактики на длинах волн примерно от  $7054 \text{ \AA}$  до  $7057 \text{ \AA}$  наблюдается уширенная линия  $H\alpha$ . Также пропорционально смещены и уширены и другие линии. Оцените число звёзд в галактике.



**XX Международная астрономическая олимпиада**  
**XX International Astronomy Olympiad**

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

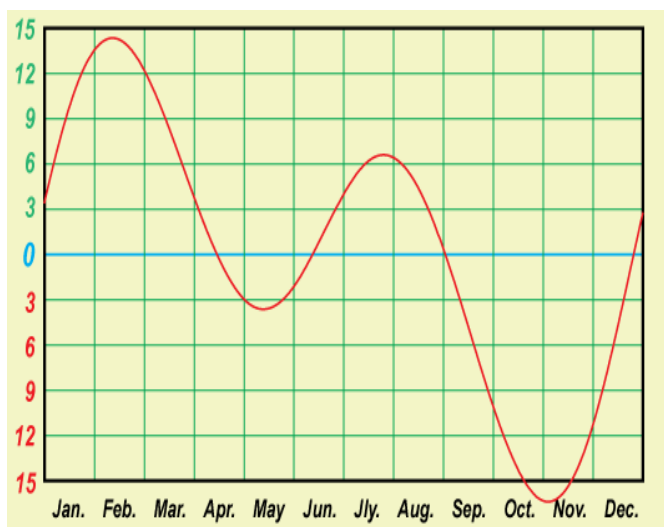
язык	<b><u>Русский</u></b>
language	
язык	<b><u>English</u></b>
language	

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

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

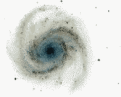
Небесное тело, планета	Среднее расстояние от центрального тела		Сидерический период обращения		Эксцентриситет, e	Экваториальн. диаметр, км	Масса, $10^{24}$ кг	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Ускор. своб. пад. у пов. у пов., м/с <sup>2</sup>	Макс. блеск, вид. с Земли (**)	Альбедо
	в астр. ед.	в млн. 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 <sup>3</sup>	Grav. acceler. at surf. m/s <sup>2</sup>	Max. magn. from Earth (**)	Albedo
	in astr. units	in mln. km	in tropical years	in days							
Солнце Sun	$1,6 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$2,2 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^{10}$		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
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

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



Координаты Coordinates	Обсерватория Observatory	Казанский Кремль Kazan kremlin	Петровское Petrovskoye
$\lambda$ ( E / в.д. )	48° 49'	49° 06'	49° 06'
$\phi$ ( N / с.ш. )	55° 50'	55° 48'	55° 41'
Часовой пояс Timezone	UT+3	UT+3	UT+3

**Уравнение времени Equation of time**



язык	<b><u>Русский</u></b>
language	
язык	<b><u>English</u></b>
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, $G$ ( $\text{Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$ )	$6.674 \cdot 10^{-11}$	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, diapason of values $H_0$ (km/s/Mpc)
Постоянная Планка, $h$ (Дж $\cdot$ с)	$6.626 \cdot 10^{-34}$	Plank constant, $h$ (J $\cdot$ 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	1836.15	Proton-to-electron mass ratio
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 $\cdot$ К)	0.002897	Wien's displacement constant, $b$ (m $\cdot$ K)
Лабораторная длина волны $H\alpha$ (Å)	6562.81	Laboratory wavelength of $H\alpha$ (Å)
Длина тропического года, $T$ (сут)	365.242199	Tropical year length, $T$ (days)
Период обращения узлов лунной орбиты (лет)	-18.6	Nodal period of lunar orbit (years)
Стандартная атмосфера (Па)	101 325	Standard atmosphere (Pa)
Ослабление видимого света слоем 1 атмосферы (минимально)	19%, 0.23 <sup>m</sup>	Visible light extinction by the terrestrial atmosphere in zenith (minimum)
Высота однородной атмосферы (м)	7991	Height of homogeneous atmosphere (m)
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
Объём шара	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$	Volume of a ball
Площадь сферы	$S = 4\pi R^2$	Area of sphere
$\pi$	3.14159265	$\pi$
$e$	2.71828183	$e$
Золотое сечение, $\phi$	1.61803399	Golden ratio, $\phi$

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

## 20 самых ярких звёзд неба

## 20 brightest stars in the sky

			RA	DEC	<i>p</i>	<i>m</i>	S C
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	A7
Капелла	Capella	α Aur	05 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	45° 59' 53"	0".073	0 <sup>m</sup> .08	G5+G0
Арктур	Arcturus	α Boo	14 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	19° 10' 57"	0".089	-0 <sup>m</sup> .04 <sup>v</sup>	K1
Канопус	Canopus	α Car	06 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	-52° 41' 45"	0".028	-0 <sup>m</sup> .72	F0
Толиман	Toliman (Rigel Kent)	α Cen <b>A</b> <b>B</b>	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	G2 K1
Хадар	Nadar	β Cen	14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	-60° 22' 23"	0".009	0 <sup>m</sup> .61	B1
Сириус	Sirius	α CMa	06 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	-16° 42' 58"	0".375	-1 <sup>m</sup> .46	A1
Процион	Procyon	α CMi	07 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	05° 13' 30"	0".288	0 <sup>m</sup> .38	F5
Акрукс	Acrux	α Cru	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	-63° 05' 57"	0".010	0 <sup>m</sup> .77	B0
Бекрукс	Becrux	β Cru	12 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-59° 41' 20"	0".009	1 <sup>m</sup> .30	B0
Денеб	Deneb	α Cyg	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	45° 16' 49"	0".002	1 <sup>m</sup> .25	A2
Ахернар	Achernar	α Eri	01 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-57° 14' 12"	0".026	0 <sup>m</sup> .46	B3
Поллукс	Pollux	β Gem	07 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup>	28° 01' 35"	0".097	1 <sup>m</sup> .14	K0
Вега	Vega	α Lyr	18 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	38° 47' 01"	0".123	0 <sup>m</sup> .03	A0
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 <sup>v</sup>	M2
Ригель	Rigel	β Ori	05 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	-08° 12' 06"	0".013	0 <sup>m</sup> .12	B8
Фомальгаут	Fomalhaut	α PsA	22 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	-29° 37' 20"	0".130	1 <sup>m</sup> .16	A3
Антарес	Antares	α Sco	16 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	-26° 25' 55"	0".024	0 <sup>m</sup> .96	M1+B4
Альдебаран	Aldebaran	α Tau	04 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	16° 30' 33"	0".048	0 <sup>m</sup> .85 <sup>v</sup>	K5
Спика	Spica	α Vir	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	-11° 09' 41"	0".023	0 <sup>m</sup> .98	B1

## Некоторые другие звёзды

## Some other stars

Хамаль	Hamal	α Ari	02 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	23° 27' 45"	0".050	2 <sup>m</sup> .01	K2
Полярная	Polaris	α UMi	02 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	89° 15' 51"	0".007	1 <sup>m</sup> .97 <sup>v</sup>	F7
Кохаб	Kochab	β UMi	14 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup>	74° 09' 20"	0".025	2 <sup>m</sup> .07	K4
Проксима Центавра	Proxima Centauri	<b>V645 Cen,</b> α Cen C	14 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	-62° 40' 46"	0".769	11 <sup>m</sup> .05	M5.5

## Греческий алфавит

## Greek alphabet

Α	α	альфа	alpha	Ι	ί	йота	iota	Ρ	ρ	ро	rho
Β	β	бета	beta	Κ	κ	каппа	kappa	Σ	σ	сигма	sigma
Γ	γ	гамма	gamma	Λ	λ	ламбда	lambda	Τ	τ	тау	tau
Δ	δ	дельта	delta	Μ	μ	мю	mu	Υ	υ	ипсилон	upsilon
Ε	ε	эпсилон	epsilon	Ν	ν	ню	nu	Φ	φ	фи	phi
Ζ	ζ	дзета	zeta	Ξ	ξ	кси	xi	Χ	χ	хи	chi
Η	η	эта	eta	Ο	ο	омикрон	omicron	Ψ	ψ	пси	psi
Θ	θ	тета	theta	Π	π	пи	pi	Ω	ω	омега	omega

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

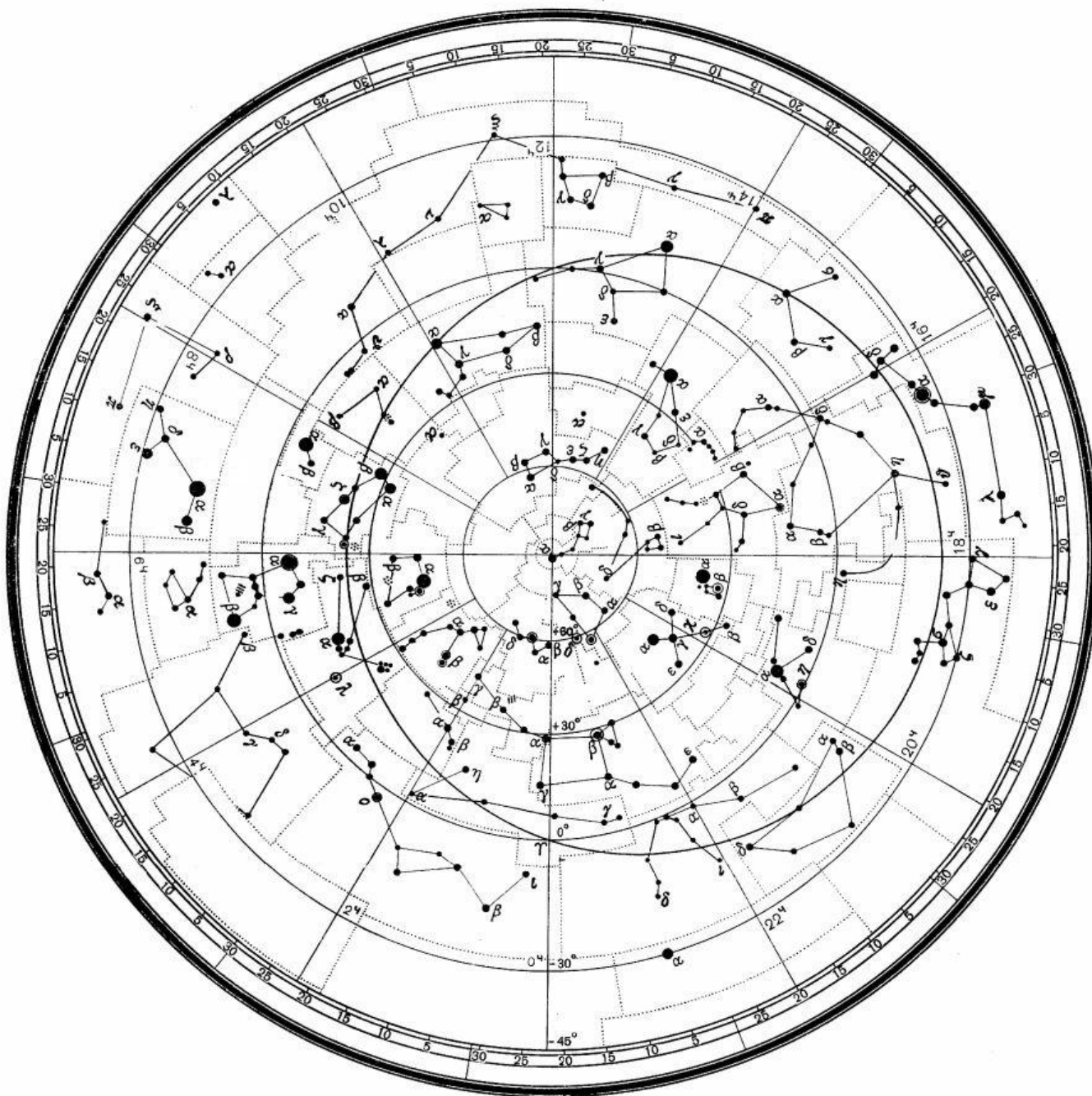


XX Международная астрономическая олимпиада  
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia



XX Международная астрономическая олимпиада  
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

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

Диаграмма Герцшпрунга-Рассела

Hertzsprung-Russell diagram

