

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
Псковский государственный педагогический институт
им.С.М.Кирова

ФЕСЕНКО Б.И.

КОНЦЕПЦИИ
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Физика и астрономия
(Краткий очерк)

Издание второе,
переработанное и дополненное.

г.Псков 2002

ББК 87я73
Ф44

Печатается по решению кафедры физики и редакционно-издательского совета ПГПИ им. С.М. Кирова

Фесенко Б.И.

Ф44 Концепции современного естествознания. Учебное пособие. Издание второе, переработанное и дополненное. Псков, 2002. - 104 стр.

Ф44

Работа издана в авторской редакции.

ISBN 5-87854-225-0

© Псковский государственный
педагогический институт
им. С.М. Кирова
(ПГПИ им. С.М.Кирова), 2002

© Б.И. Фесенко, 2002

2

Содержание

Предисловие	5
1. Зачем нужно изучать концепции современного естествознания?	7
2. Предмет естествознания	8
3. Краткая характеристика главных естественных наук	11
4. Из истории естественных наук	13
5. Пространство и время	33
6. Структурные уровни вселенной	36
7. Главные виды взаимодействий во Вселенной	52
8. Физические принципы	58
9. Законы сохранения	64
10. Физический вакуум	68
11. Вещество и поле	70
12. Коллективные эффекты	75
13. Движения Земли и её изменения	80
14. Большой взрыв и далее	87
15. Космические аспекты жизни	94
16. Общий взгляд на Метагалактику	96
17. О мировоззрении	100
Литература	103

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебную дисциплину «Концепции современного естествознания» (КСЕ) изучают на отделениях вузов, не являющихся физико-математическими.

Для разных специальностей объёмы лекционных часов значительно различаются, хотя используется один и тот же госстандарт, то есть рассматривается практически один и тот же перечень основных вопросов. Это обстоятельство, а также своеобразие предмета, являются главными причинами появления большого числа различных учебников именно по данной дисциплине. Важно здесь и то, что восприятие курса КСЕ большинством изучающих его затруднено из-за большого числа вводимых понятий и их сложности. Поэтому не прекращаются поиски всё новых форм изложения соответствующего материала.

В едином курсе КСЕ одному автору трудно охватить все многообразие концепций развивающегося естествознания. Поэтому в данном пособии основное внимание уделено физико-астрономической части курса, более близкой автору. Те концепции, которые относятся к биологии и химии, затронуты здесь лишь бегло. Ещё одна особенность пособия состоит в том, что в нём, как правило, не рассматриваются понятия, которым не дано здесь же определение (кроме понятий, изучаемых в средней школе).

Перечень альтернативных пособий и учебников, которые либо помогут читателю глубже разобраться в материале некоторых разделов КСЕ, либо дадут возможность по иному взглянуть на ту или иную тему, дается в *Списке литературы*.

Как известно, при изучении нового материала закрепление усвоенного требует систематического повторения. Кроме повторного чтения пройденных ранее страниц текста рекомендуется не пренебрегать вопросами и заданиями, которые мы приводим в конце каждой темы. Работа над поиском ответов поможет глубже усвоить наиболее важные пункты содержания. Преподавателю мы рекомендуем включать указанные вопросы и задания в сценарий семинаров, на которых учащиеся получают зачетные баллы по КСЕ.

Автор благодарен Александру Алексеевичу Кирсанову за благожелательность и техническую поддержку при подготовке этого издания.

1. ЗАЧЕМ НУЖНО ИЗУЧАТЬ КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ?

Понятие *концепция* означает систему взглядов на что-либо или ведущую мысль некоторого труда. Понятие *естествознание* подробно разбирается в следующем разделе, а пока дадим краткое определение: *естествознание* – система наук о природе, взятых в их взаимосвязи. Рассматривая концепции современного естествознания, имеют в виду не только те из них, которые зародились в последние десятилетия, но и те, которые возникли гораздо раньше, но оказались вплетенными в ткань современного нам естествознания.

Необходимость изучения КСЕ в вузе станет яснее, если понятие *естествознание* определить другими словами – как совокупность наук о среде обитания человека (человечества), рассматриваемую в самом широком и глубоком смысле.

Надо ответить на три вопроса:

из чего мы состоим?

частью чего мы являемся?

как все это «работает»?

Полные, исчерпывающие ответы на эти вопросы ещё не даны (и, возможно, не будут никогда получены). Однако многовековыми совместными усилиями поколений ученых из разных стран к настоящему времени добыты такие знания, которые позволили уже выйти в космос, приступить к использованию атомной энергии, далеко продвинуться в раскрытии генетического кода живых существ, изучать объекты Вселенной, удаленные на миллиарды световых лет от нас и даже попытаться определить возраст всей Вселенной.

Очевидно, одному человеку невозможно охватить своим разумом во всех деталях полученные к настоящему времени знания. Но можно попытаться усвоить главное в концепциях современного естествознания. Ясно, что элементы этого знания обязательно должны стать частью мировоззрения учащегося вуза.

Итак, основная цель курса КСЕ – мировоззренческая и она состоит в формировании представлений о среде обитания человека (в том смысле, который был определён выше) - представлений, основанных на достижениях науки. Тем самым, будет получено ещё и

противоядие от излишней веры в сверхестественное.

В курсе КСЕ рассматриваются основные (известные) структурные уровни Вселенной – от элементарных частиц до Метагалактики. Кратко обсуждаются основные виды взаимодействий внутри этих уровней, а также главные принципы, на которых основано учение о природе Вселенной. Особое внимание уделяется разнообразным видам движений и изменений начиная от микромира и заканчивая Метагалактикой. В противовес астрологическим верованиям описаны некоторые известные науке влияния космоса на Землю.

Наконец, в общих чертах рассматривается проблема существования внеземного разума, тесно связанная с проблемой предсказания путей дальнейшего развития человечества.

Уже один только этот перечень показывает, какое важное место призван занимать курс КСЕ в системе подготовки выпускника высшего учебного заведения.

ВОПРОСЫ. 1. Что скрыто за словами: концепции современного естествознания? 2. Каковы основные разделы данного курса КСЕ? 3. Какая может быть польза от изучения КСЕ?

2. ПРЕДМЕТ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Естествознание обычно определяют как совокупность наук о природе. При этом под природой здесь понимается весь мир в его многообразии. Однако в естествознание обычно не включают гуманитарные и общественные науки.

Очевидно, абсолютной границы между естествознанием и этими науками не существует хотя бы потому, что предмет их представляет собой часть всё той же природы.

Определяя понятие естествознания, необходимо помнить, что его науки способны объяснить природу лишь во взаимодействии, совместно.

Ядро естествознания составляют четыре науки: физика, химия, биология и астрономия. О их взаимосвязях свидетельствует, например, существование таких наук, как физическая химия, биофизика,

астрофизика и т.д.

Интеллектуальным инструментом естествознания являются логика, математика, информатика (хотя её можно рассматривать как часть математики) и, конечно, диалектика.

ЛОГИКА – это наука о способах доказательства и опровержения. Логика помогает получать из истинных посылок истинные следствия.

МАТЕМАТИКА – наука о количественных соотношениях и пространственных формах. Это краткое определение можно запомнить легко и быстро. Однако изучение современной математики требует многих усилий. Это – широко разветвленная наука и красоту её абстрактных понятий обычному человеку трудно осознать без многолетней подготовки. Объясняется это тем, что здание математики сложено из идей, родившихся в головах наиболее одаренных представителей человеческого рода (например, Пьера Ферма, Рене Декарта, Исаака Ньютона, Леонарда Эйлера, Пафнутия Чебышева и других). Впрочем только что сказанное можно отнести и ко многим понятиям естественных наук.

ИНФОРМАТИКА – наука о способах поиска, обработки, хранения и передачи информации. Интеллектуальная начинка персонального компьютера – это детище информатики.

ДИАЛЕКТИКА – философское учение о становлении, развитии и гибели и основанный на этом учении способ мышления. Все реальные объекты природы претерпевают изменения, при этом изменения количественные приводят к изменениям качественным; внутренним источником всякого изменения является единство и борьба противоположностей; противоположности в процессе их взаимодействия изменяются и время от времени их свойства в какой-то степени повторяются (развитие по спирали).

Что касается философии, то далее приводится одно из наиболее удачных её определений. Философия – это стремление постичь последнюю природу вещей. Это – особое упрямство в том, чтобы мыслить ясно.

Материалом для философских размышлений служат, в частности, знания, добытые в науках о природе (естественных науках) в результате экспериментов и наблюдений. И здесь очень важен уровень развития техники таких наблюдений и экспериментов. Лишь

после изобретения телескопа, а затем фотографии и спектрального анализа стало возможным открытие и изучение далеких звездных систем – галактик. Появление радиотелескопов (начиная с 30-х годов 20-го века) привело к быстрому развитию радиоастрономии и затем к открытию космических объектов неизвестной ранее природы – квазаров и пульсаров. Создание и применение дорогостоящих ускорителей элементарных частиц позволило умственному взору ученых проникнуть гораздо дальше вглубь микромира. После запуска орбитального телескопа им. Хаббла стали множиться открытия планетных систем в окрестностях звезд.

Итак, благодаря знаниям, накопленным естественными науками, совершенствуется техника наблюдений и экспериментов, а это, в свою очередь, даёт возможность получать новые знания.

По некоторым оценкам в течение последних веков объём научных знаний в каждые 15-30 лет увеличивается вдвое. Такой темп не может поддерживаться слишком долго хотя бы из-за физиологических ограничений свойственных современному человеку, а также ввиду опасностей, которые грозят самому существованию человечества, если бурный рост научных знаний окажется неконтролируемым.

На чём основано взрывообразное развитие науки и техники в последние 50 – 100 лет? Прежде всего следует учесть, что уже к концу 19-го века было накоплено море научной информации по биологии, медицине, математике, химии и другим дисциплинам, о чем свидетельствуют солидные объёмы издававшихся в то время энциклопедий и энциклопедических словарей (вспомним, например, энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона).

Издавались научные журналы, научные исследования вели группы ученых в университетах, институтах, а также в астрономических обсерваториях. Финансирование науки проводилось государствами. Особенное внимание уделялось исследованиям в военной области. Объединение усилий ученых и инженеров для решения научных и технологических проблем не могло не привести к качественному скачку в технике научных наблюдений и экспериментов (см. выше).

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Постройте блок-схему естествознания, включив в неё ядро естествознания,

интеллектуальные инструменты, технику наблюдений и экспериментов и стимулы для развития естествознания. 2.Что такое логика, математика, информатика и диалектика? 3.Какова роль техники наблюдений и экспериментов в естествознании? 4.Какова основа бурного развития науки и техники в 20-ом веке?

3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАВНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

НАУКА это сфера деятельности, функция которой - выработка и систематизация объективных знаний о действительности (на основе эмпирической проверки и логических доказательств).

К главным естественным наукам относят обычно физику, химию, астрономию и биологию.

ФИЗИКА – наука, которая стремится объяснить разнообразие явлений природы на основе сравнительно небольшого числа основных, взаимно согласующихся принципов, опираясь на наблюдения и эксперименты.

Физический принцип – это положение, принимаемое без доказательства, но оправданное практикой. Например, существуют принципы относительности, неопределенности, эквивалентности. (Эти и другие физические принципы будут рассмотрены в другом разделе).Важную роль в физике играют, так называемые, законы сохранения. Например, используются законы сохранения энергии, импульса, момента импульса и другие.

Решение многих задач физики требует применения довольно сложного математического аппарата (например, дифференциального и интегрального исчисления одной и нескольких переменных, теории дифференциальных уравнений, вариационного исчисления и т.д.) Законы физики носят универсальный характер.Они применимы не только на Земле, но и в космосе, несмотря на его огромные пространственно-временные масштабы, несопоставимые с земными.

ХИМИЯ – наука о превращениях веществ, сопровождающихся изменениями их строения или состава.Главная задача химии – выяснение природы того или иного вещества (например, путём разложения его на более простые составляющие) и синтез новых

веществ.

Основные понятия химии – атом и молекула. Атом является мельчайшей частицей химического элемента, а молекула – химического соединения. Известно более 100 химических элементов. Существует периодическая система элементов (Д.И. Менделеев, 1869 год), позволяющая не только систематизировать свойства уже известных элементов, но и предсказывать существование еще неоткрытых.

Неорганическая химия изучает химические свойства всех элементов и их соединений, кроме большинства соединений углерода. Органическая химия изучает соединения, состоящие, в основном, из водорода и углерода (таких соединений существует сотни тысяч).

АСТРОНОМИЯ изучает весь мир за пределами Земли и некоторые свойства самой Земли (например, многочисленные её движения). Предметом исследования астрономии является вся наблюдаемая Вселенная – Метагалактика, пространственные масштабы которой неизмеримо превосходят масштабы мира Земли. Применяя понятия и законы, установленные в физике, астрономия исследует происхождение и эволюцию планет, звезд и всей Метагалактики. Поскольку мир Земли по объему и массе составляет исчезающе малую долю Метагалактики, содержащей по крайней мере более миллиарда миллиардов звезд типа Солнца, мир Метагалактики может заключать необозримое количество информации и, в частности, может таить в себе информацию, необходимую для выживания человечества. (Можно предположить существование там многочисленных очагов разума).

БИОЛОГИЯ – наука о жизни, включающая все знания о структуре, функциях и поведении живых существ. Биология изучает взаимоотношения различных организмов с окружающей средой, их происхождение и эволюцию. При этом охватываются пространственные масштабы, начиная от молекул (молекулярная биология) и заканчивая социобиологией, в которой изучаются биологические основы поведения животных и человека.

В число основных концепций и теорий биологии входят: 1 – биогенез (все организмы происходят от других живых организмов и из этого правила нет исключений); 2 – клеточная теория (все организмы состоят из клеток и продуктов их выделения, а новые

клетки образуются путем деления уже существующих); 3 – генетическая теория (передача наследственных признаков происходит посредством единиц наследственности – генов).

На Земле по-видимому существует более двух миллионов разновидностей живых существ. Поисками жизни в космосе занимается экзобиология (до сих пор безуспешно).

Каждая из рассмотренных выше наук имеет большое число «ветвей» и «веточек». Если говорить о биологии, то это ботаника и зоология, а также многочисленные их разделы. Перечислим некоторые из них в совершенно произвольном порядке: анатомия, физиология, цитология, гистология, генетика, таксономия, палеонтология, ихтиология, орнитология, микология, радиобиология, гелиобиология.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Предельно кратко определите понятия основных естественных наук. 2. В чём состоит своеобразие физики в сравнении с другими естественными науками?

4. ИЗ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Появлению наук предшествовал длительный период становления человека – разумного. Рассмотрим вначале основные вехи этого процесса.

Первые орудия труда использовал *человек умелый* ещё за два миллиона лет до н.э. Считается, что *человек разумный* появился примерно 150 тысяч лет тому назад. За 9 тысяч лет до н.э. начался процесс одомашнивания диких животных, возникает гончарное производство; овладение способами выращивания пшеницы, риса и кукурузы привело к быстрому росту населения и появляются первые поселения городского типа. В пятом тысячелетии до н.э. люди уже умели плавить медь, использовали плуг и колесо, строили корабли. Спустя тысячу лет появляются письменность и изделия из бронзы. Прошло еще десять веков и за 3 тысячи лет до нашей эры уже существовали школы и библиотеки (Древний Египет). Во втором тысячелетии до н.э. возникают элементы астрологии (и вместе с этим – попытки предсказания будущего по движению планет на фоне звёзд).

ПИФАГОР (6 в. до н.э.), древнегреческий философ и математик, прославившийся своим учением о космической гармонии и переселении душ. Пифагор, сын Мнесарха, родился на острове Самосе в Эгейском море. Спасаясь от тирании Поликрата, ок. 530 года до н.э. он покинул Самос и поселился в греческом городе Кротоне на юге Италии, где проповедовал свое учение многочисленным последователям, часть которых образовала своего рода религиозный орден, или братство. Пифагору приписывают теорему, носящую его имя (в прямоугольном треугольнике квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов), и следствия из нее (диагональ квадрата несоизмерима с его стороной). Он предполагал, что каждая планета при своем обращении вокруг Земли издает, проходя сквозь «эфир», определенный звук. Высота звука меняется в зависимости от скорости движения планеты, скорость же зависит от расстояния до Земли. Сливаясь, небесные звуки образуют то, что получило название «музыки сфер».

Пифагор был известен как проповедник определенного образа жизни. Он предполагал способность души переживать смерть тела, а значит ее бессмертие. Поскольку в новом воплощении душа может переселиться в тело животного, Пифагор был противником умерщвления животных, употребления в пищу их мяса и даже заявлял, что не следует иметь дело с теми, кто забивает животных. Высшей формой очищения души является философия (любовь к мудрости – этот термин ввел Пифагор).

Ниже приводится цитата из «Золотых стихов» Пифагора.

Да не сомкнет тихий сон твои отягченные вежды,
Раньше чем трижды не вспомнишь дневные свои ты поступки.
Как беспристрастный судья их разбери, вопрошая:
«Доброго что совершил я? Из должного что не исполнил?»
Так проверяй по порядку все, что с утра и до ночи
Сделал ты в день — и за все, что содеяно было дурного,
Строго себя обличай, веселясь на добро и удачу.

Согласно Пифагору и его последователям Бог положил число в основу мирового порядка. Особое значение придавалось числу 10, может быть потому, что было насчитано 10 пар противоположных

качеств: 1- предел и беспредельное, 2- нечетное и четное, 3-единое и множество, 4-правое и левое, 5-мужское и женское, 6-покоящееся и движущееся, 7- прямое и кривое, 8- свет и тьма, 9- хорошее и дурное и 10 - квадратное и продолговатое.

В последующие столетия фигура Пифагора была окружена множеством легенд: его считали перевоплощенным богом Аполлоном, полагали, что у него было золотое бедро и что он был способен преподавать в одно и то же время в разных местах.

ДЕМОКРИТ (ок. 470-380 гг. до н.э.), античный философ, уроженец Абдер во Фракии. Достоверные сведения о его жизни крайне скудны. Вся его долгая жизнь (он прожил свыше 90 лет) была посвящена преподаванию и исследованиям.

Демокрит развил атомистическую теорию своего учителя Левкиппа, признавая в качестве единственной реальности одни только атомы (греч. «неделимые») и пустоту. Так, по Демокриту, поверхность белого предмета состоит из гладких атомов, причина кислого вкуса – прикосновение к языку игольчатых атомов, зрение возникает от попадания в глаз пленочки из тончайших атомов, постоянно испускаемых в пространство всеми объектами. Разнообразие природы отражает разнообразие форм атомов и разнообразие способов, которыми атомы могут сцепляться между собой.

Эти и многие другие взгляды были изложены в огромном своде трудов, охватывавших все отрасли наук. В античности сочинения Демокрита пользовались популярностью, но до нас они дошли лишь в отрывках и изложениях. Демокрит рекомендовал оберегать душу от сильных потрясений и сохранять благодушие. Следование им самим этим рекомендациям привело к тому, что его стали звать «Смеющийся философ».

Демокрит и его последователи утверждали, что во Вселенной одновременно существует множество различных миров. Они расположены на разных расстояниях друг от друга, находятся на различных стадиях развития. Всё во Вселенной, по мнению Демокрита, происходит по закону необходимости. Под этим понятием он понимал бесконечную цепь причинно-следственных связей. Демокрит полагал, что по природе все люди равны. А идеальным

правителем философ считал того, кто, прежде всего, властвует над самим собой.

АРИСТОТЕЛЬ (ок. 384–322 до н.э.), древнегреческий философ и педагог. Отец Аристотеля Никомах был врачом города Стагиры, а также придворным медиком царя соседней Македонии. Рано оставшись без родителей, юноша воспитывался у своего родственника. В возрасте восемнадцати лет он отправился в Афины и поступил в Академию Платона, где оставался около двадцати лет, вплоть до смерти Платона ок. 347 года до н.э. Аристотель был воспитателем Александра Македонского.

Аристотель внес существенный вклад в античную систему образования. Он задумал и организовал широкомасштабные естественнонаучные изыскания, которые финансировал Александр. После внезапной смерти Александра в 323 году до н.э. по Афинам и другим городам Греции прокатилась волна антимакедонских выступлений. Положение Аристотеля пошатнулось из-за его дружбы с Александром. Поэтому он переехал в Халкиду на острове Эвбея, где находилось доставшееся ему от матери имение и там после непродолжительной болезни умер.

Среди многих трудов Аристотелю принадлежат и естественнонаучные труды. Здесь наиболее важны работы: *О возникновении и уничтожении; О небе; Физика; История животных; О частях животных* и посвященный человеческой природе трактат *О душе*.

По Аристотелю Вселенная состоит из 55 концентрических сфер, вращающихся с разными скоростями и приводимыми в движение крайней сферой звёзд. Подлунный мир состоит из четырёх «низших» элементов: земли, воды, воздуха и огня. Объекты надлунного мира состоят из эфира. Земля же шарообразна, находится в центре мира и неподвижна.

В своих трудах Аристотель пытается объяснить окружающий мир с помощью логики, смешанной с элементами диалектики, - при катастрофической нехватке фактических данных о мире (в те времена человеку была доступна лишь та информация, которую доставляли ему его органы чувств - без всяких технических приспособлений).

АРХИМЕД (ок. 287–212 до н.э.), величайший древнегреческий математик и механик. Уроженец греческого города Сиракузы на острове Сицилия, Архимед был приближенным управлявшего городом царя Гиерона. Возможно, какое-то время Архимед жил в Александрии – знаменитом научном центре того времени. Вернувшись в Сиракузы, Архимед находился там вплоть до своей гибели при захвате Сиракуз римлянами в 212 году до н.э. Плутарх сообщает, что Архимед, «как утверждают, завещал родным и друзьям установить на его могиле описанный вокруг шара цилиндр с указанием отношения объема описанного тела к вписанному», что было одним из наиболее славных его открытий.

В истории физики Архимед известен как один из основоположников успешного применения геометрии к статике и гидростатике. В книге I сочинения «О равновесии плоских фигур» он приводит чисто геометрический вывод закона рычага.

АРИСТАРХ САМОССКИЙ (3 в. до н.э.), древнегреческий философ, математик и астроном Александрийской школы. Аристарх, как принято считать, первым выдвинул гипотезу о том, что Земля движется вокруг Солнца, и это навлекло на него обвинение в неблагочестии со стороны поэта и философа Клеанфа.

ГИППАРХ (ок. 190 – после 126 до н.э.), греческий астроном, родился в Никее в Вифинии. Вероятно, некоторое время провел в Александрии (Египет), но основная научная деятельность проходила на Родосе.

Гиппарх внес фундаментальный вклад в астрономию. Его собственные наблюдения продолжались с 161 по 126 годы до н.э. Кроме того, он широко привлекал данные других греческих астрономов, а также, вероятно, древние наблюдения вавилонян. Гиппарх с высокой точностью определил продолжительность тропического года (период движения Солнца по эклиптике относительно точки весеннего равноденствия); довольно точно измерил прецессию (период поворота земной оси вокруг перпендикуляра к плоскости орбиты Земли вокруг Солнца). В составленном им звездном каталоге указаны положения и относительная яркость около 850 звезд.

Работа Гиппарха о хордах окружности, составленные им таблицы, превосхитившие современные таблицы тригонометрических функций, послужили отправной точкой для развития хордовой тригонометрии, игравшей важную роль в астрономии.

О работах Гиппарха по физике известно мало. В трактате «О телах, движимых весом вниз» он утверждал, что замедление тела, брошенного вверх, можно объяснить тем, что вес тела (его внутреннее устремление вниз) постепенно разрушает остаточную силу сопротивления, которая присутствует в теле как наследие от изначального броска.

ПТОЛЕМЕЙ, КЛАВДИЙ (расцвет деятельности в 127–148 годах), знаменитый астроном и географ античности, усилиями которого геоцентрическая теория строения мироздания (именуемая часто Птолемеевой) приобрела окончательную форму. О происхождении, месте и датах рождения и смерти Птолемея ничего не известно.

Наиболее известными работами Птолемея являются Альмагест и География, ставшие высшими достижениями древней науки в области астрономии и географии. Работы Птолемея считались настолько совершенными, что господствовали в науке на протяжении 1400 лет. Написанные им работы позволили поддерживать довольно высокий уровень знаний по соответствующим предметам. Современная эпоха научных исследований в этих областях началась с низвержения авторитета Альмагеста и Географии.

КОПЕРНИК, НИКОЛАЙ (1473 - 1543) - польский астроном-реформатор, автор гелиоцентрической гипотезы. Происходил из купеческой семьи. Окончил Краковский университет, где изучал математику, медицину и богословие. Путешествуя по Германии и Италии слушал лекции в разных университетах. В 1503-1510 годах был профессором Краковского университета. В 1510 году переехал в Фрауенбург, где и жил до самой смерти, состоя каноником католического костёла (членом совета при епископе). Свой досуг посвящал занятиям астрономией и безвозмездному лечению больных.

По Копернику Земля вращается вокруг оси и вокруг Солнца, как и другие планеты, видимое петлеобразное движение которых он

правильно объяснил. Основной труд Коперника - «О вращениях небесных сфер». Это был вызов церковному авторитету в вопросах объяснения природы, что не сразу было понято церковью. В 1616 г. труд Коперника был запрещен католической церковью (к настоящему времени запрет снят). Согласно Энгельсу, с Коперника берет начало освобождение естествознания от теологии (то есть от богословия – совокупности религиозных учений о Боге).

Появлению труда Коперника предшествовали три важных события: 1-изобретение книгопечатания, способствовавшего распространению научных знаний; 2- падение Константинополя (переезд греческих учёных в Европу дал возможность познакомиться с идеями античных учёных) и 3- открытие Америки (развитие мореплавания оживило интерес к астрономии, так как в открытом море единственными ориентирами являются планеты и звёзды).

ГАЛИЛЕЙ, ГАЛИЛЕО (1564–1642), итальянский физик, механик и астроном, один из основателей естествознания Нового времени. Родился в Пизе в семье, принадлежавшей к знатному, но обедневшему флорентийскому роду. Начальное образование Галилео получил дома. В 1575 году, когда семья переехала во Флоренцию, он был направлен в школу при монастыре, где изучал грамматику, риторику (наука об ораторском искусстве), диалектику, арифметику и познакомился с работами латинских и греческих писателей. В 1581 году Галилей поступил в Пизанский университет, где должен был изучать медицину. Однако лекции в университете он посещал нерегулярно, предпочитая им самостоятельные занятия геометрией и практической механикой. В это время он познакомился с физикой Аристотеля и работами Евклида и Архимеда (последний стал его настоящим учителем). В Пизе Галилей пробыл четыре года, а затем, увлекшись геометрией и механикой, оставил университет и вернулся во Флоренцию. Здесь ему удалось найти замечательного учителя математики Остилио Риччи, который на своих занятиях обсуждал не только чисто математические проблемы, но и применял математику к практической механике, в особенности к гидравлике. В 1589 г. Галилей получил место профессора математики в том самом Пизанском университете, где ранее был студентом. В 1592 году он занял кафедру математики Падуанского университета в Венецианской республике. В первые годы своего профессорства Галилей занимался

главным образом разработкой новой механики, построенной не по принципам Аристотеля. В трактате (научное сочинение на специальную тему), написанном для студентов, Галилей изложил основы теории простых механизмов, пользуясь понятием момента силы. Этот труд и записки по астрономии, распространившись среди студентов, создали автору славу не только в Италии, но и в других странах. Кроме того, в устном преподавании Галилей часто пользовался итальянским языком, что привлекало на его лекции многочисленных студентов. В Падуанский период жизни созрели его основные работы из области динамики: о движении тела по наклонной плоскости и о движении тела, брошенного под углом к горизонту; к этому же времени относятся его исследования по прочности материалов. Принцип относительности механического движения, использованный Галилеем, стал основным в классической механике. Галилею принадлежит важная идея, проверенная им экспериментально: ускорения падающих тел не зависят от их состава и массы (в вакууме пушинка и свинцовое ядро падают одинаково.)

В 1608 году до Галилея дошли вести о новых инструментах для наблюдения за отдаленными объектами – «голландских трубах». Он изготовил трубу с увеличением в 30 раз и в августе 1609 года продемонстрировал ее сенату Венеции. С помощью своей трубы Галилей начал наблюдение ночного неба. Он обнаружил, что поверхность Луны напоминает земную – она такая же неровная и гористая; что Млечный Путь состоит из огромного числа слабых звезд; что у Юпитера есть по крайней мере четыре спутника. Галилей не только демонстрировал в телескоп небесные объекты многим своим согражданам, но и разослал экземпляры зрительной трубы по дворам многих европейских правителей. В 1610 году Галилей был пожизненно утвержден в должности профессора Пизанского университета с освобождением от чтения лекций, и ему было назначено втрое большее жалование, чем он получал прежде. В том же году Галилей перебрался во Флоренцию.

Мысли, высказанные Галилеем, не вписывались в рамки аристотелевского мировоззрения. Они совпадали со взглядами Коперника и Бруно. Галилей считал Луну сходной по своей природе с Землей, а с точки зрения Аристотеля (и церкви) не могло быть и речи о подобии «земного» и «небесного».

Против астрономических открытий Галилея посыпались возражения. Его оппоненты – немецкий астролог Мартин Хорки, итальянец Коломбе, флорентиец Франческо Сицци – выдвигали чисто астрологические и богословские аргументы, соответствовавшие учению «великого Аристотеля» и взглядам церкви. Однако вскоре открытия Галилея получили подтверждение. Существование спутников Юпитера констатировал Иоганн Кеплер. А к концу 1610 года Галилей сделал еще одно замечательное открытие - темные пятна на Солнце. Их видели и другие наблюдатели, в частности, иезуит Христофер Шейнер, но последний считал пятна небольшими телами, обращающимися вокруг Солнца. Заявление Галилея о том, что пятна должны находиться на самой поверхности Солнца, противоречило представлениям Аристотеля об абсолютной нетленности и неизменности небесных тел. Иезуиты сами вели астрономические наблюдения и Римская коллегия подтвердила, с некоторыми оговорками, действительность телескопических наблюдений Галилея. На некоторое время ученого оставили в покое.

В 1632 году был опубликован его труд «Диалоги о двух важнейших системах мира – Птолемеевой и Коперниковой». Согласие на издание книги дал папа Урбан VIII. Галилей в предисловии к книге, усыпляя бдительность цензуры, заявлял, что хотел лишь подтвердить справедливость запрещения учения Коперника. Свой труд Галилей написал в виде бесед: три персонажа обсуждают различные доводы в пользу двух систем мироздания – геоцентрической и гелиоцентрической. Автор не становится на сторону ни одного из собеседников, но у читателя не остается сомнений в том, что победителем в споре является коперниканец.

Враги Галилея, ознакомившись с книгой, сразу поняли, что именно хотел сказать автор. Через несколько месяцев после выхода книги был получен приказ из Рима прекратить ее продажу. Галилей по требованию инквизиции прибыл в Рим, где против него начался процесс. Его признали виновным в нарушении церковных запретов и приговорили к пожизненному тюремному заключению. 22 июня 1633 года он был вынужден, стоя на коленях, публично отречься от учения Коперника.

В 1637 году зрение Галилея стало ухудшаться, и через год он полностью ослеп. Окруженный учениками, он тем не менее продолжал работать. Вскоре здоровье Галилея резко ухудшилось, он умер в

Арчетри 8 января 1642 года.

КЕПЛЕР, ИОГАНН (1571–1630), немецкий астроном и математик. Окончив церковную школу в Альдерберге, он в 1586 году поступил в высшее духовное училище при Маульбронском монастыре. В 1589 году был принят в Тюбингенский университет, где в течение трех лет изучал теологию, математику и философию. Астрономию в университете читал М.Местлин, который давал Кеплеру частные уроки и познакомил его с теорией Коперника. В 1593 году окончил университет и был рекомендован на должность профессора математики в гимназии Граца (Верхняя Штирия). Здесь Кеплер читал лекции по астрономии. В 1596 году вышло в свет его первое сочинение *Тайна Вселенной*, в котором Кеплер попытался найти соотношения между элементами планетных орбит. Это сочинение привлекло внимание Тихо Браге, который пригласил Кеплера в качестве помощника для обработки результатов наблюдений за планетами. Сотрудничество астрономов продолжалось около двух лет вплоть до смерти Тихо Браге в 1601 г. Император Рудольф II назначил Кеплера на должность придворного математика, которую тот занимал до конца жизни. Кеплер предпринимал попытки математического описания закономерностей движения планеты Марс в рамках существовавших тогда теорий (Птолемея, Тихо Браге и Коперника). В результате обработки наблюдательных данных, полученных Браге, Кеплер пришел к эмпирическим законам движения планет (законы Кеплера). Согласно первым двум, планеты обращаются вокруг Солнца по эллипсам, в фокусе которых располагается светило; радиус-вектор каждой планеты заметает равные площади за равные промежутки времени. Эти результаты были опубликованы в книге *Новая астрономия*, ставшей в один ряд с трудами Коперника и Ньютона.

Эти открытия и почти одновременное изобретение телескопа ознаменовали наступление новой эры в изучении космоса. Некоторое время спустя Кеплер открывает третий закон: квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей их эллиптических орбит. Этот закон был опубликован в сочинении *Гармония мира*.

События Тридцатилетней войны и религиозные преследования вынудили Кеплера в 1626 году бежать в Ульм. Последней крупной

работой Кеплера стали планетные таблицы, опубликованные в Ульме в 1629 году под названием *Рудольфинские таблицы*. Умер Кеплер в Регенсбурге.

НЬЮТОН, ИСААК (1642–1727), математик, основатель классической физики.

Родился 25 декабря 1642 года (по старому стилю) в Вулсторпе (графство Ланкошир). Отец Ньютона умер еще до его рождения, и, когда мальчику было два года, его мать вторично вышла замуж. Воспитанием Исаака занималась бабушка с материнской стороны. В возрасте 10 лет Ньютон был отдан в классическую школу в Грантеме. В 1656 году мать Ньютона после смерти второго мужа вернулась в Вулсторп и забрала сына из школы с намерением сделать из него фермера. Однако он не проявил никаких наклонностей к фермерскому делу. Уступив настойчивым уговорам учителя Грантемской школы, мать, наконец, разрешила сыну готовиться к поступлению в Кембриджский университет. В июне 1661 года Ньютон был принят в Тринити-колледж на правах студента, в обязанности которого входило прислуживать преподавателям колледжа. Из записных книжек Ньютона того периода явствует, что он изучал арифметику, геометрию, тригонометрию, астрономию и оптику. Большим стимулом для него стало общение с выдающимся математиком и теологом И.Барроу. В январе 1665 года Ньютон получил степень бакалавра.

К тому времени Ньютон основательно продвинулся в разработке «метода флюксий» (анализе бесконечно малых). Когда в Кембридже вспыхнула эпидемия чумы, Ньютон вернулся в Вулсторп, где пробыл почти два года. Именно в этот период он записал свои первые мысли о всемирном тяготении. По словам Ньютона, импульсом к размышлениям о тяготении послужило яблоко, упавшее на его глазах в саду. Как явствует из записи разговора с Ньютоном в преклонном возрасте, в то время он пытался определить, какого рода силы могли бы удерживать Луну на ее орбите. Падение яблока навело его на мысль, что, возможно, на яблоко действует та же самая сила тяготения. Свою догадку он проверил, оценив, какой должна быть сила притяжения, если исходить из гипотезы о том, что она обратно пропорциональна квадрату расстояния (именно такова сила притяжения между Солнцем

и планетами).

В Вулсторпе Ньютон поставил первые опыты по исследованию света. В то время белый свет считался однородным. Однако эксперименты с призмой сразу показали, что прошедший через нее пучок солнечного света разворачивается в разноцветную полоску (спектр). Выводы Ньютона, проверенные с помощью остроумных экспериментов, сводились к следующему: солнечный свет представляет собой комбинацию лучей всех цветов, сами же эти лучи монохроматичны и разделяются потому, что обладают разной преломляемостью. Эксперименты с призмами убедили его в том, что дальнейшее усовершенствование телескопа ограничено не столько трудностями вытачивания линз, сколько разной преломляемостью лучей разных цветов, из-за чего пучок белого света невозможно сфокусировать в одной точке. Ньютон обратился к единственному практически возможному решению – конструированию зеркального телескопа (телескопа-рефлектора). Схему такого телескопа предложил в 1663 году шотландский математик Дж.Грегори, но первым его построил Ньютон в 1668 году.

В 1669 году Ньютон передал Барроу рукопись, известную под сокращенным названием *Об анализе*. Благодаря Барроу этот труд стал известен нескольким ведущим математикам Великобритании и континентальной Европы, но был опубликован лишь в 1711 году.

В 1671 году Королевское общество удостоверило приоритет Ньютона в создании телескопа, опубликовав описание инструмента. В начале следующего года он был избран членом Королевского общества и вскоре получил предложение представить отчет об открытии сложной природы белого света. Отчет ученого произвел сильное впечатление, однако в ряде статей взгляды Ньютона были подвергнуты критике. Большинство возражений пришло из континентальной Европы, часть принадлежала Р.Гуку, куратору Королевского общества. Споры о приоритете усилили нетерпимость к возражениям, столь типичную для Ньютона в конце его жизни.

В последующие годы Ньютон занимался различными математическими, оптическими и химическими исследованиями, а в 1679 году вернулся к проблеме планетных орбит. Идея о том, что сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния от Солнца до планет, которую он проверил приближенными выкладками

в Вулсторпе, стала предметом широкого обсуждения. Именно такой закон следовал (для простого случая круговой орбиты) из третьего закона Кеплера, устанавливающего зависимость между периодами обращения планет вокруг Солнца и радиусами их орбит, и формулы центростремительного ускорения тела, движущегося по окружности, которую в 1673 году вывел Х.Гюйгенс. Обратную задачу – определение орбиты из закона изменения силы с расстоянием, бывшую предметом обсуждения Гука, Рена и Галлея, Ньютон решил около 1680 года. Он доказал теорему о том, что сферически симметрично распределенная масса притягивает внешние тела так, как если бы вся масса была сосредоточена в центре.

В августе 1684 года Кембридж посетил астроном Галлей. Во время беседы о форме орбиты тела, движущегося под действием силы притяжения к неподвижному центру, обратно пропорциональной квадрату расстояния, Ньютон высказал предположение, что орбита будет иметь форму эллипса. Во время второго визита Галлею был показан трактат о движении, по просьбе Галлея представленный Королевскому обществу. Этот трактат о законах движения лег в основу первой книги *Математические начала натуральной философии* (*Philosophiae naturalis principia mathematica*). Важную роль в создании *Начал* сыграл Галлей, который сглаживал разногласия между Ньютоном и Гуком, утверждавшим, что о законе обратной пропорциональности силы квадрату расстояния Ньютон узнал из его, Гука, сообщения. В порыве раздражения Ньютон даже решил было отказаться от издания третьей книги *Начал*, но Галлею удалось уговорить его не делать этого. Именно Галлей взял на себя все хлопоты, связанные с изданием, и оплатил все издержки. Летом 1687 года *Начала* вышли из печати.

Потребовалось еще пятьдесят лет для того, чтобы концепция Ньютона получила всеобщее признание.

В 1696 году усилиями друзей, пытавшихся подыскать для Ньютона должность на государственной службе, он был назначен смотрителем Монетного двора. Это потребовало от него постоянного пребывания в Лондоне. Ньютону было поручено руководство перечеканкой английской монеты. Имевшие тогда хождение монеты обесценились из-за мошеннической практики обрубания краев. Необходимо было наладить чеканку новых монет с насечкой по краю,

имеющих стандартные массу и состав. Эта задача, требовавшая больших технических познаний и административного искусства, была успешно решена к 1699 году. Тогда же Ньютон был назначен на должность директора Монетного двора. Этот хорошо оплачиваемый пост ученый занимал до конца жизни.

В 1701 году Ньютон отказался от кафедры в Кембридже и от должности члена совета Тринити-колледжа, а в 1703 году был избран президентом Королевского общества. В 1704 году Ньютон выпустил свой второй фундаментальный труд – *Оптику*.

Что касается влияния Ньютона на развитие физической науки, то его трудно переоценить. Только к 20 в. основные положения, на которые опирался Ньютон, потребовали коренного пересмотра. Ревизия привела к созданию теории относительности и квантовой механики.

Умер Ньютон 20 марта 1727.

Вклад Исаака Ньютона в науку.

Разработал (независимо от Г. Лейбница) дифференциальное и интегральное исчисления. Открыл дисперсию света, хроматическую aberrацию, исследовал интерференцию и дифракцию, развивал корпускулярную теорию света, высказал гипотезу, сочетающую корпускулярные и волновые представления. Построил зеркальный телескоп. Сформулировал основные законы классической механики. Открыл закон всемирного тяготения, дал теорию движения небесных тел, создав основы небесной механики. И всё же главные из этих открытий именно в это время были бы невозможны без работ Коперника и Браге, Галилея и Кеплера, а также других выдающихся ученых – современников Ньютона. Можно с уверенностью утверждать, что почти всё уже было подготовлено для появления этих открытий.

ЭЙЛЕР, ЛЕОНАРД (1707–1783), немецкий и русский математик, механик и физик. Родился в Базеле. Учился в Базельском университете, где его учителем был Иоганн Бернулли. В 1727 году переехал в Санкт-Петербург, получив место адъюнкт-профессора в недавно основанной Академии наук и художеств. В 1730 году стал профессором физики, в 1733 году – профессором математики. За 14 лет своего первого пребывания в Петербурге Эйлер опубликовал более

50 работ. В 1741–1766 годах работал в Берлинской академии наук и написал множество сочинений, охватывающих все разделы математики. В 1766 году по приглашению Екатерины II Эйлер возвратился в Россию. Вскоре после прибытия в Санкт-Петербург полностью потерял зрение из-за катаракты, но благодаря великолепной памяти и способностям проводить вычисления в уме до конца жизни занимался научными исследованиями: за это время им было опубликовано около 400 работ, общее же их число превышает 850. Умер Эйлер в Санкт-Петербурге.

Выдающимся достижением Эйлера явилось создание теории движения Луны вокруг Земли. Сложность задачи объяснялась тем, что лунная орбита представляет собой эллипс, размеры, форма и ориентация которого в пространстве непрерывно изменяются. Причина этого - совместное действие притяжений Земли и Солнца. Кроме того, дополнительные трудности появляются из-за сплюснутости Земли у полюсов. Эйлер совершил то, что не удавалось другим математикам – он создал метод, позволивший достаточно точно предсказывать положение Луны на небесной сфере в любой момент.

Эйлер - автор книг по гидравлике, кораблестроению и артиллерии. Он создает новую теорию музыки. Работа ученого *Об усовершенствовании стеклянных очковых линз* способствовала существенному усовершенствованию телескопов.

Наибольшую известность принесли Эйлеру исследования в области чистой математики. Современная тригонометрия с определением тригонометрических функций как отношений и с принятыми в ней обозначениями берет начало с эйлеровского *Введения в анализ бесконечных*. В этом трактате дается разложение в бесконечные ряды многих элементарных функций, в том числе $\exp(x)$, $\sin(x)$, $\cos(x)$. Эйлеру развил теорию дифференциальных уравнений и создал теорию специальных функций. Ему принадлежит первое изложение вариационного исчисления, известны его работы по теории чисел и многие другие.

Таким образом, математика, как интеллектуальный инструмент естествознания, была значительно усовершенствована благодаря работам Эйлера.

МАКСВЕЛЛ, ДЖЕЙМС КЛЕРК(1831–1879), английский физик. Родился в Эдинбурге в семье шотландского дворянина из знатного рода Клерков. Учился в Эдинбургском и Кембриджском университетах. Занимал должность профессора физики в разных университетах Англии. Свою первую научную работу Максвелл выполнил еще в школе, придумав простой способ вычерчивания овальных фигур. В экспериментах по смешиванию цветов Максвелл применил особый волчок, диск которого был разделен на секторы, окрашенные в разные цвета (диск Максвелла). При быстром вращении волчка цвета сливались: если диск был покрашен так, как расположены цвета спектра, он казался белым; если одну его половину закрашивали красным, а другую – желтым, он казался оранжевым; смешивание синего и желтого создавало впечатление зеленого.

Одной из первых работ Максвелла стала его кинетическая теория газов. В 1859 году ученый выступил на заседании Британской ассоциации с докладом, в котором привел распределение молекул по скоростям (максвелловское распределение).

В 1860–1865 годах Максвелл создал теорию электромагнитного поля, которую сформулировал в виде системы уравнений (уравнения Максвелла), описывающих основные закономерности электромагнитных явлений. Продолжая развивать эти идеи, Максвелл пришел к выводу, что любые изменения электрического и магнитного полей должны вызывать изменения в силовых линиях, пронизывающих окружающее пространство, т.е. должны существовать импульсы (или волны), распространяющиеся в среде. Скорость распространения этих волн (электромагнитного возмущения) близка к скорости света, измеренной ранее французским физиком А. Физо.

Основные научные достижения Максвелла: 1- создал теорию электромагнитного поля (уравнения Максвелла), 2- предсказал существование электромагнитных волн, 3- выдвинул идею электромагнитной природы *света*, 4 – открыл закон распределения частиц газа по скоростям (закон Максвелла), 5- исследовал вязкость, диффузию и теплопроводность газов, 6 – в 1861 году Максвелл впервые получил цветное изображение, спроецировав на экран одновременно красный, зеленый и синий диапозитивы. Этим была доказана справедливость трехкомпонентной теории зрения и

намечены пути создания цветной фотографии. О роли Максвелла в развитии науки сказал американский физик Р. Фейнман: «В истории человечества (если посмотреть на нее, скажем, через десять тысяч лет) самым значительным событием 19 столетия, несомненно, будет открытие Максвеллом законов электродинамики».

ЭЙНШТЕЙН, АЛЬБЕРТ (1879 —1955), физик-теоретик, один из основателей современной физики, создатель теории относительности, автор основополагающих трудов по квантовой теории и статистической физике.

Альберт Эйнштейн родился в немецком городе Ульме, но через год семья переселилась в Мюнхен, где отец Альберта, Герман Эйнштейн, и дядя Якоб организовали электротехническую фабрику. Дядя Якоб уделял много времени племяннику. Часто он задавал мальчику математические задачи, и тот «испытывал подлинное счастье, когда справлялся с ними». Родители отдали Альберта сначала в католическую начальную школу, а затем в мюнхенскую классическую гимназию Луитпольда, которую он так и не окончил, переехав вслед за семьей в Милан. И в школе, и в гимназии Альберт приобрел не лучшую репутацию. Чтение научно-популярных книг породило у юного Эйнштейна, по его собственному выражению, «прямо-таки фантастическое свободомыслие».

В 1895 году Эйнштейн пешком отправился из Милана в Цюрих, чтобы поступить в Федеральную высшую техническую школу — знаменитый Политехникум, для поступления в который не требовалось свидетельства об окончании средней школы. Блестяще сдав вступительные экзамены по математике, физике и химии, он, однако, с треском провалился по другим предметам. Ректор Политехникума, оценив незаурядные математические способности Эйнштейна, направил его для подготовки в кантональную школу в Аарау. Выпускные экзамены в Аарау Эйнштейн сдал вполне успешно (кроме экзамена по французскому языку), что дало ему право на зачисление в Политехникум в Цюрихе. Кафедру физики там возглавлял профессор В. Г. Вебер, прекрасный лектор и талантливый экспериментатор, занимавшийся в основном вопросами электротехники. Преподаватели недолюбливали строптивного студента. «Вы умный малый, Эйнштейн, очень умный малый, но у

вас есть большой недостаток — вы не терпите замечаний», — сказал ему как-то Вебер.

После окончания Политехникума Альберт жил в основном у родителей в Милане и два года не мог найти постоянной работы. Только в 1902 он получил наконец, по рекомендации друзей, место эксперта в федеральном Бюро патентов в Берне. Там Эйнштейн проработал семь с лишним лет, считая эти годы самыми счастливыми в жизни. Должность «патентного служки» постоянно занимала его ум различными научными и техническими вопросами, но оставляла достаточно времени для самостоятельной творческой работы. В результате, он опубликовал серию оригинальных научных работ, принесших ему широкую известность среди физиков.

В 1909 году он избирается профессором Цюрихского университета, а спустя два года — Немецкого университета в Праге. В 1912 году Эйнштейн возвратился в Цюрих, где занял кафедру в Политехникуме, но уже в 1914 году принял приглашение переехать на работу в Берлин в качестве профессора Берлинского университета и одновременно директора Института физики. Когда власть захватили фашисты, Эйнштейн в 1933 году навсегда покинул Германию. Переехав в США, Эйнштейн занял должность профессора физики в новом институте фундаментальных исследований в Принстоне (штат Нью-Джерси). В 1955 г. Эйнштейн скончался в Принстоне от аневризмы аорты.

Основные научные достижения А.Эйнштейна (в хронологической последовательности): 1- усовершенствование теории броуновского движения (это – движение мельчайших частиц, взвешенных в жидкости и наблюдаемых под микроскопом, под ударами молекул этой жидкости); 2 – идея о том, что не только излучение, но и поглощение света происходит порциями и что вообще однородный свет состоит из «порций энергии», световых квантов (за соответствующие работы в 1921 году Эйнштейну была присуждена Нобелевская премия); 3 – специальная теория относительности (1905 год), основанная на предположении, что скорость одного и того же света одна и та же относительно различных наблюдателей, движущихся с разными скоростями; 4 – общая теория относительности (отличающаяся от специальной тем, что учитывается гравитационное поле). Эти теории вплетены в ткань современного естествознания и являются одной из научных основ использования

атомной энергии и моделей строения и происхождения Метagalактики.

Дальнейшее развитие физики привело в первой половине 20-го века к появлению квантовой механики, затем элементов релятивистской квантовой механики. Ещё Макс Планк (1858-1947) ввел понятие кванта энергии. Эрвин Шредингер (1887-1961) разработал волновую механику для микрочастиц. Нильс Бор (1885-1962) – создал первую квантовую модель атома. Вернер Гейзенберг (1901-1976) сформулировал принцип неопределенности, согласно которому существуют пары физических величин (например, энергия и время) значения которых в данном эксперименте, для конкретной микрочастицы одновременно определить точно невозможно.

Вольфганг Паули (1900-1958) сформулировал физический принцип (носящий его имя), позволивший объяснить некоторые особенности структуры атомов. Так усилиями блестящих ученых в исторически короткий срок возникла и оформилась квантовая механика, без идей и аппарата которой было бы невозможно далеко продвинуться в понимании того, что происходит в микромире.

В этот же период (первая половина 20-го века) было открыто расширение Вселенной (Эдвин Хаббл, 1929 год), возможность которого предсказал Александр Фридман (1923 год).

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Сколько лет насчитывает человеческая цивилизация? (Примечание. Цивилизация – ступень общественного развития, следующая за варварством. Варварство – эпоха, которая начинается с изобретения гончарного производства и заканчивается с появления письменности.) 2. Что лежит в основе мирового порядка по Пифагору? 3. Из чего состоит реальность по Демокриту? Отведено ли место случайному в этой реальности? 4. Как устроена Вселенная по Аристотелю? 5. Назовите имена двух античных ученых, добившихся успеха в научных исследованиях применяя математику. 6. В труде какого ученого геоцентрическая теория мироздания удостоилась наиболее полного описания? В чём суть этой теории? 7. В чем заключалась гелиоцентрическая гипотеза и кто её признанный автор? Какие важные события содействовали появлению этой гипотезы? 8. Какое изобретение позволило получить

решающие аргументы против Аристотелевой концепции устройства мира? Кто автор изобретения и когда оно произошло? 9.Сформулируйте три закона Кеплера. Какую роль сыграли они в открытии закона всемирного тяготения? 10.Почему Ньютона называют основателем классической физики? 11.Кто был Леонард Эйлер и какое он имел отношение к России? 12.Кто создал теорию электромагнитного поля и предсказал существование электромагнитных волн? 13.Какие открытия 20-го века позволили более глубоко понять сущность пространства, времени, гравитации и процессов, происходящих в микромире? 14. Когда было обнаружено расширение Вселенной?

5. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

Пространство и время – основные понятия физики. Первое связано с протяженностью и взаимным расположением объектов, второе – с длительностью и последовательностью событий. Согласно общей теории относительности (ОТО) существует некоторое единство этих понятий – четырехмерное пространство-время, причём понятия пространство-время и масса (или энергия) находятся в неразрывной связи, так что исключение одного из них лишает смысла другое.

Рассмотрим примеры. 1.В присутствии массы происходит искривление пространства- времени тем более сильное, чем больше эта масса. Масса Солнца в 330000 раз превосходит массу Земли и деформация пространства-времени в ближайшей его окрестности действительно была обнаружена. Во время полного солнечного затмения, когда яркий свет фотосферы полностью перекрывается диском Луны, можно наблюдать и даже сфотографировать наиболее яркие звезды.Интерес представляют звезды, свет которых прежде, чем попасть в глаз наблюдателя, проходит у самого края диска Солнца (известно, что звезды находятся от нас в сотни тысяч и миллионы раз дальше, чем Солнце). Допустим, в момент затмения удалось сфотографировать звезды А,В и С, которые на небе располагаются рядом, а Солнце оказалось как раз между ними. Если через полгода эти же звезды сфотографировать вторично (уже без Солнца между ними,так как светило успело сместиться на 180°

, двигаясь по эклиптике), то при сравнении двух фотографий обнаруживается удивительный факт: взаимные расстояния (на небе) между звездами А, В и С оказываются большими на первом снимке, чем на втором. Но это и предсказывает ОТО: у края Солнца звездные лучи искривляются, так как деформируется пространство-время вокруг массивного Солнца. 2. Другим проявлением искривления пространства-времени вокруг массивного тела оказалось замедление физических процессов, наблюдающееся у поверхности Сириуса -В - спутника самой яркой звезды – Сириуса (в созвездии Большой Пёс). Эта звезда относится к типу, так называемых, белых карликов (массы их сравнимы с солнечной, а размеры примерно такие же как у Земли, то есть на два порядка меньше солнечных). В спектре Сириуса-В наблюдаются линии некоторых известных на Земле элементов (как и у других звёзд), однако оказалось, что значения частот излучения в этих линиях меньше ожидаемых. Объясняется это тем, что с точки зрения земного наблюдателя время на поверхности Сириуса-В течет несколько замедленно – из-за искривления пространства-времени массой данной звезды (ускорение силы тяжести там в 43000 раз больше, чем на Земле). Расчет показывает, что на нейтронной звезде (тип сверхплотных тел, радиусы которых в 500 раз меньше, чем у белых карликов, а массы примерно такие же) время должно замедляться на 20%.

Если бы объект солнечной массы удалось сжать в шарик радиусом в 3 км, то для удаленного наблюдателя поверхность такого объекта оказалась бы застывшей, то есть время там остановилось бы. Это была бы «черная дыра». Радиус ее зависит только от массы. Черная дыра с такой же массой, как у Земли, имела бы радиус около 1 см.

Существенное растяжение временных интервалов (с точки зрения неподвижного наблюдателя) имеет место также на объектах, перемещающихся со скоростями, близкими к скорости света. Так при вторжении в верхние слои атмосферы частиц космических лучей порождаются элементарные частицы, время существования которых настолько мало, что они должны были бы превратиться в другие частицы за время движения к поверхности Земли. То, что эти частицы

все же долетают до наблюдателя, свидетельствует о растяжении их собственного времени. (Космические лучи представляют собой потоки ядер атомов различных элементов, в основном водорода и гелия, которые со скоростями, близкими к скорости света, входят из межзвездного пространства в солнечную систему).

Эталоном для измерения расстояний в настоящее время является метр. Он определяется, как длина пути, пробегаемого светом в вакууме за фиксированную долю ($1/299792458$) секунды. Напомним, что первоначально метр был определен как десятиmillionная доля половины длины парижского меридиана.

Продолжительность секунды, первоначально определявшаяся как фиксированная доля ($1/86400$) средних солнечных суток, затем как фиксированная доля тропического года, теперь устанавливается гораздо точнее при помощи системы атомных часов.

В современной физике существуют понятия предельных (минимальных) значений длины и интервала времени – 10^{-33} см и 10^{-43} с (планковская длина и планковское время). Наибольший интервал времени, рассматриваемый в теоретических исследованиях, составляет 3×10^{39} с (предполагаемое максимальное время жизни протона), а наибольшая длина – 10^{28} см (радиус части Вселенной, доступной наблюдениям в настоящее время).

Бесконечно ли пространство Вселенной? При допущении бесконечности пространства, равномерно заполненного звездами, возникают два парадокса. Во-первых, в каком бы направлении не провели луч, он обязательно встретил бы поверхность звезды, и небо оказалось бы ослепительно ярким, чего не наблюдается. Во-вторых, применение к бесконечной Вселенной закона всемирного тяготения приводит к странному (и неприемлемому) результату: в каждой точке пространства гравитация оказывается неопределенной. Таково содержание фотометрического и гравитационного парадоксов (последний иногда называют парадоксом Зелигера).

Оба парадокса могут быть сняты разными способами. Например, достаточно допустить, что звезды распределены в бесконечном пространстве неравномерно, заполняя некоторую последовательность иерархических структур. Другая возможность появляется при использовании общей теории относительности.

ВОПРОСЫ. 1. В классической физике пространство – этоместилище всех объектов, арена, на которой происходят все события, причём объекты и события никак не влияют на свойства пространства (и времени). Чем отличаются современные представления о пространстве и времени от классических? 2. Какие наблюдения подтверждают идею об искривлении пространства-времени, наиболее заметном вблизи очень больших масс? 3. Каковы наименьшие значения промежутков времени и длин, рассматриваемые в физике? 4. Какой довод можно противопоставить утверждению, что звёзды равномерно заполняют бесконечное пространство?

6. СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ВСЕЛЕННОЙ

Этот раздел рекомендуем прочитать дважды: один раз в порядке нумерации его пунктов (продвигаясь от большого к малому), а второй раз начиная с последнего пункта (от малого к большому). Здесь содержится очень краткий ответ на вопросы: «из чего мы состоим и во что входим». К ответам на вопрос «как это работает» можно приблизиться (только приблизиться) прочитав все последующие разделы.

1. Наибольший известный уровень - Метагалактика. Это - весь доступный современным наблюдениям мир, рассматриваемый как единое целое.

Метагалактику часто называют Вселенной. Это – мир галактик и скоплений галактик, открытый лишь в 20-х годах 20-го века. Его наиболее удаленные области изучают при помощи радиотелескопов, радиоинтерферометров и телескопов. У самых больших радиотелескопов диаметры антенн составляют сотни метров. Для высокоточных измерений космических объектов используют системы совместно работающих радиотелескопов, называемые радиоинтерферометрами. Кроме наземных телескопов с диаметрами зеркал порядка 10 метров (в проектах – зеркала до 100 м) используют космические телескопы (на орбите вокруг Земли). Космический телескоп им. Хаббла с диаметром зеркала 2.4 м благодаря отсутствию атмосферных помех так же эффективен, как и самые большие наземные телескопы с диаметрами составных зеркал в 10 м.

Наблюдая самые удаленные области Вселенной, мы совершаем путешествие во время, отстоящее от современности на 10 млрд. лет назад. Это объясняется огромными расстояниями и конечностью скорости света.

Хотя Метагалактика в общем имеет иерархическое строение, когда каждый ее структурный уровень состоит из уровней более низкого ранга, любой ее объект может обладать самостоятельностью (не входя в ближайший более высокий уровень). Например, в составе Метагалактики имеются объекты (атомы, целые галактики), не входящие в состав скоплений галактик.

Внешняя граница объекта, частью которого является Метагалактика, (если такая граница существует) не доступна для современной техники наблюдений. Предельное расстояние, на котором можно наблюдать галактики и квазары (см. дальше), составляет, как уже упоминалось, около 10 млрд. световых лет.

Одно из удивительных свойств Метагалактики – её расширение. О существовании других метагалактик пока ничего не известно.

Примерно половина Метагалактики постоянно скрыта от земного наблюдателя почти непроницаемой для электромагнитных излучений пеленой пыли и газа в Млечном Пути и вокруг него.

2. Скопления и группы галактик. Эти образования, вероятно, являются следующим структурным уровнем (низшим чем Метагалактика) ввиду того, что существование сверхскоплений и/или ячеистой структуры Вселенной является проблематичным. Группы насчитывают несколько десятков членов. Наша Галактика вместе с Большой туманностью в Андромеде (галактика М31) входит в Местную группу размером около трех миллионов световых лет. В состав скопления может входить до тысячи галактик. Однако на фотографиях скоплений, как правило, наблюдается не более 100 - 200 галактик, так как среди них существует большой разброс в светимостях, а на снимках получаются только самые яркие объекты. Ближайшие к нам скопления находятся в созвездиях Дева и Волосы Вереники (и имеют одноименные названия).

Члены скоплений и групп удерживаются вместе гравитацией. Иногда в этих системах скорости членов настолько велики, что гравитации оказывается недостаточно для удержания галактик в пределах скопления или группы. Отсюда следует вывод, что либо

такие системы распадаются, либо в них присутствует какая-то **стабилизирующая скрытая масса**, не обнаруживающая себя в оптической области спектра, либо то, что мы принимаем за единственное скопление, представляет собою наложение (на небе) друг на друга групп, расположенных на разных расстояниях. Это вполне возможно, так как расстояния до галактик определяются с большими случайными и систематическими ошибками. Диаметры скоплений не превышают 15 млн. световых лет.

3. Галактики. Лучшее всего изучена наша Галактика (пишут с большой буквы), которую иногда называют Млечный Путь, хотя последний представляет собою лишь часть Галактики – её наиболее богатые звёздами области, как они наблюдаются из Солнечной системы. Галактика состоит из 200-400 млрд. звезд. Кроме того в межзвездном пространстве обнаружены очень холодные облака газа и пыли. Вероятно, вокруг части звезд, как и вокруг Солнца, движутся метеорные тела, кометы и астероиды. Что касается планет, то они уже открыты в окрестностях более сотни звёзд.

Некоторые звёзды обнаруживают тенденцию к сгущиванию: существуют двойные, тройные и четверные звёзды; иногда встречаются скопления звёзд, вмещающие в себе от нескольких десятков до сотен тысяч членов.

Если разглядывать Галактику с разных сторон, удалившись от неё на миллион световых лет, то при наблюдении «с ребра» можно увидеть туманное образование сильно вытянутой формы; его яркость убывает от центра к краю, а отношение большого диаметра к малому близко к 10. При этом вдоль линии большого диаметра будет заметна темная полоса межзвездных облаков пыли и газа (они ослабляют свет звёзд). При наблюдении Галактики в положении «плашмя» она имеет форму близкую к кругу, внутри него будут видны спиральные рукава с ответвлениями, берущие начало из яркого образования в центре. Диаметр этого круга составляет около 100 000 световых лет.

Галактика вращается вокруг оси, совпадающей с её малым диаметром. Чем дальше от оси, тем меньше (как правило) угловая скорость вращения. Солнечная система совершает полный оборот за время, называемое галактическим годом. Его продолжительность составляет 180 - 200 млн. лет.

Число всех галактик, доступных наблюдению в большой

телескоп, не меньше миллиарда. Если диаметр Галактики принять за единицу, то окажется, что диаметры большинства других галактик заключены в промежутке от 0.1 до 5 – 10 (при этом относительное число галактик, больших чем наша, невелико).

Классифицируя галактики по их виду на снимках, различают спиральные, эллиптические и неправильные галактики. Наиболее крупные галактики обычно лишены спиральных структур и часто располагаются в центральных областях скоплений.

Ближайшими к нам галактиками являются Большое и Малое Магеллановы облака. Их можно хорошо наблюдать из пунктов Земли, расположенных южнее экватора. Севернее географической широты 20⁰ они не видны. Зато в созвездии Андромеда в безлунные ночи можно увидеть невооруженным глазом ближайшую к нам гигантскую галактику М31, в полтора раза большую Галактики, но находящуюся так далеко, что свету требуется два миллиона лет, чтобы преодолеть разделяющее нас пространство. Все другие галактики слишком слабы для наблюдений их без бинокля или телескопа.

К галактикам примыкают родственные им квazarы. Это очень слабые небесные объекты. Самый яркий из квазаров в 250 раз слабее самых слабых звезд, которые ещё доступны невооруженному глазу. Дело не в том, что квазары излучают мало света, просто они находятся очень далеко. На самом деле средний квазар светит в несколько десятков и сотен раз сильнее крупной галактики, содержащей многие миллиарды звезд. Предполагают, что квазары – это очень массивные и компактные объекты, которые, как показали наблюдения ближайших из них, располагаются в ядрах крупных галактик.

В настоящее время обнаружены многие тысячи квазаров. Все они удаляются от нас. У самых далёких из них скорость превышает 250 000 км/с, то есть составляет более 83% от скорости света.

На снимке квазар выглядит как слабая звездочка. Многие из квазаров являются мощными источниками радиоизлучения.

4. Звезды. Это – шаровидные, горячие, самосветящиеся тела 7 массы которых заполняют обычно промежуток от 1/50 до 50 солнечных масс. Средняя масса звезды равна 0.5 массы Солнца. Из 200 – 400 млрд. звезд Галактики в каталоги занесено менее 0.01%. Ближайшая к Солнцу звезда, которую можно увидеть невооруженным

глазом, это Альфа Центавра. Её свету требуется 4.3 года, чтобы долететь до Солнца. (Немного ближе располагается Проксима Центавра, которую можно заметить только в телескоп).

О звездах уже накоплен огромный объём данных. Установлено, что главной характеристикой звезды, от которой зависит скорость эволюции, является масса. Чем она больше, тем быстрее развивается звезда. Кроме того, от массы зависит мощность излучения звезды, называемая в астрономии светимостью. Светимость приблизительно пропорциональна массе, возведенной в степень от 3 до 4. Так, при переходе к звезде, масса которой в два раза больше солнечной, получим объект, светимость которого от 8 до 16 раз больше, чем у Солнца.

В настоящее время известно, что звезды – это гигантские природные генераторы энергии, с высокой эффективностью превращающие часть своего вещества в излучение. В последние десятилетия было окончательно установлено, как формируются звезды. Это происходит в тех областях пространства, где собирается достаточно большая масса межзвездного газа и пыли, которая под действием собственного тяготения сжимается и разогревается до тех пор, пока плотность и температура не достигнут критических значений, необходимых для протекания ядерных реакций.

Свойства образовавшейся звезды практически полностью определяются массой и химическим составом исходного газово-пылевого облака. Различие масс, химического состава и возраста у разных звезд приводит к тому, что звезды различаются ещё и светимостями, диаметрами, температурами поверхностного слоя, способностью периодически изменять свои свойства (например, некоторые звёзды пульсируют), скоростями осевого вращения, интенсивностями магнитного поля, скоростями движения вокруг центра Галактики и другими характеристиками.

Около 50% звёзд собраны в двойные, тройные и более сложные системы. Если в двойной системе, обращающиеся вокруг общего центра масс звезды достаточно близки друг к другу, то на некоторых стадиях эволюции может происходить перенос массы от одной звезды к другой. Этот процесс увеличивает разнообразие проявлений, собственных звёздам.

Изменения, происходящие в мире звезд, более подробно

рассматриваются в другом разделе. Здесь же отметим, что недра звезд не только являются генераторами энергии. Там из первоначального водорода постепенно синтезируются многочисленные химические элементы и, в числе их, – элементы, необходимые для построения живых организмов.

5. О промежуточных структурных уровнях. Между звёздами и атомами существует множество промежуточных структурных уровней, возможно, не обладающих той универсальностью, которая свойственна основным уровням. Это – планеты, астероиды, кометы, спутники планет, метеорные тела, виды живых организмов в земной биосфере, живые клетки, кристаллы и молекулы. Структурные уровни можно выделить, например, в человеческом обществе. Эти уровни не могли бы существовать (из-за высокой температуры) внутри звёзд, в которых сосредоточена львиная часть массы Вселенной. Возможно, они существуют в окрестностях некоторых звёзд, поскольку уже имеются в солнечной системе.

Известно, что без элементарных частиц и атомов не было бы более высоких структурных уровней таких, какими мы их наблюдаем. А без звезд и галактик не было бы того разнообразия атомов, которое известно науке (см. выше). А какова роль промежуточных уровней? Ввиду неясности ответа на этот вопрос, отнесение промежуточных уровней к основным уровням Вселенной остаётся проблематичным. В частности, мы пока не знаем, какую роль в устройстве Вселенной может играть такое порождение биосферы Земли и возможных биосфер других миров, как разум.

Несмотря на то, что образования типа Солнечной системы (с её планетами, спутниками планет, астероидами и т.д.) в окрестностях других звёзд пока не изучены, этот уровень в данном разделе заслуживает краткого рассмотрения хотя бы из-за важности его для существования человека.

Самыми крупными объектами после Солнца (звезды в центре системы) являются большие планеты, разделенные на две группы по своим свойствам и расстояниям от Солнца. (Большая полуось орбиты наиболее удаленной от Солнца планеты составляет 5.9 млрд. км). Планеты группы Земли в порядке увеличения их средних расстояний от Солнца таковы: Меркурий, Венера, Земля и Марс (для облегчения

запоминания этой последовательности рекомендуем запомнить искусственное слово – МЕВЕЗЕМА). Планеты группы Юпитера расположены дальше и включают Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун (ЮСУН). К большим планетам не относят Плутон – наименьшую из планет на окраине изученной части системы.

Все известные планеты отражают солнечный свет и только благодаря этому видны на земном небе. Лишь планеты – гиганты (то есть принадлежащие группе Юпитера) излучают больше энергии, чем получают от Солнца. Но она приходится на далекую инфракрасную область спектра и не доступна человеческому зрению. Основной строительный материал планет-гигантов – водород и гелий. Там имеются также азот, углерод и кислород, но в относительно небольшом количестве.

В группе Земли самая большая – Земля. Но она в 318 раз меньше Юпитера (по массе), который, в свою очередь, почти в 1000 раз меньше Солнца, на которое приходится 99.87% от всей массы Солнечной системы. Благодаря закону всемирного тяготения (см. следующий раздел) Солнце является тем центром, вокруг которого движутся остальные члены системы, причем взаимными притяжениями их друг к другу, как правило, можно пренебречь. Поэтому Солнечная система обладает устойчивостью, позволившей ей сохранить, в основном, состав и размеры на протяжении почти 5 млрд. лет (после образования).

Земля – колыбель человечества (по выражению К.А. Циолковского) – движется вокруг Солнца на среднем расстоянии 150 млн. км по орбите, близкой к круговой, и существует около 4.5 млрд лет. Жизнь на ней появилась 3-4 млрд лет тому назад. Это единственное известное пристанище жизни в солнечной системе.

Пояс астероидов (малых планет) находится между орбитами Марса и Юпитера. Это тела с поперечником от 1 до 1000 км. Орбиты определены почти для 10 000 астероидов. Самый большой из них (Церера) имеет в поперечнике чуть больше 1000 км, его форма – шаровидная. Малые астероиды, а их большинство, имеют неправильную форму. Некоторые астероиды заходят внутрь земной орбиты. В прошлом астероидов было гораздо больше. Многие из них прекратили свое существование столкнувшись с планетами (в частности, с Землей).

Кометы Как правило, это небольшие тела с поперечниками в несколько километров. Вещество этих тел вблизи Солнца испаряется под действием его излучения. Двигаясь по сильно вытянутой орбите, комета большую часть времени проводит вдали от Солнца и в эти периоды она ненаблюдаема. При сближении с Солнцем у кометы образуются хвосты из плазмы, газа и пыли, направленные обычно прочь от Солнца. Сопоставив наземные и космические (то есть полученные автоматическими станциями) наблюдения газа и пыли, окружающих ядро кометы Галлея, ученые сделали вывод, что оно примерно на 50% состоит из льда, а остальное приходится на пыль и другие нелетучие вещества. Лед состоит, в основном, из воды (80%) и окиси углерода (10%), а остальное – это формальдегид, двуокись углерода, метан, аммиак и синильная кислота. Нелетучая часть, в основном, представленная пылинками микронного размера, состоит либо из каменистого вещества, либо из легких углеводородов. Кометы постепенно разрушаются и продуктами их распада являются, в частности, небольшие камешки, которые иногда вторгаются в земную атмосферу, порождая явление метеоров. Возможно, что кометы – это остаток того материала, из которого сформировалась Солнечная система.

Метеороиды. Это продукты распада комет или разрушения астероидов. По определению, их поперечник не больше километра (иначе это астероид). Число их огромно, суммарная же масса ничтожна в сравнении с самым крупным астероидом. Большинство кратеров на Луне и других телах Солнечной системы – следы ударов метеороидов.

Спутники планет. У Меркурия и Венеры естественных спутников не обнаружено. У всех остальных больших планет насчитывается около 70 спутников, из них четыре больше Луны (диаметр её составляет 27.4% диаметра Земли). Ганимед (спутник Юпитера) больше Меркурия. Титан, являющийся спутником Сатурна, имеет атмосферу, состоящую из азота с примесью метана.

Все планеты – гиганты имеют системы колец, лежащих в экваториальных плоскостях центральных тел. Эти кольца состоят из отдельных тел с типичными значениями диаметров в несколько дециметров. Сквозь кольца видны звёзды.

6. Атомы - наименьшие части химических элементов.

Соединяясь, атомы образуют молекулы и кристаллы. Размер атома порядка 10^{-8} см. В состав атома входят электронные оболочки и ядро, состоящее из протонов, нейтронов и частиц, обеспечивающих связь между ними. Диаметр ядра, которое вмещает в себе львиную долю массы атома, порядка 10^{-12} см. Если рассмотреть модель атома, размеры которой в тысячу миллиардов раз больше реальных, то диаметр ядра станет равным 1 см, а всего атома – 100 м. Ввиду того, что даже в твердом веществе соседние атомы практически не проникают друг в друга, можно представить себе, что мы и наше окружение – это пустота, заполненная электромагнитными полями атомов, а ядра атомов, вмещающие в себе почти всю их массу, занимают только одну стомиллионную часть всего объёма.

Положительный электрический заряд нейтрального атома в точности компенсируется суммарным отрицательным зарядом электронов. Свойства химического элемента определяются числом электронов в его атоме. Это число изменяется от 1 (водород) до 94 (плутоний). Существуют элементы и с большими числами электронов в атоме (порядковыми номерами в системе элементов Менделеева), но они неустойчивы. Уже сам плутоний имеет сравнительно небольшой период полураспада (8×10^7 лет), а для Нильсбория (порядковый номер 105) этот период составляет всего 40 секунд.

Разные атомы одного и того же элемента могут содержать неодинаковое число нейтронов в ядре (такие разновидности атомов называют изотопами). Кроме того, они могут различаться степенью ионизации (характеризуемой числом недостающих или лишних электронов), степенью возбуждения (энергетическими состояниями электронов), так называемыми, дипольными и магнитными моментами, способностью к самораспаду ядра и т. д. Такие различия порождают многообразие проявлений, свойственных атомам, и являются достаточным условием для образования *промежуточных* структурных уровней Вселенной (см. п. 6), и в частности, для существования жизни.

Особое значение для жизни имеют водород (H), углерод (C), кислород (O) и азот (N) с порядковыми номерами 1, 6, 8 и 7. Интересно, что если не принимать во внимание гелий, то эти элементы займут первые четыре места по распространенности во Вселенной.

7. Элементарные частицы. Это - мельчайшие частицы Вселенной, меньшие атома и атомного ядра (но сюда включают протон, несмотря на то, что он является ядром атома водорода).

Ввиду того, что вещество состоит, в основном, из почти одинаковых по массе нейтронов и протонов (массой электронов в первом приближении можно пренебречь), а масса протона равна 1.67×10^{-24} г, в любом кусочке вещества массой в 1 грамм содержится приблизительно $1/(1,67 \times 10^{-24}) \approx 6 \times 10^{23}$ нейтронов и протонов. Чтобы получить хотя бы отдалённое представление о величине **этого** числа, заметим, что таким количеством яблок можно было бы выложить 10 млн. раз всю поверхность Земли, включая дно океанов (толщина получившегося слоя яблок составила бы 50 км).

Вероятно, обнаружены далеко не все виды элементарных частиц, хотя их известно уже около 400. Наиболее важные (для объяснения структуры вещества) элементарные частицы были открыты в следующей последовательности: электрон (1897), протон (1920), нейтрон (1932) и кварк (1964). Современное представление о фотоне, как кванте (неделимой порции) электромагнитного излучения появилось в 1905 году.

Для объяснения свойств элементарных частиц используются идеи квантовой механики. Этот раздел физики, возникший в первой половине 20-го века, содержит в себе классическую механику, как предельный случай, соответствующий макромиру. В микромире, а точнее, в мире элементарных частиц величины, характеризующие энергию и время, пространственные координаты и импульс (количество движения) и др. связаны друг с другом соотношениями, которые не были известны в классической механике. Например, наблюдая элементарную частицу, невозможно одновременно точно фиксировать её скорость и координату, время наблюдения и энергию.

Видимое вещество – на Земле и в космосе – состоит из фундаментальных частиц трех разных видов: **электронов и двух типов кварков** (из кварков составлены протоны и нейтроны).

Эти три частицы взаимно притягиваются или отталкиваются соответственно своим **зарядам**, которых всего четыре вида по числу фундаментальных взаимодействий. Заряды можно расположить в порядке уменьшения соответствующих сил следующим образом:

1-цветовой заряд (сильные взаимодействия между кварками);

- 2- электрический заряд (электромагнитные взаимодействия);
- 3-слабый заряд (слабые взаимодействия);
- 4-масса (гравитационные взаимодействия).

Слово «цвет» здесь не имеет ничего общего с цветом видимого света; это - характеристика цветового заряда.

Заряды **сохраняются**, т.е. заряд системы не изменяется при любых процессах внутри неё. Например, если суммарный электрический заряд некоторого числа частиц до их взаимодействия равен, скажем, 135 единицам, то он и после взаимодействия независимо от его результата будет равен 135 единицам. Это относится и к другим зарядам: цветовому (заряду сильного взаимодействия), слабому и массовому.

Сильным взаимодействиям подвержены лишь частицы, имеющие цветовой заряд, электромагнитным – частицы с электрическим зарядом и т.д. Свойства частицы определяются наибольшей силой, действующей на нее. **Только кварки** являются носителями **всех** зарядов и, следовательно, подвержены действию всех сил, среди которых доминирующей является цветовая. Электроны имеют все заряды, кроме цветового, а доминирующей для них является электромагнитная сила.

Как правило, наиболее устойчивыми в природе оказываются нейтральные комбинации, в которых заряд частиц одного знака компенсируется суммарным зарядом частиц другого знака. Гравитация же является исключением из этого правила: отрицательной массы не существует.

В конечном счёте вещество образуется из электронов и кварков, группирующихся в объекты, нейтральные по цветовому, а затем и по электрическому заряду. Цветовая сила нейтрализуется, о чем подробнее будет сказано ниже, когда частицы объединяются в триплеты. (Отсюда и сам термин «цвет», взятый из оптики: три основных цвета при смешении дают белый.) Таким образом, кварки, для которых цветовая сила является главной, образуют триплеты. Но кварки, а они подразделяются на u-кварки (от англ. up – верхний) и d-кварки (от англ. down – нижний), имеют еще и электрический заряд, равный $+2/3$ для u-кварка и $-1/3$ для d-кварка.

Два u-кварка и один d-кварк дают электрический заряд $+1$ и

образуют протон, а один u-кварк и два d-кварка дают нулевой электрический заряд и образуют нейтрон.

Стабильные протоны и нейтроны, притягиваемые друг к другу остаточными цветовыми силами между составляющими их кварками, образуют нейтральное по цвету ядро атома. Но ядра несут положительный электрический заряд и, притягивая отрицательные электроны, стремятся образовать нейтральный атом.

Масса u- и d-кварков примерно в 600 раз больше массы электрона. Поэтому электроны намного легче и подвижнее ядер. Их движением в веществе обусловлены электрические явления.

Многообразие элементарных частиц связано с существованием античастиц, частиц – переносчиков взаимодействий, а также с наличием возбужденных состояний некоторых частиц.

Во Вселенной существует и подлинно невидимые частицы, пронизывающие всех нас каждую секунду. Это – электронные нейтрино, которые в отличие от электрона не имеют электрического заряда. Нейтрино несут лишь так называемый слабый заряд. Их масса покоя очень мала в сравнении с массой электрона, если не равна нулю. Но с гравитационным полем они взаимодействуют, поскольку обладают кинетической энергией E , которой соответствует эффективная масса m , согласно формуле Эйнштейна $E = mc^2$, где c – скорость света.

Ключевая роль нейтрино заключается в том, что оно способствует превращению u-кварков в d-кварки, в результате чего протон превращается в нейтрон (это происходит в недрах звезд при термоядерных реакциях, в которых четыре протона - ядра водорода - объединяются, образуя ядро гелия; но поскольку ядро гелия состоит не из четырех протонов, а из двух протонов и двух нейтронов, для такого ядерного синтеза нужно, чтобы два u-кварка превратились в два d-кварка).

Поскольку нейтрино крайне слабо взаимодействуют с другими частицами, они почти сразу уходят из звезд, в которых родились. Нейтрино днем и ночью пронизывают наши тела и всю Землю.

Как возникают силы, действующие между частицами на расстоянии? Современная физика отвечает: за счет обмена другими частицами. Пусть два человека перебрасываются мячом (другой

частицей). Сообщая мячу импульс при броске (первый человек) и получая импульс с принятым мячом (второй человек), оба получают толчок в направлении друг от друга. Так можно объяснить появление сил отталкивания. Сложнее объяснить силы притяжения. В квантовой механике появление их тоже возможно при обмене частицами.

Частицы, при обмене которыми возникают силы взаимодействия, называют калибровочными частицами. Каждому из четырех взаимодействий – сильному, электромагнитному, слабому и гравитационному – соответствует свой набор калибровочных частиц.

Частицами-переносчиками сильного взаимодействия являются глюоны (их всего восемь).

Фотон – переносчик электромагнитного взаимодействия.

Частицами-переносчиками слабого взаимодействия являются, так называемые, промежуточные векторные бозоны.

Частицей - переносчиком гравитационного взаимодействия является пока еще гипотетический гравитон (он должен быть один).

Все эти частицы, кроме фотона и гравитона, которые могут пробегать бесконечно большие расстояния, существуют лишь в процессе обмена между материальными частицами. Фотоны заполняют Вселенную светом, а гравитоны – гравитационными волнами (пока еще с достоверностью не обнаруженными).

О частице, способной испускать калибровочные частицы, говорят, что она окружена соответствующим полем сил. Электроны, способные испускать фотоны, окружены электрическими и магнитными полями, а также слабыми и гравитационными полями. Кварки тоже окружены всеми этими полями, но еще и полем сильного взаимодействия. На частицы с цветовым зарядом в поле цветовых сил действует цветовая сила. То же самое относится к другим силам природы. Поэтому можно сказать, что мир состоит из вещества (материальных частиц) и поля (калибровочных частиц).

Антивещество. Каждой частице отвечает античастица, с которой частица может взаимно уничтожиться, т.е. «аннигилировать», в результате чего высвобождается энергия. В результате аннигиляции возникают новые частицы (например, фотоны), уносящие эту энергию.

Античастица имеет противоположные знаки всех зарядов (кроме

массового заряда). Если частица составная, как, например, нейтрон, то ее античастица состоит из компонент с противоположными знаками зарядов. Так, антиэлектрон имеет электрический заряд $+1$, слабый заряд $+1/2$ и называется позитроном. Антинейтрон состоит из u -антикварков с электрическим зарядом $-2/3$ и d -антикварков с электрическим зарядом $+1/3$. Истинно нейтральные частицы являются своими собственными античастицами: античастица фотона – фотон.

Своя античастица должна быть для каждой существующей в природе частицы. Следствия этого исключительно важны и лежат в основе всей экспериментальной физики элементарных частиц. Согласно теории относительности, масса и энергия эквивалентны. Поскольку заряд сохраняется, а заряд физического вакуума (см. ниже) равен нулю, из вакуума могут возникать любые пары частиц и античастиц (с нулевым суммарным зарядом), лишь бы энергия была достаточной для создания их массы.

Все частицы делятся на бозоны и фермионы. Одинаковые бозоны могут налагаться друг на друга или перекрываться, а одинаковые фермионы – нет. Наложение происходит (или не происходит) в дискретных энергетических состояниях, на которые квантовая механика делит природу. Эти состояния представляют собой как бы отдельные ячейки, в которые можно помещать частицы. В одну ячейку можно поместить сколько угодно одинаковых бозонов, но только один фермион.

Если бы электроны были бозонами, то все электроны атома могли бы занимать одну и ту же орбиталь, соответствующую минимальной энергии. При этом свойства всего вещества во Вселенной были бы совершенно другими, и в том виде, в котором мы ее знаем, Вселенная была бы невозможна.

Все частицы, которые образуют «вещество», основной наполнитель Вселенной, а также невидимые нейтрино, являются фермионами. Это весьма существенно: фермионы не могут совмещаться, так что то же самое относится к предметам материального мира.

Вместе с тем, все «калибровочные частицы», которыми обмениваются взаимодействующие частицы и которые создают поле сил (см. выше), являются бозонами. Так, например, много фотонов может находиться в одном состоянии, образуя магнитное поле вокруг

магнита или электрическое поле вокруг электрического заряда. Благодаря этому же возможен лазер.

Спин. Все фундаментальные частицы имеют собственный момент импульса или, проще говоря, вращаются вокруг своей оси. Момент импульса – характеристика вращательного движения, так же как суммарный импульс – поступательного. В любых взаимодействиях момент импульса и импульс сохраняются.

В микромире момент импульса квантуется, т.е. принимает дискретные значения. В подходящих единицах измерения лептоны и кварки имеют спин, равный $1/2$, а калибровочные частицы – спин, равный 1 (кроме гравитона, который экспериментально пока не наблюдался, а теоретически должен иметь спин, равный 2)

Кварки под действием цветовых сил объединяются в сильно взаимодействующие частицы, преобладающие в большинстве экспериментов физики высоких энергий. Такие частицы называются **адронами**. В них входят два подкласса: **барионы** (например, протон и нейтрон), которые состоят из трех кварков, и **мезоны**, состоящие из кварка и антикварка.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Попробуйте определить понятие материи. Удовлетворяет ли Вас результат этой попытки? 2. Определите понятие Вселенная (Метагалактика). Как бы Вы предложили назвать мир, частью которого является Метагалактика? 3. Перечислите известные основные структурные уровни Вселенной идя от малого к большому, затем от большого к малому. 4. Что подразумевают слова «наш звёздный дом»? Каковы его размеры и что представляют собой его жители? 5. Составьте краткий рассказ о Солнечной системе. 6. Как бы выглядели её составляющие, если бы Солнце вдруг перестало светить? Сопоставьте случаи дневного и ночного наблюдателя. 7. По каким признакам различаются звёзды между собой? 8. Из чего состоит атом водорода и каковы его размеры? 9. Что такое изотоп? 10. По каким признакам различаются атомы? 11. Назовите пять наиболее распространенных элементов во Вселенной. 12. Вечны ли атомы? (Достаточно частичного ответа на этот вопрос). 13. Назовите элементарные частицы, из которых, в основном, построено вещество. 14. Что представляют собой фундаментальные элементарные частицы? 15. Сколько протонов и нейтронов содержится в одном грамме любого

вещества? 16. Дайте краткое определение каждому из основных (известных в настоящее время) структурных уровней Вселенной. 17. Какой аргумент можно было бы привести в защиту того, что в данном разделе элементарным частицам отведено значительно больше места, чем описанию других структурных уровней?

7. ГЛАВНЫЕ ВИДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Свойства рассмотренных выше структурных уровней определяются действующими там силами (разными видами взаимодействий).

В настоящее время известны гравитационные, электромагнитные, сильные и слабые взаимодействия. Возможно, что при определенных физических условиях, недостижимых на Земле, все они сводятся к некоему единому взаимодействию.

1. Гравитация. Согласно закону всемирного тяготения, любые две точечные массы притягиваются с силами, равными по величине и противоположными по направлению. (Массы – точечные, если их размеры пренебрежимо малы в сравнении с расстоянием между ними).

При этом величина силы, действующей на массу В со стороны массы А, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и прямо пропорциональна произведению масс. Например, увеличение расстояния в 4 раза ведет к уменьшению силы в 16 раз.

Этот замечательный закон был сформулирован Исааком Ньютоном («Начала», 1687). Основанием для употребления эпитета «замечательный» служит то, что этот закон позволяет понять как движутся все небесные тела, отчего возникают приливы и отливы в морях и океанах, почему все достаточно крупные космические тела (и Земля в их числе) имеют шарообразную форму и почему в центре Солнца и других звёзд создаются огромные давления и плотности вещества, необходимые для термоядерных реакций.

Ньютон доказал очень важную теорему: шар, независимо от размеров его, притягивает внешнюю точечную массу так же, как притягивала бы помещённая в центр шара точка с его массой. Например, Земля, масса которой 6×10^{24} кг, а средний радиус составляет 6371 км, притягивает человека на её поверхности точно

так же, как и материальная точка той же массы в центре Земли.

Если тела таковы, что их размерами нельзя пренебречь, и они не шары, то притяжение между ними исследуют, мысленно разбив их на достаточно малые кусочки (так, чтобы последние можно было уже рассматривать, как материальные точки) и вычислив равнодействующую сил во всевозможных парах таких точек в первом и втором теле.

В космосе гравитация играет одну из главных ролей, управляя движением спутников Земли, спутников Солнца, движением Солнца и звезд вокруг центра Галактики и движением галактик в Местной группе. Законы Кеплера, о которых упоминалось в разделе 4, являются следствиями закона всемирного тяготения.

Ввиду того, что под действием гравитации все точки достаточно крупного тела стремятся сблизиться как можно теснее, Земля, Луна, планеты, Солнце и звезды имеют форму близкую к шаровой. Однако вокруг нас мы наблюдаем всевозможные формы предметов. Это свидетельствует о том, что здесь можно пренебречь гравитационными действиями от окружающих объектов (кроме притяжений Земли, Луны и Солнца, имеющих огромные массы). Действительно, два железных шара массой в одну тонну каждый, находящиеся на расстоянии 10 метров друг от друга, притягиваются с силами около 10^{-6} ньютона (с такой силой давит на чашу весов масса в одну десятитысячную грамма). Если бы подобные взаимодействия определяли форму тел привычных нам размеров, то тела рассыпались бы при малейшем толчке. Так как они не рассыпаются, то должны в таких масштабах проявлять себя какие-то другие силы. Это - межмолекулярные и межатомные силы электромагнитной природы. С другой стороны, они не играют заметной роли на больших расстояниях, так как для объяснения движения, например, Луны достаточно учесть только гравитацию.

Закон всемирного тяготения перестаёт быть справедливым при переходе к очень сильным взаимодействиям (большие массы, малые расстояния) и к большим скоростям притягивающихся тел (близких к скорости света). Для описания сил, возникающих в этих случаях, необходимо использовать аппарат общей теории относительности (ОТО), которая трактует гравитацию, как следствие искривления пространства-времени. Однако в пределах Солнечной системы и в

большинстве случаев за её пределами применение классического подхода обеспечивает приемлемую точность результатов.

2. Электромагнитные взаимодействия. Электромагнетизм – неотъемлемое качество природы. Без него не могли бы существовать кирпичики вещества – атомы (ядро и электронные оболочки связаны электромагнитными силами). Благодаря электромагнетизму атомы связываются в молекулы и кристаллы. Это качество лежит в основе возникновения и поддержания любой структуры до тех пор, пока размер и масса объекта природы не дадут возможность гравитации выйти на передний план. Поэтому без электромагнетизма не смогли бы существовать и живые клетки, то есть не было бы жизни.

Существование электромагнетизма в нашем мире обусловлено свойствами элементарных частиц: электрон, позитрон, кварк и антикварк обладают электрическим зарядом. Фотон, будучи квантом электромагнитного поля, также является проявлением электромагнетизма.

По закону Кулона два неподвижных точечных заряда притягиваются, если заряды разного знака, и отталкиваются - если одного. При этом силы равны по величине, противоположны по направлению, пропорциональны произведению величин зарядов и обратно пропорциональны расстоянию между ними, возведенному в квадрат. Если же заряды движутся друг относительно друга, то картина взаимодействия между ними усложняется. В этом случае необходимо учитывать не только электрические силы, но и магнитные, так как движущийся заряд порождает магнитное поле.

При рассмотрении взаимодействия соседних атомов и молекул в твердых, жидких и газообразных веществах гравитацией можно пренебречь, но анализ одного только электромагнитного взаимодействия оказывается довольно сложным, даже в случае отдельных атомов. Здесь нужно учитывать, что атом представляет собой положительно заряженное ядро, окруженное облаком электронов с таким же, но противоположным по знаку общим зарядом. При сближении двух атомов вначале между ними возникает сила притяжения, а при дальнейшем сближении - сила отталкивания.

Причиной отталкивания является, главным образом, взаимодействие одинаковых зарядов электронных оболочек, но в некоторых случаях (при взаимном проникновении оболочек)

необходимо учесть и отталкивание ядер атомов.

Если атомы находятся далеко друг от друга, то электро-магнитного взаимодействия не возникает, так как электрический заряд ядра полностью компенсируется противоположным по знаку зарядом электронной оболочки, и атом в целом оказывается электронейтральным. Однако при сближении атомов начинает проявляться существование или возникновение электрических диполей. Диполем называют в данном случае совокупность двух равных по величине, но противоположных по знаку зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Появление атома-диполя вызвано смещением ядра относительно электронного облака. Это смещение может быть естественным состоянием атома, но его могут вызвать и электрические поля соседних атомов.

Из двух ориентации диполей сближающихся атомов случай, когда заряды ближайших концов диполей имеют разные знаки, соответствует большей устойчивости конфигурации (и большей продолжительности ее существования), при этом возникает общее притяжение двух атомов. Случаи отталкивания возникают реже, поэтому в общей массе преобладает притяжение (при достаточно больших расстояниях).

Электрическими диполями могут быть не только атомы, но и молекулы. Причины образования диполей разнообразны и их описание требует привлечения методов квантовой механики (см. ниже).

Наличие сил притяжения между частицами вещества на больших расстояниях и отталкивания на малых объясняет устойчивость молекул и кристаллических структур. Сопротивление твердых тел как сжатию их, так и растяжению является яркой иллюстрацией праведливости рассмотренной зависимости межатомных и межмолекулярных сил от расстояния.

Сильное и слабое взаимодействия. Оба эти взаимодействия являются короткодействующими: они проявляют себя на расстояниях порядка 10^{-13} см (сильное) и 10^{-16} см (слабое), то есть на расстояниях существенно меньших размеров атома. Сильные взаимодействия играют главную роль в структуре вещества, так как именно они связывают в ядре протоны и нейтроны, несмотря на электрические силы отталкивания между протонами. Таким образом, химические элементы существуют благодаря электромагнитным и сильным

взаимодействиям. Последние на больших расстояниях сводятся к притяжению, на малых - к отталкиванию. Слабые взаимодействия проявляются при распаде нейтрона на протон, электрон и нейтрино и в некоторых других процессах в микромире.

Как уже отмечалось в пункте, посвященном элементарным частицам, переносчиками взаимодействий являются разные типы бозонов и, в частности, гравитоны в случае гравитации, фотоны (электромагнетизм) и глюоны (сильные или цветовые взаимодействия между кварками – частями протонов и нейтронов). Каждой из этих частиц соответствует своё физическое поле – область пространства, в каждой точке которого действует соответствующая сила.

Рассмотрим теперь взаимодействия в несколько более общем виде, приписав знак «+» отталкиванию (увеличивающему расстояние между объектами) и «-» - притяжению. Если при уменьшении расстояния вначале преобладает «-», а затем «+», то такое сочетание оказывает **цементирующее воздействие на матерю** и образуются устойчивые структуры. Именно это сочетание имеет место на субатомном уровне (в ядрах атомов), в самих атомах (притягивающиеся друг к другу ядра и электроны не могут слиться из-за быстрых движений последних), в молекулах и кристаллах, в солнечной системе и в Галактике (здесь «-» - гравитация, а «+» - «стремление» движущихся по инерции тел покинуть систему).

Сопоставим рассмотренные взаимодействия. На расстоянии 1 ферми (10^{-13} см) сильное взаимодействие между протонами в 100 раз превышает электрическое отталкивание. Если же расстояние между протонами составляет 10^{-8} см, то кулоновское отталкивание преобладает над всеми другими силами. Наконец, если взять два нейтральных (электрически) шарика на расстоянии 10 см друг от друга, то гравитационное взаимодействие между ними окажется больше всех других (предполагается, что шарики не намагничены). В отличие от электромагнитных сил, гравитационные не могут быть ничем экранированы.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Перечислите основные виды физических взаимодействий. 2. На каком структурном уровне берут начало основные физические взаимодействия? 3. Что произошло бы с Землей и с нами, если бы внезапно исчезла гравитация? Попробуйте

описать последовательность событий, которые после этого произойдут. 4. Что случится с Солнцем, если исчезнет гравитация? 5. Как изменился бы мир, если бы исчезли все фотоны? 6. Назовите частицы – переносчики гравитационных, электромагнитных и сильных взаимодействий. 7. Какова роль сильных взаимодействий в структуре вещества? 8. Опишите эксперимент, доказывающий существование межмолекулярных сил притяжения и отталкивания в твёрдых телах. 9. Приведите аргумент в пользу утверждения, что при небольшом увеличении расстояний между микрочастицами в твёрдом теле силы притяжения нарастают, но лишь до определенного предела, после которого происходит быстрое ослабление этих сил. 10. Укажите радиусы действия рассмотренных выше основных сил.

8. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

Принципом называют основное исходное положение науки, теории, какого-либо учения. Под физическим принципом будем подразумевать основное положение, принимаемое без доказательства, но оправданное практикой (наблюдениями, экспериментами). Подобно тому, как элементарные частицы, их свойства лежат в основе структуры, свойств Вселенной, так и физические принципы находятся в основе теорий физики.

1. **Принцип причинности.** Он, в частности, гласит: всякое физическое изменение имеет физическую причину. Например, повышение уровня воды у берега моря может быть следствием одной или нескольких физических причин: 1- сильный ветер со стороны моря, 2 – притяжение Солнца (солнечный прилив), 3- притяжение Луны (лунный прилив), 4 – цунами (волна, вызванная землетрясением) и 5 – понижение уровня суши (процессы в земной коре). Обилие причин наводит на мысль, что, возможно, здесь указаны ещё не все они. Действительно, по крайней мере, ещё одна причина была пропущена – таяние ледников. Итак, одно и то же изменение может быть вызвано разными причинами. Кроме того, одно и то же действие может привести к разным изменениям. Например, лунно-солнечные приливы приводят к постепенному замедлению вращения Земли вокруг оси, к медленному удалению Луны от Земли и к увеличению продолжительности периода смены лунных фаз.

Принцип причинности не ограничивается той формулировкой,

которая была приведена в начале этого пункта. Он ещё устанавливает допустимые пределы взаимосвязи событий, исключая, в частности, влияние данного события на предшествующие.

Пусть объекты А и В существуют каждый время t и находятся в разных точках пространства, расстояние между которыми свет проходит за время T . Предположим, что на полпути от А до В находится наблюдатель С, с точки зрения которого объекты А и В появились и исчезли одновременно. Тогда, при $t < T$ никакие изменения в А не смогут быть замечены в В. Ввиду того, что скорость света является предельной для любых взаимодействий, получается, что никакие изменения в А не смогут вызвать изменений в В (ясно, что А и В можно поменять местами).

Очевидно, изучение причинно-следственных цепочек – основная задача всякой науки. Наибольший же интерес представляют начальные звенья этих цепочек и найти их помогает знание принципов.

2. Принцип Ферма. В 1657 году Ферма сформулировал оптический принцип, согласно которому свет «выбирает» такой путь от источника до какой-нибудь точки, на прохождение которого требуется минимальное время. Используя этот принцип, можно получить законы отражения и преломления света. Впоследствии принцип Ферма был расширен и усложнен.

3. Принцип относительности. Не выходя за пределы инерциальной системы отсчета невозможно определить методами механики как она движется. Иначе говоря, равномерное прямолинейное движение системы не влияет на механические процессы внутри неё. Инерциальной называют такую систему отсчета, в которой всякое свободное тело либо покоится, либо движется равномерно и прямолинейно. (Свободное тело это такое, на которое не действует сила).

Например, систему отсчёта (координаты x, y, z и время t), в которой пространственные оси жестко связаны с Землёй, можно в течение минуты с большой точностью считать инерциальной, так как поворотом Земли (и системы) за это время можно пренебречь. Как покажут наблюдения, шарик, катящийся без трения по горизонтальной плоскости, будет двигаться равномерно по прямолинейной траектории (сила тяжести окажется точно уравни-

вешенной реакцией опоры). Это свойство движения шарика будет наблюдаться и в любой другой инерциальной системе отсчета. Если же горизонтальная площадка находится внутри вагона, дви-жущегося **с ускорением**, и с ним теперь связана наша система отсчета, то движение свободно катящегося шарика уже не будет равномерным (относительно новой системы отсчёта). Система больше не является инерциальной.

Об электромагнитных явлениях здесь пока ничего не говорится.

Эйнштейн распространил принцип относительности и на электромагнитные явления: все законы физики (не только механики) выполняются одинаково относительно любой инерциальной системы отсчета. Постулат о независимости скорости света в вакууме от движения его источника и от движения наблюдателя в инерциальных системах отсчёта лежит в основе специальной теории относительности (СТО). Она предсказывает удивительный результат при сложении скорости V космической ракеты со скоростью v тела, выброшенного из ракеты в направлении её движения. Суммарная скорость тела уже не равна $V+v$, как ожидается. Правильное значение равно $(V+v)/(1+Vv/c^2)$, где c – скорость света. Например, при $V=100\,000$ км/с, $v=100$ км/с и $c=300\,000$ км/с искомая скорость составит 100 089 км/с.

В СТО масса m и энергия E тела оказываются связанными простым соотношением: $E = mc^2$, которое является одним из основных уравнений современной физики. Оно используется при расчёте выхода энергии при ядерных реакциях. Из уравнения видно, что любой энергии можно поставить в соответствие эквивалентную ей массу, а значит, и некоторую дополнительную гравитацию (вспомним закон всемирного тяготения).

В СТО интервал времени уже не является больше одним и тем же в разных инерциальных системах отсчёта. Например, если микрочастица, образующаяся при вторжении в атмосферу космических лучей, существует время t в собственной системе отсчёта, то в системе отсчета наблюдателя, относительно которой она летит со скоростью v , время существования её составит $t/(1-\beta^2)^{0,5}$, где $\beta=v/c$. Отсюда видно, что данная частица с точки зрения наблюдателя существует дольше, чем в собственной системе отсчёта. Такой результат был подтверждён наблюдениями.

4. Принцип суперпозиции (принцип независимости действия сил). Он состоит в утверждении, что каждая сила, приложенная к материальной точке, сообщает ей ускорение так, как если бы других сил не было. Иначе говоря, результат действия нескольких сил, такой же как результат действия равнодействующей этих сил.

Например, при бросании камня под некоторым углом к горизонту изменяющийся вектор его полной скорости в любой момент можно определить как векторную сумму изменяющегося вектора по вертикали и постоянного вектора по горизонтали (сопротивлением воздуха пренебрегаем).

Принцип суперпозиции применяют при вычислении электрического поля системы зарядов, при расчете гравитационных полей и во многих других случаях. Используя этот принцип, Ньютон доказал, что притяжение шара можно заменить притяжением специально подобранной единственной точки и что сферический слой не притягивает своих внутренних точек.

5. Принцип эквивалентности. Он лежит в основе общей теории относительности (ОТО). Постулируется, что любые физические процессы при одинаковых начальных условиях протекают одинаково как в поле тяготения, так и вне его, но в соответственно ускоренной системе отсчета. Например, пассажир в закрытой кабине не сможет узнать, находится ли он на поверхности Земли (в неподвижности, под действием силы тяжести) или же он располагается в космосе, при отсутствии силы тяжести в кабине, движущейся с соответствующим ускорением.

Общая теория относительности подтверждается целым рядом наблюдений и, в частности, искривлением лучей света звезд в поле тяготения Солнца, медленным поворотом большой оси орбиты Меркурия и замедлением физических процессов в гравитационных полях (с точки зрения внешнего наблюдателя).

6. Принцип соответствия. Более общая теория должна содержать в себе предшествующую, проверенную опытами, в качестве предельного случая. Принцип устанавливает условие преемственности развивающихся физических теорий. Например, классическая механика есть предельный случай квантовой, при возрастании пространственно-временных масштабов объектов и есть предельный

случай релятивистской механики, когда скорости стремятся к нулю (а на практике, когда они достаточно малы). Частная теория относительности есть предельный случай общей, когда уменьшается гравитация.

7. Принцип запрета (принцип Паули). Он был впервые сформулирован в 1925 году и впоследствии был обобщен. В частности, постулируется, что в атоме не может быть более одного электрона с данными четырьмя квантовыми числами (они характеризуют разные виды состояний электрона в атоме). Элементарные частицы, удовлетворяющие принципу Паули, названы фермионами. При помощи этого принципа была теоретически обоснована периодическая система элементов. Без его учета оказывается невозможно понять поведение вещества в экстремальных условиях звездных недр.

8. Принцип неопределенности. Сформулирован Гейзенбергом в 1927 году. Этот принцип, в частности, гласит, что невозможно одновременно точно определить импульс (количество движения) и координату элементарной частицы.

Если Δp и Δx - неопределенности импульса и координаты, то выполняется неравенство: $|\Delta p \Delta x| > h \approx 10^{-27} \text{ г см}^2/\text{с}$. Альтернативные формы соотношения неопределенностей имеют вид $|\Delta E \Delta t| > h$, где E-энергия и t-время, и $|\Delta K \Delta \theta| > h$, где K-момент импульса и θ - угловая мера поворота системы. Понятие момента импульса поясняется ниже.

Данный принцип - один из основных в квантовой механике. Из него следует, что электрон в атоме не может быть локализован, можно лишь говорить об электронном облаке, в разных частях которого электрон может находиться с разной вероятностью. По мнению лауреата Нобелевской премии Гелл-Манна, одного из первооткрывателей кварка, «Квантовая механика - это полная загадок и парадоксов дисциплина, которую мы не понимаем до конца, но умеем применять».

9. Космологический принцип: Вселенная однородна и изотропна. Однородность означает независимость свойств Вселенной от рассматриваемого места, изотропность – равноправие всех направлений. При этом объёмы пространства, для которых

постулируются эти положения должны быть порядка L^3 , где $L > 300$ млн. световых лет. Данные о распределении скоплений галактик и квазаров, а также о свойствах микроволнового излучения (см. ниже) не противоречат космологическому принципу.

10. Антропный принцип. Совокупность свойств Вселенной должна допускать появление и существование в ней мыслящего наблюдателя (человека).

Анализ численных значений фундаментальных постоянных (заряда и массы протона, постоянных Планка и закона тяготения, а также скорости света и др.) обнаруживает, что наличие живых существ (сопровожаемое существованием звезд, планет, химических элементов и т. д.) возможно только при весьма жестких ограничениях, накладываемых на эти значения. Следовательно, если какая-нибудь физическая теория приведет к значению фундаментальной постоянной, выходящему за пределы таких ограничений, то это будет означать, что теория неверна.

Некоторые авторы видят в удивительном сочетании значений фундаментальных постоянных указание на то, что Вселенная специально была создана для появления в ней человека. Также удивительное сочетание природных условий на Земле, благоприятных для человека, иногда рассматривают как свидетельство присутствия какой-то высшей созидательной силы, симпатизирующей человеку. Однако возможен иной подход к истолкованию такой исключительности, как в первом случае (Вселенная), так и во втором (Земля): научного описания удостоиваются только те миры, которые порождают разумных существ. Это похоже на естественный отбор. Существует (возможно) множество других миров, лишенных разумных свидетелей.

Выше были рассмотрены далеко не все принципы современной физики (утверждения, оправданные практикой и применяемые без доказательства). Из того, что часть их была сформулирована лишь в последние 100 лет, можно сделать вероятный вывод: в будущем будут открыты новые принципы, а некоторые из старых будут уточнены.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Что стоит в самом начале теоретических построений в физике? 2. Перечислите известные Вам физические принципы. 3. Система отсчета А покоится, а система отсчета В движется равномерно и прямолинейно. В каждой системе

выполняется один и тот же эксперимент, заключающийся в наблюдении за свободным падением камня, сброшенного с высоты Н. Сравните времена падения и траектории камня в этих двух случаях. 4. Сформулируйте принцип относительности Галилея. Что нового привнес в принцип относительности Эйнштейн? 5. Какие необычные явления с точки зрения классической механики предсказывает СТО? 6. Сформулируйте основной принцип ОТО. 7. Какие данные наблюдений рассматриваются в качестве аргументов в пользу справедливости ОТО? 8. Отменяются ли законы классической механики при появлении СТО, ОТО и квантовой механики? 9. Какие принципы квантовой механики Вам известны? 10. В чём состоит космологический принцип, используемый при построении моделей Вселенной? 11. Укажите возможную связь между терминами «естественный отбор» и «антропный принцип». 12. Сформулируйте принцип причинности. Приведите пример справедливости закона: «Всякое планируемое действие чревато непредвиденными следствиями».

9. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

В любом явлении или объекте Мироздания присутствует как повторяющееся, так и уникальное. Чередование повторений может иметь характер от строгой периодичности до полной случайности. Почти строгая периодичность наблюдается в смене дня и ночи и в смене фаз Луны; менее строгая - в смене времен года и в чередовании максимумов солнечной активности. Примеры случайной повторяемости: падение на Землю комет, землетрясения, скачки частицы при ее броуновском движении. Термин «случайность» в данном случае означает трудность предсказания.

Повторяемость существует и вне временного измерения. Об универсальности такой повторяемости свидетельствует существование структурных единиц материи от галактик до кварков; каждая из них встречается в огромном количестве экземпляров. Вызывает удивление тот факт, что наиболее совершенная повторяемость в макромире встречается в биосфере (бактерии данного вида - на границе макро-и микромира, люди, слоны, сосны и т.

д.). Сама возможность описывать мир с помощью слов основана на том, что за каждым словом стоит нечто общее (повторяющееся) у множества объектов или явлений. Все науки ищут повторяющееся в своем специфическом круге явлений, фиксируя его в виде законов. (Законом называют устойчивое, повторяющееся отношение между явлениями в природе.)

Примеры законов: 1- закон всемирного тяготения, 2- три закона Кеплера, 3- три закона движения Ньютона, 4- закон взаимосвязи массы и энергии (« E равно mc^2 квадрат»).

Законы, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются с течением времени при различных процессах называются законами сохранения.

Среди законов физики особую роль в истолковании явлений природы играют законы сохранения энергии, массы, импульса, момента импульса и заряда (не только электрического).

Энергией называют единую меру различных форм движения и взаимодействия, имеющую размерность работы ($\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2$). Закон сохранения гласит: энергия не возникает из ничего и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую. Простейший пример закона демонстрирует полет камня, брошенного вертикально вверх. При движении вверх кинетическая энергия уменьшается ровно на столько, на сколько увеличивается потенциальная энергия, которая достигает максимума в момент остановки камня. При этом в любой момент сумма кинетической и потенциальной энергий остается постоянной (если пренебречь неизбежными потерями из-за сопротивления воздуха и переходом части энергии в тепло). В изолированной системе суммарная величина различных форм энергии остаётся постоянной.

Новым в физике 20-го века явилось открытие энергетического эквивалента всякой массы. При ядерной реакции превращения водорода в гелий (в недрах Солнца) часть энергии массы покоя переходит в энергию гамма-квантов и кинетическую энергию нейтрино.

При этом суммарная энергия всех участников этого процесса остаётся неизменной.

При изучении движений тел в космосе энергетический эквивалент массы покоя, как правило, не учитывается (поскольку

соответствующая энергия остается постоянной). Учитываются кинетическая энергия T , равная для данного тела половине произведения массы на квадрат скорости, и энергия гравитационной связи U , называемая потенциальной энергией. Выражение для последней приобретает особенно простой вид в случае двух тел и закон сохранения энергии E записывается так:

$$T+U=E \text{ или } mV^2/2 - Gm(M+m)/R = E.$$

Здесь начало системы отсчёта помещено в тело массы M (следовательно, оно считается неподвижным, а другое тело массы m движется со скоростью V). Расстояние между телами обозначено через R , G – гравитационная постоянная. Как всегда в таких случаях размеры тел считаются пренебрежимо малыми по сравнению с расстоянием (если тела – шары, то расстояние должно быть больше суммы их радиусов). Анализ последнего уравнения позволяет получить выражения для квадратов первой и второй космических скоростей:

$$(V_1)^2 = G(m+M)/R \text{ и } (V_2)^2 = 2G(m+M)/R.$$

По определению, первая космическая скорость (V_1) обеспечивает движение тела по круговой орбите радиуса R , а вторая (V_2) – по параболе. Двигаясь по параболе, тело неограниченно удаляется от начала системы отсчёта. Эта способность (неограниченно удаляться) исчезает, когда вторая космическая скорость оказывается равной скорости света (или больше её). Считая массу m пренебрежимо малой в сравнении с массой M , найдем выражение для радиуса R_0 , так называемой, гравитационной сферы (сферы Шварцшильда), подставив в последнее уравнение вместо второй космической скорости скорость света c :

$$R_0 = 2GM/c^2.$$

Всякий объект, находящийся целиком внутри гравитационной сферы, называют черной дырой. Черная дыра поглощает все объекты,

пролетающие достаточно близко и ничего не выпускает назад (даже свет не может преодолеть её притяжение). Если черные дыры и существуют в космосе, то встречаются они очень редко. Чтобы Солнце, радиус которого равен 700 тыс.км, превратилось в черную дыру, его пришлось бы сжать в шарик радиусом в 3 км, а для Земли радиус гравитационной сферы составляет всего 1 см!

Все эти результаты были получены из закона всемирного тяготения и закона сохранения энергии.

Один из выводов квантовой механики состоит в том, что в микромире закон сохранения энергии выполняется лишь при выполнении усреднения по времени (то есть, на какое-то очень малое время он может и нарушаться).

Закон сохранения импульса (количества движения) гласит: в замкнутой системе суммарный импульс всех её составляющих остается постоянным. Замкнутой называют систему, на которую не действуют никакие внешние силы. В механике импульс определяется как произведение массы тела на вектор его скорости. Но понятие импульса определяется и для фотона, не имеющего массы покоя. В этом случае импульс считается равным отношению энергии фотона к скорости света в вакууме. Закон сохранения импульса лежит, в частности, в основе теории реактивных двигателей.

Формулировка закона сохранения момента импульса относительно точки аналогична: в замкнутой системе суммарный момент импульса не меняется. Момент импульса (кинетический момент) относительно точки – это такая характеристика движения материальной точки, которая равна векторному произведению импульса на радиус-вектор этой точки с началом в некотором центре. Кинетический момент системы равен сумме моментов её составляющих.

Следствиями закона сохранения момента импульса являются, например, второй закон Кеплера (см. выше) и приблизительное постоянство периода смены дня и ночи на Земле (точного постоянства нет из-за влияния на Землю лунной и солнечной гравитации).

Сформулированные законы сохранения, как и некоторые другие аналогичные законы, имеют универсальный характер: несмотря на то, что они были открыты путем анализа и обобщения наблюдений, выполненных на Земле, эти законы успешно были применены для

объяснения физических процессов далеко за пределами Солнечной системы.

В основе законов сохранения лежит симметрия. Так называют неизменность (инвариантность) свойств объекта или явления относительно изменений некоторых физических условий. Например, симметрия физических законов относительно сдвига во времени соответствует закону сохранения энергии, симметрия относительно параллельного переноса в пространстве – закону сохранения импульса, симметрия относительно поворотов – закону сохранения момента импульса.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Перечислите известные Вам законы сохранения. 2. Справедлив ли закон сохранения для массы покоя? для массы? 3. Каким образом можно приписать количество движения (импульс) фотону, не имеющему массы покоя? 4. Существует ли закон сохранения для числа электронов? 5. Что такое закон?

10. ФИЗИЧЕСКИЙ ВАКУУМ

Это понятие возникло лишь в 20-ом веке и до настоящего времени ещё окончательно не разработано. Его появление ознаменовало глубокий прорыв в объяснении процессов в микромире.

Вообще вакуумом называют состояние газа при давлениях много меньших атмосферного. Межзвездный вакуум содержит в среднем порядка атома на один кубический сантиметр, межгалактический вакуум - десятую долю атома (в среднем). В классической физике вакуум это пустота.

В квантовой физике вакуум - объект, обладающий определенной структурой. Понятие физического вакуума появилось в квантовой теории поля. Квантами электромагнитного поля являются фотоны, электронно-позитронного - электроны и позитроны, ядерного поля - глюоны, гравитационного - гравитоны и т. д. Полем называют область пространства, в которой проявляется действие силы (бывают разные поля в зависимости от вида силы). Квантами поля называют частицы, посредством которых передается сила. Как уже отмечалось, фотон - квант электромагнитного поля, и он же переносчик силы. Каждый

вид кванта характеризуется своим набором физических величин: энергией, импульсом, зарядом, спином и др.

Физический вакуум представляет собой отсутствие каких-либо материальных носителей физических свойств, то есть все физические величины там должны быть равны нулю. Однако согласно принципу неопределенностей в микромире задание одной величины (пусть она даже равна нулю) сразу же делает неопределенной другую величину. А это означает, что **одновременно не могут быть** равны нулю все физические величины. В частности, из соотношения неопределенностей $|\Delta p \Delta x| > \hbar$ следует, что при $\Delta x \approx 0$ будет $\Delta p \neq 0$. Компромисс между этим результатом и требованием, чтобы в вакууме значения всех физических величин равнялись нулю, достигается, если допустить, что **среднее** значение величины Δp равно нулю. А это возможно при $\Delta p \neq 0$, если значения Δp колеблются относительно нуля, принимая то положительные, то отрицательные значения. Такие колебания называются флуктуациями вакуума.

В предыдущем примере величина Δp , меняя знак, обязательно переходит через нулевое значение. А это уже будет означать, что не равна нулю другая физическая величина, которая тоже должна флуктуировать.

Благодаря флуктуациям физический вакуум обладает свойствами, которые можно обнаружить экспериментально. Для примера рассмотрим «фотонный вакуум». Этот термин относится к ситуации, когда отсутствуют реальные фотоны. Однако существование флуктуаций, присущих вакууму, приводит к появлению и исчезновению виртуальных фотонов. Экспериментально установлено, что реальные фотоны иногда распадаются на электрон-позитронные пары. Такие же пары противоположно заряженных частиц могут образовываться и из некоторых **виртуальных** фотонов. Если же поблизости находится электрический заряд, то эта пара окажет экранирующее действие, уменьшая кулоновскую силу. Эффект экранирования заряда виртуальными частицами называют **поляризацией вакуума**.

Возможен ещё и такой процесс. Флуктуации физического

вакуума создают вокруг электрона атмосферу из виртуальной электронно – позитронной пары. При этом вполне вероятен процесс аннигиляции исходного электрона с позитроном пары. Оставшийся электрон можно рассматривать как исходный, но в другой точке пространства.

Возможно, что на расстояниях меньше 10^{-33} сантиметра континуум пространства-времени распадается, приобретает структуру, напоминающую мыльную пену, где каждый пузырь появляется за счет квантовых флуктуации гравитационного поля. К тому же при гигантских энергиях, соответствующих планковским масштабам, многие частицы, считающиеся сейчас элементарными, например кварки, могут быть не элементарными.

11. ВЕЩЕСТВО И ПОЛЕ

Материализм в его крайнем варианте основан на утверждении, что вся реальность состоит только из материи. Он отвергает существование духов и богов. Что же касается психического, то оно, в принципе, может быть объяснено познаваемыми свойствами материи. Некоторые материалистические школы допускают существование бога, однако этот бог опять таки полностью состоит из материи. На протяжении всей его истории материализм был тесно связан с физическими исследованиями (а идея бога не входит в число физических принципов).

Согласно современным данным физики материя состоит из вещества и полей. Эти понятия часто противопоставляют друг другу. Вещество состоит из элементарных частиц, масса покоя которых не равна нулю. Переносчиками взаимодействий в случае полей тоже могут служить элементарные частицы с не равной нулю массой покоя (электрон-позитронное и ядерное поля), **только это - другие частицы, чем в случае вещества**. В качестве принципиального отличия вещества от поля иногда указывают на дискретность вещества и непрерывность поля. Однако в квантовой механике и это различие в какой-то степени преодолено.

Вещество на Земле бывает в твердом, жидком, газообразном и плазменном состоянии. В Космосе, в недрах нейтронных звезд оно находится в состояниях, не сводимых к этим четырем.

Физическое поле - особая форма материи, первичная физическая реальность. Поле это область пространства, в каждой точке которой проявляется действие некоторой силы, обычно различной по величине и направлению в разных местах и в разное время. Каждому типу взаимодействий соответствует свое физическое поле. Однако существуют поля, не зависящие от создавших их частиц, например, электромагнитное поле. Такие поля называют свободными.

Краткая классификация состояний материи показана на схеме, приведенной ниже. Стрелка, направленная от физического поля к веществу, указывает на обязательное присутствие полей как в частицах, составляющих вещество, так и между ними. Можно сказать, что эти частицы в конечном счете содержат в себе своеобразные сгустки физических полей.

В квантовой механике всем известным частицам ставятся в соответствие, так называемые, квантованные поля, а каждому физическому полю - частицы. Такая ситуация свидетельствует о корпускулярно-волновом дуализме материи. Ниже рассматриваются некоторые экспериментальные данные.

1. В 1922 г. Комптон исследовал рассеяние рентгеновских лучей на графитной мишени. Он обнаружил, что длины волн **рассеянных лучей** больше длин волн **первоначального излучения** на величину L , называемую комptonовской длиной волны. Ввиду малости величины L , такое изменение длины волны заметно лишь для достаточно жесткого (коротковолнового) излучения. Значение величины L оказалось точно таким, как предсказывала теория, основанная на столкновении фотона как частицы, которая сталкивается с другой частицей - электроном мишени. При этом достаточно лишь использовать законы сохранения энергии и импульса. Рассмотренное явление известно под названием эффекта Комптона. Объяснить его удастся только при учете корпускулярного свойства электромагнитного излучения.

Впоследствии было обнаружено, что рассеяние **низкочастотных** фотонов на **ультрарелятивистских** электронах (их скорости очень близки к скорости света) приводит к многократному уменьшению длин волн, свойственных фотонам рассеянного излучения. Это явление получило название **обратного** комpton-эффекта. (Здесь электрон передает часть энергии фотону). Заметим, что скорость

фотона по величине одна и та же до и после рассеяния (и равна скорости света). Энергия фотона может изменяться только за счет изменения его длины волны (частоты). В случае обратного Комpton-эффекта электроны тормозятся. В частности, они тормозятся при взаимодействии с фотонами реликтового излучения - электромагнитного отзвука Большого взрыва, положившего начало Метагалактики.

2. О корпускулярных свойствах света говорят и некоторые свойства фотоэффекта, открытого Герцем в 1887 г. Если в вакууме металлическую пластинку облучить светом, то при определенных условиях из нее вылетают электроны. Существует зависимость между частотой излучения ν , работой выхода электрона из пластинки A (эта величина постоянна для данного металла) и максимальной скоростью вылетающих электронов V :

$$h\nu = A + m V^2 / 2 ,$$

где h - постоянная Планка и m – масса электрона. Интенсивность света не имеет значения. Какой бы большой она не была, фотоэффект не появится, если $h\nu < A$. Приведенная формула установлена экспериментально и она же выведена Эйнштейном в предположении, что свет состоит из фотонов, причем энергия каждого из них равна $h\nu$.

3. Издавна было известно, что волны на поверхности воды способны огибать препятствия. Тем же свойством обладают и звуковые волны. Если щель меньше длины волны, то при подходе к ней волн от щели, как от точечного источника, распространяются волны. Это - дифракция волн.

Если два источника порождают волны с одинаковой длиной и с постоянной разностью фаз, то взаимно усиливаясь в одних точках пространства и взаимно ослабляясь в других, эти волны порождают явление, называемое интерференцией.

При распространении света могут возникать и дифракция и интерференция. Значит, свет наряду с корпускулярными свойствами обладает и волновыми.

4. О наличии волновых свойств у **частиц вещества** свидетельствует эксперимент с рассеянием электронов при прохождении их сквозь металлическую фольгу. Оказалось, что и электронам

свойственно явление дифракции. При этом им можно приписать длину волны, которую определил Луи де Бройль из теоретических соображений.

Затем было установлено, что явление дифракции присуще всем микрочастицам.

Волна обычно представляет собой возмущение состояния среды, распространяющееся в этой среде и **переносящее энергию**. Этот перенос осуществляется **без переноса вещества**.

В зависимости от того, как ориентированы возмущения относительно направления распространения волны, различают поперечные и продольные волны. В звенящей струне волны поперечные. Звуковые волны в газе - продольные. Электромагнитные волны являются поперечными: колебания напряженности электрического и магнитного полей происходят перпендикулярно к направлению распространения излучения.

Впервые существование у электрона одновременно корпускулярных и волновых свойств предположил Луи де Бройль в 1924 году. Если электрон массы m движется со скоростью V , то ему соответствует (по Луи де Бройлю) волна длины $h / (m V)$, где h - постоянная Планка. Аналогичную формулу можно применить к любому другому объекту.

Идеи Планка (о квантах энергии), Луи де Бройля (любой микрообъект - волна) и Гейзенберга (принцип неопределенности) легли в основу квантовой механики, изучающей движение микрочастиц. В квантовой механике движение электронов в атомах описывается уравнением Шредингера, в которое входит так называемая волновая функция, зависящая от координат. Произведение квадрата волновой функции на некоторый объем равно вероятности встретить в этом объеме электрон. Волны де Бройля - это волны вероятности.

Электрон невозможно абсолютно точно локализовать в пространстве, но в разных местах вероятность встретить электрон - разная. Возможные его положения представляют облако точек, свойства которого определяются уравнением Шредингера. В случаях, когда электрон взаимодействует с объектами большими по сравнению с его длиной волны (см. выше), он ведет себя подобно твердому вращающемуся шарик. В противоположных ситуациях

взаимодействия описывают с волновой точки зрения.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1.Попытайтесь снова определить понятие «материя».Какие синонимы этого слова Вы знаете? 2.Можно ли считать тождественными понятия «материя» и «вещество»? 3.В чем заключаются различия (на микроуровне) между твёрдым, жидким, газообразным и плазменным состояниями вещества? (Вспомните также школьный курс физики).4.Какие элементарные частицы являются передатчиками основных (четырёх) физических взаимодействий? 5.Какие эксперименты свидетельствуют о корпускулярно-волновом дуализме материи? 6.Назовите, по крайней мере, три идеи, лежащие в основе квантовой механики. 7.Можно ли считать сложившуюся к настоящему времени картину строения материи окончательной? (Приведите мотивированный ответ).

12. КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Простейшие примеры коллективных эффектов – температура и давление воздуха.При нормальных атмосферных условиях в одном кубическом сантиметре земного воздуха содержится примерно 2×10^{19} частичек, из которых 78% -молекулы азота, 21% - молекулы кислорода и около 1% - атомы аргона. Они находятся в непрерывном движении и в промежутках между столкновениями движутся со скоростями около 1 км/с.Длина свободного пробега частицы со-ставляет около



двух сотысячных долей сантиметра.

При столкновении двух частиц каждая из них изменяет величину

и направление вектора своей скорости. Те из частиц, которые имеют малые скорости, обычно начинают двигаться быстрее, когда сталкиваются с более быстрыми, а те, чьи скорости велики, после столкновений, как правило, уменьшают их (вспомним бильярд). Однако, как показывают расчеты, полного выравнивания не происходит. По мере увеличения скоростей число частиц в единичном интервале скорости (плотность числа частиц) вначале возрастает, а затем, достигнув максимума, убывает и постепенно приближается к нулю.

В нашем примере частицы каждого из трёх сортов (азот, кислород и аргон) распределены по их скоростям в соответствии с законом, который теоретически установил Максвелл, причём параметры этого закона свои для каждого сорта. В среднем, наиболее быстрыми оказываются самые легкие частицы (молекулы азота), а наиболее медленными – самые тяжелые (атомы аргона). Таким образом, в беспорядочных движениях частиц воздуха при переходе к их коллективам вырисовываются строгие математические закономерности (в двадцатых годах прошлого века это было подтверждено и экспериментально).

Уже давно физики догадывались, что чем быстрее **хаотически** движутся частицы, тем сильнее ощущение тепла. К настоящему времени выработано понятие **абсолютной температуры**, строго пропорциональной **средней** кинетической энергии частиц. (Оказалось, что эта энергия в рассмотренном выше примере не зависит от сорта частиц). Что касается давления (воздуха), то оно определяется **средним** значением импульса, передаваемого поверхности измерительного прибора **за единицу времени в расчёте на единицу площади**.

Если температура газа увеличивается с 0 до 819⁰С, то его **абсолютная** температура при этом возрастет в 4 раза (примерно от 273 до 1093 градусов Кельвина), а средние скорости частиц этого газа увеличатся вдвое. Заметим, что в верхних слоях земной атмосферы температура составляет несколько тысяч градусов. Но отсюда не следует, что заброшенная туда монетка тут же раскалилась бы. Дело в том, что абсолютная температура (по Кельвину) характеризует среднюю кинетическую энергию **одной** частицы, а скорость теплопередачи от воздуха к нашей монетке, будет

определяться средней кинетической энергией **всех частиц** воздуха, сталкивающихся за единицу времени с поверхностью тела. Ввиду чрезвычайной разреженности воздуха на тех высотах скорость теплопередачи будет ничтожно мала. К тому же львиная доля энергии, переданной монетке, будет теряться в виде инфракрасного излучения, так что температура нашего тела почти не будет зависеть от температуры воздуха.

Если смешать два газа, холодный и теплый, то как показывают расчеты и эксперименты, температуры их со временем выровняются. Это произойдет и в том случае, когда смешиваются разные газы, например, кислород (молекулярный) и гелий (состоит из отдельных атомов). Атомы гелия в восемь раз легче молекул кислорода. После того, как средние кинетические энергии частиц этих газов выровняются, отношение средних скоростей частиц составит 2,8:1 (атомы гелия будут двигаться быстрее).

С коллективными явлениями связаны понятия статистического закона и флуктуации. Если монетку подбросить три раза, то число N появлений цифры точно предсказать не удастся. Однако теория вероятностей даёт возможность определить точно вероятность каждого значения N (числа 0, 1, 2 и 3 появляются с вероятностями $1/8$, $3/8$, $3/8$ и $1/8$). Это – пример статистического закона, когда результат некоторого действия имеет вероятностную природу (существуют еще динамические законы, когда результат однозначен; например, при отсутствии сопротивления воздуха между высотой подъёма подброшенного тела и его скоростью существует строго функциональная зависимость, выражаемая законом сохранения механической энергии).

Флуктуацией обычно называют достаточно большое отклонение случайной величины от её среднего (типичного) значения. Например, если монетку подбросили 10 раз и всякий раз выпадала цифра, то здесь мы встретились с большой положительной флуктуацией величины N – числа появлений цифры (среднее значение N равно пяти).

С флуктуациями связан голубой цвет неба. Дело в том, что из-за быстрых движений частичек воздуха число их в микроскопически малых объёмах, непрерывно изменяясь, **иногда** оказывается намного большим среднего значения. Таких объёмчиков с положительными

флуктуациями числа частиц оказывается достаточно много, а они голубой свет рассеивают гораздо сильнее, чем красный.

Раздел физики, задача которого - выразить свойства систем, состоящих из огромного числа одинаковых частиц, через свойства этих частиц и с учетом взаимодействий между ними, называется статистической физикой. В статистической физике доказывается, что предоставленная самой себе система в результате взаимодействия ее частиц и частей переходит от более упорядоченной ее структуры к менее упорядоченной или, как часто говорят, от менее вероятных состояний к более вероятным.

Мерой беспорядка в системе является энтропия, которая возрастает при переходе к большему беспорядку, к большему хаосу. Например, состояние газа в сосуде, при котором в правой части сосуда собраны атомы аргона, а в левой - молекулы кислорода и азота, является более упорядоченным, чем состояние, когда все частицы этих трех газов перемешаны. Соответственно, второму состоянию присуща и большая энтропия. Самопроизвольный переход из первого состояния во второе обусловлен быстрыми хаотическими движениями частиц этих газов.

Примечание. Свойство энтропии возрастать привело к появлению гипотезы о «тепловой смерти Вселенной». Ее впервые сформулировал Томпсон в 1852 году, а затем развивал Клаузиус, который ввел понятие энтропии (1856 г.). Они основывались на том, что все виды энергии в конечном счете преобразуются в тепло, а обратные переходы никогда не являются полными. В результате, хотя энергия никуда не исчезает, возможности для ее превращений в разные виды (например, в химическую или механическую энергию) постепенно иссякают. Эти авторы всю Вселенную рассматривали как конечную замкнутую систему. В то время не были известны понятия сильных и слабых взаимодействий, физического вакуума и пульсирующей Вселенной. Если Вселенная время от времени проходит фазу сверхплотного состояния, то проблема взаимопревращений разных видов энергии может иметь решения, исключающие возможность «тепловой смерти».

В заключение этого раздела понятие энтропии, как меры беспорядка, поясним на простом житейском примере. Представим себе,

что в помещении, где мы проводим время, выполнена генеральная уборка и все вещи расставлены на положенные места. Затем на протяжении недели уборка не производится и вещи не возвращаются на прежние места. В результате обнаружим, что все покрыто пылью, на полу разнообразный мусор, вещи могут лежать, где попало. Это и означает, что энтропия помещения возросла.

Однако можно снова произвести уборку и уменьшить энтропию. Как согласовать это с законом необывания энтропии? Закон применяется к замкнутым системам, а система человек + жилище замкнутой не является, так как человек должен питаться, а пищу (химические связи в веществе которой имеют низкую энтропию) он получает в конечном счете извне.

Возможны случаи, когда при общем росте энтропии, в отдельной части системы энтропия остается низкой и даже убывает. Примером такой системы является Солнце - биосфера - человек. Солнце испускает электромагнитное излучение, энергия которого может превращаться в химическую, механическую (давление света) и тепловую. В биосфере происходит преобразование небольшой части энергии электромагнитного излучения в химическую, в основном же излучение разогревает поверхность Земли. Химическая энергия запасается растениями и через них - другими живыми организмами, каждый из которых является упорядоченной системой с низкой энтропией. Поддерживается она за счет разложения пищи, при котором возрастает энтропия.

Коллективные эффекты изучает (кроме статистической физики) и **синергетика**. Это название происходит от слов «совместное действие». Синергетика – **междисциплинарное научное направление**, задача которого состоит в изучении систем, состоящих из множества подсистем (электронов, атомов, молекул, клеток, нейронов, людей, транспортных средств и т.д.), с целью выявления, каким образом **взаимодействие этих подсистем** ведёт к возникновению пространственно-временных структур в макроскопическом масштабе. Иными словами, синергетика изучает условия, при которых в системах возникает самоорганизация. Сама **общая** постановка задачи очень интересная, однако пока делаются лишь первые шаги и о каких-то содержательных результатах рано говорить. Однако следует отметить, что еще до появления слова «синергетика» в разных науках подобные

частные задачи не только ставилась, но и предлагались их решения (методами этих наук). Достаточно вспомнить работы английского астрофизика Джеймса Джинса, который в 20-х годах прошлого века исследовал условия появления гравитационной неустойчивости в космической диффузной среде, в результате которой могут в этой среде возникать и уплотняться сгущения. В зависимости от плотности среды и её температуры гравитационная неустойчивость может привести к формированию галактик, звезд или звёздных скоплений

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Сравните численность современного населения Земли с числом частиц в одном кубическом сантиметре воздуха. 2. Верно ли утверждение: чем больше скорость частиц воздуха, тем выше его температура? 3. Какому закону подчиняется распределение по скоростям частиц однородного по химическому составу газа? 4. Поясните на примерах понятие энтропии. 5. В чём заключается основная задача синергетики? 6. Что имеют в виду, когда говорят о тепловой смерти Вселенной? 7. Какое отношение имели работы английского астрофизика Джинса к возникшей впоследствии синергетике? 8. Поясните понятия статистического закона и флуктуации.

13. ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ И ЕЁ ИЗМЕНЕНИЯ

Происхождение Земли. Движения. Главные факторы изменений. Появление жизни и её развитие.

Происхождение Земли. Наша планета образовалась около 4,5 млрд. лет тому назад в результате физико-химических процессов во вращающемся облаке, окружавшем Солнце и состоявшем первоначально из газа и пыли. Возможно, появлению Солнца из вещества того же облака предшествовал взрыв соседней звезды, породивший ударную волну, которая уплотнила первоначальное облако. Этого уплотнения оказалось достаточно для того, чтобы дальше облако сжималось уже самостоятельно под действием собственной гравитации и ускоряло своё вращение (вспомним закон сохранения момента импульса).

В результате неупругих столкновений частичек газа с пылинками кинетическая энергия этих частичек переходила в тепловую, а затем

энергия, полученная пылью, терялась облаком через его инфракрасное излучение. Далее облако сжималось к его экваториальной плоскости симметрии и вокруг центрального сгущения, превратившегося впоследствии в Солнце, образовался диск, из вещества которого стали постепенно образовываться сгущения, положившие начало планетам.

Околосолнечные пылинки лишились водорода и гелия, на которые приходилась львиная доля их первоначальной массы, из-за мощного излучения светила. Поэтому планеты земной группы, ближайšie к Солнцу, оказались гораздо меньшими планет – гигантов и вместе с тем значительно более плотными. (В состав планет-гигантов вошли полновесные пылинки).

Рассмотренная схема процесса образования планет считается на-иболее вероятной, хотя и нуждается в доработке.

Среди всех 9 известных больших планет Земля занимает пятое место по размеру и массе. (Средний радиус Земли составляет 6371 км, а её средняя плотность в 5,52 раза больше плотности воды).

Движения. Вращаясь вокруг Солнца на среднем расстоянии 149.6 млн.км (в разное время расстояние принимает значения в диапазоне от $a-c$ до $a+c$, где a – среднее расстояние и $c = 2.5$ млн.км) с периодом 365.26 средних солнечных суток.

Земля ещё участвует во многих других движениях. Во-первых, вместе с солнечной системой наша планета движется **относительно совокупности ближайших звёзд** в сторону созвездия Геркулес со скоростью около 20 км/с. Во-вторых, вместе с этими звёздами Земля движется **вокруг центра Галактики** со скоростью 220 - 250 км/с, совершая полный оборот вокруг этого центра примерно за 200 млн.лет (галактический год). В третьих, Земля движется с периодом 27,3 средних солнечных суток **вокруг центра масс системы Земля – Луна** (он находится на глубине около 1,5 тыс.км на линии, соединяющей центры Луны и Земли).

Кроме того, вращение Земли вокруг её оси (его период, измеренный относительно звёзд, составляет 23 часа 56 минут 4 секунды) обладает рядом особенностей: 1- вращение постепенно замедляется (за 100 лет продолжительность суток увеличивается примерно на 0,0015 секунды) и на этом фоне наблюдаются небольшие сезонные, а также случайного характера изменения скорости вращения, 2- ось вращения не остаётся параллельной самой себе, а медленно поворачивается (с периодом 25800

лет) вокруг перпендикуляра к плоскости орбиты Земли вокруг Солнца (это явление называют лунно-солнечной прецессией) и 3 – на этот поворот накладываются колебания направления оси вращения (нутации).

Главные факторы изменений. К основным факторам глобальных изменений на Земле можно отнести падения метеорных тел (А), дифференциацию вещества (В), разогревание недр (С) и приливные действия Луны и Солнца (D).

О важной роли фактора А свидетельствуют изрытые кратерами ударного происхождения поверхности Меркурия, Венеры, Марса, астероидов и спутников планет. Например, только на видимой стороне Луны можно насчитать сотни тысяч кратеров с диаметром более одного километра (меньших кратеров там гораздо больше). Они возникли, в основном, миллиарды лет тому назад. С тех пор поток падающих метеорных тел почти иссяк. Таким образом, фактор А был существенным на ранней стадии существования Земли.

Фактор В состоит в расслоении вещества земного шара под действием гравитации: тяжелое вещество медленно опускается к центру, а легкое поднимается к поверхности. Самый верхний слой Земли (кора) имеет среднюю плотность примерно в два раза меньшую средней плотности Земли в целом.

О внутреннем тепле Земли свидетельствует нарастание температуры недр с глубиной (в верхнем слое на 15-20 градусов на каждый километр, в дальнейшем рост замедляется). Причиной разогревания (фактор С) является тепло, выделяющееся при медленном распаде радиоактивных изотопов калия, урана и тория. С этим процессом связана вулканическая деятельность. Частичное расплавление вещества недр на глубине 150 – 200 км делает возможным перемещение, так называемых, литосферных плит, плавающих в этом более плотном веществе. В результате, оказываются подвижными сами континенты – около 200 млн. лет назад начался распад Гондваны (единого материка в южном полушарии) и её антипода в северном полушарии, Лавразии, на нынешние материки.

Луна в один и тот же момент притягивает разные точки Земли с силами, различающимися по величине и направлению. В результате, возникают, так называемые, приливообразующие силы, немного растягивающие Землю вдоль линии центров Земли и Луны и сжимающие её в перпендикулярных направлениях (фактор D). Наиболее

заметно данный эффект проявляется в водной оболочке планеты (вода покрывает 71% поверхности Земли). В океанах и морях возникают два приливных горба – в направлении Луны (в точке Земли, ближайше к Луне) и в диаметрально противоположном направлении, на другой стороне Земли. Относительно линии горбов Земля вращается с периодом 24 часа 52 минуты. Следствием этого являются лунные приливы, повторяющиеся через 12 часов 26 минут. Солнце тоже вызывает приливы, но соответствующая приливообразующая сила в среднем меньше лунной в 2,2 раза. Они повторяются через 12 часов.

В периоды вблизи новолуний и полнолуний приливные явления от Луны и Солнца взаимно усиливаются, а при фазах Луны в первой и третьей четвертях – взаимно ослабляются. Замечено, что как раз вблизи новолуний и полнолуний усиливается частота землетрясений.

Ещё одним следствием действия приливообразующих сил является лунно-солнечная прецессия. Югославский ученый Милутин Миланкович привёл убедительные аргументы в пользу того, что прецессия совместно со слабыми, но длительно существующими притяжениями планет может быть причиной наступления ледниковых периодов. Дело в том, что действие планет приводит к колебаниям эксцентриситета земной орбиты (эксцентриситет – мера вытянутости орбиты, равная нулю для окружности и увеличивающаяся при переходе ко всё более вытянутым эллипсам). Эти колебания имеют квази-периодический характер с характерным периодом около 100 тыс. лет. В свою очередь они вызывают колебания величины c , о которой говорилось выше при рассмотрении расстояния Земли от Солнца. Разность между максимальным и минимальным удалением Земли от Солнца, равная $2c$, иногда достигает 19,7 млн. км (в настоящее время – около 5 млн. км). В эти периоды, когда приток солнечной энергии испытывает наиболее значительные изменения в течение года (вспомним, что солнечная освещённость обратно пропорциональна квадрату расстояния до светила), и появляются условия для наступления ледниковых периодов.

Во время ледникового периода заметная часть воды океанов и морей, перенесённая осадками на сушу, остаётся там и дальше в виде ледников. При этом уровень воды в морях и океанах понижается на сотни метров и ввиду того, что мелководья занимают большую площадь, та часть поверхности Земли, которая приходится на сушу, значительно увеличивается. В результате изменяется климат (во-

первых, уменьшается влияние морей и океанов, сглаживающее колебания температуры и, во-вторых, изменяются направления тёплых и холодных морских течений). Наконец, нарастание массы ледников и их последующее таяние в районах высокогорья влияет на процессы горообразования.

Таким образом, космические факторы (прецессия и влияния планет) приводят к изменениям на поверхности Земли, оказывающим значительное влияние на биосферу. В частности, заселение человеком пространств Северной Америки стало возможным благодаря понижению воды в мировом океане в последнем ледниковом периоде, когда на месте Берингова пролива возник сухопутный мост.

Об изменениях верхнего слоя Земли, вызванных биосферой, будет сказано ниже.

Появление жизни и её развитие. Достоверных сведений о том, как появилась жизнь на Земле, не существует. Данные палеонтологии свидетельствуют, что развитие жизни шло в направлении от простого к более сложному и вероятно, оно начиналось с вирусов и затем – с одноклеточных организмов. (Некоторые авторы полагают, что вначале зародились живые клетки, а потом вирусы).

Считается, что 3,5 млрд. лет назад жизнь уже существовала в водной среде. Это были прокариоты - бактерии и синезеленые водоросли (они же – цианобактерии), в которых отсутствовало клеточное ядро. Спустя полтора миллиарда лет появляются первые фотоавтотрофные эукариоты (фотоавтотрофы – живые организмы, использующие для построения своего тела энергию солнечного света, эукариоты имеют в клетке ядро). Приблизительно 600 млн. лет назад жизнь во все больших масштабах уже осваивает прибрежные участки океанов и с этого времени благодаря усилившемуся фотосинтезу состав атмосферы начинает изменяться: содержание углекислого газа убывает, а кислорода – возрастает (начиная с десятых долей процента). Появление кислорода сопровождается возникновением озонового слоя. Так жизнь сама себе создает защиту от губительного избытка ультрафиолетового излучения Солнца и, наконец, осваивает практически всю поверхность Земли. К этому времени уже существуют многоклеточные организмы, обладающие скелетом, появляются рыбы, затем первые наземные животные и растения (450 млн. лет назад). Ещё спустя сто миллионов лет суша покрывается

лесами и уже существуют насекомые и пресмыкающиеся.

Перечислим основные последующие события в хронологической последовательности: вымирание значительной части морской фауны (270 млн. лет назад), появление динозавров и первых млекопитающих, расцвет эры динозавров, появление птиц и затем первых цветковых растений (140 млн.лет назад), великое вымирание динозавров, расцвет млекопитающих (60 млн.лет назад и далее), появление гоминидов (семейство отряда приматов, 20 млн.лет назад) и homo sapiens.

Так на Земле возникла сфера жизни - биосфера. Она простирается над уровнем моря примерно на 10 км и на столько же углубит вглубь. Но у верхней и нижней границ встречаются лишь редкие микроорганизмы, а наибольшего расцвета жизнь достигает у поверхности, где соседствуют вещество суши, вода и воздух в потоках солнечного света и других излучений.

Биосфера представлена в настоящее время примерно двумя миллионами видов живых организмов, чрезвычайно разнообразных по уровню сложности и по размерам. Считается, что за всю историю Земли было около миллиарда видов (видом называют совокупность особей, способных к скрещиванию с образованием плодovitого потомства; при отсутствии пола учитывается сходство организмов по их основным признакам и по взаимоотношению с окружающей средой). Следовательно, львиная доля видов либо навсегда исчезла, либо превратилась в другие виды.

Непосредственной причиной таких изменений в биосфере являются непригодность исчезающих видов к изменяющимся условиям их существования. Способность к выживанию организмов проверяется, в частности, 1 - сезонными изменениями погодных условий, засухами и наводнениями, 2 - оледенениями больших участков суши, 3 – последствиями извержений вулканов, землетрясениями, катастрофами, вызванными падениями космических тел, 4 – борьбой за существование с другими организмами. Возможно, последний фактор является основным и роль его увеличивается по мере того, как возрастает разнообразие организмов биосферы.

Главными причинами изменений являются мутации (случайные изменения в наследственном веществе) и естественный отбор, закрепляющий признаки, обеспечивающие выживание. В отличие

от исчезнувших видов, выжившие “знают”, что можно противопоставить определенному набору угроз их существованию. Со временем этот набор становится всё более богатым и полным. И “знание”, закрепленное вначале в строении тела и его инстинктивных реакциях, неизмеримо возрастает с появлением такого его хранилища, как головной мозг.

Но ещё до задолго до этого в живом веществе, основой которого стала делящаяся клетка, появляется (мутации плюс естественный отбор) новое мощное качество: возможность скрещивания наследственной информации особей в пределах данного биологического вида. Это качество обеспечило богатство вариантов наследственной информации, подвергаемой естественному отбору.

Биосфера – это гигантский инкубатор, культивирующий стремление к выживанию и, тем самым, стремление к бессмертию в живом веществе (имеются в виду цепи изменяющихся поколений живых существ). Понятие биосферы появилось в 1875 году (Эдуард Зюсс).

В 1927 году возникло понятие “ноосфера” (Э.Леруа). Так было названо состояние биосферы, при котором разумная деятельность человечества становится важным глобальным фактором. Название ноосфера происходит от греческого “ноос” – разум.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Сколько оборотов вокруг Солнца совершила Земля за время своего существования? 2. Как изменяется расстояние от Земли до Солнца и какое отношение имеет это изменение к возникновению ледниковых периодов? 3. Приведите аргументы в пользу вращения Земли вокруг оси, вокруг Солнца и движения её, вместе с солнечной системой, относительно ближайших звёзд. 4. С какого времени Землю считают планетой? 5. Назовите основные слои Земли (включая слои атмосферы). 6. Какие места занимает Земля среди больших планет по размеру, массе и расстоянию от Солнца? 7. Перечислите известные Вам движения Земли? 8. Почему Земля сплюснута у полюсов? 9. Опишите кратко известные Вам причины глобальных изменений Земли. 10. Что Вам известно о дрейфе континентов? 11. Опишите кратко последовательность событий в изменениях биосферы. 12. Опишите основной механизм, обеспечивающий способность к выживанию поколений живых

существ и совершенствование этой способности. 13.Что явилось (по Вашему мнению) главным результатом гибели около миллиарда видов живых существ на Земле? 14.Что такое ноосфера и когда появилось это понятие?

14. БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ И ДАЛЕЕ

Расширение Метагалактики. Происхождение галактик звёздных скоплений и звёзд.Эволюция звёзд и изменение химического состава наблюдаемой Вселенной.

1. Человек, биосфера и Метагалактика имеют по крайней мере одно общее свойство.В каждом случае появление объекта можно уподобить взрыву. Человек зарождается из единственной микроскопически малой живой клетки и затем наращивает свою массу в миллион раз за время, меньшее года. Невообразимо громадная биосфера зарождалась из относительно небольшого числа делящихся живых клеток (независимо от того, возникла ли жизнь на Земле или была занесена извне).Нынешнее расширение Метагалактики прослеженное в прошлое в глубь времён, начиналось с объекта, размеры которого были ничтожно малы по сравнению с теперешним радиусом только обозримой части Метагалактики.

Разница здесь в том, что в первых двух случаях объект наращивает свою массу, используя окружающее неживое вещество.В случае же Вселенной, согласно современным моделям, масса была огромной с самого начала (впрочем, нельзя исключить возможность того, что в тех физических условиях, которые предшествовали рождению Метагалактики, первоначально малая масса зародыша нарастала за счет перекачки субстанции из какого-то иного измерения, не наблюдаемого в настоящее время).

Открытие расширения мира скоплений галактик – наиболее поразительное из открытий 20-го века.Далеко не сразу оно было признано даже специалистами.

Итак, Вселенная расширяется. Это верно в двух отношениях. Во-первых, скопления галактик разлетаются от земного наблюдателя во все стороны. Во-вторых, еще быстрее расширяется изученная область Вселенной, благодаря развитию техники астрономических

наблюдений.

Первый взрыв произошел 15 ± 5 млрд. лет тому назад. Второй начался несколько сотен лет назад. Отсчет можно вести с момента появления книги Коперника «О вращении небесных сфер» (1543 год).

Физическое расширение Вселенной, предсказанное Александром Фридманом в 1923 г., было подтверждено Эдвином Хабблом в 1929 году. Скорость V удаления от нас скопления галактик связана с расстоянием r до скопления формулой: $V = Hr$, где H - постоянная Хаббла. Формула справедлива при $V \ll c$ (скорость света).

Напрашивающийся вывод, что наша Галактика находится в центре Вселенной (раз от нее во все стороны разбегаются объекты), неверен. Оказывается, закон Хаббла справедлив и для наблюдателя, расположенного в любой другой точке Вселенной.

При постоянной скорости удаления скопления галактик и значении постоянной H от 50 до 100 км/с/Мпк (Мпк - мегапарсек, приблизительно равный 3×10^{19} км) можно грубо оценить возраст Вселенной T по формуле:

$$T = r/V = 1/H.$$

Значение возраста получается в пределах от 12 до 20 лет и оно не зависит от рассматриваемой галактики (так как величина r сокращается). Неопределенность возраста связана с ошибками в значении постоянной Хаббла. Существует еще один потенциальный источник систематической ошибки (благодаря ему возраст Вселенной может оказаться заниженным). Скорости галактик рассчитываются по формуле Доплера по смещению линий в спектрах. Эти скорости могут оказаться **завышенными** (а возраст Вселенной - заниженным), если энергия фотонов уменьшается за те многие миллионы лет, что этот свет путешествует в пространстве. Правда, современная физика не видит причин, по которым это могло бы произойти.

Вскоре после взрыва вещество находилось в сверхплотном состоянии. Галактик и звезд тогда еще не было. Предполагают что в тех условиях существовали массивные, короткоживущие элементарные частицы и античастицы. Затем произошла их неполная аннигиляция (античастиц почему-то было меньше) и остались фотоны, протоны, нейтроны и электроны. Соединение протонов с нейтронами привело к образованию ядер атомов гелия и, в гораздо

меньшем количестве, лития и бора, а оставшиеся протоны, послужили ядрами будущих атомов водорода. Плазма, состоявшая из этих ядер и электронов, спустя миллионы лет стала достаточно разреженной (Вселенная расширялась), чтобы случайно образующиеся атомы не разрушились в процессе столкновений. Вещество оказалось электрически нейтральным и в микромасштабе.

В этот период вещество стало прозрачным для электромагнитного излучения (для фотонов). Температура его тогда составляла 3 - 4 тыс. кельвинов. Достаточно удаленные друг от друга части «космического яйца» (из которого возникла наблюдаемая Вселенная) взаимно удалялись со скоростями, близкими к скорости света. Благодаря этому обстоятельству и эффекту Доплера в каждую из этих частей излучение другой приходило сильно смещенным в сторону больших длин волн. Наблюдаемое в современную эпоху излучение достигает максимума в микроволновой области спектра и соответствует температуре около 2.7 К. Оно было обнаружено в 1965 г. и названо реликтовым излучением.

2. Происхождение галактик, звёздных скоплений и звезд.

Согласно Джинсу, в почти однородной газовой среде может возникнуть гравитационная неустойчивость - нарастание плотности вещества в отдельных местах под действием сил тяготения. Так, при плотности вещества (в основном водорода) 10^{-24} г/см³ сгущение с массой галактики (3×10^{44} г) будет продолжать сжиматься под действием самогравитации, если температура газа порядка миллиона кельвинов (такие значения температуры достигались в ранних фазах развития Вселенной). При больших температурах сгущение рассеется под действием давления газа.

Если внутри подобного уже образовавшегося и остывающего сгущения газа возникнет неоднородность с массой 10^{38} г и температурой 100 К, то это будет «заготовка» для шарового звездного скопления (оно содержит от ста тысяч до миллиона звёзд). Наконец, неоднородности еще меньших размеров (и меньшей температуры) сгущаются в звезды тоже благодаря гравитационной неустойчивости.

О том, что звезды действительно могут формироваться из диффузной среды, свидетельствуют косвенно следующие наблюдения: 1) в тех местах Галактики, где много пыли и газа, оказывается и много молодых звезд и 2) в межзвездном пространстве обнаружены очень

плотные, темные шаровые и вытянутые облака из пыли и газа («глобулы» и «слоновые хоботы»), которые, по-видимому, должны находиться в состоянии гравитационного сжатия.

Возникновению гравитационной неустойчивости в облаке может способствовать вспышка сверхновой звезды. Давление излучения и вещества продукта взрыва звезды уплотняет газопылевую среду, а далее возникшая неоднородность продолжает сжатие уже в результате самогравитации. О том, что возникновению солнечной системы так же предшествовала вспышка сверхновой звезды, свидетельствует обнаружение одного из изотопов магния, который образуется при распаде изотопа ^{26}Al . Но считается, что последний может образоваться только в оболочке сверхновой звезды.

3. Эволюция звёзд и изменение химического состава наблюдаемой Вселенной. Темп и характер процессов в звезде определяется, главным образом, её начальной массой. Чем она больше, тем быстрее происходит эволюция.

При сжатии облака потенциальная энергия его уменьшается за счет роста кинетической энергии упорядоченного движения масс к центру. Затем при достаточном сжатии эта энергия преобразуется в тепловую (хаотического движения частиц). Разогревание недр сопровождается образованием электромагнитного излучения (вначале инфракрасного), уносящего энергию за пределы протозвезды. Сжатие идёт до тех пор, пока повышение температуры в центре за счет энергии от начавшихся ядерных реакций не увеличит давление, противостоящее гравитации.

После «выгорания» дейтерия и бора (кратковременная стадия ядерных реакций, так как этих элементов очень мало) начинаются протон-протонные реакции синтеза гелия. У очень массивных звезд этот синтез протекает посредством углеродно-азотного цикла, требующего более высоких температур. Эта стадия заканчивается тем скорее, чем больше масса звезды.

Затем последовательно наступают фазы синтеза углерода и все более тяжелых элементов.

Таким образом, химический состав звезды постепенно изменяется в ходе ее эволюции. Звезда - это газопоплазменный шар, в котором действие гравитации уравновешено внутренним давлением, а потеря энергии через излучение восполняется ее притоком от ядерных реакций - обычно вблизи центра или на границе очень плотного ядра.

При отсутствии ядерных реакций кое-какая энергия выделяется при сжатии оболочки.

Солнце теряет энергию в виде фотонов и нейтрино. Но на долю последних приходится лишь несколько процентов; нейтрино преодолевают толщу Солнца примерно за две секунды. Фотонам требуется для этого десятки миллионов лет. При ядерных реакциях выделяются кванты гамма-излучения. Затем в результате многократных актов поглощения и переизлучения (с постепенным увеличением длины волны) эта энергия просачивается к поверхности в виде света.

В зависимости от массы и возраста звезд ядерным топливом могут быть последовательно водород, гелий, углерод, неон, кислород и кремний, а продуктами «горения» кроме перечисленных элементов - натрий, магний, и далее элементы от фосфора до никеля. При взрывах сверхновых звезд образуются и другие элементы, в том числе, более тяжелые, чем указанные выше.

«Горение» углерода и более тяжелых элементов, когда температура превышает миллиард Кельвинов (для сравнения: температура в центре Солнца не достигает и 15 млн. кельвинов), характерно тем, что **основной отвод энергии осуществляют не фотоны, а нейтрино**. Вылет нейтрино особенно интенсивен в тех случаях, когда происходит **нейтронизация** вещества. Она состоит в захвате электронов ядрами атомов. Соединение электронов с протонами сопровождается образованием нейтронов и **нейтрино**. На этой стадии достаточно массивные звезды (большие Солнца) взрываются, выбрасывая в пространство более половины массы. Это - сверхновые звёзды. После взрыва остаётся либо быстро вращающаяся нейтронная звезда (иногда наблюдаемая как **пульсар** – источник строго периодического излучения, особенно сильного в радиодиапазоне) либо чёрная дыра.

Почти все приведенные выше данные получены теоретически, с учетом достижений ядерной физики и, в особенности, квантовой механики. Так, для понимания процессов внутри звезд особенно важными оказались понятия **вырожденного** электронного и нейтронного газов. Эти понятия появились в результате применения к анализу свойств плазмы квантово-механического принципа Паули (см. выше). Таким образом получается, что объекты мегамира (звезды)

невозможно понять не привлекая данных, касающихся объектов микромира (элементарных частиц). Возможная неполнота этих данных - одна из причин ненадежности теорий эволюции звезд.

Звезды дают Вселенной энергию в виде света и вещество в виде разнообразных химических элементов. Время существования звезд исчисляется обычно многими миллиардами лет. Имеется в виду время с момента гравитационной конденсации газопылевого облака до полного остывания звезды. Последнюю фазу еще никто не наблюдал.

Как уже отмечалось, взрыв сверхновой звезды - это еще не конец. Остается нейтронная звезда (их известны многие сотни) с массой от 0.1 до 2 масс Солнца или, возможно, черная дыра. Последняя для внешнего удаленного наблюдателя является застывшим объектом благодаря гравитационному замедлению времени.

В поле тяготения черной дыры в физическом вакууме рождаются частицы и античастицы, забирая энергию черной дыры, которая как бы тает. Но для черных дыр звездной массы время таяния настолько велико, что этим процессом можно пренебречь. С другой стороны, черная дыра с массой в 1000 тонн не тает, а взрывается за время порядка секунды.

У звезд с начальной массой до 0.08 масс Солнца температура в центре не достигает значений, необходимых для «загорания» водорода. Такие звезды превращаются в черных карликов.

У звезд типа Солнца после «выгорания» водорода в центральной области ядерные реакции происходят в тонком слое у границы плотного гелиевого ядра. Оно сжимается, повышая температуру свою и «горящего» слоя, увеличивая интенсивность ядерной реакции. Внешние слои звезды при этом расширяются, и она становится красным гигантом. С Солнцем это случится спустя 7-9 млрд. лет. Пройдя еще несколько фаз своего развития и потеряв часть своей массы, звезда превратится в белого карлика, радиус которого примерно как у Земли, а масса - как у Солнца. Это значит, что средняя плотность вещества составляет порядка тонны на кубический сантиметр. Примером белого карлика может служить спутник ярчайшей звезды неба - Сириуса.

В Галактике происходит непрерывный круговорот вещества по цепочке: звезды - межзвездный газ и пыль - звезды и т. д. Сразу после Большого взрыва вещество состояло на 70% из водорода и почти на

30% из гелия. Дейтерия, лития и бора было очень мало. Остальные элементы вплоть до железа (в порядке увеличения атомного номера) синтезировались в недрах звезд в спокойной фазе их эволюции. Более тяжелые элементы появились, в основном, при взрывах сверхновых звезд.

Ввиду того, что звезды частично отдают свое вещество межзвездной среде путем спокойного истечения вещества («звездный ветер») либо путем взрывов (новые и сверхновые звезды), они тем самым обогащают пространство между звездами продуктами ядерных реакций. В результате химический состав межзвездного вещества изменяется со временем.

Это вещество собирается в газовой-пылевые облака, из которых возникают звезды второго поколения. Содержание в них тяжелых элементов повышено в сравнении со звездами первого поколения. Некоторые из звезд второго поколения отдают часть своего вещества, переработанного в ядерных «топках», в окружающее пространство; затем образуются звезды третьего поколения и т. д. Таким образом, одновременно в Галактике сосуществуют звезды разных поколений. Они имеют разный химический состав.

Подобные процессы происходят и в других галактиках. Следовательно, изменяется химический состав всей Вселенной.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Приведите примеры развития в большое из ничтожно малого. 2. Как и когда было открыто расширение Вселенной? 3. Когда произошёл Большой взрыв и как об этом узнали? 4. Когда и как возникали химические элементы? 5. Какое отношение имеют гравитация и электромагнетизм к возникновению звезд? 6. Почему изменяется химический состав Вселенной? 7. Какова судьба Солнца?

15. КОСМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНИ

1. Из примерно двух десятков химических элементов, входящих в состав живого на органической основе, водород образовался при Большом взрыве, углерод, кислород и азот (вместе с водородом составляющие 99% массы живого), фосфор, сера, натрий, магний, хлор, калий, кальций, железо, кобальт и некоторые другие элементы

были синтезированы при «тихих» ядерных реакциях в глубоких недрах звезд. Медь, цинк, молибден и йод появились при вспышках сверхновых звезд.

Как показали спектральные исследования, **межзвездное** вещество состоит, в основном, из водорода, кислорода, углерода и азота (как и живые организмы). Другие элементы встречаются реже. Обнаружены и химические соединения: аммиак, формальдегид, вода, угарный газ, этиловый спирт и десятки других. «Местом встречи», где отдельные атомы соединяются в молекулы, является поверхность межзвездных пылинок.

Таким образом, не только на Земле, но и в межзвездном пространстве имеются химические «кирпичики» для построения более сложных соединений, входящих в состав живого.

Известно значение воды для существования жизни. Как появилась вода на Земле? По-видимому, водный лед покрывал поверхности пылинок, входивших в состав первичного облака наряду с газом. Кроме того водный лед приносят падающие на Землю кометы. Миллиарды лет назад такие падения были гораздо более частыми, чем в настоящее время.

Но если эти объяснения присутствия воды на Земле верны, то почему они не применимы к Венере, где воды практически нет? Возможно потому, что вблизи Солнца пылинки сильно разогревались и произошла сублимация водного льда (переход из твердой фазы в газообразную), который поэтому и не вошел в состав Венеры. По той же причине и ядра маленьких комет (а таких большинство), падающих на Венеру, оказались обеднены водой. Наконец, та вода, которая все же оказалась на поверхности планеты, превращалась в пар, поднимавшийся в плотной атмосфере Венеры на большую высоту. А там происходила диссоциация (разложение) молекул воды под действием ультра-фиолетового излучения Солнца. Освобождавшийся водород тут же улетучивался и спустя какое-то время покидал планету.

2. Сразу после Большого взрыва жизнь во Вселенной существовать не могла. Для нее не было необходимых химических элементов. Жизнь могла возникнуть только после того, как в недрах звезд были синтезированы химические элементы, перечисленные в п. 1.

Несмотря на усилия биологов, до сих пор неизвестно, как

появилась жизнь. По некоторым оценкам вероятность образования живого вещества на Земле благодаря случайному сочетанию более простых химических соединений оказалась настолько малой, что жизнь просто не могла возникнуть случайно. Но жизнь существует! Следовательно, подсчет вероятности был ошибочным. Во-первых, не были учтены какие-то неизвестные свойства органических соединений, благоприятствующие самопроизвольному появлению живого при подходящих условиях. Во-вторых, появление жизни где-нибудь во Вселенной, например, хотя бы вблизи одной из миллиарда звезд солнечного типа в Галактике, имеет гораздо большую вероятность, чем возникновение ее именно на Земле. Поэтому заслуживает внимания гипотеза Аррениуса о том, что жизнь была занесена на Землю из космоса.

3. Земная жизнь - это вещество Земли, активизированное солнечной энергией, которая выделяется при ядерных реакциях. Тепловая энергия земных недр является всего лишь небольшой добавкой (эта энергия выделяется при распаде радиоактивных элементов). Необходимым условием длительного существования и развития жизни является постоянство притока солнечной энергии (ее избыток так же вреден для жизни, как и недостаток). По некоторым данным мощность излучения Солнца за 5 млрд. лет менялась не более, чем на 30%. Очевидно, такое изменение не оказалось фатальным для жизни. Спустя 7-10 млрд. лет Солнце на некоторое время превратится в красного гиганта, уменьшив температуру внешнего слоя, но сильно увеличив мощность излучения благодаря многократному росту площади излучающей поверхности. Возможно, это и будет конец земной жизни на органической основе.

4. При вспышках близких сверхновых звезд поток **космических лучей**, льющийся на Землю, усиливается многократно. Даже сейчас, при отсутствии таких вспышек, космические лучи ответственны за 30% радиационного фона у поверхности Земли. Радиация является одной из причин мутаций, изменений наследственности. Известно, что мутации плюс естественный отбор - двигатель эволюции в биосфере.

5. Для того, чтобы мутирующие организмы выживали, необходимо разнообразие физических условий (иначе коридор, по которому они могут пройти в будущее, оказывается и единственным

и слишком узким).

Большое разнообразие физических условий существует на границе суши, воздуха и воды, то есть у прибрежной кромки водоемов. Площадь этой зоны вокруг морей и океанов существенно расширяется благодаря лунно-солнечным приливам. Именно здесь под действием радиации (в том числе, космической) происходит наибольший процент мутаций с благополучным исходом.

Таким образом, происхождение и развитие жизни на Земле неразрывным образом связано с космосом.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Сопоставьте содержание основных химических элементов в живом организме и в веществе межзвездного пространства. 2. Какой аргумент можно привести в защиту гипотезы о внеземном происхождении жизни? 3. Каков предел продолжительности жизни на Земле? 4. Опишите космические факторы, способные влиять на скорость эволюции биосферы.

16. ОБЩИЙ ВЗГЛЯД НА МЕТАГАЛАКТИКУ

Краткие сведения о Метагалактике, приведенные ранее, дополним новыми. Хотя эти сведения очень далеки от полноты, они помогают почувствовать грандиозность процессов, в которые вовлечена и жизнь на Земле.

1. При радиусе наблюдаемой части Метагалактики 10^{10} световых лет (световой год примерно равен 10^{13} км), массе порядка 10^{22} масс Солнца и возрасте 10-20 млрд. лет ее пространственно-временные масштабы не идут ни в какое сравнение с миром Земли.

2. Вещество Метагалактики сосредоточено, в основном, в звездах (если не учитывать «скрытую массу», существование которой обсуждается на протяжении последних 20 лет, но окончательно не доказано). На звезды приходится не более $1/10^{29}$ части объема всего пространства. По сравнению с миром Земли Вселенную можно считать практически пустой. Если бы звезды были равномерно рассредоточены по Вселенной, то расстояние между соседями было бы порядка 500 световых лет.

3. Совершенно необычное свойство Метагалактики с точки зрения обыденных представлений - это ее непрерывное расширение.

Судьба расширения Метагалактики зависит от ее средней плотности. Если она больше некоторого критического значения, то гравитационное взаимодействие остановит расширение, которое сменится сжатием. В противном случае расширение будет неограниченным. Данные наблюдений пока не позволяют сделать уверенный выбор между этими возможностями.

4. Самые далекие скопления движутся со скоростями, близкими к скорости света. Следствием этого (и эффекта Доплера) является наблюдаемое уменьшение частот излучения. Это соответствует покраснению и потускнению удаленных галактик и замедлению всех происходящих там процессов с точки зрения земного наблюдателя.

Точно так же выгляди́м и мы для возможных жителей тех удаленных галактик. Наконец, на еще больших взаимных расстояниях, определяющих «горизонт событий», объекты оказываются недоступными для их взаимных наблюдений. Виной тому является скорость взаимного удаления, близкая к скорости света.

5. В результате ядерных реакций в недрах звезд и круговорота вещества в галактиках химический состав Метагалактики систематически изменяется. В веществе растет доля тяжелых элементов. Условия для появления жизни на органической основе обеспечиваются именно этим процессом, так как после Большого взрыва азота, кислорода, углерода и других элементов, необходимых для жизни, еще не было.

6. Наиболее сложные процессы протекают в структурных уровнях, примыкающих сверху к атомам и молекулам - от клеточного уровня до планетарного. Именно здесь, где преобладают взаимодействия электромагнитного характера на фоне общего поля гравитации, в Метагалактике создаются условия для появления и развития жизни, высшим представителем которой является человек - разумный. Это - на Земле и в настоящее время.

Если учесть, что во Вселенной не менее 10^{22} солнц, и предположить, что хотя бы около одной из миллиарда их существует планета с подходящими для органической жизни условиями, то и тогда таких планет окажется не меньше 10^{13} . Наконец, допустив, что у одной из каждого миллиона таких планет условия для появления разума реализуются, то в Метагалактике возникнет около 10 млн.

очагов разума.

Это - не так много, как кажется на первый взгляд. Среднее расстояние между соседними очагами оказывается в этом случае равным 100 млн. световых лет, но и то при условии, что все они уже возникли и часть их не успела исчезнуть. В противном случае расстояния намного возрастают. Если исходить из современного уровня физических знаний, то контакты между такими очагами представляются почти невозможными.

Для приведенных выше весьма пессимистических оценок нет достаточных оснований. С равным правом можно предположить, что среднее расстояние между соседними очагами разума не превышает 100 световых лет. В таком случае имеет смысл заняться их поисками. С этой целью, начиная с 60-х годов прошлого века, ведется систематическое прослушивание космоса в радиодиапазоне. Соответствующая научная программа получила вначале название «Связь с внеземным разумом» (СЕТИ), заменённое впоследствии названием «Поиски внеземного разума» (SETI). Несмотря на то, что в поисках искусственных сигналов из космоса приняли участие учёные нескольких десятков стран, желаемого результата не получено до сих пор.

Между тем, еще в 1974 году с Земли было направлено радиопослание предполагаемым космическим цивилизациям в сторону шарового скопления М13, содержащего несколько сотен тысяч звёзд. Учитывая расстояние до скопления, послание достигнет возможного адресата лишь спустя 20 тысяч лет.

Если предположить, что очаг разума, однажды возникнув, существует не менее миллиона лет, непрерывно развиваясь, то приходится признать, что земная цивилизация (возраст её около 10 тыс. лет) ещё очень молода. Тогда окажется, что им легче найти нас, чем нам – их. В связи с этим кратко рассмотрим проблему НЛО (неопознанные летающие объекты) с которыми иногда связывают присутствие на Земле представителей других миров.

К концу 21-го века накоплено несколько десятков тысяч сообщений о наблюдениях НЛО с начала нашей эры. Установлено, что более 75% всех случаев НЛО связано с известными природными и техногенными явлениями: редкие формы облаков, болиды (яркие метеоры), эффекты аномального преломления света в атмосфере,

полярные сияния, Луна или яркая Венера при необычных условиях наблюдений, хемолюминесценция промышленных выбросов в атмосфере, технические эксперименты в верхних слоях атмосферы, световые пятна от прожекторов в облаках, метеорологические зонды, запуски и падения геофизических и космических ракет и др.

Около 20% всех НЛО необъяснимы по причине их недостаточного (недостовверного) описания. Примерно 5% случаев НЛО не поддаются рациональному истолкованию на базе известных физических явлений. Однако следует вместе с тем признать, что современная наука ещё не всё знает об атмосфере (в особенности это касается очень редко встречающихся явлений).

Поэтому пока не существует достаточно веских оснований связывать с космическими пришельцами хотя бы некоторые НЛО.

Какова роль разума в структуре Метагалактики (а, может быть, и в самом её существовании)? Насколько важна для бессмертия материи способность сознания разумного существа (и, тем самым самой материи) отражать реальность во всей её широте и во всём многообразии? Необходимо ли Метагалактике замечательное свойство жизни - культивировать в себе стремление к бессмертию?

На первый взгляд эта роль, эта способность и свойство не могут быть сколько-нибудь заметными, если сопоставить, например, масштабы человека и даже человечества с масштабами Вселенной. Однако, если вспомнить начало раздела 14, где писалось о трёх взрывах, то можно предположить, что существуют и другие процессы, в которых ничтожно малое способно превращаться в несравненно большее.

Чем дальше человеческий разум проникает в глубь микромира и вширь Вселенной, тем труднее добывается информация и тем с меньшим ее количеством он имеет дело. С большой уверенностью можно утверждать, что именно в этих областях мира нас ожидает множество неожиданных, удивительных открытий.

ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ. 1. Определите понятие «Метагалактика». Почему это слово пишут с большой буквы? Существует ли более общее понятие? 2. Предполагая, что в среднем масса звезды в два раза меньше солнечной и используя данные этого раздела и раздела 12, сравните число всех звёзд в обозримой области

Вселенной с числом частичек в кубическом сантиметре воздуха, которым мы дышим. 3. От чего зависит судьба расширения Метагалактики? 4. Существуют ли галактики, скорости которых больше половины скорости света? 5. Существуют ли свидетельства присутствия очагов разума в космосе? Какие аргументы можно привести в пользу возможности существования жизни за пределами Земли? 6. Стоило ли направлять радиопослание в сторону шарового скопления М13? 7. Что собой представляют НЛО? 8. Что можно противопоставить утверждению, что возможности даже будущего человечества (совместно с другими предполагаемыми очагами разума в космосе) ничтожно малы, чтобы изменять структуру материи?

17. О МИРОВОЗЗРЕНИИ

Этим словом обычно обозначают систему взглядов, убеждений человека, касающихся его самого, свойств окружающего мира (включая общество) и положения его в этом мире.

Мировоззрение конкретного человека – это синтез взятых в разных пропорциях элементов обыденного, религиозного и научного мировоззрений.

Обыденное мировоззрение основано на, так называемом, здравом смысле. «Смысл» – это сущность или конечная цель, а «здравый» – трезвый, рассудительный. Основываться на здравом смысле – значит использовать готовые знания, житейский опыт и при этом в какой-то степени пренебрегать элементами творчества (не случайно философ Гегель считал здравый смысл предрассудком данной эпохи).

Религиозное мировоззрение зиждется на вере. Но не только на ней. В той своей роли, в которой религия является воспита-тельской и утешительницей, она опирается на проверенные временем законы психологии и этические принципы. Возможно, этим и объясняется живучесть религии. После сожжения на костре инквизиции Джордано Бруно (1600 г.) религия, как правило, уже не проявляет прежнего напора в стремлении указывать науке пути в объяснениях Вселенной. (Здесь следует учесть, что в разных религиях можно проследить разное отношение к науке).

Научное мировоззрение основано на знаниях, многократно

проверенных (экспериментами и наблюдениями) поколениями ученых в разных странах. Однако, поскольку все многообразие мира в данный момент времени человек и даже все человеческое общество не способны охватить, приходится признать, что научные знания и мировоззрение неполны, приблизительны и в некоторых аспектах, возможно, и ошибочны. Отличительной особенностью именно научного мировоззрения являются: 1 - его непрерывное расширение и видоизменение при сохранении определенной преемственности по отношению к предшествующим научным знаниям и 2 – неиссякаемая вера в познаваемость мира. Наука, как по ступенькам, восходит к пониманию мироздания, переходя от одной относительной истины к другой.

Следует отличать науку от лженауки, которой, например, является современная астрология. Она пытается связать земное с небесным, но делает это при помощи до предела упрощенных объяснений, основанных на поверхностных аналогиях (не имеющих прямого отношения к реальности). В астрологии слышны намертво запечатленные отзвуки древних примитивных представлений о космосе, когда небесные светила обожествлялись. Спекулируя на естественном стремлении человека узнать будущее, астрологи опускаются до подтасовки фактов, отбирая из их множества те, которые согласуются с предсказаниями, и игнорируя гораздо большее число неудобных фактов. Благодаря особым приемам, отработанным веками, астрологи добиваются успеха у людей, не обремененных естественно-научными знаниями.

В древности астрологи были весьма образованными людьми (для своего времени). Расчет гороскопа требовал достаточно больших знаний. (Сейчас же расчеты делает компьютер по стандартной программе). Отсюда интерес правителей к астрологам, которых «авторитет звезд» освобождал от необходимости сообщать господину только то, что тот желал бы услышать. Ослаблялась психологическая преграда для сообщения неприятной, хотя и полезной информации (к которой на самом деле звезды не имели отношения). Поэтому институт астрологов оказывался полезным. Кстати, именно благодаря астрологии стала развиваться астрономия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафуров В.И., Бусев А.И. Строение вещества. М.: Просвещение, 1983.
2. Бялко А.В. Наша планета - Земля. М.: Наука, 1989.
3. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. М.: Центр, 1997.
4. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания. Новосибирск.: ЮКЭА, 1997.
5. Колчинский И.Г. и др. Астрономы. Киев.: Наукова думка, 1986. М.: Наука, 1987.
6. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания. М.: Владос, 1998.
7. Тарасов Л.В. Мир, построенный на вероятности. М.: Просвещение, 1984.
8. Фолта Я., Новы Л. История естествознания в датах. М.: Прогресс, 1987.
9. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. М.: Наука, 1983.
10. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. М.: Наука, 1986.

Борис Иванович Фесенко

Ф44

**КОНЦЕПЦИИ
СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Физика и астрономия
(Краткий очерк)
Издание второе,
переработанное и дополненное.

Издательская лицензия **ИД** № 06024 от 09.10.2001 года.

Подписано в печать 26.08.2002 г. Формат 60x90/16.

Объем издания: 6,5 у.п.л. Тираж 110 экз. Заказ №

Псковский государственный педагогический
институт им.С.М.Кирова, 180760, г.Псков, пл.Ленина, 2.
Редакционно-издательский отдел ПГПИ им.С.М.Кирова,
180760, г.Псков, ул.Советская, 21, телефон 2-86-18.