

# **ОТ ГЕОЦЕНТРИЗМА И ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА К СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ**

Ульяновск  
2007

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Ульяновский государственный технический университет

# **От геоцентризма и гелиоцентризма к современной космологии**

Методические указания  
к семинарскому занятию по дисциплине  
«Концепции современного естествознания»  
для студентов дневной формы обучения специальностей:  
080111 – Маркетинг,  
080505 – Управление персоналом,  
080507 – Менеджмент организации

Составители Р. А. Браже  
А. А. Гришина

Ульяновск  
2007

УДК 524. 8 (076)  
ББК 22. 632я7  
О-80

Рецензент: заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика» УлГТУ доктор физико-математических наук, профессор С. Г. Валеев

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

**От геоцентризма и гелиоцентризма к современной космологии :**  
О-80 методические указания к семинарскому занятию по дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов дневной формы обучения специальностей: 080111 – Маркетинг, 080505 – Управление персоналом, 080507 – Менеджмент организации / сост. Р.А. Браже, А.А. Гришина.– Ульяновск : УлГТУ, 2007. – 24 с.

Составлены в соответствии с ГОС и программой курса «Концепции современного естествознания».

Даются методические указания студентам и рекомендации преподавателям по теме семинара «От геоцентризма и гелиоцентризма к современной космологии». Приводятся основные теоретические сведения, необходимые для самостоятельной подготовки к семинару. Содержатся контрольные задания и вопросы для тестового контроля усвоения темы.

**УДК 524. 8 (075)  
ББК 22. 632 я7**

© Браже Р. А., Гришина А. А.,  
составление, 2007  
© УлГТУ, электронный текст, 2007

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ СТУДЕНТАМ	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ	4
3. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	5
Введение	5
3.1. Геоцентрическая система мира Птолемея	5
3.2. Гелиоцентрическая система мира: история взглядов и их развитие	6
3.3. Современные представления о Вселенной	8
3.3.1. Возникновение Вселенной	8
3.3.2. Рождение и эволюция звезд	10
3.3.3. Солнечная система	12
Заключение	15
Библиографический список	15
4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	16
4.1. Задания открытого типа	16
4.2. Задания закрытого типа	18
4.3. Задания на установление соответствия	19
4.4. Задания на установление правильной последовательности	22

## 1. Методические указания студентам

Для успешного освоения темы необходимо:

- внимательно изучить раздел «Основные теоретические сведения» и попытаться ответить на контрольные вопросы из банка тестовых заданий;
- используя литературу из библиографического списка и самостоятельный поиск дополнительной информации через каталог научной библиотеки и Интернет, подобрать материал, представляющий интерес для обсуждения на семинаре;
- начинать готовиться к семинару заблаговременно, не откладывая подготовку на последний день.

*Примечания:*

1. При использовании Интернет - ресурсов помните, что не всякая информация, содержащаяся в сети, носит научный, концептуальный характер и заслуживает доверия. Старайтесь использовать те сайты, в которых приведены сведения об авторе, свидетельствующее о его компетентности в данном вопросе: ученая степень, ученое звание, место работы, должность, наличие опубликованных научных работ по данной проблеме.
2. Помните, что пропуск семинарского занятия или неудовлетворительная оценка, полученная на нем, означают задержку зачета или допуска к экзамену до тех пор, пока не будет сдан тест к данной теме.

## 2. Методические рекомендации преподавателям

При проведении семинарских занятий преподавателю рекомендуется:

- шире использовать инновационные методы обучения: индивидуальные задания (доклады), деловые игры, круглые столы, групповые тренинги, дискуссии и т. п.;
- при проведении данного семинара акцентировать внимание студентов на следующих вопросах: «Как выглядит Вселенная в геоцентрической системе мира, в гелиоцентрической системе мира, в современной космологии?», «Есть ли во Вселенной некий неподвижный центр, вокруг которого бы вращались все небесные тела?», «Как возникла наша Вселенная? Каково ее прошлое, настоящее и будущее?»;
- из банка контрольных заданий и вопросов заблаговременно сформировать с помощью конструктора тестов программы «АСТ – тест» порядка 10 тестов по 3 задания в каждом тесте, задаваемых методом случайной выборки. Использовать эти тесты для сдачи задолженностей студентами, пропустившими семинар или получившими на нем неудовлетворительную оценку.

### **3. Основные теоретические сведения**

#### **Введение**

Наверное, сколько существует человек, столько времени он пытается понять окружающий его мир, постичь его устройство, возникновение и дальнейшее развитие. На первых порах, в доисторические времена, его представления о мироздании ограничивались мифологическими представлениями. Космогонические мифы большинства народов удивительно похожи. Вначале был хаос, в котором все было перемешано: свет и тьма, добро и зло. Затем появляется дух или бог, который наводит в этом первородном хаосе порядок: создает землю и небо, Солнце, Луну и звезды, растительный и животный мир, людей.

Живущему на Земле человеку казалось естественным, что он находится в центре Вселенной. Поэтому даже в более поздние, античные времена, когда люди вычислили количество дней в году, поняли что положение планет на небосводе изменяется в течение года и повторяется затем вновь, и даже научились предсказывать солнечные и лунные затмения, они все еще находились в плену геоцентрических взглядов на мир.

Переосмысление этих взглядов, отказ от геоцентризма в пользу гелиоцентрической системы мира, в которой роль центра, вокруг которого вращаются все планеты, в том числе Земля, отводится Солнцу, сопровождалась яростной борьбой церкви с вольнодумцами, осмелившимися усомниться в истинности геоцентрического учения. Изданная в 1543 г. книга выдающегося польского астронома Н. Коперника «О вращениях небесных сфер» была запрещена католической церковью. Активный сторонник учения Коперника, итальянский мыслитель Дж. Бруно был обвинен римской инквизицией в ереси и сожжен на костре. Другой великий итальянский ученый, Г. Галилей, также отстаивавший справедливость гелиоцентрической системы мира, был объявлен «узником святой инквизиции» и сослан на пожизненное проживание в своем имении.

Однако в XX в., когда ученые выяснили, что во Вселенной нет ни одной неподвижной точки, никакого «центра», вокруг которого вращался бы весь остальной мир, пришлось отказаться и от гелиоцентрической системы мира. Как же выглядит устройство Вселенной с точки зрения современной науки? Это является центральной темой данного семинарского занятия.

#### **3.1. Геоцентрическая система мира Птолемея**

Первым, известным нам человеком, который попытался математически описать наблюдаемое движение планет, является древнегреческий математик и астроном Евдокс Книдский (ок. 408 – ок. 355 гг. до н. э.). Он разработал метод

такого описания, основанный на представлении движения планет как комбинации равномерно вращающихся вокруг Земли концентрических сфер.

Эти представления впоследствии были развиты Аристотелем (384 – 322 гг. до н. э.). По Аристотелю Вселенная состоит из хрустальных концентрических сфер, движущихся с разными скоростями, и приводится в движение внешней сферой, на которой расположены неподвижные звезды. В центре Вселенной расположена шарообразная неподвижная Земля, вокруг которой вращаются сферы планет. Все пространство Вселенной Аристотель делит на подлунный мир, в котором господствуют беспорядочное движение, и надлунный мир, являющийся областью вечных равномерных вращений. В подлунном мире все тела состоят из четырех низших элементов: земли, воды, воздуха и огня, причем Земля, как самый тяжелый элемент, находится в центре всей системы. Надлунный мир, в том числе звезды, состоит из пятого элемента – эфира.

Живший во II в. до н. э. древнегреческий астроном Гиппарх (ок. 180 или 190 – 125 гг. до н. э.) продолжил разработку геоцентрической системы мира, начатую Евдоксом и Аристотелем. Он улучшил методику расчета видимого движения Солнца и Луны, вычислил расстояние до Луны, составил звездный каталог, включающий 850 звезд, в котором разделил их по блеску на 6 классов. Величайшим достижением Гиппарха стало открытие им явления *прецессии земной оси* – ее вращение вокруг Полюса Мира. Гиппарх не только открыл это астрономическое явление, но и вычислил период прецессии, оценив его в 26000 лет, пользуясь все той же геоцентрической системой мира.

Свое завершение геоцентрическая система мира получила в работах Клавдия Птолемея (ок. 90 – ок. 160 гг.). Род Птолемея представлял собой царскую династию в эллинистическом Египте, основателем которой был Птолемея I – сын полководца Александра Македонского Лага. Последней царствующей особой этой династии стала Клеопатра, при которой государство Птолемея было завоевано Римом. Будучи представителем, столь славного рода, Клавдий Птолемей был, тем не менее, известным ученым, выдающимся астрономом. Его трактат «Великое математическое построение астрономии в XIII книгах» (по гречески «Мегале синтаксис . . .»), а в арабской передаче «Альмагест») более тысячи лет оставалась настольной книгой арабских и западноевропейских астрономов.

В этом сочинении, содержащем каталог 1028 звезд, Птолемей придал законченный вид геоцентрической теории мира. Эта теория хотя и позволяла вычислить положение планет, была весьма сложной и, главное, ошибочной в своей основе.

### **3.2. Гелиоцентрическая система мира: история взглядов и их развитие**

Пожалуй первым, кто усомнился в верности геоцентрической системы мира Птолемея, был средневековый среднеазиатский ученый аль-Бируни (979 – ок. 1048). В одном из своих трактатов, посвященных астрономии, он прямо

писал о том, что не Солнце вращается вокруг Земли, а, наоборот, Земля вращается вокруг Солнца.

В Европе эти идеи были высказаны лишь полтысячелетия спустя выдающимся польским астрономом Николаем Коперником (1473 – 1543). Н. Коперник рано лишился родителей и воспитывался у своего дяди, епископа Краковского Лукаша Ваченроде. Некоторое время он учился в Краковском университете, затем уехал в Италию, где посещал занятия в разных университетах. Уже в возрасте 30 лет он вернулся на родину и стал секретарем своего дяди, после смерти которого поселился во Фромборке, где много сил отдал главному делу своей жизни – написанию книги «О вращении небесных сфер». Это сочинение было опубликовано незадолго до смерти автора.

Книга Коперника вызвала яростные нападки со стороны католической церкви, так как подвергала сомнению библейский миф о сотворении Богом Земли на второй день творения, а Солнца, Луны и звезд – лишь на четвертый. Действительно, как могла Земля вращаться вокруг Солнца, когда его еще не было? В 1616 г. книга была запрещена специальной буллой Папы Римского, однако распространялась тайно, а содержащиеся в ней новые идеи неудержимо пробивали себе путь.

Одним из активных сторонников учения Коперника стал итальянский монах Джордано Бруно (1548 – 1600). Будучи от рождения человеком пытливым, не принимающим ничего без доказательства, он усомнился в верности геоцентрической системы мира, увлекся идеей гелиоцентризма, сбежал из монастыря и был вынужден скитаться по разным странам Западной Европы. Дж. Бруно не только пропагандировал учение Коперника, но и развил его, высказав ряд новых положений, значительно опережавших современную ему эпоху. Это идеи о бесконечности Вселенной, о существовании в Солнечной системе других, неизвестных еще планет, вращении Солнца и звезд вокруг своей оси, обитаемости других миров и единстве законов природы.

За свои взгляды Дж. Бруно был обвинен римской инквизицией в ереси и сожжен на костре.

Гонениям со стороны инквизиции подвергся и другой итальянский ученый Галилео Галилей (1564 – 1642). Как физик, Галилей известен формулировкой двух важнейших принципов механики: принципа относительности движения и принципа постоянства ускорения силы тяжести. Галилей открыл закон инерции, законы свободного падения, движения тела по наклонной плоскости и тела брошенного под углом к горизонту, а также закон постоянства периода колебаний маятника.

В 1609 г. Галилей создал подзорную трубу, состоящую из выпуклой и вогнутой линз, и начал заниматься астрономией. С помощью этого прибора он обнаружил горы на Луне, четыре спутника Юпитера, доказал, что Млечный Путь состоит из множества звезд, открыл фазы у Венеры, исследовал пятна на Солнце. Астрономические открытия убедили Галилея в ошибочности учения Аристотеля и Птолемея и верности геоцентрической системы мира. В 1632 г. вышла его книга «Диалог о двух главнейших системах мира», в которой он



отстаивал учение Коперника. Инквизиция обвинила Галилея в ереси и вынудила его публично отказаться от своих взглядов. Однако, будучи сосланным в свое родовое имение в Арчертри близ Флоренции, Галилей не прекратил научных исследований, хотя и ослеп в 1637 г. В этих исследованиях, посвященных гидростатике, прочности материалов и другим вопросам физики, ему помогал ассистент – Э. Торричелли – будущий известный итальянский физик.

Своего триумфа гелиоцентрическая система мира достигла в трудах великого немецкого математика и астронома И. Кеплера (1571 – 1630). В результате многолетних исследований Кеплер открыл три закона астрономии:

1. *Все планеты обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, причем Солнце находится в одном из фокусов эллипса.*

2. *При обращении планеты вокруг Солнца ее секториальная скорость остается постоянной* (под секториальной скоростью планеты понимается площадь сектора орбиты, заметаемая радиусом-вектором планеты за единицу времени).

3. *Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы их средних расстояний до Солнца:*

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}.$$

Впоследствии законы Кеплера были выведены из законов Ньютона.

### **3.3. Современные представления о Вселенной**

Как же выглядит картина Мироздания с современной точки зрения? Как устроена наша Вселенная? Как возникли и эволюционируют звезды и планеты? Каков характер их движения? Перейдем к обсуждению этих вопросов.

#### **3.3.1. Возникновение Вселенной**

В 1923 г. американский астроном Э. Хаббл обнаружил, что свет от звезд, находящихся в удаленных галактиках, доходит до нас слегка «покрасневшим». Это явление он объяснил *эффектом Доплера*: если источник излучения удаляется от наблюдателя, то частота принимаемого сигнала уменьшается, а длина соответствующих волн увеличивается. Закон, открытый Хабблом [1], гласит, что скорости  $v$ , с которыми галактики удаляются от наблюдателя, пропорциональны расстояниям  $R$  до них:

$$v = HR, \tag{1}$$

где  $H$  – *постоянная Хаббла*. Ее значение в настоящее время известно с большой погрешностью, обусловленной неточностью измерения расстояний до удаленных звезд. Считается, что  $H = (50 - 100) \text{ км} / (\text{Мпк} \cdot \text{с})$ . Здесь 1 пк (парсек) =  $3,086 \cdot 10^{16}$  м – единица измерения в астрономии.

Если считать, что галактики разбегаются от некоего общего центра, что из (1) можно найти время, затраченное на это разбегание, т. е. *возраст Вселенной*:

$$t_B = \frac{R}{v} = \frac{1}{H}. \quad (2)$$

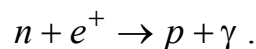
Согласно последним данным, полученным с помощью телескопа «Хаббл», это возраст оценивается в 13,7 млрд лет.

Исходя из этих представлений, американский физик-теоретик русского происхождения Джордж (Георгий) Гамов разработал в 1946 г. *теорию горячей Вселенной*, центральной идеей которой является *гипотеза Большого взрыва*. Согласно этой теории, наша Вселенная начала расширяться из *первичной сингулярности* подобно хлопку или взрыву (отсюда и название). Время от начала этого процесса делят на эры: *адронную, лептонную, фотонную и звездную*.

**Адронная эра.** В первое мгновение после большого взрыва (до  $t = 0,0001 \text{ с}$ ) температура Вселенной была еще очень высока – более  $10^{12} \text{ К}$ . Главную роль здесь играло излучение. Кванты этого излучения, сливаясь друг с другом, образовывали кварки, из которых состоят все тяжелые частицы, участвующие в сильном взаимодействии, – адроны, в т. ч. протоны и нейтроны.

**Лептонная эра** длилась с 0,0001 с до 10 с. В это время из квантов уже более остывшего излучения возникли легкие частицы – лептоны, в т. ч. электроны.

**Фотонная эра** продолжалась с 10 с до 1 млрд лет после начала Большого взрыва. В это время нарушилось равенство концентраций протонов и нейтронов из-за  $\beta$ -распада последних:



Здесь  $e^+$  – позитрон,  $\gamma$  – нейтрино (обе частицы являются лептонами). Образование нейтронов энергетически выгодно, так как их масса меньше, чем у нейтронов.

Когда температура Вселенной упала до  $\sim 10^{10} \text{ К}$  начался процесс термоядерного синтеза дейтерия, трития, изотопов  $^3\text{He}$  и  $^4\text{He}$  и, в малых количествах, ядер Li и Be. Более тяжелые химические элементы стали образовываться позже, в недрах звезд. Ядра железа и более тяжелых элементов возникли и продолжают возникать во взрывных процессах при вспышках сверхновых звезд.

Через  $\sim 300$  с от начала расширения температура Вселенной упала ниже  $10^9$  К, и все ядерные превращения закончились. Вселенная в это время была заполнена горячей и полностью ионизованной плазмой, непрозрачной для излучения. Состав вещества в ней был следующим: 90 % водорода, 9 % гелия, остальное – более тяжелые элементы.

**Звездная эра** началась, когда температура Вселенной упала до 4000 К. Ионизованная плазма, остывая, превращалась в нейтронный газ. В нем, из-за неоднородностей были более плотные сгустки, которые могли как распадаться, так и разрастаться, стягивая вещество своим тяготением. Эти сгустки вещества вырастали в огромные туманности (протогалактики), давая начало галактикам.

Одним из доказательств реальности описанных выше событий является обнаружение предсказанного еще Гамовым *реликтового излучения* Вселенной. Как уже отмечалось, в первые мгновения после Большого взрыва во Вселенной доминировало излучение, которое в наше время уже остыло до температуры менее 10 К. Вот это излучение и обнаружили в 1964 г. американские радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вильсон с помощью радиотелескопа на фоне радиоизлучения галактик и межзвездного газа. Выяснилось, что его равновесная температура составляет 2,7 К, а плотность энергии превышает более чем в 30 раз плотность энергии излучения звезд.

### 3.3.2. Рождение и эволюция звезд

Все наблюдаемые с помощью оптических телескопов разновидности звезд представлены на рис. 1, называемом диаграммой Герцшпрунга – Рассела [2] в честь голландского астронома датского происхождения Эйнара Герцшпрунга американского астронома Генри Норриса Рассела. На этой диаграмме отложена зависимость энергетической светимости  $R_e$  звезд от температуры  $T$  их поверхности. Под энергетической светимостью звезды понимают величину, равную энергии, излучаемую звездой в единицу времени. В качестве единицы измерения  $R_e$  здесь принята энергетическая светимость Солнца.

В результате гравитационного сжатия неоднородностей плотности в протозвездах возникают газо-пылевые сгустки. При их дальнейшем сжатии возникает нагретая до высокой температуры *протозвезда*. Сжатие происходит до тех пор, пока температура не достигнет  $\sim 10$  млн градусов. Тогда начинается термоядерный синтез гелия из водорода, и протозвезда становится звездой. Давление продуктов реакции «раздувает» звезду, и она превращается в *красный гигант* (рис. 2).

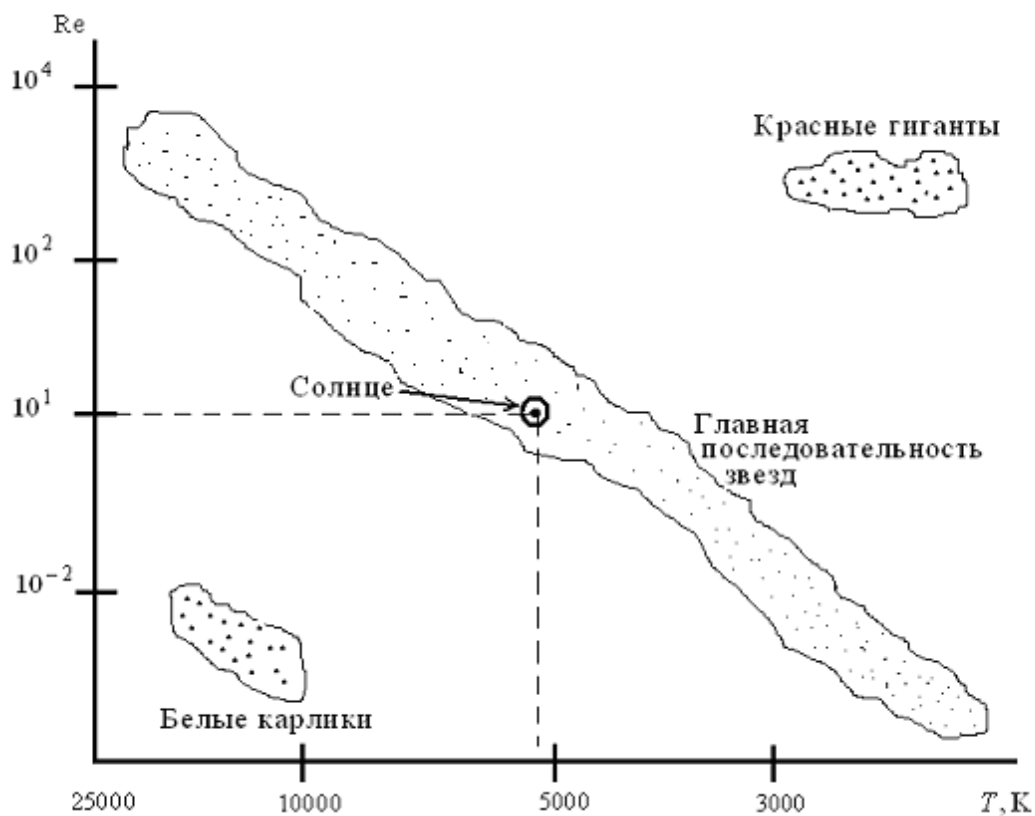


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела

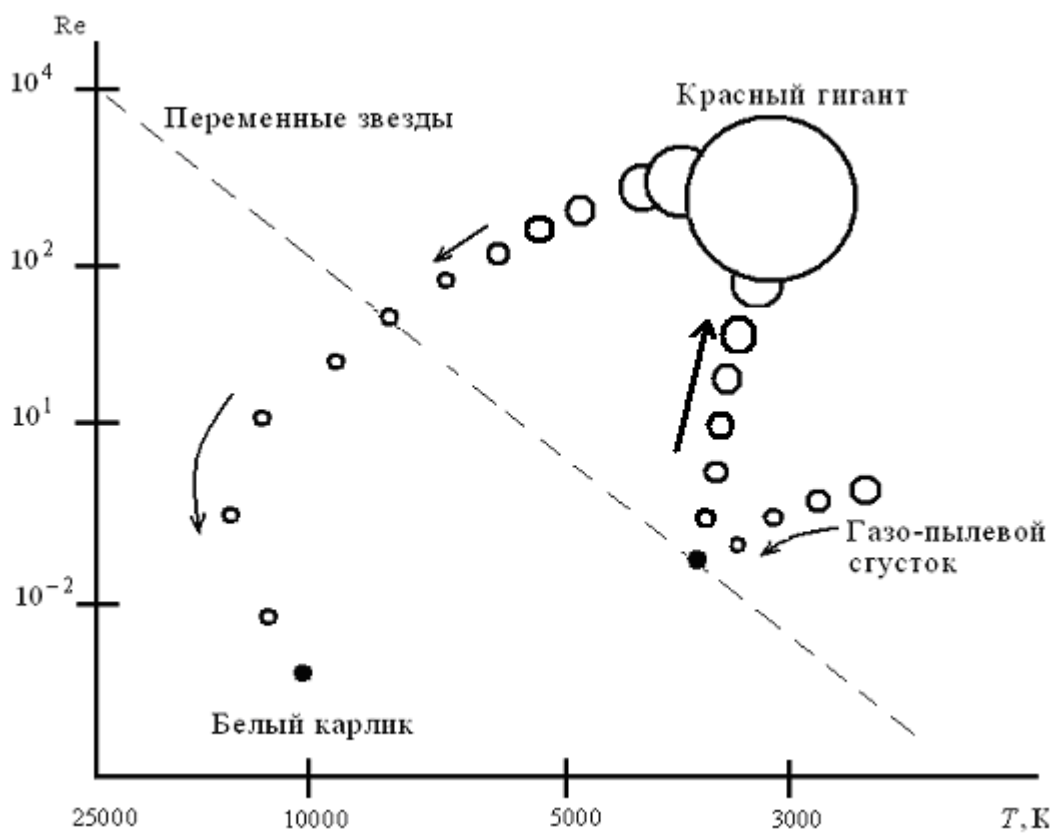


Рис. 2. Жизненный цикл звезды

Остывание красного гиганта приводит к уменьшению давления газов и опусканию звезды на главную последовательность. Здесь она вновь разогревается. Далее возможны два варианта: 1) снова увеличение в размерах с последующим опусканием на главную последовательность (*переменные звезды*) или 2) дальнейшее сжатие.

Конечная стадия жизни звезды зависит от ее массы  $M$ . Возможны следующие варианты:

$$- \quad M \leq 1,25M_C$$

(предел Чандрасекара, 1930 г.) – превращение в *белого карлика* (плотностью  $\rho \sim 60 \text{ Т/см}^3$ ) с последующим остыванием до темного несветящегося объекта,  $M_C$  – масса Солнца.

$$- \quad 1,25M_C < M < 3M_C$$

(предел Бааде и Цвикки, 1934 г.) – превращение в нейтронную звезду ( $\rho \sim 2 \cdot 10^3 \text{ Т/см}^3$ ). Как было показано Э. Хьюишем в 1967 г., нейтронные звезды – это *пульсары*. Они излучают в радиоволновом диапазоне, причем из-за быстрого вращения пульсаров их излучение доходит до нас в виде периодически чередующихся импульсов.

$$- \quad M > 3M_C$$

– *гравитационный коллапс* и превращение в *черную дыру*. Такая ситуация возникает, если кинетической энергии фотона недостаточно, чтобы преодолеть энергию гравитационного притяжения звезды. Из классических представлений легко получить необходимое значение радиуса, до которого должна сжаться звезда, чтобы перестать быть видимой для внешнего наблюдателя:

$$\frac{mv^2}{2} = G \frac{mM}{R_0}, \quad R_0 = 2G \frac{M}{c^2},$$

где  $G$  – гравитационная постоянная,  $M$  – масса звезды,  $c$  – скорость света в вакууме,  $R_0$  называется гравитационным или шварцшильдовским радиусом звезды. Точно такое же выражение получил немецкий астроном Карл Шварцшильд (1916), решая уравнение Эйнштейна из общей теории относительности для гравитационного поля звезды.

### 3.3.3. Солнечная система

Относительно близко расположенные звезды, вращаются вокруг общего центра масс, образуя звездные скопления, называемые *галактиками* (от. греч. *kiklos galaktikos* – круг молочный: так называют нашу Галактику – Млечный

путь). Галактики могут иметь различную форму: шарообразную, блинообразную, спиралевидную и др. Например, наша Галактика представляет собой дворукавную спираль, в одном из рукавов которой находится наше Солнце (рис. 3). В нашей Вселенной находится несколько сотен миллиардов различных галактик. Ближайшая к нам другая галактика – туманность Андромеды.

Наша Галактика имеет размер около 30 кпк. Причем, на ядро Галактики приходится около 4 кпк. Солнце находится на расстоянии  $a_C = 3 \cdot 10^{20}$  м от центра Галактики и вращается вокруг него по орбите, близкой к круговой со скоростью  $v_{orb} = 250$  км/с. Сама Галактика вращается вокруг центра масс скопления галактик – *метагалактики* – со скоростью  $v_{гал} = 600$  км/с.

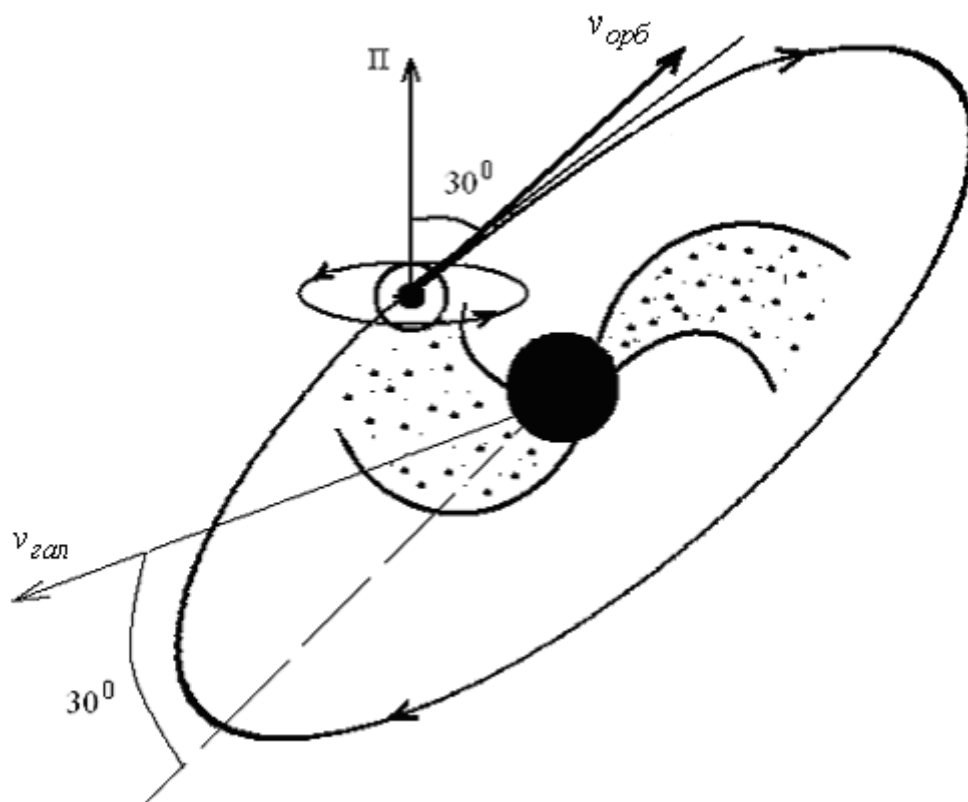


Рис. 3. Положение Солнца в нашей Галактике – Млечном пути

Приведем теперь несложные расчеты. Период обращения Солнца вокруг центра Галактики

$$T = \frac{2\pi a_C}{v_{orb}} \approx 7 \cdot 10^{15} \text{ с} \approx 200 \text{ млн лет.}$$

Приравнивая силу притяжения Солнца к центру масс галактики центростремительной силе, можем найти массу Галактики:

$$G \frac{M_{гал} M_C}{a_C^2} = \frac{M v_{орб}^2}{a_C};$$

$$M_{гал} = \frac{a_C v_{орб}^2}{G} \approx 3 \cdot 10^{41} \text{ кг.}$$

Полагая, что Солнце является рядовой звездой в Галактике, а его масса  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг равна средней массе, приходящейся на одну звезду, можем оценить, сколько приблизительно звезд  $N$  находится в нашей Галактике:

$$N = \frac{M_{гал}}{M_C} \approx 1,5 \cdot 10^{11}.$$

Солнце делает один оборот вокруг своей оси за 27 суток, причем его ось вращения направлена на Полюс Мира, находящийся в созвездии Дракона. Вокруг Солнца обращается 9 планет [3]. Плоскость их вращения – *эклиптика* – не совпадает с плоскостью Галактики (рис. 3). Расстояние от планет до Солнца обычно измеряется в астрономических единицах (а. е.). 1 а. е. =  $1,49 \cdot 10^{11}$  м, что равно расстоянию от Земли до Солнца. Основные характеристики самого Солнца и планет солнечной системы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Солнечная система

Небесное тело	Масса, кг	Радиус, км	Расстояние до Солнца, а. е.	Температура поверхности, К
Солнце	$2,0 \cdot 10^{30}$	$7,0 \cdot 10^5$		5780
Меркурий	$3,3 \cdot 10^{23}$	2437	0,39	700/220
Венера	$4,9 \cdot 10^{24}$	6050	0,72	$747 \pm 20$
Земля	$6,0 \cdot 10^{24}$	6371	1,00	323/283
Марс	$6,4 \cdot 10^{23}$	3386	1,52	300/180
Юпитер	$1,9 \cdot 10^{27}$	71351/66618	5,20	140 – 150
Сатурн	$5,7 \cdot 10^{26}$	59750/53750	9,54	110
Уран		23700	19,18	90
Нептун		21534	20,06	90
Плутон		1750	39,44	50

Между орбитами Марса и Юпитера находится пояс *астероидов* – малых небесных тел неправильной формы размером от 1 до 1000 км. Их общая масса не превышает 1/700 массы Земли. Самые известные из астероидов: Церера (№ 1), Паллада (№ 2), Веста (№ 3), Юнона (№ 4), Эрот, Амур, Гидальго, Икар.

## Заключение

Согласно современным представлениям, во Вселенной не существует центра, вокруг которого вращались бы все небесные тела. Земля и остальные планеты солнечной системы вращаются вокруг своих собственных осей и вокруг Солнца. Солнце вращается вокруг центра Галактики. Галактика вращается вокруг центра Метагалактики. Вся наша Вселенная, в которой  $\sim 10^{22}$  звезд расширяется. Центр этого расширения также невозможно указать, ибо это расширение можно наблюдать из любой точки Вселенной. Иначе говоря, центра мира нет или, иначе, он находится в каждой точке Вселенной.

Спрашивается, во имя чего люди шли на костер и подвергались преследованиям, отстаивая свои взгляды, оказавшиеся, в конечном счете ошибочными? Однако эта история науки, а история науки – это часть нашей общей истории, и другой у нас нет. Что было, то было . . .

Что же касается вопроса, где поместить начало координат, чтобы наиболее просто записать уравнения движения небесных тел, то все зависит от задачи исследования. При рассмотрении движения космических аппаратов на околоземных орбитах естественно поместить это начало в центр Земли. Если нас интересуют планета, астероиды и космические корабли в межпланетном пространстве, то за начало координат целесообразно взять Солнце. Ну, а в случае изучения межзвездных движений начало координат лучше поместить в центр Галактики или Метагалактики.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Новиков, И. Д.* Эволюция Вселенной / И. Д. Новиков. – М. : Наука, 1990. – 188 с.
2. *Шкловский, И. С.* Звезды: их рождение, жизнь и смерть / И. С. Шкловский. – М. : Наука, 1987. – 319 с.
3. *Бакулин, П. И.* Курс общей астрономии / П. И. Бакулин, Э. В. Кононович, В.Н. Мороз. – М. : Наука, 1970. – 536 с.



## 4. Контрольные задания и вопросы

### 4.1. Задания закрытого типа

4.1.1. Вклад в создание геоцентрической системы мира внесли:

- Евдокс
- Аристотель
- Гиппарх
- Птолемей
- Платон
- Пифагор

4.1.2. Вклад в создание гелиоцентрической системы мира внесли:

- аль-Бируни
- Н. Коперник
- Дж. Бруно
- Г. Галилей
- И. Ньютон
- А. Эйнштейн

4.1.3. Первый закон астрономии гласит, что все планеты обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, причем Солнце находится:

- в центре эллипса
- в одном из фокусов эллипса
- на противоположной стороне эллипса
- в фокусе эллипса, ближайшем к планете
- в фокусе эллипса, наиболее удаленном от планеты

4.1.4. Второй закон астрономии утверждает, что при обращении планеты вокруг Солнца:

- ее скорость постоянна
- ее секториальная скорость постоянна
- ее угловая скорость постоянна
- ее ускорение постоянно
- ее угловое ускорение постоянно
- ее полное ускорение постоянно

4.1.5. Согласно третьему закону астрономии, квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как средние расстояния до Солнца в степени:

- 1

- 2
- 3
- 4
- 5

4.1.6. Закон Хаббла гласит, что скорость удаления галактик от наблюдателя пропорциональна расстоянию до них в степени:

- 1
- 1
- 2
- 2
- 1/2

4.1.7. Согласно уточненным данным, полученным с помощью телескопа «Хаббл», возраст нашей Вселенной составляет:

- 10 млрд лет
- 15 млрд лет
- 20 млрд лет
- 13, 7 млрд лет
- 6 млрд лет
- 4, 5 млрд лет

4.1.8. Адронная эра эволюции нашей Вселенной длилась, считая от начала Большого Взрыва:

- от 0 до 0, 0001 с
- от 0, 0001 до 10 с
- от 10 с до 1 млрд лет
- от 1 млрд лет до настоящего времени

4.1.9. Фотонная эра эволюции нашей Вселенной длилась, считая от начала Большого взрыва:

- от 0 до 0, 0001 с
- от 0, 0001 до 10 с
- от 10 с до 1 млрд лет
- от 1 млрд лет до настоящего времени

4.1.10. Лептонная эра эволюции нашей Вселенной длилась, считая от начала Большого взрыва:

- от 0 до 0, 0001 с
- от 0, 0001 до 10 с
- от 10 с до 1 млрд лет
- от 1 млрд лет до настоящего времени

4.1.11. Звездная эра эволюции нашей Вселенной длилась, считая от начала Большого взрыва:

- от 0 до 0, 0001 с
- от 0, 0001 до 10 с
- от 10 с до 1 млрд лет
- от 1 млрд лет до настоящего времени

4.1.12. На диаграмме Герцшпрунга – Рассела представлены следующие виды звезд:

- красные гиганты
- белые карлики
- звезды главной последовательности
- нейтронные звезды
- черные дыры

4.1.13. Шварцшильдовский радиус звезды определяется ее:

- массой
- размерами
- скоростью вращения
- возрастом
- расстоянием до центра галактики

4.1.14. Наша Галактика – Млечный путь – является:

- шарообразной
- блинообразной
- спиральной
- эллипсоидальной
- неправильной по форме

4.1.15. В нашей Галактике находится:

- около 1 млн звезд
- от 100 до 200 млрд звезд
- порядка  $10^{22}$  лет
- не более чем 100 млн звезд

## 4.2. Задания открытого типа

4.2.1. Свое завершение геоцентрическая система мира получила в работе . . . .

4.2.2. Первым из европейских ученых идею гелиоцентризма высказал . . .

- 4.2.3. Три закона астрономии открыл . . . .
- 4.2.4. Гипотезу Большого взрыва высказал . . . .
- 4.2.5. Основным химическим элементом во Вселенной является . . . .
- 4.2.6. Одним из доказательств существования Большого взрыва Вселенной является существование . . . излучения.
- 4.2.7. Наше Солнце относится к звездам . . . .
- 4.2.8. На конечной стадии своей эволюции наше Солнце станет . . . .
- 4.2.9. Если масса звезды превышает массу Солнца более, чем в 3 раза, то на конечной стадии своей эволюции такая звезда превратится в . . . .
- 4.2.10. Чтобы стать черной дырой, звезда должна сжаться до размеров . . . сферы.
- 4.2.11. Наше Солнце делает один оборот вокруг центра Галактики за . . . лет.
- 4.2.12. Орбитальная скорость Солнца при его движении вокруг центра Галактики равна . . . км/с.
- 4.2.13. Планета, находящаяся на седьмом месте от Солнца, называется . . . .
- 4.2.14. Самый крупный астероид называется . . . .

### 4.3. Задания на установления соответствия

4.3.1. Соответствие эры от начала Большого взрыва и времени:

- |             |  |
|-------------|--|
| ① адронная  | <input type="radio"/> 0 – 0,0001 с                       |
| ② лептонная | <input type="radio"/> 0,0001 с – 10 с                    |
| ③ фотонная  | <input type="radio"/> 10 с – 1 млрд лет                  |
| ④ звездная  | <input type="radio"/> 1 млрд лет – до настоящего времени |

4.3.2. Соответствие типа звезды и ее массы  $M$  (в единицах массы Солнца  $M_C$ ):

- |                     |  |
|---------------------|--|
| ① белый карлик      | <input type="radio"/> $M \leq 1,25M_C$     |
| ② нейтронная звезда | <input type="radio"/> $1,25M_C < M < 3M_C$ |
| ③ черная дыра       | <input type="radio"/> $M > 3M_C$           |
|                     | <input type="radio"/> $M = M_C$            |

4.3.3. Соответствие между планетой и ее порядковым номером, считая от Солнца:

- |            |                       |
|------------|-----------------------|
| ① Меркурий | <input type="radio"/> |
| ② Плутон   | <input type="radio"/> |
| ③ Марс     | <input type="radio"/> |
| ④ Земля    | <input type="radio"/> |
| ⑤ Юпитер   | <input type="radio"/> |
| ⑥ Венера   | <input type="radio"/> |
| ⑦ Уран     | <input type="radio"/> |
| ⑧ Нептун   | <input type="radio"/> |
| ⑨ Сатурн   | <input type="radio"/> |

4.3.4. Соответствие между объектом Вселенной и его возрастом:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| ① Вселенная в целом | <input type="radio"/> 13, 7 млрд лет    |
| ② Галактика         | <input type="radio"/> около 19 млрд лет |
| ③ Солнце            | <input type="radio"/> 6 млрд лет        |
| ④ Земля             | <input type="radio"/> 4, 5 млрд лет     |
|                     | <input type="radio"/> 9 млрд лет        |

4.3.5. Соответствие между температурой и объектом:

- |  |  |
|--|--|
| <input checked="" type="radio"/> 1 2, 7 К      | <input type="radio"/> Реликтовое излучение Вселенной |
| <input checked="" type="radio"/> 2 5780 К      | <input type="radio"/> Поверхность Солнца             |
| <input checked="" type="radio"/> 3 323 / 283 К | <input type="radio"/> Поверхность Земли              |
| <input checked="" type="radio"/> 4 $10^7$ К    | <input type="radio"/> Недра Солнца                   |

4.3.6. Соответствие между планетой и ее расстоянием до Солнца (в астрономических единицах):

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> 1 Меркурий | <input type="radio"/> 0, 39 а. е.  |
| <input checked="" type="radio"/> 2 Марс     | <input type="radio"/> 1, 52 а. е.  |
| <input checked="" type="radio"/> 3 Сатурн   | <input type="radio"/> 9, 54 а. е.  |
| <input checked="" type="radio"/> 4 Уран     | <input type="radio"/> 19, 18 а. е. |
|   | <input type="radio"/> 39, 44 а. е. |

4.3.7. Соответствие между научным результатом и его автором:

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="radio"/> 1 Геоцентрическая система мира                                  | <input type="radio"/> Птолемей          |
| <input checked="" type="radio"/> 2 Гелиоцентрическая система мира                                | <input type="radio"/> Коперник          |
| <input checked="" type="radio"/> 3 Законы астрономии   | <input type="radio"/> Кеплер            |
| <input checked="" type="radio"/> 4 Гипотеза Большого взрыва                                      | <input type="radio"/> Гамов             |
| <input checked="" type="radio"/> 5 Экспериментальное обнаружение реликтового излучения Вселенной | <input type="radio"/> Пензиас и Вильсон |
|  | <input type="radio"/> Хаббл             |
|  | <input type="radio"/> Шварцшильд        |

4.3.8. Соответствие между небесным телом и его массой:

- |          |  |
|----------|--|
| ① Солнце | <input type="radio"/> $2,0 \cdot 10^{30}$ кг |
| ② Земля  | <input type="radio"/> $4,9 \cdot 10^{24}$ кг |
| ③ Марс   | <input type="radio"/> $6,0 \cdot 10^{24}$ кг |
| ④ Юпитер | <input type="radio"/> $6,4 \cdot 10^{23}$ кг |
| ⑤ Венера | <input type="radio"/> $4,9 \cdot 10^{27}$ кг |

**4.4. Задания на установление правильной последовательности**

4.4.1. Правильная последовательность имен ученых, внесших вклад в создание геоцентрической системы мира (в хронологическом порядке):

- Евдокс Книдский
- Аристотель
- Гиппарх
- Птолемей

4.4.2. Правильная последовательность имен ученых, внесших вклад в создание гелиоцентрической системы мира (в хронологическом порядке):

- Н. Коперник
- Дж. Бруно
- Г. Галилей
- И. Кеплер

4.4.3. Правильная последовательность эр эволюции Вселенной:

- адронная
- лептонная
- фотонная
- звездная

4.4.4. Правильная последовательность эволюции звезды с массой  $M \leq 1,25M_C$ :

- красный гигант
- звезда главной последовательности
- переменная звезда
- звезда главной последовательности
- белый карлик

4.4.5. Правильная последовательность в расположении планет Солнечной системы (по мере удаления от Солнца):

- Меркурий
- Венера
- Земля
- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун
- Плутон



Электронное издание

***Системные требования:***

PC не ниже класса Pentium I;  
32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb;  
Windows 95/98;  
Adobe Acrobat Reader;  
мышь.

**ОТ ГЕОЦЕНТРИЗМА И ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА  
К СОВРЕМЕННОЙ КОСМОЛОГИИ**

Методические указания к семинарскому занятию по дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов дневной формы обучения специальностей: 080111 – Маркетинг, 080505 – Управление персоналом, 080507 – Менеджмент организации

Составители БРАЖЕ Рудольф Александрович  
ГРИШИНА Алена Александровна

Ульяновский государственный технический университет,  
432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.