

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СТРОЕНИЕ МАТЕРИИ

Ульяновск
УлГТУ
2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Строение материи

Методические указания
к семинарскому занятию по дисциплине
«Концепции современного естествознания»
для студентов дневной формы обучения направлений
080400.62 – Управление персоналом,
031500.62 – Реклама и связи с общественностью,
035000.62 – Издательское дело

Составители:
Браже Р.А.
Гришина А.А.

Ульяновск
УлГТУ
2011

УДК 539(076)
ББК 22.3.я7
С 86

Рецензент: декан гуманитарного факультета УлГТУ, профессор кафедры «Философия», доктор филос. наук Волков М.П.

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

С 86

Строение материи : методические указания к семинарскому занятию по дисциплине «Концепции современного естествознания» для студентов дневной формы обучения направлений: 080400.62 – Управление персоналом, 031500.62 – Реклама и связи с общественностью, 035000.62 – Издательское дело / сост. Р. А. Браже, А. А. Гришина. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 16 с.

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

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

УДК 539(076)
ББК 22.3. я7

© Браже Р. А., Гришина А. А., составление, 2011
© Оформление. УлГТУ, 2011

Содержание

1. Методические указания студентам.....	5
2. Методические рекомендации преподавателям.....	6
3. Основные теоретические сведения.....	7
Введение.....	7
3.1. Вещество как форма существования материи.....	7
3.2. Поле как форма существования материи.....	9
3.3. Физический вакуум как форма существования материи.....	11
Заключение.....	12
Библиографический список.....	13
4. Контрольные задания и вопросы.....	14
4.1. Задания закрытого типа.....	14
4.2. Задания открытого типа.....	15
4.3. Задания на установление соответствия.....	15

1. Методические указания студентам

Учебное пособие «Строение материи» предназначено для бакалавров гуманитарных и экономических специальностей. В учебном пособии раскрывается тема: «Вещество, поле, физический вакуум – три формы существования материи». Рассматриваются вопросы строения живой и неживой материи.

Основной целью пособия является формирование у студентов общих представлений о строении материи. В результате изучения данной темы студент должен *знать* фундаментальные законы существования материи, *уметь* оценивать проблемы взаимосвязи человека и природы, *владеть* общими представлениями о мироустройстве.

Для успешного освоения темы необходимо:

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

Примечания:

1. При использовании Интернет-ресурсов помните, что не всякая информация, содержащаяся в сети, носит научный, концептуальный характер и заслуживает доверия. Старайтесь использовать те сайты, в которых приведены сведения об авторе, свидетельствующее о его компетентности в данном вопросе: ученая степень, ученое звание, место работы, должность, наличие опубликованных научных работ по данной проблеме.

2. Помните, что пропуск семинарского занятия или неудовлетворительная оценка, полученная на нем, означают задержку зачета или допуска к экзамену до тех пор, пока не будет сдан тест к данной теме.

2. Методические рекомендации преподавателям

При проведении семинарских занятий преподавателю рекомендуется:

– шире использовать инновационные методы обучения: индивидуальные задания (доклады), деловые игры, круглые столы, тренинги, дискуссии и т. п.;

– при проведении данного семинара акцентировать внимание студентов на таких вопросах как: «материя», «вещество», «поле», «элементарные частицы», «физический вакуум»;

– из банка контрольных заданий и вопросов заблаговременно сформировать с помощью конструктора тестов программы «АСТ – тест» порядка 10 тестов по 3 задания в каждом тесте, задаваемых методом случайной выборки. Использовать эти тесты для сдачи задолженностей студентами, пропустившими семинар или получившими на нем неудовлетворительную оценку.

3. Основные теоретические сведения

Введение

Материя хотя и переводится с латыни как вещество, в настоящее время рассматривается как более широкое понятие. В философии под материей понимается философская категория для обозначения объективной реальности, включающей в себя бесконечное множество всех существующих в мире объектов и систем, а также любых форм движения, отношений и взаимодействий. В физике используется более узкий подход: *материя – это фундаментальное понятие, связанное с любыми существующими в природе объектами, о которых можно судить по оказываемому с их стороны воздействию или реакции*. При этом оказываемое воздействие мы можем воспринимать непосредственно через органы чувств, благодаря ощущениям, или установить его наличие при помощи каких-либо приборов.

Материя существует в пространстве и времени. Со времен У. Оккама (1285–1349) в естествознании принято считать, что пространство – это мера протяженности и структуры материи, а время – мера длительности процессов, происходящих в материальном мире. Представления о свойствах пространства и времени при этом испытали серьезные изменения в ходе развития взглядов на строение материи. Если у Ньютона пространство и время абсолютны, причем пространство рассматривается как вместительница вещей, а время – как вместительница событий, то уже у Лейбница, а в последствии у Эйнштейна, материя сама задает свойства пространства-времени.

В современной физике выделяют *три формы существования материи: вещество, поле и физический вакуум*. Однако физика не занимается изучением живой природы. Особенности организации и движения материи в живых системах изучает биология – другая естественная наука. Данный семинар посвящен вопросам строения и эволюции материи во всех ее физических проявлениях.

3.1. Вещество как форма существования материи

В физике *вещество рассматривается как вид материи, обладающий массой покоя и дискретной структурой, образуемой взаимодействующими системами фундаментальных частиц*.

Стандартная модель строения вещества, сложившаяся в современной физике, исходит из того, что вся «видимая» материя во Вселенной состоит из фундаментальных частиц трех типов: *лептонов, кварков* и носителей взаимодействия – *бозонов* [1].

Фундаментальные частицы связаны с четырьмя типами известных науке *фундаментальных взаимодействий: гравитационным, слабым,*

электромагнитным и сильным. Из них самое слабое по интенсивности – гравитационное взаимодействие. Оно описывается законом Всемирного тяготения. Ему подвержены все вещественные тела. Благодаря ему существуют звезды и планеты. Следующее по интенсивности – слабое взаимодействие. Тем не менее, оно сильнее гравитационного в 10^{28} раз. Его радиус действия очень мал ($\sim 10^{-15}$ м). Поэтому в нем участвуют лишь легкие ядерные частицы – лептоны (электроны, мюоны, нейтрино) и кварки, из которых состоят тяжелые частицы – адроны (протоны, нейтроны, бозоны и др.). Благодаря слабому взаимодействию происходят реакции термоядерного синтеза – источник энергии звезд. Третье по интенсивности – электромагнитное взаимодействие. Оно осуществляется между электрически заряженными лептонами и кварками. Как и гравитационное, электромагнитное взаимодействие убывает обратно пропорционально квадрату расстояния. Оно описывается законом Кулона и сильнее слабого взаимодействия в 10^8 раз. Электромагнитное взаимодействие и электромагнитные волны, в частности, свет играют ключевую роль в распространении информации о космических объектах и создании условий для жизни на Земле и других планетах. Самым сильным взаимодействием, в 10^2 раз более сильным, чем электромагнитное, является сильное взаимодействие. Как и слабое взаимодействие, оно является короткодействующим (радиус действия $\sim 10^{-15}$ м), но осуществляется только между кварками. Его особенностью является то, что взаимодействие между кварками растет с увеличением расстояния между ними. Поэтому в свободном состоянии кварки существовать не могут. Сильное взаимодействие обеспечивает возможность существования химических элементов.

Что касается самих кварков, то их насчитывается шесть видов: *u* – верхний (от англ. *up*), *d* – нижний (от англ. *down*), *s* – странный (от англ. *strange*), *c* – очарованный (от англ. *charm*), *b* – красивый (от англ. *buty*) и *t* – истинный (от англ. *truth*). Конечно, эти названия не следует понимать буквально. Они лишь косвенно отражают некоторые особенности в поведении самих кварков и скорее являются плодом остроумия физиков, чем носителями характерных признаков частиц.

Каждому фундаментальному взаимодействию соответствует свой переносчик – бозон. Бозоны являются частицами с целым значением спина и подчиняются статистике Бозе – Эйнштейна (отсюда и название). Переносчиком гравитационного взаимодействия является гравитон (*G*) – частица, существование которой предсказано пока только теоретически. Слабое взаимодействие переносится *W*- и *Z*-бозонами. Электромагнитное взаимодействие – фотонами (γ). Переносчиками сильного взаимодействия между кварками являются глюоны (*g*).

Таблица всех фундаментальных частиц согласно Стандартной модели строения вещества представлена на рис. 1.

Кварки	u	c	t	γ	Бозоны-переносчики
	d	s	b	g	
Лептоны	ν_e	ν_μ	ν_τ	Z	
	e	μ	τ	W	
	I	II	III		

Три поколения материи

Рис. 1. Фундаментальные частицы

Частицы сгруппированы в три поколения. Все видимое вещество современной Вселенной состоит из частиц первого поколения: u - и d -кварков, электронов (e) и электронных нейтрино (ν_e). Частицы второго и третьего поколения в естественном состоянии в современной Вселенной отсутствуют, но существовали прежде на ранних этапах ее эволюции и могут быть получены искусственно в ходе ядерных реакций. Это мюоны (μ) и мюонные нейтрино (ν_μ), тау-лептоны (τ) и тау-лептонные нейтрино (ν_τ). Необходимо отметить, что каждой частице соответствует античастица – частица с такой же массой покоя, но с противоположными по знаку зарядами (электрическим, барионным и лептонным) и противоположной ориентацией спина.

3.2. Поле как форма существования материи

Особой формой материи являются *физические поля* [2]. Под *физическим полем* понимается состояние пространства, возмущенное благодаря наличию в нем того или иного фундаментального силового взаимодействия. В связи с этим можно говорить о *гравитационном поле*, *электромагнитном поле*, *поле слабых сил*, *поле сильных ядерных сил*. Любое физическое поле не обладает массой покоя и имеет континуальную (непрерывную) структуру. Колебания характеристик силового поля распространяются в пространстве в виде соответствующих волн, например, электромагнитных. Рассмотренные в предыдущем разделе бозоны-переносчики фундаментальных взаимодействий,

по сути дела, являются квантами колебаний соответствующих полей. Фотоны – это кванты колебаний электромагнитного поля, гравитоны – кванты колебаний гравитационного поля, W - и Z -бозоны – кванты колебаний поля слабых сил, глюоны – кванты колебаний поля сильных ядерных сил.

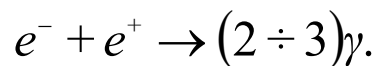
Физическое поле представляет собой среду, обеспечивающую взаимодействие вещественных тел путем *близкодействия*. Это означает, что воздействие одного тела на другое передается не мгновенно (дальнодействие), а требует определенного времени, необходимого для распространения импульса соответствующей силы.

Поскольку различные формы материи могут переходить друг в друга, то в природе имеют место превращения вещества в поле и обратные процессы. В основе этих явлений лежит открытая Эйнштейном связь массы и энергии:

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

где ΔE – изменение энергии, эквивалентное изменению массы Δm , c – электродинамическая постоянная (скорость света в вакууме).

Примером превращения вещества в поле, точнее в кванты колебаний электромагнитного поля, является аннигиляция (от лат. *annihilation* – уничтожение) электрона и позитрона при их столкновении:



При этом суммарная энергия покоя частицы (электрон) и античастицы (позитрон) переходит в кинетическую энергию двух или трех, в зависимости от ориентации спинов электрона и позитрона, гамма-квантов (фотонов).

Возможен и обратный процесс – рождение электронно-позитронных *пар*. Для этого необходимо, чтобы энергия γ -излучения превышала суммарную энергию покоя частицы и античастицы: $E_\gamma \geq 2m_0c^2$. В случае рождения электронно-позитронной пары $E_\gamma \geq 1,022$ МэВ.

Наряду с законом сохранения энергии в процессе рождения пар частица-античастица важное значение имеет закон сохранения импульса. Он, в частности, запрещает рождение в вакууме таких пар одним фотоном. Дело в том, что фотон имеет конечное значение импульса, а рождающаяся пара частица-античастица в своей системе центра масс имеет нулевой импульс. Поэтому необходимо либо наличие, как минимум, двух фотонов с суммарной энергией, превышающей $2m_0c^2$, либо столкновение фотона с другой массивной частицей, например, атомным ядром, которое возьмет на себя его импульс.

3.3. Физический вакуум как форма существования материи

Термин «вакуум» в переводе с латинского означает «пустота». Однако космическое пространство, даже в отдалении от космических объектов (звезд и планет), никогда не бывает пустым. Эта среда заполнена множеством взаимодействующих между собой *виртуальных частиц*, не проявленных в нашем мире ввиду того, что их время жизни много меньше времени, необходимого для их регистрации. При взаимодействии таких частиц между собой некоторые из них могут приобрести энергию, во много раз увеличивающую время их существования.

Действительно, в квантовой физике существует соотношение неопределенностей Гейзенберга, которое может быть записано в виде

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar,$$

где ΔE и Δt – соответственно неопределенности в значениях энергии и времени жизни частицы в состоянии с такой энергией, $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – приведенная постоянная Планка. Из него следует, что при некотором пороговом значении энергии время жизни виртуальной частицы может возрасти до значения, при котором возможно ее наблюдение. Для внешнего наблюдателя это выглядит как рождение «ниоткуда» материи в виде пары частица-античастица.

По сути дела в современной физике физический вакуум заменяет понятие «эфир», которое было отвергнуто Эйнштейном в ходе закладки им основ специальной теории относительности. Напомним вкратце историю вопроса. Из отрицательного результата опыта Майкельсона – Морли был сделан вывод, что свет во всех инерциальных системах отсчета распространяется в вакууме с одной и той же скоростью. Стало быть, отпадает необходимость в использовании абсолютной неподвижной системы отсчета, связанной с некой идеальной средой, получившей название «эфир», относительно которой движутся звезды, планеты, различные другие объекты и частицы, а также распространяются колебания физических полей – волны, в том числе и свет как частный случай электромагнитных волн. Однако открытие виртуальных частиц позволяет рассматривать физический вакуум как форму материи, находящуюся в самом низком энергетическом состоянии. Согласно квантовой физике это означает, такая материя не имеет поступательного движения, а может совершать только так называемые «нулевые» колебания, как и гипотетический некогда «эфир».

Заключение

Изложенные выше аспекты строения материи охватывают основные принципы существования и функционирования всех объектов микро-, макро- и мегамира. Однако в рамках каждого из этих уровней строения материи остается еще много вопросов, требующих своего решения для более полного понимания мироздания.

Так, например, существенной деталью описанной нами выше Стандартной модели строения вещества является вывод о необходимости существования особой частицы, ответственной за массу покоя всех известных частиц – *бозона Хиггса*. Необходимость появления такой частицы вытекает из разработанной в 1960-х годах английским физиком П. Хиггсом теории спонтанного нарушения электро-слабой симметрии, объясняющей природу массы *W*- и *Z*-бозонов. Важность бозона Хиггса для понимания устройства Вселенной столь велика, что в средствах массовой информации его характеризуют как частицу Бога. На экспериментальное обнаружение бозона Хиггса сейчас брошены колоссальные финансовые средства и усилия ученых многих стран. Ожидается, что его можно будет обнаружить на большом адронном коллайдере – ускорителе заряженных частиц, предназначенном для разгона протонов и тяжелых ионов и изучения продуктов их соударений. Такой коллайдер построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований недалеко от Женевы.

Остается много неясного и с проблемой, так называемой *темной материи*. Исследование анизотропии *реликтового излучения Вселенной* показало, что на долю видимой барионной материи приходится лишь 4,4 %. Около 23 % материи Вселенной приходится на долю темной материи, большая часть которой имеет не барионную природу, т. е. не связана с адронами, к которым относятся барионы – частицы, состоящие из трех кварков. Однако основная часть материи в нашей Вселенной содержится в виде *темной материи* (72,6 %). Суть дела в следующем: данные астрономических наблюдений говорят о том, что кривизна Вселенной близка к нулю, т. е. ее плотность близка к критической плотности, при которой расширение Вселенной должно впоследствии смениться ее сжатием. В то же время наблюдаемое значение средней плотности светящейся материи составляет лишь около 1 % от критического значения. Получается, что мы еще очень мало знаем о природе и свойствах основной материи в нашей Вселенной, о природе имеющихся в ней форм движения энергии.

Тем не менее, ученые уже накопили большой опыт теоретического и экспериментального исследования фундаментальных взаимодействий в природе, глубоко проникли вглубь строения вещества, в понимание основных законов организации и функционирования материи. Это вселяет уверенность в то, что и нерешенные пока вопросы со временем получат свое решение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Окунь, Л. Б. Лептоны и кварки / Л. Б. Окунь. – М. : Изд. ЛКИ, 2008. – 352 с.
2. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2001. – 534 с.
3. Латыпов, Н. Н. Вакуум, элементарные частицы и Вселенная / Н. Н. Латыпов, В. А. Бейлин, Г. М. Верешков. – М. : Изд. МГУ, 2001. – 232 с.

4. Контрольные задания и вопросы

4.1. Задания закрытого типа

4.1.1. Специальная теория относительности была разработана

- Морли
- Эйнштейном
- Хиггсом
- Бозе

4.1.2. У бозона спин

- целый
- дробный
- равен 1
- равен 0

4.1.3. Позитрон – это античастица для

- протона
- электрона
- мезона
- лептона

4.1.4. К фундаментальным частицам относятся

- кварки
- лептоны
- бозоны-переносчики взаимодействий
- адроны

4.1.5. Переносчиком гравитационного взаимодействия является

- фотон
- гравитон
- глюон
- W-бозон
- Z-бозон

4.1.6. Существуют следующие виды фундаментальных взаимодействий

- сильное
- слабое
- гравитационное
- электромагнитное
- прямое

4.2. Задания открытого типа

- 4.2.1. Согласно У. Оккаму, мерой протяженности и структуры материи является
- 4.2.2. В современной физике выделяют следующие три вида существования материи: ..., ...,
- 4.2.3. Согласно У. Оккаму, мерой длительности процессов происходящих в материальном мире является
- 4.2.4. Переносчиком сильного взаимодействия является
- 4.2.5. Слабое взаимодействие сильнее гравитационного в ... раз.
- 4.2.6. В настоящее время известно видов кварков.
- 4.2.7. Фундаментальное взаимодействие, которое проявляет себя по действию на электрически заряженные тела, называется
- 4.2.8. Состояние пространства, возмущенное благодаря наличию в нем того или иного фундаментального силового взаимодействия называется
- 4.2.9. Термин «вакуум» в переводе с латыни означает

4.3. Задания на установления соответствия

4.3.1. Соответствие между видом фундаментального взаимодействия и его источником

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="radio"/> 1 гравитационное | <input type="radio"/> заряженные частицы |
| <input checked="" type="radio"/> 2 электромагнитное | <input type="radio"/> кварки |
| <input checked="" type="radio"/> 3 сильное | <input type="radio"/> лептоны |
| <input checked="" type="radio"/> 4 слабое | <input type="radio"/> тела, обладающие массой |

4.3.2. Соответствие между фундаментальным взаимодействием и его переносчиком

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="radio"/> 1 гравитационное | <input type="radio"/> фотоны |
| <input type="radio"/> 2 электромагнитное | <input type="radio"/> гравитоны |
| <input type="radio"/> 3 слабое | <input type="radio"/> глюоны |
| <input type="radio"/> 4 сильное | <input type="radio"/> W - и Z -бозоны |

Учебное издание

Строение материи

Составители Р. А. Браже, А. А. Гришина

Методические указания

Усл. печ. л. 1,00.

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

Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32.