

**КВАРКОВАЯ МОДЕЛЬ СТРОЕНИЯ МАТЕРИИ**

*Е.П. Теслева, к.ф.-м.н., доц., Н.С. Гринченкова, студент гр. 17Г20,  
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Загадочное слово «кварки» вот уже тридцать с лишним лет будоражит мир науки. Физики сами придумали эту «частицу из частиц» – самый мельчайший, изначальный «кирпичик» мироздания. В отличие, скажем, от электрона или протона, у которых заряд равен единице, у кварков он должен быть дробным – составлять от нее какую-то часть и, следовательно, из кварков, как из «кирпичиков», могут состоять самые разные элементарные частицы. Идея кварков была столь заманчивой, что их искали в космосе и на земле. Не раз уже высказывалось мнение, что в природе кварков нет. Но ставились новые эксперименты и наука сталкивалась с явлениями, объяснить которые можно было, лишь согласившись, что кварки существуют [1].

Древние греки, Левкипп и Демокрит первыми выдвинули предположение, что все вокруг нас состоит из маленьких частиц – атомов (от др.- греч. ἄτομος – неделимый). В течение последних нескольких сотен лет физики обнаружили, что атомы не являются твердыми и не делимыми и несколько раз менялись представления о строении атома. Еще несколько десятилетий назад физики считали, что существует более двухсот элементарных частиц. Однако дальнейшие исследования показали, что природа гораздо более экономна в своих свершениях; многие частицы, считавшиеся элементарными, оказались составными. Среди современных теорий строения материи можно выделить кварковую теорию, теорию струн, теорию суперструн.

Согласно *кварковой теории* все частицы класса адроны состоят из еще более мелких частиц – кварков. Согласно теории струн, в основе мироздания лежат не микрочастицы, а струны, столь микроскопические, что их возможно только вычислить. Видимые микрочастицы – это порождение вибраций этих струн (Альберт Эйнштейн, Эдвард Виттен, Стивен Вайнберг). Эволюция теории струн привела к формированию теории суперструн. Необходимость такого преобразования была связана с развитием теории суперсимметрий, которые предполагали определенную симметрию между частицами вещества и поля. Соответственно, поскольку теория струн описывала элементарные частицы, требование суперсимметрии стало необходимым требованием и для струнной теории. Суперструны существуют в 10-мерном пространстве-времени. Для того чтобы с помощью теории суперструн описать Вселенную, нужно связать между собой 10-мерное и 4-мерное (3 пространственные и одна временная координаты, которые подвластны человеческому восприятию) пространства. Для этого 6 дополнительных измерений сворачивают до очень маленького размера. В итоге получается привычное нам 4-мерное пространство, каждой точке которого отвечает крохотное 6-мерное пространство (Брайан Грин, Джон Шварц).

Наиболее активно развиваемой в настоящее время считается кварковая теория строения материи. Кварковая модель строения адронов была впервые выдвинута М. Гелл-Манном и, независимо от него, Дж. Цвейгом в 1964. Слово «кварк» было заимствовано Гелл-Манном из романа Дж. Джойса «Поминки по Финнегану», где в одном из эпизодов звучит фраза «Три кварка для мистера Марка!». Само слово «quark» в этой фразе предположительно является звукоподражанием крику морских птиц. Дж. Цвейг называл их тузами, но данное название не прижилось и забылось – возможно, потому, что тузов четыре, а кварков в первоначальной модели было три (u, d, s) [2].

Таблица 1

Свойства кварков						
	Название рус.	Символ (аромат)	Название	Заряд e	Масса, m	Спин
Первое поколение	верхний	u	up	+2/3	~ 3МэВ/c <sup>2</sup>	1/2
	нижний	d	down	-1/3	~ 5МэВ/c <sup>2</sup>	1/2
Второе поколение	очарованный	c	Charm (charmed)	+2/3	1,8 ГэВ/c <sup>2</sup>	1/2
	странный	s	strange	-1/3	95 ± 25МэВ/c <sup>2</sup>	1/2
Третье поколение	истинный	t	truth (top)	+2/3	171 ГэВ/c <sup>2</sup>	1/2
	прелестный	b	Beauty (bottom)	-1/3	4,5 ГэВ/c <sup>2</sup>	1/2

Современная кварковая модель содержит 6 типов (ароматов) кварков: up (верхний), down (нижний), charm (очарованный), strange (странный), top (истинный). Кварки делятся на 3 семейства (поколения), отличающиеся только массой и ароматом. В отличие от других элементарных частиц, кварки имеют дробный электрический заряд, и участвуют во всех фундаментальных взаимодействиях, включая электромагнитное, слабое, сильное и гравитационное. Кварки верхнего ряда (u, c, t) имеют электрический заряд  $q = +2/3e$ , нижнего ряда (d, s, b) имеют электрический заряд  $q = -1/3e$ , где  $e$  – абсолютная величина заряда электрона. Следует отметить, что до кварковой теории считалось, что в природе не может существовать заряд меньше заряда электрона. Кварк каждого типа имеет три цветовых состояния (красный, синий и зеленый), хотя к обычному цвету это не имеет отношения. Кварки никогда не встречаются поодиночке, а только внутри связанных состояний, которые обязательно должны быть «бесцветны». Это означает, что хотя они могут быть внутри адронов, но при распаде частиц кварки каким-то образом комбинируются так, что в результате в продуктах распада видны не кварки, а только какие-то элементарные частицы. Данную ситуацию описывают как конфайнмент, то есть удержание кварков внутри адронов. Вследствие ненаблюдаемости кварков все их свойства определяются путём расчётов косвенным путём через свойства адронов [3].

U-кварк и d-кварк имеют наименьшие массы среди кварков, а самыми тяжелыми являются b и t кварки. Так, например, топ-кварк в 173 раза тяжелее, чем протон. Пробирка, наполненная t-кварками будет весить столько же, сколько земной шар. Каждый кварк имеет антикварк.

Первая странная частица т.е. частица, содержащая странный кварк – каон – была открыта ещё в 1947 г., но сам s-кварк не был известен, пока Гелл-Манн и Цвейг не разработали кварковую модель в 1964 г. Первые экспериментальные доказательства существования нижнего кварка, были получены в 1967 г., верхнего – в 1968 г. в Национальной ускорительной лаборатории SLAC (Стэнфордский центр линейного ускорителя, США). S-кварк был предсказан в 1970 г. Шелдоном Глэшоу, Джоном Илиопулосом и Лучано Майяни и впервые зарегистрирован в 1974 г. в SLAC группой, которой руководил Бёртон Рихтер, и в BNL группой, которой руководил Сэмюэл Чао Чунг Тинг. В-кварк был открыт в 1977 году в лаборатории Фермилаб, руководитель эксперимента – Леон Ледерман и др. Т-кварк был открыт в 1995 году в экспериментах на коллайдере Теватрон в американской лаборатории Фермилаб. До запуска Большого адронного коллайдера Теватрон был единственным в мире экспериментальным комплексом, где могла родиться пара t-кварков.

Согласно кварковой модели все адроны состоят из кварков. Мезоны состоят из кварка и антикварка, символически  $M = (q\bar{q})$ ; а барионы – из трех кварков, символически  $B = (qqq)$ . Кварковый состав некоторых адронов приведен в таблице 2. Из трех кварков можно построить нуклоны, т.е. протон и нейтрон:  $p=(uud)$ ,  $n=(udd)$  [4].

Таблица 2

Кварковый состав адронов

Комбинация кварков	Название
uud	Протон
udd	Нейтрон
uds	Сигма ноль
dds	Сигма минус
uus	Сигма плюс
uss	Кси ноль
dss	Кси минус
uds	Лямбда

Дальнейшее развитие кварковой теории привело к формированию нового раздела в физике – квантовой хромодинамики – теории сильных взаимодействий кварков. В 1973 г. почти одновременно появились три статьи разных авторов, предположивших, что сильное взаимодействие между кварками осуществляется безмассовыми частицами. Одна из этих статей была написана А. Саламом и И. Пати, другая – М. Гелл-Манном, Р. Фричем и Г. Лейтвиллером, третья – С. Вайнбергом. Частицы, осуществляющие сильное взаимодействие, названы глюонами (от англ. glue – клей). Они играют роль, аналогичную роли фотонов в электродинамике.

В 1974 году Джогешем Пати и Абдусом Саламом впервые было использовано название «преоны» – гипотетические элементарные частицы, из которых могут состоять кварки и лептоны. Пик

интереса к преонным моделям приходился на 80-е годы XX века, после чего этот интерес заметно спал, так как многие из этих моделей противоречили экспериментальным данным, полученным на ускорителях. В последние годы оптимизм в отношении теории струн начал несколько иссякать, что и возродило интерес к преонным моделям.

В заключение хотелось бы отметить, что физика не стоит на месте, особенно физика элементарных частиц. Эта одна из молодых областей знания, поэтому многие открытия еще впереди. Она поможет глубже понять строение мира и откроет перед человечеством новые горизонты знания.

Литература.

1. По следам кварков // Библиотекарь.ru [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.bibliotekar.ru/evrika/5-4.htm>
2. Намбу Е. Кварки. М.: Мир, 1984. 225 с.
3. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. М.: URSS, 2013. 352 с.
4. Славятинский С. А. Фундаментальные частицы // Научная сеть [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1184530&uri=text3.html>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ ЛАПЛАСА И ОТРЫВА ПЛАСТИНЫ

*Е.П. Теслева, к.ф.-м.н., доц., И.В. Карпионова, студент гр. 17Г20*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

В природе наряду с силами тяготения, трения, упругости есть менее заметные, но не менее важные силы – силы поверхностного натяжения. Силы эти сравнительно невелики, их действия никогда не вызывают мощных эффектов. Тем не менее, мы не можем налить воды в стакан, вообще ничего не можем проделать с какой-либо жидкостью без того, чтобы не привести в действие силы поверхностного натяжения.

*Цель нашей работы* состоит в исследовании поверхностного натяжения жидкостей.

Для достижения данной цели были поставлены следующие *задачи*:

1. Изучить физические основы явления поверхностного натяжения.
2. Проанализировать методы определения поверхностного натяжения жидкостей.
3. Произвести оценку поверхностного натяжения методом Лапласа и отрыва пластины разных жидкостей.

Поверхностное натяжение является определяющим фактором многих технологических процессов: флотации, пропитки пористых материалов, нанесения покрытий, моющего действия, порошковой металлургии, пайки и др. Велика роль поверхностного натяжения в процессах, происходящих в невесомости. Очень разнообразна роль поверхностных явлений в жизни живой природы [1-3].

Существующие методы определения поверхностного натяжения делятся на три группы: статические, полустатические и динамические.

*Статическими методами* определяется поверхностное натяжение практически неподвижных поверхностей, образованных задолго до начала измерений и поэтому находящихся в равновесии с объемом жидкости. К этим методам относится метод капиллярного поднятия и метод лежащей или висящей капли (пузырька), метод Лапласа.

*Полустатическими* называются методы определения поверхностного натяжения границы раздела фаз, возникающей и периодически обновляемой в процессе измерения (метод максимального давления пузырька и сталагмометрический метод), а также методы отрыва кольца и метода втягивания пластины. Эти методы позволяют определить равновесное значение поверхностного натяжения, если измерения производятся в таких условиях, что время, в течение которого происходит формирование поверхности раздела, значительно больше времени установления равновесия в системе.

*Динамические методы* основаны на том, что некоторые виды механических воздействий на жидкость сопровождаются периодическими растяжениями и сжатиями ее поверхности, на которые влияет поверхностное натяжение. Этими методами определяется неравновесное значение. К динамическим методам относятся методы капиллярных волн и колеблющейся струи [3].

В качестве методов экспериментального определения коэффициента поверхностного натяжения нами были выбраны статический метод Лапласа и полустатический метод отрыва пластины. В лаборатории физики специально для экспериментов были сконструированы две установки. Проверка