

XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

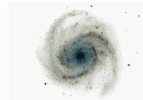
15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

Теоретический тур

Практический тур

Наблюдательный тур



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

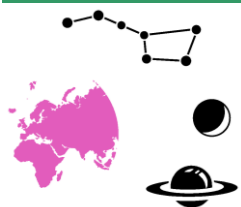
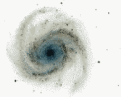
15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

Theoretical round

Practical round

Observational round



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

Read once more before you start your work

General note. Maybe not all problems have correct questions. Some questions (maybe the main question of the problem, maybe one of the subquestions) may make no real sense. In this case you have to write in your answer (in English or Russian): «**impossible situation – ситуация невозможна**». Of course, this answer has to be explained numerically or logically.

Data from the tables (Planetary data, stars, constants, etc.) may be used for solving every problem.

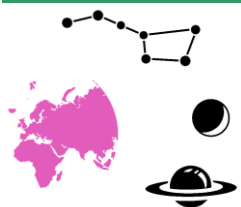
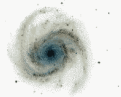
The answers «**Да-Yes**» or «**Нет-No**» have to be written in English or Russian.

Ещё раз прочитайте перед началом работы

Общее замечание. Не исключено, что не во всех задачах вопросы поставлены корректно. Некоторые вопросы (возможно, главный вопрос задачи, возможно – подвопрос) могут не иметь смысла. В этом случае следует написать в ответе (по-русски или по-английски): «**ситуация невозможна – impossible situation**». Естественно, ответ должен быть подкреплён вычислениями или логическими рассуждениями.

Данные из таблиц (Солнечная система, звёзды, константы) могут быть использованы в любой задаче.

Ответы «**Да-Yes**» или «**Нет-No**» должны быть написаны по-русски или по-английски.



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

Requirements:

— Languages of the solutions. (*For Practical and also for Observational rounds*).

No text in any language is permitted to use in solutions. All the solution must be written using only drawing pictures, plotting graph, writing formulae, numerical values and standard international astronomy symbols (like $\♂$, $\♂$, α UMa, M31, 5^m). Numerical values must be written using standard symbols but not symbols of National alphabet. Jury of the Practical round will not take into account any text in any language in solution.

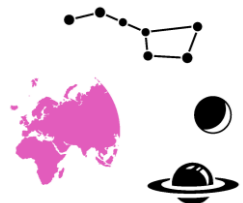
For example, the names of constellations, written in English, Russian or any other language will be not taken into account (should be only UMa, Ori, etc.).

Требования:

— Языки написания решений задач. (*На практическом и наблюдательном турах*).

Тексты в решениях не допускаются (ни на каком языке). Все решения должны содержать только рисунки, графики, формулы, численные значения и стандартные международные астрономические символы (такие как $\♂$, $\♂$, α UMa, M31, 5^m). Цифры должны быть написаны стандартными символами (не символами национального алфавита). Жюри практического тура не будет учитывать какие-либо тексты (на любом языке) в решении.

Например, не учитываются названия созвездий, написанные на английском, русском или ином языке (должно быть только UMa, Ori и т.д.).



XX Международная астрономическая олимпиада XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

ЯЗЫК
language

Русский

Задачи практического тура

6. Экстинкция в земной атмосфере.

Экстинкцией в астрономии называют ослабление света за счёт его поглощения и рассеяния.

Для изучения атмосферной экстинкции в синих лучах в обсерватории Энгельгардта в течение одной ночи наблюдалась звезда на разных зенитных расстояниях. Для характеристики поглощения света астрономы используют параметр X – воздушная масса, который характеризуется относительной длиной пути луча в атмосфере. При этом $X = 1$ в зените, для $z = 30^\circ$ $X = 2/3^{1/2}$; для $z = 60^\circ$ $X = 2$ и т.д.

Определение блеска звезды велось методом счёта фотонов – в третьей колонке даны числа n – число фотонов, зарегистрированных аппаратурой в секунду. Для калибровки данных наблюдений в фотометре предусмотрен люминесцентный источник, дающий стабильный поток фотонов $N = 9900 \pm 100$ в секунду, что соответствует заатмосферной звёздной величине $m_b = 9,64^m$.

z	X	n	Δm_b
39,7		15135	
45,6		13816	
49,5		13180	
53,0		12246	
54,9		11800	
58,2		10089	

6.1. Нарисуйте в тетради таблицу, аналогичную приведённой справа. Вычислите воздушные массы для приведённых в первой колонке зенитных расстояний, результат запишите во вторую колонку.

6.2. Вычислите относительную (относительно стандарта, которым является люминесцентный источник) звёздную величину объекта Δm_b (blue) для приведённых наблюдений, результат впишите в четвёртую колонку.

6.3. Графическим методом найдите функциональную зависимость между Δm_b и X .

6.4. Определите, какую звёздную величину имела бы исследуемая звезда в зените.

7. Переменная звезда.

На Российско-Турецком телескопе РТТ-150 в 2003 году изучалась переменная звезда. В первый раз наблюдения велись целую ночь, см. таблицу 1. В другие ночи блеск переменной определялся эпизодически и в ночи 2–5 были получены моменты максимального значения блеска, равного $15,59^m$, см. таблицу 2. Время дано в юлианских днях (JD), блеск звезды – в жёлтых лучах (m_V).

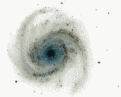
7.1. Постройте кривую блеска переменной (зависимость звёздной величины от времени), определите момент максимума в первую ночь, запишите ответ (в юлианских днях) в виде « $T_0 = \dots$ ».

7.2. Используя данные всех 5 ночей наблюдений, определите период переменной звезды. Под периодом переменности понимается интервал времени, который проходит между ближайшими (последовательными) максимумами блеска (в данном случае). На практике астрономы чаще всего не знают, сколько периодов прошло от одного наблюдаемого максимума до другого, поскольку не каждую ночь бывает хорошая погода, и между наблюдаемыми максимумами может пройти несколько периодов.

7.3. Определите тип переменной звезды: затменная (написать по-английски **Eclipsing**) или пульсирующая (или **Pulsating**).

JD	m_V
2452805,3543	16,67
2452805,3712	16,57
2452805,3869	16,03
2452805,4026	15,69
2452805,4161	15,59
2452805,4512	15,80
2452805,5152	16,14
2452805,5848	16,32
2452805,6676	16,58
2452805,7734	16,68
2452805,8421	16,63
2452805,8643	16,62
2452805,9068	16,73

N	JDmax	m_V
1		15,59
2	2452830,5089	15,59
3	2452831,5772	15,59
4	2452839,5858	15,59
5	2452854,5340	15,59



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

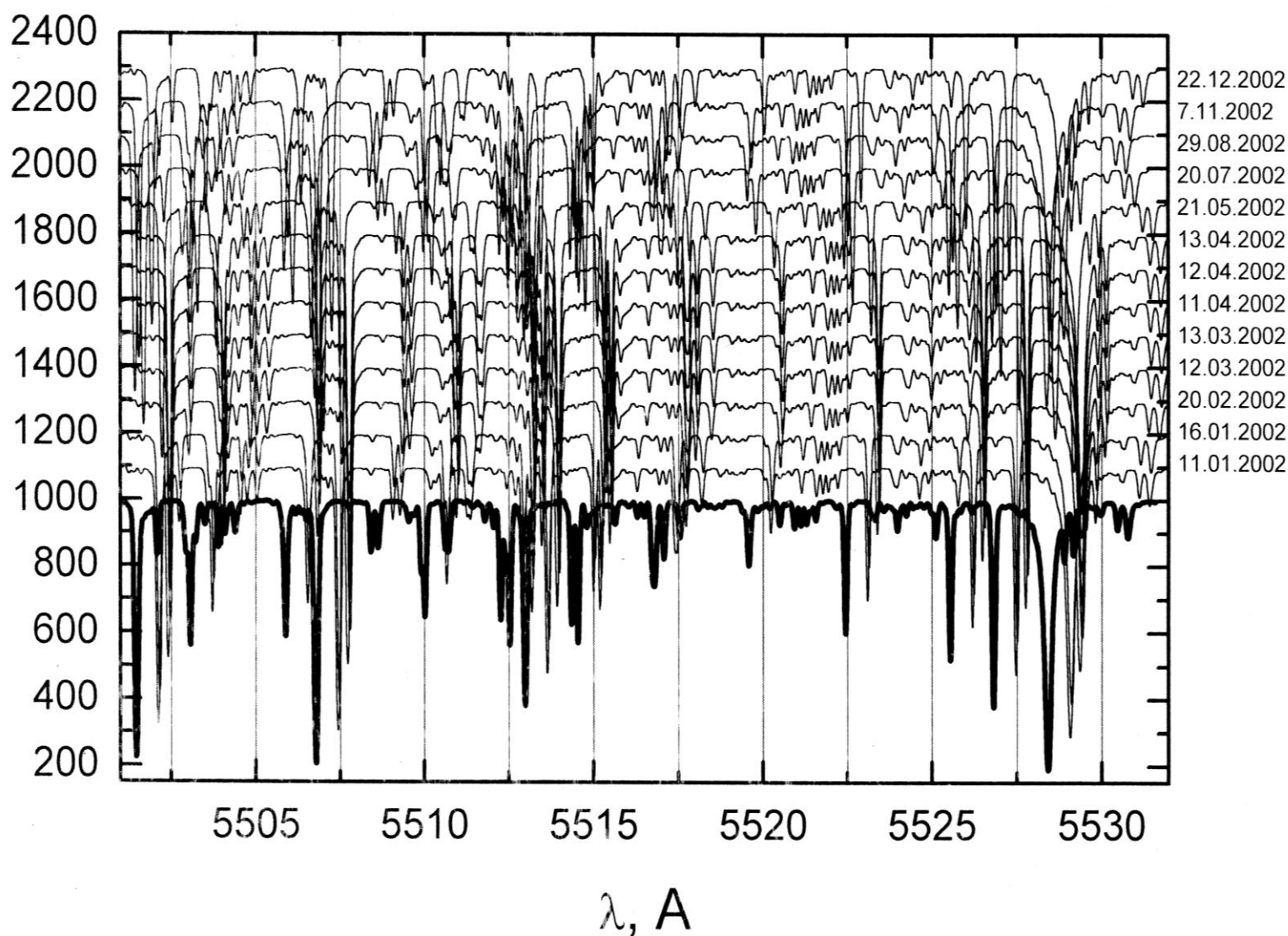
15 – 23. X. 2015

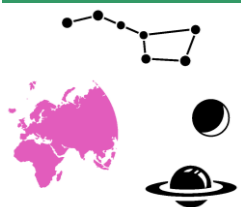
Kazan, Tatarstan, Russia

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

Рис. к задаче 7.

Fig. for problem 7.





XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

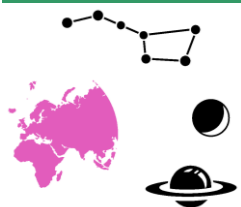
15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

ЯЗЫК language	<u>Русский</u>
------------------	-----------------------

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 Δh 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. 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 α РаА – $+0,10^m$, β РаА – $+0,20^m$, γ РаА – $+0,30^m$, δ РаА – $+0,40^m$ и так далее с увеличением на $0,10^m$ вплоть до ω РаА. Вычислите суммарную звёздную величину звёзд этого созвездия.
- 5. Спиральная галактика.** В созвездии Южного Креста (Crux) обнаружена спиральная галактика, состоящая из звёзд спектральных классов А7-А8. На небе галактика видна как эллипс с размерами около 40×30 угл. секунд. В спектре галактики на длинах волн примерно от 7054 \AA до 7057 \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	<u>Русский</u>
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 Δh 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.
- Альфа Центавра.** Вычислите, какая звезда излучает больше энергии: Солнце или Альфа Центавра A+B.
- 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
language

Русский

Задачи практического тура

6. Экстинкция в земной атмосфере.

Экстинкцией в астрономии называют ослабление света за счёт его поглощения и рассеяния.

Для изучения атмосферной экстинкции в синих лучах в обсерватории Энгельгардта в течение одной ночи наблюдалась звезда на разных зенитных расстояниях. Для характеристики поглощения света астрономы используют параметр X – воздушная масса, который характеризуется относительной длиной пути луча в атмосфере. При этом $X = 1$ в зените, для $z = 30^\circ$ $X = 2/3^{1/2}$; для $z = 60^\circ$ $X = 2$ и т.д.

Определение блеска звезды велось методом счёта фотонов – в третьей колонке даны числа n – число фотонов, зарегистрированных аппаратурой в секунду. Для калибровки данных наблюдений в фотометре предусмотрен люминесцентный источник, дающий стабильный поток фотонов $N = 9900 \pm 100$ в секунду, что соответствует заатмосферной звёздной величине $m_b = 9,64^m$.

z	X	n	Δm_b
39,7		15135	
45,6		13816	
49,5		13180	
53,0		12246	
54,9		11800	
58,2		10089	

6.1. Нарисуйте в тетради таблицу, аналогичную приведённой справа. Вычислите воздушные массы для приведённых в первой колонке зенитных расстояний, результат запишите во вторую колонку.

6.2. Вычислите относительную (относительно стандарта, которым является люминесцентный источник) звёздную величину объекта Δm_b (blue) для приведённых наблюдений, результат впишите в четвёртую колонку.

6.3. Графическим методом найдите функциональную зависимость между Δm_b и X .

6.4. Определите, какую звёздную величину имела бы исследуемая звезда в зените.

7. Спектральные наблюдения.

Астроном наблюдал одну и ту же одиночную звезду, получая на полуметровом телескопе КФУ РТТ-150 её спектры в течение года. Полученные спектрограммы с указанием моментов наблюдений предложены вам для анализа (см. на отдельном листе).

По оси абсцисс отложена длина волны, по оси ординат – интенсивность в условных единицах. Спектры смещены по оси Y для наглядности. Жирной линией выделен тот же участок спектра с длинами волн в лабораторной системе.

Для повышения точности результатов рекомендуется измерить минимум две линии в спектре.

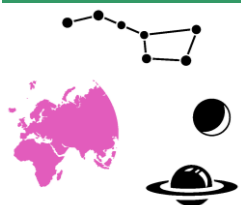
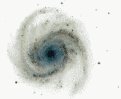
дата	λ (измер)	$\Delta\lambda$	V_r

7.1. Нарисуйте таблицу по приведённому выше образцу (столбцы 2, 3, 4 должны повторяться столько раз, сколько линий вы используете для измерений). Вычислите лучевую скорость звезды V_r на каждую дату, результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

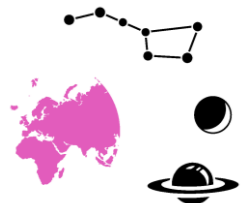
7.2. Постройте кривую лучевых скоростей – график зависимости V_r от времени.

7.3. Определите экваториальные координаты звезды.

7.4. Укажите точность ваших измерений лучевой скорости звезды.

**Theoretical round. Problems to solve**

1. **Noon at the Olympiad.** Yesterday, on October 16, 2015, the upper culmination of the Sun at the venue of the Olympiad was at 11:29:43 local time. Calculate as accurate as possible at what time the upper culmination of the Sun will be (or was) today.
Estimate the difference Δh in the height of the Sun at the culminations yesterday and today.
2. **Eclipse on the Poles.** The White Bear and the Penguin from the previous International Astronomy Olympiads returned to their poles (North and South respectively), and decided to observe an annular solar eclipse. The Penguin was lucky to see an amazing picture: at the maximum phase of the eclipse the centres of both discs, solar and lunar, appeared just on the visible horizon. And what did the Bear observe at this time? Draw what the White Bear saw at that moment, and also contour by dotted line the true positions of the Sun and the Moon. Assume that the Earth is spherical. The drawing should include an artistic picture with an image of the Bear on North Pole; necessary sizes or angular sizes should be pointed out in the picture. Recollect for yourself the necessary information about the animals.
3. **Close conjunction.** Some time after the events described in the previous problem (nobody knows even the order of magnitude how long after – minutes, or hours, or days, or years ...), Venus at the point of eastern elongation came to close conjunction with Mars, which was located near the aphelion of its orbit. At the same time a total lunar eclipse occurred on the Earth.
 - 3.1. Draw the corresponding scheme.
 - 3.2. Explain, which animal (sitting at the same poles) may see this lunar eclipse. (At the very end of your explanation write as answer **B+** or **B–** for the Bear and **P+** or **P–** for the Penguin.) An artistic picture of the observations of the animals is welcome.
 - 3.3. Calculate in which constellation the eclipsed Moon was observed.
 - 3.4. Estimate minimal possible time passed from the situation of the previous problem to the situation of the current one.
4. **Alpha Centauri.** Calculate, which star emits more energy: the Sun or Alpha Centauri A+B.
5. **Motion of a satellite.** An artificial satellite, moving in equatorial, slightly elliptical orbit passed the perigee point at the height of $H_p = 428.0$ km from the sea level; and its speed at the point was 0.6% higher than the circumferential velocity of the given point. Find the time after which the satellite will reach the height $H_1 = 498.0$ km?



XX Международная астрономическая олимпиада

XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

ЯЗЫК
language**English**

Practical round. Problems to solve

6. The extinction in terrestrial atmosphere.

Extinction is a term used in astronomy to describe light attenuation due to its absorption and scattering.

A star was observed at different zenith distances during one night at the Engelgardt's Astronomical Observatory in the program of atmospheric extinction study at blue. Astronomers use parameter X , air mass, as an extinction characteristic. This parameter corresponds to relative length of the ray's way in the atmosphere. That means $X = 1$ for zenith, $X = 2/3^{1/2}$ for $z = 30^\circ$; $X = 2$ for $z = 60^\circ$ and so on.

The determination of the star's brightness was performed with the method of photon counting. The 3rd column includes number n – the quantity of photons which were detected during one second. A luminescent source was used for calibration the data of observations. It produces a stable flow of photons $N = 9900 \pm 100$ per second, which is equal to magnitude $m_b = 9.64^m$ beyond the terrestrial atmosphere.

z	X	n	Δm_b
39.7		15135	
45.6		13816	
49.5		13180	
53.0		12246	
54.9		11800	
58.2		10089	

6.1. Draw the table (similar to that you see right) in your answer book. Calculate the air mass for given zenith distances in 1st column, and write the result into the 2nd column.

6.2. Calculate relative magnitude of the star Δm_b (blue), and write the result into the 4th column. Use the luminescent source as standard for the relative magnitudes.

6.3. Find functional relation between Δm_b and X with a help of graphical method.

6.4. Determine the magnitude of this star as it was observed in zenith.

7. Variable star.

A variable star was explored at the RTT-150 Russian-Turkish telescope in 2003. The observations were performed during whole night at the first time, the 1st table. The brightness of the variable star was measured occasionally during the other nights, and moments of maximal values of brightness (15.59^m) were received on nights 2–5, the 2nd table. The time is in Julian days, and m_V is the yellow spectral colour magnitude.

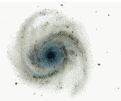
7.1. Plot the light curve (magnitude vs time function), determine the moment of maximum in the first night and write result (in Julian days) in form of « $T_0 = \dots$ ».

7.2. Calculate the period of the variable star using the data of all 5 nights. Here period means the time between two closest maximums of the brightness. But actually astronomers usually do not know how many periods were passed between two observed maximums, because appropriate weather can not be same every day and a few periods can pass between two observed maximums.

7.3. What type of variable star is this – eclipsing binary or pulsating variable star. (Write in English: **Eclipsing** or **Pulsating** respectively.)

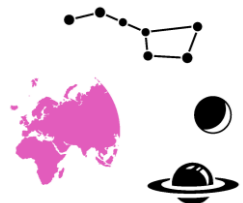
JD	m_V
2452805.3543	16.67
2452805.3712	16.57
2452805.3869	16.03
2452805.4026	15.69
2452805.4161	15.59
2452805.4512	15.80
2452805.5152	16.14
2452805.5848	16.32
2452805.6676	16.58
2452805.7734	16.68
2452805.8421	16.63
2452805.8643	16.62
2452805.9068	16.73

N	JDmax	m_V
1		15.59
2	2452830.5089	15.59
3	2452831.5772	15.59
4	2452839.5858	15.59
5	2452854.5340	15.59



Theoretical round. Problems to solve

- Noon at the Olympiad.** Yesterday, on October 16, 2015, the upper culmination of the Sun at the venue of the Olympiad was at 11:29:43 local time. Calculate as accurate as possible at what time the upper culmination of the Sun will be (or was) today.
Estimate the difference Δh in the height of the Sun at the culminations yesterday and today.
- Eclipse on the Poles.** The White Bear and the Penguin from the previous International Astronomy Olympiads returned to their poles (North and South respectively), and decided to observe an annular solar eclipse. The Penguin was lucky to see an amazing picture: at the maximum phase of the eclipse the centres of both discs, solar and lunar, appeared just on the visible horizon. And what did the Bear observe at this time? Draw what the White Bear saw at that moment, and also contour by dotted line the true positions of the Sun and the Moon. Assume that the Earth is spherical. The drawing should include an artistic picture with an image of the Bear on North Pole; necessary sizes or angular sizes should be pointed out in the picture. Recollect for yourself the necessary information about the animals.
- Close conjunction.** Some time after the events described in the previous problem (nobody knows even the order of magnitude how long after – minutes, or hours, or days, or years ...), Venus at the point of eastern elongation came to close conjunction with Mars, which was located near the aphelion of its orbit. At the same time a total lunar eclipse occurred on the Earth.
 - 3.1. Draw the corresponding scheme.
 - 3.2. Explain, which animal (sitting at the same poles) may see this lunar eclipse. (At the very end of your explanation write as answer **B+** or **B–** for the Bear and **P+** or **P–** for the Penguin.) An artistic picture of the observations of the animals is welcome.
 - 3.3. Calculate in which constellation the eclipsed Moon was observed.
 - 3.4. Estimate minimal possible time passed from the situation of the previous problem to the situation of the current one.
- Constellation of White Leopard.** According to an ancient legend of Middle Volga there was a constellation called White Leopard (Белый Барс – *Pardus Album*) in the sky in the very past, in which the number of stars were exactly equal to the number of letters in the Greek alphabet, and the stars had magnitudes α PaA – $+0.10^m$, β PaA – $+0.20^m$, γ PaA – $+0.30^m$, δ PaA – $+0.40^m$, and so on with adding 0.10^m till ω PaA. Calculate the total magnitude of the stars of this constellation.
- Spiral galaxy.** A spiral galaxy consisting mainly of A7-A8 spectral class stars was discovered in the Southern Cross (Crux) constellation. The galaxy may be seen as oval of about 40 by 30 arcsec in the sky. The broadened $H\alpha$ line is observed at wavelengths approximately from 7054 Å to 7057 Å in the spectrum of the galaxy. Other lines in the spectrum are also shifted and broadened proportionally. Estimate the number of stars in the galaxy.



XX Международная астрономическая олимпиада

XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

ЯЗЫК
language

English

Practical round. Problems to solve

6. The extinction in terrestrial atmosphere.

Extinction is a term used in astronomy to describe light attenuation due to its absorption and scattering.

A star was observed at different zenith distances during one night at the Engelgardt's Astronomical Observatory in the program of atmospheric extinction study at blue. Astronomers use parameter X , air mass, as an extinction characteristic. This parameter corresponds to relative length of the ray's way in the atmosphere. That means $X = 1$ for zenith, $X = 2/3^{1/2}$ for $z = 30^\circ$; $X = 2$ for $z = 60^\circ$ and so on.

The determination of the star's brightness was performed with the method of photon counting. The 3rd column includes number n – the quantity of photons which were detected during one second. A luminescent source was used for calibration the data of observations. It produces a stable flow of photons $N = 9900 \pm 100$ per second, which is equal to magnitude $m_b = 9.64^m$ beyond the terrestrial atmosphere.

z	X	n	Δm_b
39.7		15135	
45.6		13816	
49.5		13180	
53.0		12246	
54.9		11800	
58.2		10089	

6.1. Draw the table (similar to that you see right) in your answer book. Calculate the air mass for given zenith distances in 1st column, and write the result into the 2nd column.

6.2. Calculate relative magnitude of the star Δm_b (blue), and write the result into the 4th column. Use the luminescent source as standard for the relative magnitudes.

6.3. Find functional relation between Δm_b and X with a help of graphical method.

6.4. Determine the magnitude of this star as it was observed in zenith.

Practical round. Problems to solve

7. Spectral observations.

Astronomer performed spectral observations of a single star at the one and a half meter KFU telescope RTT-150 during a year. The spectrograms with marks of observation time are given to you for analysis (see separate sheet).

The abscissa is wavelength, the ordinate is intensity in arbitrary units. Spectra are shifted by Y -axis for better visibility. The same spectrum with laboratory wavelengths is drawn by the bold line.

It's recommended to measure at least two spectral lines for better accuracy.

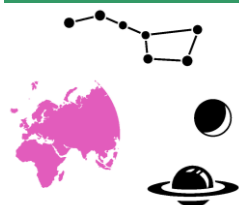
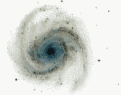
date	$\lambda(\text{measur})$	$\Delta\lambda$	V_r

7.1. Draw a table in form of the above example (columns 2, 3, 4 must be replicated as much, as many lines you measured). Calculate the radial velocity V_r of the star on each date, the results of measurements and write calculations into the table.

7.2. Plot the radial velocity curve, the graph of V_r vs time function.

7.3. Find equatorial coordinates of the star.

7.4. Indicate the accuracy of radial velocity in your measurements.



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

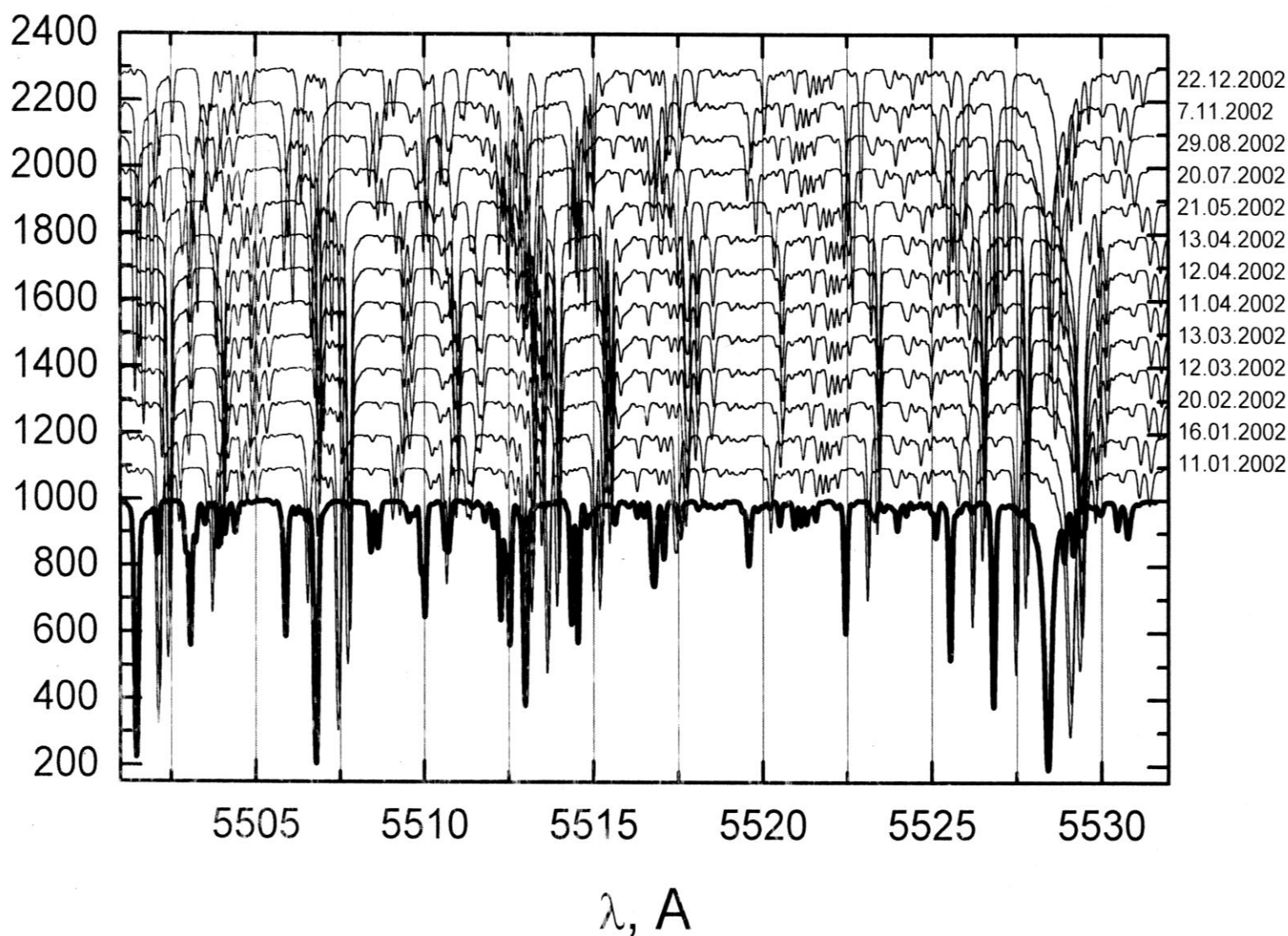
15 – 23. X. 2015

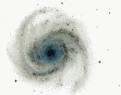
Kazan, Tatarstan, Russia

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

Рис. к задаче 7.

Fig. for problem 7.





Code of participant

Код участника

Draw number

Номер по жеребьёвке

Вопросы наблюдательного тура. Планетарий

8. Луна.

3 минуты Вам даётся на чтение задания.

Затем в течение примерно 4 минут будет дважды продемонстрирована ускоренная анимация движения Луны, причём второй раз – с паузами в начальной и конечной конфигурации.

Затем у Вас есть 2 минуты на написание ответа.

Ответ:

Определите месяц наблюдений.

9. Движение планет.

2,5 минуты Вам даётся на чтение задания.

Затем в течение примерно 5 минут будет дважды продемонстрирована ускоренная анимация движения Солнца и планет относительно звёзд, второй раз – с паузами в начальной и конечной конфигурации.

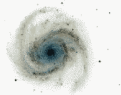
Затем у Вас есть 2 минуты на написание ответов.

Ответ:

9.1. Определите примерные (с точностью до недели) даты начала и конца показа.

Ответ:

9.2. Назовите созвездия (их стандартные трёхбуквенные обозначения), по которым движутся Марс и Венера.



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

Code of participant

Код участника

Draw number

Номер по жеребьёвке

Вопросы наблюдательного тура.
Облачное небо

Observational round. Questions.
Cloudy sky

Наблюдения в телескоп

Observations with telescope

10. Очертание.

Недавно астрономы обнаружили
новое рассеянное звёздное скопление.

10.1. Наведите телескоп на его копию.
Зарисуйте конфигурацию «звёзд».

10. Outline.

Recently, astronomers have
discovered a new open cluster.

10.1. Point the telescope to its copy.
Draw configuration of the «stars».

Ответ:

Answer

10.2. Один из астрономов узнал в
очертаниях скопления знакомое
созвездие. Напишите его стандартное
трёхбуквенное обозначение.

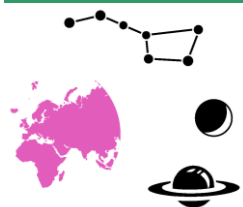
10.2. One of astronomers recognized
familiar constellation in the outlines of
the cluster. Write the standard three-
letter designation of that constellation.

Ответ:

Answer

**Максимальное время выполнения
задания – 11 минут.**

**The maximum total time for all tasks
is 11 minutes.**



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

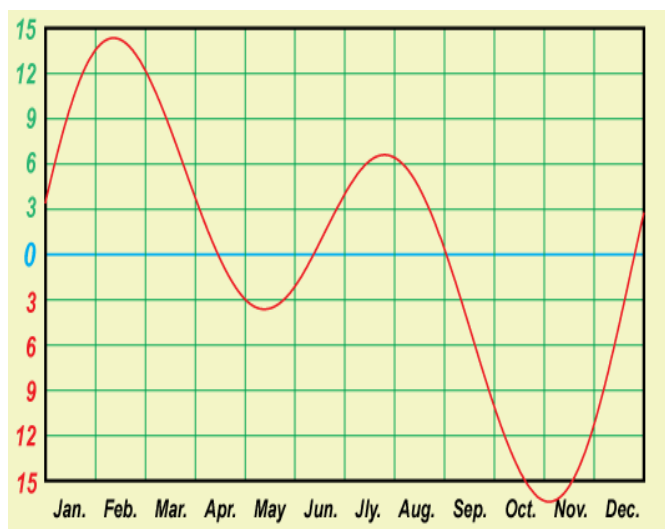
Элементы орбит и физические характеристики планет, Солнца и Луны

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 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 in astr. units	in mln. km	Sidereal (or analogous) period in tropical years	in days	Ec-centricity 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
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

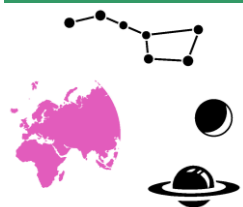
**) Для внешних планет и Луны – в среднем противостоянии.

**) For outer planets and Moon – in mean opposition.



Уравнение времени Equation of time

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



XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

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, H_0 (км/с/Мпк)	68	mean value Hubble parameter,
среднее значение	50-100	diapason of values
диапазон значений		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	1836.15	Proton-to-electron mass ratio
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)	6562.81	Laboratory wavelength of $H\alpha$ (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)
Стандартная атмосфера (Па)	101 325	Standard atmosphere (Pa)
Ослабление видимого света слоем 1 атмосферы (минимально)	19%, 0.23 ^m	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
Момент инерции сферы	$I = \frac{2}{3} MR^2$	Moment of inertia of sphere
Объём шара	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$	Volume of a ball
Площадь сферы	$S = 4\pi R^2$	Area of sphere
π	3.14159265	π
e	2.71828183	e
Золотое сечение, ϕ	1.61803399	Golden ratio, ϕ

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

XX Международная астрономическая олимпиада

XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

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 ^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
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
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
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
Поллукс	Pollux	β Gem	07 ^h 45 ^m 19 ^s	28° 01' 35"	0".097	1 ^m .14	K0
Вега	Vega	α Lyr	18 ^h 36 ^m 56 ^s	38° 47' 01"	0".123	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
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
Альдебаран	Aldebaran	α Tau	04 ^h 35 ^m 55 ^s	16° 30' 33"	0".048	0 ^m .85 ^v	K5
Спика	Spica	α Vir	13 ^h 25 ^m 12 ^s	-11° 09' 41"	0".023	0 ^m .98	B1

Некоторые другие звёзды

Some other stars

Хамаль	Hamal	α Ari	02 ^h 07 ^m 10 ^s	23° 27' 45"	0".050	2 ^m .01	K2
Полярная	Polaris	α UMi	02 ^h 31 ^m 49 ^s	89° 15' 51"	0".007	1 ^m .97 ^v	F7
Кохаб	Kochab	β UMi	14 ^h 50 ^m 42 ^s	74° 09' 20"	0".025	2 ^m .07	K4
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

Греческий алфавит

Greek alphabet

Α	α	альфа	alpha	Ι	ι	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	\omicron	омикрон	omicron	Ψ	ψ	пси	psi
Θ	θ	тета	theta	Π	π	пи	pi	Ω	ω	омега	omega

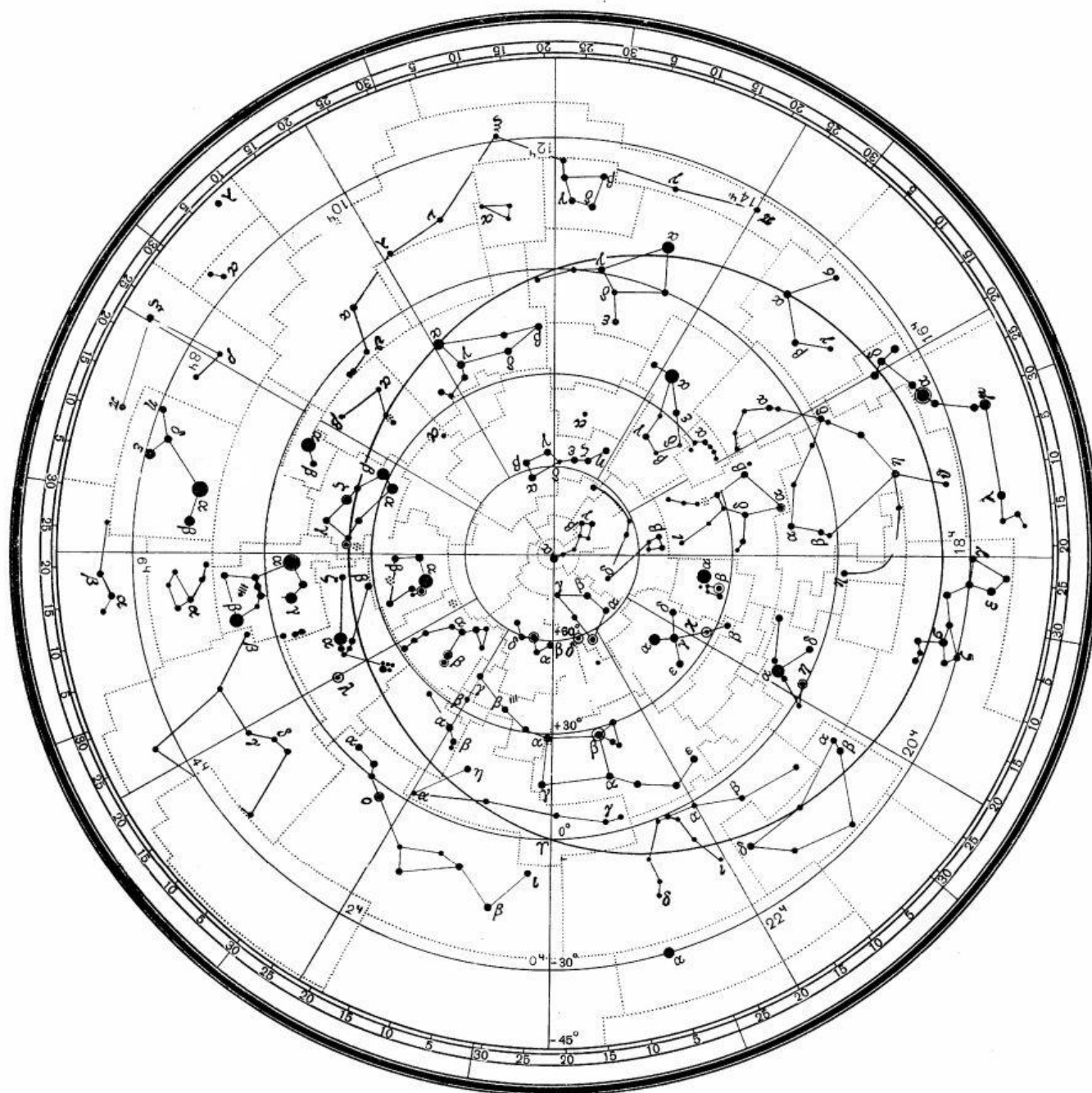
XX Международная астрономическая олимпиада
XX International Astronomy Olympiad

Россия, Татарстан, Казань

15 – 23. X. 2015

Kazan, Tatarstan, Russia

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



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

Диаграмма Герцшпрунга-Рассела

Hertzsprung-Russell diagram

