

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

(ГОУВПО "АмГУ")

М.А. Мельникова

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО

ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ИЗБРАННЫЕ РАЗДЕЛЫ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Учебное пособие

Благовещенск

2005

*Печатается по решению
Редакционно-издательского совета
Инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Мельникова М.А.

Концепции современного естествознания: избранные разделы. Часть первая. Учебное пособие. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005.

Пособие призвано оказать помощь студентам в подготовке к семинарам по темам: наука и научный метод, пространство и время, фундаментальные взаимодействия и элементарные частицы в рамках предмета «Концепции современного естествознания».

Пособие содержит три раздела в соответствии с вышеназванными темами. Каждый раздел состоит из теоретической части, вопросов для самоконтроля и библиографического списка.

Пособие предназначено для студентов экономических и гуманитарных специальностей, изучающих предмет концепции современного естествознания как очного, так и заочного обучения.

Рецензенты: И.Б. Копылова, доц. каф. физики АмГУ, канд. физ.-мат. наук;
И.А. Луценко, с.н.с.ИГиП ДВО РАН, канд. хим. наук.

© Амурский государственный университет, 2005

ВВЕДЕНИЕ

В рамках предмета «Концепции современного естествознания» формируется естественно-научное мировоззрение, адекватная картина Мира с помощью всех тех знаний, которые были получены сугубо научными методами. Поэтому, прежде всего, при изучении данного предмета необходимо понять что такое наука; с каким трудом, по крупицам, в спорах добываются научные истины; понять, что кроме науки существует также лже-наука, представители которой устремляются со своими «псевдо-знаниями» туда, где истинная наука не успела ответить на поставленные ею же вопросы.

Наука решает вопросы с помощью научных методов. Знание научных методов, позволяет оценить подходы, приемы, которые используют ученые-естественники в своих исследованиях. И в этом смысле интерес представляет перечисление и краткая характеристика ряда научных методов, широко применяемых в физике, химии и биологии, а также проявление явной связи этих наук уже на уровне методологии.

Глобальными темами предмета «Концепции современного естествознания» в рамках физико-философских концепций являются темы: пространство и время, законы сохранения, фундаментальные взаимодействия, элементарные частицы.

В данном пособии эти темы рассматриваются в гуманитарном аспекте с позиции истории развития и формирования вопросов, с привлечением психофизиологических возможностей человека в осмыслении, по крайней мере, пространства и времени.

Материал, изложенный в третьем разделе, характеризует основу нашего мира – элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия, а также вводит студентов в область почти научной фантастики – поиски единой теории, которая, объединив все фундаментальные взаимодействия, поможет человечеству уверенно ответить на вопросы, связанные с рождением и эволюцией Вселенной.

НАУКА И НАУЧНЫЙ МЕТОД

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ АДЕКВАТНОЙ КАРТИНЫ МИРА

1. Образ науки

Наука – это специфическая деятельность людей. Цель науки – получение знаний о реальности. Продукт научной деятельности – знания. Однако знания приобретаются не только в науке. Поэтому знания бывают научные и ненаучные.

Существует совокупность критериев научности, используя которые профессионалы легко отличают научную работу от ненаучной.

Например, ненаучной является работа, обосновывающая возможность построения вечного двигателя; ненаучными являются работы в области астрологии. Но к научным работам относятся гипотезы, имеющие поисковый характер и являющиеся «строительными лесами» соответствующего научного знания.

Установление истинного знания в науке жестко регламентируется на эмпирическом уровне *«там, где имеются вещественные свидетельства, нет необходимости в словах»* – О. Фон Герике.

Установление истинного знания на уровне теорий значительно сложнее. *«Неправильная теория, не наталкивающаяся на противоречие, не становится от этого менее неправильной»* – Л. Брауэр.

«Установление истины на теоретическом уровне в принципе невозможно. Любое теоретическое высказывание всегда имеет шанс быть опровергнутым в будущем» – К. Поппер.

Важнейшим отличительным качеством научного знания является его системность. Особенность научной систематизации: стремление к полноте, ясное представление об основаниях систематизации и их непротиворечивости.

Элементами научного знания являются факты, закономерности, теории, научные картины мира.

Огромная область научных знаний разделена на отдельные дисциплины, которые находятся в определенной взаимосвязи и единстве друг с другом.

Отличительная особенность науки от не науки (лженауки) стремление доказать получаемое знание. Поэтому некоторые историки науки считают, что зарождение математики как науки произошло в Древней Греции. В частности, Фалес Милетский первым поставил вопрос о необходимости доказательства геометрических утверждений, и сам осуществил целый ряд таких доказательств.

Способы обоснования полученного эмпирического знания:

Многократные проверки наблюдениями и экспериментами, обращение к работам, осуществляемым другими учеными в этой же области науки и в этом же направлении.

Способы обоснования теоретических концепций:

- концепция должна быть непротиворечивой;
- соответствовать эмпирическим данным;
- иметь возможность описывать известные явления;
- иметь возможность предсказывать новые явления.

Ученый, выдвигая гипотезу, ищет не столько ее подтверждение, сколько опровержения, что выражает критический дух науки. Наибольшую ценность в науке имеют оригинальные, смелые идеи, которые, вместе с тем, подтверждаются опытом. Именно они продвигают научное знание к новым высотам. По выражению Н. Бора, подлинно глубокая новая теория должна быть в определенном смысле сумасшедшей. Она должна порывать с прежним образом мысли, со старыми стандартами мышления.

Классические образцы такого рода теорий: неевклидова геометрия, теория эволюции, молекулярная генетика, теория относительности, квантовая механика.

Но ориентированность на новации сочетается в науке с жестким консерватизмом, который представляет собой надежный заслон лженаучным идеям.

Еще одна особенность науки. Открытия в науке делают вполне определенные ученые. Их имена присваивают тем или иным законам, принципам, теориям, но, если бы не было И. Ньютона, Ч. Дарвина, А. Эйнштейна, то эти открытия появились бы все равно потому, что они представляют необходимый этап развития науки.

Продуктом науки являются не только знания, но и:

методы исследования, приборы, способы переработки и хранения информации, которые находят широкое применение за пределами науки, например, в производстве;

рациональный стиль, который в настоящее время транслируется во все сферы человеческой деятельности;

наука представляет собой источник нравственных ценностей. Она демонстрирует нам такого рода профессию, в которой честность, объективность являются важнейшими элементами профессиональной этики.

В науке выделяют эмпирический и теоретический уровни познания, каждый из которых имеет свои специфические методы исследования.

Эмпирическое познание поставляет науке факты. Важнейшие методы получения эмпирического знания являются наблюдения, эксперимент, измерения.

Сущность **теоретического познания** заключается не только в описании и объяснении фактов и закономерностей, накопленных в процессе эмпирических исследований, но и в стремлении ученых раскрыть гармонию мироздания.

Содержание теории определяется основными принципами, положенными в ее основу. Теории не являются прямым обобщением эмпирических фактов. Они возникают в сложном взаимодействии теоретического мышления и эмпирического познания реальности, в результате разрешения внутренних чисто теоретических проблем, в результате взаимодействия науки и культуры в целом.

Теоретики в своих исследованиях применяют моделирование, мысленный эксперимент (был впервые применен Г. Галилеем), математический эксперимент. Большое значение для теоретических исследований имеет философское осмысление сложившихся познавательных традиций. Обращение к философии становится особенно актуальным в переломные этапы развития науки.

Средствами научного познания являются:

язык: специфическая лексика, особая стилистика, понятия, термины;

математика. *«Книга природы написана языком математики»* – Г. Галилей. Арсенал математики активно входит в самую ткань теоретических построений буквально во всех науках;

приборы и аппаратура, эталоны;

компьютеры, используемые для планирования эксперимента, моделирования, хранения информации и т.п.

Наука по самой своей сути – социальное явление. Она создается сообществом ученых на протяжении более двух тысячелетий и представляет собой не только отношение ученого к познаваемой им действительности, но и определенную систему взаимосвязей между членами научного сообщества.

Сегодня наука представляет собой мощную отрасль по производству знаний с огромной материальной базой, с развитой системой коммуникаций. Наука сегодня – это специальная профессиональная деятельность, дело, которому человек посвящает всю свою жизнь.

Научная деятельность сегодня – это совместная работа творческих коллективов. Это специализация не только по отдельным областям науки или даже отдельным ее проблемам, но и распределение различных функций в научной деятельности.

Есть институты, которые не занимаются экспериментальной деятельностью (институты теоретической физики). Существует специальная деятельность, направленная на создание приборов, установок и других средств научных исследований.

Наука не мыслима без менеджерских функций, без добывания средств для ее развития и умения эффективно их использовать.

Кроме того, в научных коллективах идет своя дифференциация научной деятельности: кто-то выдвигает идеи, кто-то их обосновывает, кто-то их разрабатывает и т.п.

Жизнь в науке наполнена как творческими исканиями, так и рутинным трудом. Ученые вступают в сложные отношения со своими коллегами, с общественным мнением. От ученого требуется постоянное подтверждение его профессиональности, которое осуществляется через систему публикаций и через общественное признание.

Жизнь в науке – это постоянная борьба различных мнений, направлений, борьба за признание работ, идей ученого, борьба за приоритет в полученном результате.

Как будет развиваться наука в XXI веке?

1. Материальные средства и интеллектуальные вложения в науку будут возрастать.

2. Производительность труда ученых увеличится (за счет компьютеризации и технических средств) без роста числа научных кадров.

3. Вероятно, математика останется лидером в науке и предоставит новые возможности для ее применения.

4. Человечество сконцентрирует свое внимание на гуманитарных проблемах: изучение жизни человека, его развития, поведения, здоровья, раскрытие тайн психики, постижение закономерностей функционирования и развития общества, экономики, культуры.

5. Большие силы будут сосредоточены на стремлении человека получить и эффективно использовать новые источники энергии.

6. Колоссальное развитие получают информационные технологии (переработка, хранение и передача информации).

7. Большое внимание будет уделено проблемам рационального использования природных ресурсов, эффективного воздействия на живые организмы и управления биосферными процессами.

8. Усилится взаимодействие наук (интеграция наук), появятся новые комплексные научные дисциплины.

Но интеграционные процессы тормозятся существенной специализацией в науке. Развитие науки становится все больше похожим на строительство вавилонской башни, которое прекратилось потому, что люди перестали понимать друг друга. Чтобы этого не случилось в науке, необходимо найти новые, современные формы образования.

Кроме того, как показывает история науки, широкое образование и высокая культура ученого совершенно необходимы для выхода за пределы ординарности, для получения выдающихся результатов. Так:

Н. Коперник был не только астрономом, но также врачом, государственным деятелем, проявлял интерес к философии.

Г. Галилей занимался математикой, физикой, астрономией, рисовал, играл на музыкальных инструментах, писал стихи, сочинял комедии, занимался литературной критикой. По его собственным словам, изучению философии он посвятил больше времени, чем занятиям математикой.

Такая широта образования и разносторонности интересов была присуща не только ученым эпохи возрождения, но и выдающимся деятелям науки всех времен, в том числе и XX века. Пример тому В. Гумбольдт, Дж. Максвелл, Л. Больцман, Д.И. Менделеев, И.М. Сеченов, А. Пуанкаре, Н. Винер, М. Планк, А. Эйнштейн, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, М. Борн, В.И. Вернадский.

2. Проблема возникновения науки

Когда возникла наука? Историки науки предлагают различные ответы на вопрос о дате и месте рождения науки. Рассмотрим некоторые из них.

1. Если считать, что наукой является любая практическая и познавательная деятельность, то можно сказать, что наука возникла в каменном веке, т.к.

уже с тех времен человек в процессе непосредственной жизнедеятельности начинает накапливать и передавать другим знания о мире.

2. Если считать, что наука – это сознательное целенаправленное исследование природы, то наука возникла 25 веков назад (примерно в V в. до н.э.) в Древней Греции. В это время на фоне разложения мифологического мышления возникают первые программы исследования природы, осознаются некоторые фундаментальные принципы познания природы.

Ко времени становления древнегреческой цивилизации древними культурами Востока был уже накоплен определенный значительный культурно-исторический опыт.

Историк античной науки И.Д. Рожанский пишет: *«В странах Ближнего Востока математические, астрономические, медицинские и иные знания имели прикладной характер и служили только практическим целям. Греческая наука с момента своего зарождения была наукой теоретической; ее целью было отыскание истины, что определило ряд ее особенностей, оставшихся чуждыми восточной науке».*

Первичным источником космологических учений для греческих мыслителей были, конечно, восточные мифы. Однако в греческом контексте миф становится философией, т.е. учением, которое может быть рационализировано, которое можно опровергнуть и т.п.

Общий духовный скачок, который произошел в Греции в VI – V вв. до н.э. иногда называют «греческим чудом». В течение очень небольшого исторического срока маленькая Эллада стала лидером среди народов средиземноморского бассейна, опередив более древние и могущественные цивилизации Вавилона и Египта.

Этот перелом историки связывают с зарождением такой формы государственного устройства, которая греками же была названа «демократией».

3. Если считать, что наука возникла в тот период, когда была осознана роль опытного знания, то дата рождения науки – период расцвета поздней средневековой культуры Западной Европы (XII – XIV вв.). Оксфордские уче-

ные математики и естествоиспытатели Р. Гроссет, Р. Бэкон, Т. Бардвардин призывают исследователей опираться на опыт, наблюдения, эксперимент, а не на авторитет, предания или философскую традицию. Начинается борьба за освобождение научного мышления от догм аристотелевских воззрений.

4. Если считать, что наука – это умение строить математические модели изучаемых явлений, сравнивать их с опытным материалом, проводить рассуждения посредством мысленного эксперимента, то тогда следует считать, что наука возникла в XVI – XVII вв. в Западной Европе. Так считает большинство историков науки.

Это эпоха, когда появляются работы И. Кеплера, Х. Гюйгенса, Г. Галилея. Апогеем духовной революции, связанной с появлением науки, являются, конечно, работы Ньютона. Данная точка зрения рождение науки отождествляет с рождением современной физики и необходимого для нее математического аппарата. Т.о. XVI – XVII вв. – период становления современного естествознания (современной науки).

В какой же степени все же правомерно считать современную науку плодом западноевропейской цивилизации?

По этому поводу известный и авторитетный историк науки Э. Цильзель написал следующее: *«Развитая наука появляется только однажды, а именно в современной западной цивилизации. Причем развитие человеческого мышления шло во многих качественных направлениях, где научное является лишь одной из ветвей».*

Дж. Нидам, исследователь науки древнего и средневекового Китая, написал следующее: *«...то, что мы можем назвать по-настоящему современной наукой, в самом деле, возникло только в Западной Европе во времена «научной революции» XV – XVI столетий и достигло зрелой формы в XVII столетии. Но это далеко не вся история и упоминать только об этой части было бы несправедливо по отношению к другим цивилизациям».*

Дж. Нидам предостерегает против недооценки великих цивилизаций Востока, но не отрицает сам факт научной революции XVI – XVII вв., происшедшей в Западной Европе.

Достижения древних и средневековых Восточных цивилизаций на самом деле огромны. Эти достижения впитали Западные цивилизации и, естественно, наука, возникшая там. Очевидно причины того, что «современная наука возникла на европейской окраине старого мира» следует искать в изучении социальных аспектов бытия науки, анализе социально-культурных предпосылок, в которых нуждается ее развитие.

Возвращаясь к роли арабского мира в развитии науки, следует отметить также то, что бесценное наследие античного мира было усвоено и передано далее Западной Европе. Именно арабы явились учителями и воспитателями латинского Запада. Первые переводы греческих философов и научных трудов на латинский язык были осуществлены не непосредственно с греческого, а с их арабских версий, и это произошло не только потому, что на Западе не было больше уже людей, знающих древнегреческий язык, но главным образом потому, что не было никого, способного понять такие трудные книги как «Физика» или «Метафизика» Аристотеля или «Альмагест» Птолемея. Для того, чтобы понять Аристотеля или Платона недостаточно знать древнегреческий, надо знать еще и философию. Латинская же языческая античность не знала философии.

Можно сделать вывод, что ни один географический регион, ни один конкретный народ не может в полной мере считать себя единственным создателем современной науки. Наука глубоко наднациональная и способна впитать завоевания любых эпох и народов.

В XVII в. наука оформляется в социальный институт. В 1660 г. появилось Лондонское Королевское общество естествоиспытателей, утвержденного Королевской хартией в 1662 г. В 1666 г. была создана Парижская Академия наук. Эти учреждения знаменовали собой общественное признание науки в виде «позитивной экспериментальной философии». Впервые были сформулированы оп-

ределенные научные нормы и установлены требования их соблюдения. Наука этого периода была оторвана от образования: естествоиспытатель XVII в. был любителем. Лондонское Королевское общество объединяло ученых-любителей в добровольную организацию с определенным уставом, который был санкционирован королем. Наука того времени сама резко отграничила себя от других феноменов культуры и их ценностей, т.е. от религии, морали, образования. Только эти гарантии невмешательства дали ей возможность выжить на арене социального действия того времени.

3. «Большая наука»

Наука и техника XX столетия стали подлинными локомотивами истории. Они придали ей беспрецедентный динамизм, предоставили во власть человека огромную силу, которая позволила резко увеличить масштабы преобразовательской деятельности людей.

Современную науку называют «большой наукой». Каковы же ее основные характеристики?

<u>Численность ученых в мире</u>	<u>человек</u>
На рубеже XVIII – XIX вв.	около 1 тыс.
В середине XIX в.	10 тыс.
В 1900 г.	100 тыс.
<u>Конец XX столетия</u>	<u>свыше 5 млн.</u>

Такие высокие темпы привели к тому, что около 90% всех ученых, когда-либо живших на Земле, являются нашими современниками.

Происходит интенсивный рост научной информации. В XX столетии мировая информация удваивалась за 10-15 лет. Свыше 90% всех научно-технических достижений приходится на XX в.

Наука сегодня охватывает огромную область знаний. Она включает около 15 тысяч дисциплин. Современная наука дает целостную картину возникновения и развития Метагалактики, появления жизни на Земле и основных стадий ее развития, возникновение и развитие человека. Наука изучает все, даже саму

себя. Вместе с тем ученые сегодня вовсе не считают, что они постигли все тайны мироздания. Сегодня ученый – это особая профессия. Ученые работают в научно-исследовательских институтах, лабораториях и т.п.

4. Историческая обусловленность фундаментальных открытий

Выдвижение новых фундаментальных принципов всегда связывалось с деятельностью гениев, с озарением, с какими-то тайными характеристиками человеческой психики.

Обращаясь к истории науки, мы видим. Что такого рода открытия действительно осуществляются незаурядными людьми. Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что многие из них делались независимо друг от друга несколькими учеными практически в одно и то же время.

Пример 1. Две тысячи лет люди бились над проблемой пятого постулата геометрии Евклида. И «вдруг» в течение буквально 10 лет ее разрешает сразу десяток людей. Среди них Н.И. Лобачевский, Ф. Гаусс, Я. Больяи.

Пример 2. Идеи об эволюции органического мира были высказаны почти одновременно Ч. Дарвиным и молодым ученым А. Уоллесом.

Пример 3. Специальная теория относительности, как известно, носит имя А. Эйнштейна. Но в том же 1905 г. подобные результаты были опубликованы А. Пуанкаре.

Пример 4. Менделеевская генетика была переоткрыта в 1900 г. одновременно и независимо друг от друга тремя учеными Э. Чермаком, К. Корренсом и Х. Де Фризом.

Все это говорит о том, что фундаментальные открытия совершаются не случайно, что имеется их историческая обусловленность, которая заключается в том, что фундаментальные открытия всегда возникают в результате решения фундаментальных проблем.

А под фундаментальными проблемами понимаются такие вопросы, которые касаются наших общих представлений о действительности, ее познании, о системе ценностей, руководящей нашим поведением.

Ошибкой является трактовать фундаментальные открытия как решения частных задач и не связывать их с фундаментальными проблемами.

Например, на вопрос, как была создана теория Н. Коперника, отвечают, что исследования показывали несоответствие наблюдений и тех предсказаний, которые делались на базе птолемеевской геоцентрической системы, и поэтому возник конфликт между новыми данными и старой теорией. Но:

– система Коперника не описывала наблюдаемые данные лучше, чем птолемеевская система;

– даже, если допустить, что птолемеевская модель имела какие-то расхождения с наблюдениями, нельзя отвергнуть и ее возможность справиться с этими расхождениями.

Но как же тогда могла возникнуть и утвердить себя система Коперника?

Коперник радикально изменил общепринятую геоцентрическую аристотелевскую картину мира. Он не просто поменял местами Землю и Солнце в астрономической схеме, но изменил место человека в мире, поместив его на одну из планет, перепутав земной и небесный миры.

Зачем же Копернику понадобилось выдвигать свои идеи?

По-видимому, он решал какую-то свою фундаментальную проблему.

Что это была за проблема?

И Птолемей, и Аристотель, и Коперник исходили из того, что в небесном мире все движения происходят по окружностям.

Вместе с тем еще в античном мире была высказана глубокая мысль, что природа в принципе проста. Эта мысль стала со временем одним из фундаментальных принципов познания действительности. Птолемеевская модель мира могла достаточно точно описывать любые траектории движения планет, но эта модель была очень сложна, кроме того, для описания движения использовались эпициклы, которые не отражали реального движения планет, а были просто математическим приемом описания этого движения.

Н. Коперник увидел, что два фундаментальных мировоззренческих принципа его времени – принцип движения по кругам и принцип простоты природы

явно не реализуются в астрономии. Решение этой фундаментальной проблемы и привело его к великому открытию.

Таким же образом можно проанализировать и другие фундаментальные открытия и найти, что они совершились в результате решения какой-то фундаментальной проблемы.

А еще следует сказать, что история не только подготавливает проблему, но и во многом определяет направление и возможность ее решения. Как известно, вовсе не Коперник открыл гелиоцентрическую систему, ее создал Аристарх еще в античности. Коперник знал об этом и даже ссылался на Аристарха. Заслуга Коперника заключается в том, что он перенес уже известную модель в совершенно новую культурную среду, поняв, что с ее помощью можно решить целый ряд проблем. В этом и заключается суть его революции, а вовсе не в создании гелиоцентрической системы.

Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли назвать научными: эволюционную гипотезу академика А.И. Опарина, объясняющую происхождение жизни на Земле? Открытие структуры ДНК Д. Уотсоном и Ф. Криком? Рассуждения Р. Декарта о происхождении Вселенной из вихрей эфира? Утверждения о связи судьбы человека с положением небесных светил в момент его рождения?

2. Можно ли назвать научными: работу, которую проводил Г. Мендель с гибридами гороха? Открытие радиоактивности? Рассуждения Р. Декарта о происхождении Вселенной из вихрей эфира? Представления о том, что жизнь была занесена на нашу Землю космическими пришельцами?

3. Почему настоящей наукой математика стала только у древних греков, ведь задолго до расцвета древнегреческой науки египтяне и вавилоняне не только немало знали о математике, но и очень умело пользовались своими знаниями?

4. Прочитайте следующее утверждение «ученый, выдвигая гипотезу, ищет не столько ее подтверждение, сколько опровержение» и ответьте на вопросы: как он это делает и для чего? Есть ли связь этого утверждения с научной этикой?

5. Можно ли утверждать, что теория эволюции органического мира никогда бы не была создана, если бы на свете не было Ч. Дарвина? Вспомните (из курса школьной биологии), какой ученый также претендовал на роль основоположника эволюционного учения?

6. Что является продуктом науки?

7. Какая связь существует между эмпирическим и теоретическим уровнями познания? Какие научные методы применяют теоретики в своих исследованиях?

8. Что является подтверждением того, что наука – это специальная, профессиональная деятельность?

9. Проранжируйте в порядке убывания значимости (с вашей точки зрения) перечисленные в пособии восемь пунктов, описывающих развитие науки в XXI в. Объясните, почему тот или иной пункт вы поставили на первое место.

10. Почему можно сказать, что развитие науки все больше похоже на строительство вавилонской башни: Что нужно предпринять для того, чтобы это происходило в меньшей мере?

11. Почему широта образования и разносторонность интересов ученых способствует формированию единой культуры?

12. Какие особенности характеризуют науку, зародившуюся в Древней Греции и науку эпохи возрождения?

13. Какие особенности характеризуют европейскую науку времен Ньютона, науку современного типа?

14. Когда и где наука становится социальным институтом?

15. Докажите, что фундаментальные открытия возникают в результате решения фундаментальных проблем на примере открытия гелиоцентрической теории Н. Коперника.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

НАУЧНЫЙ МЕТОД

1. Классификация методов научного познания

Понятие «метод» (от греч. «методос» – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности.

Метод вооружает человека системой принципов, требований, правил, руководствуясь которыми он может достичь намеченной цели. Владение методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике.

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Ее представители считали правильный метод ориентиром в движении к надежному, истинному знанию.

Методы научного познания принято подразделять по степени их общности, т.е. по широте применимости в процессе научного исследования.

Всеобщих методов в истории познания известно два: *диалектический* и *метафизический*. Это общеприкладные методы. Метафизический метод с середины XIX века начал все больше и больше вытесняться из естествознания диалектическим методом.

Вторую группу методов познания составляют **общенаучные методы**, которые используются в самых различных областях науки, т.е. имеют весьма широкий междисциплинарный спектр применения. Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания.

Различают два уровня научного познания: *эмпирический* и *теоретический*. Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение), другие – только на теоретическом (идеализация, формализация), а некоторые (например, моделирование) – как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах, явлениях путем проведения наблюдений, выполнения разнообразных измерений, постановки экспериментов. Здесь производится первичная систематизация получаемых фактических данных в виде таблиц, схем, графиков и т.п. Кроме того, на данном уровне научного познания возможно формулирование некоторых эмпирических закономерностей.

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной (логической) ступени познания. На данном уровне происходит раскрытие наиболее глубоких, существенных сторон, связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Теоретический уровень – более высокая ступень в научном познании. Результатами теоретического познания становятся гипотезы, теории, законы.

К третьей группе методов научного познания относятся методы, используемые только в рамках исследования какой-то конкретной науки или какого-то конкретного явления. Такие методы именуются **частнонаучными**. Каждая частная наука (биология, химия, геология и т.д.) имеет свои специфические методы исследования.

При этом частнонаучные методы, как правило, содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы познания. В частнонаучных методах могут присутствовать наблюдения, измерения, индуктивные или дедуктивные умозаключения и т.д. Характер их сочетания и использования находится в зависимости от условий исследования, природы изучаемых объектов. Таким образом, частнонаучные методы не оторваны от общенаучных. Они тесно связаны с ними, включают в себя специфическое применение общенаучных познавательных приемов для изучения конкретной области объективного мира.

Частнонаучные методы связаны и с всеобщим диалектическим методом, который как бы преломляется через них. Например, всеобщий диалектический

принцип развития проявился в биологии в виде открытого Ч. Дарвином естественноисторического закона эволюции животных и растительных видов.

Любой метод сам по себе еще не предопределяет успеха в познании тех или иных сторон материальной действительности. Важно еще умение правильно применять научный метод в процессе познания.

2. Наблюдение и эксперимент

Наблюдение есть чувственное (преимущественно – визуальное) отражение предметов и явлений внешнего мира. Это – исходный метод эмпирического познания, позволяющий получить некоторую первичную информацию об объектах окружающей действительности.

Научное наблюдение (в отличие от обыденных, повседневных наблюдений) характеризуется рядом особенностей:

– целенаправленностью (наблюдение должно вестись для решения поставленной задачи исследования, а внимание наблюдателя фиксироваться только на явлениях, связанных с этой задачей);

– планомерностью (наблюдение должно проводиться строго по плану, составленному исходя из задачи исследования);

– активностью (исследователь должен активно искать, выделять нужные ему моменты в наблюдаемом явлении, привлекая для этого свои знания и опыт, используя различные технические средства наблюдения).

Научные наблюдения всегда сопровождаются описанием объекта познания. Последнее необходимо для фиксации тех свойств, сторон изучаемого объекта, которые составляют предмет исследования. Описания результатов наблюдений образуют эмпирический базис науки, опираясь на который исследователи создают эмпирические обобщения, сравнивают изучаемые объекты по тем или иным параметрам, проводят классификацию их по каким-то свойствам, характеристикам и т.п.

Наблюдение как метод познания более или менее удовлетворяло потребности наук, находящихся на описательно-эмпирической ступени развития.

Дальнейший прогресс научного познания был связан с переходом многих наук к следующей, более высокой ступени развития, на котором наблюдения дополнялись экспериментальными исследованиями, предполагающими целенаправленное воздействие на изучаемые объекты.

Эксперимент – более сложный метод эмпирического познания по сравнению с наблюдением. Он предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект для выявления и изучения тех или иных его сторон, свойств, связей. При этом экспериментатор может преобразовывать исследуемый объект, создавать искусственные условия его изучения, вмешиваться в естественное течение процессов.

В наблюдениях же отсутствует деятельность, направленная на преобразование, изменение объектов познания. Это обуславливается рядом обстоятельств: недоступностью этих объектов для практического воздействия (например, наблюдения удаленных космических объектов), нежелательностью, исходя из целей исследования, вмешательства в наблюдаемый процесс (фенологические, психологические и др. наблюдения), отсутствием технических, энергетических, финансовых и иных возможностей постановки экспериментальных исследований.

Эксперимент включает в себя другие методы эмпирического исследования (наблюдение, измерение). В то же время он обладает рядом важных, присущих только ему особенностей.

Во-первых, эксперимент позволяет изучать объект в «очищенном» виде, т.е. устранять всякого рода побочные факторы, наслоения, затрудняющие процесс исследования. Например, проведение некоторых экспериментов требует специально оборудованных помещений, защищенных (экранированных) от внешних электромагнитных воздействий на изучаемый объект.

Во-вторых, в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности, экстремальные условия, т.е. изучаться при сверхнизких температурах, при чрезвычайно высоких давлениях или, наоборот, в вакууме, при огромных напряженностях электромагнитного поля и т.п. В та-

ких искусственно созданных условиях удастся обнаружить удивительные, порой неожиданные свойства объектов и тем самым глубже постигать их сущность.

В-третьих, изучая какой-то процесс, экспериментатор может вмешиваться в него, активно влиять на его протекание.

В-четвертых, важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость. Это означает, что условия эксперимента, а соответственно, и проводимые при этом наблюдения могут быть повторены столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов.

Подготовка и проведение эксперимента требуют соблюдения ряда условий. Так, научный эксперимент:

- предполагает наличие четко сформулированной цели исследования;
- всегда базируется на каких-то исходных теоретических положениях;
- исследователь предварительно намечает пути его проведения;
- требует определенного уровня развития технических средств познания, необходимого для его реализации;
- должен проводиться людьми, имеющими достаточно высокую квалификацию.

Только совокупность всех этих условий определяет успех в экспериментальных исследованиях.

3. Измерение как метод эмпирического познания

Большинство научных экспериментов и наблюдений включает в себя проведение разнообразных измерений. **Измерение** – это процесс, заключающийся в определении количественных значений тех или иных свойств, сторон изучаемого объекта, явления с помощью специальных технических устройств.

Важной стороной процесса измерения является методика его проведения. Она представляет собой совокупность приемов, использующих определенные принципы и средства измерений. Под принципами измерений в данном случае имеются в виду какие-то явления, которые положены в основу измерений (на-

пример, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).

Наличие субъекта (исследователя), производящего измерения, не всегда является обязательным. Он может и не принимать непосредственного участия в процессе измерения, если измерительная процедура включена в работу автоматической информационно-измерительной системы. Последняя строится на базе информационно-измерительной техники. Причем с появлением сравнительно недорогих микропроцессорных вычислительных устройств в измерительной технике стало возможным создание «интеллектуальных» приборов, в которых обработка данных измерений производится одновременно с чисто измерительными операциями.

Результат измерения получается в виде некоторого числа единиц измерения. *Единица измерения* – это эталон, с которым сравнивается измеряемая сторона объекта или явления (эталону приписывается числовое значение «1»). Существует множество единиц измерения, соответствующее множеству объектов, явлений, их свойств, сторон, связей, которые приходится измерять в процессе научного познания. При этом единицы измерения подразделяются на *основные*, выбираемые в качестве базисных при построении системы единиц, и *производные*, выводимые из других единиц с помощью каких-то математических соотношений.

Вопрос об обеспечении единообразия в измерении величин, отражающих те или иные явления материального мира, всегда был очень важным. Отсутствие такого единообразия порождало существенные трудности для научного познания.

Например, до 1880 г. включительно не существовало единства в измерении электрических величин: использовалось 15 различных единиц электрического сопротивления, 8 единиц электродвижущей силы, 5 единиц электрического тока и т.д. Сложившееся положение сильно затрудняло сопоставление результатов измерений и расчетов, выполненных различными исследователями. Остро ощущалась необходимость введения единой системы электрических

единиц. Такая система была принята первым международным конгрессом по электричеству, состоявшимся в 1881 году.

В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам. Международная система единиц построена на базе семи основных (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан, стерadian) единиц. С помощью специальной таблицы множителей и приставок можно образовывать кратные и дольные единицы (например, с помощью множителя 10^{-3} и приставки «милли» к наименованию любой из названных выше единиц измерения можно образовывать дольную единицу размером в одну тысячную от исходной).

Международная система единиц физических величин является наиболее совершенной и универсальной из всех существовавших до настоящего времени. Она охватывает физические величины механики, термодинамики, электродинамики и оптики, которые связаны между собой физическими законами.

Потребность в единой международной системе единиц измерения в условиях современной научно-технической революции очень велика. Поэтому такие международные организации, как ЮНЕСКО и Международная организация законодательной метрологии, призвали государства, являющиеся членами этих организаций, принять вышеупомянутую Международную систему единиц и градуировать в этих единицах все измерительные приборы.

С прогрессом науки продвигается вперед и измерительная техника. Наряду с совершенствованием измерительных приборов, работающих на основе традиционных, утвердившихся принципов (замена материалов, из которых сделаны детали прибора, внесение в его конструкцию отдельных изменений и т.д.), происходит переход на принципиально новые конструкции измерительных устройств, обусловленные новыми теоретическими предпосылками. В последнем случае создаются приборы, в которых находят реализацию новые научные достижения.

Хорошо развитое измерительное приборостроение, разнообразие методов и высокие характеристики средств измерения способствуют прогрессу в научных исследованиях. В свою очередь, решение научных проблем часто открывает новые пути совершенствования самих измерений.

4. Абстрагирование и идеализация. Мысленный эксперимент

Процесс познания всегда начинается с рассмотрения конкретных, чувственно воспринимаемых предметов и явлений, их внешних признаков, свойств, связей. Только в результате изучения чувственно-конкретного человек приходит к каким-то обобщенным представлениям, понятиям, к тем или иным теоретическим положениям, т.е. научным абстракциям. Получение этих абстракций связано со сложной абстрагирующей деятельностью мышления.

В процессе абстрагирования происходит отход от чувственно воспринимаемых конкретных объектов к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них. **Абстрагирование**, таким образом, заключается в мысленном отвлечении от каких-то – менее существенных – свойств, сторон, признаков изучаемого объекта с одновременным выделением, формированием одной или нескольких сторон, свойств, признаков этого объекта. Результат, получаемый в процессе абстрагирования, именуют *абстракцией* (или используют термин *абстрактное* – в отличие от конкретного).

Переход от чувственно-конкретного к абстрактному всегда связан с известным упрощением действительности. Вместе с тем, восходя от чувственно-конкретного к абстрактному, теоретическому, исследователь получает возможность глубже понять изучаемый объект, раскрыть его сущность.

Мысленная деятельность исследователя в процессе научного познания включает в себя особый вид абстрагирования, который называют идеализацией. **Идеализация** представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследований. В результате таких изменений могут быть, например, исключены из рассмотрения какие-то свойства, стороны, признаки объектов. Так, широко распространенная в меха-

нике идеализация, именуемая материальной точкой, подразумевает тело, лишенное всяких размеров.

Целесообразность использования идеализации определяется следующими обстоятельствами.

Во-первых, идеализация целесообразна тогда, когда подлежащие исследованию реальные объекты достаточно сложны для имеющихся средств теоретического, в частности, математического анализа. По отношению же к идеализированному случаю можно, приложив эти средства, построить и развить теорию, в определенных условиях и целях эффективную, для описания свойств и поведения этих реальных объектов.

Во-вторых, идеализацию целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо исключить некоторые свойства, связи исследуемого объекта, без которых он существовать не может, но которые затемняют существо протекающих в нем процессов. Сложный объект представляется как бы в «очищенном» виде, что облегчает его изучение.

В-третьих, идеализацию целесообразно использовать тогда, когда исключаемые из рассмотрения свойства, стороны, связи изучаемого объекта не влияют в рамках данного исследования на его сущность. Вышеупомянутая абстракция материальной точки позволяет в некоторых случаях представлять самые различные объекты – от молекул или атомов до гигантских космических объектов. При этом правильный выбор допустимости подобной идеализации играет очень большую роль. Если в ряде случаев возможно и целесообразно рассматривать атомы в виде материальных точек, то такая идеализация становится недопустимой при изучении структуры атома. Точно так же можно считать материальной точкой нашу планету при рассмотрении ее вращения вокруг Солнца, но отнюдь не в случае рассмотрения ее собственного суточного вращения.

Будучи разновидностью абстрагирования, идеализация допускает элемент чувственной наглядности (обычный процесс абстрагирования ведет к образованию мысленных абстракций, не обладающих никакой наглядностью). Эта особенность идеализации очень важна для реализации такого специфиче-

ского метода теоретического познания, каковым является **мысленный эксперимент** (его также называют умственным, субъективным, воображаемым, идеализированным).

Мысленный эксперимент предполагает оперирование идеализированным объектом (замещающим в абстракции объект реальный), которое заключается в мысленном подборе тех или иных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить какие-то важные особенности исследуемого объекта. В этом проявляется определенное сходство мысленного (идеализированного) эксперимента с реальным.

В реальном эксперименте приходится считаться с реальными физическими или иными ограничениями его проведения, с невозможностью в ряде случаев устранить мешающие ходу эксперимента воздействия извне, с искажением в силу указанных причин получаемых результатов. В этом плане мысленный эксперимент имеет явное преимущество перед экспериментом реальным. В мысленном эксперименте можно абстрагироваться от действия нежелательных факторов, проведя его в идеализированном, «чистом» виде.

5. Формализация как метод теоретического познания

Под формализацией понимается особый подход в научном познании, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений и оперировать вместо этого некоторым множеством символов (знаков).

Для построения любой формальной системы необходимо:

- задание алфавита, т.е. определенного набора знаков;
- задание правил, по которым из исходных знаков этого алфавита могут быть получены «слова», «формулы»;
- задание правил, по которым от одних слов, формул данной системы можно переходить к другим словам и формулам (так называемые правила вывода).

В результате создается формальная знаковая система в виде определенного искусственного языка. Важным достоинством этой системы является возможность проведения в ее рамках исследования какого-либо объекта чисто формальным путем (оперирование знаками) без непосредственного обращения к этому объекту.

Другое достоинство формализации состоит в обеспечении краткости и четкости записи научной информации, что открывает большие возможности для оперирования ею.

Математические описания различных объектов, процессов являются ярким примером формализации. При этом используемая математическая символика не только помогает закрепить уже имеющиеся знания об исследуемых объектах, но и выступает своего рода инструментом в процессе дальнейшего их познания.

Но расширяющееся использование формализации как метода теоретического познания связано не только с развитием математики. В химии, например, соответствующая химическая символика вместе с правилами оперирования ею явилась одним из вариантов формализованного искусственного языка. Все более важное место метод формализации занимал в логике по мере ее развития. Труды Лейбница положили начало созданию метода логических исчислений. Последний привел к формированию в середине XIX в. *математической логики*, которая во второй половине нашего столетия сыграла важную роль в развитии кибернетики, в появлении электронных вычислительных машин, в решении задач автоматизации и т.д.

Возможность представить те или иные теоретические положения науки в виде формализованной знаковой системы имеет большое значение для познания. Но при этом следует иметь в виду, что формализация той или иной теории возможна только при учете ее содержательной стороны. Только в этом случае могут быть правильно применены те или иные формализмы. Голое математическое уравнение еще не представляет физической теории; чтобы получить физи-

ческую теорию, необходимо придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание.

Язык современной науки существенно отличается от естественного человеческого языка. Он содержит много специальных терминов, выражений, в нем широко используются средства формализации, среди которых центральное место принадлежит математической формализации. Исходя из потребностей науки, создаются различные искусственные языки, предназначенные для решения тех или иных задач.

Создание какого-то единого формализованного языка науки не представляется возможным.

6. Индукция и дедукция

Индукция (от лат. *inductio* – наведение, побуждение) есть метод познания, основывающийся на формальнологическом умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок. Другими словами, это есть движение нашего мышления от частного, единичного к общему.

Индукция широко применяется в научном познании. Обнаруживая сходные признаки и свойства у многих объектов определенного класса, исследователь делает вывод о присущности этих признаков, свойств всем объектам данного класса. Например, в процессе экспериментального изучения электрических явлений использовались проводники тока, выполненные из различных металлов. На основании многочисленных единичных опытов сформировался общий вывод об электропроводности всех металлов.

Индукция, используемая в научном познании (научная индукция), может реализовываться в виде следующих методов:

1. Метод единственного сходства (во всех случаях наблюдения какого-то явления обнаруживается лишь один общий фактор, все другие – различны; следовательно, этот единственный сходный фактор есть причина данного явления).

2. Метод единственного различия (если обстоятельства какого-то явления и обстоятельства, при которых оно не возникает, почти во всем сходны и различаются лишь одним фактором, присутствующим только в первом случае, то можно сделать вывод, что этот фактор и есть причина данного явления).

3. Соединенный метод сходства и различия (представляет собой комбинацию двух вышеуказанных методов).

4. Метод сопутствующих изменений (если определенные изменения одного явления всякий раз влекут за собой некоторые изменения в другом явлении, то отсюда вытекает вывод о причинной связи этих явлений).

5. Метод остатков (если сложное явление вызывается многофакторной причиной, причем некоторые из этих факторов известны как причина какой-то части данного явления, то отсюда следует вывод: причина другой части явления – остальные факторы, входящие в общую причину этого явления).

Родоначальником классического индуктивного метода познания является Ф. Бэкон. Но он трактовал индукцию чрезвычайно широко, считал ее важнейшим методом открытия новых истин в науке, главным средством научного познания природы (всеиндуктивизм).

Однако индукцию нельзя рассматривать изолированно от других методов познания, в частности, от дедукции.

Дедукция (от лат. *deductio* – выведение) есть получение частных выводов на основе знания каких-то общих положений. Другими словами, это есть движение нашего мышления от общего к частному, единичному. Например, из общего положения, что все металлы обладают электропроводностью, можно сделать дедуктивное умозаключение об электропроводности конкретной медной проволоки (зная, что медь – металл). Если исходные общие положения являются установленной научной истиной, то методом дедукции всегда будет получен истинный вывод. Общие принципы и законы не дают ученым в процессе дедуктивного исследования сбиться с пути: они помогают правильно понять конкретные явления действительности.

Получение новых знаний посредством дедукции существует во всех естественных науках, но особенно большое значение дедуктивный метод имеет в математике. Опираясь на математические абстракции и строя свои рассуждения на весьма общих положениях, математики вынуждены чаще всего пользоваться дедукцией. И математика является, пожалуй, единственной собственно дедуктивной наукой.

В науке Нового времени пропагандистом дедуктивного метода познания был видный математик и философ Р. Декарт. Вдохновленный своими математическими успехами, будучи убежденным в безошибочности правильно рассуждающего ума, Декарт односторонне преувеличивал значение интеллектуальной стороны за счет опытной в процессе познания истины. Дедуктивная методология Декарта была прямой противоположностью эмпирическому индуктивизму Бэкона.

Но, несмотря на имевшие место в истории науки и философии попытки оторвать индукцию от дедукции, противопоставить их в реальном процессе научного познания, эти два метода не применяются как изолированные, обособленные друг от друга. Каждый из них используется на соответствующем этапе познавательного процесса.

Более того, в процессе использования индуктивного метода зачастую «в скрытом виде» присутствует и дедукция. Подчеркивая необходимую связь индукции и дедукции, Ф. Энгельс настоятельно советовал ученым: «Вместо того чтобы односторонне превозносить одну из них до небес за счет другой, надо стараться каждую применять на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если не упускать из виду их связь между собой, их взаимное дополнение друг другом».

7. Анализ и синтез

Под анализом понимают разделение объекта (мысленно или реально) на составные части с целью их отдельного изучения. В качестве таких частей мо-

гут быть использованы какие-то вещественные элементы объекта или же его свойства, признаки, отношения и т.п.

Анализ – необходимый этап в познании объекта. С древнейших времен анализ применялся, например, для разложения на составляющие некоторых веществ. В частности, уже в Древнем Риме анализ использовался для проверки качества золота и серебра в виде так называемого купелирования (анализируемое вещество взвешивалось до и после нагрева). Постепенно формировалась аналитическая химия, которую по праву можно называть матерью современной химии: ведь прежде чем применять то или иное вещество в конкретных целях, необходимо выяснить его химический состав.

Анализ занимает важное место в изучении объектов материального мира. Но он составляет лишь первый этап процесса познания. Если бы, скажем, химии ограничивались только анализом, т.е. выделением и изучением отдельных химических элементов, то они не смогли бы познать все те сложные вещества, в состав которых входят эти элементы.

Для постижения объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением лишь его составных частей. В процессе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между ними, рассматривать их в совокупности, в единстве. Осуществить этот второй этап в процессе познания – перейти от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого связанного целого – возможно только в том случае, если метод анализа дополняется другим методом – синтезом.

В процессе синтеза производится соединение воедино составных частей (сторон, свойств, признаков и т.п.) изучаемого объекта, расчлененных в результате анализа. На этой основе происходит дальнейшее изучение объекта, но уже как единого целого. При этом синтез не означает простого механического соединения разъединенных элементов в единую систему. Он раскрывает место и роль каждого элемента в системе целого, обуславливает их взаимосвязь и взаимообусловленность, т.е. позволяет понять подлинное диалектическое единство изучаемого объекта.

Анализ и синтез с успехом используются в сфере мыслительной деятельности человека, т.е. в теоретическом познании. Но и здесь, как на эмпирическом уровне познания, анализ и синтез – это не две оторванные друг от друга операции. По своему существу они – как бы две стороны единого аналитико-синтетического метода познания.

8. Аналогия и моделирование

Под **анalogией** понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов. Установление сходства (или различия) между объектами осуществляется в результате их сравнения. Таким образом, сравнение лежит в основе метода аналогии.

Если делается логический вывод о наличии какого-либо свойства, признака, отношения у изучаемого объекта на основании его сходства с другими объектами, то этот вывод называют умозаключением по аналогии. Ход такого умозаключения можно представить следующим образом. Пусть имеется, например, два объекта: А и В. Известно, что объекту А присущи свойства $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}$. Изучение объекта В показало, что ему присущи свойства P_1, P_2, \dots, P_n , совпадающие соответственно со свойствами объекта А. На основании сходства ряда свойств P_1, P_2, \dots, P_n у обоих объектов может быть сделано предположение о наличии свойства P_{n+1} у объекта В.

Степень вероятности получения правильного умозаключения по аналогии будет тем выше: 1) чем больше известно общих свойств у сравниваемых объектов; 2) чем существеннее обнаруженные у них общие свойства; 3) чем глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств. При этом нужно иметь в виду, что если объект, в отношении которого делается умозаключение по аналогии с другим объектом, обладает каким-нибудь свойством, не совместимым с тем свойством, о существовании которого должен быть сделан вывод, то общее сходство этих объектов утрачивает всякое значение.

Существуют различные типы выводов по аналогии. Но общим для них является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергает-

ся один объект, а вывод делается о другом объекте. Поэтому вывод по аналогии в самом общем смысле можно определить как перенос информации с одного объекта на другой. При этом первый объект, который, собственно, и подвергается исследованию, именуется **моделью**, а другой объект, на который переносится информация, полученная в результате исследования первого образца (модели), называется **оригиналом** (иногда – прототипом, образцом, и т.д.). Таким образом, модель всегда выступает как аналогия, т.е. модель и отображаемый с ее помощью объект (оригинал) находятся в определенном сходстве (подобии).

Под **моделированием** понимается изучение моделируемого объекта (оригинала), базирующееся на взаимоднозначном соответствии определенной части свойств оригинала и замещающего его при исследовании объекта (модели) и включающее в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект – оригинал.

В зависимости от характера используемых в научном исследовании моделей различают несколько видов моделирования.

1. *Мысленное (идеальное) моделирование.* К этому виду моделирования относятся самые различные мысленные представления в форме тех или иных воображаемых моделей. Например, в идеальной модели электромагнитного поля Дж. Максвелла силовые линии представлялись в виде трубок, по которым течет воображаемая жидкость, не обладающая инерцией и сжимаемостью.

2. *Физическое моделирование.* Оно характеризуется физическим подобием между моделью и оригиналом и имеет целью воспроизведение в модели процессов, свойственных оригиналу. В настоящее время физическое моделирование широко используется для разработки и экспериментального изучения различных сооружений (плотин электростанций, оросительных систем и т.п.), машин (аэродинамические качества самолетов, например, исследуются на их моделях, обдуваемых воздушным потоком в аэродинамической трубе), для лучшего понимания каких-то природных явлений и т.д.

3. **Математическое моделирование** – это описание моделируемого явления на языке математики. В естественных науках принято считать, что любое

явление природы может быть правильно понято только после того как оно будет изучено количественно, т.е. математически. Достоверность сведений вытекающих из добротной математической модели бывает настолько высока, что в ряде случаев они являются более надежными, чем результаты соответствующих экспериментов.

4. Вещественно-математическое моделирование. Математическое моделирование может применяться в особом сочетании с физическим моделированием. Такое сочетание, именуемое *вещественно-математическим моделированием*, позволяет исследовать какие-то процессы в объекте-оригинале, заменяя их изучением процессов совсем иной природы (которые, однако, описываются теми же математическими соотношениями, что и исходные процессы). Так, механические колебания могут моделироваться электрическими колебаниями на основе полной идентичности описывающих их дифференциальных уравнений.

5. Компьютерное моделирование. В тех случаях, когда может быть построена математическая модель, дополнительную информацию о явлении можно получить в ходе **вычислительного эксперимента** с математической моделью. Вычислительный эксперимент, выполняемый с помощью компьютера, называется компьютерным моделированием. Объектами компьютерного моделирования являются географические, космические процессы; некоторые технологические системы ядерной энергетики; экологические системы; крупные социальные и экономические системы. В подобных случаях компьютерное моделирование становится почти единственной возможностью детального изучения явлений с целью получения научно обоснованных прогнозов поведения таких объектов и систем.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким всеобщим философским методом пользуется современная наука? В чем отличие диалектического метода от метафизического. Кто является основоположником метафизического метода?
2. Охарактеризуйте эмпирический и теоретический уровни научного познания. Приведите примеры научных методов, лежащих в основе этих уровней.
3. В чем отличие частнонаучных методов от общенаучных? Приведите примеры частнонаучных методов в физической химии.
4. В чем отличие частнонаучных методов от общенаучных? Приведите примеры частнонаучных методов в биологии.
5. В чем отличие частнонаучных методов от общенаучных? Приведите примеры частнонаучных методов в физике элементарных частиц.
6. Перечислите особенности научного наблюдения. Вспомните известные вам из курса средней школы имена ученых, которые использовали в своих исследованиях наблюдения.
7. Чем отличается эксперимент от наблюдения? При изучении каких объектов нельзя использовать эксперимент? Почему?
8. Какие измерения можно проводить при проведении эксперимента и при наблюдении? Можно ли считать, что измерение в процессе наблюдения является вмешательством в природу изучаемого объекта?
9. Есть ли взаимосвязь процесса наблюдения с исследователем, проводящим измерение?
10. Что мы называем единицей измерения? Приведите примеры единиц измерения из области физики, химии, биологии, астрономии.
11. Почему мировая наука остро нуждалась в единой системе измерения? Когда такая система была принята? На каких единицах она построена?
12. Что такое абстрагирование? Почему переход от чувственно-конкретного к абстрактному позволяет глубже понять изучаемый объект?

13. Что такое идеализация? В каких случаях используют идеализацию? Примеры идеализации из области физики: материальная точка, абсолютно черное тело, идеальный газ. Какими свойствами прием идеализации наделяет эти сущности?

14. В чем особенность мысленного эксперимента? Можно ли в результате мысленного эксперимента получить количественные результаты? Приведите пример мысленного эксперимента из вашей жизни.

15. Что такое формализация? Как формализация применяется в науке современного типа? Приведите примеры формализации из области физики, химии, биологии.

16. Индукция и ее использование в научном познании. Назовите имена ученых: а) сторонника индукции, б) активно пропагандировавшего дедукцию, в) доказывающего равноценность обоих методов.

17. Дедукция и ее использование в научном познании. Назовите имена ученых: а) сторонника индукции, б) активно пропагандировавшего дедукцию, в) доказывающего равноценность обоих методов.

18. Докажите, что анализ и синтез являются как теоретическими, так и эмпирическими методами познания.

19. Почему в основе метода аналогия лежит сравнение? Дайте определение понятиям «умозаключение по аналогии», «модель», «оригинал». От чего зависит правильность умозаключения по аналогии?

20. Дайте определение понятию моделирование. Охарактеризуйте виды эмпирического моделирования.

21. Дайте определение понятию моделирование. Охарактеризуйте виды теоретического моделирования.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЧАСТНОНАУЧНЫЕ МЕТОДЫ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Природу и человека в ней изучает широкая разветвленная сеть наук. Деятельность этих наук базируется на научном методе исследования, но каждая наука имеет свои, необходимые для изучения ее объекта, частнонаучные методы. В данном пособии в качестве примеров частнонаучных методов приводятся физические методы исследования в химии; методы исследования в гистологии (биология); методы наблюдения и регистрации элементарных частиц (физика).

1. Физические методы исследования в химии

Под физическими методами обычно понимают многие современные методы, разработанные физиками и используемые в химии.

В основе физического метода лежит взаимодействие падающего излучения, потока частиц или какого-либо поля с веществом и измерение результата этого взаимодействия, который содержит информацию о некотором свойстве исследуемого вещества.

Охарактеризуем в общих чертах наиболее важные физические методы, используемые в химии.

Спектроскопические методы

В большинстве этих методов измеряют зависимость интенсивности излучения, прошедшего через вещество или рассеянного веществом от частоты излучения. Диапазон частот распространяется на значения от минимальных (10^6 Гц) в ядерном магнитном резонансе до 10^{19} Гц (гамма-излучения). Такой значительный диапазон частот и соответственно длин волн требует различных источников излучения и выявляет различные физические свойства веществ.

К спектроскопическим методам относятся: ядерный магнитный резонанс (ЯМР), электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), инфракрасная спектроскопия (ИКС).

ЯМР изучает переходы между уровнями энергии, соответствующими различной ориентации ядерных магнитных моментов по отношению к внешнему магнитному полю. Энергии таких переходов малы и соответствующие им кванты находятся в радиоволновом диапазоне. Поэтому ЯМР относится к группе методов, которые получили общее название радиоспектроскопия.

ЯМР является одним из основных методов изучения строения и веществ, механизмов химических процессов, одним из самых информативных методов анализа сложных многокомпонентных смесей.

Спектроскопия ЭПР используется при исследовании веществ, содержащих не спаренные электроны. К ним относятся свободные радикалы, ион-радикалы, комплексы переходных металлов. Этот метод в химии позволил изучать реакции, протекающие с промежуточным образованием короткоживущих реакционноспособных радикалов, вычислять константы скоростей отдельных стадий реакции, а, следовательно, получать сведения о механизмах радикальных реакций.

Инфракрасная спектроскопия. Это физический метод качественного и количественного анализа, объектом изучения которого является молекулярный состав вещества. Энергия ИК-области спектра достаточна только для перехода молекулы с колебательного уровня на колебательный и вращательного на вращательный.

После взаимодействия с веществом интенсивность некоторых областей спектра снижается. На спектрограмме возникают полосы поглощения. Полоса поглощения состоит из множества спектральных линий с близкими частотами, так как происходит одновременно ряд вращательных и колебательных переходов.

Положение полос в спектрах помогает установить наличие той или иной функциональной группы в соединении. Т.о. каждое соединение будет иметь свой характерный ИК-спектр.

Дифракционные методы

В этих методах используются волновые свойства излучения и потока частиц электронов (рентгеновских лучей) и нейтронов. В дифракционных методах измеряют зависимость интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния. При этом длина волны после рассеяния не изменяется; имеет место так называемое упругое рассеяние. Наиболее сильно рассеивают электроны (электронография), слабее рассеивают нейтроны (нейтронография). Электронография используется для анализа кристаллов. Рентгеноструктурный анализ позволяет определять координаты атомов в трехмерном пространстве кристаллических веществ. Электронография применяется для исследования тонких пленок, поверхностей и газов.

Оптические методы

Оптическими методами изучают распространение рассеяния и поглощения света в веществе. С помощью оптических методов измеряют: показатель преломления, угол поворота плоскости поляризации линейно поляризованного света при прохождении через оптически активное вещество, вращающее плоскость поляризации падающего света и многие другие свойства. Результаты оптических методов используются для идентификации вещества, выявлении взаимного влияния атомов в молекуле, расчета поляризуемости молекул и т.п.

Масс-спектроскопия

В масс-спектропии изучают результаты взаимодействия потока электронов, УФ-излучения, ионов на вещество с веществом. Это взаимодействие рождает потоки молекулярных ионов изучаемого вещества. Методом масс-спектропии определяют молекулярные массы, идентифицируют вещества, устанавливают химическое строение веществ, изучают теплоты испарения, механизмы химических реакций, энергии разрыва химических связей.

Обычно при изучении веществ в химии используют совокупность методов анализа. Это позволяет максимально полно описать физическое состояние вещества и его химическое строение.

2. Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц

В зависимости от целей эксперимента и условий, в которых он проводится, применяют те или иные регистрирующие устройства, отличающиеся друг от друга по основным характеристикам.

Газоразрядный счетчик Гейгера. Это один из важнейших приборов для автоматического счета частиц. Счетчик состоит из стеклянной трубки, покрытой изнутри металлическим слоем (катод) и тонкой металлической нити, идущей вдоль оси трубки (анод). Трубка заполняется инертным газом. Действие счетчика основано на ударной ионизации. Заряженная частица (электрон, α -частица и т.п.), пролетая в газе, отрывает от атомов электроны и создает положительно заряженные ионы и электроны. Электрическое поле между анодом и катодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов и ток через счетчик резко возрастает. Счетчик применяется в основном для регистрации электронов и γ -квантов.

Камера Вильсона. В камере Вильсона быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Действие камеры основано на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды. Эти ионы создает вдоль своей траектории движущаяся заряженная частица. Эти капельки создают видимый след заряженной частицы – трек. По длине трека можно определить энергию частицы, а по числу капелек на единицу длины трека оценивается ее скорость.

Пузырьковая камера. В пузырьковой камере для обнаружения треков частиц используют перегретую жидкость. В такой жидкости на ионах, образующихся при движении быстро заряженной частицы возникают пузырьки пара, дающие видимый трек.

Треки в камере Вильсона и пузырьковой камере – один из главнейших источников информации о поведении и свойствах частиц.

Метод толстослойных фотоэмульсий. Фотоэмульсия содержит большое количество микроскопических кристалликов бромида серебра. Быстрая заряженная частица, пронизывая кристаллик, отрывает электроны от отдельных атомов брома. Цепочка таких кристалликов образует скрытое изображение. При проявлении в этих кристалликах восстанавливается металлическое серебро и цепочка зерен серебра образует трек частицы. По длине и толщине трека можно оценить энергию и массу частицы.

3. Исследование химического состава и метаболизма клеток и тканей

Цито- и гистохимические методы. Эти методы позволяют выявлять локализацию различных химических веществ в структурах клеток, тканей и органов – ДНК, РНК, белков, углеводов, липидов, аминокислот, минеральных веществ, витаминов, активность ферментов. Эти методы основаны на специфичности реакции между химическим реактивом и субстратом, входящих в состав клеточных и тканевых структур, и окрашивании продуктов химических реакций.

Метод радиоавтографии. Этот метод дает возможность наиболее полно изучить обмен веществ в различных структурах. В основе метода лежит использование радиоактивных элементов (например, фосфора – ^{32}P , углерода – ^{14}C , серы – ^{35}S , водорода – ^3H) или меченных ими соединений. Радиоактивные вещества в гистологических срезах выявляются с помощью фотоэмульсии, которую наносят на препарат, а затем проявляют. В участках препарата, где фотоэмульсия соприкасалась с радиоактивным веществом, происходит фотореакция, в результате которой образуются засвеченные участки.

Метод дифференциального центрифугирования. Этот метод основан на применении центрифуг, дающих от 20 до 150 тыс. об/мин. Такие центрифуги позволяют отделять и осаждать различные компоненты клеток – ядра, митохондрии, лизосомы, рибосомы и определять их химический состав.

Цитоспектрофотометрия – метод количественного изучения внутриклеточных веществ по их абсорбционным спектрам.

Методы микроскопирования гистологических препаратов.

Световая микроскопия. Для изучения гистологических препаратов чаще применяют обычные световые микроскопы, когда в качестве источника освещения используется естественный или искусственный свет. Общее увеличение – до 2500 раз.

Ультрафиолетовая (УФ) микроскопия. У УФ-микроскопе используют УФ-лучи. Полученное в УФ-лучах невидимое глазом изображение преобразуется в видимое с помощью регистрации на фотопластинке.

Фазово-контрастная микроскопия. Этот метод служит для получения контрастных изображений прозрачных и бесцветных объектов, невидимых при обычных методах микроскопирования.

Электронная микроскопия. В электронном микроскопе используется поток электронов с более короткими, чем в световом микроскопе длинами волн. Электронный микроскоп дает увеличение до 10^6 раз, что позволяет увидеть взаимное расположение компонентов клетки. С помощью обычного электронного микроскопа получают плоскостное изображение изучаемой структуры. Для получения пространственного представления о структурах используют растровые электронные микроскопы.

Библиографический список

1. Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии / Современное естествознание: Энциклопедия: в 10 т. М.: МАГИСТР-ПРЕСС, 2000. – Т.1. – Физическая химия. С.225-230.
2. Гистология /под ред. Ю. Афанасьева. М.: Медицина, 1989.
3. Мякишев Г.Я. Элементарные частицы. М.: Наука, 1979.
4. Лозовский В.Н., Лозовский С.В. Концепции современного естествознания. СПб: Лань, 2004.
5. Самыгин С.И. и др. Концепции современного естествознания. Ростов н/Д: Феникс, 2001.
6. Философия и методология науки: Учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Под ред. В.И. Купцова. М.: Аспект Пресс, 1996.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

РАЗВИТИЕ ВЗГЛЯДОВ НА ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Пространство и время – философские категории, которые наряду с представлениями о материи, и ее движении позволяют ученым описывать ту или иную картину Мира. Мы живем в пространстве и времени, не задумываясь об этом. А если задумаемся? Сможем ли мы правильно сформулировать свои представления об этих философских сущностях? А, если нам удастся это сделать, то согласуются ли наши представления о пространстве и времени с научными представлениями, соответствующими данной эпохе? Всегда ли были эти представления, что способствовало их возникновению? Данная работа пытается хоть в какой-то степени ответить на эти вопросы.

1. Пространство и время в преднаучной картине мира

Уже в античном мире философы пытались ответить на вопрос, что же такое пространство и время. Некоторые философы считали, что пустого пространства не существует (Аристотель). Другие считали, что наряду с материей существует также и пустота, которая необходима для перемещения и соединения атомов (Демокрит).

В оценке времени, его значения и роли в мире античные философы тоже были не всегда единодушны. Одни видели во времени первооснову мира и всех реальных вещей в нем; другие считали, что самым важным является то, что не зависит от времени и не подвержено его течению.

В преднаучной картине мира пространство и время были конечными и ограниченными сферой неподвижных звезд. Эти представления были обоснованы философией Аристотеля. Форму и протяженность космоса Аристотель связал с учением о 4-х элементах. Его мир имеет форму шара с большим, но

конечным радиусом. За последней сферой мира пребывает только перводвигатель (бог). За границей последней сферы не существует ничего даже пустоты. Согласно Аристотелю пространство – это занимаемое телом место. Но место есть граница другого тела, обнимающего данное тело. Поэтому, если за пределами Мира не существует никаких тел, то это значит, что там не существует ни места, ни пространства.

Мир включает в себя не только все пространство, но и все время. Само по себе время – мера движения. А так как за пределами мира нет движения, то там нет и времени.

2. Субстанциональная и реляционная концепции

По мере развития науки в естествознании сложились два подхода к пространству и времени: субстанциональная концепция и реляционная концепция.

Субстанциональная концепция. Пространство и время самостоятельно существуют наряду с материей. Пространство – это чистая протяженность, а время – чистая длительность. Материальные предметы как бы погружены в пространство и время. Свое всестороннее развитие и завершение субстанциональная концепция пространства и времени получила у Ньютона и в классической физике в целом.

Реляционная концепция. Впервые четко она была сформулирована Г. Лейбницем. Он писал, что без материи нет пространства и, что пространство само по себе не представляет собой абсолютной реальности.

С точки зрения реляционной концепции пространство и время – не особые субстанциональные сущности, а формы существования материальных объектов. Пространство выражает сосуществование объектов, время – последовательность их состояний.

Реляционная концепция в естественно научном плане была воспринята и развита релятивистской физикой и в настоящее время наиболее полно отвечает уровню развития естествознания.

С позиции субстанциональной и реляционной концепций рассмотрим представления о пространстве и времени, сформировавшиеся в механистической и эволюционной картинах мира.

3. Пространство и время в механистической и эволюционной картинах мира

В **механистической картине мира** представления о пространстве и времени базируются на взглядах Ньютона. В механике Ньютона пространство и время абсолютны.

Абсолютное пространство не зависит от материальных объектов. Пространство считалось бесконечным, плоским, прямолинейным, неподвижным. Его метрические свойства описывались геометрией Евклида. Оно рассматривалось как абсолютно пустое и однородное и выступало в качествеместилища материальных тел.

Абсолютное время протекает равномерно и не относится к чему-либо внешнему. Оно идет сразу и везде во всей Вселенной «единообразно и синхронно» (как будто над Вселенной подвешены часы).

Представления об абсолютном пространстве и времени привели к концепции дальнодействия, согласно которой силы распространяются в пустом пространстве с бесконечной скоростью, мгновенно.

Представления о пространстве и времени в **эволюционной картине мира** основываются на теориях относительности Эйнштейна. Согласно этим теориям пространство и время относительны, т. е. связаны друг с другом, а также с материей и ее движением. Пространство и время под действием движущейся материи могут сжиматься, растягиваться, а пространство и искривляться. Пространство в эволюционной картине является конечным и безграничным; время имеет начало и конец (начало связано с моментом рождения Вселенной, а конец с окончанием существования материи в образе данной Вселенной).

В таком пространстве передача взаимодействий происходит с конечной скоростью согласно концепции близкодействия.

4. Свойства пространства и времени

К свойствам пространства и времени можно отнести следующие:

А) Пространство и время объективны и реальны, т.е. существуют независимо от сознания людей и познания ими этой объективной реальности. Просто человек все более углубляет свои знания о ней.

Б) Пространство и время являются универсальными всеобщими формами бытия материи. Нет явлений, событий, предметов, которые существовали бы вне пространства или вне времени.

В) Пространство трехмерно. Трехмерность пространства представляет эмпирически констатируемое фундаментальное его свойство, которое выражается в том, что положение любого предмета может быть точно определено только с помощью трех независимых величин - координат. Напр., в прямоугольной декартовой системе координат это X , Y , Z , величины называемые длиной, шириной и высотой.

Наряду с понятием трехмерного пространства в науке широко используется понятие многомерного (n - мерного) пространства. Это математическая абстракция, которая не имеет никакого отношения к реальному пространству.

Почему же реальное пространство трехмерно - неизвестно. Хотя имеются различные гипотезы.

Г) Время одномерно и необратимо. Одномерность его означает, что для фиксации положения объекта (события) во времени достаточно одной величины – промежутка времени t , протекшего от некоторого начала отсчета времени $t=0$. Важнейшей чертой времени является его необратимость. Пространство «обратимо» в том смысле, что в любую его точку можно попасть и дважды и трижды и т.п. Во времени это невозможно – оно необратимо течет из прошлого через настоящее к будущему. Нельзя возвратиться назад, но и нельзя перескочить через временной промежуток в будущее.

Необратимость времени в макроскопических процессах можно объяснить с помощью закона возрастания энтропии (второй закон термодинамики). Процессы, в которых энтропия увеличивается, называются необратимыми, в кото-

рых она остается постоянной – обратимыми. Обратимые процессы – это идеальный, предельный случай; реально происходящие в природе процессе обратимы лишь с очень малой степенью вероятности (т.е. необратимы). Для микромира вопрос необратимости времени решается с помощью квантовой механики. Известные российские физики Л.Д. Ландау и Е.М. Лившиц указывают, что, несмотря на симметричность уравнения Шредингера (основное уравнение квантовой механики) по отношению к изменению знака времени, квантовая механика содержит в себе физическую неэквивалентность двух направлений времени, связанную с взаимодействием квантового объекта с классическим объектом. Именно это взаимодействие приводит к появлению различия между прошлым и будущим.

Д) Пространство и время однородны и изотропны

Однородность пространства означает равноправие всех его точек, отсутствие каких-либо выделенных точек. Изотропность пространства означает равноправие всех возможных направлений. Однородность времени проявляется в равноправии всех моментов времени.

Однородность пространства и времени и изотропность пространства выражают фундаментальные свойства мира и связаны с законами сохранения. В начале XX в. была сформулирована так называемая теорема Эмми Нётер, согласно которой наличие в системе симметрии обуславливает существование сохраняющейся для нее физической величины.

Под симметрией понимается неизменность структуры материального объекта относительно его преобразований. Однородность пространства и времени и изотропность пространства означают, что пространство и время обладают элементами симметрии:

А) однородность времени означает неизменность по отношению к сдвигам во времени, т.е. изменению начала отсчета;

Б) однородность пространства означает неизменность по отношению к сдвигам в пространстве, т.е. к переносу начала координат;

В) изотропность пространства означает неизменность по отношению к повороту осей системы координат в пространстве.

Из вышесказанного вытекают наиболее фундаментальные законы сохранения:

А') симметрии относительно сдвига во времени соответствует **закон сохранения энергии;**

Б') симметрии относительно пространственного сдвига соответствует **закон сохранения импульса;**

В') симметрии относительно поворота координатных осей соответствует **закон сохранения момента импульса.**

Теорема Нётер, таким образом, показывает, что пространство и время действительно являются формами существования материи, их свойства находят свое выражение в фундаментальных законах, определяющих течение материальных процессов.

Однородность и изотропность пространства лежат в основе принципа относительности Галилея и в основе специальной теории относительности Эйнштейна.

5. Пространство и время в классической физике

Понятия пространства и времени, выработанные в классической физике, представляют с одной стороны, результат обобщения повседневного опыта, с другой – следствие научного анализа простейших механических движений. Развитие механики, поэтому, теснейшим образом связано с определенным пониманием пространства и времени.

Основным законом классической механики является второй закон Ньютона, связывающий силу, действующую на тело, с приобретаемым телом ускорением. Для описания механического движения необходимо измерение координат движущегося тела, что требует введения понятия тело отсчета, с которым связывается система координат, образуя систему отсчета.

Возник вопрос: для всякой ли системы отсчета будет справедлив основной закон механики? Оказалось, что второй закон механики сохраняется в инерциальных системах отсчета (движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно). В неинерциальных системах отсчета (движущихся с ускорением; вращающихся) при переходе от одной системы отсчета к другой в закон Ньютона необходимо вводить добавочные силы, так называемые силы инерции.

Т.о., законы Ньютона справедливы для всех инерциальных систем. Это утверждение составляет содержание **принципа относительности Галилея**. Согласно этому принципу невозможно никакими наблюдениями над движениями тел в системе, движущейся равномерно и прямолинейно, обнаружить движение этой системы. Система отсчета, которая покоится или движется равномерно и прямолинейно, называется инерциальной. Поэтому другая формулировка принципа относительности Галилея: уравнения механики не изменяются при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

В период обоснования классической механики перед ее творцами неизбежно вставал вопрос: а существуют ли вообще инерциальные системы? На Земле с достаточной точностью соблюдается закон инерции, но Земля система неинерциальная – она вращается вокруг Солнца и вокруг своей оси. Строго говоря, неинерциальной системой является также Солнце, так как оно вращается вокруг центра Галактики. Поиски абсолютно инерциальной системы отсчета привели к понятию абсолютного пространства. Оно представлялось совершенно неподвижным, а связанная с ним система отсчета – строго инерциальной.

В своих «Математических началах натуральной философии» И. Ньютон писал:

«1. Абсолютное, истинное математическое время, само по себе, по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью.

2. Абсолютное пространство по самой своей сущности безотносительно к чему бы то ни было внешнему остается всегда одинаковым и неподвижным».

Ньютон отдавал себе ясный отчет, что фактически воспринимаются всегда относительные пространство и время, и относительное движение. Однако это не опровергало в его глазах наличие абсолютных пространства и времени, так как невозможность их непосредственного обнаружения в эксперименте объяснялась как раз принципом относительности.

6. Пространство-время в специальной теории относительности

В классической механике пространственно-временные представления нашли математическое выражение в принципе относительности, сформулированном как принцип неизменности законов механики относительно преобразований Галилея.

После открытия электромагнитных явлений была предпринята попытка распространить принцип относительности Галилея на уравнения классической электродинамики Максвелла. Но оказалось, что уравнения Максвелла не сохраняются при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую, если использовать преобразования Галилея. Следовательно, нужна иная группа преобразований. Эта группа преобразований была найдена в конце XIX в. Г. Лоренцем и получила название преобразований Лоренца. Эти преобразования образуют математическую основу специальной теории относительности.

Из преобразований Лоренца следуют важнейшие выводы об относительности длины и временного промежутка, а именно, в движущихся системах размеры уменьшаются, а время замедляется. Таким образом, согласно теории относительности длина и промежуток времени перестают быть характеристиками объектов сами по себе, они становятся относительными, выражающими отношения объектов друг к другу. Длина не есть характеристика тела самого по себе, как считала классическая физика, она выражает отношение тела к системе отсчета и имеет смысл лишь в связи с той или иной системой отсчета. То же самое можно сказать о временном промежутке. Зависимость длины и временного промежутка от системы отсчета становится заметной лишь при околоосве-

товых скоростях, и поэтому нам так трудно освободиться от иллюзии абсолютной длины и абсолютного времени.

Недоступная непосредственному наблюдению внутренняя сущность пространства и времени заключается в их объединении в единый пространственно-временной континуум, не зависящий от системы отсчета. Разумное существо, сформировавшееся в мире околосветовых скоростей, очевидно, непосредственно воспринимало бы пространственно-временной континуум как нечто единое. В нашем же мире единое пространство-время распадается на относительно независимые друг от друга пространство и время.

Справедливости ради стоит добавить, что первоначально в своей теории относительности Эйнштейн рассматривал пространство и время по отдельности. Объединил их Г. Миньковский, один из цюрихских преподавателей Эйнштейна. Миньковский показал, что понятие о четырехмерном пространстве и времени очень глубоко и плодотворно.

7. Пространство и время в общей теории относительности

Специальная теория относительности базируется на расширенном принципе относительности. Согласно этому принципу во всех инерциальных системах все физические процессы протекают одинаково и для формулировки законов физики можно пользоваться любой из них. Возникает вопрос: нельзя ли распространить расширенный принцип относительности и на неинерциальные системы отсчета? Для решения этой задачи А. Эйнштейн использовал мысленный эксперимент, который состоит в следующем. Возьмем в качестве неинерциальной системы свободно падающий в поле тяготения Земли лифт. Сможет ли наблюдатель внутри лифта определить, что его система отсчета ускоренно движется? Эйнштейн показывает, что никакими экспериментами внутри лифта нельзя сделать выбор между двумя утверждениями: 1) лифт ускоренно движется в поле тяготения Земли и 2) лифт покоится, и исчезло поле тяготения.

Отталкиваясь от мысленного эксперимента с лифтом, Эйнштейн сформулировал **принцип эквивалентности**, утверждающий, что поле тяготения в не-

большой области пространства и времени (в которой его можно считать однородным и постоянным во времени) по своему проявлению тождественно ускоренной системе отсчета. Т.е., силы инерции в ускоренной системе отсчета эквивалентны гравитационному полю.

Этот принцип носит локальный характер и справедлив в бесконечно малых областях пространства-времени. Но для построения общей теории относительности вполне достаточно локальной справедливости принципа эквивалентности, что позволило Эйнштейну сформулировать **общий принцип относительности**, утверждающий неизменность законов природы в любых системах отсчета как инерциальных, так и в неинерциальных. Это потребовало дальнейшего изменения наших представлений о пространстве и времени. На этот раз речь идет о геометрии.

Уже в Древней Греции сформировалась и приобрела логически стройный вид евклидова геометрия. Эта геометрия базируется на пяти аксиомах. Первые 4 кажутся более фундаментальными, чем пятая. Пятая аксиома звучит так: «Предположим, что имеется прямая линия и точка вне ее. Тогда через эту точку можно провести одну и только одну прямую параллельную первой».

Первым усомнился в этой истине немецкий математик Карл Гаусс. Он понял, что геометрия Евклида – это геометрия на плоскости. Он заметил, что при перенесении этой геометрии на искривленное пространство, например, на поверхность Земли, пятая аксиома перестает быть справедливой. (Гаусс рассматривал свою геометрию в 2-х измерениях).

Идеи Гаусса о неевклидовой геометрии развил его ученик Георг Риман. Риман обобщил геометрию на 3 и более измерений. Геометрия Римана была ненаглядной и описывалась с помощью формул и чисел.

Приблизительно в то же время математики Лобачевский и Больяй независимо друг от друга разработали другую неевклидову геометрию.

Итак, появилось сразу три геометрии:

в геометрии Евклида через точку, расположенную вне прямой, можно провести одну параллельную ей линию;

в геометрии Римана – ни одной;

в геометрии Лобачевского-Большой – бесконечное множество.

Последние две геометрии относятся к двум, трем и более измерениям. Геометрии Римана и Лобачевского связаны с искривленными поверхностями. Кривизна поверхности Римана положительная как у сферы, кривизна поверхности Лобачевского отрицательная. Такую кривизну имеет, например, седло.

Возможность неевклидовой метрики пространства следует уже из принципа эквивалентности. Проведем следующий мысленный эксперимент с «лифтом Эйнштейна». Просверлим отверстие в одной из стенок лифта. Направим в это отверстие световой луч (точка А), который падает на противоположную стенку лифта (точка В). Линия АВ – прямая. Лифт начинает двигаться с ускорением вверх. Это приведет к тому, что пока свет проходит расстояние между стенками лифта, лифт успеет сместиться на некоторое расстояние вверх и луч света попадет не в точку В, а в точку В'. Согласно принципу эквивалентности ускоренное движение равнозначно наличию поля тяготения. Значит, в гравитационном поле траектория светового луча оказывается искривленной. Линия АВ' сохраняет свойство, которым в геометрии Евклида обладает прямая – быть кратчайшим расстоянием между двумя точками – и называется прямой или геодезической линией.

Но гравитационные поля всегда имеются, а это значит, что любые линии в реальном пространстве, которые можно идентифицировать, не будут евклидовыми прямыми и, следовательно, метрика пространства неевклидова.

Согласно теории относительности Эйнштейна сил тяготения, аналогично силам, действующим в механике или электродинамике, просто не существует. Движение тел в поле тяготения есть своеобразное движение по инерции, но в искривленном пространстве, где место прямых линий занимают геодезические мировые линии. Движение в поле тяготения – движение по инерции в неевклидовом пространстве.

Огромное значение общей теории относительности состоит в дальнейшем развитии наших взглядов на пространство и время. Согласно общей теории от-

носительности пространство-время ничто без материи, формой бытия которой оно является. *Метрика пространства-времени создается распределением материальных масс. Пространство-время является выражением наиболее общих отношений материальных объектов и вне материи существовать не может.* Это центральный тезис общей теории относительности в понимании пространства-времени.

Вопросы для самоконтроля

1. Каких разносторонних взглядов на пространство и время придерживались античные мыслители?
2. Как обосновал конечность и ограниченность пространства и времени Аристотель?
3. В чем суть субстанциональной и реляционной концепций? В каких физических теория наиболее ярко проявились эти концепции?
4. Охарактеризуйте представления о пространстве и времени в механистической картине мира.
5. Охарактеризуйте представления о пространстве и времени в эволюционной картине мира.
6. Назовите свойства пространства и времени и кратко охарактеризуйте их.
7. Объясните необратимость времени с помощью закона возрастания энтропии.
8. Какие свойства пространства и времени позволяют говорить об их симметрии? С какими законами сохранения связаны эти свойства?
9. Дайте определение понятиям «система отсчета», «инерциальная система отсчета», «неинерциальная система отсчета». В каких системах отсчета справедливы законы классической механики?
10. Почему при формировании классической механики возникли представления об абсолютном пространстве и абсолютном времени?

11. Почему в физике начала XX в. возникает необходимость поиска новой системы преобразований? Какие выводы следуют из преобразований Лоренца?

12. Можно ли считать, что принятие четырех мерного пространственно-временного континуума означает признание реальности четырехмерного пространства? При каких условиях этот континуум стал бы для обывателя реальностью?

13. Какие мысленные эксперименты проводил Эйнштейн? И к каким выводам он пришел в результате этих экспериментов?

14. О каких геометриях можно было говорить к концу XIX в.? В чем были особенности каждой из них?

15. В какой геометрии кратчайшее расстояние между точками называется прямой, а в какой – прямейшей или геодезической линией? Какую геометрию использовал Эйнштейн при разработке общей теории относительности?

16. К какому основному выводу относительно пространства и времени пришла наука с помощью общей теории относительности?

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ВОСПРИЯТИЕ ЧЕЛОВЕКОМ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

Пространство и время занимают особое место среди всего, воспринимаемого нами. Ведь все предметы находятся в пространстве, и всякое явление существует во времени. Еще Ньютон в своем труде «Математические начала натуральной философии» (1687 г.) помимо, необходимых для развития классической механики научных представлений об абсолютных пространстве и времени, вводит представления о пространстве и время, воспринимаемыми нашими органами чувств. Эти пространство и время он называет обыденными.

Рассмотрим, как объясняют восприятие человеком пространства и времени современные физиология и психология.

1. Восприятие пространства

Наше восприятие пространства – это, по сути, восприятие пространственных свойств предметов. К пространственным свойствам предмета относятся: величина, форма, положение в пространстве.

Восприятие величины предмета

– В восприятии величины предмета существенную роль играет его изображение на сетчатке. Чем больше изображение предмета на сетчатке, тем больше нам кажется предмет.

– Величина изображения воспринимаемого предмета зависит от величины зрительного угла. Чем больше величина зрительного угла, тем больше изображение на сетчатке глаза.

– Восприятие величины предмета зависит также от расстояния, на котором находится предмет.

– Другой особенностью восприятия предмета в пространстве является контраст предметов. Окружение, в котором находится воспринимаемый нами предмет, оказывает заметное влияние на его восприятие. Например, один и тот

же круг кажется меньше среди больших кругов и кажется больше среди меньших кругов.

Восприятие формы предмета

– Восприятие формы является постоянным и устойчивым. При восприятии формы учитывается поворот предмета к нам.

– Восприятие формы предмета, находящегося на значительном удалении, может меняться. Так мелкие детали контура по мере удаления предмета исчезают, и его форма приобретает упрощенный вид. Может меняться и форма в целом.

Очень сложен процесс восприятия объемной формы. Мы воспринимаем объем формы потому, что человеческие глаза обладают способностью бинокулярного зрения.

Однако бинокулярное зрение не является единственным условием объемного восприятия предмета. Если мы посмотрим на предмет одним глазом, то все равно воспримем его рельеф. Большую роль в восприятии объемной формы играет знание объемных признаков данного предмета, а также распределение света и тени на объемном предмете.

Восприятие формы, как и восприятие величины, зависят от нашего опыта. В восприятии пространства важную роль играет восприятие расположения предметов по отношению друг к другу. Об удаленности мы часто судим по косвенным признакам: один предмет закрывает другой или контуры одного предмета более заметны, чем контуры другого предмета.

Элементы физиологии восприятия пространства

Пространство трехмерно, и поэтому для его восприятия задействован целый ряд совместно работающих анализаторов:

специальный вестибулярный аппарат, расположенный во внутреннем ухе; глазодвигательные мышцы, связанные с вестибулярным аппаратом; аппарат бинокулярного зрения, обеспечивающий восприятие глубины пространства.

Существенную роль в восприятии удаленности предметов, или пространственной глубины, играет конвергенция и дивергенция глаз (Приложение 1).

Конвергенция и дивергенция вызываются сокращением и расслаблением глазных мышц. Поэтому они сопровождаются определенными двигательными ощущениями. Хотя мы обычно не замечаем эти ощущения, в восприятии пространства они играют весьма заметную роль.

Наряду с ощущением от конвергенции и дивергенции глаз мы получаем ощущения от аккомодации глаза (приложение 1).

Для обеспечения ориентации в пространстве человек использует добавочные механизмы. Такими добавочными механизмами являются понятия «правое» и «левое». С помощью этих абстрактных понятий человек осуществляет сложный анализ внешнего пространства. Формирование этих понятий связано с выделением ведущей руки; для большинства людей это правая рука.

Центральную регуляцию пространственного восприятия осуществляют третичные зоны коры головного мозга, или «зоны перекрытия», которые объединяют работу зрительного, тактильно-кинестатического и вестибулярного анализаторов.

2. Восприятие времени

Восприятие человеком времени изучено гораздо меньше, чем восприятие пространства. Сложность изучения данного вопроса заключается в том, что время не воспринимается нами как явление материального мира. О его течении мы судим лишь по определенным признакам.

Наиболее элементарными формами восприятия времени являются процессы восприятия длительности и последовательности, в основе которых лежат элементарные ритмические явления, известные под названием «биологических часов» (приложение 2). С другой стороны мы воспринимаем время при выполнении какой-либо работы, т.е., когда происходят определенные нервные процессы, обеспечивающие нашу работу. В зависимости от длительности этих процессов, чередования возбуждения и торможения, мы получаем определен-

ную информацию о времени. Из этого можно сделать вывод о том, что в исследовании восприятия времени необходимо учитывать два основных аспекта: восприятие временной длительности и восприятие временной последовательности.

Восприятие временной длительности

Оценка длительности временного отрезка во многом зависит от того, какими событиями он был заполнен. Если событий было много, и они были интересны для нас, то время шло быстро. И наоборот, если событий было мало или они были неинтересны для нас, то время тянулось медленно. Однако, если приходится оценивать прошедшие события, то оценка длительности носит обратный характер. Время, заполненное разнообразными событиями, мы переоцениваем, временной отрезок кажется нам более продолжительным. И наоборот, неинтересное для нас время мы недооцениваем, временной отрезок кажется нам незначительным.

Оценка длительности времени зависит и от эмоциональных переживаний. Если события вызывают положительное отношение к себе, то время кажется быстро идущим. И наоборот, негативные переживания удлиняют временной отрезок.

Восприятие временной последовательности

Характерной особенностью времени является его необратимость. Мы не можем вернуть то время, которое прошло. Благодаря этому, мы воспринимаем течение времени, устанавливая объективный порядок необратимой последовательности событий. Этот порядок мы устанавливаем на основе причинных зависимостей следования одних событий за другими.

Кроме установления порядка мы пользуемся временной локализацией, т.е. мы знаем, что такое-то событие должно произойти в данное время. Локализация времени возможна потому, что мы пользуемся определенными величинами временных интервалов. Такими интервалами могут быть день, неделя, месяц, год, столетие. Существование этих интервалов возможно потому, что в них

чередуется определенная смена событий, например, заход и восход Солнца. Так по количеству восходов мы можем судить, сколько прошло дней, недель, месяцев, лет.

Поскольку время направленная величина, вектор, однозначное его определение предполагает не только систему единиц измерений (секунда, минута, час, месяц, столетие), но и постоянную отправную точку, от которой ведется счет. В воспринимаемом человеком времени должна быть одна привилегированная точка. Естественной отправной точкой во времени является настоящее, которое разделяет время на предшествующее ему прошлое и последующее будущее.

Т.о., в восприятии времени человеком необходимо выделить два аспекта: субъективный и объективно-условный. Субъективный связан с нашей личной оценкой происходящих событий, что, в свою очередь, зависит от заполненности данного временного периода событиями, а также их эмоциональной окрашенности. Объективно-условный аспект связан с объективным течением событий и чередой условно-договорных точек отсчета, или интервалов времени. Если первый аспект отражает наше ощущение времени, то второй аспект помогает нам ориентироваться во времени.

3. Развитие пространственно-временного восприятия в онтогенезе человека

Ребенок уже в младенческом возрасте воспринимает форму предметов, выделяет контуры и другие элементы. Можно сказать, что в младенческом возрасте дети уже способны ориентироваться во многих параметрах объектов.

В младенчестве развивается также пространственное восприятие, в частности, восприятие глубины. Американские психологи провели эксперимент с так называемым «обрывом»: младенца помещали на стеклянный стол, под которым с помощью досок и материи создавали иллюзию обрыва. Маленький ребенок, тактильно ощущая ровную поверхность стекла, ползет к матери, не за-

мечая глубины. После 8 месяцев большинство детей избегают «обрыва» и начинают плакать.

В возрасте около двух лет ребенок понимает, что если есть вопрос «когда?», то нужно ответить словами из категории времени. Слова «вечер», «день», «сегодня», «завтра» ребенок вначале использует по отношению к любой ситуации. Постепенно эта смутная категория времени дифференцируется. Мир разделяется на категории «сейчас» и «не сейчас». Ребенок начинает различать настоящее и ненастоящее. «Сегодня» – все настоящее, «завтра» – все не настоящее.

Сначала ребенок представляет себе течение времени нечетко. Представление о времени формируется у ребенка с представлением о собственном Я, о своем месте в той или иной ситуации, о месте других в этой ситуации.

К трем годам ребенок может уже четко выразить временную иерархию.

Категоризация пространственных и временных отношений это не чисто когнитивный процесс. Только бытие в социальной ситуации, в структуре отношений «ребенок – взрослый» помогает ребенку в разграничении, дифференциации и осознания пространства и времени.

В процессе обучения у младших школьников формируются научные понятия. Они не возникают на пустом месте. Для того, чтобы их усвоить, дети должны иметь достаточно развитые житейские понятия. Житейские понятия – это нижний понятийный уровень. Научные понятия – верхний понятийный уровень, отличающийся осознанностью и произвольностью. По выражению советского психолога Л.С. Выгодского «житейские понятия прорастают вверх через научные, научные понятия прорастают вниз через житейские». Овладевая логикой науки, ребенок устанавливает соотношения между понятиями, осознает содержание обобщенных понятий, связывает их с житейским опытом и вбирает в себя. Научное понятие в процессе усвоения проходит путь от обобщения к конкретным объектам.

Уже у младших школьников развиваются основы теоретического мышления, которые позволяют ученику решать задачи, ориентируясь не на внешние,

наглядные признаки и связи объектов, а на внутренние, существенные свойства и отношения.

В естествознании при рассмотрении вопросов Пространства и Времени базируются на научных представлениях, выработанных в отношении этих категорий в течение веков учеными нашей планеты. Воспринять эти представления нам помогает теоретическое мышление.

Вопросы для самоконтроля

1. Как человек воспринимает предметы?
2. Какую роль играют движения глаз в сложном зрительном восприятии?
3. Как мы воспринимаем пространство?
4. Какие формы восприятия времени вы знаете?
5. Почему у других заметить ошибку легче, чем у себя? Почему ошибки рекомендуется исправлять красным карандашом?
6. Расплывающееся на бумаге чернильное пятно обычно воспринимается как целостный предмет (птица, какое-то животное и т.д.) Какая важная особенность человеческого восприятия в этом проявляется?
7. Почему, когда человек впервые идет по незнакомой местности, самостоятельно разыскивая дорогу, он без труда найдет ее вторично; если же он идет вместе со спутником, которому дорога хорошо известна, человеку трудно будет самостоятельно проделать этот путь в следующий раз?
8. Известно, что один и тот же отрезок времени в разных ситуациях воспринимается по-разному. Объясните некоторые закономерности субъективной оценки времени человеком.
9. Чем объяснить, что слепорожденные, прозревшие после удачно сделанной операции, вначале не различают ни формы, ни величины, ни удаленности предметов?
10. Раскройте основные закономерности развития восприятия у детей.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Свойства пространства и времени связаны с главными законами физики - законами сохранения. Законы сохранения - это законы, утверждающие, что численные значения некоторых физических величин не изменяются со временем в любых процессах или в определенном классе процессов.

Есть законы сохранения, справедливые для любых изолированных систем, напр., законы сохранения энергии, импульса, момента импульса, электрического заряда. Есть законы сохранения, справедливые для ограниченного класса систем и явлений, например, законы сохранения странности, изотопического спина, четности.

Законы сохранения возникли на базе чисто философской догадки о наличии в мире неизменности и стабильности. Поиск неизменных и стабильных величин начался еще в античные времена. Так первой стабильной величиной (с точки зрения античных философов) явилась материя - неуничтожимая и несо-творимая. К неизменной величине отнесли также представление о вечном движении материи.

1. Закон сохранения массы

Представление о вечной и неизменной материи, находящейся в состоянии постоянного движения, в средние века оформилось в закон сохранения массы. Закон сохранения массы был сформулирован М.В. Ломоносовым в 1748 г. и звучит так: масса веществ, вступающих в реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

Экспериментально закон был подтвержден Ломоносовым в 1756 г. на примере сжигания металлов в запаянных сосудах. Несколько позже (1789 г.) закон сохранения массы независимо от Ломоносова установил фр. физик Лавуазье, который показал, что при химических реакциях сохраняется не только общая масса вещества, но и масса каждого из элементов, входящих в состав взаимодействующих веществ.

2. Закон сохранения энергии

Энергия – ведущая сила всех изменений. Это наиболее важное свойство, которым обладает Вселенная. Поэтому закон сохранения энергии рассматривается как самый основной закон из всех законов в природе.

Закон сохранения энергии первоначально был открыт в механике как закон сохранения механической энергии и получен из законов Ньютона англ. уч. Лейбницем.

Закон сохранения механической энергии формулируется так:

в замкнутой системе, в которой действуют только консервативные силы, механическая энергия сохраняется. Энергия не создается и не уничтожается только превращается из одной формы в другую, из кинетической в потенциальную и наоборот.

Закон сохранения механической энергии не выполняется в системе, в которой действуют и консервативные и диссипативные силы. Диссипативные силы - это силы рассеивающие энергию.

Однако при рассеянии механической энергии всегда возникает эквивалентное количество энергии другого вида. Т.о. полная энергия замкнутой системы всегда сохраняется.

Общий закон сохранения энергии, включающий все ее формы, является опытным эмпирическим законом. Он был открыт в середине 19-го века несколькими учеными:

Нем. уч. Юлиус Майер впервые четко сформулировал закон сохранения энергии;

Англ. физик Джеймс Джоуль первым осуществил точные измерения механического эквивалента теплоты;

Нем. уч. Герман Гельмгольц математически обосновал закон сохранения энергии и показал его всеобщность.

Закон сохранения энергии формулируется так:

энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает. Количество энергии неизменно. Она только переходит из одной формы в другую.

В середине XIX в. законы сохранения массы и энергии трактовались как законы сохранения материи и движения. В начале XX в. оба эти закона сохранения подверглись коренному пересмотру в связи с появлением специальной теории относительности. Оказалось, что масса, определяемая по инерциальным свойствам тела, зависит от его скорости и, следовательно, характеризует не только количество материи, но и ее движение. Понятие энергии также подверглось изменению: полная энергия оказалась пропорциональной массе ($E = mc^2$).

Таким образом, закон сохранения энергии в специальной теории относительности естественным образом объединил закон сохранения массы и энергии, существовавшие в классической механике. По отдельности эти законы не выполняются, т.е. не возможно охарактеризовать количество материи, не принимая во внимание ее движения и взаимодействия.

Закон сохранения энергии интересен еще и тем, что в нем теснейшим образом переплелись физика и философия. Этот закон, все более уточняясь, постепенно превратился из неопределенного и абстрактного философского высказывания в точную количественную формулу.

3. Закон сохранения электрического заряда

С макроскопической точки зрения: электрический заряд в замкнутой системе остается постоянным.

С микроскопической точки зрения: при всех превращениях элементарных частиц разность между числом положительно и отрицательно заряженных частиц остается постоянной. Если возникает заряженная частица, то одновременно мы наблюдаем рождение частицы, имеющей заряд противоположного знака. При распаде любой частицы алгебраическая сумма зарядов остается неизменной. Например, при распаде нейтрона наряду с положительным протоном появляется отрицательный электрон.

Этот закон позволяет понять причину стабильности электрона. Электрон - самая легкая из заряженных частиц и по этой причине не может распадаться. Распад электрона приводил бы к нарушению закона сохранения заряда.

4. Закон сохранения импульса и момента импульса

Прежде всего, стоит отметить, что эти законы являются общезначимыми, фундаментальными законами, выполняющимися во всех видах процессов и во всех системах.

Закон сохранения импульса был первым законом сохранения открытым учеными. Импульсом материальной точки называют величину, равную произведению массы точки на ее скорость ($\vec{p} = m\vec{v}$).

При столкновении тел импульс каждого из них изменяется, но суммарный импульс останется тем же. При этом не имеет значения, соединятся тела после столкновения или отскочат под углом друг к другу.

В любой замкнутой системе общий импульс всегда остается постоянным. Под замкнутой системой понимается такая система, на которую не действуют внешние силы.

Импульс системы тел могут изменить только внешние силы. Закон сохранения импульса формулируется так: импульс сохраняется в изолированной системе, а также в системе, на которую действуют внешние силы с суммарным импульсом равным нулю.

Любое тело, вращающееся вокруг своей оси или обращающееся вокруг какого-либо другого тела, обладает моментом импульса. Момент импульса - это произведение массы тела на скорость и на расстояние до центра вращения ($\vec{L} = m \cdot \vec{v} \cdot \vec{r}$). Момент импульса - величина векторная. Вектор момента направлен вдоль оси вращения. Формулировка закона: момент импульса сохраняется в изолированной системе, а также в системе, на которую действуют внешние силы с суммарным моментом импульса равным нулю.

Законы сохранения играют большую роль в жизни нашей вселенной и помогают ученым познавать ее тайны:

эти законы позволяют сравнительно простым путем решать ряд практически важных задач;

они применимы как к телам обычных размеров, так и к космическим телам и к элементарным частицам;

они являются всеобщими и относятся к любым явлениям природы;
они незаменимы при рассмотрении совершенно новых явлений, при проникновении в сферу неизведанного.

Задачи на тему: «Законы сохранения»

Закон сохранения массы

1. Какую массу фосфора надо сжечь для получения оксида фосфора (V) массой 7,1 г?

Ответ: А – 6,2 г В – 3,1 г С – 10,5 г

2. Какие массы металлического натрия и брома потребуются для получения бромида натрия массой 5,15 г?

Ответ: А – 1,15 г натрия В – 3,4 г натрия С – 4,0 г натрия.

3. Какой объем водорода выделится при нормальных условиях, если растворить алюминий массой 10,8 г в избытке соляной кислоты?

Ответ: А – 44,13 л В – 41,34 л С – 13,44 л.

Закон сохранения энергии

4. На барабан массой 9 кг намотан шнур, к концу которого прикреплен груз массой 2 кг. Найдите ускорение груза. Барабан считать однородным цилиндром. Трением пренебречь.

Ответ: А – 3 м/с² В – 13 м/с² С – 10 м/с².

5. Автомобиль массой 1200 кг, движущийся со скоростью 72 км/ч, начав торможение, остановился через 80 м. Определите среднюю тормозящую силу автомобиля. Что произошло с исходной кинетической энергией?

Ответ: А – 1000 Н В – 2000 Н С – 3000 Н.

6. Автомобиль движется по горизонтальной дороге со скоростью 54 км/ч. С выключенным мотором и включенным тормозом он останавливается, пройдя 50 м. Определите коэффициент трения между колесами автомобиля и дорогой.

Ответ: А – 0,48 В – 0,23 С – 0,36.

Закон сохранения импульса

7. Человек и тележка движутся навстречу друг другу. Масса человека 64 кг, масса тележки 32 кг. Скорость человека 5,4 км/ч, скорость тележки 1,8 км/ч. Человек прыгает на тележку. Определите скорость тележки вместе с человеком.

Ответ: А – 3 км/ч В – 6 км/ч С – 7 км/ч.

8. Что произойдет, если космонавт, вышедший в открытый космос из орбитального корабля, выстрелит из пистолета? Масса космонавта, его скафандра и пистолета равны 120 кг, масса пули 50 г, скорость пули 400 м/с. Определите скорость отдачи.

Ответ: А – 1/8 м/с В – 1/6 м/с С – 1/2 м/с.

9. Мальчик массой 58 кг прыгает с горизонтальной скоростью 3 м/с на неподвижный скейтборд массой 2 кг. Определите скорость, с которой мальчик двинется на доске.

Ответ: А – 3,4 м/с В – 6,8 м/с С – 2,9 м/с.

Библиографический список

1. Воронин Л.Г. Физиология высшей нервной деятельности. М.: Высш. школа, 1979.
2. Грибанов Д.П. Философские взгляды А.Эйнштейна и развитие теории относительности. М., 1987.
3. Князев В.Н. Концепция взаимодействия в современной физике. М., 1991.
4. Маклаков А.Г. Общая психология.–СПб.: Питер, 2001.
5. Пахомова Б.Я. Становление современной физической картины мира. М., 1985.
6. Роуэлл Г., Герберт С. Физика. М.: Просвещение, 1994.
7. Философия естествознания. М.: Политиздат. 1966.

Элементарные частицы. Фундаментальные взаимодействия

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Элементарные частицы – первичные неразложимые частицы, из которых по предположению состоит вся материя.

С точки зрения физики элементарные частицы – это мельчайшие частицы материи. К элементарным частицам не относятся атомы и атомные ядра. Исключение составляет протон – ядро атома водорода. К элементарным частицам относятся электрон, протон, нейтрон, фотон, нейтрино, мезоны, мюоны, странные частицы, резонансы и т.п. Всего более 350 частиц в основном не стабильных. Их число продолжает расти и, скорее всего, неограниченно велико.

1. Классификация наиболее стабильных элементарных частиц

В таблице 1 приведен вариант классификации элементарных частиц, согласно которому наиболее стабильные элементарные частицы разделены на 4 группы. Основанием деления является преимущественное участие частиц в том или ином виде фундаментального взаимодействия. Хотя, следует уточнить, что так или иначе почти все элементарные частицы принимают участие в нескольких взаимодействиях.

В первой группе всего одна частица – фотон. Это сверхлегкая частица, переносчик электромагнитного взаимодействия. Фотон можно назвать квантом электромагнитного поля.

Вторая группа – лептоны: 8 легких частиц. К ним относятся нейтрино, электрон, мю-мезон. Электроны слагают оболочки атомов; нейтрино – компонент распада многих частиц; роль мю-мезона неизвестна. Лептоны имеют полупростой спин и характеризуются особым квантовым числом – лептонным зарядом. Лептоны участвуют в слабых взаимодействиях. Нейтрино появляется при распаде элементарных частиц либо в «компании» с электроном – такое ней-

трино называется электронным, либо в «компании» с мю-мезоном – такое нейтрино называется мезонным.

Третья группа – мезоны: 8 частиц с целым спином (пи-мезоны, к-мезоны). Мезоны участвуют в сильных взаимодействиях.

Четвертая группа – барионы: 20 тяжелых частиц с полуцелым спином. К барионам относятся протоны и нейтроны. Поэтому говорят, что мы живем в барионной Вселенной. Барионы участвуют в сильных взаимодействиях. Одно из свойств барионов – наличие у них сохраняющегося барионного заряда.

Мезоны и барионы называются адронами, т.е. сильновзаимодействующие частицы. К адронам относятся и резонансы. Большинство из них крайне нестабильно. Из-за короткоживучести их фиксируют по косвенным признакам.

Адроны не являются истинно элементарными частицами, т.к. они имеют сложную структуру: мезоны построены из кварка и антикварка, барионы состоят из трех кварков. Кварки удерживаются внутри адронов глюонным полем с помощью переносчика сильного взаимодействия глюона.

Истинно элементарными частицами, т.е. частицами, не разложимыми на данном этапе науки, являются:

Кварки, лептоны (частицы вещества);

Фотоны, векторные бозоны, глюоны, гравитон (кванты полей).

**Глюон – гипотетическая электронейтральная частица со спином 1 и нулевой массой покоя. Предполагается существование восьми глюонов, обладающих квантовой характеристикой «цвет». Глюон от слова «клей». Глюоны «склеивают» кварки воедино (в адроны).*

2. Элементарные частицы в истории науки

В зависимости от того, какие материальные объекты считали элементарными, в истории развития учения о строении материи выделяют ряд этапов, отвечающие различным уровням элементарности.

Первый этап – молекулярный. Элементарные структурные единицы материи – молекулы.

Второй этап – атомный. Элементарные структурные единицы материи – атомы.

Третий этап – этап элементарных частиц. Этот этап условно можно разбить на три периода.

Первый период начинается открытием электрона и заканчивается созданием основ квантовой механики (первая четверть XX в.). За этот период были открыты: электрон (1897 г. Дж. Дж. Томсон); протон (1919 г. Э. Резерфорд); фотон – квант света (введен в науку М. Планком, 1900 г.).

Закладываются предпосылки понимания того, что в основе всех процессов и явлений лежит электромагнитная связь между элементами структуры и вещества.

Второй период в физике микромира (вторая четверть XX в.). Создается теоретический фундамент физики элементарных частиц и их взаимодействий. Раскрыто строение атомного ядра; расположение электронов на электронных оболочках; обнаружены силы, действующие в ядре и названные сильными и слабыми взаимодействиями; открыт нейтрон (1932 г., Дж. Чедвиг).

В основе научных взглядов на микроструктуру материи на данном этапе лежит представление о существовании четырех основных типов фундаментальных взаимодействий: сильного, слабого, электромагнитного и гравитационного; что их первичными источниками и носителями являются элементарные частицы.

Третий период (вторая половина XX в.).

Открыто большое количество элементарных частиц: пи-мезоны, нейтрино (антинейтрино), антипротоны и антинейтроны, мюоны, к-мезоны, несколько сотен частиц называемых резонансами. Начинается классификация элементарных частиц. Предлагаются различные варианты их классификации.

В 1964 г. появилась идея, что определенная группа элементарных частиц, называемых адронами, состоит из кварков. Так в физике элементарных частиц появляется кварковая модель. Первоначально количество кварков было 6: три кварка и три антикварка. В настоящее время их значительно больше. С помо-

щью кварков разрабатывается теория полевого описания сильных взаимодействий адронов.

В 1967 – 1968 гг. была разработана полевая теория слабых взаимодействий лептонов.

К 1971 г. создается и экспериментально подтверждается квантово-полевая теория, объединяющая слабые и электромагнитные взаимодействия.

3. Свойства элементарных частиц

Масса. Массу покоя элементарных частиц определяют по отношению к массе покоя электрона. Существуют элементарные частицы, не имеющие массы покоя: фотоны, нейтрино. По массе элементарные частицы делятся на:

Легкие (лептоны);

Средние элементарные частицы (мезоны);

Тяжелые элементарные частицы (барионы).

Заряд частицы. В единицах заряда электрона заряд частицы всегда равен +1, -1, 0. Каждой частице (кроме фотона и двух мезонов) соответствуют античастицы с противоположным зарядом. Дробным зарядом должны обладать кварки.

Время жизни. Одна из важнейших характеристик элементарных частиц – среднее время жизни. Известно 9 стабильных частиц: фотон, электрон, позитрон, протон, антипротон и четыре разновидности нейтрино. Остальные частицы нестабильны. Средние времена их жизни сильно различаются: от примерно 1000 с. для нейтрона до 10^{-16} с. для π^0 – мезона. Еще меньшие времена жизни имеют, так называемые, резонансы – порядка 10^{-23} с. Т.о. среднее время жизни элементарных частиц может изменяться на 26 порядков.

Момент количества движения. Интенсивность вращения любого вращающегося тела характеризуется моментом количества движения (\bar{L}). Момент количества движения элементарной частицы называется спином. Спин – как бы врожденное свойство элементарной частицы, его нельзя изменить, не разрушив самой частицы. Спин является целым или полуцелым числом, кратным посто-

янной Планка \hbar , где $\hbar = h/2\pi$. Со спином связано заселение энергетических уровней. Частицы с полуцелым спином называются фермионами, они располагаются на отдельных энергетических уровнях парами: спины частиц такой пары всегда направлены в разные стороны. Частицы, имеющие целый спин, такими свойствами не обладают. Любое количество частиц с целым спином может находиться в одном и том же энергетическом состоянии. Такие частицы называются бозонами.

**Спин частиц однозначно связан с характером статистики, которой они подчиняются. Как показал Паули (1940) из квантовой теории поля следует, что все частицы с целым спином (бозоны) подчиняются статистике Бозе - Эйнштейна; с полуцелым спином (фермионы) – статистике Ферми.*

Античастицы. У элементарных частиц с ненулевыми значениями хотя бы одного из квантовых чисел (электрический заряд, барионный заряд, лептонный заряд, странность, очарование, красота) существуют античастицы с теми же значениями массы, времени жизни, спина, но с противоположными знаками указанных квантовых чисел. Частицы, тождественные своим античастицам, называются истинно нейтральными.

Существование античастиц впервые было предсказано в 1928 г. английским физиком П. Дираком. Характерная особенность частиц и античастиц – их аннигиляция при столкновении, т.е. переход в другие частицы с сохранением энергии, импульса, электрического заряда, например, электрон + позитрон = 2 фотона.

4. Элементарные частицы и законы сохранения

Элементарные частицы подчиняются законам сохранения макромира, кроме того, в микромире сравнительно недавно были открыты свои законы сохранения: закон сохранения электрического заряда, закон сохранения барионного и лептонного зарядов и ряд других законов.

Закон сохранения электрического заряда в микромире. При всех превращениях элементарных частиц разность между числом положительно и отрицательно заряженных частиц остается постоянной. Если возникает заряженная

частица, то обязательно наблюдается рождение частицы, имеющей заряд противоположного знака. При распаде любой частицы алгебраическая сумма зарядов остается неизменной.

Закон сохранения электрического заряда в микросистеме позволяет понять, почему электроны являются стабильными частицами. Электрон – самая легкая из заряженных частиц и поэтому он не может распадаться. Распад электрона привел бы к нарушению закона сохранения.

Закон сохранения барионного заряда. Разность числа барионов и антибарионов в любой системе остается неизменной. При распаде любого бариона в продуктах распада обязательно присутствует более легкий барион.

Закон сохранения барионного заряда объясняет стабильность протона. Протон не распадается потому, что он является самым легким барионом.

Закон сохранения лептонного заряда. Разность между числом лептонов и антилептонов сохраняется при любых превращениях элементарных частиц.

5. Взаимопревращения элементарных частиц

Все элементарные частицы превращаются друг в друга и взаимодействуют друг с другом. Рассмотрим на примерах проявления этих взаимодействий и превращений.

Пример 1. Взаимодействие двух электронов. Один взаимодействующий электрон испускает фотоны, а другой взаимодействующий электрон их поглощает. Точно также второй взаимодействующий электрон испускает фотоны, а первый электрон их поглощает. Взаимодействующие частицы образуют связанную пару. В этом суть электромагнитного взаимодействия.

Фотоны, которые непрерывно испускают и поглощают электроны, называются «виртуальными», потому, что излучаются с нарушением закона сохранения энергии и, следовательно, могут существовать лишь ограниченное время.

**Виртуальные частицы – это теоретически вычисленные элементарные частицы, непрерывно возникающие и исчезающие в очень короткие промежутки времени.*

Пример 2. Заряженная частица (например, электрон) может непрерывно поглощать испускаемые ей же самой кванты (например, фотоны).

Приведенные примеры показывают «странное» поведение элементарных частиц. Создается впечатление, что фотоны изначально находились внутри электрона. Но это не так. Фотоны не прячутся внутри электронов, они рождаются в самом акте излучения.

Пример 3. Подавляющее большинство частиц распадается само собой, но это не говорит о том, что они состоят из продуктов собственного распада. Например, нейтрон распадается на протон, электрон и антинейтрино. Но протон, электрон и антинейтрино не содержатся в нейтроне, и этот распад не говорит о том, что нейтрон не элементарная частица. Поэтому возникновение одних частиц и исчезновение других частиц называются превращениями. Прямые опыты говорят о том, что все частицы способны превращаться друг в друга.

Пример 4. Чем выше энергия сталкивающихся частиц, тем большее количество и при том более тяжелых частиц рождается. Это возможно благодаря тому, что при увеличении скорости масса частиц растет. Экспериментально зафиксировано, как одна частица из космоса рождает ливни частиц общим числом до сотен миллионов, захватывающие у поверхности Земли площадь в несколько квадратных километров.

Поведение элементарных частиц не возможно объяснить с точки зрения классической механики и кажутся странными с точки зрения повседневного человеческого опыта. «Странное» поведение элементарных частиц объясняет квантовая механика и теория относительности.

Таблица 1

Наиболее стабильные элементарные частицы

Наименование частиц		Символы		Масса (в электронных массах)	Спин (в единицах \hbar)	Электрический заряд (в ед. заряда e)	Время жизни (с)	
		Частицы	Античастицы					
	Фотон	γ	γ	0	1	0	Стабилен	
Л е п т о н ы	Нейтрино электронное	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	1/2	0	Стабильно	
	Нейтрино мю-мезонное	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	1/2	0	Стабильно	
	Электрон	e^-	e^+	1	1/2	-1	Стабилен	
	Мю-мезон	μ^-	μ^+	206,7	1/2	-1	$2,2 \cdot 10^{-6}$	
М е з о н ы	Пи-мезоны	π^0	π^0	264,1	0	0	$0,8 \cdot 10^{-16}$	
		π^+	π^-	273,1	0	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$	
	Ка-мезоны	K^+	K^-	966,4	0	1	$1,23 \cdot 10^{-8}$	
		K^0	K^0	974,1	0	0	$0,86 \cdot 10^{-10}$	
Эта-нуль-мезоны	η_0	η_0	1074	0	0	10^{-17}		
Б а р и о н ы	Протон	p	\bar{p}	1836,1	1/2	1	Стабилен	
	Нейтрон	n	\bar{n}	1838,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$	
	Гиперон лямбда	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2184	1/2	0	$2,5 \cdot 10^{-10}$	
		Гипероны сигма	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1/2	1	$0,8 \cdot 10^{-10}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	$\frac{1}{2}$	0	10^{-14}
	Σ^-		$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	$\frac{1}{2}$	-1	$1,49 \cdot 10^{-10}$	
Гипероны кси	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	$\frac{1}{2}$	0	$3,03 \cdot 10^{-10}$		
	Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	$\frac{1}{2}$	-1	$1,66 \cdot 10^{-10}$		
Омега-минус-частица	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	3273	3/2	-1	$1,3 \cdot 10^{-10}$		

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

1. Общая характеристика фундаментальных взаимодействий

Все многообразие свойств Природы обусловлено взаимодействующими элементарными частицами. Элементарные частицы участвуют в четырех качественно различных видах взаимодействий. Эти взаимодействия называются фундаментальными, т.е. основными, исходными, первичными.

Фундаментальные взаимодействия отличаются качественно и количественно. Количественное их отличие характеризуется термином «**интенсивность**». По мере увеличения интенсивности фундаментальные взаимодействия располагаются в следующем порядке: гравитационные, слабые, электромагнитные, сильные. Каждое из этих взаимодействий характеризуется безразмерным параметром, называемым константой связи. Численное значение этой константы определяет интенсивность взаимодействия.

Фундаментальные взаимодействия переносятся элементарными частицами, которые называются переносчиками взаимодействия. Этот процесс осуществляется по следующей схеме: микрообъект испускает частицы (переносчики взаимодействия), которые поглощаются другим микрообъектом. Микрообъекты как бы чувствуют друг друга. При этом их энергия, характер движения, состояние изменяются, т. е. они испытывают взаимное влияние.

В квантовой теории взаимодействие описывают в терминах обмена специфическими квантами (бозонами), ассоциированными с данным типом взаимодействия. Для наглядного представления взаимодействия американский физик Р. Фейнман предложил использовать диаграммы, которые получили его имя. Каждая частица, участвующая в процессе на диаграмме Фейнмана изображается линией. Свободный левый конец линии обозначает нахождение частицы в начальном состоянии, свободный правый конец – в конечном состоянии. Внутренние линии на диаграммах (то есть линии, не имеющие свободных концов) соответствуют виртуальным частицам. Эти частицы рождаются и по-

глощаются в процессе взаимодействия. Их нельзя зарегистрировать в отличие от реальных частиц. Взаимодействие частиц на диаграмме изображается узлами.

В современной физике высоких энергий все большее значение приобретает идея объединения фундаментальных взаимодействий. Согласно этой идее, в Природе существует только одно фундаментальное взаимодействие, проявляющееся в конкретных ситуациях как гравитационное, или слабое, или электромагнитное, или сильное, или как их комбинация. Пока создана теория, объединившая слабое и электромагнитное взаимодействия – теория электрослабых взаимодействий. Предпринимаются попытки найти принцип объединения всех четырех – взаимодействий.

2. Электромагнитное взаимодействие

В электромагнитных взаимодействиях участвуют все заряженные тела и все заряженные элементарные частицы. В этом смысле оно универсально. Классической теорией электромагнитного взаимодействия является максвелловская электродинамика.

Электромагнитное взаимодействие двух покоящихся точечных зарядов характеризуется известной электростатической силой Кулона. Это означает, что это взаимодействие является дальнодействующим и медленно спадает с ростом расстояния между зарядами.

Переносчик электромагнитного взаимодействия – фотон. Безразмерная константа электромагнитного взаимодействия численно равна постоянной тонкой структуры ($\alpha \approx 1/137$). Эта константа больше констант гравитационного и слабого взаимодействий.

Примерами простейших электромагнитных процессов являются фотоэффект, комптон-эффект, образование электрон-позитронных пар, а для заряженных частиц – ионизационное рассеяние, тормозное излучение. Теория этих взаимодействий – квантовая электродинамика.

На макроуровне электромагнитное взаимодействие способствует сущест-

вованию атомов, молекул, созданию вещества, протеканию химических реакций. Силами электромагнитного взаимодействия определяются трение, упругие и другие свойства вещества.

3. Слабое взаимодействие

Если в процессе взаимодействия участвует элементарная частица нейтрино, то данное взаимодействие является слабым. Типичный пример слабого взаимодействия – это β -распад нейтрона ($n \rightarrow p + \bar{e} + \bar{\nu}_e$). Однако известны и безнейтринные распады при слабых взаимодействиях. Слабое взаимодействие было открыто итальянским физиком Э. Ферми в 1934 г.

При очень высоких энергиях слабое взаимодействие описывается как обменное, при котором осуществляется обмен квантом, наделенным слабым зарядом g_w (по аналогии с электрическим зарядом) и действующим между фермионами. Такие кванты были впервые обнаружены в 1961 г. Это заряженные бозоны W^\pm и нейтральный бозон Z^0 . Эти бозоны и являются переносчиками слабого взаимодействия.

Интенсивность слабого взаимодействия характеризуется безразмерной константой связи $\alpha_w \approx 1,02 \cdot 10^{-5}$. Это говорит о том, что слабое взаимодействие гораздо интенсивнее гравитационного.

Слабое взаимодействие является короткодействующим, т.е. оно начинает действовать только тогда, когда частицы находятся достаточно близко друг к другу. Характерный радиус слабого взаимодействия имеет порядок 10^{-17} м. Поэтому, слабое взаимодействие сосредоточено на расстояниях, меньших размера атомного ядра.

Слабым взаимодействием обусловлен β -распад. Слабое взаимодействие играет важную роль в термоядерных реакциях, ответственных за выделение энергии в звездах.

Обмен фермионов нейтральным Z^0 -бозоном называется реакцией с нейтральным током. После открытия нейтральных слабых токов получила подтверждение гипотеза С. Вайнберга, А. Салама, Ш. Глэшоу о том, что электро-

магнитные и слабые взаимодействия могут быть соединены в единую электро-слабую теорию.

4. Сильное взаимодействие

Сильное взаимодействие впервые было обнаружено при рассеянии α -частиц легкими ядрами. Исследование процесса рассеяния показало, что в непосредственной близости от ядра вместо того, чтобы отталкиваться по закону Кулона α -частица притягивалась к ядру, причем сила притяжения возрастала с уменьшением расстояния от частицы до ядра значительно быстрее, чем кулоновские силы отталкивания. Эта сила была названа ядерной силой, а взаимодействие – ядерным или сильным.

Ядерные силы притяжения между протонами, нейтронами, протонами и нейтронами одинаковы. Это говорит о том, что с точки зрения сильных взаимодействий протон и нейтрон неотличимы, и для них используется единый термин – нуклон (частица ядра).

Сильное взаимодействие является короткодействующим и полностью сосредоточено на расстояниях, не превышающих характерного размера ядра.

В настоящее время разработана квантовая теория сильного взаимодействия – квантовая хромодинамика. Она стала развиваться после высказанной в 1964 г М. Гелл-Маном (США) и Г. Цвейгом (Швейцария)) гипотезы о существовании кварков. По современным представлениям нуклоны состоят из элементарных частиц – кварков. Переносчиками сильного взаимодействия между кварками являются элементарные частицы глюоны.

Кварки и глюоны существуют только в связанном состоянии и не вылетают из адронов. Поэтому для сильных взаимодействий рассматривают две области: область, в которой радиус взаимодействия больше размера нуклона и область, в которой радиус взаимодействия меньше размера нуклона. В первом случае взаимодействие можно рассматривать как обмен пионами (квантами ядерного поля). В этом случае константа взаимодействия равна 15. Во втором

случае происходит обмен глюоном и константа взаимодействия имеет величину около единицы.

5. Гравитационное взаимодействие

Гравитационное взаимодействие носит универсальный характер, в нем участвуют все виды материи, все объекты природы, все элементарные частицы.

Релятивистской классической теорией гравитационных взаимодействия является общая теория относительности А. Эйнштейна, которая в пределе слабых гравитационных полей переходит в теорию тяготения Ньютона.

В квантовой теории гравитационные взаимодействия переносятся гравитоном, частицей с нулевой массой и спином, равным 2.

Гравитационное взаимодействие характеризуется безразмерной константой гравитационного взаимодействия. Она равна $6 \cdot 10^{-39}$. Эта величина очень мала, поэтому гравитационное взаимодействие является самым слабым из всех известных взаимодействий в природе. Гравитационное взаимодействие является дальнодействующим.

Согласно теории Эйнштейна гравитационные поля могут распространяться в пространстве в виде гравитационных волн. Кроме того, должны существовать сильные и слабые гравитационные поля. Сильные гравитационные поля связаны с релятивистскими объектами. Однако данные о существовании таких полей пока отсутствуют. Слабые гравитационные поля сходны с электромагнитными полями, скорость их распространения равна скорости света, для них характерны интерференция и дифракция.

Гравитационные волны очень слабо взаимодействуют с веществом и их прямое экспериментальное наблюдение до сих пор не проведено.

Последовательная теория квантовой гравитации до настоящего времени не создана.

Гравитация определяет движение планет, играет важную роль в процессах, протекающих в звездах, управляет эволюцией Вселенной.

В земных условиях гравитация проявляет себя как сила взаимного притяжения любых тел и определяет множество явлений. Без этих сил не существовал бы водный и воздушный океан. Гравитация удерживает на Земле людей, животных. Корабль не тонет потому, что его выталкивает сила Архимеда, а появляется она потому, что вода сжата тяготением с силой, увеличивающейся с ростом в глубину.

Сам земной шар сжат силами тяготения до колоссальных давлений. В центре Земли давление превышает 3 млн. атм. Под действием этого давления все вещества в центре земного шара находятся в жидком состоянии. Тяжелые материалы опускаются к центру Земли, а легкие материалы всплывают. Этот процесс длится миллиарды лет и приводит к тому, что концентрация тяжелых элементов в центре Земли медленно нарастает.

На Земле притяжение Солнца и Луны проявляются в виде приливов и отливов.

В таблице 2 приведены наиболее существенные характеристики рассмотренных взаимодействий.

Таблица 2

Фундаментальные взаимодействия

Взаимодействия	Интенсивность взаимодействия	Полевой квант – переносчик взаимодействия	Область проявления
Сильные	~ 15 ≤ 1	Пион Глюон	Атомные ядра Фундаментальные частицы
Электромагнитные	$\sim 10^{-3}$	Фотоны	Атомы, электротехника
Слабые	$\sim 10^{-5}$	W^{\pm}, Z^0 – бозоны	Радиоактивные β -распад, распадные процессы
Гравитационные	$\sim 10^{-38}$	Гравитон	Массивные тела и фотон

6. Тенденции объединения взаимодействий

Идея объединения всех фундаментальных взаимодействий заключается в том, что при огромных значениях энергии существует единое фундаментальное взаимодействие, которое по мере снижения энергии распадается на составляю-

щие.

С современной точки зрения слабое и электромагнитное взаимодействия представляют собой различные стороны единого электрослабого взаимодействия. Существует теория, объясняющая механизм слияния этих взаимодействий. Пока характерные энергии достаточно малы, эти взаимодействия не влияют друг на друга. С ростом энергии начинается их взаимовлияние, и при достаточно высоких энергиях они сливаются в единое электрослабое взаимодействие. Энергия объединения составляет 100 ГэВ. Эта энергия огромна по сравнению с характерными энергиями в атомной и ядерной физике. По этой причине электромагнитное и слабое взаимодействия не проявляются в обычных физических явлениях как единое взаимодействие.

Теорию электрослабых взаимодействий физики называют стандартной моделью.

Создано несколько вариантов теории электрослабого и сильного взаимодействий, получивших название моделей Великого объединения. Все эти модели имеют много общего. Во всех моделях энергия объединения оказалась порядка 10^{15} ГэВ. Наибольшая, достижимая энергия на современных ускорителях не превышает 10^3 ГэВ. Поэтому теорию Великого объединения экспериментально проверить невозможно.

Теорий, объединяющих все 4 фундаментальных взаимодействия нет. Вероятно, для построения такой теории требуется привлечение новых представлений и новых методов.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ТЕОРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. Квантовая электродинамика

В середине XX в. была создана теория электромагнитного взаимодействия – квантовая электродинамика (КЭД). Эта теория описывает взаимодействие между собой заряженных элементарных частиц и, прежде всего, электронов и позитронов. Взаимодействие происходит в результате обмена фотонами. В КЭД анализируют акты испускания или поглощения одного фотона одной заряженной частицей; аннигиляцию электрон-позитронной пары в фотон; порождение фотонами такой пары. В КЭД окружающее электрон электромагнитное поле рассматривается как облако виртуальных фотонов, которое неотступно следует за электроном, окружая его квантами энергии. Фотоны возникают и исчезают очень быстро, а электроны движутся в пространстве по не вполне определенным траекториям. Все эти процессы допускают графическое представление (диаграммы Р. Фейнмана). При этом известны только начальное и конечное положение электронов, а определить момент, когда происходит обмен фотоном и какая из частиц испускает фотон, а какая поглощает, невозможно. Эти характеристики скрыты пеленой квантовой неопределенности.

Физикам удалось проверить экспериментально на двух эффектах согласуется ли теория КЭД с реальностью. Оказалось, что согласуется, причем с очень большой точностью. Поэтому эта теория считается наиболее совершенной из существующих естественнонаучных теорий. За ее создание несколько ученых получили Нобелевскую премию за 1965 г. (С. Томанага, Р.Фейнман и Дж. Швингер).

После этого КЭД была принята как модель для описания трех других фундаментальных взаимодействий.

2. Теория кварков

Теория кварков – это теория строения адронов. Основная идея этой теории: все адроны построены из более мелких частиц – **кварков**. Кварки несут

дробный электрический заряд равный либо $-1/3$, либо $+2/3$ заряда электрона. Комбинация из двух и трех кварков может иметь суммарный заряд равный 1 или нулю. Все кварки имеют спин $1/2$. Основоположники теории кварков **Гелл-Манн и Цвейг**. Первоначально они ввели три сорта кварков. И с их помощью скомбинировали все известные в 60 годы XX в. адроны. Вместо термина «сорт» или «разновидность» они использовали термин «**аромат**». И так, они ввели три аромата кварков:

u – кварк (от up – верхний);

d – кварк (от down – нижний);

s – кварк (от strange – странный).

Кварки могут соединяться друг с другом двумя способами: тройками и парами (кварк + антикварк). Барионы (в том числе протон, нейтрон.) состоят из трех кварков. Мезоны состоят из кварка и антикварка.

Например: Протон: u, u, d. Нейтрон: d, d, u. π^+ - мезон: u, d.

Третий кварк (s) используется только для описания структуры странных частиц.

В 70 годы XX в. были открыты новые адроны, которые не могли быть получены комбинацией имеющихся трех кварков. Пришлось ввести три новые аромата (сорта) кварков:

c –кварк (от charm – очарование);

b – кварк (от beauty красота или прелесть);

t - кварк (от top – верхний).

На сегодняшний день физики оперируют 36 кварками $[(6 \times 3) \times 2 = 36]$.

**Умножают на 3, т.к. каждый «аромат» кварков подразделяется на три «цвета» (это просто термин и это свойство кварков не имеет никакого отношения к цвету в нашем понимании этого слова). Умножают на 2, т.к. каждый кварк имеет свой антикварк.*

Кварки скрепляются между собой сильным взаимодействием. Переносчики сильного взаимодействия – глюоны. Глюоны носители цветовых зарядов.

Область физики элементарных частиц, изучающая взаимодействие кварков и глюонов, называется квантовой хромодинамикой.

Если квантовая электродинамика – теория электромагнитного взаимодействия, то квантовая хромодинамика – теория сильного взаимодействия.

3. Теория электрослабого взаимодействия

В 70 годы XX в. электромагнитное и слабое взаимодействия были объединены в единое электрослабое взаимодействие.

Теория электрослабого взаимодействия была создана двумя физиками – С. Вайнбергом и А. Саламом, причем независимо друг от друга.

В этой теории слабое взаимодействие было описано на языке концепции калибровочного поля. А концепция калибровочного поля заключается в том, что понять фундаментальные природные взаимодействия можно только через симметрию.

Существуют разные типы симметрии: геометрические, зеркальные, негеометрические. Среди негеометрических есть так называемые калибровочные симметрии. Калибровочные симметрии носят абстрактный характер т. е. органами чувств непосредственно не фиксируются. Они связаны с изменением отсчета уровня, отсчета масштаба или отсчета значения некоторой физической величины. Система обладает калибровочной симметрией, если ее природа остается неизменной при такого рода преобразованиях. Например, в физике работа зависит от разности высот; напряжение – от разности потенциалов, а не от их абсолютных величин. Симметрии, на которых основан пересмотр фундаментальных взаимодействий, именно такого рода.

Калибровочные преобразования симметрии могут быть глобальными и локальными.

Глобальные калибровочные преобразования симметрии изменяют систему в целом; во всех точках пространства – времени значения волновой функции подвергаются одному и тому же изменению.

Локальные калибровочные преобразования симметрии изменяют систему от точки к точке; волновая функция в каждой точке системы характеризуется своей особой фазой.

Глобальное калибровочное преобразование теоретически можно превратить в локальное. Для связи глобального калибровочного преобразования с локальным, и для поддержания симметрии в каждой точке пространства необходимы калибровочные поля.

С помощью представлений о калибровочной симметрии можно теоретически моделировать все 4 фундаментальных взаимодействия, встречающиеся в природе. Все их можно рассматривать как калибровочные поля.

В создании теории электрослабого взаимодействия ключевую роль сыграло понятие спонтанного нарушения симметрии: не всякое решение задачи должно обладать всеми свойствами его исходного уровня. Так частицы, совершенно разные при низких энергиях, при высоких энергиях могут оказаться на самом деле одной и той же частицей, но находящейся в разных состояниях. Т.о. идея спонтанного нарушения симметрии соединила электромагнетизм и слабое взаимодействие в единой теории калибровочного поля.

В теории Вайнберга–Салама представлено всего 4 поля: электромагнитное и три поля, соответствующих слабым взаимодействиям. Кроме того, было введено постоянное на всем пространстве скалярное поле (так называемое поле Хиггса), с которым частицы взаимодействуют по-разному, что и определяет различие их масс. Первоначально рождающиеся (при высоких энергиях) W - и Z -кванты не имеют массы, но из-за нарушения симметрии некоторые частицы Хиггса сливаются с W - и Z -частицами, наделяя их массой. В этой теории фотоны и тяжелые векторные бозоны (W - и Z) имеют общее происхождение и тесно связаны друг с другом.

Слабое взаимодействие в реальных условиях очень мало, потому что частицы-переносчики его (W и Z) имеют большую массу. Но большую массу они получают именно при нарушении симметрии, «заглатывая» частицы Хиггса. А нарушение симметрии происходит при понижении энергии. При энергиях более

100 ГэВ W и Z -частицы также безмассовы, как и фотоны, и взаимодействия с их участием осуществляется так же легко, как и с участием фотонов.

И так при энергиях более 100 ГэВ между электромагнитным и слабым взаимодействиями существует полная симметрия. А при понижении энергии симметрия нарушается, векторные бозоны получают массу и взаимодействие, которое они осуществляют резко уменьшается, становится слабым.

Эта теория была доказана экспериментально. Вайнбергу и Саламу в 1979 г. была присуждена Нобелевская премия. Хотя W - и Z -частицы были открыты только в 1983 г с созданием новых очень мощных ускорителей.

4. Квантовая хромодинамика–теория сильного взаимодействия

Для создания этой теории сильному взаимодействию необходимо было придать черты калибровочного поля.

Мы знаем, что сильное взаимодействие можно представить как результат обмена глюонами, который обеспечивает связь кварков (попарно или тройками). Каждый кварк обладает свойством «цвет», которое является аналогом электрического заряда.

Электромагнитное поле порождается зарядом только одного сорта, а глюонное поле порождается тремя различными цветовыми зарядами. Всего три типа кварковых зарядов – «цветов»: красный, зеленый, синий. Каждый кварк имеет свой заряд – «цвет»; т.е. физики говорят, что каждый кварк «окрашен». Соответственно антикварки бывают антизеленые, антикрасные и антисиние.

Далее согласно требованиям локальной калибровочной симметрии вводятся компенсирующие калибровочные поля. Их восемь. Частицы-переносчики этих полей – глюоны (8 различных типов глюонов). Глюоны имеют нулевую массу покоя и спин 1. Глюоны также имеют различные «цвета», но не чистые, а смешанные (например, сине-антизеленый), т.е. глюоны состоят из цвета и антицвета. Поэтому испускание или поглощение глюона сопровождается изменением цвета кварка. Но такие изменения носят не произвольный характер, а подчиняются следующему правилу: в любой момент времени суммарный цвет трех

кварков должен представлять собой белый цвет, т.е. сумму «красный» + «зеленый» + «синий». Это распространяется и на мезоны.

С точки зрения квантовой хромодинамики сильное взаимодействие есть не что иное, как стремление поддерживать определенную абстрактную симметрию природы: сохранение белого цвета всех адронов при изменении цвета их составных частей.

Квантовая хромодинамика великолепно объясняет правила, которым подчиняются все комбинации кварков, взаимодействие глюонов между собой, взаимодействие кварков и глюонов.

Квантовая хромодинамика пока не является завершенной теорией сильного взаимодействия, но статус ее достаточно прочен и достижения многообещающи.

5. На пути к великому объединению

С построением калибровочной теории квантовой хромодинамики появилась надежда на построении единой теории трех взаимодействий: электромагнитного, слабого и сильного.

Модели, объединяющие три фундаментальных взаимодействия электромагнитное, слабое и сильное, называются Моделями Великого объединения.

Модели, объединяющие четыре фундаментальных взаимодействия электромагнитное, слабое, сильное и гравитационное, называются моделями супергравитации.

В 70-90-е гг. XX в. было разработано несколько теорий Великого объединения. Все гипотетические варианты теории Великого объединения имеют ряд общих особенностей.

Во-первых, во всех гипотезах кварки и лептоны включаются в единую теоретическую схему.

Во-вторых, появляются новые типы полей, способных превращать кварки в лептоны.

В простейшем варианте такой гипотезы для превращения кварков в лептоны и наоборот нужно 24 поля и соответственно 24 кванта этих полей: фотон, две W-частицы, Z-частица, 8 глюонов и 12 новых сверхтяжелых промежуточных бозонов, объединенных общим названием X и Y-частицы (обладающие цветом и электрическим зарядом). X и Y-частицы могут превращать кварки в лептоны и наоборот.

На основе теории Великого объединения предсказано, что протон нестабилен и что существуют монополи. Пока эти предсказания экспериментально не подтверждены. Частицы X и Y также не найдены, да их и не пытаются найти, т.к. согласно гипотезе они могут появиться только при энергиях свыше 10^{14} ГэВ. В современных ускорителях можно достичь энергии не более 100 ГэВ.

Поэтому основной областью проверки и применения теории Великого объединения является космология. Эта теория позволяет описать раннюю стадию эволюцию Вселенной, когда температура первичной плазмы достигала 10^{27} К. Именно в таких условиях могли рождаться и аннигилировать сверхтяжелые бозоны X и Y.

Теория объединения всех четырех взаимодействий – супергравитация базируется на идее суперсимметрии, т.е. такого перехода от глобальной калибровочной симметрии к локальной, который позволил бы переходить от фермионов к бозонам и наоборот.

Одна из теоретических моделей сводит воедино 70 частиц со спином 0; 56 частиц со спином $\frac{1}{2}$; 28 частиц со спином 1; 8 частиц со спином $\frac{3}{2}$ (их назвали гравитино; 1 частица со спином 2 (гравитон).

Все эти частицы было объединены единой суперсилой при колоссальной энергии 10^{19} ГэВ ($T = 10^{32}$ К, $\rho \approx 10^{94}$ г/см³, $r \approx 10^{-33}$ см).

В теориях суперсимметрии возникла идея о появлении новых измерений (10, 11 или даже 26) пространства, которые позволят описать все проявления свойств вещества и переносчиков взаимодействий. Только три из них проявляются в нашем мире, остальные остались скрученными в масштабе $r \approx 10^{-33}$ см.

На пути объединения гравитации с остальными фундаментальными взаимодействиями пока еще много проблем. Однако возможно, что уже в XIX в. величайшая задача всей истории познания материи будет решена – будет создана единая теория фундаментальных взаимодействий.

В определенном смысле это означает конец физической науки как науки о фундаментальных основаниях материи.

Вопросы для самоконтроля

1. Разделите элементарные частицы на группы и охарактеризуйте каждую
2. Какими свойствами характеризуют элементарные частицы?
3. Когда и кем были открыты фотон, электрон, протон и нейтрон?
4. Назовите истинно элементарные частицы. Почему адроны не являются истинно элементарными частицами?
5. Опишите особенности взаимодействия и взаимопревращения элементарных частиц.
6. Какие элементарные частицы не имеют массу покоя? Почему частицы, имеющие массу покоя, не могут перемещаться со скоростью света?
7. Назовите известные вам стабильные элементарные частицы.
8. Какие элементарные частицы называются виртуальными?
9. Какие законы сохранения действуют в микромире?
10. Какие элементарные частицы переносят гравитационные (электромагнитные, слабые и сильные) взаимодействия?
11. Опишите известные вам фундаментальные взаимодействия.
12. Чем характеризуют силу фундаментального взаимодействия? Какое из известных вам взаимодействий является самым сильным, какое самым слабым?
13. Какие фундаментальные взаимодействия способствуют целостности атомов?
14. Какие фундаментальные взаимодействия называются близко-, а какие дальнедействующими? И почему?

15. Кто разработал диаграммы, описывающие взаимодействия элементарных частиц? Приведите примеры таких диаграмм для всех видов взаимодействий.

16. Как называется теория, объединяющая слабое и электромагнитное взаимодействия? Что вам известно об этой теории?

17. Как называется теория, объединяющая слабое, сильное и электромагнитное взаимодействие? Что вам известно об этой теории?

Библиографический список

1. Бухбиндер И.Л. Фундаментальные взаимодействия / Современное естествознание: Энциклопедия: в 10 т. – М.: МАГИСТР-ПРЕСС, 2000. – Т.4. – Физика элементарных частиц. С.7-12.

2. Мякишев Г.Я. Элементарные частицы. М.: Наука, 1979.

3. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: Учебное пособие. М.: Гардарики, 1999.

4. Паркер Б. Мечта Эйнштейна. В поисках единой теории строения вселенной. СПб.: Амфора, 2000.

5. Сарычева Л.И. Структура материи / Соросовский образовательный журнал. –2000. –№6. – С.112-120.

6. Смолянский С.А. Вакуумное рождение частиц в сильных электромагнитных полях/ Соросовский образовательный журнал. –2001. –№2. – С.69-75.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Тема № 1. НАУКА И НАУЧНЫЙ МЕТОД	
Раздел первый. Наука и ее роль в формировании картины мира	4
1. Образ науки	4
2. Проблема возникновения науки	9
3. «Большая наука»	13
4. Историческая обусловленность фундаментальных открытий	14
Вопросы для самоконтроля	17
Раздел второй. Научный метод	
1. Классификация методов научного познания	19
2. Наблюдение и эксперимент	21
3. Измерение как метод эмпирического познания	23
4. Абстрагирование и идеализация. Мысленный эксперимент	26
5. Формализация как метод теоретического познания	28
6. Индукция и дедукция	30
7. Анализ и синтез	32
8. Аналогия и моделирование	34
Вопросы для самоконтроля	37
Раздел третий. Частнонаучные методы в естествознании	
1. Физические методы исследования в химии	39
2. Методы наблюдения и регистрации элементарных частиц	42
3. Исследование химического состава и метаболизма клеток и тканей	43
Библиографический список	45
Тема № 2. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ	
Раздел первый. Развитие взглядов на пространство и время в истории естествознания	
1. Пространство и время в преднаучной картине мира	46
2. Субстанциональная и реляционная концепции	47

3. Пространство и время в механистической и эволюционной картинах мира	48
4. Свойства пространства и времени	49
5. Пространство и время в классической физике	51
6. Пространство-время в специальной теории относительности	53
7. Пространство и время в общей теории относительности	54
Вопросы для самоконтроля	57
<i>Раздел второй. Восприятие человеком пространства и времени</i>	
1. Восприятие пространства	59
2. Восприятие времени	61
3. Развитие пространственно-временного восприятия в онтогенезе	63
Вопросы для самоконтроля	65
<i>Раздел третий. Законы сохранения</i>	
1. Закон сохранения массы	66
2. Закон сохранения энергии	67
3. Закон сохранения электрического заряда	68
4. Законы сохранения импульса и момента импульса	69
Задачи	70
Библиографический список	72
Тема № 3. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	
<i>Раздел первый. Элементарные частицы</i>	
1. Классификация элементарных частиц	73
2. Элементарные частицы в истории науки	74
3. Свойства элементарных частиц	76
4. Элементарные частицы и законы сохранения	77
5. Взаимопревращения элементарных частиц	78
<i>Раздел второй. Фундаментальные взаимодействия</i>	

1. Общая характеристика фундаментальных взаимодействий	81
2. Электромагнитное взаимодействие	82
3. Слабое взаимодействие	83
4. Сильное взаимодействие	84
5. Гравитационное взаимодействие	85
6. Тенденции объединения взаимодействий	86
<i>Раздел третий. Теории элементарных частиц</i>	
1. Квантовая электродинамика	88
2. Теория кварков	88
3. Теория электрослабого взаимодействия	90
4. Квантовая хромодинамика – теория сильного взаимодействия	92
5. На пути к великому объединению	93
Вопросы для самоконтроля	95
Библиографический список	96
Приложение 1	100
Приложение 2	102

Бинокулярный эффект обусловлен тем, что человек смотрит двумя глазами. Суть бинокулярного эффекта заключается в том, что когда оба глаза смотрят на один и тот же предмет, изображение этого предмета на сетчатке левого и правого глаза будет различно. При бинокулярном зрении смещение изображений на сетчатке глаз вызывает впечатление одного, но объемного, рельефного предмета.

Конвергенция – сведение зрительных осей глаз за счет поворота глазных яблок навстречу друг другу. Например, это происходит при переходе взора с далекого предмета на близкий. При обратном переходе – с близкого на далекий предмет – наблюдается **дивергенция** глаз, т.е. поворот их в стороны, разведение зрительных осей.

Явление аккомодации заключается в том, что форма хрусталика при удалении и приближении предметов меняется. Это достигается сокращением или расслаблением мышц глаза, что влечет за собой определенные ощущения напряжения или расслабления, которые мы не замечаем, но которые воспринимаются соответствующими проекционными полями коры головного мозга

Когнитивный процесс – это способ с помощью которого мы приобретаем, трансформируем и храним информацию из окружения; т.е. это высшие психические процессы, которые мы используем, чтобы узнать и объяснить мир.

Что такое «биологические часы»?

Практически у всех живых существ от простейших до человека состояния и функции систем ритмично изменяются. Эти изменения часто соответствуют суточному ритму, связанному с вращением Земли, хотя существуют и другие периодические колебания, соответствующие приливно-отливному или годовому циклам. В прошлом было широко распространено мнение, что суточные ритмы человека и животных – пассивная реакция организма на периодические изменения окружающих условий. Однако во многих экспериментах было убедительно продемонстрировано сохранение этой ритмичности даже в отсутствие всех внешних факторов. Период таких свободнотекущих ритмов часто составляет меньше или больше 24 ч, что также свидетельствует о зависимости их не от внешних влияний, а от эндогенных процессов. Природа последних неизвестна; все вместе они получили название «биологических часов». Поскольку эндогенные ритмы лишь приблизительно соответствуют суточному, их называют циркадианными (околосуточными) от латинских слов *circa* = около и *dies* = день. Свободнотекущие циркадианные ритмы обладают свойствами самовозбуждающегося осциллятора. Обычно частота его колебаний синхронизирована с 24-часовым суточным циклом благодаря действию внешних захватывающих сигналов (времяздателей), например, чередованию дня и ночи, или социальным факторам.

У человека более **100** различных физиологических параметров изменяются с периодом 24 ч. Так температура тела рано утром минимальна, а вечером достигает максимума, становясь примерно на 1–1,5°C выше. Наиболее выражен суточный цикл сон / бодрствование, поэтому неудивительно, что многие функциональные изменения организма, обычно возникающие при наступлении сна (например, снижение температуры тела, частота сокращений сердца и дыхания) считали с ним причинно связанными. Однако во многих экспериментах суточные колебания и перечисленных и многих других параметров сохраняются да-

же в условиях лишения сна. Подобные результаты дали основания полагать, что у человека и других высокоорганизованных многоклеточных животных существуют многочисленные циркадианные осцилляторы, несколько различающиеся по частоте. Все они в какой-то степени синхронизированы друг с другом, а также захватываются внешними сигналами.

Эксперименты, проведенные в специальных подземных бункерах или пещерах, показали, что у человека циркадианные ритмы сохраняются даже при изоляции от нормальной окружающей среды, хотя их период в большинстве случаев превышает 20 ч. В подобных опытах обнаружены различия в частоте и относительная независимость отдельных осцилляторов.

Отношение периодов активности и покоя в пределах циркадианного цикла непостоянно. При удлинении активной фазы последующая фаза покоя укорачивается, т.е. средняя продолжительность цикла остается неизменной. Следовательно, циркадианный ритм – первичный процесс, которому подчинен цикл сон / бодрствование.

Очевидно, эти ритмы врожденные и представляют собой филогенетическую адаптацию к временной структуре окружающего мира. Благодаря такой внутренней копии цикличности внешних событий организм способен заранее приспособливаться к ожидаемому изменению условий существования.

Ритмоводители, отвечающие за циркадианные колебания, находятся в ЦНС и локализованы в ядрах гипоталамуса.