

ПЕРВАЯ

АСТРОНОМИЯ

АЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



K93

**Редакционная коллегия**  
**Школы отечественной культуры:**  
*Л.П. Казыханова, В.И. Ломаев,*  
*В.М. Обросова, С.Т. Погорелов,*

**Рекомендовано в качестве учебного пособия для  
5-7 классов общеобразовательных школ.**

**Рецензенты:**  
*профессор Института развития регионального  
образования Ю.В. Ёгоров, г.ф.-м.н.*  
*доценты кафедры астрофизики Уральского Государственного  
университета Н.Б. Шукстова, Фролова Н.Б.*

**К 933 Курляндская Г.В.**  
**Первая астрономия. Учебное пособие. — г. Екатеринбург: Банк культурной информации, 1994. — 80 с., илл.**

Данное учебное пособие — это результат двухлетней работы с учениками 5-6 классов Школы отечественной культуры (директор — Валентина Марковна Обросова).

Книга универсальна: она предназначена для самостоятельных, факультативных занятий ребят школьного возраста и для всех желающих ознакомиться с основами физики.

Пособие содержит проверяющие и обучающие тесты.

Мы сделали попытку создать учебник, по которому было бы максимально интересно и удобно работать и учителям и детям.

Г.В. Курляндская.

ББК 22.6

ISBN 5-85865-038-4

- © Г.В. Курляндская, 1994 г.
- © Школа отечественной культуры, 1994 г.
- © Банк культурной информации, 1994 г.
- © В.Г. Монахов, 1994 г., художественное оформление, компьютерный дизайн, рисунки.
- © Т.В. Богомолова, 1994 г., рисунки.

Эта маленькая книжка — сборник моих конспектов, она может быть полезна ребятам 10-12 лет при первом знакомстве с астрономией. Многие вопросы изложены неполно, т.к. мне не хотелось сильно увеличивать объем печатного материала, предназначенного для одного занятия.

Изложение отдельных частей пособия совершенно традиционно, но сама структура курса, отбор материала, тестовый вариант проверки представляют мой собственный взгляд на то, как надо знакомить ребят с астрономией и основами естествознания. Подчеркну особо, что именно астрономия дает нам возможность наиболее полно показать связи в природе, науке и истории.

В книжке даны некоторые пояснения по вопросам, не относящимся прямо к астрономии, но очень важным для того, чтобы этот курс действительно мог стать введением к развернутому курсу физики, включающему и дальнейшее изучение астрономии как самостоятельной науки.

к.ф.-м.н. Г.В. Курляндская

### **Как работать с этой книжкой**

1. Носите книжку на каждое занятие.
2. Дома: прочитайте текст нужного занятия и обязательно рассмотрите схемы, рисунки, ответьте на вопрос о том, что обозначают выделенные слова.
3. Обязательно отвечайте на все вопросы, выделенные в части „Для работы дома“.
4. Тесты содержат только материал, который есть в книжке, поэтому не бойтесь каверзных вопросов.

## ЧАСТЬ 1

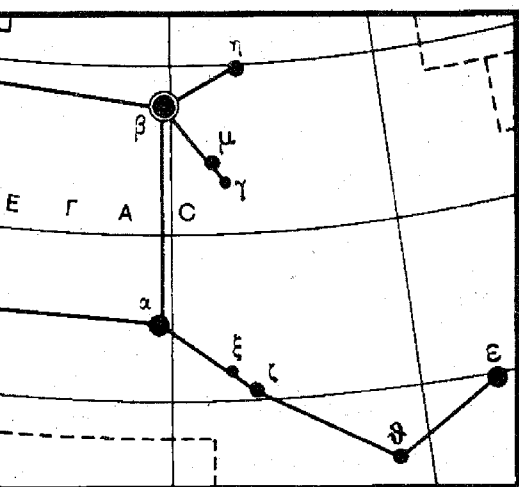
из нас не всматривался в звездное небо?! В нем и раздумья, и загадка, и красота... Красота неповторимой человеческой души и точного математического языка, уже пройденная история Человечества и его будущее.

С помощью этой маленькой книжки мы узнаем много об одной из самых древних наук — астрономии, о людях, которые горели на кострах, защищая идею своих идей, а иногда и плакали, отрекаясь от них. У каждого свой путь, и его нужно найти и пройти.

### Греческий алфавит

— альфа	$\Gamma, \iota$	— йота	$\rho, \rho$	— ро
— бэта	$\kappa, \kappa$	— каппа	$\sigma, \sigma$	— сигма
— гамма	$\lambda, \lambda$	— ламбда	$\tau, \tau$	— тау
— дельта	$\mu, \mu$	— ми(мю)	$\upsilon, \upsilon$	— ипсилон
— эpsilon	$\nu, \nu$	— ни(ню)	$\phi, \phi$	— фи
— дзета	$\xi, \xi$	— кси	$\chi, \chi$	— хи
— эта	$\omicron, \omicron$	— омикрон	$\psi, \psi$	— пси
— тэта	$\pi, \pi$	— пи	$\omega, \omega$	— омега

На обложке нашего учебника Вы видите фотографию старинной звездной карты созвездий, а слева — современную схему одного из них — созвездия Пегаса.



Десятки тысяч лет назад древние люди со страхом и восторгом смотрели на звездное небо, они научились узнавать отдельные детали его рисунка и некоторые яркие звезды. Кому-то покажется странным, что Человечество начало изучать Вселенную не с Земли — своей колыбели, а с далекого мира звезд, но это так: И мы не будем противоречить мудрости истории и посвятим наши первые астрономические занятия ЗВЕЗДАМ.

<i>ASTRON</i>	—	<i>ЗВЕЗДА</i>
<i>NOMOS</i>	—	<i>ЗАКОН</i>
<i>PHYSIS</i>	—	<i>ФИЗИКА</i>
<i>KOSMOS</i>	—	<i>МИР, ВСЕЛЕННАЯ</i>
<i>GONEIA</i>	—	<i>РОЖДЕНИЕ</i>
<i>LOGOS</i>	—	<i>ИЗУЧЕНИЕ</i>
<i>METRIA</i>	—	<i>ИЗМЕРЕНИЕ</i>

## ЗАНЯТИЕ 1.1

# ЧТО ИЗУЧАЕТ АСТРОНОМИЯ?

ASTRON + NOMOS = ASTRONOMIA

ЗВЕЗДА + ЗАКОН = НАУКА О ВСЕЛЕННОЙ

**АСТРОНОМИЯ — НАУКА О ВСЕЛЕННОЙ**

*ЗАКОН — взаимосвязь явлений окружающего нас мира, которая проявляется в определенном порядке.*

*НАУКА — система знаний о закономерностях в развитии природы, или система знаний о законах природы.*

*ВСЕЛЕННАЯ — вся окружающая нас часть мира, доступная наблюдению, в которую входят: Земля, Луна, Солнце, планеты, кометы, метеоры, звезды, облака газа и пыли.*

Астрономия изучает как Вселенную в целом, так и отдельные ее части.

### РАЗДЕЛЫ (части) АСТРОНОМИИ

АСТРОМЕТРИЯ

СЛУЖБА ВРЕМЕНИ

АСТРОФИЗИКА

КОСМОЛОГИЯ

РАДИОАСТРОНОМИЯ

КОСМОГОНИЯ

ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ

НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

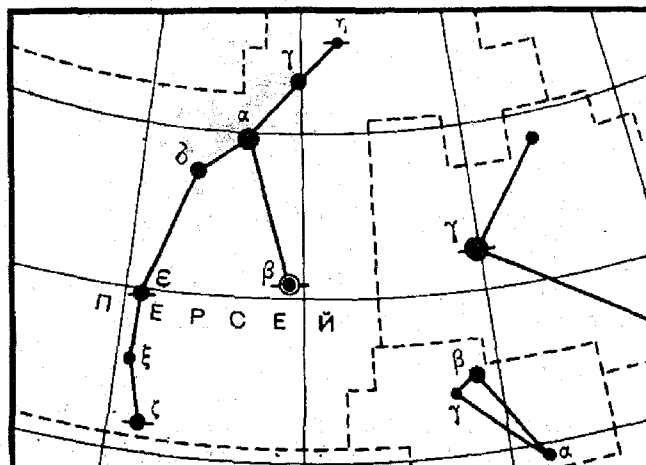
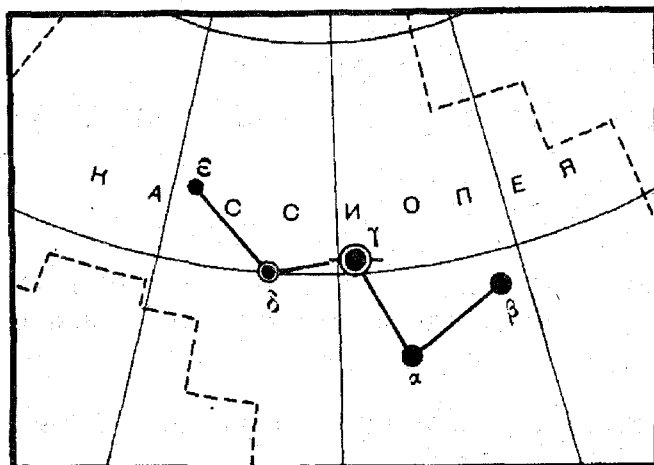
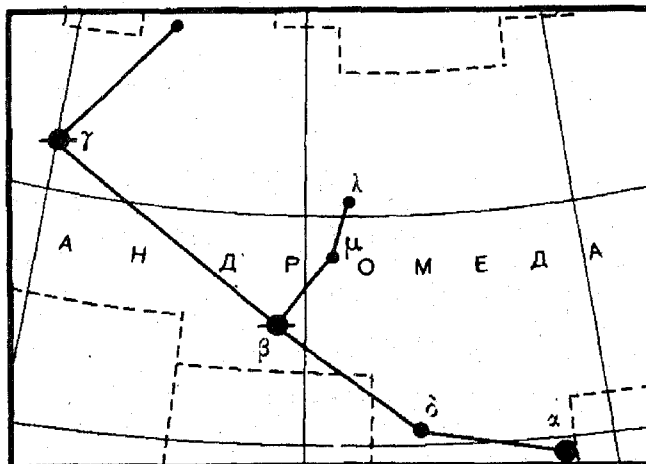
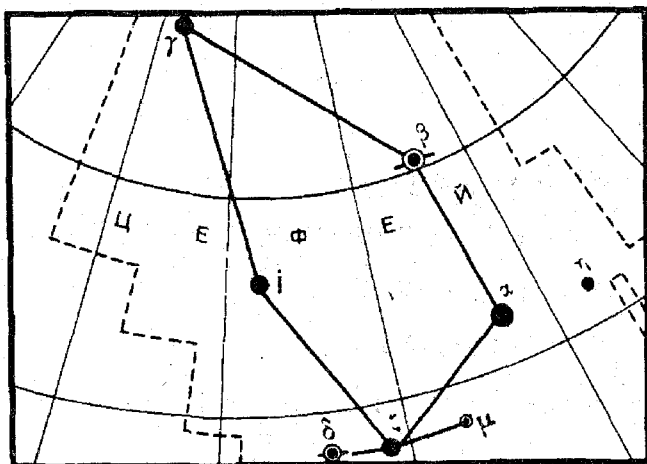
1. Выучите названия и научитесь писать первые четыре буквы греческого алфавита.
2. Приведите 1-2 примера любых законов, которые вы уже знаете.
3. Прочитайте внимательно все определения первого занятия. Попробуйте сопоставить определение Вселенной и перечисление разделов астрономии, найдите между ними связь.
4. Внимательно прочитайте и постарайтесь запомнить греческие слова, входящие в состав названий разделов астрономии.

# ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД НА ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

При нормальном зрении в ясную безлунную ночь на небе можно увидеть около 3000 звезд (в каждый данный момент времени мы наблюдаем лишь половину звездного неба), а в современные телескопы — уже миллиарды. Еще в древности люди выделили группы звезд, дали им свои названия, связали с ними мифы и легенды.

СОЗВЕЗДИЕ — отдельная группа звезд.

На самом деле созвездием обычно называют не только группу звезд, но и весь участок неба, прилегающий к ней. На звездных картах границы созвездий отмечены пунктирной линией (посмотрите на рисунки). Это схемы четырех созвездий, связанных красивейшей древней легендой, сопоставьте их со старинными рисунками на обложке нашей книжки.



### ЛЕГЕНДА О ПЕРСЕЕ И АНДРОМЕДЕ

В незапамятные времена у царя эфиопов **Цефея** была очень красивая жена — царица **Кассиопея**. Однажды Кассиопея похвастала своей красотой в присутствии nereид — мифических жительниц моря. Завистливые nereиды обиделись и пожаловались богу моря Посейдону, а он напустил на берега Эфиопии страшного кита.

Чтобы откупиться от кита, опустошавшего страну, Цефей вынужден был отдать на съедение чудовищу любимую свою дочь **Андрому**. Ее приковали к прибрежной скале и каждую минуту Андромеда ожидала появления морского страшилища.

А в это время герой древней Греции **Персей** проник на уединенный остров на краю света, где обитали три ужасные женщины — горгоны. Взгляд их превращал в камень все живое, а на голове вместо волос росли клубки копошащихся змей. Персей отсек голову одной из них по имени Медуза, из ее разрубленного тела выпорхнул крылатый конь Пегас, на котором герой и полетел домой, а смертоносную голову чудища он спрятал в мешок и взял с собой.

Пролетая над Эфиопией, Персей увидел прикованную плачущую красавицу, приготовившуюся к смерти Андрому. А к ней уже направлялся вынырнувший из морской пучины голодный кит. Храбрый Персей на крылатом коне бросился к чудовищу и направил на него леденящий взгляд мертвой головы Медузы, и зло победило зло, не причинив вреда бесстрашию и красоте.

Кит окаменел от смертоносного взгляда и превратился в небольшой каменистый остров. Персей расковал Андрому, привел ее к счастливому Цефею и женился на ней. Они прожили долгую жизнь, в любви и согласии, и на небе созвездия Персея и Андромеды всегда неразлучны.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Выучите 5-8 буквы греческого алфавита.
2. Прочитайте внимательно легенду о Персее и Андромеде и попробуйте запомнить названия всех созвездий, которые там упоминаются, и научиться их узнавать.
3. Какие еще созвездия Вы знаете, можете ли Вы найти их на небе?





## ЗАНЯТИЕ 1.3

На современных картах звездного неба выделяют 88 созвездий. Упоминание о многих из них можно встретить в Библии, у Гомера, Фалеса, Евдокса, Гиппарха. Большинство названий этих созвездий связано с древнегреческими мифами.

Вот названия 49 древнейших созвездий:

БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА, ОРИОН, ТЕЛЕЦ, БОЛЬШОЙ ПЁС, МАЛЫЙ ПЁС, ВОЛОПАС, МАЛАЯ МЕДВЕДИЦА, ДРАКОН, ГЕРКУЛЕС, ВОДОЛЕЙ, КОЗЕРОГ, СТРЕЛЕЦ, СТРЕЛА, ДЕЛЬФИН, ЗАЯЦ, ЭРИДАН, КИТ, ЮЖНАЯ РЫБА, МАЛЫЙ КОНЬ, ЦЕНТАВР, ВОЛК, ГИДРА, ЧАША, ВОРОН, ВЕСЫ, ВОЛОСЫ ВЕРОНИКИ, ЮЖНЫЙ КРЕСТ, СЕВЕРНАЯ КОРОНА, ЗМЕЕНОСЕЦ, СКОРПИОН, ДЕВА, БЛИЗНЕЦЫ, РАК, ЛЕВ, ВОЗНИЧИЙ, ЦЕФЕЙ, КАССИОПЕЯ, АНДРОМЕДА, ПЕГАС, ОВЕН, ТРЕУГОЛЬНИК, РЫБЫ, ПЕРСЕЙ, ЛИРА, ЛЕБЕДЬ, ОРЁЛ, КИЛЬ, КОРМА, ПАРУСА.

Последние три созвездия в древности составляли главную часть созвездия корабля, на котором по легенде путешествовали аргонавты.

Другие созвездия выделили в эпоху великих географических открытий. Они впервые упоминаются в отлично изданном атласе Жана Байера в 1603 году:

ПАВЛИН, ТУКАН, ЖУРАВЛЬ, ФЕНИКС, ЛЕТУЧАЯ РЫБА, ЮЖНАЯ ГИДРА, ЗОЛОТАЯ РЫБА, ХАМЕЛЕОН, РАЙСКАЯ ПТИЦА, ЮЖНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК, ИНДЕЕЦ.

Знаменитый польский астроном Гевелий в XVII веке создал великолепный атлас и составил список новых созвездий:

ЖИРАФ, МУХА, ЕДИНОРОГ, ГОЛУБЬ, ГОНЧИЕ ПСЫ, ЛИСИЧКА, ЯЩЕРИЦА, СЕКСТАНТ, МАЛЫЙ ЛЕВ, РЫСЬ, ЩИТ, ЮЖНАЯ КОРОНА.

В 1752 году французский астроном Лакайль дополнил этот список:

СКУЛЬПТОР, ПЕЧЬ, ЧАСЫ, СЕТКА, РЕЗЕЦ, ЖИВОПИСЕЦ, ЖЕРТВЕННИК, КОМПАС, НАСОС, ОКТАНТ, ЦИРКУЛЬ, ТЕЛЕСКОП, МИКРОСКОП, СТОЛОВАЯ ГОРА.

Созвездие ЗМЕИ занимает два отдельных участка неба, разделенных созвездием Змееносца, а на древних картах это было единое созвездие в виде человека, держащего змею.

Последнее (88-е) созвездие — НАУГОЛЬНИК.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Выучите 9-12 буквы греческого алфавита.
2. Прочитайте несколько раз название 88 современных созвездий и постарайтесь запомнить как можно больше из них. Сколько названий созвездий Вы знали до этого занятия?

## ЗАНЯТИЕ 1.4

### Тест 1.1

1. а.  $\gamma$ ,  
б.  $\alpha$ ,  
в.  $\beta$ ,  
г.  $\delta$
2. а.  $\eta$ ,  
б.  $\alpha$ ,  
в.  $r$ ,  
г.  $\varepsilon$
3. а. nomos - закон,  
б. metria - измерение,  
в. logos - рождение,  
г. kosmos - Вселенная.
4. а. Андромеда,  
б. Кассиопея,  
в. Каллисто,  
г. Цефей.
5. а. Персей — Андромеда,  
б. Цефей — Кассиопея,  
в. Зевс — Каллисто,  
г. Пегас — Волопас.
6. а. служба времени,  
б. небесная механика,  
в. термодинамика,  
г. астрометрия.
7. а. синтез белка,  
б. метеориты,  
в. солнечные затмения,  
г. кометы.
8. а. astron,  
б. metria,  
в. nomos,  
г. physis.
9. а. Микроскоп,  
б. Циркуль,  
в. Живописец,  
г. Большая Медведица.
10. а. Персей — Андромеда,  
б. Змея — Змееносец,  
в. Большая Медведица —  
Малая Медведица,  
г. Большая Медведица —  
Волопас.

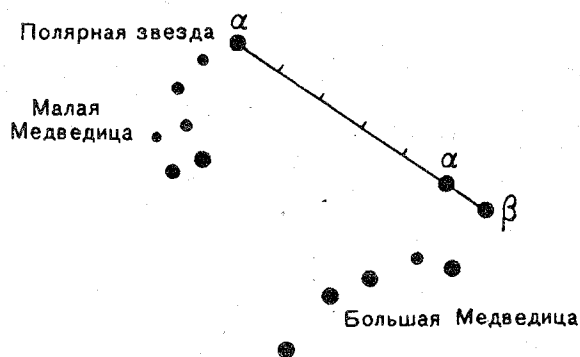
## ЗАНЯТИЕ 1.4

11. а. АСТРА,  
б. КОЛУМБ,  
в. ВОИН,  
г. ПАВЛИН.
12. а. ПАРУСА,  
б. КОМПАС,  
в. ЦИРКУЛЬ,  
г. БУКЕТ.
13. а. Лакайль,  
б. Ленский,  
в. Байер,  
г. Гевелий.
14. ПЕЧЬ, СЕТКА,  
ЦЕНТРИФУГА,  
НАУГОЛЬНИК:  
а. 0, б. 3, в. 1, г. 4.
15. а. 18 век,  
б. 12 век,  
в. 15 век,  
г. 7 век.
16. а. РАЙСКАЯ ПТИЦА,  
б. ХАМЕЛЕОН,  
в. ОРЕЛ,  
г. БЕГЕМОТ.
17. а. 600,  
б. 900,  
в. 300,  
г. 3000.
18. а. 80,  
б. 78,  
в. 40,  
г. 88.
19. Система знаний о  
закономерностях в развитии природы:  
а. наука,  
б. Вселенная,  
в. закон,  
г. созвездие.
20. а. Вулканы,  
б. Земля,  
в. Солнце,  
г. метеориты.

## ЗВЕЗДА И СОЗВЕЗДИЕ, ИЗВЕСТНЫЕ ВСЕМ

Созвездие, которое легко отыскать на небе: низко (осенью в начале вечера), в восточной стороне небосвода (весной), в западной (в конце лета), созвездие по которому мы легко находим все остальные созвездия — это БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА.

### СПОСОБ НАХОЖДЕНИЯ ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЫ



Через две крайние звезды в передней стенке ковша Большой Медведицы проводим прямую линию, которая и укажет Полярную звезду. Под Полярной звездой на горизонте находится точка Севера. Если смотреть на Полярную звезду, то лицо будет обращено к северу, за спиной — юг, направо — восток, налево — запад.

Созвездие Большой Медведицы не ограничивается семью звездами. Ковш и ручка ковша — это лишь часть медведицы. Невооруженный глаз может различить в этом созвездии до 125 звезд.

В каждом созвездии яркие звезды обозначаются буквами греческого алфавита: α (альфа), β (бета) и т.д., а если звезд в созвездии больше, чем букв в алфавите, то пользуются числовыми обозначениями: например, звезда 30 в созвездии Девы.

Однако самые яркие звезды еще с древних времен имеют свои собственные имена: альфа Ориона — Бетельгейзе, альфа Малой Медведицы — это Полярная звезда.

Все звезды ковша Большой Медведицы также имеют буквенные обозначения и собственные имена, данные им средневековыми арабскими астрономами:

Дубге (α) Мерак (β) Фегда (γ)  
Мегрец (δ) Алиот (ε) Мицар (ζ) Бенетнаш (η)

Все звезды ковша кажутся одинаково удаленными от Земли. В действительности самая близкая из них (Бенетнаш) вчетверо ближе самой удаленной (Алиота), расстояние до последней равно 60 световым годам.

### ЛЕГЕНДА О КРАСАВИЦЕ КАЛЛИСТО

Древние греки рассказывали, что всемогущий бог Зевс решил жениться на прекраснейшей нимфе Каллисто, которая была служанкой богини Афродиты. Однако ревнивая Афродита не хотела отдавать красивую служанку в жены Зевсу.

## ЗАНЯТИЕ 1.5

Пользуясь своим сверхъестественным могуществом она превратила Каллисто в безобразную медведицу.

Когда сын Каллисто, юный Аркас, увидел у дверей своего дома дикого зверя, он приготовил стрелу, чтобы убить мать — медведицу. Всемогущественный Зевс помешал преступлению, удержав руку Аркаса, а чтобы избавить Каллисто от преследований Афродиты, медведицу превратил в прекрасное созвездие и взял к себе на небо. Любимая собака Каллисто, обращенная вместе с хозяйкой, стала ее вечной спутницей в мире звезд — это Малая Медведица.

Юный Аркас был обращен в созвездие Волопаса, обреченного навеки сторожить свою мать, поэтому главная звезда в созвездии Волопаса называется Арктуром (по-гречески „арктофилакс” — страж медведицы).

### Самые яркие звезды неба

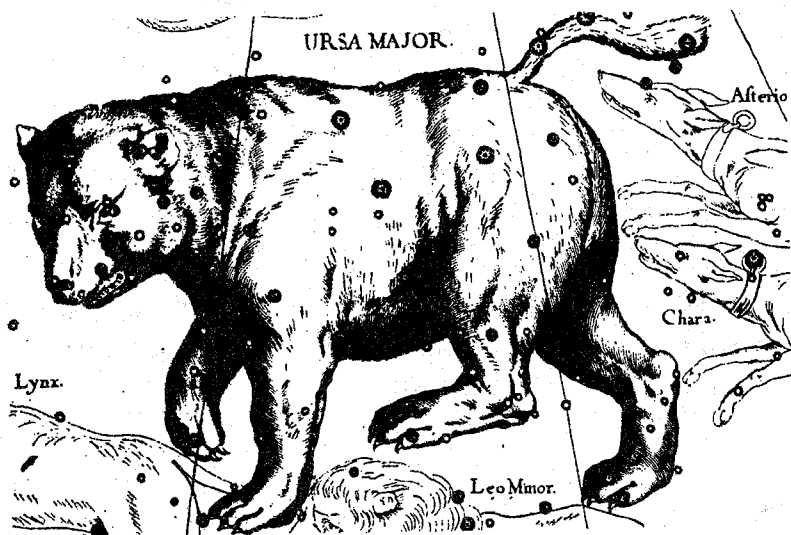
Звезды и созвездия		Видимая звездная величина	Светимость (в светимостях Солнца)	Расстояние (в световых годах)
Сириус (Б. Пес)	$\alpha$	- 1,6	22	8,8
Канопус (Киль)	$\alpha$	- 0,9	4700	188
Вега (Лиры)	$\alpha$	+ 0,1	51	26,4
Капелла (Возничий)	$\alpha$	+ 0,2	141	44,7
Арктур (Волопас)	$\alpha$	+ 0,2	107	36,2
Альфа Центавра	$\alpha$	+ 0,3	1,3	4,2
Ригель (Орион)	$\beta$	+ 0,3	81 000	1080
Процион (М. Пес)	$\alpha$	+ 0,5	7,4	11,4
Ахернар (Эридан)	$\alpha$	+ 0,6	510	102
Бета Центавра	$\beta$	+ ,9	1860	204
Альтаир (орел)	$\alpha$	+ 0,9	9,8	16,3
Бетельгейзе (Орион)	$\alpha$	+ 0,9	22 400	653
Альфа Креста	$\alpha$	+ 1,0	6200	408
Альдебаран (Телец)	$\alpha$	+ 1,1	155	68
Поллукс (Близнецы)	$\beta$	+ 1,2	32	35
Спика (Дева)	$\alpha$	+ 1,2	740	156
Антарес (Скорпион)	$\alpha$	+ 1,2	980	171
Фомальгаут (Южн. Рыба)	$\alpha$	+ 1,3	13	22,8
Денеб (Лебедь)	$\alpha$	+ 1,3	24 600	946
Регул (Лев)	$\alpha$	+ 1,3	155	84

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Выучите 13-16 буквы греческого алфавита.
2. Научитесь находить Полярную звезду и определять по ней части света.
3. Постарайтесь запомнить названия самых ярких звезд и их созвездия.

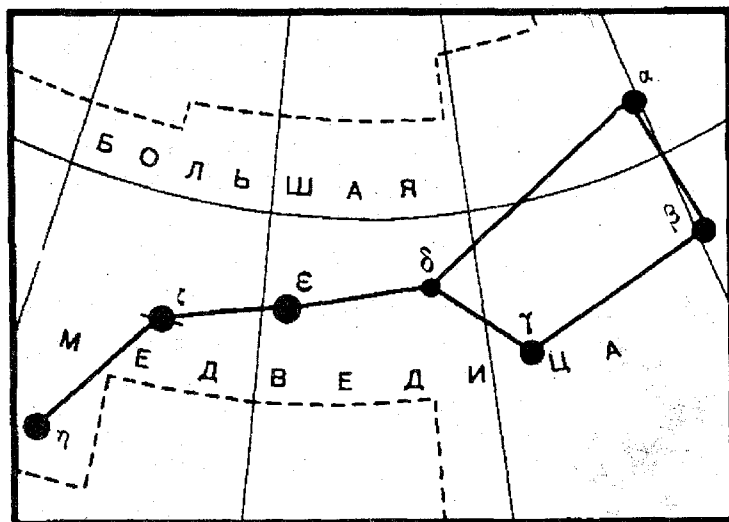
## ПОДРОБНЕЕ О БОЛЬШОЙ МЕДВЕДИЦЕ

Сравните уже знакомую нам схему созвездия Большой Медведицы и старинную звездную карту с его изображением.



Расположение семи наиболее ярких звезд очень напоминает ковш или кастрюлю. В созвездии Большой Медведицы звезды ковша самые яркие, но не самые к нам близкие. Ближайшим из солнц этого созвездия оказывается звездочка, недоступная невооруженному глазу. Астрономы не дали ей ни имени, ни буквенного обозначения: в звездном каталоге Лаланда она числится под номером 21185. „Лаланд 21185” излучает света

в 200 раз меньше, чем Солнце. Более восьми лет путешествует во Вселенной луч света, посланный с нее на Землю. Сравните: для Альфы Центавра — ближайшей к нам звезды — этот срок почти в два раза короче.



Все звезды ковша Большой Медведицы — это горячие белые звезды-гиганты с температурой поверхности около  $10000^{\circ}\text{C}$  (градусов по шкале Цельсия, т.е. по шкале такого термометра, которым Вы привыкли пользоваться каждый день), а у Бенетнаша температура поверхности даже около  $18000^{\circ}\text{C}$ . Только Дубге — гигантская оранжевая звезда, температура ее поверхности близка к  $5000^{\circ}\text{C}$  (только чуть-чуть меньше, чем у нашего Солнца).

## ЗАНЯТИЕ 1.6

Все звезды ковша кажутся нам одиночными, но если посмотреть на них в безлунную ночь, особенно в бинокль, наше внимание привлечет Мицар — средняя звезда в ручке ковша,  $\zeta$  Большой Медведицы.

Рядом с Мицаром можно заметить слабенькую звездочку — Алькор. В переводе с арабского на русский слова „Мицар“ и „Алькор“ означают „Конь“ и „Всадник“. Это самая известная и наиболее доступная для наблюдения двойная звезда, в старину по ней часто проверяли зрение у воинов: если видишь две звезды, всё в порядке, а если нет — зрение плохое.

Предполагают, что Мицар и Алькор составляют физически взаимосвязанную систему двух звезд, обращающихся вокруг общего центра, но движения этого еще никто не замечал потому, что период обращения Алькора вокруг Мицара должен составлять не менее двух миллионов лет. Заметим, что на самом деле расстояние между Мицаром и Алькором в 17 000 раз больше расстояния от Земли до Солнца, а мы видим их рядом. Но таковы уж звездные времена и расстояния!

Уже в самый простенький телескоп легко заметить, что и сам Мицар состоит из двух звезд, сливающихся для невооруженного глаза. Первым открыл это астроном Риччоли, современник великого Галилея. Но и это не все! С помощью спектрального анализа (анализа особенностей света звезды) удалось установить, что одна из этих двух звезд в свою очередь тоже является двойной — состоит из двух почти соприкасающихся звезд. Вот какая удивительная система из четырех солнц на самом деле кружится на месте казалось бы одной звезды.

Из семи звезд ковша Большой Медведицы пять очень похожи по свойствам и движутся в пространстве в одну сторону и почти с одной скоростью, поэтому можно предположить, что они — не случайные попутчицы, а **Звездный Поток**, т.е. вполне вероятно, что давно-давно эти звезды возникли вместе из одного газо-пылевого облака. Другими словами, возможно, они имеют общее происхождение.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

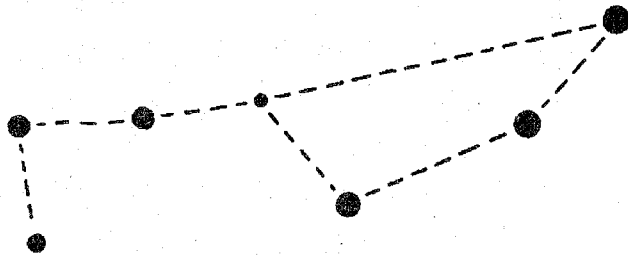
1. Выучите 17-20 буквы греческого алфавита.
2. Выучите названия, буквенные обозначения и научитесь находить каждую из семи звезд в созвездии Большой Медведицы.
3. На карте звездного неба найдите хорошо известные Вам созвездия Большой и Малой Медведицы, Кассиопеи, Персея, Андромеды, Цефея и попробуйте запомнить их расположение друг относительно друга.

## НЕПОДВИЖНЫ ЛИ ЗВЕЗДЫ?

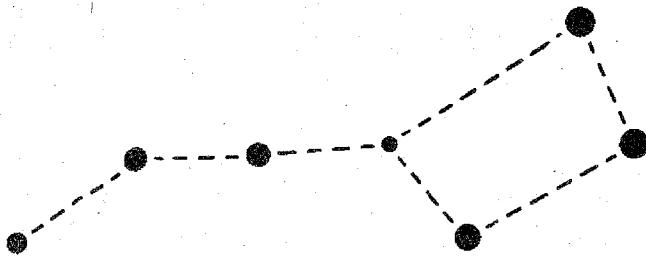
В древние времена звездам дали название „неподвижные“, желая подчеркнуть, что, в отличие от планет, они сохраняют неизменное положение на небесном своде. Буквальный смысл слова „планета“ — блуждающая звезда. Планеты непрерывно меняют свои места относительно звезд, словно что-то ищут между ними. Звезды тоже участвуют в суточном вращении всего неба, но это не нарушает их *взаимного расположения*.

Однако со временем общие контуры созвездий могут меняться — посмотрите на знакомое нам созвездие Большой Медведицы.

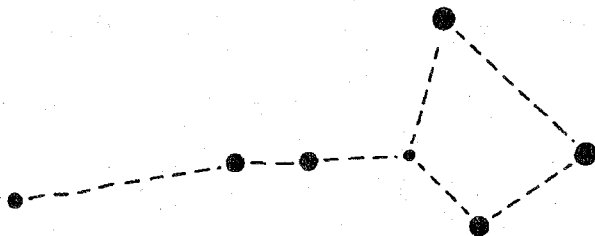
### ИЗМЕНЕНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗВЕЗД В КОВШЕ БОЛЬШОЙ МЕДВЕДИЦЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ СОБСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ



100 тысяч лет назад



В настоящее время



Через 100 тысяч лет

Сегодня ученые уже знают, что все звезды, входящие в состав нашего звездного скопления — Млечного пути — движутся одна относительно другой со скоростями в несколько десятков километров в секунду, а самые быстрые из них летят по отношению к нашему Солнцу со скоростью в несколько сотен километров в секунду. Почему же мы не замечаем этого движения? Чтобы понять это, нам пригодится умение хорошо считать.



## ЗАНЯТИЕ 1.7

Пусть скорость звезды 100 км/с (за каждую секунду звезда пролетает сто километров). Пусть расстояние от нас до звезд 800 миллионов миллионов километров (800 000 000 000 км). **Какой путь такая звезда пройдет за год?**

1 год — это 365 дней или  $365 \times 24$  часа, или  $365 \times 24 \times 60$  минут, или  $365 \times 24 \times 60 \times 60$  секунд (т.е. примерно 32 000 000).

За один год такая звезда пролетит:

$$32\,000\,000 \text{ с} \times 100 \text{ км/с} = 3\,200\,000\,000 \text{ км.}$$

Сравним это расстояние с расстоянием до самой звезды, т.е. разделим расстояние до звезды на ежегодный путь, который мы высчитали сейчас:

$$800\,000\,000\,000\,000 \text{ км} : 3\,200\,000\,000 \text{ км} = 250\,000 \text{ (раз)}$$

„Почувствовать“ эту величину можно на другом примере. Если взять линейку длиной в один километр, то смещение в 250 000 меньше будет составлять 4 мм. Очевидно, что очень трудно уловить разницу в 4 мм при длине в 1 километр.

Итак, движение неподвижных звезд — едва уловимая точнейшими приборами величина, незаметная для невооруженного глаза. Иными словами:

**звезды кажутся нам неподвижными из-за своей  
невообразимой удаленности от нас!**

Наши меры длины — километр, морская миля и т.д. — оказываются очень неудобными для небесных измерений. Чтобы не иметь дела с длинными рядами нулей в конце чисел, астрономы пользуются более крупными единицами измерения длины. Для измерений в пределах Солнечной системы пользуются астрономической единицей — средним расстоянием от Земли до Солнца, которое составляет примерно 150 млн. километров. Однако и эта мера маловата для звездных расстояний, поэтому часто пользуются другой единицей, которая называется световой год, в километрах эта мера длины выражается числом 9 460 000 000 000. Световой год — это путь, пробегаемый в пустом пространстве лучом света за год времени.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Выучите 21-24 буквы греческого алфавита.
2. Выучите определения светового года и астрономической единицы.
3. Повторите названия и внешний вид известных нам созвездий.

## ЗАНЯТИЕ 1.8

### Тест 1.2

1. а. Дубге,  
б. Мерак,  
в. Фегда,  
г. Бетельгейзе.
2. а. Сириус,  
б. Арктур,  
в. Бенетнаш,  
г. Ахернар.
3. а. 25,  
б. 125,  
в. 300,  
г. 215.
4. а. Капелла,  
б. Спика,  
в. Дубге,  
г. Денеб.
5. а. Малая Медведица,  
б. Большая Медведица,  
в. Волопас,  
г. Пегас.
6. а. Зевс,  
б. Каллисто,  
в. Аркас,  
г. Андромеда.
7. а. Бенетнаш,  
б. Дубге,  
в. Мегрец,  
г. Мицар.
8. а. Мерак,  
б. Фегда,  
в. Алиот,  
г. Мицар.
9. а. Дубге, б. Мерак,  
в. Алиот, г. Мицар.
10. а. Маленькая звезда,  
б. холодное тело,  
в. блуждающая звезда,  
г. спутница звезды.
11. а. это звезды из созвездий Большой Медведицы,  
б. это звезды из одного звездного потока,  
в. это звезды  $\alpha$  разных созвездий,  
г. это звезды, названия которым дали арабские астрономы.

## ЗАНЯТИЕ 1.8

12. Ригель, Канопус, Мерак, Фегда, Дубге:

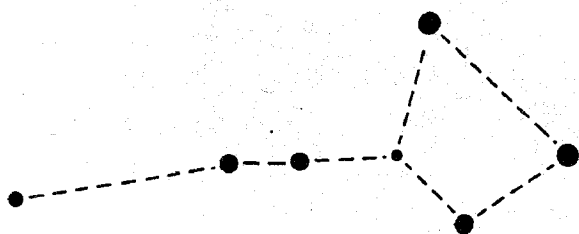
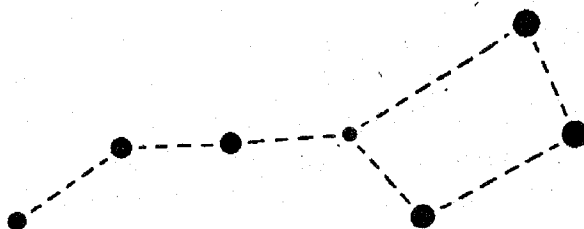
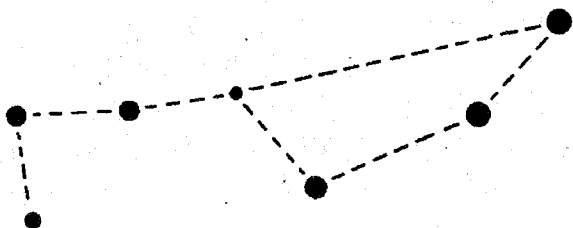
а. 0, б. 5,  
в. 2, г. 1.

13. а. несколькими десятками километров в секунду,  
б. несколькими метрам в секунду,  
в. несколькими тысячами километров в секунду,  
г. несколькими миллионами километров в секунду.

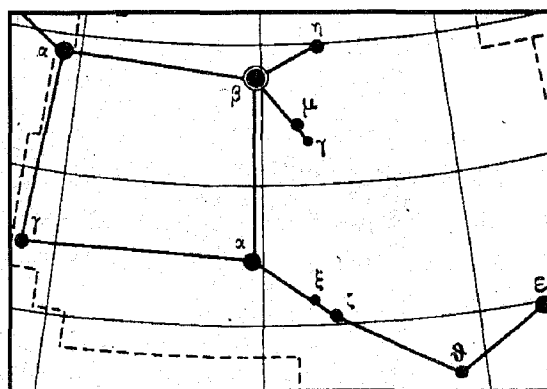
14.

а.

б.



в.



г.

15. Если смотреть на Полярную Звезду, то:

- а. лицо будет обращено к северу, за спиной — юг,  
направо — восток, налево — запад,  
б. лицо будет обращено к югу, за спиной — север,  
направо — восток, налево — запад,  
в. лицо будет обращено к северу, за спиной — юг,  
направо — запад, налево — восток,  
г. лицо будет обращено к западу, за спиной — восток,  
направо — юг, налево — север.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Напишите короткий фантастический рассказ с 2-3 астрономическими ошибками!

## ВРАЩЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Каждый день мы видим восход, движение и заход Солнца. Звезды тоже движутся по небу. Выберите какой-нибудь заметный ориентир — высокое дерево, антенну соседнего дома, заводскую трубу. Найдите знакомое Вам созвездие, запомните (или зарисуйте) как оно расположено по отношению к выбранному ориентиру, отметьте время по часам. Через 2-3 часа повторите наблюдение, вы убедитесь, что все отмеченные звезды переместятся слева направо. Небо со звездами как бы вращается вокруг нас!

Однако существует звезда, которая остается почти неподвижной в течение всей ночи! Это главная звезда созвездия Малой Медведицы — Полярная звезда. Чем ближе к ней расположены другие звезды, тем менее заметно их перемещение. Полярную звезду знают все, хотя она по своим физическим свойствам ничем не выделяется среди других звезд. Просто — это яркая звезда, которая ближе всех ярких звезд расположена к неподвижной точке нашего неба — *северному полюсу мира*. Здесь стоит отметить, что уже в бинокль можно легко найти звездочку, которая еще ближе расположена к северному полюсу мира, чем Полярная. А около трех тысяч лет назад ближе всех к неподвижной точке северного неба располагалась звезда  $\beta$  Малой Медведицы. Ее собственное имя Кохаб в переводе на русский язык означает „Звезда Севера“. В Китае  $\beta$  Малой Медведицы называют „царственной звездой“, как бы подтверждая ту особую роль, которую она играла в прошлом.

Вы уже хорошо знаете, что наша планета Земля вращается вокруг своей оси, а время одного ее оборота — это и есть одни сутки. Если мысленно продолжить ось вращения земли далеко-далеко, то она пройдет вблизи Полярной звезды, именно поэтому  $\alpha$  Малой Медведицы кажется нам неподвижной. Давайте теперь немного попутешествуем и перенесемся, например, в Австралию. На южном небе тоже есть неподвижная точка, она носит название *южного полюса мира*. Если снова далеко-далеко продлить ось вращения Земли, то она пройдет через неподвижную точку южного неба, но вблизи нее, к сожалению, нет яркой „путеводной“ звезды, какой на северном небе служит Полярная.

Если соединить две неподвижные точки неба, северный и южный полюсы мира, то мы получим прямую, которую называют *осью мира*. При наблюдении звездного неба складывается впечатление, что звезды закреплены на невидимой сфере, которая вращается вокруг оси мира, а оборот этот длится ровно сутки. На самом деле вращается не звездное небо, а наша планета Земля!

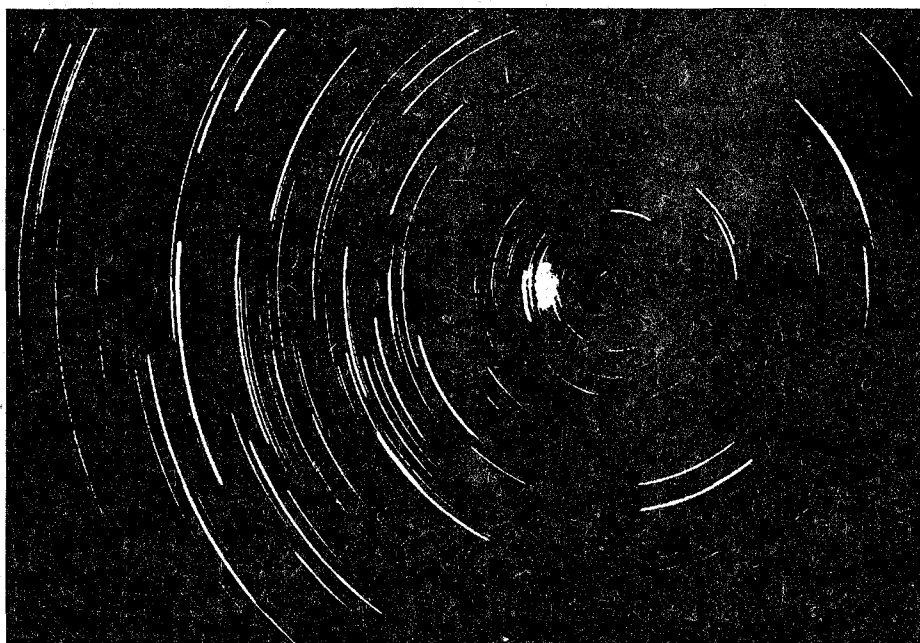
## ЗАНЯТИЕ 1.9

Вращение неба вокруг Земли — кажущееся явление, закройте глаза и кружитесь так долго, как сможете, потом откройте глаза. Кружится вся комната? Вот так и нам на космическом корабле „Земля“ кажется, что вращается звездное небо!

Вы скорее всего уже догадались, в каких точках воображаемая ось вращения земного шара пересекает поверхность земли — это Северный и Южный географические полюсы.

### Небольшое практическое задание для тех, кто умеет фотографировать.

Возьмите фотоаппарат, закрепите его неподвижно на штативе так, чтобы примерно в центр поля зрения попадала Полярная звезда. Установите объектив на „бесконечность“, а регулятор выдержек в положение „от руки“. Длительность выдержки не менее часа, поэтому снимать нужно вдали от источников света. Звезды на вашем снимке изобразятся дугами концентрических окружностей, их общий центр расположен у Полярной звезды, т.е. сама Полярная будет похожа на размытую точку.



### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Найдите астрономические ошибки в рассказе, написанном вашим товарищем. Напишите на обратной стороне листа с рассказом свои краткие пояснения, чтобы стала ясна суть ошибок и то, как их можно было бы исправить.
2. Проверьте, хорошо ли вы запомнили значение всех выделенных слов.

# ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С НЕБЕСНОЙ СФЕРОЙ

Наши далекие предки считали, что Земля находится в центре Вселенной, а кончается мир „небесной твердью“ или хрустальным куполом, в который вкраплены бриллианты звезд. Это заблуждение древних легко объяснимо, ведь каждому из нас бархатно-черное небо не раз казалось совершенным перевернутым куполом.

Астрономы для удобства рассуждений и сегодня используют воображаемую сферу любого радиуса с центром в глазу наблюдателя, они называют ее *небесной сферой*, на которую проектируются, т.е. как бы наносятся, изображения небесных светил.

**Небесная сфера — это маленькая условность, которая помогает астрономам измерять видимые положения небесных светил.**

Давайте представим, что каждый из нас и есть тот наблюдатель, который находится в центре небесной сферы. Точку, расположенную прямо у нас над головой, астрономы называют *зенитом*, а противоположную ей точку — *надиром* (посмотрите на рисунок). Как найти точки  $Z$  и  $Z'$  (зенит и надир)? Возьмите в руки отвес — веревочку с грузом, с помощью этого простейшего прибора мы легко найдем направление отвесной или вертикальной линии, которая как раз и пересекает небесную сферу в точках  $Z$  и  $Z'$ .

Проведем через центр небесной сферы плоскость, перпендикулярную отвесной линии. Окружность, по которой эта плоскость пересечет небесную сферу, называется *истинным горизонтом*, а сама плоскость — *плоскостью горизонта* (на нашем рисунке она заштрихована).

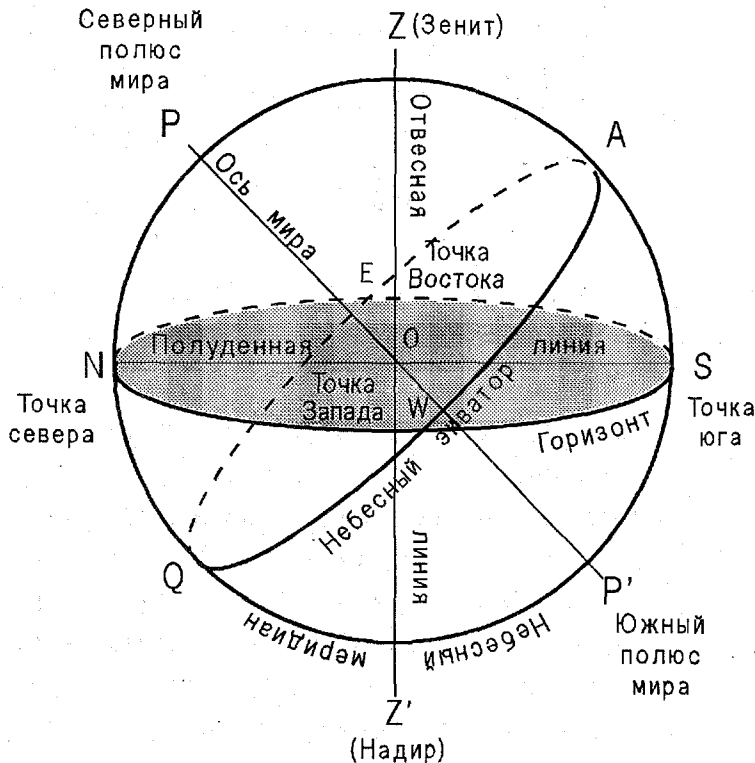
Давайте отметим на нашем рисунке северный полюс мира  $P$ , южный полюс мира  $P^1$  и ось мира  $PP^1$ . Через северный полюс мира, зенит и глаз наблюдателя проведем плоскость, которая пересечет небесную сферу по большому кругу, его называют *небесным меридианом*.

Небесный меридиан пересекается с горизонтом в двух точках: *точке севера* (под Полярной звездой) и противоположной ей *точке юга*. Посмотрите внимательно на наш рисунок и попробуйте понять, как расположены на линии горизонта *точки востока и запада*.

Если через центр небесной сферы провести плоскость, перпендикулярную оси мира, то она пересечет небесную сферу по линии, которая называется *небесным экватором*.

## ЗАНЯТИЕ 1.10

Небесный экватор делит небо на два полушария. То из них, в котором находится Полярная звезда, называется северным, а противоположное — южным.



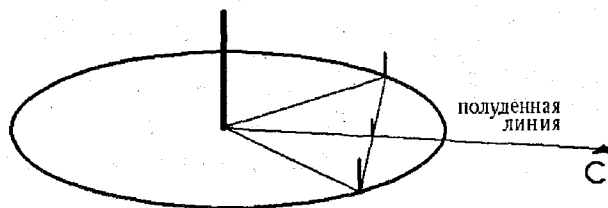
Видимые пути звезд с их кажущимся движением по небосводу параллельны небесному экватору.

Прохождение звезды через небесный меридиан называется ее *кульминацией*.

В южной части небосвода звезды, проходя через меридиан, занимают наивысшее положение над горизонтом (это *верхняя кульминация* звезды). Наоборот, на участке небесного меридиана между северным полюсом мира и точкой севера звезда, пересекая небесный меридиан, оказывается в этот момент в наинизшем положении по отношению к горизонту (это *нижняя кульминация* звезды).

### Ориентирование по полуденному Солнцу (гномон)

Прямая, соединяющая точки севера и юга, называется *полуденной линией*. В полдень тени от всех предметов падают вдоль этой линии, что очень легко проверить на опыте (см. рисунок).



### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

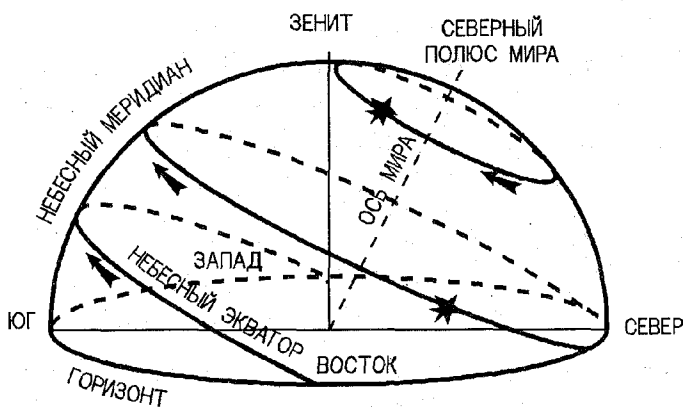
1. Прочитайте очень внимательно все выделенные слова, постарайтесь вспомнить, что они обозначают. Проверьте себя по тексту книжки и обязательно внимательно рассмотрите схему, приведенную на этой странице.

# ЗВЕЗДНОЕ НЕБО В РАЗНЫХ МЕСТАХ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Существуют звезды, близко расположенные к северному полюсу мира, которые никогда не заходят за горизонт в наших широтах. Их так и называют — *незаходящие* звезды (например, это звезды Малой и Большой Медведицы, Кассиопеи, Дракона, Цефея).

А вот многие звезды южного полушария неба над нашей страной никогда не восходят — это *невосходящие* звезды.

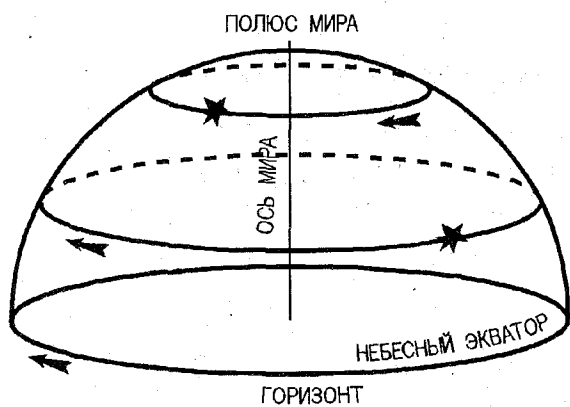
В разных местах Земли созвездия расположены по-разному относительно горизонта, в зависимости от *географической широты* места наблюдения.



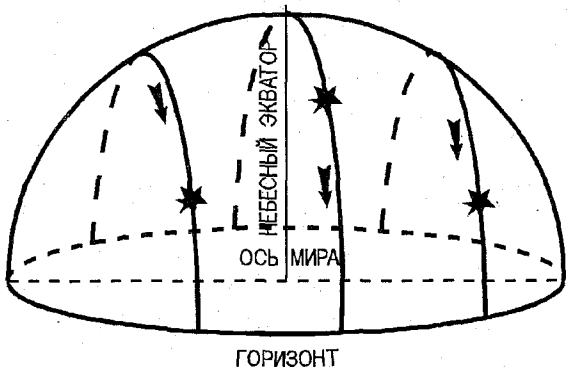
При путешествии вдоль какого-нибудь географического меридиана легко заметить, что меняется высота Полярной звезды над горизонтом, по мере продвижения на юг она уменьшается и полярная звезда постепенно приближается к горизонту. При путешествии на север Полярная звезда приближается к зениту.

## ВЫСОТА над горизонтом СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА МИРА,

рядом с которой находится  
Полярная звезда, всегда  
РАВНА ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ  
ШИРОТЕ  
места наблюдения.



Географическая широта Северного полюса Земли равна девяноста градусам (90 град), т.е. в географической точке Северного полюса совпадут зенит и полюс мира, небесный экватор здесь совпадет с линией горизонта. Поэтому



Сверху вниз: схема видимого движения звезд относительно горизонта для наблюдателя в средних широтах; для наблюдателя на полюсе Земли; для наблюдателя на экваторе Земли.



## ЗАНЯТИЕ 1.11

звезды на Северном полюсе „водят хоровод“ — всегда перемещаются по путям, параллельным горизонту. Здесь бессмысленно говорить о кульминациях звезд, ведь их высоты не изменяются в течение суток. Все звезды северного полушария неба на Северном полюсе будут незаходящими, а южного — невосходящими.

На Северном полюсе Земли теряет смысл понятие сторон горизонта — двигаться с Северного полюса можно только вдоль какого-нибудь географического меридиана (в любом направлении), т.е. на юг.

На Южном полюсе Земли наблюдатель увидит очень похожую картину: над головой будут видны только звезды южного полушария неба, а южный полюс мира совпадет с зенитом, и все звезды в течение суток будут описывать круговые пути, параллельные горизонту.

Совершенно иная картина будет наблюдаться на земном экваторе, где географическая широта всех точек равна нулю, следовательно равна нулю и высота северного полюса мира. Полюсы мира на земном экваторе совпадут с точками севера и юга, а небесный экватор перпендикулярен горизонту и пройдет через зенит.

Отсюда следует, что все звезды для наблюдателя на земном экваторе будут двигаться по окружностям, плоскости которых перпендикулярны горизонтальной плоскости.

На земном экваторе нет невосходящих звезд, здесь все звезды в течение суток дважды пересекают линию горизонта. Если бы не было Солнца, из-за которого нельзя видеть звезды днем, то за сутки можно было бы увидеть все звездное небо.

Для того, чтобы найти любую точку на поверхности Земли быстро и просто, люди придумали географические координаты — широту и долготу этой точки. Для любой точки на небе ученые-астрономы тоже могут определить координаты, но называются они — *небесные экваториальные координаты*, их тоже две: прямое восхождение и склонение небесного светила, но о смысле этих координат мы поговорим в следующей части нашей книжки.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Какие звезды называются незаходящими, а какие невосходящими?
2. Рассмотрите очень внимательно схему видимого движения звезд для наблюдателя в разных широтах, постарайтесь понять ее и запомнить.

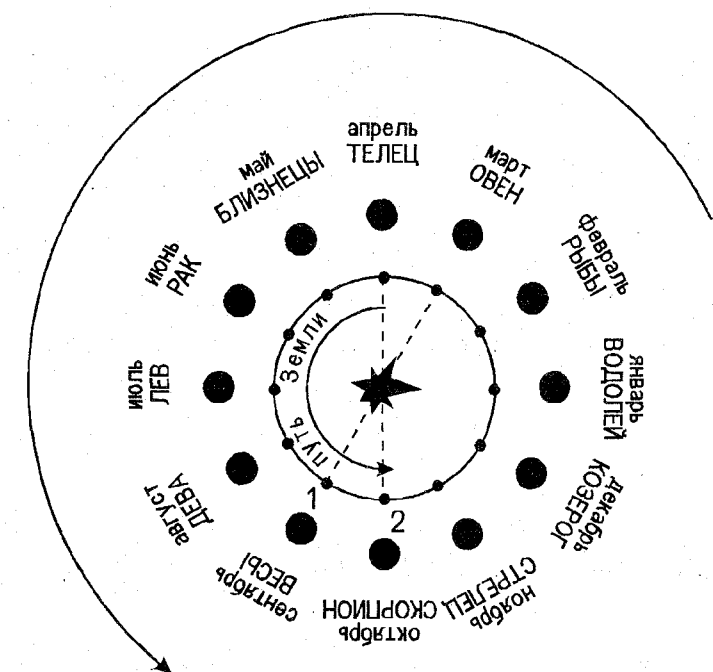
# ПОЧЕМУ И КАК МЕНЯЕТСЯ ВИД ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Земля вращается вокруг Солнца, поэтому в разное время года при наблюдении с Земли Солнце как бы движется на фоне разных созвездий. Днем мы обычно не видим звезд на небе — нам мешает освещенная атмосфера Земли: частицы воздуха так рассеивают солнечные лучи, что получается больше рассеянного света, чем посылают нам звезды.

Созвездие, в котором в данный момент находится Солнце (на которое Солнце проектируется с Земли), недоступно наблюдению, оно восходит и заходит вместе с Солнцем и кульминирует в полдень. Наоборот, противоположное Солнцу созвездие (например созвездие Близнецов в декабре) обычно видно всю ночь и кульминирует в полночь.

Путь, по которому Солнце перемещается на фоне созвездий, называется эклиптической.

На звездном небе эклиптика проходит по 12 созвездиям, которые называются зодиакальными, или просто Зодиаком. Греческое слово *Zodiakos* происходит от *зоон* — животное, *зодиак* — пояс зверей.



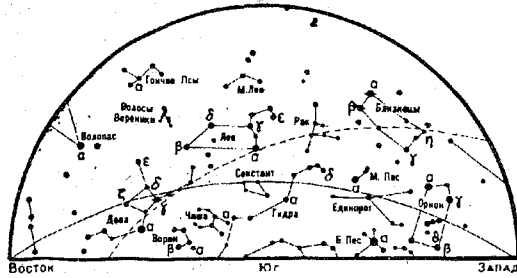
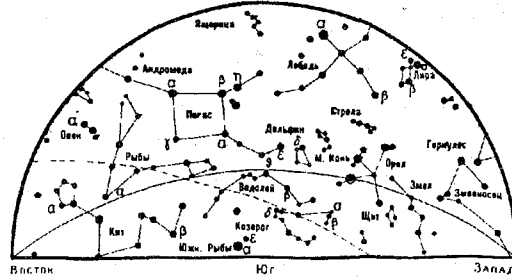
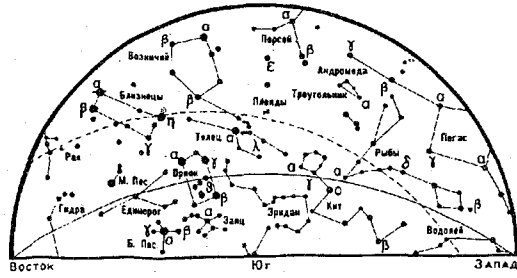
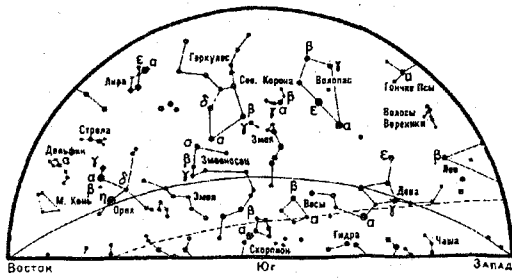
Принцип двенадцатичности универсален, он используется у многих народов: вспомните 12 подвигов Геракла, как пример задач, которые нужно решить для того, чтобы стать героем, 12 колен Израиля, 12 учеников Иисуса Христа...

Солнце не только движется вместе со звездами в течение суток, восходя на востоке и заходя на западе, но еще и медленно перемещается из созвездия в созвездие в обратном направлении — с запада на восток. Начальная точка зодиакального круга — точка весеннего равноденствия, а Овен — первое зодиакальное созвездие.

Давайте внимательно рассмотрим рисунок на этой странице и попробуем понять причину того, что в разное время года по вечерам на небе наблюдаются разные созвездия. Пусть первое наблюдение мы проводим в марте, Земля находится в точке 1, тогда Солнце проектируется на ту часть небесной сферы, которая соответствует созвездию Овна. Пройдет месяц, Земля сместится в точку 2, а Солнце будет проектироваться на область небесной сферы, соответствующую созвездию Тельца и так далее...

На следующих четырех рисунках можно хорошо проследить сезонные перемещения картины звезд. Если в течение года по вечерам наблюдать звезды, то можно познакомиться со всеми созвездиями, доступными наблюдению в данной точке Земли.

## ЗАНЯТИЕ 1.12



Вверху слева — созвездия, видимые в средних широтах в южной половине неба летом.  
 Внизу слева — созвездия, видимые в средних широтах в южной половине неба осенью.  
 Вверху справа — созвездия, видимые в средних широтах в южной половине неба зимой.  
 Внизу справа — созвездия, видимые в средних широтах в южной половине неба весной.

### Знаки зодиакальных созвездий

<p>♈ Овен (а также точка весеннего равноденствия)</p> <p>♉ Телец</p> <p>♊ Близнецы</p> <p>♋ Рак (а также точка летнего солнцестояния)</p> <p>♌ Лев (а также знак восходящего узла орбиты)</p> <p>♍ Дева</p>	<p>♎ Весы (а также точка осеннего равноденствия)</p> <p>♏ Скорпион</p> <p>♐ Стрелец</p> <p>♑ Козерог (а также точка зимнего солнцестояния)</p> <p>♒ Водолей</p> <p>♓ Рыбы</p>
---	---

Число зодиакальных созвездий (12) равно числу месяцев в году. Каждый месяц обозначается знаком созвездия, в котором Солнце находится в этом месяце.

На самом деле Солнце в настоящее время каждый месяц бывает в двух смежных созвездиях, но для месяцев люди сохранили привычные обозначения (март — Овен, апрель — Телец и т.д.)

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Что называется кульминацией звезды? Встречалось ли Вам это слово в другом значении.
2. Запомните названия зодиакальных созвездий, их знаки и месяцы, которые им соответствуют.

## ЗАНЯТИЕ 1.13

### Тест 1.3

1. а. надир,  
б. северный полюс мира,  
в. южный полюс мира,  
г. зенит.
2. а. направлением оси вращения  
звездного неба,  
б. полуденной линией,  
в. небесным экватором,  
г. небесным меридианом.
3. а. точкой юга,  
б. точкой севера,  
в. зенитом,  
г. надиром.
4. а. верхнее и нижнее,  
б. правое и левое,  
в. западное и восточное,  
г. северное и южное.
5. а. небесному экватору,  
б. небесному меридиану,  
в. оси мира,  
г. линии горизонта.
6. а. незаходящие звезды,  
б. невосходящие звезды,  
в. неподвижные звезды,  
г. звезды, расположенные  
на небесном экваторе.
7. а. на полюсе Земли,  
б. в точке юга,  
в. в точке севера,  
г. на земном экваторе.
8. а.  $90^\circ$ , б.  $0^\circ$ , в.  $45^\circ$ , г.  $30^\circ$ .
9. а. небесный экватор,  
б. небесный меридиан,  
в. эклиптика,  
г. линия горизонта.
10. а. Индеец,  
б. Южный Треугольник,  
в. Феникс,  
г. Скорпион.
11. а. Рак,  
б. Лев,  
в. Телец,  
г. Ожняя Гидра.

## ЗАНЯТИЕ 1.13

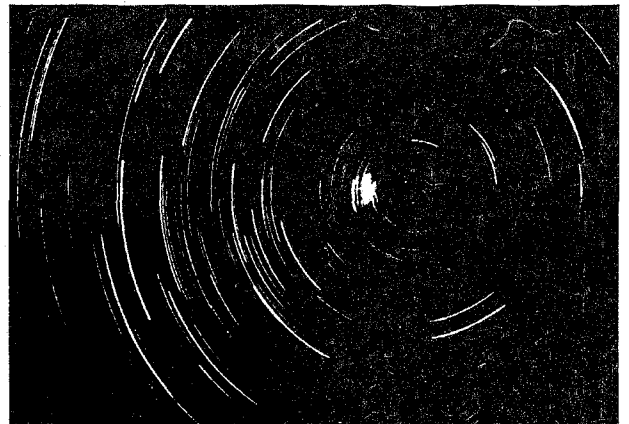
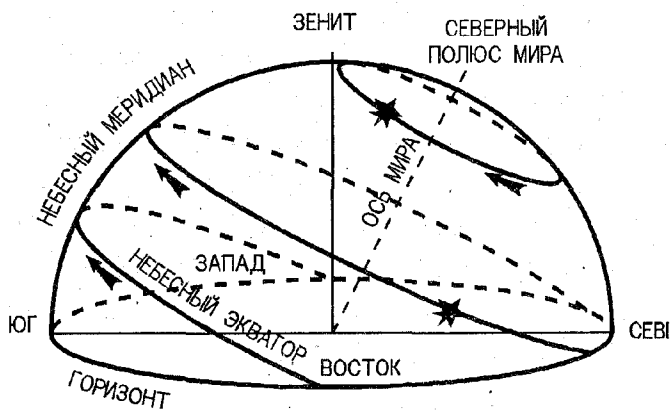
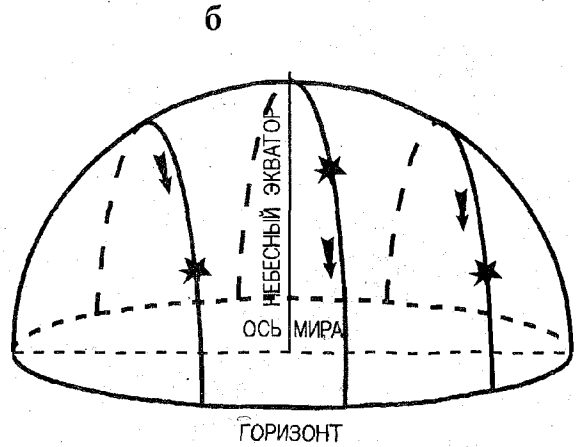
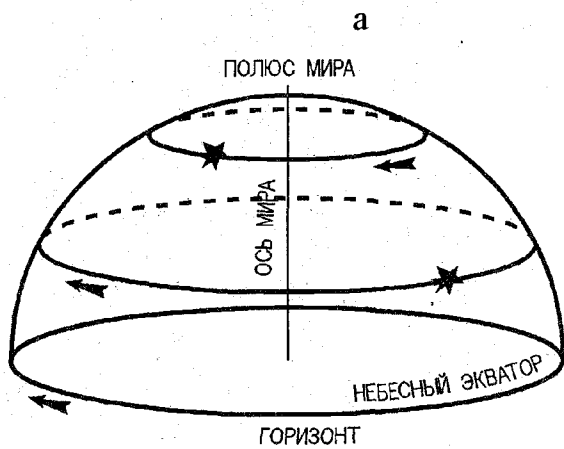
12. 

- а. Весы,
- б. Скорпион,
- в. Стрелец,
- г. Козерог.

13. а. Козерог — декабрь,  
 б. Овен — март,  
 в. Близнецы — май,  
 г. Лев — январь.

14. а. кульминацией,  
 б. зенитом,  
 в. надиром,  
 г. зодиаком.

15. СХЕМА ВИДИМОГО ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ДЛЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ НА Э К В А Т О Р Е ЗЕМЛИ



в

г

## ЗАНЯТИЕ 1.13

### Тест 1.3

1. а. надир,  
б. северный полюс мира,  
в. южный полюс мира,  
г. зенит.
2. а. направлением оси вращения  
звездного неба,  
б. полуденной линией,  
в. небесным экватором,  
г. небесным меридианом.
3. а. точкой юга,  
б. точкой севера,  
в. зенитом,  
г. надиром.
4. а. верхнее и нижнее,  
б. правое и левое,  
в. западное и восточное,  
г. северное и южное.
5. а. небесному экватору,  
б. небесному меридиану,  
в. оси мира,  
г. линии горизонта.
6. а. незаходящие звезды,  
б. невосходящие звезды,  
в. неподвижные звезды,  
г. звезды, расположенные  
на небесном экваторе.
7. а. на полюсе Земли,  
б. в точке юга,  
в. в точке севера,  
г. на земном экваторе.
8. а.  $90^\circ$ , б.  $0^\circ$ , в.  $45^\circ$ , г.  $30^\circ$ .
9. а. небесный экватор,  
б. небесный меридиан,  
в. эклиптика,  
г. линия горизонта.
10. а. Индеец,  
б. Южный Треугольник,  
в. Феникс,  
г. Скорпион.
11. а. Рак,  
б. Лев,  
в. Телец,  
г. Ожняя Гидра.

## ЗАНЯТИЕ 1.13

12.



- а. Весы,
- б. Скорпион,
- в. Стрелец,
- г. Козерог.

13.

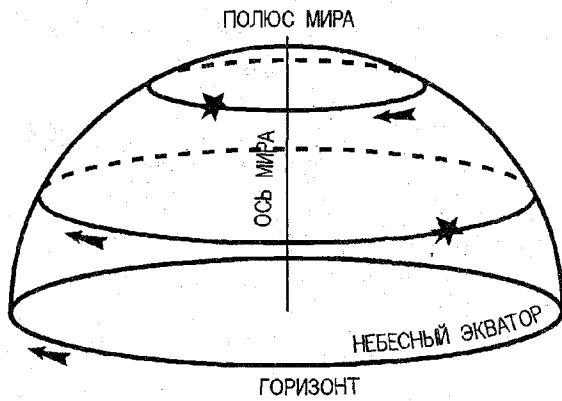
- а. Козерог — декабрь,
- б. Овен — март,
- в. Близнецы — май,
- г. Лев — январь.

14.

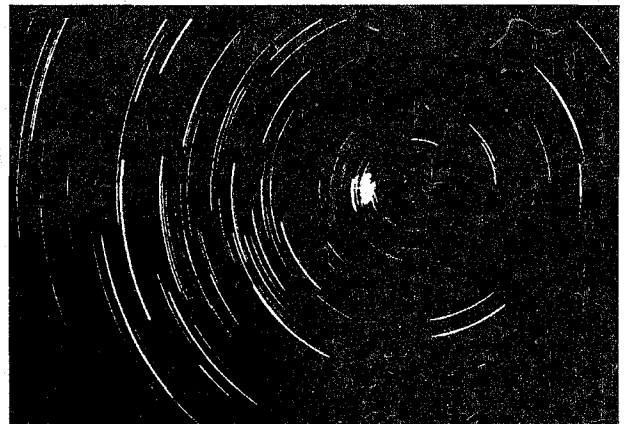
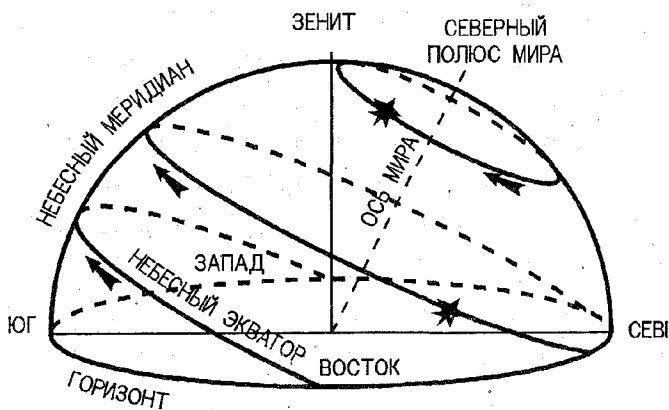
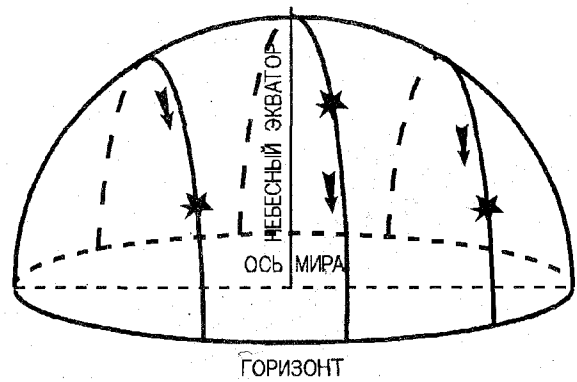
- а. кульминацией,
- б. зенитом,
- в. надиром,
- г. зодиаком.

15. СХЕМА ВИДИМОГО ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ДЛЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ НА ЭКВАТОРЕ ЗЕМЛИ

а



б



в

г

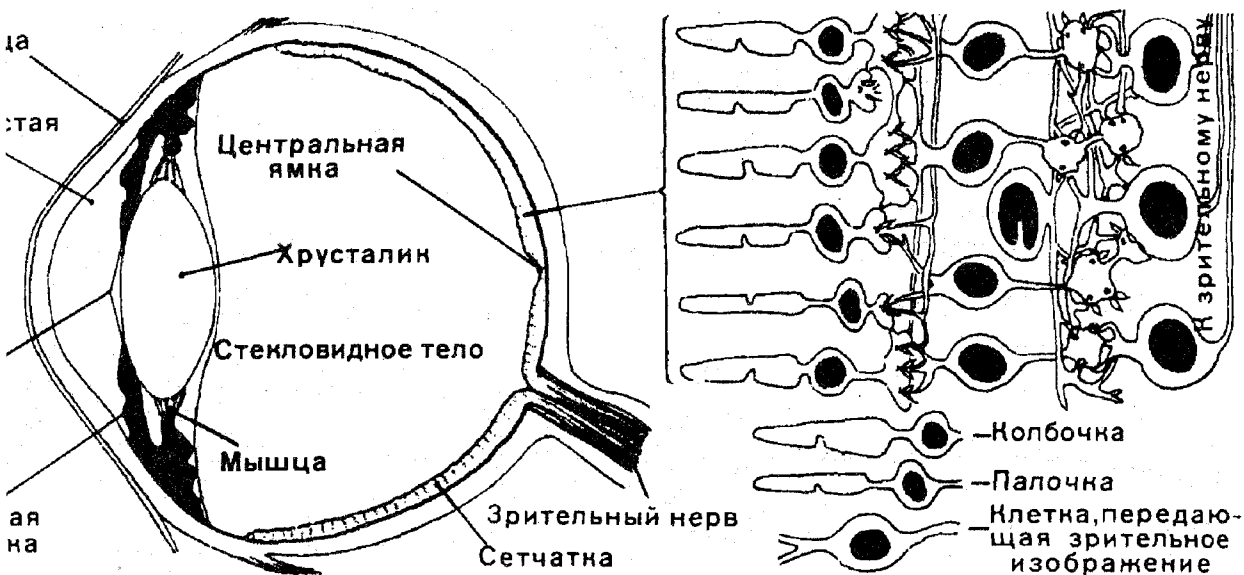
## ЗАНЯТИЕ 1.14

# НЕСКОЛЬКО СЛОВ О ПРОСТЕЙШИХ ПРИБОРАХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

## ГЛАЗ

В этой части наших занятий мы поговорим только о визуальных наблюдениях, таких наблюдениях, при которых конечным приемником света небесных тел являются *глаз*.

Глаз человека — удивительный физический прибор. Знание его возможностей, принципов действия и недостатков очень помогает естествоиспытателю.



Передняя часть самой внешней оболочки глаза называется *роговицей*: она выпуклая и по форме близка к шаровой поверхности. Внутренняя оболочка, богатая питающими его кровеносными сосудами, называется *сосудистой оболочкой*. У разных людей передняя часть сосудистой оболочки имеет разную окраску — это *радужная оболочка*. В центре радужной оболочки выделяется круглое отверстие — *зрачок*. Он играет роль диафрагмы: когда в глаз проникает яркий свет, особые мышцы уменьшают величину зрачка, и наоборот, расширяют его в темноте. В обычной обстановке при нормальном освещении диаметр зрачка колеблется около 5 мм, а при ночных наблюдениях он увеличивается до 7-8 мм.

Ближе к зрачку примыкает самая удивительная деталь глаза — *хрусталик*. Природа создала эту естественную линзу очень прозрачной. Кроме хрусталика, на которых закреплен хрусталик, способны сжимать и растягивать хрусталик те же мышцы, на которых закреплен хрусталик, способны сжимать и растягивать хрусталик. Так, что на *сетчатке*, составляющей внутреннюю поверхность глаза, всегда проецируются четкие изображения предметов, на которые мы смотрим. Эта способность нашего глаза называется *аккомодацией*.



## ЗАНЯТИЕ 1.14

Между хрусталиком и сетчаткой расположено *стекловидное тело* — очень прозрачная студенистая масса, которая почти беспрепятственно пропускает лучи света к сетчатке. Зрительный нерв входит в глаз через отверстие, называемое *слепым пятном*. Часть глаза в области слепого пятна совершенно нечувствительна к свету. Зато остальная часть сетчатки покрыта светочувствительными нервными клетками двух сортов — *колбочками и палочками*.

Палочки более чувствительны к свету, чем колбочки, но с помощью колбочек мы различаем окраску предметов. Без них окружающий нас мир был бы серо-черным. Вспомните сумерки, когда слабое освещение почти не воздействует на малочувствительные колбочки, тогда меркнет и богатая дневная гамма красок.

Светочувствительные клетки расположены по сетчатке неравномерно — напротив зрачка преобладают колбочки, а на краях больше палочек. Этим обстоятельством объясняется эффект бокового зрения, которым часто пользуются астрономы:

**чтобы лучше видеть слабо светящуюся звезду, нужно смотреть на нее несколько вбок, тогда изображение звезды получается на богатой палочками части сетчатки, и мы видим ее вполне отчетливо.**

Глазу человека свойственны недостатки. Например, мы всегда видим звезды лучистыми, а не светящимися точками. Связано это с недостаточной прозрачностью хрусталика и стекловидного тела, а также с неровностями на границе зрачка. Известный физик Гельмгольц писал об этом: „Изображения световых точек, получаемых в глазу, неправильно лучисты. Причина этого лежит в хрусталике, волокна которого расположены лучисто по шести направлениям. Те лучи, которые кажутся нам исходящими из светящихся точек (например, из звезд) — не более, как проявление лучистого строения хрусталика“.

Есть очень простой способ избавиться от этого недостатка, указанный 400 с лишним лет назад великим Леонардо да Винчи: „Посмотри на звезды без лучей. Этого можно достигнуть, наблюдая их сквозь малое отверстие, сделанное концом тонкой иглы и помещенное вплотную к глазу. Ты увидишь звезды столь малыми, что ничто другое не может казаться меньше“. Этому способу есть очень простое объяснение: смотря сквозь маленькое отверстие, мы пропускаем в глаз лишь тонкий световой пучок, проходящий через центр хрусталика, где он не подвергается воздействию лучистой структуры.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Выучите названия и назначение всех частей глаза человека.
2. Попробуйте избавиться от лучистости звезд способом Леонардо да Винчи.

## ЗАНЯТИЕ 1.15

# НЕДОСТАТКИ НАШЕГО ЗРЕНИЯ (окончание)

а мы щурился, лучистость звезд увеличивается, это явление уже не обусловлено строением хрусталика, а обусловлено необычным поведением света в пределах человеческого глаза. В физике такое поведение света называется „дифракция“, о смысле которого мы поговорим гораздо позже — в курсе оптики. А пока нам достаточно понять, что чем гуще ресницы, тем более резкие лучистые картины мы можем наблюдать.

Чувствительность глаза человека неодинакова по отношению к лучам разного цвета: он наиболее чувствителен к зеленым лучам, а вот радиоволны не чувствует совсем. Визуальное определение цвета звезд почти всегда субъективно, т.е. сильно зависит от наблюдателя. Особенно сильно это проявляется при исследовании двойных звезд.

У человеческого глаза есть интересные свойства, которые называли эффектами Пуркинье. Они заключаются в том, что при сравнении двух одинаково слабых звезд голубая будет казаться ярче красной (Галлисо), а при сравнении двух одинаково ярких звезд наблюдается противоположный эффект.

Если из ярко освещенной комнаты перейти в темную, глаз долго не может приспособиться к темноте, только спустя некоторое время он приобретает нужную чувствительность. Это свойство глаза получило название **адаптации**. Известный итальянский исследователь Марса (его имя Скиапарелли), о котором говорили, что он обладает „орлиным зрением“, всегда использовал свойство адаптации. Прежде, чем приступить к наблюдениям в телескоп, он целый час сидел с закрытыми глазами в совершенно темной комнате.

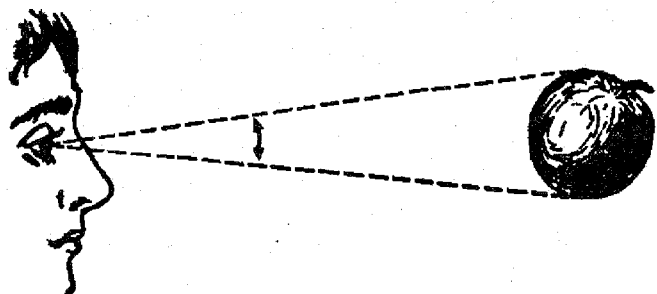
Способности нашего глаза ограничены и в способности различать в отдельности звезды, которые достаточно близки друг к другу на небе. Для всех предметов существует критическое расстояние, начиная с которого глаз перестает различать детали предмета. Например, для точки в нашей книжке такое расстояние примерно 4 метра, т.е. при нормальном зрении две близко расположенные точки на расстоянии в 4 метра мы будем воспринимать как целое.

Особенность зрения связана с тем, что, если лучи от краев предмета попадают в одну и ту же колбочку или палочку, то предмет воспринимается без деталей.

Видимый размер светил астрономы определяют величиной того угла, под которым мы их видим. „Углом зрения“ называют угол, который составляют две прямые, проведенные к глазу от крайних точек рассматриваемого тела. Углы, как вы помните, измеряются градусами, минутами и секундами. Например, на небе видимой величине лунного диска астроном не скажет, что диск равен 31 или пяти сантиметрам, а ответит, что он равен половине градуса. Это

## ЗАНЯТИЕ 1.15

значит, что прямые линии, проведенные от краев лунного диска к нашему глазу, составляют угол в полградуса. Это единственно правильное определение видимых размеров.



У современных профессиональных астрономов есть много оптических средств для изучения Вселенной (однако, в сущности, роль их заключается в усовершенствовании нашего зрения, в преодолении недостатков человеческого глаза).

Самые доступные для простых наблюдений любительские приборы — это призмный бинокль и школьный телескоп. Преимущества перед глазом и бинокля, и телескопа во многом похожи, поэтому чуть позже мы поговорим подробнее о телескопе, а здесь заметим только, что

астрономические наблюдения с биноклем без его укрепления на штатив или опоры почти полностью обесцениваются,

потому что руки быстро устают, начинают дрожать, наблюдатель видит прыгающие изображения звезд, что исключает внимательные исследования.

Наиболее доступен шестикратный бинокль, с помощью которого можно увидеть около полумиллиона звезд (сравните с 6000 звезд, которые видны невооруженным глазом). Что касается театральных биноклей, то их оптические качества очень невелики и астрономические наблюдения с ними почти невозможны.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

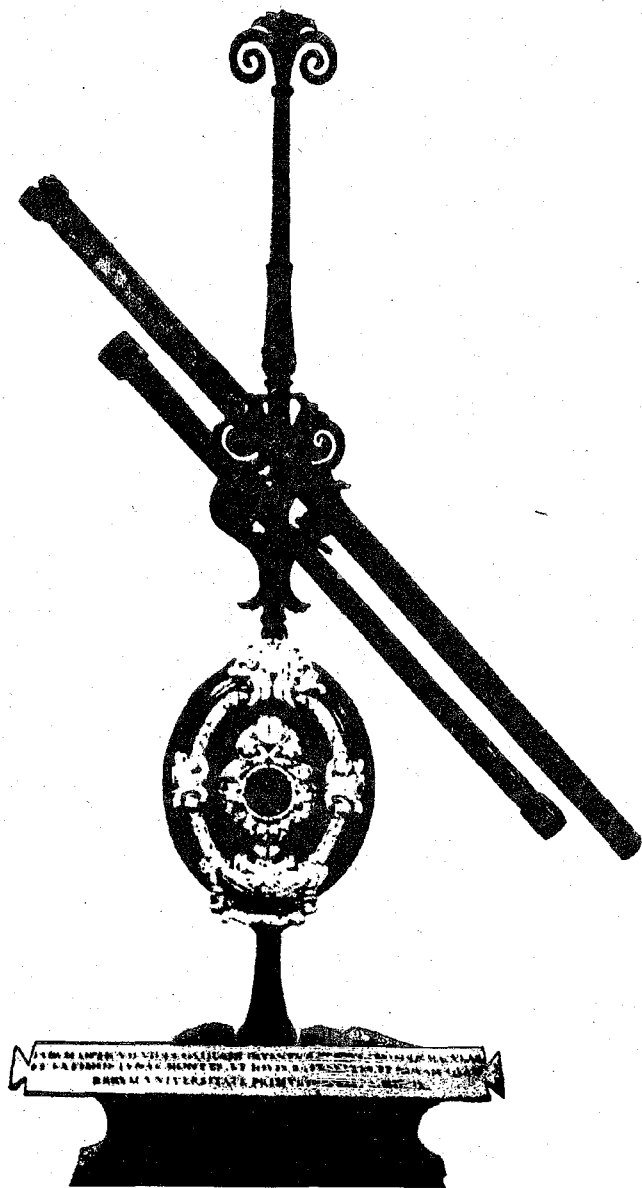
1. Посмотрите в бинокль на известные Вам созвездия и Луну (если у Вас есть бинокль). Чем отличается внешний вид звезд и Луны при наблюдении в бинокль от того, что мы видим невооруженным глазом?

2. Один человек ведёт наблюдение в очках, а другой с помощью бинокля. Ответьте в тетради на вопрос о том, чем похожи эти ситуации, чем они отличаются?

## ПРОСТЕЙШИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕЛЕСКОПАХ

Человека, впервые рассматривающего в телескоп неподвижные звезды, обычно удивляет то, что прибор не только не увеличивает размеры, но даже немного уменьшает их. Это заметил еще *Галилео Галилей* — первый человек, взглянувший на небо вооруженным глазом.

Описывая свои наблюдения с помощью изобретенной им же зрительной трубы (простейшего телескопа), он писал: „Достоинно замечания различие в виде планет и неподвижных звезд при наблюдении через трубу. Планеты представляются маленькими кружками... неподвижные же звезды не имеют различных очертаний... Труба увеличивает только их блеск“. На этом рисунке вы видите зрительную трубу Галилея.



Объяснить такое бессилие телескопа по отношению к звездам не очень трудно, если вспомнить то, что мы уже знаем о физиологии и физике нашего зрения. Давайте повторим эти важные рассуждения еще раз. Когда мы следим за удаляющимся от нас человеком, его изображение на сетчатке глаза все уменьшается. При достаточном удалении голова и ноги сближаются на сетчатке и попадают на одно и то же нервное окончание — палочку или колбочку. В этом случае человеческая фигура покажется нам точкой, лишенной очертаний.

У большинства людей это наступает тогда, когда предмет уменьшается до одной минуты —  $1'$ , т.е. до одной шестидесятой доли градуса.

## ЗАНЯТИЕ 1.16

*Назначение телескопа состоит в том, чтобы увеличить угол, под которым глаз видит предмет,*

или, что то же самое, растянуть изображение каждой детали предмета на несколько смежных элементов сетчатки.

О телескопе говорят, что он „увеличивает в 100 раз“, если угол, под которым мы видим предметы в этот телескоп, в 100 раз больше угла, под которым мы на том же расстоянии видим их простым глазом. Если же какая-нибудь деталь и при таком увеличении усматривается под углом меньше одной минуты, то данный телескоп недостаточен для рассмотрения этой подробности.

Подведем итоги и еще раз кратко сформулируем ответ на вопрос о том, зачем используют телескоп при наблюдении звезд.

1. Телескоп не увеличивает видимые размеры звезд, но усиливает их яркость, следовательно, умножает число звезд, доступных наблюдению.

2. С помощью телескопа возможно разделение тех звезд, которые представляются невооруженному глазу слившимися в одну, т.к. увеличивается видимое расстояние между ними. Звездные скопления, невидимые в большинстве случаев, рассыпаются при наблюдении в телескоп на тысячи отдельных звезд.

3. Телескоп дает возможность измерять углы с огромной точностью! На фотографиях, полученных с использованием современных телескопов, измеряют углы в сотые доли секунды. Под таким углом мы видим копейку с расстояния 300 километров или человеческий волос с расстояния 100 метров.

Современные астрономы ведут наблюдения звездного неба, планет, Солнца в обсерваториях, где для этого собраны специальные сложные приборы. Попробуйте ответить на простой вопрос: „Почему обсерватории часто строят высоко в горах?“ Если Вам трудно сделать это сразу, вспомните сначала о том, почему мы не видим звезды днем, и это Вам поможет.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Переведите величину угла  $1^{\circ}1'1''$  в угловые секунды.
2. Какие преимущества дают наблюдения в телескоп перед наблюдениями невооруженным глазом?

## ЗАНЯТИЕ 1.17

### Тест 1.4

1. а. зрачок,  
б. хрусталик,  
в. радужная оболочка,  
г. слепое пятно.
2. а. хрусталик,  
б. палочки,  
в. колбочки,  
г. радужная оболочка.
3. а. диссоциацией,  
б. аккомодацией,  
в. дифракцией,  
г. рекомбинацией.
4. а. из-за недостаточной прозрачности хрусталика,  
б. из-за рассеяния света в атмосфере,  
в. потому, что они такие и есть.  
г. из-за рассеяния света во Вселенной.
5. а. зеленому,  
б. красному,  
в. синему,  
г. фиолетовому.
6. а. показывать мир цветным,  
б. передавать мелкие детали предметов,  
в. видеть предметы на разных расстояниях,  
г. медленно приспосабливаться к темноте.
7. а. Гальвани,  
б. Галилей,  
в. Гиппарх,  
г. Гегель.
8. а. одна минута,  
б. один градус,  
в. 1",  
г. одна секунда.
9. а. увеличить угол, под которым глаз видит предмет,  
б. избежать влияния атмосферы,  
в. увеличить размер звезды,  
г. исправить зрение наблюдателя, который носит очки.
10. а. градусов,  
б. минут,  
в. секунд,  
г. сотых долей секунды.

## ЗАНЯТИЕ 1.17

11. а. б. в. г. д. е.
12. а.  $\omega$  б.  $\psi$  в.  $\chi$   
г.  $\varphi$  д.  $\tau$  е.  $\sigma$
13. Зодиакальные созвездия: а ...
14. Незаходящие в России: а ...
15. Высота северного полюса мира =
  - а.  $0^\circ$ ;
  - б.  $90^\circ$ ;
  - в. географической широте места наблюдения,
  - г. географической широте обсерватории в Пулково.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Составьте свой атлас созвездий: выберите 5-7 созвездий, на альбомном листе начертите схемы расположения их основных звезд и название, а потом пофантазируйте — нарисуйте картинку, соответствующую названию созвездия, которая бы подходила к его схеме.

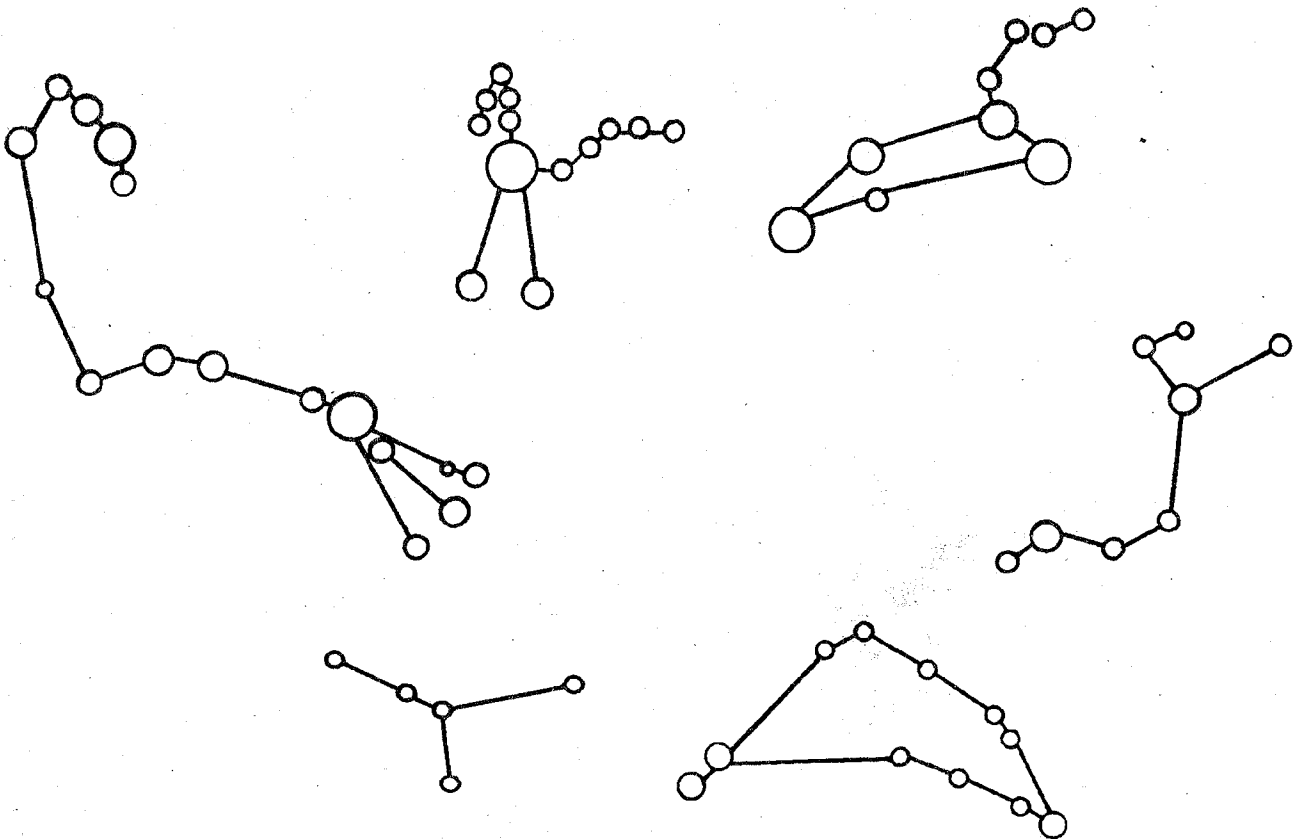
Будет лучше, если Вы воспользуетесь схемами не самых известных созвездий, и совсем не требуется, чтобы они были видны в небе России.

# ПОВТОРЯЕМ АСТРОНОМИЧЕСКУЮ АЗБУКУ

„...Позволь мне один только раз проехать по небу в твоей колеснице вместо тебя! — продолжал Фаэтон.

Последний раз прошу тебя, сын мой, — вновь обратился Гелиос к Фаэтону, — не настаивай на своей просьбе. Одумайся! Я не понимаю, что тянет тебя туда, в небо... Там только страшные звери, один вид которых наводит ужас. Там ждут неосторожного путешественника гигантские чудища — Бык с длинными острыми рогами, Стрелец с отравленными стрелами, налаженными в тугом луке. Лев, который выслеживает путника, чтобы проглотить его, Скорпион с кривым страшным жалом, Рак с твердыми, как железо, клешнями, чудовищный Козерог...

Богиня утренней зари Эос уже открыла пурпурные ворота восхода. В пурпуре рассвета исчезали мерцающие ночные звезды и таяла утренняя звезда. Как зачарованный, глядел на все это Фаэтон. Тем временем Гелиос увидел уже, как зарумянились зарею земля и небо.” (Из мифа о Фаэтоне).







# ПАРСЕК

Вспомните! 1 световой год = 9 460 000 000 000  
или  
1 св. год =  $9,46 \cdot 10^{12}$  км

За один год свет пролетает в пространстве примерно девять с половиной триллионов километров. Световым годом, как мерой длины, часто пользуются фантасты, но для измерения больших расстояний астрономы охотнее используют *парсек*. Что это такое?

Вы уже слышали, что Земля вращается вокруг Солнца. Путь, по которому она движется, называется орбитой, а форма этой орбиты — *эллипс*.

На рисунке 1 как раз и изображена эта геометрическая фигура. АВ — это большая ось эллипса, а СД — его малая ось. На пересечении осей лежит центр эллипса О. Если из точки С провести окружность, радиус которой равен ОВ, величине большей полуоси, то мы найдем Ф1 и Ф2 — фокусы эллипса. Половина расстояния между фокусами обозначается буквой с. Отношение  $c/a$ , где а — величина большой полуоси, служит мерой „растянутости“ эллипса,  $c/a$  — это *эксцентриситет*. Чем больше эллипс отличается от круга, тем больше его эксцентриситет. Отношение  $c/a$  — безразмерная величина.

Вернемся теперь к определению *парсека*. Для этого рассмотрим такой полудиаметр орбиты Земли, который совпадает с большой полуосью эллипса. Предположим (см. рисунок 2), что мы смотрим на этот полудиаметр со звезды ЗВ, мы увидим выбранный полудиаметр под определенным углом  $\alpha$ , называемым *годовым параллаксом* этой звезды.

Итак, *годовым параллаксом* звезды называется угол, под которым с нее виден полудиаметр земной орбиты. Чем дальше от нас расположена звезда, тем меньше ее годичный параллакс.

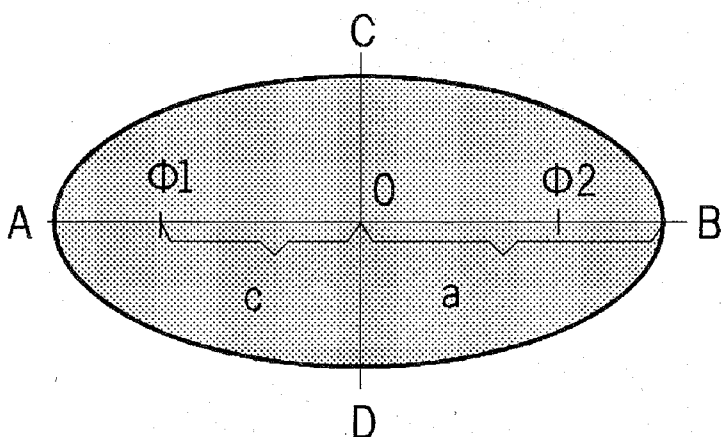


Рис. 1

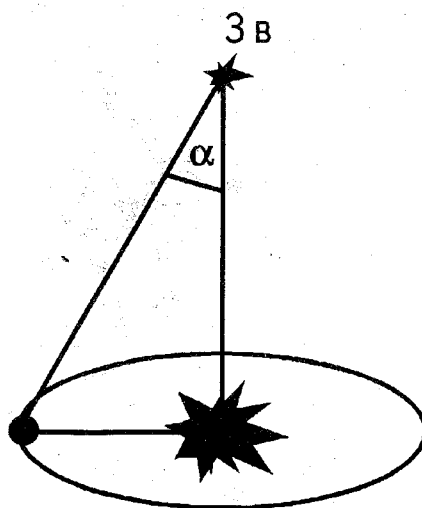


Рис. 2

## ЗАНЯТИЕ 2.2

Расстояние, с которого полудиаметр земной орбиты виден под углом в одну угловую секунду — это *парсек*.

Теперь стало понятно, что слово „*парсек*“ образовалось при соединении слов „параллакс“ и „секунда“.

$1 \text{ парсек} = 3,26 \text{ светового года}$

$1 \text{ парсек} = 206\,265 \text{ астрономических единиц}$

$1 \text{ парсек} = 30\,800\,000\,000\,000 \text{ километров}$

Вот расстояния до некоторых сравнительно близких к нам ярких звезд:

Название	Расстояние в парсеках	Расстояние в световых годах
$\alpha$ Центавра	1,31	4,3
Сириус	2,67	8,7
Процион	3,46	11,3
Альтаир	4,67	15,2

Однако и такая единица, как парсек, маловата для расстояний до многих астрономических объектов. Поэтому часто пользуются и более крупными мерами, образованными от парсека:

$1 \text{ килопарсек} = 1000 \text{ парсек}$  или  $10^3 \text{ парсек}$ . *Кило* — французское „*KILO*“ от греческого „*CHILIOI*“ — тысяча.

От нас до туманности Андромеды около 300 килопарсеков. Тем не менее, по астрономическим меркам и парсек недостаточно велик, поэтому иногда пользуются мегапарсеком.

$1 \text{ мегапарсек} = 1\,000\,000 \text{ парсек}$  или  $10^6 \text{ парсек}$ . *Мега* — от греческого „*MEGAS*“ — большой.

Наглядно представить *мегапарсек* почти невозможно. Если уменьшить километр до толщины волоса (0,05 мм), то *мегапарсек* сделается равным десяти расстояниям от Земли до Солнца (1,5 миллиардам километров).

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. В тетради крупно нарисуйте эллипс и подпишите словами все его характерные точки и отрезки.

2. Выучите наизусть и запишите по памяти в тетрадь определение парсека и годового параллакса звезды.

3. Попробуйте найти в книгах, которые есть у Вас дома или в библиотеке, годовые параллаксы ближайших к нам звезд ( $\alpha$  ЦЕНТАВРА и ПРОКСИМЫ ЦЕНТАВРА) и запишите их в тетрадь.

# ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ДО НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

На то, что расстояния до звезд огромны, указывал еще великий польский астроном *Николай Коперник* в начале 16 века. В конце первой половины 18 века исследования английского астронома *Джемса Брайля* и французского математика и астронома *Иоганна Генриха Ламберта* показали, что эти расстояния измеряются десятками триллионов километров. Точно эту задачу впервые решил русский астроном *Василий Яковлевич Струве*. В 1837 г. он определил расстояние до звезды Веги ( $\alpha$  Лиры) — это 250 триллионов километров или 26,5 светового года.

Около 150 лет назад астрономы определили расстояние и до самой близкой к нам звездной системы — двойной звезды южного созвездия Центавра ( $\alpha$  Центавра), однако позже установили, что существует еще более близкая к нам звездочка, которую так и называют

„Ближайшая“ — по латыни „Проксима“.

Проксима Центавра ближе к нам на 3960 астрономических единиц, чем  $\alpha$  Центавра. Скорый поезд, двигаясь без остановок со скоростью 120 километров в час, дошел бы до  $\alpha$  Центавра за 40 миллионов лет, за 25 миллионов лет до неё доехал бы гоночный автомобиль.

Принцип измерения расстояний очень прост: предмет, расстояние до которого нужно определить, рассматривают с двух точек, откуда он виден по разным направлениям, причем обязательно одновременно.

Пока Вам придется просто поверить, что можно легко высчитать расстояние до любого объекта  $O$ , если известны углы  $\alpha$  и  $\beta$ , под которыми он виден двум наблюдателям, и расстояние между этими наблюдателями. Такой расчет делается с помощью правил тригонометрии (Рис. 3.)

Рис. 3

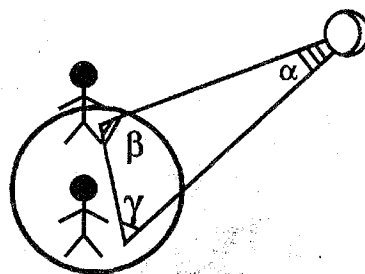
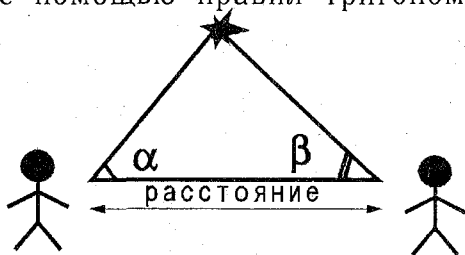


Рис. 4

## Измерение небольших расстояний

Небесные объекты, как правило, находятся очень далеко от нас. Чтобы заметить различие в углах, под которыми виден рассматриваемый объект, ученые должны находиться на расстоянии многих тысяч километров друг от друга — ведь очень маленькие углы невозможно измерять точно! Например, один астроном наблюдает выбранное светило в Европе, а другой в то же самое время ведет наблюдения в Африке. (Рис. 4.)

## ЗАНЯТИЕ 2.3

Именно наблюдения с отдаленных точек Земли позволили определить расстояния до *Луны, Солнца и планет*, но этот способ не подходит для того, чтобы измерять расстояние до звезд: диаметр Земли так мал по сравнению с ними, что даже наблюдения с противоположных его концов не позволяют заметить различия в направлениях на рассматриваемое светило.

### Измерение расстояний до звезд

Природа сама помогла астрономам, она дала им прямую линию длиной в 300 миллионов километров, которая больше диаметра Земли в 28 600 раз. Это *диаметр земной орбиты*.

В определенный момент времени астроном наблюдает интересующую его звезду. Через полгода наша планета оказывается в противоположной точке диаметра своей (земной) орбиты, в которой наблюдение звезды повторяется. Только так можно заметить малое различие в углах, под которыми видны далекие астрономические объекты (Рис. 5.). Конечно, за полгода изучаемая звезда переместится в пространстве на очень большое расстояние (вы ведь не забыли, что все звезды — путешественницы, и они летят в пространстве каждая в своем направлении), но смещение звезды в результате ее собственного движения ничтожно мало в сравнении с расстоянием от нас до звезды, поэтому его можно не учитывать.

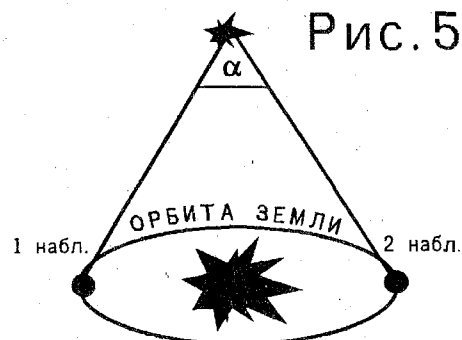


Рис. 5

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Зарисуйте в тетрадь две схемы определения расстояний до астрономических объектов и обязательно расскажите кому-нибудь: рассказать другому — это лучший способ запомнить самому!

2. Перед Вами две сценки охоты (Рис. 6.). В каждой два охотника наблюдают за дичью с различных точек. Определите с помощью транспортира углы, под которыми видят дичь охотники. Запишите в тетрадь результаты измерений.

3. Знаете ли Вы чему равен диаметр Земли? Попробуйте вычислить его, используя цифровой материал этого занятия. Результат запишите в тетрадь и сравните с табличными данными.

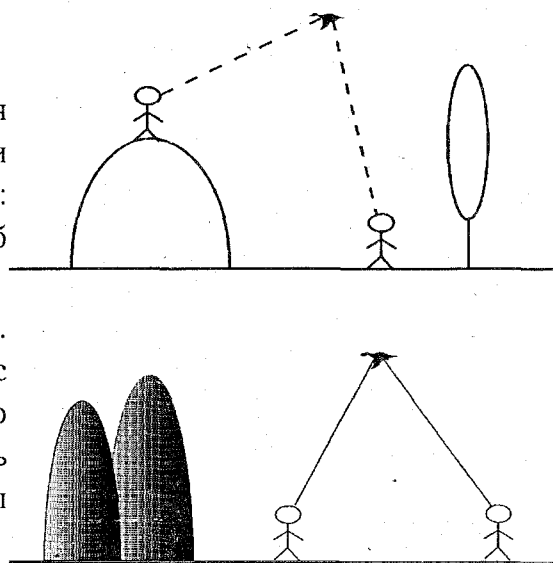


Рис. 6

## РАССТОЯНИЯ ДО НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

У нас над головой Северное полушарие небесной сферы. Здесь ближайшая соседка нашего Солнца — маленькая звездочка в созвездии Змееносца, которую называют „Летающей Звездой“, или звездой Бернарда. Почему ее так назвали? Потому, что она очень быстро движется по небу. Эта звезда в полтора раза дальше от нас, чем система  $\alpha$  Центавра, но уже через 10 тысяч лет расстояние до неё сократится вдвое, и она станет *ближайшей* к нам звездой.

Измерения расстояний до звезд доказали, что звезды по-разному удалены от нас, а вовсе не расположены на поверхности хрустального купола, как думали ученые в древности. Секрет в том, что невооруженный глаз не воспринимает различия в расстояниях до звезд. Прodelайте простейший опыт, чтобы самим убедиться в этой особенности нашего зрения (Рис. 7).

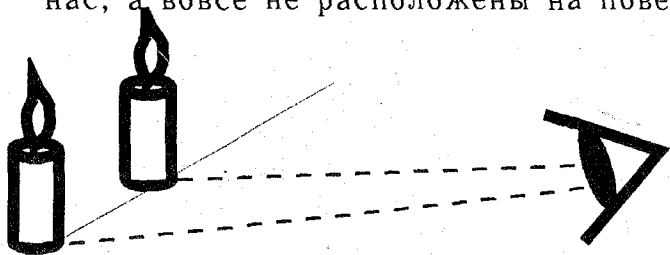


Рис. 7

Поставьте две свечи примерно в метре друг от друга и смотрите на них чуть сбоку с расстояния, не менее пяти метров. Если в комнате достаточно темно, то Вам будет очень трудно определить, какая из свечей находится ближе.

Как вы помните, чтобы определить расстояние до небесного объекта, ученые наблюдают его, например, в два телескопа. Угол между направлениями этих телескопов на исследуемый объект определяют с помощью специальных приборов-приставок к телескопам с точностью до одной сотой доли секунды дуги. Для отсчета таких маленьких величин астрономы даже пользуются микроскопами. Получается парадокс — для того, чтобы точно измерять большое (расстояние до звезд), нужно уметь очень хорошо измерять малое (разницу в направлениях, т.е. доли секунды дуги).

Однако оба рассмотренные ранее способа определения расстояний применимы только для сравнительно близких звезд. Для очень далеких звезд они плохи, так как диаметр орбиты Земли слишком мал по сравнению с расстояниями в тысячи и более световых лет.

У астрономов сегодня есть другие, более совершенные методы определения расстояний до очень далеких звезд и туманностей. Посмотрите внимательно на рисунок 8. Перед Вами антенна радиотелескопа, внешне она очень напоминает тарелку или электрический нагреватель. Этой большой антенной-тарелкой радиотелескоп собирает не свет далеких звезд, а их радиосигналы.

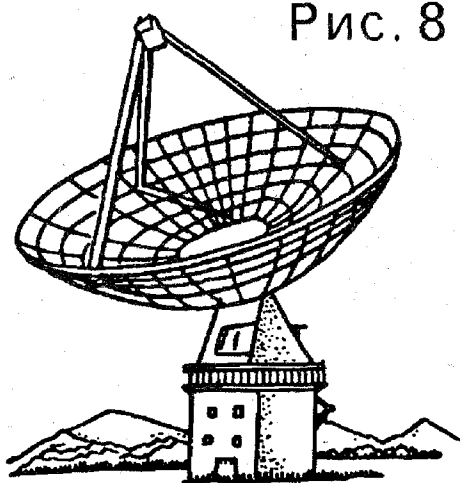


Рис. 8

## ЗАНЯТИЕ 2.4

Если расположить две такие антенны на расстоянии, сравнимом с диаметром Земли, то угол между направлениями на звезду можно определять с точностью до одной тысячной доли секунды дуги. *Сравните* эту точность с точностью, которую дают наблюдения с помощью обычных телескопов! Впервые наблюдения с вынесенной на орбиту антенной радиотелескопа были проведены в 1979 году, когда на орбитальной станции „Салют-6” работал космический радиотелескоп. Одна антенна-тарелка располагалась в этом случае на Земле, а другая — на космической станции.

Мы уже говорили о том, что первым точно определил расстояние до звезды известный русский астроном Василий Яковлевич Струве (1793-1864)

Струве родился в датском городе Альтоне. В пятнадцать лет он поступил в университет города Тарту. Уже в 1814 г. он издал свое первое астрономическое сочинение о точном определении широты и долготы университетской обсерватории. В возрасте 25 лет он стал профессором астрономии и возглавил эту обсерваторию. Василий Яковлевич очень много занимался наблюдениями двойных звезд — он исследовал 120 тысяч звезд и установил двойственность около 2500 из них.

Когда было принято решение о строительстве большой обсерватории в окрестностях Петербурга, к этому делу привлекли Струве как самого выдающегося русского астронома. Он стал организатором и руководителем строительства *Пулковской обсерватории*. Прекрасно оснащенная обсерватория была открыта в 1839 г., почти четверть века В.Я. Струве был ее директором. В Пулкове он продолжал изучение двойных звезд и начал исследования строения нашей звездной системы Галактики. Например, он установил, что звезды в Галактике распределяются неравномерно: чем дальше от центра Галактики, тем больше расстояния между ними. При этом Солнце находится не вблизи центра Галактики, а, наоборот, очень далеко от него.

Струве исследовал не только небо, но и решал много практических задач, связанных с картографией. Например, под его руководством в двадцатых годах прошлого века была измерена дуга земного меридиана в Прибалтике. А в 1844-1852 гг. он руководил измерением меридиана на огромном пространстве (общей протяженностью 2800 км) от Дуная до Ледовитого океана. В результате этой работы были получены ценнейшие данные для составления точных карт России.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Задача. Сколько лет понадобится велосипедисту, который едет со скоростью 15 километров в час (15 км/час), для того чтобы добраться до станции, расположенной точно на половине пути от Земли до Сириуса?

Расстояние от Земли до Сириуса — табличная величина. Ее можно найти, например в первой части нашего учебного пособия. Обратите внимание на то, в каких единицах дана скорость велосипедиста, сопоставьте ее с единицами, в которых будет дано расстояние.

## ЗАНЯТИЕ 2.5

### Тест 2.1

1. а. скорость,  
б. время,  
в. расстояние,  
г. эксцентриситет.
2. а. Проксима Центавра,  
б. Ахернар,  
в. Альфа Креста,  
г. Фомальгаут.
3. а. Полярная Звезда,  
б. Звезда Бернарда,  
в.  $\alpha$  Скорпиона,  
г. Арктур.
4. а. Альтаир,  
б. Процион,  
в. Сириус,  
г.  $\alpha$  Центавра.
5. а. 1 километр.  
б. 1 астрономическая единица,  
в. 1 парсек,  
г. 1 световой год.
6. а. 10 пс,  
б. 100 пс,  
в. 1000 пс,  
г. 10.000 пс.
7. а. Коперник,  
б. Галилей,  
в. Струве,  
г. Гевелий.
8. а. 100 парсек,  
б. 1000 парсек,  
в. 0.1 пс,  
г. 1 000 000 парсек.
9. а. параллелепипед,  
б. параллакс,  
в. параллель,  
г. пародия.
10. а. Megas, б. Chilioi,  
в. Gonia, г. Kosmos.
11. а. 100 световых лет,  
б. 10 км,  
в. пять световых лет,  
г. 30 800 000 000 000 км.



## ЗАНЯТИЕ 2.5

12. а. полудиаметр орбиты Земли,  
б. диаметр Земли,  
в. диаметр Солнца,  
г. полудиаметр орбиты Плутона.
13. а. 15 век,  
б. семнадцатый век,  
в. 1935-1937 гг.,  
г. 1835-1837 гг.
14. а. Ахернар,  
б.  $\alpha$  Центавра,  
в. Звезда Бернарда,  
г.  $\beta$  Ориона.
15. а. 1' дуги,  
б. одна секунда дуги,  
в. одна сотая секунда дуги,  
г. 1/1000 секунды дуги.
16. а. один световой год,  
б. 1 парсек,  
в. 300 млн. километров,  
г. 1 000 000 км.
17. а. только до планет,  
б. до ближайших звезд,  
в. до звезд Млечного Пути,  
г. до самых удаленных астрономических объектов.
18. а. на другую сторону Земли,  
б. на Полюс Земли,  
в. на околоземную орбиту,  
г. на Луну.
19. а. Ламберт,  
б. Стейнбек,  
в. Хейли,  
г. Ремарк.
20. а. ближайшая,  
б. двойная,  
в. яркая,  
г. неизвестная.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Какое расстояние больше: 4,67 парсека или 15,2 светового года, 1 световой год или 0,55 парсека?

# САМЫЕ ПЕРВЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

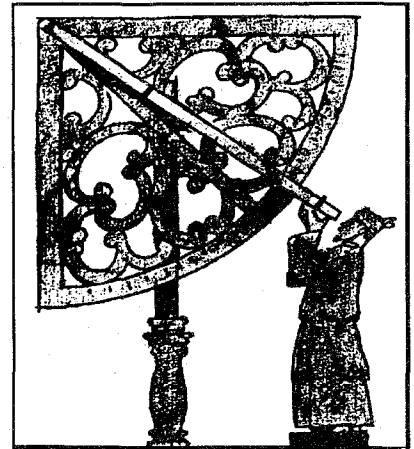
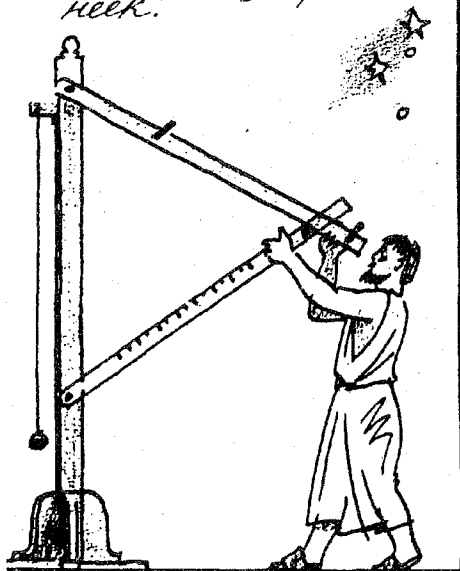
Ученые считают, что самая первая астрономическая обсерватория была построена в Китае, в городе Чжоугун около 3 тысяч лет назад! Основным прибором, который тогда использовали при наблюдениях, был глаз.

Главное достижение древней астрономии — звездные каталоги, списки наиболее ярких звезд с указанием их положения на небе, а также звездные карты неба. Составить звездную карту можно было только научившись измерять углы между звездами и углы, под которыми светила видны над горизонтом. Поэтому первыми астрономическими инструментами были угломерные инструменты: астрономический посох, трикветр, астролябия (от греческого astron+labe= звезда+схватывание), квадрант (от латинского quadrantis — четвертая часть).

В средние века восточные астрономы обогнали европейских, а в отношении точности наблюдений превзошли уровень, достигнутый греческой астрономией. Особенно прославились своими наблюдениями самаркандские астрономы во главе с Улугбеком, который был хорошим ученым и мудрым правителем. По его приказу в Самарканде вы-

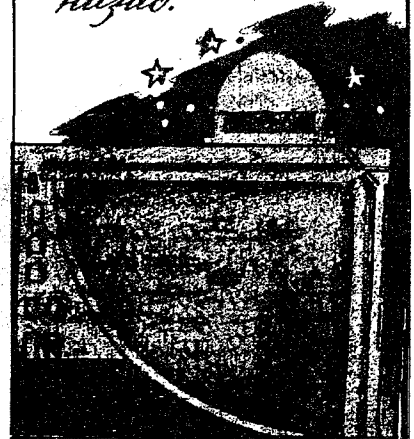


*В Древней Греции для определения положения светила применялся трикветр, инструмент, состоящий из трех лучей.*



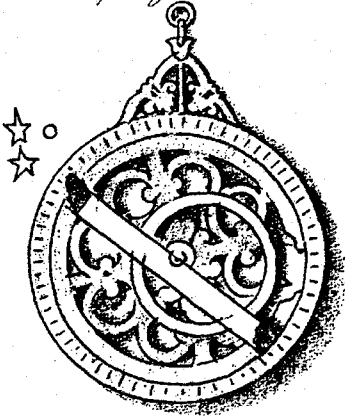
*Так выглядел квадрант — прибор, с помощью которого астрономы измеряли высоту звезд над горизонтом.*

*Вот какой гигантский квадрант был сооружен в обсерватории Улугбека более пяти веков назад.*

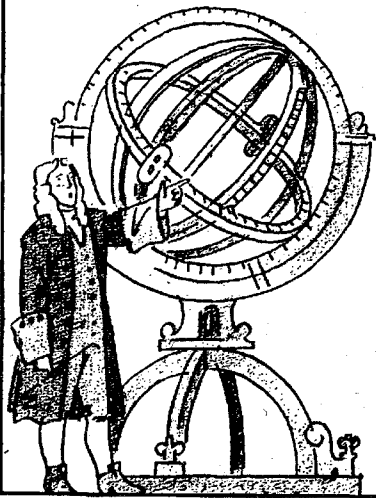


строили обсерваторию в Самарканде во главе с Улугбеком, который был хорошим ученым и мудрым правителем. По его приказу в Самарканде вы-

*Астролябия, как и квадрант, использовалась в старину для измерения высоты звезд над горизонтом.*



*Это армиллярная сфера, «модель неба», древний инструмент, который и до сих пор применяется на занятиях по астрономии.*

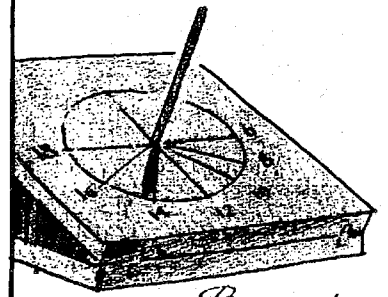


строили грандиозную обсерваторию с совершенными угломерными инструментами. Самым поразительным в ней был гигантский квадрант, занимавший целое здание. С помощью этих инструментов была достигнута такая точность измерений, которая и полтора века спустя оставалась непревзойденной! Самаркандские „Звездные таблицы“ — каталог, содержащий точные данные о положении на небе 1018 звезд — издавались в Европе и два века спустя.

Мусульманские фанатики разрушили ненавистную им обсерваторию и убили Улугбека. Время сравнило развалины землей, но оно бессильно перед памятью.

Труды самаркандских астрономов оказали огромное влияние на развитие науки в Европе.

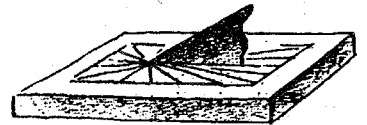
И в древней, и в современной обсерватории самый нужный инструмент — часы. Без точного учета времени астрономические наблюдения теряют свою ценность. Часы современных обсерваторий помещают в глубокие подвалы с постоянной температурой, чтобы они шли как можно точнее. А вот так выглядели часы древних обсерваторий — посмотрите на рисунки.



*В старину астрономы пользовались солнечными и водяными часами.*

*Эти солнечные часы называются ж-ватформальными.*

*Если стержень их направить на Полярную звезду, то тень от него, как стрелка, будет показывать время.*



*А эти солнечные часы называются горизонтальными.*

*Водяные часы, калесиды. Водяной механизм медленно поднимает фигурку с уткой в руке. Утка — символ счастья, а колонна — циферблат.*



## ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Сделайте макет одного из инструментов, изображенных на рисунках.

# ЧТО ТАКОЕ ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА?

Давайте вспомним: в самую ясную безлунную ночь (за городом, где нет постороннего света) мы видим около трех тысяч звезд. Почему не 6000? — над нами только одно полушарие неба!

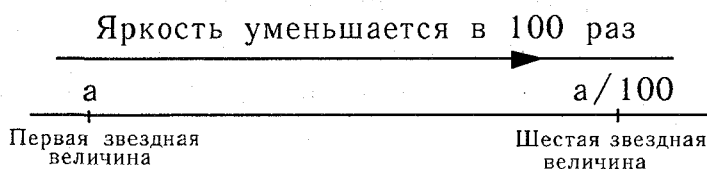
Еще в древности люди выделили наиболее яркие звезды, которые первыми загораются на вечернем небе, и назвали их звездами первой величины, а те, которые уже почти не видны невооруженным глазом — звездами шестой величины.

Звезд первой величины, особенно ярких, на всем небе около 20 (см. занятие 5 в первой части учебника)! Звезд второй величины, таких как видимые звезды ковша Большой Медведицы, около 70!

Не забывайте, что под словом „величина“ в этом случае подразумевают не геометрические размеры звезды, а ее *видимый блеск*.

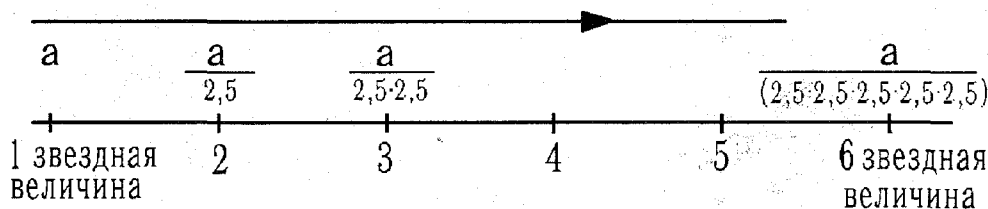
Современных астрономов не очень удовлетворяло такое неточное распределение звезд по их блеску, поэтому была предложена более строгая классификация (т.е. разделение на группы по определенному общему признаку).

Известно, что самые яркие звезды неодинаковы по блеску, но *в среднем* они ярче наиболее слабых звезд, которые еще видны невооруженным глазом, в 100 раз. *Звезды первой величины ярче звезд шестой величины в сто раз.*



Давайте найдем яркости звезд промежуточных звездных величин.

## Видимая яркость звезд



Как видно из нашей схемы, блеск звезд соседней звездной величины отличается в 2,5 раза, т.е. по видимому блеску

- звезды 2-й величины слабее звезд 1-й величины в 2,5 раза,
- звезды 3-й величины слабее звезд 2-й величины в 2,5 раза,
- звезды 4-й величины слабее звезд 3-й величины в 2,5 раза.

## ЗАНЯТИЕ 2.7

Теперь сравним блеск звезд всех звездных величин с блеском звезд первой величины:

звезды 2-й величины слабее звезд 1-й величины в 2,5 раза,  
звезды 3-й величины слабее звезд 1-й величины в  $2,5 \cdot 2,5$  раза,  
звезды 4-й величины слабее звезд 1-й величины в  $2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5$  раза,  
..... и т.д.

Для *удобства* в математике часто пишут короче  $2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 2,5^3$ . Вместо числа 2,5 можно было бы взять и любое другое положительное число  $a$ , тогда произведение  $a \cdot a \cdot \dots \cdot (n \text{ раз}) \cdot \dots \cdot a$  всегда можно записать в виде  $a^n$ . Вспомните наши занятия, посвященные расстояниям до звезд. В больших числах бывает трудно сосчитать правильно много-много нулей, и в этом случае тоже выручает более удобная форма записи как говорят „в виде степени числа 10“. Пусть мы взяли число миллион — 1 000 000. Это то же самое, что умножить число 10 само на себя 6 раз:  $1000000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10$ , а  $10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6$ . Степенная запись ( $10^6$ ) более удобна. Она не только занимает меньше места, но и избавляет нас от необходимости считать длинные ряды нулей!

В астрономии, как и в других науках, часто пользуются своими специальными обозначениями, понятными исследователю в любой стране. Особые обозначения — это как бы специальный язык, который очень упрощает и облегчает общение в науке. Например, длинно писать „Звезда А — звезда первой звездной величины“, да еще и какой язык выбрать, чтобы всем был понятен? А напишите просто

$1^m$

и астроном в любой стране поймет, что речь идет о звезде первой величины.  $2^m$  — второй величины и т.д. Удобно пользоваться общепринятыми обозначениями!

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Найдите и запишите в тетрадь звездные величины: *Канопуса, Веги, Сириуса, Денеба, Поллукса, Бетельгейзе*.

2. Проверьте соотношение  $\frac{a}{2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5} \approx \frac{a}{100}$

# ЧТО ТАКОЕ ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА?

(продолжение)

Дома Вы просмотрели перечень ярких звезд неба и увидели, что на самом деле звездные величины реальных небесных светил — это дробные числа: 0.9; 1.1; 1.3 ... Так уж получилось, что на нашем небе совсем нет звезд точно первой величины.

Звезда первой величины — это не больше, чем условный стандарт (образец) видимого блеска.

1.1	0.9	Числа в прямоугольниках — звездные величины трёх звезд. Средняя их звездная величина: $(1.1 + 0.9 + 1.3)/3 = 1.1$
1.3		

Блеск даже самых ярких звезд приблизительно первой величины неодинаков — эта средняя степень их яркости в 100 раз превышает яркость звезд, едва различимых невооруженным глазом.

Если какие-то рассматриваемые звезды слабее звезды первой величины не в 2,5 раза, а в 1,5 или 1,3 раза, то их на нашей шкале звездных величин (см. предыдущее занятие) следует поместить между 1 и 2, а их звездные величины будут выражаться дробными числами.

А как быть, если звезда светит ярче среднего значения, которое мы приписываем звезде первой величины? Если она светит в 2,5 раза ярче звезды первой величины, то это будет звезда *нулевой* величины (ведь именно нуль предшествует единице). Звезда с видимым блеском в 2,5 раза ярче, чем звезда нулевой величины, будет иметь звездную величину „минус один“.

Для тех, кто не очень хорошо знаком с отрицательными числами  
 Как мы обычно изображаем числа на числовой прямой? Вот так:



Представьте теперь, что в нулевой точке поставлено маленькое зеркальце, в котором отражается наша числовая прямая. Изображение в зеркальце ничем не отличается от самой прямой, но мы пойдем на маленькую хитрость — чтобы различать сам предмет (нашу прямую) и ее образ (отражение в зеркале) — мы все числа в зеркале пометим условным знаком „-“. Общим числом для обеих половинок будет начальная точка 0, а у всех других чисел будут противоположные пары-половинки (1 и -1, 2 и -2, 3 и -3 и т.д.).



Помеченные знаком минус числа (слева от нуля) договорились называть отрицательными, чтобы отличить их от положительных чисел, которые находятся справа от нуля.

На примере шкалы видимых звездных величин понятно, зачем математикам понадобились какие-то „странные“ отрицательные числа. Согласитесь, что было бы неправильно принять за первую звездную величину видимый блеск, например,

## ЗАНЯТИЕ 2.8

самой яркой звезды неба, ведь все в нашем мире переменчиво! Со временем яркости многих звезд сильно изменятся, самая яркая звезда может перестать быть такой. В этом случае нам все равно пришлось бы вводить отрицательные числа или менять образец яркости, а это неудобно. Кроме того, если подходить строго, то самая яркая звезда на нашем небе — это Солнце. Если принять за образец его видимый блеск, то блеск звезд будет описываться очень большими числами, а это тоже вызовет неудобства.

Итак, на числовой прямой нулю предшествует минус единица. Звезда, которая светит в 2,5 раза ярче звезды нулевой величины будет иметь минус первую звездную величину. Промежуточные (дробные) значения звездных величин в отрицательной части прямой получаются точно так же, как и в положительной.

Распределение звезд по звездным величинам определяется не только физическими свойствами самих звезд, но и связано с особенностями нашего зрения.

Ученые заметили, если сила источника света (посмотри на рисунок 9) изменяется очень заметно (возрастает или убывает), то наше ощущение яркости изменяется соответственно (возрастает или убывает), но в гораздо меньшей степени.

График помогает понять, как меняется со временем яркость самого объекта и наше восприятие его, яркости.

Позднее в курсе математики вы узнаете, что у такой зависимости есть свое название, и поймете, что уже встречались с ней в курсе астрономии, когда речь шла о звездных величинах.

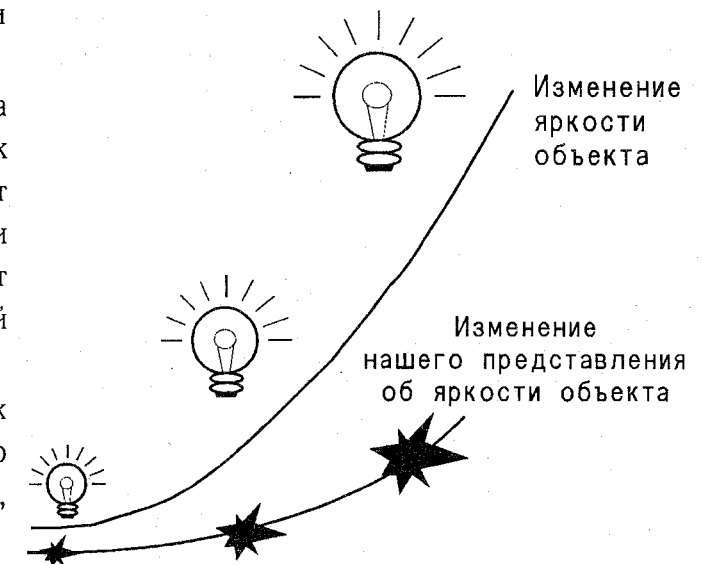


Рис. 9

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Звезда А имеет звездную величину  $2^m$ . Найдите звездную величину звезды В, если ее видимый блеск в 6,25 раза больше, чем звезды А, и звездную величину звезды С, если ее видимый блеск слабее, чем видимый блеск звезды А в 15,625 раза.

2. На числовой прямой расположите самые яркие звезды северного неба в соответствии с их звездными величинами.

## ЗАНЯТИЕ 2.9

# НЕКОТОРЫЕ ИНТЕРЕСНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ СО ЗВЕЗДНЫМИ ВЕЛИЧИНАМИ

Давайте попробуем понять, сколько звезд каждой величины нужно взять, чтобы заменить одну звезду первой величины.

Мы уже знаем — звезда второй величины светит в 2,5 раза слабее звезды первой величины. Тогда для замены одной звезды 1-ой величины потребуется 2,5 звезды 2-й величины. Звезда третьей величины светит в  $2,5 \cdot 2,5$  (т.е. в 6,25) раза слабее звезды первой величины. Тогда для замены одной звезды 1-й величины понадобится примерно 6,3 звезды 3-й величины и т.д.

**Для замены одной звезды первой величины нужно примерно**

2,5 звезды	2-й величины
6,3 -"-	3-й -"-
16 звезд	4-й -"-
40 -"-	5-й -"-
100 -"-	6-й -"-

**Обратите внимание! Мы переходим в область звезд, недоступных наблюдению невооруженным глазом.**

250 -"-	7-й -"-
625 -"-	8-й -"-
4000 -"-	10-й -"-
1 000 000 звезд	16-й -"-

Вы заметили, что и невидимые невооруженным глазом звёзды присылают нам достаточно много света?

А теперь проведем еще один интересный расчет. Сколько звезд первой величины нужно взять, чтобы заменить свет всего звездного неба, видимого невооруженным глазом? Нам понадобится одно хорошо известное астрономам правило: число звезд следующей звездной величины примерно в три раза больше числа звезд предыдущей. Например число звезд второй величины в три раза больше числа звезд первой величины, т.е. звезд первой величины около 20, а звезд второй величины около 60. Как мы уже говорили, видимый блеск звезд последующего класса в 2,5 раза меньше, чем предыдущего — звезды второй величины светят в 2,5 раза слабее звезд первой величины и т.д.

Вспомним, что нашему наблюдению доступны только звезды одного полушария, т.е. доступных наблюдению звезд первой величины в одном полушарии 10, звезд



## ЗАНЯТИЕ 2.9

2-й величины  $10 \cdot 3$ , а их блеск, в сравнении со звездами первой величины,  $10 \cdot 3 / 2,5$ . Звезд третьей величины в одном полушарии  $10 \cdot 3 \cdot 3$ , а их суммарный видимый блеск  $\frac{10 \cdot 3 \cdot 3}{2,5 \cdot 2,5}$  или  $10 \cdot 3^2 / 2,5^2$

Звезд четвертой величины  $10 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$  или  $10 \cdot 3^3$ , а их суммарный видимый блеск составляет  $10 \cdot 3^3 / 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5$  или  $10 \cdot 3^3 / 2,5^3$ .

... Звезд шестой величины  $10 \cdot 3^5$ , а их суммарный видимый блеск —  $10 \cdot 3^5 / 2,5^5$ .

Сейчас мы уже можем записать, как найти суммарный блеск всех звезд неба, видимых невооруженным глазом:

$$C = \frac{10 \cdot 3}{2,5} + \frac{10 \cdot 3 \cdot 3}{2,5 \cdot 2,5} + \frac{10 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3}{2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5} + \frac{10 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3}{2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5} + \frac{10 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3}{2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5}$$

Дома посчитайте это число (можно с помощью калькулятора) и запишите в тетрадь.

Если произвести такое же вычисление для всех звезд неба, т.е. и для тех, которые можно увидеть только в телескоп, то окажется, что их общий свет равен свету 1100 звезд первой величины  
или  
одной звезды минус 6,6-й величины.

Обратите внимание на то, как много света мы получаем от тех звезд, которые не видны невооруженным глазом!

Продолжим наше знакомство с небесными светилами разного видимого блеска. В той шкале, которой мы пользуемся для оценки блеска звезд, можно оценить и планеты, и Луну, и Солнце.

Звездная величина Солнца равна минус 26,8.

Звездная величина полной Луны равна минус 12,6.

Вам понятно, почему это отрицательные числа?

На первый взгляд разница в звездных величинах Луны и Солнца не очень велика, но если от звездных величин перейти к видимому блеску, то легко можно получить следующее соотношение яркостей Луны и Солнца — дневное светило в ясную погоду освещает Землю в 447 000 раз сильнее, чем полная Луна в безоблачную ночь.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Проверьте расчет, о котором говорится в тексте занятия.
2. Попробуйте составить небольшой устный рассказ о том, почему звездные величины Луны и Солнца отрицательны.

## ЗАНЯТИЕ 2.10

### Тест 2.2

1. а. 0,  
б. -1,  
в. +1,  
г. 5.
2. В 2,5 раза ярче звезды первой величины:  
а. 2,5М,  
б. 0,  
в. -1,  
г. -2,5.
3. а. Сириус,  
б. Канопус,  
в. Ахернар,  
г. Бетельгейзе.
4. а. -2,5М,                      б. -2<sup>м</sup>,5,  
в. -2,5<sup>м</sup>,                      г. 2,5.
5. а. 20,                      б. 100,  
в. 10,                      г. 70.
6. а. 70,                      б. 30,  
в. 1000,                      г. 35.
7. а. 2,5,                      б. 250,  
в. 2,5 · 2,5                      г. 100.
8. а. 1000,  
б. 100,  
в. 6000,  
г. 1 000 000.
9. а. Мицар,  
б. Мегрец,  
в. Фегда,  
г. Канопус.
10. а. 95,                      б. 1000,  
в. 10,                      г. 1 000 000.
11. а. -26,8,                      б. -10,  
в. 120,                      г. -40,5.
12. а. 20,                      б. -12,6,  
в. 12,2,                      г. -10.

## ЗАНЯТИЕ 2.10

13. а. 100,  
б. 1100,  
в. 500,  
г. 1 000 000.
14. а. десять, б. четыре,  
в. таких нет, г. сто.
15. а. 0, б. 2,  
в. -1, г. 6.
16. а. в 3 раза больше, чем звезд предыдущего класса,  
б. равно числу звезд соседнего класса,  
в. в 3 раза меньше, чем звезд предыдущего класса,  
г. в 10 раз больше числа звезд предыдущего класса.
17. а. чем ярче источник, тем сильнее ощущение его яркости,  
б. чем ярче источник, тем слабее ощущение его яркости,  
в. чем слабее источник, тем сильнее ощущение его яркости,  
г. наше восприятие никак не связано с яркостью источника света.
18. а. в 2,5 раза меньше яркости звезд предыдущего класса,  
б. в 6,3 раза больше яркости звезд предыдущего класса,  
в. в 100 раз больше яркости звезд предыдущего класса,  
г. в 2,5 2,5 2,5 раза меньше яркости звезд предыдущего класса.
19. а. в 6,25 раза слабее звезды 1-й величины;  
б. дает столько же света, как и 100 звезд 4-й величины;  
в. светит мерцающим голубым светом;  
г. в зените недоступна невооруженному глазу.
20. а. полной Луны,  
б.  $1/2$  света Солнца,  
в. одной звезды минус шестой величины,  
г. 10 звезд первой величины.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Составьте кроссворд из 10-12 наименований, чтобы мы смогли повторить самые яркие звезды неба.

# САМОЕ ОБЩЕЕ О ЗВЕЗДНЫХ КАРТАХ, АТЛАСАХ И КАТАЛОГАХ

Вспомним! Еще более двух тысяч лет назад в древнем Китае и Древней Греции ученые составили первые списки звезд, в которых было указано точное положение сотен звезд на небе. Такие списки с обозначением положений звезд или списки звезд, подобранных по какому-либо признаку (список двойных звезд, переменных звезд и т.д.) и получили название звездных каталогов.

*Каталог* (от греческого *catalogos* —, т.е. список) — систематический перечень предметов, подобранных по какому-либо признаку.

*Карта* (от греческого *chartes* — лист или свиток папируса для письма) — уменьшенное обобщенное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или внеземного пространства, показывающее расположенные на ней объекты в определенной системе условных знаков.

*Атлас* (от греческого *Atlas, Atlantos* — титан, по древнегреческому мифу, державший небесный свод) — собрание карт, подобранных с определенной целью и по определенной системе.

Положение звезд на небе определяют при помощи специальных инструментов. О простейших из них мы уже говорили на занятии „Самые первые астрономические инструменты“. Сегодня для точного определения звездных координат (места расположения светил на небе) пользуются небольшими телескопами, снабженными металлическими кругами с делениями (шкалами). По этим шкалам, разделенным на градусы и их доли, можно точно отсчитать координаты светила в угловых единицах в тот момент, когда данное светило видно в телескоп.

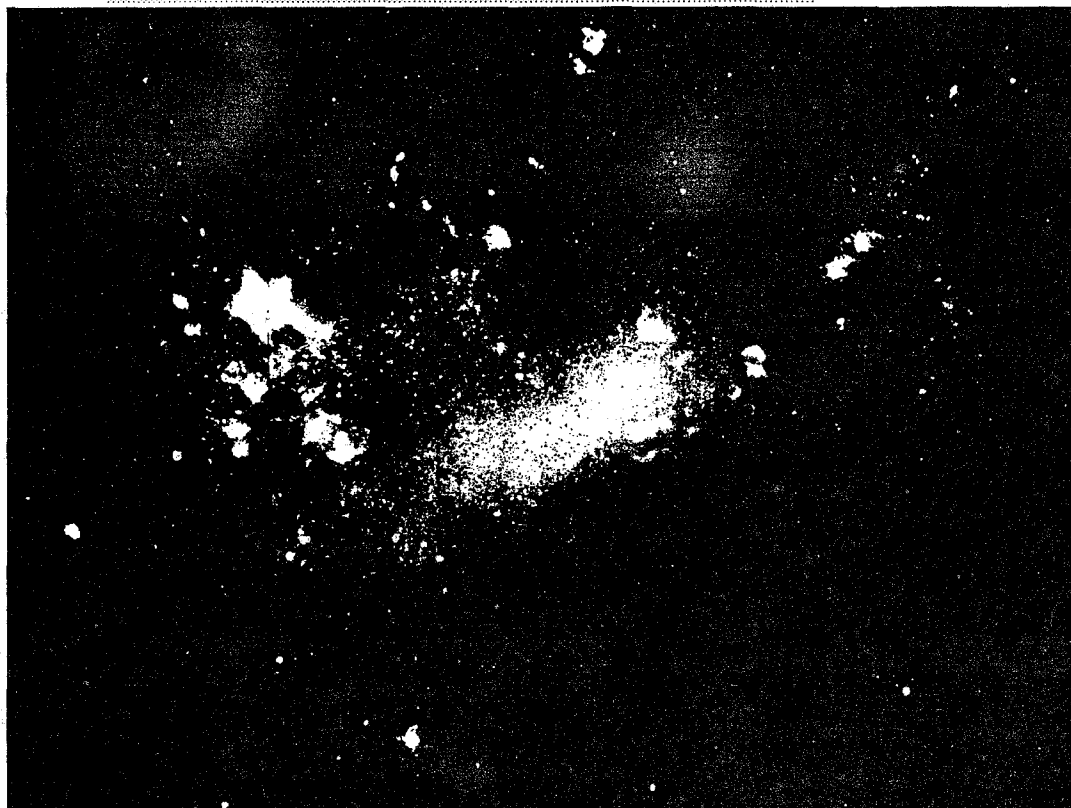
Положение на небе ярких звезд (до 11-й звездной величины) определено с хорошей точностью. На сегодняшний день в общей сложности около миллиона звезд занесено в каталоги и находится на строгом учете.

Звезды слабее 11-й величины пока подсчитываются лишь приблизительно. Например, установлено, что звезд ярче 21-й величины около двух миллиардов!

По известным положениям звезд составляют карты звездного неба. В нашем учебнике мы уже встречались с такими картами (см. занятие 3 в первой части и занятие 1 во второй части нашего учебника).

В настоящее время с помощью современных больших телескопов сфотографировали почти все звездное небо и составили фотографические атласы неба, показывающие все звезды до двадцать первой звездной величины. Вот и пример такой фотографии, которая может входить в звездный атлас (см. рис. 10). Это *Большое Магелланово облако* — далекая звездная система, которая видна невооруженным глазом в Южном полушарии Земли.

Рис.10



Перед Вами (см. рис. 11) небольшой участок звездной карты.

Обратите внимание на маленькую тесную группу из шести слабо светящихся звездочек в созвездии Тельца. Их легко заметить в темные зимние ночи. Это звездное скопление

*Плеяды,*

которое у нас в России иногда называют

*Стожарами.*

В телескоп в этом скоплении можно различить более сотни звезд.

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Прочитайте внимательно и постарайтесь запомнить, чем похожи и чем отличаются друг от друга каталог, карта и атлас.

2. Какие цифры из этого занятия кажутся Вам самыми важными? Запишите их в тетрадь.

3. Подберите в домашней библиотеке каталог, карту или атлас и принесите их на следующее занятие.

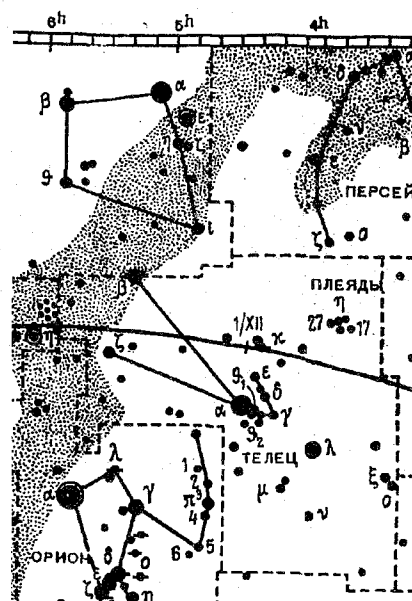


Рис.11

## СРАВНИВАЕМ ВИДИМОЕ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ

В астрономии больше, чем где бы то ни было в жизни, видимое отличается от действительного. Соседние на вид звезды одного созвездия могут находиться в пространстве очень далеко друг от друга и на очень разных расстояниях от нас.

Звезда, кажущаяся яркой, может выглядеть так и из-за своей близости к нам, и от того, что ее истинная сила света огромна.

Из 20 ближайших к нам звезд только три видны невооруженным глазом. А из 20 звезд, кажущихся нам самыми яркими, только три входят в список ближайших.

Для того, чтобы охарактеризовать сам источник света нужно пользоваться не определением его видимого блеска, а понятием силы света.

*Сила света* — это величина, которая характеризует свечение источника в каком-либо направлении. Сравним количество света, попадающего в конус одного и того же размера, от горящей спички и дуги электросварки (рис. 12). Интуитивно ясно, что больше света попадет от более яркого источника — сварочной дуги, т.е. в этом случае сила света будет больше.

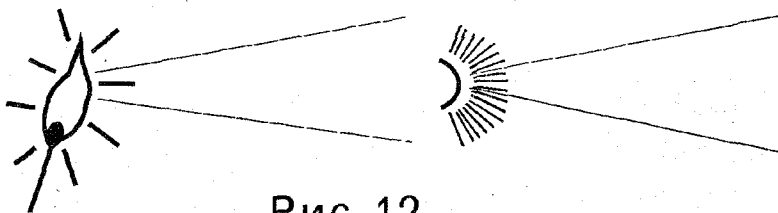


Рис. 12

Силу света звезды принято сравнивать с силой света Солнца. Если говорят, что светимость звезды равна 10, значит, сила света от нее в 10 раз больше, чем от Солнца. Если изображать яркость объекта на нашем рисунке с конусами в виде горошин, то, если яркость Солнца представить как попадание одной горошины в конус, то для звезды светимости 10 в такой же конус нужно поместить 10 горошин (см. рис. 13).

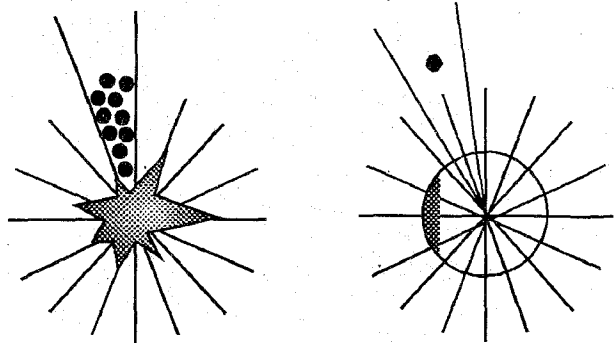


Рис. 13

Вернитесь к таблице занятия 5 в первой части нашего учебника и постарайтесь запомнить величины светимостей некоторых наиболее ярких звезд неба.

### *Важное замечание!*

В физике часто бывает так, что изменение одной величины зависит от изменения другой. Например, чем больше наливают воды в ведро, тем оно становится тяжелее. В этом случае с ростом одной величины (количества воды) в той же мере растет и другая (вес воды в ведре). Такую зависимость называют

## ЗАНЯТИЕ 2.12

прямо пропорциональной. И наоборот, с ростом одной величины другая, связанная с ней, может в той же мере убывать (чем больше воды отливают из ведра, тем меньше ее в ведре остается) — это обратно пропорциональная зависимость.

Видимый блеск источника света меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до него, т.е. чем дальше расположен источник света, тем менее ярким он кажется (рис. 14).

Математически это можно записать вот так:

$$\text{Видимый блеск источника света} = \frac{A}{\left(\text{Расстояние до источника света}\right)^2}$$

Здесь  $A$  — некоторое число, говорят „некоторая постоянная“ или „некоторая константа“, а пишут  $A = \text{const}$ .

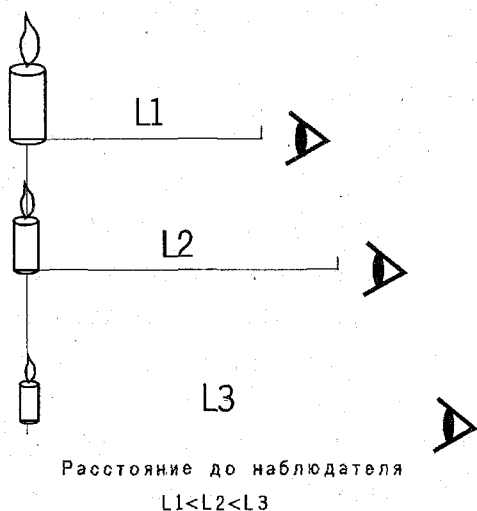


Рис. 14

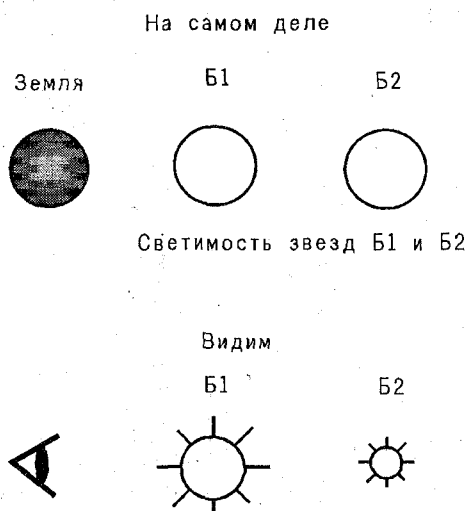


Рис. 15

Видимый блеск источника света для астронома — это видимая звездная величина рассматриваемого светила. Из двух одинаковых звезд (представим, что у нас есть две звезды-близнеца), казаться ярче будет та, которая расположена ближе (рис. 15).

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

Проанализируйте внимательно таблицу „Самые яркие звезды неба“. Как связаны видимая звездная величина и светимость с расстоянием до звезды; подтверждаются ли наши общие законы для источника света этими конкретными цифрами?

# АБСОЛЮТНАЯ ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА

Как вы уже поняли, астрономы (для оценки блеска светила) часто пользуются видимой звездной величиной, т.е. числом, характеризующим блеск светила на том расстоянии, на котором это светило находится.

Звезды удалены от нас неодинаково. Поэтому видимый блеск говорит как об их истинном блеске, так и об их удалении от нас. Для того, чтобы охарактеризовать светимости звезд, т.е. понять как блестели бы различные звезды, если бы они находились на одном и том же расстоянии от нас, астрономы вводят понятие *абсолютной звездной величины*.

Абсолютной звездной величиной звезды называется та звездная величина, которую звезда имела бы, если бы находилась от нас на расстоянии 10 парсек.

Итак, для сравнения светимостей звезд (но не их видимого блеска) удобно поместить все звезды на одно расстояние, например 10 пс. Тогда самой яркой для нас будет именно та звезда, у которой самая большая светимость (рис. 16).

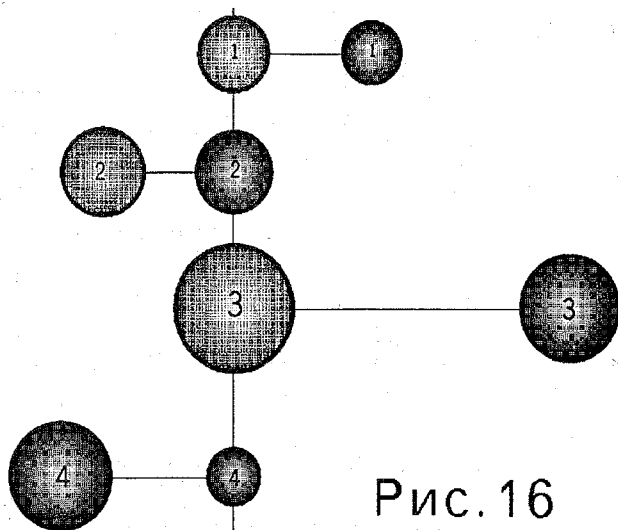


Рис. 16

*Светимость* — это тот свет, который излучает (испускает, посылает, которым светит) звезда.

*Видимый блеск* — это тот свет, который мы наблюдаем.

Абсолютная величина обозначается заглавной буквой  $M$ . Для Солнца  $M=4^m,8$  или абсолютная звездная величина Солнца равна почти пяти целым, т.е. на расстоянии 10 пс Солнце казалось бы звездочкой почти пятой величины. Абсолютная звездная

величина Сириуса — это  $+1,3$ , т.е. с расстояния 10 пс мы видели бы Сириус в 25 раз более ярким, чем Солнце, хотя видимый блеск Солнца в 10 000 000 000 (десять миллиардов или  $10^{10}$ ) раз больше блеска Сириуса.

Однако, светимость нашего Солнца все же выше средней в мире звезд. Например, звезды, расположенные на расстояниях до 10 пс от Солнца, имеют среднюю абсолютную звездную величину 9, т.е. Солнце в 650 раз ярче, чем средние из окружающих его звезд.

## ОДНА ИЗ САМЫХ ЯРКИХ ЗВЕЗД

У нашей звездной системы есть соседки, описанные впервые спутником Магеллана Пигафеттой во время кругосветного путешествия.



## ЗАНЯТИЕ 2.13

Это звездные системы Большое Магелланово Облако и Малое Магелланово Облако, расположенные соответственно в 15 000 раз и в 12 000 раз дальше, чем Сириус.

В состав Большого Магелланова Облака входит созвездие Золотой Рыбы. Это — созвездие южного неба, оно не видно в небе России. В созвездии Золотой Рыбы звездочка S имеет восьмую звездную величину, т.е. она недоступна невооруженному глазу. Но астрономы знают, что, если приблизить S Золотой Рыбы на такое же расстояние, на каком от нас находится Сириус, то S Золотой Рыбы будет светить как четвертинка Луны, т.е. она окажется уже не обычной звездой, а сверхзвездой. Сириус же с расстояния, на котором находится сейчас S Золотой Рыбы, выглядел бы как звезда семнадцатой величины — его было бы трудно различить и в сильный телескоп.

Светимость самой яркой из известных звезд — S Золотой Рыбы — почти в миллион раз больше светимости Солнца.

Магеллановы Облака в темную безлунную ночь похожи на какие-то странные, будто фосфоресцирующие неподвижные облака; но они движутся вместе со всем звездным небом, и при этом не меняют своего положения относительно звезд нашей Галактики.

На небе Магеллановы облака занимают большую площадь. Малое Облако имеет поперечник  $8^\circ$ , что в 16 раз превосходит поперечник лунного диска, поперечник Большого Облака —  $12^\circ$ .

Наблюдатели всегда отмечают сходство облаков с *Млечным Путем*, и сходство это не только внешнее. Если посмотреть в телескоп, то можно убедиться в звездной природе этих небесных объектов.

Магеллановы Облака — спутники нашей Галактики, включающие десятки миллионов звезд, по своим истинным размерам они значительно уступают нашей Галактике: Большое Облако составляет в поперечнике 20 000 световых лет, а Малое — 17 000.

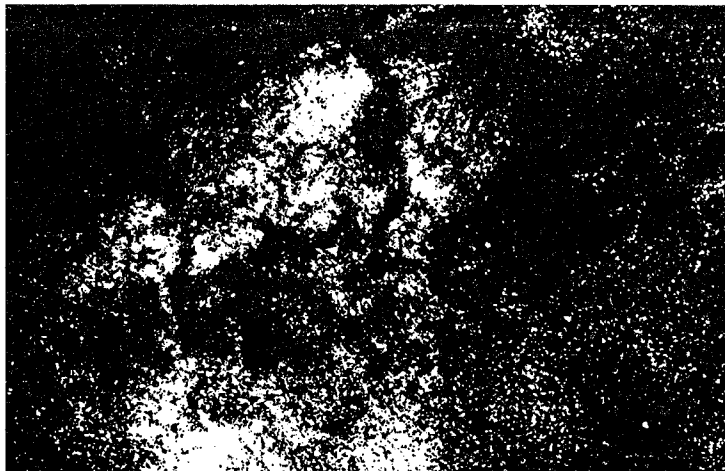


Рис. 17

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. вспомните хорошо известную Вам звезду, которая излучает света в 200 раз меньше Солнца. Чем она интересна?

2. вспомните и запишите в тетрадь чему равны в километрах один парсек и один световой год.

## ЗАНЯТИЕ 2.14

### Тест 2.3

1. а. кти, б. омега,  
в. альфа, г. дзета.
2. а. в 17 веке,  
б. более двух тысяч лет назад,  
в. в 10 веке,  
г. 1200-1300 гг.
3. а.  $\alpha$  б.  $\beta$   
в.  $\gamma$  г.  $\chi$
4. а. до 6 звездной величины,  
б. до  $5^m$ ,  
в. до  $M=10$ ,  
г. до одиннадцатой звездной величины.
5. а. около миллиона,  
б. 10 000,  
в. 6 000,  
г. 88 940.
6. а.  $M=10$ , б.  $10^m$ ,  
в.  $21^m$ , г. 8 зв. величина.
7. а. katalogos — список,  
б. chartes — лист,  
в. atlas — природа,  
г. goneia — рождение.
8. а. остается постоянным,  
б. обратно пропорционально расстоянию,  
в. чем дальше расположен источник света,  
тем он кажется более ярким,  
г. прямо пропорционально расстоянию.
9. а. 10, б. 5,  
в. 1, г. 3.
10. а. 15, б. 20,  
в. 0, г. 3.
11. а. с силой света Сириуса,  
б. с силой света специальной ртутной лампы,  
в. с силой света Солнца,  
г. с силой света Луны.
12. а. N, б. M,  
в. A, г. C.

## ЗАНЯТИЕ 2.14

13. а. 1 а.е.,  
б. 1000 км,  
в. 10 пс,  
г. 1 световой год.
14. а. 4,8,  
б. 10,  
в. 1,5,  
г. 1000.
15. а. +100, б. -10,  
в. +5,8, г. +1,3.
16. а. Цефея,  
б. Кассиопеи,  
в. Дракона,  
г. Золотой Рыбы.
17. а. Полярная Звезда,  
б. Бетельгейзе,  
в. Сириус,  
г. S Золотой Рыбы.
18. а. не видим невооруженным глазом,  
б. не видим даже в самый современный телескоп,  
в. как звезду второй звездной величины,  
г. как звезду величины  $4^m,8$ .
19. а. они одинаковы,  
б. светимость Солнца меньше в 10 раз,  
в. светимость Солнца в 100000 раз меньше,  
г. светимость Солнца слабее в 1 000 000 раз.
20. а. это звездная система южного неба,  
б. оно не видно невооруженным глазом,  
в. оно все время заслонено Солнцем,  
г. оно слишком маленькое.

### Для работы дома:

Найдите на географической карте схему путешествия Ф.Магеллана и внимательно изучите её. По каким географическим широтам проходило это плавание?

# КООРДИНАТЫ

*Координаты* (от латинского *co, cum* — „совместно“ и *ordinatus* — „упорядоченный“) — числа, определяющие положения точки. Координаты и нужны для того, чтобы определить положение точки в пространстве.

	1в	2в	3в	4в	5в
1г	*	*	*	*	*
2г	*	*	*	*	С
3г	*	*	В	*	*
4г	*	*	*	*	*
5г	*	*	*	*	А

Посмотрите на рисунок 18. Положение любой точки большого квадрата легко определить, если мы знаем два числа, соответствующих вертикальной и горизонтальной линиям, на пересечении которых эта точка находится. Так, координаты точки А — числа 5в и 5г, а координаты точки В — числа 3в и 3г, точка С имеет координаты 5в и 2г.

Рис. 18

Можно определить положение точки в пространстве по-разному.

Например, уже в простых курсах математики вводят *прямоугольные* или *декартовы* координаты (они очень похожи на те координаты, что представлены на нашем рисунке) и *полярные* координаты. Какой системой пользоваться (выбрать систему координат) — это вопрос удобства, какая в каждом конкретном случае удобнее, той и пользуются.

В географии для определения положения точки на поверхности Земли пользуются географическими координатами — широтой и долготой. Вспомните, карты покрыты сеткой параллелей и меридианов, которые разбиты на градусы и их доли, что позволяет очень точно определить широту и долготу любой точки.

Астрономы тоже пользуются координатами, которые называются **НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ.**

Небесные координаты — числа, с помощью которых определяют положение светил на небесной сфере. Однако оказывается, что и здесь существует не один, а несколько способов определить положение светила на небесной сфере, т.е. можно использовать несколько систем координат.

Давайте вспомним занятие 9 в первой части нашего курса. На рис. 17 заштрихована плоскость *горизонта*. Используя эту плоскость, можно построить *горизонтальную систему небесных координат*. Одной

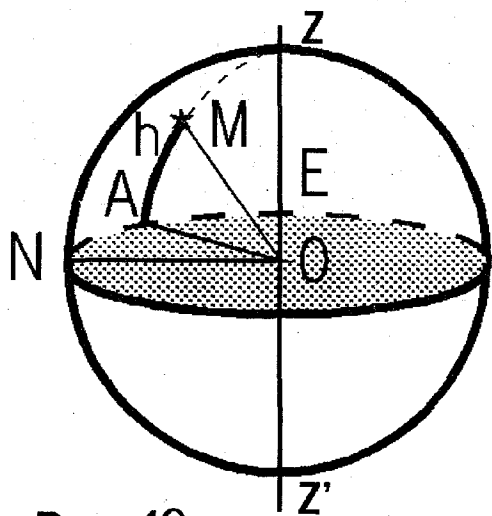


Рис. 19

## ЗАНЯТИЕ 2.15

координатой в этой системе будет угол в плоскости горизонта (азимут), отсчитываемый от точки *севера* к востоку (это угол  $NOA$  на рис. 19). Другая координата — высота  $h$ , отсчитываемая от плоскости горизонта (это тоже угол, на нашем рисунке он обозначен  $AOM$ ). На рис. 20 заштрихована уже плоскость *небесного экватора*. Вспомним „*Экватор*“ от латинского *aeguator* — уравниватель (сравни расстояния до полюсов от любой точки на экваторе). Плоскость экватора используют для построения *экваториальных систем небесных координат*. Это наиболее удобная и чаще всего используемая в астрономии система. О ней мы поговорим подробно на следующих двух занятиях.

Мы уже знаем, что Солнце перемещается по небу по линии, которая называется *эклиптикой*. Плоскость эклиптики тоже можно изобразить на небесной сфере (см. заштрихованную плоскость на рис. 21). Эклиптика пересекается с небесным экватором под углом  $23\frac{1}{2}$  градуса. Как Вы уже догадались, можно использовать эклиптику для построения *эклиптической системы небесных координат*, все отсчеты в которой ведутся от плоскости эклиптики. А началом отсчета здесь служит точка весеннего равноденствия — точка пересечения эклиптики и небесного экватора. Мы уже немного говорили об этой точке. Вспомните, о чём тогда шла речь?

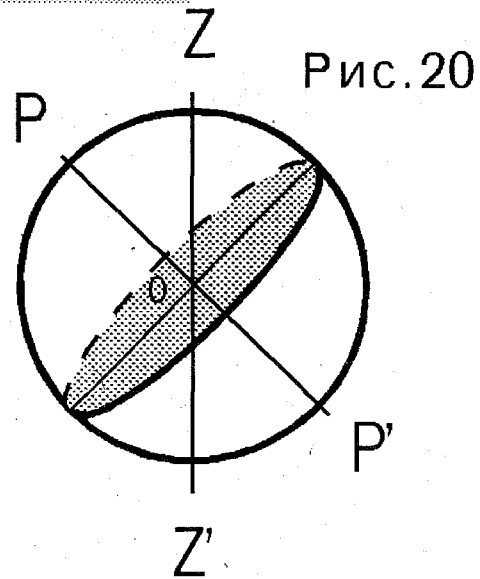


Рис. 20



Рис. 21

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Определите по карте географические координаты Екатеринбурга, Москвы, Парижа, Лондона, Чикаго, Тампы и запишите Ваши результаты в тетрадь.

2. Вспомните названия основных систем небесных координат и характерные плоскости, которые используются при их построении, сделайте в тетради эскизы, что поможет Вам лучше понять и запомнить этот сложный только на первый взгляд материал.

# КООРДИНАТЫ

*Координаты* (от латинского *co, cum* — „совместно“ и *ordinatus* — „упорядоченный“) — числа, определяющие положения точки. Координаты и нужны для того, чтобы определить положение точки в пространстве.

	1в	2в	3в	4в	5в
1г	*	*	*	*	*
2г	*	*	*	*	С
3г	*	*	В	*	*
4г	*	*	*	*	*
5г	*	*	*	*	А

Посмотрите на рисунок 18. Положение любой точки большого квадрата легко определить, если мы знаем два числа, соответствующих вертикальной и горизонтальной линиям, на пересечении которых эта точка находится. Так, координаты точки А — числа 5в и 5г, а координаты точки В — числа 3в и 3г, точка С имеет координаты 5в и 2г.

Рис. 18

Например, уже в простых курсах математики вводят *прямоугольные* или *декартовы* координаты (они очень похожи на те координаты, что представлены на нашем рисунке) и *полярные* координаты. Какой системой пользоваться (выбрать систему координат) — это вопрос удобства, какая в каждом конкретном случае удобнее, той и пользуются.

В географии для определения положения точки на поверхности Земли пользуются географическими координатами — широтой и долготой. Вспомните, карты покрыты сеткой параллелей и меридианов, которые разбиты на градусы и их доли, что позволяет очень точно определить широту и долготу любой точки.

Астрономы тоже пользуются координатами, которые называются **НЕБЕСНЫЕ КООРДИНАТЫ.**

Небесные координаты — числа, с помощью которых определяют положение светил на небесной сфере. Однако оказывается, что и здесь существует не один, а несколько способов определить положение светила на небесной сфере, т.е. можно использовать несколько систем координат.

Давайте вспомним занятие 9 в первой части нашего курса. На рис. 17 заштрихована плоскость *горизонта*. Используя эту плоскость, можно построить *горизонтальную систему небесных координат*. Одной

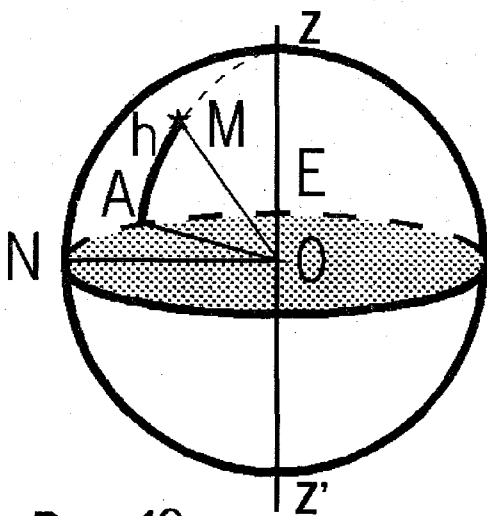


Рис.19

координатой в этой системе будет угол в плоскости горизонта (азимут), отсчитываемый от точки *севера* к востоку (это угол NOA на рис. 19). Другая координата — высота  $h$ , отсчитываемая от плоскости горизонта (это тоже угол, на нашем рисунке он обозначен AOM). На рис. 20 заштрихована уже плоскость *небесного экватора*. Вспомним „*Экватор*“ от латинского *aeguator* — уравниватель (сравни расстояния до полюсов от любой точки на экваторе). Плоскость экватора используют для построения *экваториальных систем небесных координат*. Это наиболее удобная и чаще всего используемая в астрономии система. О ней мы поговорим подробно на следующих двух занятиях.

Мы уже знаем, что Солнце перемещается по небу по линии, которая называется *эклиптикой*. Плоскость эклиптики тоже можно изобразить на небесной сфере (см. заштрихованную плоскость на рис. 21). Эклиптика пересекается с небесным экватором под углом  $23\frac{1}{2}$  градуса. Как Вы уже догадались, можно использовать эклиптику для построения *эклиптической системы небесных координат*, все отсчеты в которой ведутся от плоскости эклиптики. А началом отсчета здесь служит точка *весеннего равноденствия* — точка пересечения эклиптики и небесного экватора. Мы уже немного говорили об этой точке. Вспомните, о чём тогда шла речь?

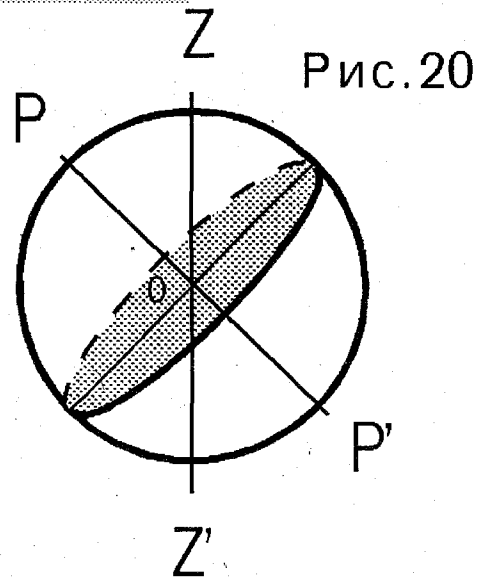


Рис. 20



Рис. 21

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Определите по карте географические координаты Екатеринбурга, Москвы, Парижа, Лондона, Чикаго, Тампы и запишите Ваши результаты в тетрадь.
2. Вспомните названия основных систем небесных координат и характерные плоскости, которые используются при их построении, сделайте в тетради эскизы, что поможет Вам лучше понять и запомнить этот сложный только на первый взгляд материал.

# НЕБЕСНЫЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ. СКЛОНЕНИЕ СВЕТИЛА

Давайте вспомним, как в старину люди прятали клад: „От высокого дуба пройди сто шагов в сторону источника, потом пятьдесят на полуденное Солнце, тридцать шагов влево и вниз на полторы сажени“. Обратите внимание на то, что очень важно точно знать место, с которого нужно начинать, т.е. *начало отсчета*. Если мы начнем не от высокого дуба, а от кривой лиственницы, то, конечно, попадем в другую точку.

На прошлом занятии мы поняли, что в экваториальной системе небесных координат основным кругом, с помощью которого и определяются координаты, служит небесный экватор. Однако, в этом случае можно задать начало отсчета двумя различными способами, и мы получим две разные системы экваториальных координат. В нашей истории с кладом все же можно начать считать не от дуба, а от лиственницы, но тогда придется пользоваться и новым описанием — другим количеством шагов и другими направлениями для того, чтобы попасть в ту же конечную точку.

Давайте сначала познакомимся подробнее с первой системой экваториальных координат, которая чаще всего используется в астрономии из-за ее удобства.

Вспомним! Все звезды при своем видимом движении в течение суток перемещаются по небесной сфере *параллельно небесному экватору*.

Что такое *параллельные* прямые или плоскости? Что значит „двигаться параллельно“? Посмотрите на эти рисунки, возможно они помогут Вам.



Как же задается экваториальная система координат? На рис. 22 изображена хорошо знакомая Вам небесная сфера, образ нашего звездного неба. Заштрихованная плоскость — плоскость небесного экватора. Р — Северный полюс мира. Через него и *Зенит* проходит небесный меридиан, а координаты светила М (точки М) мы и должны определить.

Повторимся еще раз. Звезды движутся по небу параллельно небесному экватору. Тогда *расстояние от небесного экватора до звезды*, например, нашего светила М, *остается постоянным*, хотя для каждой звезды оно свое. Это угловое расстояние между звездой и небесным экватором называется ее *склонением* (обозначается греческой буквой  $\delta$ ).



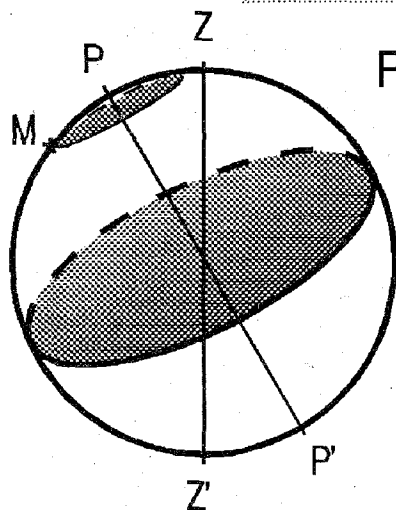


Рис.22

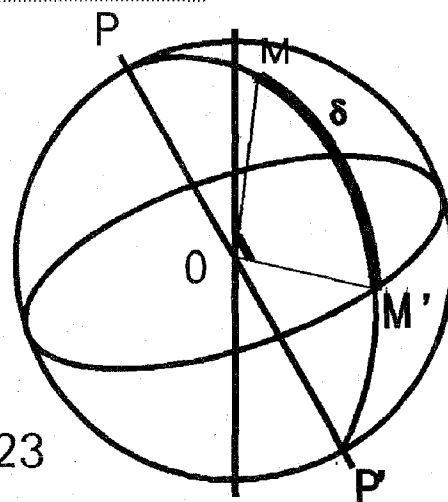


Рис.23

*Склонением небесного светила называется угол между направлением из центра небесной сферы на данное светило и плоскостью небесного экватора.*

Для того, чтобы представить угол между направлением нашего взгляда на выбранную звезду и плоскостью, проходящей через центр сферы, посмотрите на рис. 21.  $M$  — наша звезда.  $OM$  — одна из сторон угла, который ищем. Сложнее всего найти точку  $M'$ , чтобы провести вторую сторону угла  $OM'$ . Как это сделать? Вспомните обычный глобус и меридианы на нем. Проведите через точку  $M$  один из таких „меридианов“, соединяющих в нашем случае *полюсы мира*. Пересечение этой полуокружности с небесным экватором и даст точку  $M'$ , а мы получим нужный угол  $МOM'$ , склонение светила  $M$ . Полуокружности, соединяющие полюсы мира, называются *кругами склонения*. Один из них всегда проходит через данное светило.

Склонение измеряют в градусах, минутах и секундах дуги. Для светил, находящихся в северном полушарии неба, склонение считают положительным. А для светил в южном полушарии — отрицательным. Легко понять, что все точки небесного экватора имеют нулевое склонение. Северный полюс мира — это  $+90$ , а Южный полюс мира  $-90$ .

### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Подумайте, где в жизни мы встречаемся с параллельными прямыми и плоскостями. Запишите Ваши примеры в тетрадь.
2. Вспомните определение и научитесь графически (на рисунке) определять склонение светила.
3. Нарисуйте свою карту-схему и напишите указания для поиска клада, а мы попробуем его найти на следующем занятии (эту работу сделайте на *отдельном листе*).

# НЕБЕСНЫЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ. ПРЯМОЕ ВОСХОЖДЕНИЕ

Одно склонение небесного светила не может точно зафиксировать его положение на небесной сфере. Нужна вторая координата, которая вместе со склонением определила бы положение звезды однозначно. Эту вторую координату в экваториальной системе координат астрономы назвали *прямым восхождением светила* (обозначается буквой  $\alpha$ ). Как она определяется?

Все Вы знаете, что зимой день короткий, а ночь длинная, Солнце мало времени проводит над горизонтом. Летом все наоборот — ночь короткая, длинный день, Солнце подолгу не заходит на горизонт. А когда день бывает равен ночи? Это происходит ежегодно 20, 21 или 22 марта в *день весеннего равноденствия*.

В день весеннего равноденствия Солнце бывает на небесном экваторе в точке, которая называется *точкой весеннего равноденствия* (обозначается значком  $\Upsilon$ ).  
Точка весеннего равноденствия — это точка пересечения эклиптики и небесного экватора.

В первой экваториальной системе небесных координат (ее мы и рассматривали на прошлом занятии) точка весеннего равноденствия принимается за начало отсчета (рис. 24).

Проведем круг склонения через полюсы мира и наше светило  $M$ . Он пересечет небесный экватор в точке  $M'$ . Угол  $\Upsilon OM'$  и будет прямым восхождением светила  $M$ , т.е. углом, который мы ищем. Точно его определение звучит так: прямое

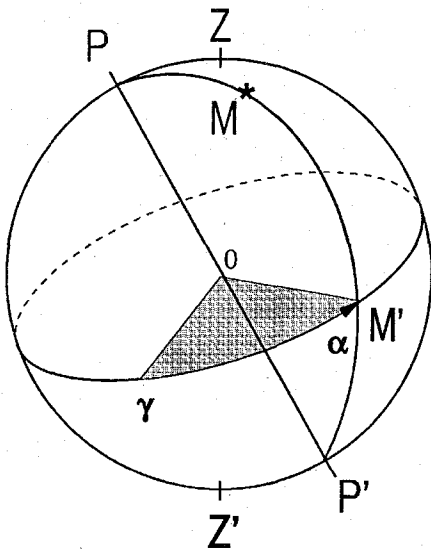


Рис. 24

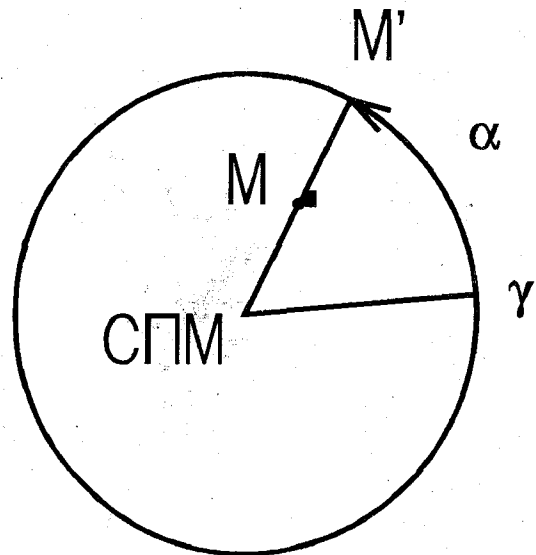


Рис. 25

## ЗАНЯТИЕ 2.17

восхождение светила равно углу между направлением из центра небесной сферы на точку весеннего равноденствия и плоскостью круга склонения данного светила.

Теперь давайте посмотрим на круг небесного экватора со стороны *северного полюса мира* (рис. 25).

Прямое восхождение светила отсчитывается в направлении против часовой стрелки. В первой системе экваториальных координат прямое восхождение и склонение светила и будут его небесными координатами. Не забывайте, что это определённым образом отсчитываемые углы. Давайте попробуем разобраться в том, почему прямое восхождение  $\alpha$  удобнее измерять не в градусах, минутах и секундах дуги, а в единицах времени.

Небесная сфера в своем кажущемся вращении вокруг нас совершает полный оборот на 24 часа, т.е. через каждые 24 часа мы как бы начинаем все с начала. Тогда в часовой мере полный круг, угол в  $360^\circ$ , равен 24 часам. Следовательно, *каждый час как мера угла* соответствует пятнадцати градусам и т.д.

360 градусов соответствуют 24 часам,  
15 градусов соответствуют 1 часу,  
1 градус соответствует 4 минутам,  
15 минут соответствуют 1 минуте,  
1 минута соответствует 4 секундам.

В сокращенной записи прямого восхождения часы, минуты и секунды обозначаются русскими буквами „ч“, „м“, „с“ или латинскими „h“, „m“, „s“ (например,  $7^{\text{ч}} 12^{\text{м}} 6^{\text{с}}$  или  $7^{\text{h}} 12^{\text{m}} 6^{\text{s}}$ ). буквы - степени  
Небесные экваториальные координаты очень похожи на земные географические координаты: прямое восхождение подобно долготе, а склонение — широте.

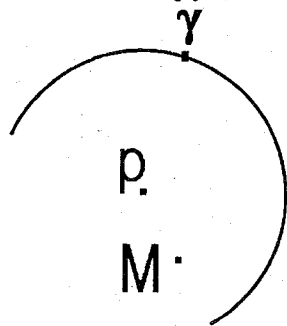
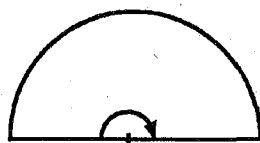


Рис. 26

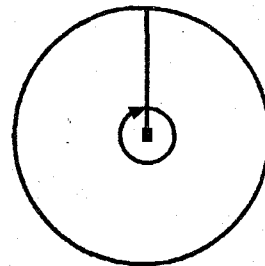
### Если Вы забыли !

Половинка круга - это  $180^\circ$

Полный круг - это  $360^\circ$



Четвертинка круга - это  $90^\circ$



### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Переведите углы  $30^\circ 46'$  и  $152^\circ 18'$  в часовые единицы.
2. Определите транспортиром величину прямого восхождения звезды М по этой схеме на рис. 26.

## ВТОРАЯ ЭКВАТОРИАЛЬНАЯ И ГАЛАКТИЧЕСКАЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Во второй экваториальной системе координат основным кругом также служит *небесный экватор*. Одна из координат общая для обеих экваториальных систем — это *склонение*  $\delta$ , отсчитываемое от плоскости экватора от 0 до +90 град в Северном полушарии небесной сферы и от 0 до -90град в Южном полушарии.

Вторая координата во второй экваториальной системе координат отличается от прямого восхождения, она называется *часовой угол* и обозначается буквой  $t$  (рис. 27).

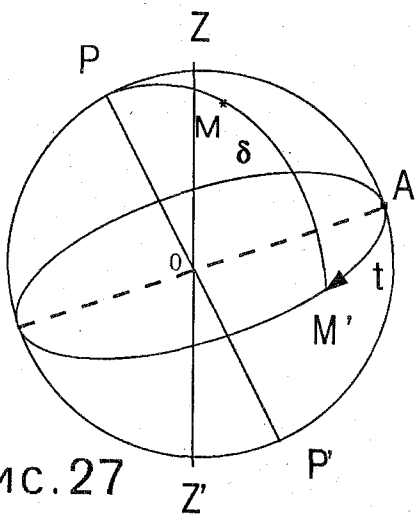


Рис. 27

Часовой угол отсчитывается от точки А пересечения экватора с небесным меридианом в направлении видимого вращения небесной сферы от 0 до 24 часов в часовой мере измерения углов.

Подчеркнем еще раз, что мы просто выбираем самую удобную систему координат, когда отдаем предпочтение той или другой.

Однако, существует еще одна очень интересная система небесных координат, о которой мы пока ничего не говорили. Это галактическая система небесных координат. Наша Солнечная система —

часть громадной звездной системы, которая называется Галактикой. В Галактику входят все звезды, доступные наблюдению.

В темные осенние ночи на небе можно увидеть широкую серебристую полосу неровной формы — это *Млечный Путь*. В телескоп хорошо видно. Млечный Путь — скопление множества слабых далеких звезд. Более яркие, близкие звезды расположены тем гуще, чем ближе они к средней линии Млечного Пути.



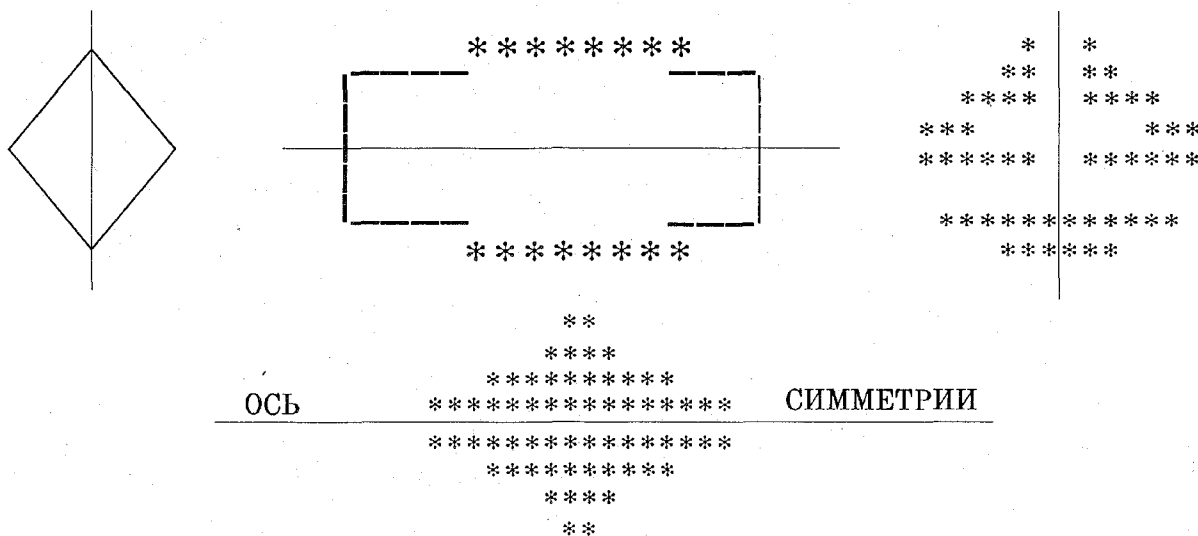
Рис. 28

Среднюю линию Млечного пути называют *галактическим экватором*. Плоскость галактического экватора — это плоскость симметрии нашей звездной системы. Что такое плоскость симметрии? Посмотрите внимательно на изображение нашей Галактики (рис. 28). Представьте, что мы согнули лист по средней линии. Получится две части, которые точно совпадут друг с другом, если их поместить одна в другую.

## ЗАНЯТИЕ 2.18

Средняя линия на рисунке — ось симметрии, а изображение Галактики — фигура, симметричная относительно этой оси. Если рассматривать не плоский рисунок, а объемную фигуру, то элементом симметрии окажется не ось, а плоскость.

В астрономии, да и вообще в природе, мы постоянно имеем дело с симметричными фигурами и процессами. Сегодня мы говорим об осевой симметрии. Вы уже поняли, что слово „ось“ в ее названии попало не случайно? Если фигура симметрична относительно оси, то у любой ее точки всегда найдется парная (как бы „близнец“), расположенная на таком же расстоянии от оси симметрии, что и рассматриваемая точка.



Используя плоскость *галактического экватора*, можно построить систему небесных координат. В *Галактической* системе координат основным кругом, по которому производят отсчет, служит круг в плоскости галактического экватора, т.е. плоскости симметрии видимого с Земли Млечного Пути. В этой системе небесные координаты называются галактической широтой и галактической долготой.

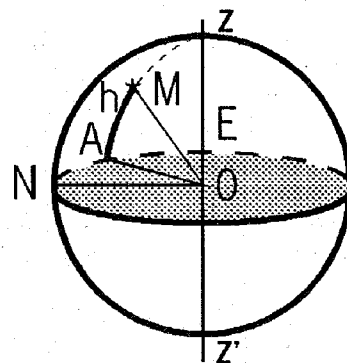
### ДЛЯ РАБОТЫ ДОМА:

1. Составьте в тетради небольшую таблицу, в которую занесите все известные вам системы небесных координат и названия координат в этих системах.
2. Зарисуйте в тетрадь несколько предметов, у которых есть плоскость симметрии. Можете ли Вы придумать или вспомнить симметричное явление, действие, процесс?
3. Как Вы думаете, почему у нашей Галактики есть плоскость симметрии?

## ЗАНЯТИЕ 2.19

### Тест 2.4

1. а. широта и долгота,  
б. небесные координаты,  
в. круги склонения,  
г. зенит и надир.
2. а. cum,  
б. ordinatus,  
в. quadrantis,  
г. aequator.
3. а. в первой экваториальной,  
б. в эклиптической,  
в. в горизонтальной,  
г. во второй экваториальной.
4. а. склонение  $\delta$  и часовой угол  $t$ ,  
б. галактическая широта и галактическая долгота,  
в. азимут и высота  $h$ ,  
г. склонение светила и прямое восхождение.
5. а. 10 град, б. 20 град, в.  $45^\circ$ , г.  $23^{1/2}$ .
6. а. небесному меридиану,  
б. небесному экватору,  
в. линии горизонта,  
г. галактическому экватору.
7. а. плоскостью небесного экватора,  
б. плоскостью горизонта,  
в. полуденной линией,  
г. осью мира.
8. а. небесным меридианом,  
б. кругами склонения,  
в. координатными кругами,  
г. небесным экватором.
9. а. отрицательным,  
б. нулевым,  
в. положительным,  
г. и положительным, и отрицательным.
10. а. 1 марта,  
б. 22 марта,  
в. первое апреля,  
г. пятнадцатое апреля.
11. а.  $\text{♊}$  б.  $\text{♈}$  в.  $\text{♉}$  г.  $\text{♋}$
12. а. Рак, б. Козерог,  
в. Весы, г. Овен.

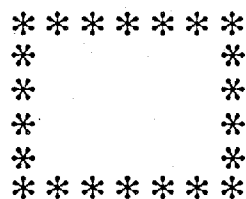


## ЗАНЯТИЕ 2.19

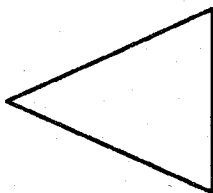
13. а. круга склонения данного светила,  
 б. горизонта,  
 в. небесного экватора,  
 г. эклиптики.
14. а. если смотреть со стороны Северного полюса мира,  
 б. если смотреть со стороны Южного полюса мира,  
 в. из точки Севера,  
 г. из точки Запада.
15. а. галактическая,  
 б. декартова,  
 в. экваториальная,  
 г. эклиптическая.
16. а. 24 часа,  
 б. 15 часов,  
 в. 1/2 часа,  
 г. 1 час.
17. а. одна минута,  
 б. 15 минут,  
 в. один градус,  
 г. 15'.

18.

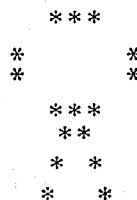
а.



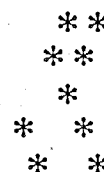
б.



в.



г.



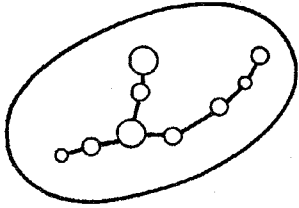
19. а. плоскость небесного экватора,  
 б. плоскость горизонта,  
 в. среднюю линию Млечного Пути,  
 г. плоскость, перпендикулярную плоскости симметрии Млечного Пути.

20. а. как серебристая полоса неправильной формы,  
 б. как маленькая точка у Полярной Звезды,  
 в. это звездное скопление в созвездии Тельца, которое видно невооруженным глазом,  
 г. это множество слабых звезд вблизи Северного полюса мира.

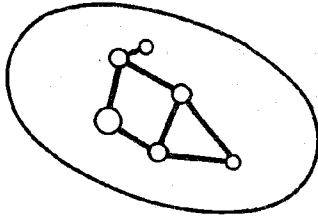
ИТОГОВЫЙ ТЕСТ 2.5

1.

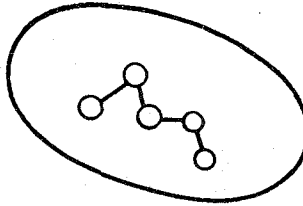
а.



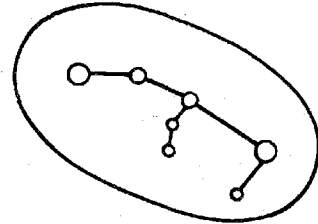
б.



в.



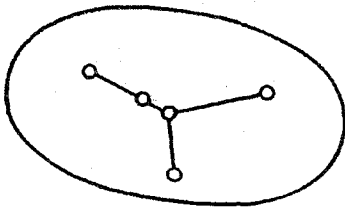
г.



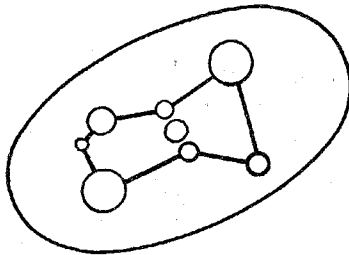
2.  $\alpha \beta a j k \gamma \delta \chi \varphi \rho \sigma z$   
а. 10, б. 5, в. 4, г. 8.

3.

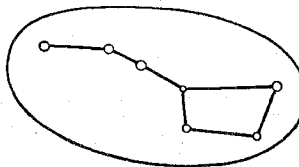
а.



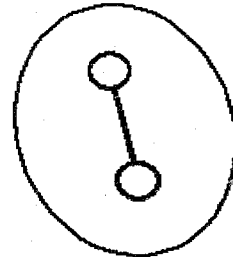
б.



в.



г.



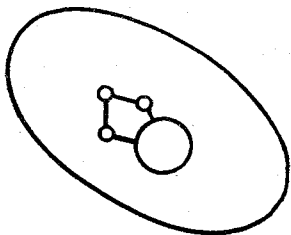
4.  $\kappa \lambda \theta \omega \lambda \xi \eta \gamma \delta \chi \tau \xi$   
а. 8, б. 4, в. 5, г. 7.

5. а. Орион, б. Лебедь,  
в. Кассиопея, г. Эридан.

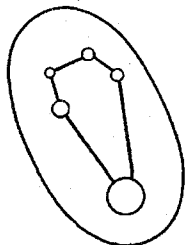
6. а. Регул, б. Бета Центавра,  
в. Ахернар, г. Альдебаран.

7.

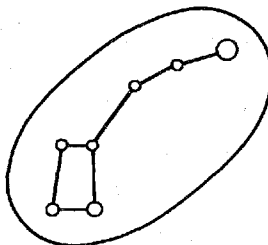
а.



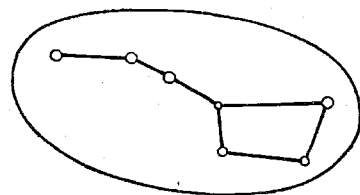
б.



в.



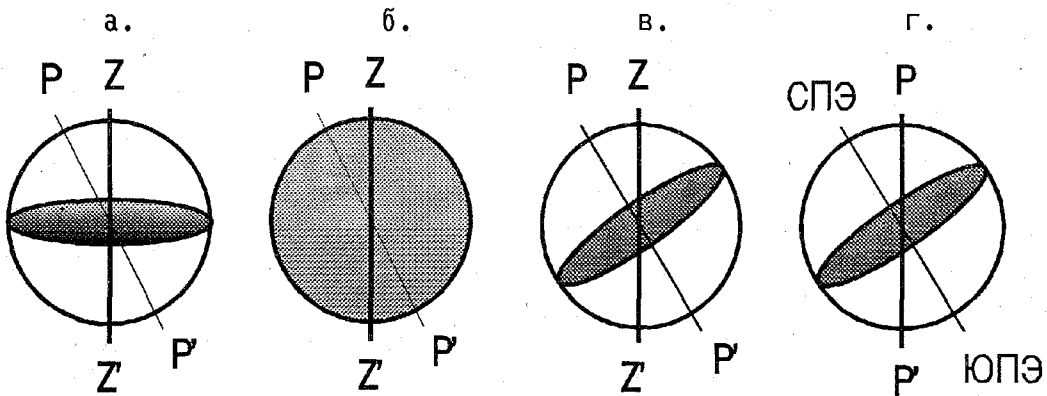
г.



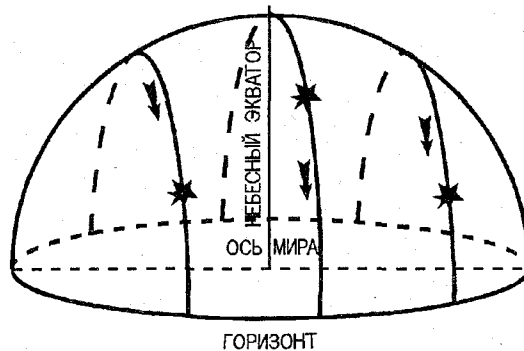


## ЗАНЯТИЕ 2.20

8. НАУГОЛЬНИК, КИСТОЧКА, ЖИВОПИСЕЦ, СКУЛЬПТОР, РЕЗЕЦ, ТЕЛЕСКОП, ОКТАНТ, ПЕЧЬ.  
а. 7, б. 5, в. 8, г. 4.
9. Лаланд 21185, Мерак, Денеб, Дубге, Регул, Ригель, Фегда, Фомальгаут, Мицар, Мегрец.  
а. 6, б. 4, в. 5, г. 7.
10. а. 9 000 000 000 км,  
б. 946 000 000 000 км,  
в. 9 460 000 000 000 км,  
г. 4 960 000 000 000 км.
11. а. в точке севера,  
б. на Северном полюсе мира,  
в. в точке запада,  
г. всегда в точке наблюдения.
- 12.



13. а. на Северном полюсе,  
б. на Южном полюсе,  
в. в средних широтах,  
г. на экваторе.



14. а. географической долготы места наблюдения,  
б. +90,  
в. географической широты точки наблюдения,  
г. 0.

15. Скорпион. Скульптор. Стрелец. Секстант. Стрела,  
Козерог. Компас. Киль. Корма. Кит.  
а. 2, б. 3, в. 4, г. 6.
16. а. астрономическая единица,  
б. парсек,  
в. эксцентриситет,  
г. световой год.
17. а. Сириус,  
б.  $\alpha$  Креста,  
в.  $\alpha$  Центавра,  
г. Проксима Центавра.
18. а. Столетов,  
б. Струве,  
в. Стравинский,  
г. Симонов.
19. а. квадрант,  
б. трикветр,  
в. посох,  
г. интерферометр.
20. а. полудиаметр земной орбиты,  
б. диаметр Земли,  
в. диаметр Солнца,  
г. полудиаметр орбиты Плутона.

## **Мои конспекты и рисунки составлены по книгам:**

1. Детская энциклопедия. М.: Просвещение, 1965 и 1972.
2. Я.И. Перельман. Занимательная астрономия. М.: Наука, 1966.
3. Ф.Ю. Зигель. Сокровища звездного неба. М.: Наука, 1980.
4. Г. Черненко. Звезды, планеты, телескопы. Л.: Художник РСФСР, 1991.
5. Герои Эллады. Екатеринбург: Средне-Уральское книжное издательство, 1992.
6. А. Московский. Астрология. Екатеринбург: Издательство уральского университета, 1992.
7. Я.И. Перельман. Занимательная физика. М.: Наука, 1979.
8. М. Колтун. Мир физики. М.: Детская литература, 1984.
9. Советский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1981.

### **Что ещё можно читать по астрономии:**

1. П.В. Щеглов. Отраженные в небе мифы земли. М.: Наука, 1986.
2. Е.П. Левитан. Малышам о звездах и планетах. М.: Просвещение, 1986.
3. В. Кащенко. Найди созвездие. М.: 1974.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ЧАСТЬ I

Введение	.....	4
Занятие 1.1	Что изучает астрономия?	5
Занятие 1.2	Первый взгляд на звёздное небо	6
Занятие 1.3	О названиях созвездий	8
Занятие 1.4	Тест 1.1	10
Занятие 1.5	Звезда и созвездие, известные всем	12
Занятие 1.6	Подробнее о Большой Медведице	14
Занятие 1.7	Неподвижны ли звёзды?	16
Занятие 1.8	Тест 1.2	18
Занятие 1.9	Вращение звёздного неба	20
Занятие 1.10	Первое знакомство с небесной сферой	22
Занятие 1.11	Звёздное небо в разных местах нашей планеты	24
Занятие 1.12	Почему и как меняется вид звёздного неба	26
Занятие 1.13	Тест 1.3	28
Занятие 1.14	Несколько слов о простейших приборах для изучения звёздного неба	30
Занятие 1.15	Недостатки нашего зрения	32
Занятие 1.16	Простейшие сведения о телескопах	34
Занятие 1.17	Тест 1.4	36

## ЧАСТЬ II

Занятие 2.1	Повторяем астрономическую азбуку	38
Занятие 2.2	Парсек	40
Занятие 2.3	Измерение расстояний до небесных светил	42
Занятие 2.4	Расстояния до небесных светил	44
Занятие 2.5	Тест 2.1	46
Занятие 2.6	Самые первые астрономические инструменты	48
Занятие 2.7	Что такое звёздная величина?	50
Занятие 2.8	Что такое звёздная величина?(продолжение)	52
Занятие 2.9	Некоторые интересные результаты расчётов со звёздными величинами	54
Занятие 2.10	Тест 2.2	56
Занятие 2.11	Самое общее о звёздных картах, атласах и каталогах	58
Занятие 2.12	Сравниваем видимое и действительное	60
Занятие 2.13	Абсолютная звёздная величина	62
Занятие 2.14	Тест 2.3	64
Занятие 2.15	Координаты	66
Занятие 2.16	Небесные экваториальные координаты. Склонение светила	68
Занятие 2.17	Небесные экваториальные координаты. Прямое восхождение	70
Занятие 2.18	Вторая экваториальная и галактическая системы координат	72
Занятие 2.19	Тест 2.4	74
Занятие 2.20	Итоговый тест 2.5	76
Список литературы	.....	78

Галина Владимировна Курляндская

## Первая астрономия

Учебное пособие

Художники В.Монахов, Т.Богомолова.  
Компьютерная верстка В.Монахов.  
Корректор Н.Зайцева

Подписано в печать с готовых диапозитивов 22.11.94 г.  
Формат 60×90/8. Бумага офсетная. Физ. п.л. 10.  
Тираж 1000 экз.

Банк культурной информации: 620219, г. Екатеринбург,  
ул. Р.Люксембург, 56,  
Институт истории и археологии УрО РАН, БКИ.

Полиграфическое объединение "Книга"  
Челябинского областного управления издательств,  
полиграфии и книжной торговли,  
454000, г. Челябинск, ул. Постышева, 2.

МОВ Екатеринбург



182104