

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ШКОЛА ПЕДАГОГИКИ

В.С. КИМ

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В  
ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Монография

Уссурийск – 2012

ББК 74.200  
К 40

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Школы педагогики ДВФУ

***Рецензенты:***

М.Н. Невзоров - доктор педагогических наук, профессор  
И.А. Морев – кандидат физико-математических наук, доцент

**Ким В.С.**

К 40 Виртуальные эксперименты в обучении физике. Монография.  
–Уссурийск: Изд. Филиала ДВФУ в г.Уссурийске, 2012. –184 с.: ил.  
ISBN 978-5-7444-2778-8

Монография посвящена виртуальным физическим экспериментам в обучении физике. Приведен краткий обзор экспериментального метода познания, как в научных исследованиях, так и в обучении физике. Показаны коренные различия в подходах к построению компьютерных моделей в научных исследованиях, так и в обучении физике. Сформулированы основные требования к построению интерфейса и информационных кадров компьютерных дидактических средств.

Монография предназначена преподавателям учебных заведений, аспирантам и всем, кто интересуется проблемой применения компьютерного моделирования в обучении физике.

ББК 74.200

ISBN 978-5-7444-2778-8 © Ким В.С., 2012-08-22

© Издательство Дальневосточного федерального университета (филиал в г.Уссурийске), 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Виртуальные физические эксперименты – это относительно новое направление, как в научно-исследовательском, так и в образовательном процессе, обусловленное реализацией физических моделей средствами вычислительной техники.

Развитие физической науки и изучение физики неразрывно связаны с построением и изучением моделей различных физических систем. Изучать окружающий мир во всем его многообразии и невероятной сложности невозможно. Поэтому, вероятно, единственный научно-обоснованный подход к решению проблемы изучения окружающего мира, заключается в построении и исследовании некоторого упрощенного его эквивалента.

Все развитие физики – это процесс создания и исследования различных моделей. Усилия выдающихся ученых, начиная с древних греков, были направлены на создание тех или иных моделей как окружающего мира в целом, так и его фрагментов. Системы Птолемея, Коперника, Галилея, Ньютона, Эйнштейна и многих других выдающихся мыслителей, основывались на тех или иных моделях окружающего мира.

Некоторые модели оказывались очень плодотворными и широко использовались для объяснения большого круга вопросов, например, материальная точка, идеальный газ, абсолютно твердое тело, гармонический осциллятор и т.п.

Новый этап в применении моделей начался с появлением вычислительной техники. Компьютерные модели обладают повышенной эвристической способностью, позволяют получать результаты в результате выполнения виртуальных экспериментов. Для выполнения виртуального эксперимента требуется математическое, программное

обеспечение и мощная, высокопроизводительная вычислительная техника. Именно благодаря этому ведущим ядерным державам удалось прекратить натурные испытания ядерного оружия. Виртуальных экспериментов оказалось достаточно для изучения свойств новых типов ядерных зарядов. Тот факт, что некоторые страны продолжают натурные испытания говорит лишь о том, что эти страны не имеют ресурсов для выполнения виртуальных испытаний.

Быстрое развитие математической и технической базы виртуальных экспериментов привело к появлению вычислительной физики. Это новое направление, наряду с теоретической и экспериментальной физикой, позволяющее более эффективно исследовать окружающий мир.

Другая область применения физических моделей – это область образования. Обучение физике – это изучение готовых моделей. На наивысшей ступени обучения – это построение собственных моделей учащимся. Учебное компьютерное моделирование физических процессов, реализованное в форме виртуальных физических экспериментов, играет все возрастающую роль в обучении физике.

Виртуальные эксперименты имеют много преимуществ перед натурными:

- легкость организации фронтальной лабораторной работы – для чего нужен только компьютерный класс;

- низкая стоимость виртуального эксперимента – все эксперименты выполняются на одних и тех же компьютерах. «Виртуальное оборудование» не изнашивается, не ломается, не требует обслуживания и ремонта;

- возможность многократных, итерационных исследований с изменением начальных условий, что позволяет решить сложную задачу методом имитационного моделирования;

- возможность виртуального экспериментирования во внеучебное время, самостоятельно, на домашнем компьютере.

В качестве недостатка виртуального эксперимента обычно указывают на весьма ограниченный характер взаимодействия учащегося с исследуемым объектом. Ясно, что реальный объект, реальные измерительные приборы значительно сложнее и богаче по своим свойствам по сравнению с виртуальными аналогами. Однако представляется, что это временный недостаток. По мере развития физической науки будут появляться все более сложные и точные модели физических процессов, объектов, явлений. Дальнейшее совершенствование компьютерной техники позволит реализовать модели, требующие колоссальных вычислительных мощностей. Перспективные интерфейсные методы общения с компьютером уже начинают использовать тактильный канал связи в дополнение к зрительному и слуховому. Когда это удастся реализовать в достаточной мере, то отличить виртуальный эксперимент от натурального будет практически невозможно. Обязательный и вкусовой каналы связи, в ближайшей перспективе, видимо не будут использованы, ввиду их весьма ограниченного применения в натуральных экспериментах.

Таким образом, вполне вероятно, что недостатки виртуальных экспериментов будут преодолены в недалеком будущем и натуральный эксперимент будет практически полностью вытеснен из образовательного процесса.



# ГЛАВА 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ В ФИЗИКЕ

В физической науке используются различные методы познания: теоретический и эмпирический. Рассмотрим методы познания в физической науке.

## 1.1. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Метод — (греч. μέθοδος — способ познания) – в самом широком смысле слова – «путь к чему-либо», способ деятельности субъекта в любой ее форме. Метод представляет собой совокупность теоретических принципов и практических приёмов для осуществления чего-либо.

Основная функция метода – внутренняя организация и регулирование процесса познания или практического преобразования того или иного объекта. Поэтому метод сводится к совокупности определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия. Он есть система предписаний, принципов, требований, которые должны ориентировать в решении конкретной задачи, достижении определенного результата в той или иной сфере деятельности [71].

Р. Декарт методом называл «точные и простые правила», соблюдение которых способствует приращению знания, позволяет отличить ложное от истинного. Он говорил, что уж лучше не помышлять об отыскивании, каких бы то ни было истин, чем делать это без всякого метода, особенно, без дедуктивно-рационалистического [40].

Выдающийся физиолог И. П. Павлов [90] указывал: “... при плохом методе и гениальный человек будет работать впустую и не получит ценных, точных данных”.

Понятие «методология» имеет два основных значения: система определенных способов и приемов, применяемых в той или иной сфере деятельности; учение об этой системе, общая теория метода, теория в действии [71].

Рассмотрим наиболее важные методы теоретического познания, используемые в науке.

1. Метод АНАЛИЗА – расчленение целостного предмета на составные части для их всестороннего объяснения.

2. Метод СИНТЕЗА – объединение ранее выделенных частей предмета в единое целое.

3. Метод АБСТРАГИРОВАНИЯ – мысленное отвлечение от каких-то менее существенных в данных условиях свойств, сторон, признаков, отношений изучаемого объекта с одновременным выделением одной или нескольких наиболее существенных сторон, свойств или признаков и отношений этого объекта.

4. Метод ИДЕАЛИЗАЦИИ – мысленное удаление некоторых свойств изучаемого объекта, в результате чего возникает идеализированный объект, имеющий только некоторые, наиболее характерные черты исходного объекта.

5. Метод ИНДУКЦИИ - метод научного познания, представляющий собой формулирование логического умозаключения путем обобщения данных наблюдения и эксперимента;

6. Метод ДЕДУКЦИИ - метод научного познания, который заключается в переходе от некоторых общих посылок к частным результатам-следствиям.

7. Метод ФОРМАЛИЗАЦИИ – отображение содержательного знания в знаково-символическом виде.

8. АКСИОМАТИЧЕСКИЙ метод – предполагает построение



системы основных терминов, из которых создается некоторое множество аксиом – положений, не требующих доказательств. На основе выдвинутых аксиом выводятся все другие утверждения данной теории по специально сформулированным правилам [71].

9. Метод АНАЛОГИЙ - метод познания, при котором происходит перенос знания, полученного в ходе рассмотрения какого-либо одного объекта, на другой, менее изученный и в данный момент изучаемый;

10. Метод МОДЕЛИРОВАНИЯ - метод познания, заключающийся в замещении объекта исследования моделью, в качестве которой могут быть использованы объекты как естественного, так и искусственного происхождения.

Научный метод включает следующие составляющие:

а) сбор и накопление эмпирических данных, осуществляемых путём наблюдения и эксперимента;

б) формулирование гипотез на основании собранных путём поиска моделей взаимоотношений между данными и последующее индуктивное сообщение;

в) проверка гипотез путём вывода предсказаний, которые из них следуют, и дальнейшее планирование и осуществление экспериментов для проверки истинности гипотез;

г) отбрасывание гипотез, не подтверждающихся экспериментальными данными, и построение теории путём добавления подтверждённых гипотез.

Рассмотрим подробнее роль гипотезы в научном исследовании.

ГИПОТЕЗА представляет собой всякое предположение, догадку или предсказание, выдвигаемое для устранения ситуации неопределённости в научном исследовании. Поэтому гипотеза есть не досто-

верное знание, а вероятное, истинность или ложность которого еще не установлены.

Любая гипотеза должна быть обязательно обоснована либо достигнутым знанием данной науки, либо новыми фактами. Она должна обладать свойством объяснения всех фактов, которые относятся к данной области знания, систематизации их, а также фактов за пределами данной области, предсказывать появление новых фактов. При этом гипотеза не должна противоречить уже имеющимся фактам.

Гипотеза должна быть либо подтверждена, либо опровергнута. Для этого она должна обладать свойствами фальсифицируемости и верифицируемости. Фальсификация - процедура, устанавливающая ложность гипотезы в результате экспериментальной или теоретической проверки. Требование фальсифицируемости гипотез означает, что предметом науки может быть только принципиально опровергаемое знание. Неопровержимое знание к науке отношения не имеет. При этом сами по себе результаты эксперимента опровергнуть гипотезу не могут. Для этого нужна альтернативная гипотеза или теория, обеспечивающая дальнейшее развитие знаний. В противном случае отказа от первой гипотезы не происходит.

Верификация - процесс установления истинности гипотезы или теории в результате их эмпирической проверки. Возможна, также, косвенная верифицируемость гипотезы, основанная на логических выводах из непосредственно верифицированных фактов. Согласно принципу фальсифицируемости Карла Поппера [97], теория является фальсифицируемой, если существует методологическая возможность её опровержения путём постановки того или иного эксперимента. Согласно критерию Поппера, научная теория не может быть принципиально неопровержимой.

Рассмотрим теперь научные методы эмпирического исследования.

Метод НАБЛЮДЕНИЯ. Этот метод является наиболее простым, естественным для человека. Пытаясь взаимодействовать с внешней средой в процессе, например, удовлетворения своих базовых потребностей (А.Маслоу [82] ), человек нуждался в прогнозировании различных событий, процессов, действий. Для этого необходимо знание об окружающем мире. Наиболее естественным, простым методом получения такого знания является наблюдение. Наблюдения и последующие размышления позволяли строить картины мира, поразительно перекликающиеся с гораздо более поздними теориями. Наиболее яркие примеры дает античная философия.

Наблюдение – это целенаправленный, регламентированный процесс восприятия объектов исследования, не претерпевающих изменений под воздействием наблюдения.

Наблюдение как метод познания действительности применяется по двум, принципиально различным основаниям – когда эксперимент невозможен и, когда эксперимент запрещен. В первом случае исследователь лишен возможности вмешательства в исследуемый объект, например в космологии и вынужден ограничиваться наблюдением. Во втором случае исследователь намеренно отказывается от вмешательства, поскольку это может изменить свойства и поведение изучаемого объекта. Например, при изучении социальных систем, как правило, используется метод наблюдения, что обусловлено их чрезвычайной сложностью, нелинейностью, и, следовательно, очень низкой предсказуемостью. Эксперименты над социальными системами могут проводиться либо в очень ограниченных масштабах при тщательном учете возможных последствий, либо вообще должны быть отклонены.

Наблюдение как метод познания проводится по определенной

программе исследования, построенной на основе прошлых достоверно установленных фактов, разработанных концепций, парадигм существующих в данной предметной области. Частными случаями наблюдения являются измерение и сравнение. Говоря об измерениях нельзя не затронуть принцип неопределенности Вернера Гейзенберга (1927). Отношения неопределенности Гейзенберга определяют теоретический предел точности любых измерений. В известном смысле даже наблюдение изменяет изучаемый объект и граница между наблюдением и экспериментом размывается.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ** метод предполагает активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях [71].

Условия, в которых существует, функционирует исследуемый объект, определяются внешней средой, окружающим миром. Создавая управляемые и контролируемые условия, наблюдатель тем самым изменяет внешнюю среду, а, следовательно, и до некоторой степени, сам объект исследования. Это означает, что экспериментатор должен выделить существенные факторы и отбросить малосущественные. Подобная идеализация необходима, так как реальные объекты бесконечно сложны и их исследование возможно лишь в упрощенном виде. Подобное упрощение способствует более глубокому пониманию явлений и создает возможность контролировать немногие существенные для данного процесса факторы и величины.

В естественных науках экспериментальный метод познания используется давно и успешно. В теоретической физике осуществляется опосредованное познание объекта на основе соответствующей математической модели. В экспериментальной физике изучение объекта

осуществляется путем целенаправленного воздействия на исследуемый объект.

Экспериментальный метод представляют собой схему последовательности операций, определяемых сущностью и строением эксперимента. Эксперимент начинается после того, как будет построена модель гипотетического изменения предмета познания. Выбор средств познания осуществляется только тогда, когда будут соотнесены между собой гипотетическое изменение предмета познания и имеющиеся знания об объекте исследования.

Экспериментальный метод в физике включает в себя теоретическую и практическую подготовку эксперимента. Сюда входят: формулирование гипотезы; постановка вопроса; выдвижение познавательной задачи; создание экспериментальной установки; проведение эксперимента в контролируемых исследователем условиях, проведение измерений; анализ экспериментальных данных, описание открытого явления и его свойств, формулирование научного вывода или положения.

Важнейшим качеством эксперимента является его воспроизводимость.

Воспроизводимость какого-либо явления в эксперименте означает, что экспериментатору удалось выявить все условия, существенно необходимые для возникновения этого явления. Экспериментальные результаты, которые не удастся воспроизвести, следует считать недостоверными с научной точки зрения. Воспроизводимость принципиально позволяет совершить переход от науки к технике. Не будь воспроизводимости эксперимента, не удалось бы создать и соответствующего технического устройства. Любое техническое устройство всегда повторяет, воспроизводит, действия необходимые человеку. Экспериментальный метод обеспечивает связь между теорией и прак-

тикой, обуславливая развитие цивилизации

Достоверные знания, полученные посредством применения именно научных методов познания, лежат в основе научного мировоззрения.

## 1.2. АНТИЧНАЯ ФИЛОСОФИЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ

Рассмотрим, как происходило становление и развитие экспериментального метода в физике.

Мыслители древней Греции явили впечатляющие примеры мощи человеческого разума в изучении загадок Природы. Приведем наиболее примечательные моменты из истории развития Античной философии.

Демокрит (460-370 гг. до н.э.) заложил основы атомистического учения о строении материи, на многие сотни лет, опередив развитие физической науки. Демокрит считал, что не существует ничего кроме атомов и чистого пространства, все другое – только воззрение [77]. Атомы бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме. В вечном падении через бесконечное пространство большие, падают скорее, ударяются о меньшие, возникающие от этого боковые движения и вихри служат началом образования мира. Бесчисленные миры образуются и снова исчезают одни рядом с другими и одни после других. Различие в вещах происходит от различия атомов в числе, величине, форме и порядке, они действуют друг на друга только путем давления и удара.

Эратосфен Киренский (Ερατοσθένης, ок. 275-194 гг. до н.э.) [42, 137] предложил и реализовал метод определения размеров Земли [137, 134].

Метод основывался на одновременном измерении высоты

Солнца в Сиене (современный Асуан на юге Египта) и в Александрии, лежащих примерно на одном меридиане, в момент летнего солнцестояния (рис.1.2.1). Эратосфену было известно, что в Сиене в полдень, 22 июня, солнечные лучи, падая в глубокий колодец, достигали воды и отражались вверх. Это означало, что солнечные лучи в полдень падали в Сиене строго вертикально. Измерив в полдень того же дня длину тени, отбрасываемой обелиском в Александрии, Эратосфен нашел, что отклонение солнечных лучей от вертикали составляло 7,5 градусов. Зная, что расстояние между Сиеной и Александрией составляет 4000 стадий, Эратосфен вычислил окружность Земли – 250000 стадий. Полученное им значение, отличается от современного всего лишь на 5% (рис.1.2.1). Кроме того, ему удалось, пусть грубо, оценить расстояние от Земли до Солнца.

Архимед из Сиракуз (около 287-212 до н. э.) [7] заявил, что если ему дадут точку опоры, то он поднимет Землю. Отметим, что эти слова Архимеда относятся не к закону рычага, а к принципу построе-

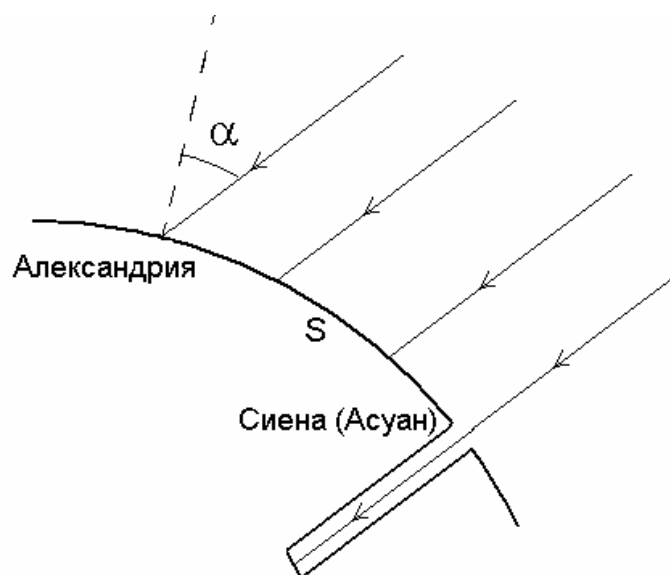


Рис.1.2.1. К определению диаметра Земного шара Эратосфеном Киренским.

ния механических редукторов. Именно с помощью редуктора Архимед "силой одного человека" сдвинул с места вытасченный на берег корабль[6].

Пифагору Самосскому (ок. 580 г. до н.э.) [93] приписывается идея сферичности Земли. Пифагор считал сферу идеальной по форме и, кроме того, он, вероятно, руководствовался идеей симметрии между формой Земли и небесной сферы.

Аристотель. Важнейший вклад в развитие теории познания ввел величайший мыслитель древности - Аристотель (384-322 г. до н.э.) [5]. Аристотель положил начало систематизации накапливающихся знаний о природе. Он считал, что предмет физики – природа, а "природа есть только отдельный род существующего". Поэтому на первое место Аристотель ставил метафизику, а физику – на второе. Аристотеля можно считать основателем физической науки.

В аристотелевской натурфилософии фундаментальное место занимает учение о движении. Движение он понимает в широком смысле, как изменение вообще, различая изменения качественные, количественные и изменения в пространстве. Кроме того, в понятие движения он включает психологические и социальные изменения - там, где речь идёт об усвоении человеком знаний или об обработке материалов. Понятие движение включает в себя также переход из одного состояния в другое, например, из бытия в небытие [5].

Все механические движения Аристотель делит на три вида: круговые, естественные и насильственные. Круговое движение - это самое совершенное движение, присущее только небесному миру. Это движение вечно и неизменно, и причиной его является перводвигатель - бог, живущий за сферой неподвижных звёзд, где кончается материальная Вселенная. Свой основной принцип динамики Аристотель формулирует так: «Всё, что находится в движении, движется благода-



ря воздействию другого».

Аристотелем были заложены основы логико-диалектического метода познания – новое знание производится путем логических рассуждений. Истинность полученного знания доказывается отсутствием логических противоречий. Идеи Аристотеля не потеряли своей актуальности и в наши дни. В частности, Аристотель так определял путь познания: от более известного и явного для нас – к более явному и известному с точки зрения природы вещей.

В средние века начался принципиально новый этап в развитии науки о Природе. Прочно утвердился экспериментальный метод познания, дав начало физике как науке.

Галилео Галилей. Основателем научного метода познания принято считать Галилея, который отверг существующие представления о том, что человеческий разум должен лишь непосредственно воспринимать знания из внешнего мира. Одна из главных научных заслуг Галилея заключается в том, что он впервые в своих исследованиях применил не просто опыт, а экспериментальный метод познания, соединив опыт с логикой и математикой. Галилей разработал экспериментальный метод изучения природы, где источником познания является только опыт. Экспериментальный метод предполагает исследование явлений природы в контролируемых и управляемых условиях. (Г. Галилей, У. Гильберт).

В 1609 году Галилей сконструировал первый телескоп, состоящий из двух линз: плосковыпуклой – объектива и плосковогнутой – окуляра. Астрономические наблюдения позволили Галилею сделать целый ряд открытий, касающихся Луны, планет. Его знаменитая книга «Диалог» посвящена обоснованию гелиоцентрической системы мира [31,32].

Галилей выдвигает классический принцип относительности: любое механическое явление во всех инерциальных системах отсчета протекает одинаково при одинаковых начальных условиях. Исследования Галилея явились началом развития нового раздела физической науки – динамики.

Галилео Галилей наметил основные черты количественного понимания природы. С Галилея начинается новый период, в котором физика оформилась в самостоятельную науку – одну из областей естествознания.

Фрэнсис Бэкон (1561-1626) основал индуктивную методологию научного исследования. Индукция получает знание из окружающего мира через эксперимент, наблюдение и проверку гипотез

Исследовательский метод, разработанный Фрэнсисом Бэконом — ранний предшественник научного метода. Метод был предложен в сочинении Бэкона «*Novum Organum*» («Новый Органон») и был предназначен для замены методов, которые были предложены в сочинении «*Organum*» («Органон») Аристотеля. [111]. Ф.Бэкону принадлежат крылатые слова: «Знание есть сила, сила есть знание» [3]. Согласно Ф.Бэкону - Самое лучшее из всех доказательств есть опыт [23]. Ученый должен «как пчела по крупице собирать нектар опыта, чтобы получить из него новый, ценный и полезный как мед продукт - полезные знания, способные изменить мир для блага человека». [22]

Современная физика совершила революционный скачок в познании окружающего мира. Впервые было осознано, что в основе Мироздания лежат объекты, которые принципиально ненаглядны, не соответствуют опыту чувственного восприятия человека.

В настоящее время впечатляющий прогресс современной физики, как и всего естествознания, в значительной степени обусловлен

привлечением огромных ресурсов (людских, финансовых, материальных) для постановки физических экспериментов. Если раньше физик-экспериментатор собственноручно изготавливал устройства и приборы, необходимые для проведения эксперимента, то теперь ситуация в корне изменилась. Современные экспериментальные установки могут представлять собой огромные исследовательские комплексы, создание которых возможно только благодаря объединенным усилиям нескольких государств. Наиболее типичные примеры – Большой адронный коллайдер - \$10 миллиардов долларов США [14], Международная Космическая Станция - 100 миллиардов евро[83].

### 1.3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МЕТОДЕ

Экспериментальный метод служит основой получения научных знаний в физике и предопределяет появление и развитие новых технических приложений. Существенным недостатком экспериментального метода, сдерживающим его применение, становится сложность его использования в современных условиях, что обусловлено необходимостью привлечения значительных ресурсов для реализации физического эксперимента. В этой связи следует рассмотреть роль информационных технологий в экспериментальном методе научного познания.

Современное общество принято считать информационным, подчеркивая тем самым роль информации в самых различных сферах человеческой деятельности. В сущности, процесс познания конечной своей целью имеет получение новой информации, расширение общемирового тезауруса человечества. Информационные технологии изменяют все остальные (традиционные) технологии, используемые в обществе. Это влияние можно проследить по следующим направлени-

ям:

1. КОММУНИКАЦИИ. Это наиболее универсальный фактор влияния, позволивший очень оперативно обмениваться информацией всем участникам практически любых процессов в обществе. Если говорить о научно-исследовательской и образовательной деятельности, то следует отметить возможность работы в рамках распределенных проектов, когда его участники разбросаны по всем континентам.

2. БАЗЫ ДАННЫХ. Вычислительная техника существенно упростила и повысила эффективность хранения, обработки и передача информации. Этот фактор существенно влияет на жизнь общества, поскольку информационные процессы лежат в основе любой деятельности в обществе.

Информационное превосходство является важнейшим фактором, определяющим конкурентоспособность современного предприятия. В последнее время наметились тенденции перерастания этого фактора в фактор финансового и экономического могущества целых государств.

3. МОДЕЛИ. Сложность окружающего мира всегда вынуждала людей использовать упрощенные представления о нем, разрабатывать различные модели. Компьютерные модели ныне органично встраиваются в современные технологии физического исследования. Не менее важно применение информационных технологий в образовании, в частности, в обучении физике. Рассмотрим этот фактор более подробно.

Экспериментальная физика связана с множеством материальных объектов – экспериментальные установки, измерительные приборы, объекты исследования. Цель привлечения этих объектов – осуществление физического эксперимента в контролируемых условиях. Вычислительная техника, безусловно, также используется в физическом эксперименте. Если на начальном этапе компьютеры использовались в

основном в составе регистрирующих и измерительных приборов, то теперь ситуация кардинально изменяется. Компьютерные модели вызвали к жизни компьютерные эксперименты, появился термин «Вычислительная физика».

Вычислительная физика в настоящее время достигла впечатляющих успехов и продолжает стремительно развиваться.

Так ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (Всероссийский Федеральный ядерный центр, Всероссийский НИИ экспериментальной физики) разработали более 400 программных комплексов для расчетов методом Монте-Карло, позволяющих осуществлять численное моделирование в трехмерной геометрии систем с большим количеством нейтронов малых энергий [104].

Прекращение ядерных испытаний ведущими державами обусловлено именно благодаря развитию информационных технологий в области физического эксперимента. Для успешного решения задач компьютерного моделирования необходимо выполнение, по крайней мере, следующих основных условий:

- глубокое знание физических процессов ядерного взрыва;
- разработка на этой основе математических программ, описывающих процесс ядерного взрыва боезаряда в трехмерном пространстве с наносекундным разрешением;
- наличие сверхбыстродействующих компьютеров (десятки миллиардов операций в секунду);
- наличие значительной по масштабам статистики о многочисленных параметрах ранее проведенных испытательных ядерных взрывов.

США еще в 70-е годы прошлого века начали разрабатывать методику компьютерного моделирования, хотя в ту пору существующие компьютеры, в силу своих недостаточных возможностей, могли обес-

печатать решение лишь отдельных элементов общей модели взрыва. В продвижении вперед проблемы моделирования определенную роль играла кооперация усилий ученых США, Англии, Франции. Так, при проведении последней серии ядерных испытаний на атолле Муруроа в 1996 году французские специалисты наряду с отработкой боеголовки для новой БРПЛ М-45 подводного ракетносца "Триумфан" провели исследования, направленные на решение ряда вопросов компьютерного моделирования ядерного взрыва.

В настоящее время Россия в этом отношении уступает Соединенным Штатам [138]. Это объясняется, прежде всего, двумя основными причинами.

Во-первых, у России отсутствуют суперкомпьютеры с необходимым для моделирования быстродействием. До подписания Договора о взаимном запрещении ядерных испытаний США обещали поставить России суперкомпьютеры, необходимые ее специалистам для проверки безопасности ядерных боеприпасов. После подписания Россией Договора США предприняли жесткие меры экспортного контроля с расчетом воспрепятствовать продаже ей суперкомпьютеров.

Во-вторых, в периоды неоднократного объявления СССР и Россией моратория на ядерные испытания, начиная с 1986 года, российские ученые не имели возможности провести исследования этой проблемы. Наоборот США в этот период сосредоточили усилия на проведение испытательных ядерных взрывов, в том числе в целях решения ряда вопросов компьютерного моделирования [8].

Интересно отметить, что в данном случае натурные физические эксперименты (ядерные испытания) ставились в интересах построения компьютерных моделей.

Правительство США выделило компании IBM 93 млн.долларов на создание гигантского суперкомпьютера для лаборатории Lawrence

Livermore Labs в Калифорнии, на котором будет реализована модель взрыва ядерной бомбы [76].

Таким образом, информационные технологии очень заметно влияют на развитие и содержание экспериментального метода в современной физике.





## ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

### 2.1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ

В преподавании физики экспериментальный метод играет очень важную роль. Без его использования невозможно добиться полноценного усвоения базовых знаний и тем более, невозможно сформировать предметные компетенции в области физики. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

ЭКСПЕРИМЕНТ (от лат. *experimentum* – проба, опыт) – научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явления и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий [13]. Экспериментальный метод – это научный метод, с помощью которого исследуются явления природы в контролируемых и управляемых условиях.

Отметим, что если раньше в качестве основной цели физического образования ставилось формирование у школьников глубоких и прочных знаний основ физики, то теперь на первое место выходит развитие и воспитание учащегося, его подготовка к выбору профессии, развитие творческих способностей, формирование мотивов учения [54,94]. Меняется сама парадигма образования. Учитель уже не является единственным источником знаний, главная его задача - организация познавательной деятельности школьников [54]. В познавательной деятельности школьников важнейшей составной частью является физический эксперимент. Именно физический эксперимент призван повысить познавательную активность учащихся, мотивировать их к изучению физики.

Физический эксперимент является мощным методом познания природы в исследовательском аппарате физики. Галилео Галилей заложил основы понимания того, что физика в основе своей - наука экс-

периментальная. Именно наблюдения и опыты являются основным источником знаний о природе физических явлений.

Изучая физику, учащиеся должны прийти к выводу, что основным критерием истины является опыт, эксперимент. При этом учащимся необходимо преодолеть известный психологический барьер. Они привыкли много принимать на веру, для них много значат авторитеты. Учащиеся привыкли безоговорочно принимать и не подвергать сомнению слова учителя.

Формирование такого качества, как критическое отношение к любым утверждениям, является одной из важнейших целей изучения физики в современной школе. Этому служат различного рода эксперименты и лабораторные работы. Физический эксперимент учит школьников умению наблюдать и анализировать физические явления [18]. Важно подчеркнуть, что это умение универсально и распространяется и на другие сферы деятельности человека.

Экспериментальная деятельность учащихся носит творческий характер, что особенно справедливо для экспериментальных задач и внеклассных экспериментов.

Экспериментирование – это искусство. Упорным трудом можно достичь многого, но к подлинному знанию приходит только тот, кто проявляет самостоятельность, и каждый учитель физики должен стремиться развивать свой собственный стиль экспериментирования. Не следует опасаться того, что иногда предложения учащихся могут быть ошибочными или учащиеся в чем-либо заблуждаются, и поэтому эксперимент сразу не удастся. Ученики будут только учиться в этом случае на своих ошибках, и это разовьет у них самокритичность. Так в процессе обучения все больше и больше будет развиваться у учащихся самостоятельность и потребность в коллективной работе [34].

В целом, можно отметить, что учебная деятельность в рамках

школьного физического эксперимента содействует более глубокому изучению законов физики, а также способствует приобретению учащимися умений в области физического эксперимента.

## 2.2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КУРСЕ ФИЗИКЕ

Развитие физической науки совершается на основе экспериментального метода, где критерием истины той или иной гипотезы является опыт, эксперимент. Среди огромного количества физических экспериментов особое место занимают основополагающие, фундаментальные эксперименты, определившие развитие физики на длительные периоды.

Изучение фундаментальных опытов позволяет познакомиться с историей развития, становлением и эволюцией физической науки, с биографиями учёных и тем самым представить физику в контексте культуры. Кратко перечислим фундаментальные опыты, определившие развитие физической науки [100]

ТАБЛИЦА

Раздел физики	Фундаментальный опыт
Механика	Опыты Галилея по изучению движения тел. Мысленные эксперименты Галилея и закон инерции.
	Открытие Ньютоном закона Всемирного тяготения.
	Опыт Г.Кавендиша по измерению гравитационной постоянной.
	Опыты Гюйгенса по изучению колебательного движения
	Опыты Броуна по изучению теплового движения

Молекулярная физика	молекул.
	Опыт Рэлея по измерению размеров молекул.
	Опыты Перрена по измерению массы молекул и определению постоянной Авогадро.
	Опыт Штерна по измерению скорости движения молекул. Экспериментально и теоретически полученное распределение молекул по скоростям.
	Опыты Бойля.
	Опыты Румфорда.
	Опыты Джоуля по доказательству эквивалентности теплоты и работы.
Электродинамика	Опыты Кулона по электростатическому взаимодействию.
	Опыты Рикке, Иоффе, Милликена, Мандельштама, Папалекси, Толмена, Стюарта, лежащие в основе электронной теории проводимости.
	Опыты Ома, позволившие установить закон постоянного тока.
	Опыты Ампера, Эрстеда и Фарадея по электромагнетизму.
	Опыты Герца по излучению и приёму электромагнитных волн.
Оптика	Опыты Ньютона по дисперсии света.
	Опыты Ньютона по интерференции света.
	Опыты Юнга.
	Опыты по поляризации света.
	Опыты Физо по лабораторному измерению скорости света.

	Измерения скорости света Ремера по астрономическим наблюдениям.
Квантовая физика	Экспериментальное изучение теплового излучения.
	Опыты А.Г.Столетова и Г.Герца по изучению явления и законов фотоэффекта.
	Опыты П.Н.Лебедева по измерению давления света.
	Опыты Резерфорда по зондированию вещества и модель строения атома.
	Опыты Франка и Герца и модель атома Бора.
Теория относительности	Опыты Майкельсона-Морли по изучению аддитивных свойств скорости света.
	Опыты Вавилова-Черенкова по изучению движения элементарных частиц со сверхсветовой скоростью.
	Опыты по замедлению темпа времени в системе отсчета элементарных частиц, движущихся с субсветовой скоростью.
	Опыты по изучению отклонения световых лучей в поле тяготения.

Экспериментальная деятельность усиленно продолжается и в современной физике. Возможно, к фундаментальным будут причислены эксперименты на Большом Адронном Коллайдере (LHC) с использованием Зонда SNAP и Гамма-лучевого Широкозахватного Космического Телескопа (GLAST), которые должны дать новые факты, способствующие определению природы "темной материи" и "темной энергии" [26].

### 2.3. ВИДЫ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальный метод в обучении физике реализуется в различных видах. Перечислим эти виды [81,56]: демонстрационный эксперимент, лабораторные работы, физический практикум, внеклассные экспериментальные работы учащихся.

Хорошавин С.А. выделяет следующие виды физического эксперимента [127]: Демонстрационный эксперимент, фронтальные лабораторные работы, работы физического практикума, экспериментальные задачи, внеклассные физические опыты.

Здесь добавляются экспериментальные задачи, но в целом, систематика физического эксперимента остается прежней. Этой же классификации придерживается Каменецкий С.Е. и др. [56]

Каменецкий С.Е. указывает, что школьный физический эксперимент не есть что-то застывшее, данное, он развивается, причем разными путями. Специально отмечается, что компьютерный эксперимент можно рассматривать как один из видов учебного физического эксперимента и в отличие от аудиовизуальных средств он позволяет варьировать условия эксперимента, производить расчеты, решать экспериментальные задачи. Компьютерный эксперимент может быть как демонстрационным, так и лабораторным, но в любом случае он должен сочетаться с натурным. В противном случае применение компьютерного эксперимента может оказать негативное воздействие на качество обучения физике.

Некоторые исследователи выделяют и большее число видов физического эксперимента [112]: 1) демонстрационные опыты; 2) фронтальные лабораторные занятия; 3) фронтальные лабораторные опыты; 4) физический практикум; 5) внеклассные опыты и наблюдения; 6) мысленный учебный эксперимент; 7) техническое моделирование и конструирование.

Предложенная классификация возможно излишне детализирована. В частности, фронтальные лабораторные работы и фронтальные лабораторные занятия предполагают коллективную работу над одинаковыми заданиями, то есть различие между ними довольно слабое. Мысленный учебный эксперимент, возможно лучше было бы отнести к физической задаче, а не к эксперименту. Техническое моделирование и конструирование вероятнее всего попадает во внеклассную работу по физическому экспериментированию. В то же время исключен такой вид как экспериментальные задачи, что, как нам представляется, приводит к неполноте классификации видов физического эксперимента.

Разработка программного обеспечения ЭВМ по трехмерному моделированию и резкое возрастание производительности вычислительных систем позволили уже сейчас разработать различные тренажеры (автомобильные, авиационные, судовые и др.), представляющие собой комплексы компьютерных программ, очень точно моделирующих заданную предметную область. Эти компьютерные модели воссоздают виртуальную реальность, действия в которой позволяют существенно повысить эффективность обучения персонала, особенно в критических ситуациях.

Современное состояние взаимодействия в системе «человек – компьютер» находится в неудовлетворительном положении, и, поэтому, предлагаются новые методы человеко-машинного интерфейса. Предполагается появление других элементов управления, использующих не только зрение, но и слух, речь, осязание и даже обоняние. На этом подробнее мы остановимся в дальнейшем. Очевидно, что создание виртуальных миров учебного назначения еще больше увеличивает значение компьютерного эксперимента в обучении физике.

В связи с этим нам представляется разумным дополнить классификацию видов физического эксперимента и явно включить в нее компьютерный эксперимент:

1. Демонстрационный эксперимент;
2. Фронтальные лабораторные работы;
3. Работы физического практикума;
4. Экспериментальные задачи;
5. Внеклассные физические опыты;
6. Компьютерные эксперименты.

Далее, исходя из степени самостоятельности выполнения физического эксперимента, мы предлагаем следующую их классификацию.

1. Эксперименты, выполняемые учителем.
  - 1.1. Демонстрации
  - 1.2. Компьютерные демонстрации.
2. Эксперименты, выполняемые учащимися
  - 2.1. Лабораторные работы
  - 2.2. Физический практикум
  - 2.3. Экспериментальные задачи
  - 2.4. Внеклассные эксперименты
  - 2.5. Компьютерные эксперименты

Если говорить об экспериментальных работах учащихся, то их можно подразделить на три типа: качественные, количественные и творческие [24]. Первые два охватывают лабораторные работы, физический практикум, внеклассные эксперименты. Третий представляет собой экспериментальные задачи, которые могут охватывать внеклассные и компьютерные эксперименты.

Компьютерные эксперименты представляют собой эксперимен-



ты над учебными моделями физического явления, процесса или объекта. Более подробно на моделировании мы остановимся в дальнейшем. Пока же отметим, что моделирование предлагается и для разработки самих физических экспериментов [112]. Согласно Суербаеву А.Х. в организации учебного процесса в качестве можно использовать метод математического моделирования. В результате будут сконструированы объекты и модели, которые затем исследуются различными дидактическими методами. Для разработки нового физического эксперимента предлагается использовать математическое моделирование этого процесса. Как видно из рис.2.3.1, в результате итерационного процесса будет получено оптимальное построение физического эксперимента, который затем внедряется в учебный процесс.

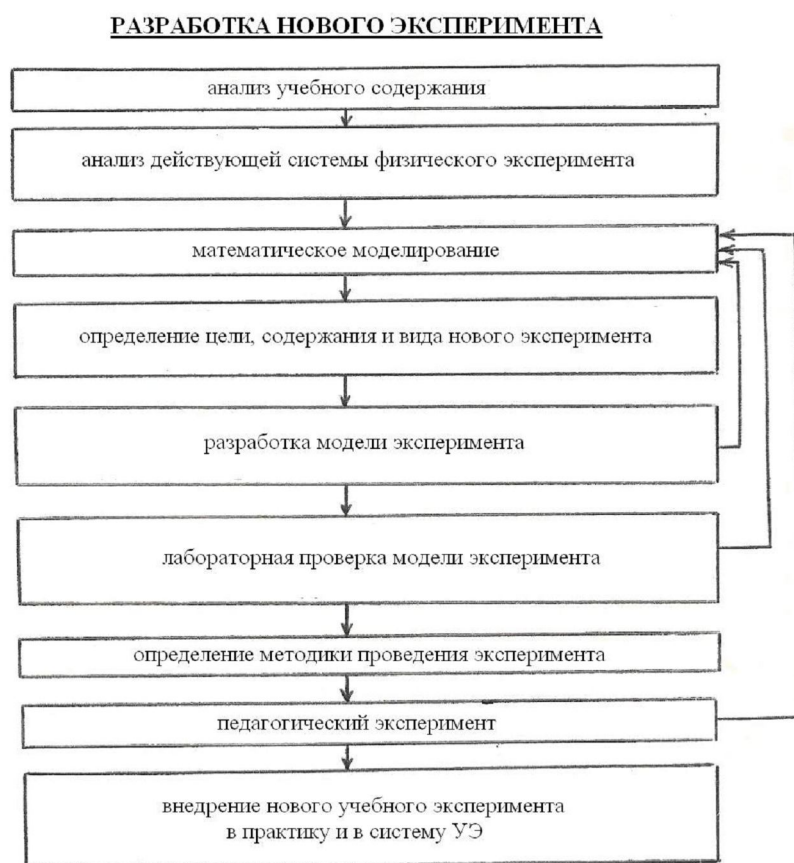


Рис. 2.3.1. Моделирование физического эксперимента.

## 2.4. ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Демонстрационный эксперимент представляет собой систему опытов, позволяющую показать явления природы, исследовать связи с другими явлениями и на этой основе сформировать новое понятие или сделать обобщение на уровне закона природы.

Демонстрация экспериментов является необходимым дополнением к теоретическому материалу. Демонстрация должна иметь определенную цель и должна быть органично связана с изучаемым материалом. Демонстрационные опыты должны быть ясными, убедительными, четко поставленными, для чего необходимо придерживаться техники постановки демонстраций.

При постановке демонстрации необходимо выполнение следующих требований.

1. Соблюдение техники безопасности. Это требование относится к постановке любых физических экспериментов, а не только демонстраций. Особое внимание следует уделить пожарной и электробезопасности. Опасность поражения электрическим током отличается от многих прочих опасностей тем, что человек не в состоянии без специальных приборов обнаружить ее на расстоянии и принять меры по ее предупреждению. Статистика электротравматизма в России показывает, что смертельные поражения электрическим током составляют 2,7% от общего числа смертельных случаев, что непропорционально много относительно травматизма вообще [119].

Крайне важно соблюдение мер по пожарной безопасности. Общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации определяет Федеральный закон №69-ФЗ от 21.12.1994 г. [120].

Подробный перечень правил по технике безопасности при выполнении физических опытов в школе приведен в работе

2. Приборы, используемые в демонстрации должны быть исправными и соответствовать требованиям, определяемым спецификой школьного учебного процесса. Например, школьный вольтметр и вольтметр для заводской лаборатории должны отличаться по характеристикам – размеры, внешнее оформление, электрические параметры и т.п.

3. Преподаватель должен хорошо знать назначение и основные характеристики приборов, владеть практическими приемами работы с приборами.

4. Приборы, используемые в демонстрации должны отвечать принципам наглядности. В частности, следует учитывать масштабные эффекты – все важнейшие детали должны быть хорошо видны учащимся (открытые механизмы, прозрачные корпуса, цветные провода и т.п.). Следует большое внимание уделить размещению приборов, их освещению (подсветке), размещению фоновых экранов, зеркал.

5. Необходимо учитывать и внешние условия. Например, для успешности проведения опытов по электростатике большое значение имеет влажность воздуха в помещении.

6. Если демонстрируемый физический эффект слабый, то необходимо принять меры по усилению его интенсивности. Для этой цели применяют различные виды проецирования, трансформаторы, усилители слабых сигналов, электронные осциллографы и т.п.

Еще раз отметим, что педагогическую ценность имеют лишь те демонстрации, которые не только эффективны в техническом отношении, но и отчетливо видны со всех мест класса.

Приведем 10 требований, которые необходимо выполнить для соблюдения требования отчетливой видимости демонстрации [81].

1) На демонстрационном столе должна находиться только одна установка, которая используется в данный момент.

2) Отдельные части установки следует размещать на различных высотах с тем, чтобы различные части установки не загораживали друг друга.

3) Для усиления освещенности демонстрируемой установки следует использовать подсветку – направленную (лампа с рефлектором) или рассеивающую (прозрачный экран с подсвечиванием). При демонстрации оптических явлений использовать затемнение помещения.

4) При демонстрации явлений, происходящих в одной плоскости, необходимо, чтобы эта плоскость была перпендикулярна лучу зрения учащихся. При необходимости можно использовать зеркала.

5) При демонстрации физических явлений, непосредственно не воспринимаемых органами чувств, широко применяются различные индикаторы.

6) Видимость демонстрационной установки или отдельных приборов значительно улучшается при подборе фона, на котором рассматривается демонстрационная аппаратура. Для этой цели используют белые и черные экраны.

7) При демонстрации явлений, происходящих в бесцветных средах, например в бесцветных жидкостях, последние подвергаются окрашиванию.

8) Если демонстрируемый прибор или установка в целом, имеют горизонтальное положение, то для лучшей их видимости используют большое плоское зеркало расположенным под углом 45 градусов к плоскости размещения прибора. Если прибор вращается в горизонтальной плоскости, например магнитная стрелка, то на различные его части наклеивают разноцветные флажки.

9) Если при демонстрации опытов происходят изменения положения тел или изменения уровней, объемов, высот, длин, то можно воспользоваться различными отметками, стрелками, проставленными масштабами и т.д.

10) В тех случаях, когда ни одно из перечисленных средств не дает возможности обеспечить хорошую видимость, применяют различные виды проецирования.

К этому можно добавить, что использование компьютерных технологий привело, помимо всего прочего, к появлению нового индикаторного прибора – компьютера. В частности, на экране легко реализовать отображение значений физической величины как текстовом, так и в графическом режиме. Для этой цели обязательно использование видеопрокторов или плазменных панелей с размерами изображения не менее 1 квадратного метра.

Важным видом демонстрации является показ видеофильмов. Учебные кинофильмы доказали свою полезность, правда с оговорками, что использование кинофильмов должно быть строго дозировано и дидактически обосновано. Компьютерные технологии позволяют заметно упростить процедура показа видеофильма. Во внешней памяти компьютера легко хранить огромные видеобиблиотеки, ориентировочный совокупный размер которых может достигать 2000 часов воспроизведения.

Видимо открытым остается вопрос о частоте использования видеодемонстраций. Оптимальным считается систематический показ по 3-4 раза в неделю. При более редком, эпизодическом использовании видеофрагментов проявляется эффект отвлечения внимания учащихся технической реализацией видеопказа - учащиеся отвлекаются, возбуждаются, что влияет на устойчивое внимание и мешает целостному

восприятию видеоматериала. [102].

Большой видеофильм, занимающий по времени большую часть урока, находит ограниченное применение. Более приемлемым представляется использование относительно коротких видеофрагментов. В этой связи отметим «фрагментарный подход», предложенный Разумным Д.В. который позволяет получить независимость от методики подачи учебного материала [102]. В этом случае из видеодемонстрации исключены обобщения и выводы. Необходимые обобщения и выводы учитель может формировать самостоятельно, гибко реагируя на состояние аудитории, а может построить урок так, чтобы учащиеся самостоятельно приходили к определенным выводам, после просмотра видеодемонстрации.

## 2.5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Фронтальные лабораторные работы – это реализация экспериментального метода в форме учебного физического эксперимента в лабораторных условиях, обычно в кабинете физики, сразу всем классом по одной теме с одним и тем же комплектом оборудования под руководством учителя.

Ввиду кратковременности лабораторной работы (в пределах одного урока) необходимо провести тщательную предварительную подготовку – составить план работы, подготовить раздаточный учебно-методический материал с необходимыми исходными данными. Учащиеся заранее должны быть ознакомлены с темой и планом лабораторной работы с тем чтобы целенаправленно повторить теоретический материал.

Как правило, лабораторные работы выполняются звеньями по два человека. Состав звеньев известен ученикам заранее.

Фронтальный метод лабораторных занятий по физике позволяет

тесно связать лабораторные работы учащихся с изучаемым курсом физики. Лабораторные работы позволяют органично перейти от демонстрационных опытов учителя к самостоятельно выполняемым учащимися работами в физических практикумах.

Специфика фронтальных лабораторных работ позволяет использовать их в самых различных учебных ситуациях.

Благодаря фронтальному методу лабораторные занятия могут быть поставлены как введение к той или иной теме курса физики, или как иллюстрация к объяснению учителя, или как повторение и обобщение пройденного материала, или как контроль приобретенных знаний, умений и навыков.

Фронтальные работы позволяют включить в поиски решения той или иной задачи одновременно весь класс, что в значительной степени активизирует мыслительную и практическую деятельность учащихся [19].

Выполняя лабораторные работы учащиеся приобретают умения практического использования измерительных приборов, устройств, механизмов и других составных частей экспериментальной установки. Фронтальный метод предполагает коллективную работу всего класса в рамках одной лабораторной работы. Различные ошибки в действиях учащихся могут быть быстро исправлены с помощью учителя или других учащихся. Эти особенности лабораторных работ позволяют считать, что их нельзя подменить другими видами физического эксперимента, в частности физическим практикумом.

Лабораторные работы выполняются на учебном оборудовании фабричного производства. Однако, допустимо применение и самодельных приборов, что имеет свои преимущества. Гирке Р. и Шпрокхоф Г. указывают, что применение упрощенных учебных пособий имеет и свое педагогическое преимущество. Эксперимент, проведен-

ный с простыми приборами, более доходчив и убедителен, а значит и педагогически более целесообразен [35].

По завершении лабораторной работы возможно коллективное обсуждение и оценка результатов, полученных каждым звеном учащихся.

## 2.6. ФИЗИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ

Если лабораторные работы больше ориентированы на коллективное исследование под руководством учителя, то работы физического практикума гораздо сильнее опираются на самостоятельные действия учащихся.

В физической лаборатории учащиеся не только проверяют известные законы физики, но и обучаются работе с физическими приборами, овладевают навыками экспериментальной исследовательской деятельности, учатся грамотной обработке результатов измерений и критическому отношению к ним. [133]

Физический практикум представляет собой физические эксперименты, выполняемые учащимися в завершение каких-либо разделов курса физики, либо в завершение курса в целом. Работы физического практикума выполняются индивидуально и достаточно изолированно, в отличие от фронтальных лабораторных работ. В этом случае степень самостоятельности учащихся выше. Лабораторное оборудование для физического практикума более сложное и имеется в единичных экземплярах в отличие от фронтальных лабораторных работ. По этой причине разные звенья выполняют в одно и то же время разные работы физического практикума.

Работы физического практикума обычно имеют большую длительность, чем лабораторные работы. К моменту начала конкретной работы физического практикума учащиеся должны владеть соответ-



вующими начальными навыками экспериментальной работы, полученными при выполнении фронтальных лабораторных работ. Из этого следует, что физический практикум должен выполняться после лабораторных работ. Возможно также параллельное выполнение, но все же после тех лабораторных работ, где будут сформированы нужные экспериментальные навыки.

Индивидуальный характер работ физического практикума (1-3 человека) предъявляет повышенные требования к степени самостоятельности действий учащихся, умению находить пути выхода из затруднительных положений, поиска ошибок в своих действиях. В этой связи можно сказать, что физический практикум сильно ориентирован на формирование ключевых и предметных компетенций учащихся.

## 2.7. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

Экспериментальные задачи могут представлять собой творческое задание на постановку физического эксперимента.

Экспериментальные задачи отличаются отсутствием алгоритма достижения цели. Учащемуся предоставляется некий набор оборудования, которое можно использовать в эксперименте, сформулирована конечная цель, однако не даны четкие однозначные инструкции, следуя которым можно было бы добраться до конечной цели. [24].

При решении экспериментальной задачи учащиеся вынуждены самостоятельно искать пути ее решения, детально разрабатывать план действий, подбирать нужные приборы. Если нет подходящих приборов, то найти пути нестандартного их использования. В некоторых случаях учащимся, возможно, придется самостоятельно изготовить из имеющихся предметов и материалов измерительные приборы или необходимые части и узлы экспериментальной установки.

Один из важнейших вопросов, на который должен ответить экспериментатор – как добиться нужной точности измерений? Экспериментальные задачи и здесь предполагают поиск нетривиальных путей решения. Проще всего взять высокоточный измерительный прибор (прецизионные весы, микровольтметр и т.п.), а если его нет? Учащийся сталкивается с заданием, где потребуются мобилизация всего творческого потенциала, всевозможных знаний и умений из самых различных разделов физики. Нужная точность измерений достигается не за счет простого использования высокоточных приборов, а за счет разработки и применения достаточно эффективного метода измерения.

С точки зрения выявления одаренных учащихся, проявляющих интерес к изучению физики, большое значение имеют физические олимпиады. Экспериментальные задачи предполагают, что в условиях ограниченного времени и ограниченных экспериментальных возможностей учащиеся найдут оптимальное решение, которое позволит с максимально возможной точностью измерить нужные параметры или найти неизвестные зависимости. В условиях олимпиады учащиеся вынуждены проявлять свою изобретательность, находчивость, аккуратность и целеустремленность. [24].

Рассмотрим пример. [24]. При помощи небольшой гирьки (100-200 г) и миллиметровой бумаги определить силу, необходимую для обрыва нити (2-3 м).

Прямое измерение невозможно, так как веса гири недостаточно для обрыва нити. Далее следуют проекты решения – сбрасывание привязанной гирьки с некоторой высоты, резкий рывок в горизонтальном направлении, вращать гирьку на нити – при определенном значении центробежной силы нить оборвется. Отметим, что с точки зрения требований техники безопасности последний метод совершен-

но неприемлем. В результате поисков предложено использовать разложение сил. Гирька подвешивается к середине нити, которая растягивается в стороны. Можно измерить угол  $\alpha$  и провести вычисления  $2T \cos \alpha = mg$ , где  $T$ - сила натяжения нити при ее обрыве (рис. 2.7.1.).

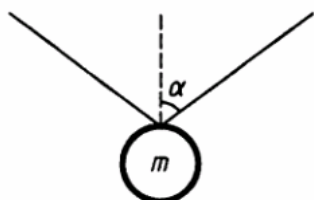


Рис.2.7.1. К измерению силы обрыва нити.

Остановимся еще на одном аспекте использования экспериментальных задач. Творческий характер экспериментальных задач требует осторожности в их выборе, тщательной дозировки объема требований к учащимся.

Уровень сложности учебных заданий должен соответствовать уровню способностей обучаемого. Исследования показывают, что слишком сложная задача снижает мотивацию деятельности. Кроме того, эта деятельность, должна вовлекать разумное количество умений и навыков учащихся. Например, исследователями было выявлено, что работа, требующая исключительно широкого разнообразия умений, может оказывать разрушительное действие на работающих [108]. Закон Йеркса-Додсона гласит, что есть оптимум мотивации, после которого эффективность деятельности снижается. [15].

По нашему мнению именно экспериментальные задачи в наибольшей степени способны организовать среду с высоким мотивационным потенциалом. Согласно модели трудовой мотивации Р.Хекмана и Г.Олдхэма очень важно развивать внутреннюю мотивацию деятельности. Существуют три психологических состояния, определяющих высокий уровень внутренней мотивации человека:

- 1) значимость работы;
- 2) ответственность
- 3) результативность.

Если работа организована так, что вызывает все три психологических состояния, то результаты работы, удовлетворенность и мотивация будут максимально высоки, даже если работа не подкрепляется внешними стимулами, например не оплачивается. То есть речь идет о внутренней мотивации, мотивации, которая не контролируется извне, а проистекает из самого процесса [108].

Бордовская Н.В. и др считает, что для этого задачи, предложенные человеку должны иметь следующие пять характеристик:

1) работа предполагает привлечение различных способностей и умений человека (набор знаний, умений и навыков);

2) если человек видит целесообразность работы и знает, как его работа связана с другими этапами и как качество ее исполнения повлияет на весь процесс (определенность заданий).

3) если работа представляет значимость для него, других, а может быть, для всего общества в целом (значимость заданий);

4) если работа предоставляет определенную свободу, независимость, возможность действовать по своему усмотрению, планируя и определяя способы ее выполнения (самостоятельность);

5) если выполнение этой работы сопровождается получением прямой и ясной информации относительно эффективности работы (обратная связь).

Подытоживая, отметим, что экспериментальные задачи в наибольшей степени способствуют реализации и развитию творческих способностей учащихся, формированию их ключевых и предметных компетенций, но их подбор должен достаточно точно учитывать возможности учащихся. При несоблюдении этого требования экспери-

ментальные задачи могут дать отрицательный эффект для учащегося в области изучения физики.

## 2.8. ВНЕКЛАССНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Эти эксперименты выполняются на занятиях предметных школьных кружков (физических, физико-технических, радиотехнических и т.д.), на школьных конференциях, дома. На предметных кружках реализуются три главных направления внеклассной работы – образовательное, конструктивно-техническое и учебно-исследовательское [55].

Важную роль играют домашние экспериментальные работы. В этом случае, учащиеся самостоятельно помимо собственно постановки физического эксперимента еще и изготавливают из подручных материалов все необходимые компоненты экспериментальной установки, что самым благотворным образом сказывается на развитии их творческой инициативы, на более глубокое постижение физических законов.

Рассмотрим такой пример. Пусть для проведения эксперимента требуется миллиамперметр постоянного тока. Где его взять школьнику? В домашних условиях этот измерительный прибор можно изготовить из обычного компаса, намотав поверх него 300-400 витков тонкого медного провода, образовав некое подобие соленоида. При этом магнитное поле Земли пытается вернуть стрелку компаса в исходное состояние, а магнитное поле соленоида будет отклонять стрелку от начального положения. Угол отклонения будет почти пропорционален силе тока через соленоид. Из подобного миллиамперметра можно далее изготовить вольтметр, подключив добавочные сопротивления, изготовленные из карандашных графитовых стержней или закрашенных

карандашом картонных полосок. Разумеется, эти приборы будут грубыми и малочувствительными, но для многих применений этого окажется достаточно.

С точки зрения изучения физики следует отметить, что школьнику придется на эмпирическом, а возможно и на теоретическом уровне, реально, на эксперименте использовать множество физических законов, которые будут выступать перед ним не в форме некоторых абстрактных построений, а в форме практически действенных методов, позволяющих решить весьма значимую для школьника задачу.

Описание различных самодельных приборов приведено, например, в работах [50,36]. Огромное количество самодельных приборов и устройств приведено в шеститомном труде Гирке Р. и Шпрокхофа Г.[35]. Домашние экспериментальные задания, предназначенные для школьников 7-9 классов приведены в книге Шилова В.Ф. [131].

## 2.9. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Моделирование физических процессов с помощью средств вычислительной техники позволяет по-новому взглянуть на методику проведения учебного физического эксперимента.

Под компьютерным экспериментом мы будем понимать работу учащихся с учебной компьютерной моделью - программным обеспечением ЭВМ учебного назначения, моделирующим изучаемый физический процесс, явление или объект с дидактически обоснованной степенью полноты и позволяющим управлять моделью с нужной степенью детализации.

Далеко не каждый натуральный эксперимент можно провести, тем более в учебных целях. Эти ограничения определяются различными факторами.

1) Ограничения по масштабности объектов – движение планет в

солнечной системе, геологические и общепланетарные явления и т.д. В этом случае использование натуральных экспериментов невозможно.

2) Энергетические – высокие интегральные или удельные энергетические характеристики могут сделать эксперимент практически неосуществимым. Например, необходимость создания элементарных частиц с высокой энергией требует создания гигантского ускорителя, наподобие адронного коллайдера, что не могут себе позволить даже крупнейшие государства.

3) Экологические – любые масштабные эксперименты со средой обитания следует считать опасными и нежелательными. В частности, отказ многих государств от проведения натуральных экспериментов по неуправляемому термоядерному синтезу обусловлен, в том числе, и этим фактором.

4) Финансовые ограничения – высокая стоимость может воспрепятствовать проведению натурального эксперимента.

5) Социальные (политические, религиозные, моральные, этические и т.п.) факторы также могут воспрепятствовать постановке натурального эксперимента. Например, эксперименты разрушающего характера с христианскими реликвиями, артефактами.

Учебные эксперименты находятся в еще более жестких рамках. В этом случае накладываются еще и дидактические требования, которые приведены при рассмотрении предыдущих видов учебного физического эксперимента.

В этой связи, эксперименты с компьютерными моделями дадут несомненный положительный эффект. Следует подчеркнуть, что компьютерные эксперименты не подменяют, а дополняют натуральные эксперименты.





## ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ

Моделирование занимает чрезвычайно важное место, как в развитии физической науке, так и в обучении физике. В этой главе рассматриваются основные особенности применения моделирования в обучении физике.

### 3.1. ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАК МЕТОДА ПОЗНАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА

Гносеология рассматривает модель в рамках теории отражения. Здесь модель может выступать либо как форма отражения материального мира человеком, либо как его средство. Понятие моделирования является гносеологической категорией, характеризующей один из важных путей познания. Возможность моделирования, т. е. переноса результатов, полученных в ходе построения и исследования моделей, на оригинал, основана на том, что модель в определённом смысле отображает (воспроизводит, моделирует) какие-либо его черты.

С этой точки зрения, модели – это формы и механизмы отражения в человеческом сознании, где отражение понимается в его гносеологическом плане. Выполняя функцию отражения внешнего мира в сознании людей, модели, по мнению материалистов, отражают действительность в форме идеальных, мысленных и воображаемых моделей, т.е. в форме определенных образов психических по форме, но гносеологических по своему назначению. Так как по содержанию эти образы имеют отношение к внешнему миру, то модели отображают его. Таким образом, мысленные модели являются, по мнению материалистов, специфическими познавательными образами [132].

Понятие гносеологического образа охватывает не только индивидуальное сознание, но и общественное, и не только сознание, но и

предметную деятельность, поэтому предполагает также учет и средств реализации, воплощения и сохранения информации, которая накапливается обществом. Так, полотна художников или произведения скульпторов являются образами действительности, причем образами, которые уже запечатлены в художественных произведениях, а не только существуют в сознании художника. Тюхтин В.С. рассматривает образ как форму модели-сигнала. Здесь понятие модели используется для познания природы психического образа [115].

Однако, принимая во внимание ограниченность модели, можно рассматривать модели как специфические образы, сходные по своему содержанию с моделируемыми объектами. Здесь отражательная функция мысленных моделей состоит в том, что они выступают как мысленные копии, упрощенные картины соответствующих объектов [132].

Стремление понять и объяснить неизвестное, новое явление при помощи сопоставления, сравнения с хорошо известными знакомыми фактами, явлениями, процессами и поиски сходства между теми и другими свойственны людям и в повседневной жизни. С другой стороны, в философской литературе иногда оспаривается правомерность постановки вопроса о моделях как гносеологических образах. Критикуя эту точку зрения, А.А. Зиновьев считает, что такое понимание моделей неоправданно сужает класс моделей, дает повод к смешению общих понятий гносеологии и понятий, специфических для моделирования [49].

Действительно, проблема рассмотрения моделей как некоторых познавательных образов иногда приводит к подмене понятий, особенно если речь идет о гуманитарных исследованиях. Рассматривая модель как один из основных методов познания в естественных науках, исследователи связывают его с понятием эксперимента. Штофф опре-

деляет эксперимент как вид деятельности, предпринимаемый в целях научного познания, открытия объективных закономерностей и состоящий в воздействии на изучаемый объект посредством специальных инструментов и приборов [132]. Основываясь на понятии эксперимента, В.Штофф определяет моделирование как эксперимент, в котором используются действующие модели. Здесь выявляется основное, различие между моделированием в гуманитарных и естественных науках.

В естественных науках накопление знаний существенным образом опирается на идею экспериментальной проверки теории. В гуманитарных же науках эксперимент как таковой чаще всего не дает ожидаемых результатов в виде приобретения новых знаний об объекте исследования. Это обусловлено, прежде всего, спецификой изучаемых в гуманитарных науках объектов, к которым относятся человек, общество, культура. Естественно, что исследователь ограничен в своих возможностях манипулировать этими объектами исследования. В связи с этим в социогуманитарных науках основной стратегией исследования является интерпретативная практика. Но это не означает невозможность использования моделей в гуманитарных науках, это только подчеркивает специфическое отличие данных моделей [57].

В естественных науках модель часто строится для проведения экспериментов, и это обусловлено тем, что эксперименты невозможны с реальным объектом исследования. Интерпретационная модель в гуманитарном исследовании строится для того, чтобы упростить реальный объект и определить существенные факторы, оказывающие на него влияние с целью объяснения явления или процесса и включения его в общую теорию. Такое различие между моделями в естественных и гуманитарных науках не является категорическим, что не исключает возможность построения экспериментальных моделей в исследовани-

ях, например, общества или интерпретационных моделей на первых этапах исследований в физике [57].

Важной проблемой в гуманитарных науках является проблема субъективности социогуманитарного знания. Здесь речь идет о включенности исследователя в объект исследования и о позиции, которую он занимает в ходе исследования. Использование моделирования в этом случае позволяет на начальном этапе исследования определить данную позицию. При моделировании включение исследователя в исследовательскую модель происходит уже на этапе экстраполяции полученных данных на реально происходящие процессы, что позволяет увеличить объективность полученных при моделировании знаний [74].

Необходимо отметить, что уже в настоящее время существует ряд моделей, которые успешно применяются в социальных науках. Все чаще предпринимаются попытки использования кибернетических моделей. Например, имитационное моделирование, метод анализа и прогнозирования развития системы с помощью имитационной модели. Кроме имитационного моделирования, в социогуманитарных знаниях в качестве успешных примеров использования моделей можно привести: модели формирования общественного мнения при наличии в обществе двух и более групп с различными мнениями; нелинейные модели, позволяющие проводить математическую проверку курса проведения реформ; модели с конкурентными распределениями и с распределением Гаусса, и др. [57].

Модели социальных и культурных явлений и процессов отличаются прежде всего тем, что объектом моделирования в данной ситуации выступают чаще всего явления и процессы, влияние на которые оказывает очень большое число факторов. В связи с этим при моделировании таких систем мы рискуем упустить существенные из них

или получить такую громоздкую модель, которая не позволит нам интерпретировать ее в рамках заданной нами системы исследования. Безусловно, стремительное развитие современной науки и техники дает все новые возможности, в частности, современные суперкомпьютерные системы, которые могут оперировать одновременно огромным числом данных. В связи с этим проблема операциональности модели снимается, но остается проблема, связанная с самим процессом моделирования, ведь прежде чем создать любую модель - материальную, кибернетическую - исследователь должен построить модель мысленно. Если в естественных науках основная цель моделирования – это проведение экспериментального исследования, то в социогуманитарной области знания – это возможность интерпретации сложного явления или процесса [74].

Таким образом, можно отметить, что моделирование все реже и реже рассматривается исследователями как процесс построения механистических теорий и перевода исследуемых явлений в логику механики и элементарных законов физики, в целях упрощения описания сложных явлений и процессов.

а ведь именно механистическое понимание моделирования препятствует его развитию и использованию во многих социогуманитарных науках. Такой подход к моделированию уже давно исчерпал себя как ограничивающий возможности моделей в познании [57].

Для прямого эксперимента характерно теоретическое обоснование – выдвижение гипотезы, уточнение границ исследования, преобразование общетеоретических положений к совокупности экспериментально определяемых физических величин. По завершении прямого эксперимента выполняется теоретический анализ и интерпретация полученных результатов.

Для модельного же эксперимента, помимо этого, необходимо

ответить на вопрос – существуют ли отношения подобия между моделью и объектом моделирования, можно ли переносить на объект результаты, полученные в результате моделирования?

Штофф В.А. указывает, что теоретической основой модельного эксперимента, главным образом в области физического моделирования, является теория подобия. Она дает правила моделирования для случаев, когда модель и натура обладают одинаковой (или почти одинаковой) физической природой [132].

Научно-технический прогресс расширяет сферу применения метода моделирования. Если на начальном этапе в основном рассматривался круг механических явлений, то последующие этапы характеризуются все большим применением математических моделей, которые преодолевают ограничения возможностей предметного моделирования. В математическом моделировании основой соотношения модель - объект является такое обобщение теории подобия, которое учитывает качественную разнородность модели и объекта, принадлежность их разным формам движения материи. Такое обобщение принимает форму более абстрактной теории изоморфизма систем

Остановимся еще на терминологических вопросах, связанных с моделированием. В обсуждениях, посвященных гносеологической роли и методологическому значению моделирования, термин «моделирование» употреблялся как синоним познания, теории, гипотезы и т.п. Например, часто модель употребляется как синоним теории в случае, когда теория еще недостаточно разработана, в ней мало дедуктивных шагов, много неясностей. Иногда этот термин употребляют в качестве синонима любой количественной теории, математического описания.

Штофф В.А., не соглашаясь с таким мнением, указывает, что такое словоупотребление не вызывает никаких новых гносеологических

проблем, которые были бы специфичны для моделей [132]. Согласно Фролову И.Т. существенным признаком, отличающим модель от теории, является не уровень упрощения, не степень абстракции, и следовательно, не количество этих достигнутых абстракций и отвлечении, а способ выражения этих абстракций, упрощений и отвлечении, характерный для модели [124]. В этом смысле модель - не теория, а то, что описывается данной теорией - своеобразный объект данной теории.

При моделировании происходит отображение свойств оригинала, при этом такое отображение (и связанная с ним идея подобия) основано, явно или неявно, на точных понятиях изоморфизма или гомоморфизма (или их обобщениях) между изучаемым объектом и некоторым другим объектом «оригиналом» [10].

Изоморфизм и гомоморфизм (от греч. *isos* – одинаковый, *homous*-подобный и *morphe* – форма) – понятия, характеризующие соответствие между структурами объектов. Две системы, рассматриваемые отвлеченно от природы составляющих их элементов, являются изоморфными друг другу, если каждому элементу первой системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в одной системе соответствует связь в другой и обратно. Такое взаимоднозначное соответствие называется изоморфизмом. Например, соответствие между геометрической фигурой и ее аналитическим выражением в виде формулы.

Гомоморфизм отличается от изоморфизма тем, что соответствие объектов (систем) однозначно лишь в одну сторону. Поэтому гомоморфный образ есть неполное, приближенное отображение структуры оригинала. Таково например, отношение между картой и местностью [122].

### 3.2. ПРОБЛЕМА ИСТИННОСТИ МОДЕЛИ

Поскольку модель, представляет собой искусственный объект, упрощенно отражающий бесконечно сложный объект реальной действительности, то возникает вопрос – какую роль играет само моделирование, в процессе доказательства истинности и поисков истинного знания. Что следует понимать под истинностью модели? Истинность вообще - соответствие наших знаний объективной действительности [132]. Тогда истинность модели означает соответствие модели объекту, а ложность модели - отсутствие такого соответствия. Такое определение является необходимым, но недостаточным. Необходимо учесть ограничения, в рамках которых модель того или иного типа отражает изучаемый объект. Например, в математическом моделировании реального объекта, основанном на физических аналогиях, вполне допустимо существенное различие физических процессов в модели и моделируемом объекте. Однако при этом математическое описание этих процессов должно быть тождественным. То есть в математической модели выражаются их основные закономерности на более общем, более абстрактном уровне.

Модель всегда менее содержательна по сравнению с реальным объектом, что делается по принципиальным соображениям. Исследователь сознательно отвлекается от некоторых сторон, свойств и даже отношений в моделируемой системе. Этим предопределяется отсутствие полного сходства между моделью и моделируемым объектом.

Вообще в модели реализованы двоякого рода знания:

- знание самой модели (ее структуры, процессов, функций) как системы, созданной с целью воспроизведения некоторого объекта;
- теоретические знания, посредством которых модель была построена.

Истинность - свойство знания, а объекты материального мира не



истинны, не ложны, они просто существуют [132].

Материальные модели создаются с целью изобразить, воспроизвести некоторые черты, свойства реального предмета. Истинность присуща материальным моделям по следующим причинам:

- 1) наличие их связи с определенными знаниями;
- 2) наличие или отсутствие изоморфизма ее структуры со структурой моделируемого объекта;
- 3) в силу отношения модели к моделируемому объекту, которое делает ее частью познавательного процесса и позволяет решать определенные познавательные задачи.

В этом отношении материальная модель является гносеологически вторичной, выступает как элемент гносеологического отражения [132].

Теория, на основе которой строится модель, определяет связи, отношения, структуры, закономерности. Адекватная модель позволяет проверить эти следствия теории. Успешная работа модели есть доказательство истинности теории, это часть экспериментального доказательства истинности этой теории.

### 3.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

Моделирование как метод познания имеет большое значение в современной науке в особенности в физике, химии, биологии, кибернетике и других. Как специфическое средство и форма научного познания, моделирование появилось довольно давно. Человечество всегда использовало концепцию модели для представления и выражения абстрактных идей и реальных объектов. Моделирование охватывает широкий диапазон актов человеческого общения – от наскальной живописи и сооружение идолов до составления систем сложных матема-

тических уравнений, описывающих полет ракеты в космическом пространстве. По существу, прогресс и история науки и техники нашли свое наиболее точное выражение в развитии способности человека создавать модели естественных явлений, понятий и объектов [129]

Идеи Демокрита и Эпикура об атомах, объяснение физических свойств веществ с помощью представления о круглых и гладких или крючковатых частицах, взаимодействующих друг с другом, уже являются модельными. Эти модели, в очень упрощенной форме описывают внутреннее строение вещества и являются прообразом современных квантово-механических моделей объектов микромира.

В самом широком смысле модель – это мысленная или реальная структура, упрощенно воспроизводящая часть действительности.

Очень часто накладывается ограничение, что модель должна воспроизводить часть действительности в наглядной форме, но это требование не является, на наш взгляд, важным, особенно для современной физики.

Тогда модель можно трактовать двояким образом.

1) Модель как некоторая идеализация, упрощение действительности.

Например, представления Анаксимандра о Земле как о цилиндре, вокруг которого вращаются огненные трубки.

2) Модель как отображение части действительности с помощью другой части, более изученной, более наглядной. Например, планетарная модель атома, когда физики пытались объяснить оптические и электронные явления и, при этом строение атома изображалось как строение солнечной системы.

В первом случае модель – это образ части действительности, основные свойства которого совпадают со свойствами изучаемой действительности.

Во втором случае модель – это другой объект, отличный от изучаемого, и сходный с ним в отношении некоторых свойств.

Всегда, когда мы говорим о моделях, то подчеркиваем, что модель воспроизводит только некоторые, основные свойства изучаемого объекта. Если потребовать воспроизведения всех свойств, то теряется смысл построения модели. Модель легче изучать, потому что она проще оригинала. Поэтому модель обладает только частью свойств оригинала. Для того, чтобы модель адекватно отображала оригинал, она должна обладать не просто некоторыми, а основными, определяющие важными в заданном контексте, свойствами, присущими объекту моделирования.

Понятие моделирования тесно связано с семиотикой. Семиотика (греч. *σημιωτική*) - наука, исследующая свойства знаков и знаковых систем. В связи с тем, что знак есть носитель информации, семиотика получает большое прикладное значение при исследовании и проектировании знаковых систем, используемых в процессах передачи и обработки информации.

Знак — это материально выраженная замена предметов, явлений, понятий в процессе обмена информацией. Согласно Лотману Ю.М. знаки делятся на две группы: условные и изобразительные.[78]. Условный знак, в котором связь между выражением и содержанием внутренне не мотивирована. Самый распространённый условный знак - слово. Изобразительный или иконический - знак, в котором значение имеет естественно ему присущее выражение. Самый распространённый изобразительный знак - рисунок.

При знаковом моделировании моделями служат знаковые образования какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, формулы, графы, слова и предложения в некотором алфавите (естественного или искусственного языка) [11].

Математическое моделирование является частным случаем знакового моделирования и осуществляется посредством системы математических и логических знаков.

При изучении объекта реального мира исследователь задается двумя вопросами:

- 1) как ЭТО устроено (какова структура системы)?
- 2) как ЭТО действует (каков функционал системы)?

В этом контексте уместно различать структурное и функциональное моделирование. При изучении реальных объектов основной акцент может делаться на первую или на вторую стороны объекта или на обе вместе.

Так, в кибернетическом моделировании, во главу угла ставится моделирование поведения системы, ее функционирование. При этом внутреннее устройство системы, ее структура, не имеют значения – система рассматривается как «черный ящик». Кибернетическая модель строится в терминах воздействия на систему («вход») и ее отклика на воздействие («выход»).

Для успешного моделирования необходимо наличие уже сложившихся теорий исследуемых явлений, или хотя бы удовлетворительно обоснованных теорий и гипотез, указывающих предельно допустимые при построении моделей упрощения. Результативность моделирования значительно возрастает, если при построении модели и переносе результатов с модели на оригинал можно воспользоваться некоторой теорией, уточняющей связанную с используемой процедурой моделирования идею подобия. Для явлений одной и той же физической природы такая теория, основанная на использовании понятия размерности физических величин, хорошо разработана. Но для моделирования сложных систем и процессов, изучаемых, например, в кибернетике, аналогичная теория ещё не разработана, чем и обусловлено

интенсивное развитие теории больших систем — общей теории построения моделей сложных динамических систем живой природы, техники и социально-экономической сферы.

Моделирование всегда используется вместе с др. общенаучными и специальными методами. Прежде всего, моделирование тесно связано с экспериментом. Изучение какого-либо явления на его модели (при предметном, знаковом моделировании, моделировании на ЭВМ) можно рассматривать как особый вид эксперимента: «модельный эксперимент», отличающийся от обычного («прямого») эксперимента тем, что в процесс познания включается «промежуточное звено» — модель, являющаяся одновременно и средством, и объектом экспериментального исследования, заменяющим изучаемый объект. Модельный эксперимент позволяет изучать такие объекты, прямой эксперимент над которыми затруднён, экономически невыгоден, либо вообще невозможен в силу тех или иных причин [11].

В процессе моделирования исследователь абстрагируется от множества второстепенных деталей, выполняет идеализацию объекта исследования. Модель отображает только существенные свойства оригинала и пренебрегает несущественными. Существенность и несущественность отображаемых свойств – важнейшие понятия в моделировании. Свойства становятся существенными или несущественными в зависимости от цели исследования. Модель как выразитель существенных свойств выступает как некоторый абстрактный идеализированный объект, как специфическая форма реализации абстракции.

Рассмотрим моделирование как процесс преобразования информации. Такой подход правомерен при рассмотрении моделирования реальных и идеальных объектов. В первом случае речь идет о физическом, натурном моделировании, а во втором – об информационном моделировании. Уменьшенная копия самолета, предназначенная

для продувки в аэродинамической трубе - это натурная модель, а чертеж этого самолета будет представлять собой его информационную модель, представленную в графической форме (графическая модель).

Информационные модели в современных условиях реализуются средствами компьютерных технологий. Информационная модель служит основой для создания компьютерной модели, для чего она должна быть формализована. Для создания компьютерной модели требуется формализованная информационная модель.

Формализация – совокупность познавательных операций, обеспечивающая отвлечение от значения понятий и смысла выражений научной теории с целью исследования ее логических особенностей, дедуктивных и выразительных возможностей [122].

Иными словами, формализация - способ выражения содержания совокупности знаний через определенную форму - знаки искусственного языка. Наиболее значимой разновидностью формализации является логическая формализация, которая означает выражение мысленного содержания посредством логических форм. Это способствует процессу приведения наук в строгую систему; однако всеобъемлющая Ф. невозможна даже в области математики (теорема К.Геделя). К.Гёдель показал, что непротиворечивость любой достаточно богатой средствами вывода дедуктивной (формальной) системы не может быть доказана средствами, допускающими формализацию в этой же системе [12].

В узком смысле формализация - такое уточнение содержания изучаемых предметов, когда возможно оперировать с ними математически. Ценность формализации заключается в том, что в результате преобразования содержания изучаемых объектов появляется возможность оперировать ими с помощью математических и логических методов.

Знания, полученные при изучении модели, затем переносятся на оригинал. При этом необходимо выделить три уровня осуществления моделирования:

1) уровень потенциальной осуществимости (осуществимость модели как специфической формы реализации абстракции);

2) уровень реальной осуществимости (модель может быть осуществлена, хотя возможно в будущем, когда развитие науки и техники это позволит);

3) уровень практической целесообразности (результаты моделирования нужны для решения конкретных познавательных или практических задач).

Моделирование позволяет изучать существенные свойства объектов, процессов и явлений реального мира, предсказывать новые следствия, проверка которых может подтвердить или опровергнуть научную теорию, лежащую в основании модели. Иными словами, моделирование представляет объективный практический критерий проверки истинности объективно новых знаний.

### 3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ МОДЕЛИ

Для дальнейшего обсуждения нам потребуется определение понятия «модель». В литературе встречается множество различных определений, из которых мы приведем, на наш взгляд, наиболее общие, всеохватывающие определения, которые, в то же время, акцентируют важнейшие моменты в этом понятии. Кроме того, мы приведем определение понятия «моделирование», так как эти понятия органично связаны и часто под моделированием понимают именно построение модели.

Согласно Советову Б.Я. и Яковлеву С.А. модель — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некото-

рых свойств оригинала [110]. Отметим, что, по нашему мнению, в модели главное не то, что она позволяет изучать только некоторые свойства оригинала, а то, что в модель заложены только некоторые свойства оригинала.

Согласно Подласому И.П., модель - это мысленно представленная или материально реализованная система, которая адекватно отображает предмет исследования и способна замещать его так, что изучение модели позволяет получить новую информацию об этом объекте [95]. Здесь, во второй части определения подчеркивается возможность получения новой информации об объекте, что очень важно. Однако в первой части использован термин «адекватно», что требует дополнительных пояснений, без чего широта толкования этого термина, делает приведенное определение несколько размытым.

Согласно Мышкису А.Д., когда мы собираемся исследовать некоторую совокупность  $s$  свойств реального объекта  $a$  с помощью математики (здесь термин объект понимается в наиболее широком смысле: объектом может служить не только то, что обычно именуется этим словом, но и любая ситуация, явление, процесс и т. д.). Для этого мы выбираем (как говорят, строим) математический объект  $a'$  — систему уравнений, или арифметических соотношений, или геометрических фигур, или комбинацию того и другого и т. д., — исследование которого средствами математики и должно ответить на поставленные вопросы о свойствах  $s$ . В этих условиях  $a'$  называется математической моделью объекта  $a$  относительно совокупности  $s$  его свойств [86]. Это довольно детальное и строгое определение модели, однако и здесь хотелось бы отметить, что модель изначально должна быть ограниченной, но при этом позволяет получить новую информацию об объекте моделирования.



Приведем определение Роберта Шеннона. Имитационное моделирование есть процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы Шеннон [130]. В данном определении охватывается только один класс моделей – имитационных. Мы его привели, чтобы показать, как здесь проявляются основные качества любой модели – «понять поведение системы ...», «в рамках ограничений ...».

Согласно Штоффу В.А. модель – это такая мысленно представляемая или материально реализуемая система, которая отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте [132]. Это достаточно полное и строгое определение понятия модели, однако здесь не упоминаются ограничения модели.

По Фролову И.Т. моделирование означает материальное или мысленное имитирование реально существующей системы путем специального конструирования аналогов (моделей), в которых воспроизводятся принципы организации и функционирования этой системы.[124]. Здесь определяется процесс моделирования как создания модели. Отметим, что под моделированием также понимают и изучение модели, эксперименты над моделью с целью получения новой информации об исследуемом объекте. Фролов И.Т. также не отмечает ограниченность моделей по сравнению с оригиналом.

Кравец А.С. определяет моделирование как совокупность методов построения моделей и изучения на них соответствующих явлений, процессов (в том числе и процесса решения задачи), систем объектов (оригиналов), а также совокупность методов использования ре-

зультатов изучения модели для определения или уточнения характеристик самих объектов исследования» [73].

Существуют и другие определения, в той или иной степени сводящиеся к вышеприведенным.

Подчеркнем, что всякая модель является известным упрощением того класса явлений, который выступает в качестве предмета познания. По мнению Розенблюта А. и Винера Н. в этом заключается характерная особенность метода моделирования [148]

В приведенных определениях явно не указывается, что модель – система менее сложная по сравнению с оригиналом и, что модель воспроизводит только некоторые его свойства. Нам кажется, что этот момент следует специально акцентировать. Используем для этого определение Штоффа В.А., явно указав на ограниченность модели.

Модель – это такая мысленно представляемая или материально реализуемая система, которая, отображая или воспроизводя основные свойства объекта исследования в рамках рассматриваемого аспекта, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте.

Здесь мы явно указываем, что модель воспроизводит только ограниченный (основной) набор свойств объекта исследования. Именно ограниченность модели и делает ее эпистемологически ценной, в частности, для физической науки. Ценность модели как средства познания, в данном случае определяется тем, что модель проще, примитивнее оригинала и, поэтому, ее легче изучать, исследовать. Ясно, что примитивизм, ограниченность модели не могут быть произвольными.

Очень важно ответить на вопросы, какие ограничения использованы и что необходимо включить в перечень основных свойств изучаемого объекта?

Рассмотрим два примера изучения динамических свойств механических систем.

Первый пример - исследование динамических свойств автомобиля. Например, определяется его максимально возможное ускорение, для чего измеряется время изменения мгновенной скорости от 0 до 100 км/ч. В стандартных методиках требуется, чтобы в таких испытаниях, рядом с водителем находился пассажир. Сила тяги двигателя будет использована для преодоления сил трения и на собственно ускорение автомобиля с водителем и пассажиром. В данном случае человека (пассажира) мы можем заменить моделью, например мешком с песком той же массы. Такую сложнейшую систему как человек мы заменяем примитивной моделью, имеющей с человеком только одно общее свойство – значение массы. Мы считаем, что на динамические свойства автомобиля и пассажир и наша модель будут оказывать одинаковое влияние. Эта модель имеет определенную, ограниченную область применения. Определение ограничений – это непростая задача. В нашем случае нужно выяснить, в чем различие влияния реального пассажира и его модели на разгонную динамику автомобиля?

Такие различия могут быть самыми разнообразными. Например, психологическими. Водитель может ощущать дискомфорт, когда рядом с ним находится модель, а не реальный человек. В результате быстрота и четкость манипуляция с органами управления автомобиля со стороны водителя может оказаться на ничтожные доли процента ниже.

Механические различия. Живой человек не сидит неподвижно, его голова, конечности, тело в целом, могут перемещаться, что может

привести к микроскопическим изменениям положения центра тяжести автомобиля. В результате изменение распределения веса на колеса автомобиля также может повлиять на его динамику, например, за счет изменения силы трения между ведущими колесами и дорожным покрытием.

Если мы пренебрегаем этими факторами ввиду ничтожности их воздействия, то это означает, что наша модель хорошо моделирует реальный объект.

Другой пример – исследование пассивной безопасности автомобиля в краш-тестах. В этих испытаниях автомобиль сталкивается со стеной (масса стены во много раз больше массы автомобиля) и полностью разрушается. Требуется выяснить, как необходимо закрепить ремни безопасности, какова должна быть прочность ремней на разрыв и т.д.

Очевидно, что модель в виде мешка с песком здесь уже не годится. Перечень основных свойств, подлежащих моделированию, будет уже другим. Это должна быть натурная модель – манекен, по форме повторяющая тело человека и с такими же прочностными характеристиками.

Мы видим, что определение круга основных свойств – задача довольно сложная и плохо формализуемая. Определение основных свойств, воспроизводимых моделью в рамках решаемой задачи – это, в некотором смысле, искусство.

### 3.5 ФУНКЦИИ МОДЕЛИ

Идея представления некоторых систем при помощи модели носит столь общий характер, что дать полную классификацию всех функций модели затруднительно. Эльмаграби [141] приводит сле-

дующую относительно устойчивую классификацию функций моделей:

- 1) средство осмысления действительности;
- 2) средство общения;
- 3) средство обучения и тренажа;
- 4) инструмент прогнозирования;
- 5) средство постановки экспериментов.

1. Модели полезны как средство осмысления реальных связей и закономерностей и изучаемой системе. Модели помогают упорядочить нечеткие или противоречивые понятия. Построение модели побуждает исследователя продумать, какие шаги и в какой последовательности необходимо предпринимать. Происходит выявление взаимозависимостей, необходимых действий, временных соотношений, требуемых ресурсов. Все эти действия, попытки представить словесные формулировки и мысли в какой-то иной форме могут выявить противоречия и неясности. Правильно спроектированная и построенная модель вынуждает исследователя организовать свои замыслы, оценить и проверить их обоснованность.

2. Как средство общения хорошо продуманная модель имеет большие преимущества перед, например, вербальными средствами. Все языки, в основе которых лежит слово, в той или иной мере оказываются неточными, когда дело доходит до сложных понятий и описаний. Правильно построенные модели могут помочь нам устранить эти неточности, предоставляя в наше распоряжение более действенные, более успешные способы общения. Преимущество модели перед словесным описанием – в сжатости и точности представления заданной ситуации. Модель делает более понятной структуру исследуемого объекта и вскрывает важные причинно-следственные связи [130]. Сравним модель здания в форме чертежа с наложенными слоями

электросиловых, водопроводных, канализационных и других схем по сравнению со словесным описанием того же здания. Ясно, что в первом случае мы имеем более информативное и лаконичное описание рассматриваемого объекта.

3. Модели, как инструмент познания, широко используются в обучении, в профессиональной подготовке и переподготовке.

Изучение такой науки как физика вообще невозможно представить себе без построения и использования множества моделей. Например, модель идеального газа. Будучи построенной для объяснения основных свойств вещества в газообразной фазе эта модель нашла множество других применений – газ электронов, газ фононов и т.д.

4. Прогностическая функция модели является одной из наиболее важных и востребованных. Анализ поведения реальных объектов в экстремальных и аварийных условиях может быть выполнен на модели, что позволяет сэкономить финансовые, людские и временные ресурсы. Во многих случаях только моделирование позволяет получить нужную информацию, например при возникновении нештатных ситуаций на подводных лодках, космических кораблях и т.д. – всюду, где невозможно проверить результат возможных действий на реальном объекте.

5. Эксперименты на моделях позволяют проводить итерационные экспериментальные процедуры с вариацией множества параметров при сохранении остальных параметров неизменными. Для большинства реальных систем подобные многократные эксперименты либо слишком дороги, либо вообще невозможны. Единственным выходом из подобного положения может быть построение модели и проведении серии экспериментов на ней. Следует отметить, что эксперименты на моделях зачастую могут дать больше информации, чем натурные эксперименты. Это обусловлено тем, что на модели легко ис-

пользовать измеримость ее структурных элементов, легко изменять параметры модели, контролировать ее поведение. И это при том, что имеется возможность постановки серии модельных экспериментов из сотен и тысяч вариантов, что совершенно невозможно в экспериментах с реальными объектами.

Подытоживая, отметим, что все перечисленные применения модели образуют дихотомию. Модель может служить для достижения одной из двух целей: либо описательной, если модель служит для объяснения и (или) лучшего понимания объекта, либо предписывающей, когда модель позволяет предсказать и (или) воспроизвести характеристики объекта, определяющие его поведение. Модель предписывающего типа обычно бывает и описательной, но не наоборот. Это означает, что предписывающая модель почти всегда является описательной по отношению к моделируемому объекту, а вот описательная модель не всегда полезна для целей планирования и проектирования ввиду почти полного отсутствия прогностических свойств.

В естественных науках, технике моделирование доказало свою большую эффективность в первую очередь благодаря своему предписывающему характеру. В социальных и, тем более, гуманитарных науках модели носят как правило описательный характер – модели описывают существующие системы.

Вероятно, в этом кроется одна из причин, почему экономические модели, которые по большей части являются описательными, оказали слабое воздействие на управление экономическими системами [130].

### 3.6. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ И ВИДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Модели обладают очень широким спектром свойств, применений, технологий реализаций, поэтому признаков, положенных в осно-

ву классификации моделей, большое множество, что приводит соответственно к разнообразным классификациям моделей.

Рассмотрим сначала классификацию по способу построения модели - материальные и идеальные. Главное отличие материальных моделей от идеальных в том, что они существуют объективно – это реальные объекты во внешнем мире. Основываясь на степени отличия от реального объекта можно выделить следующие типы моделей:

- физические (натурные) модели (воспроизводят изучаемый процесс с сохранением его физической природы и являются инструментом физического моделирования);
- аналоговые модели (заменяют один объект на другой с похожими свойствами);
- математические модели (абстрактные модели, существуют в форме специальных математических конструкций и имеют смысл только для интерпретирующего их человека или машины).

По степени абстрактности модели можно представить в виде непрерывного спектра, простирающегося от натуральных моделей или макетов реальных объектов до совершенно абстрактных математических моделей (рис.3.6.1) [130]

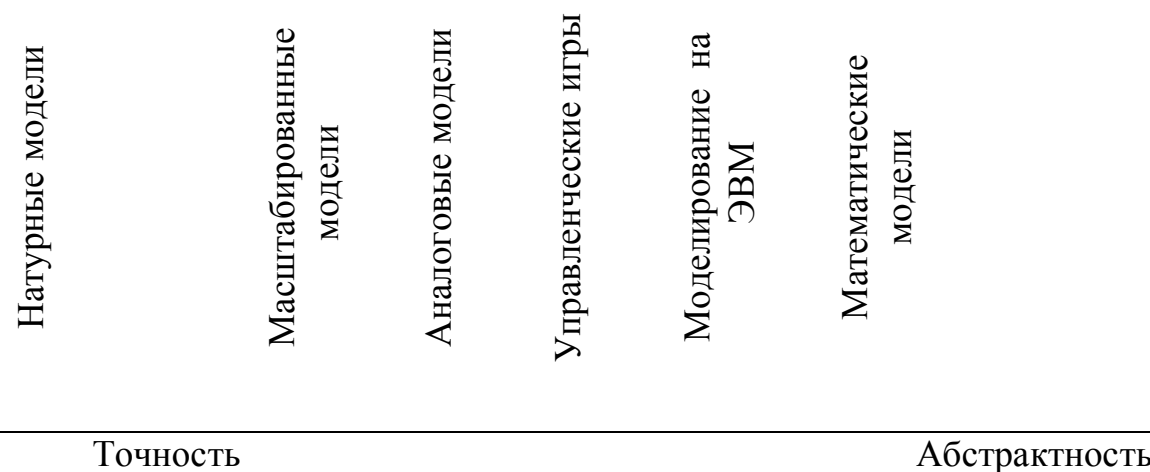


Рис. 3.6.1. Классификация моделей по Дж.Роув [149].

Во избежание неоднозначности, здесь мы заменили термин «фи-



зические модели» на «Натурные модели». Это обусловлено тем, что в дальнейшем под физическими моделями мы будем понимать модели, используемые в физике.

Иная классификация моделей согласно Кочергину А.Н. включает следующие виды:

по видовому признаку, по форме выражения, по предмету исследования, по природе явления, по задачам исследования, по объёму, по способу выражения, по свойствам отражения – функциональные, информационные, системные (структурные) [72].

Математические модели подразделяются на функциональные, структурные и информационные [9].

Функциональные модели характеризуются установлением функциональной зависимости, которая объединяет показатели изучаемого объекта, обнаруженные экспериментальным путём. Такого рода модели выражают построение функции по значениям аргумента.

Структурные модели выражают то или иное предположение (гипотезу) о внутреннем строении и связях изучаемого объекта, что проявляется в наблюдаемых фактах.

В этих моделях наблюдаемые и измеримые переменные определённым образом (структурно) связываются с ненаблюдаемыми и неизмеримыми характеристиками объекта.

Информационные модели характеризуются тем, что в них связаны функционально поступающая информация, её переработка и обратная связь. В основе информационных моделей находится отображение зависимостей исследуемого явления путём определённых действий над информацией. Информационные модели позволяют давать описание опыта изучаемого явления в определенной форме выражения информации, т. е. проверить кодирование и перекодирование сообщений, их связей и зависимостей. Всё это позволяет вводить в мо-

дели количественную и содержательную стороны сообщений и устанавливать связь логического и описательного [9].

На практике часто одновременно используют как структурно-функциональные, так и информационные модели. Последние называют кибернетическими. В них реализуется кибернетический подход к изучению сложных объектов [48].

#### Математические модели.

В преподавании физики очень важное место занимают математические модели. Это обусловлено теснейшим переплетением физики и математики. Все физические законы сформулированы на языке математики, подавляющее большинство физических процессов может быть описано системами дифференциальных и алгебраических уравнений. Математическое моделирование органично вписывается в процесс построения дидактических средств, повышающих эффективность изучения физики.

По Самарскому и Михайлову математическая модель — это «эквивалент» объекта, отражающий в математической форме важнейшие его свойства — законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т. д. Существует в триадах «модель-алгоритм-программа». Создав триаду «модель-алгоритм-программа», исследователь получает в руки универсальный, гибкий и недорогой инструмент, который вначале отлаживается, тестируется в пробных вычислительных экспериментах. После того, как адекватность (достаточное соответствие) триады исходному объекту установлена, с моделью проводятся разнообразные и подробные «опыты», дающие все требуемые качественные и количественные свойства и характеристики объекта [105].

При математическом моделировании необходимо придержи-

ваться четкого плана действий, на чем мы более подробно остановимся далее при рассмотрении вопросов компьютерного моделирования.

### 3.7. КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПО ПАЙЕРЛСУ

По сравнению с другими науками в физике моделирование оказалось особенно плодотворным. Модели в физике имеют свою научную специфику, которую разумно рассмотреть отдельно. В этом направлении очень важной оказалась работа Р.Пайерлса, который привел классификацию физических моделей. Предложенная типизация позднее дополнялась и интерпретировалась. Мы приведем классификацию моделей, следуя Рудольфу Пайерлсу [91].

Наибольшую трудность при построении физических моделей представляет корректный выбор основных свойств моделируемого объекта, которые должна отображать модель. Эта задача плохо формализуема, особенно если исследования проводятся на переднем фронте науки – в области малоисследованного, в условиях сильной недостаточности информации как описательного, так и предписывающего характера. Способность вводить плодотворные упрощения относится скорее к области интуиции, здравого смысла опытного физика-исследователя, чем к каким-либо жестким предписаниям. Пайерлс приводит примеры, когда благодаря оптимальному выбору критически значимых свойств объекта весьма простая модель оказывается более успешной, нежели модель даже более сложная.

Р. Пайерлс все многообразие моделей в физике сводит следующим типам.

1. Гипотеза
2. Феноменологическая модель

3. Приближение
4. Упрощение
5. Эвристическая модель
6. Аналогия
7. Мысленный эксперимент

При решении сложных физических проблем используются различного рода модели. Пайерлс Р. предлагает обособленно рассматривать семь типов моделей. В дальнейшем предпринимались попытки расширения этой классификации [37].

Многое из того, что иногда называют моделями, таковыми не являются. Пайерлс рассматривает возникновение противоречий, когда модель одного типа ошибочно отнесена к другому, то есть когда не обращают внимание на присущие этой модели ограничения.

Тип 1. Гипотеза (Такое могло бы быть).

Модели первого типа не являются моделями в прямом смысле этого слова. Пайерлс включает их в тип 1 поскольку такие гипотезы часто называют моделями. Они представляют собой пробное описание явления. Примеры.

- Модель Вселенной Аристотеля и Птолемея.
- Модели Вселенной: Эйнштейн, де Ситтер, Фридман.
- Модель атома Дж. Дж. Томсона.
- Модель атома Резерфорда.
- Боровская модель атома водорода.

Тип 2. Феноменологическая модель (ведем себя так, как если бы ...)

Иногда данное физическое явление могло бы быть объяснено

путем привлечения определенного механизма, однако имеющихся свидетельств недостаточно для подтверждения выдвинутого предположения. Несмотря на то, что поиск окончательного ответа на этом пути оказывается незавершенным, само описание явления в терминах некоторой модели может быть полезным. Примеры.

- Эпициклы Птолемея тип 1?).
- Флогистон.
- Эфир Максвелла (тип 1?).
- Атомизм (тип 1?).

Пайерлс указывает, что границы предлагаемой типизации достаточно размыты. Птолемеевские эпициклы однозначно можно отнести к типу 1, если предполагать, что Аристотель и Птолемей действительно верили в существование этих концентрических хрустальных сфер или считали их просто удобным способом описания движения планет.

Гипотеза о существовании атомов с трудом пробивала себе дорогу, например выдающийся физик Эрнст Мах не принимал ее. Только в начале 20 века различными методами было довольно точно определено число Авогадро. В результате представление об атомах было переведено в категорию тип 1.

Дж.Максвелл, поддерживая гипотезу эфира, столкнулся с большими трудностями. С одной стороны эфир является упругой средой с очень высокой жесткостью, с другой стороны все небесные тела движутся сквозь эфир не испытывая видимого сопротивления. Максвелл указывает, что многие моменты в его теории должны рассматриваться как иллюстративные, а не как объясняющие.

Тип 3: Приближение (что-то считаем или очень малым, или очень большим)

Уравнения, описывающие физические явления, как правило не поддаются точному решению. В этом случае исследователь использует те или иные приближения. Пайерлс отмечает, что искусство выбора подходящего приближения, проверки его непротиворечивости и отыскания, по крайней мере, интуитивных соображений по поводу удовлетворительности данного приближения является куда более утонченным, чем искусство нахождения строгого решения уравнения.

Примеры.

- Линейный отклик (законы Ома, Ньютона, Гука, Фурье).
- Идеальный газ.
- Оболочечная модель атома.

Один из важнейших типов приближений – это линейный отклик. Его используют, когда параметр, воздействующий на систему, может рассматриваться как бесконечно малый. В случае закона Ома мы определяем сопротивление участка цепи через отношение падения напряжения к силе тока в пределе бесконечно малого падения напряжения. В металлах довольно трудно создать большие падения напряжения, что приводит к линейности отклика с высокой степенью точности. Высокая точность выполнения закона Ома для всех проводников в огромном диапазоне силы тока приводит к мысли, что закон Ома – это закон природы. Однако это не так, это всего лишь приближение линейного отклика. Стоит нам рассмотреть ситуацию, когда воздействующий параметр нельзя считать малым, как линейный отклик перестает существовать. Например, в случае полупроводников мы легко получаем ситуацию нарушения закона Ома. Аналогичные рассуждения применимы к закону Гука в теории упругости, к закону Фурье в теории теплопроводности.

В модели идеального газа не учитывается взаимодействие моле-

кул и их собственный объем. Столкновение молекул происходит по закону упругого взаимодействия. При низком давлении любой реальный газ достаточно хорошо соответствует модели идеального газа. Но даже и при более высоких концентрациях молекул газа на качественном уровне модель идеального газа быстро дает оценочный результат, которого часто бывает достаточно. Для получения численного результата мы можем ввести поправки в модель типа 3.

В моделях другого типа мы считаем какую-либо величину малой, но она таковой не является. В оболочечной модели атома рассматривается движение электронов в усредненном потенциальном поле, и считаются малыми отклонения потенциала от среднего значения. Такое приближение является неточным и приходится использовать методы теории возмущений, чтобы определить необходимые поправки. Оказывается, что вводимые поправки зачастую можно брать в линейном приближении и отбрасывать члены взаимодействия более высокого порядка. В некоторых же случаях надо использовать и члены более высокого порядка. При анализе подобных проблем, обычно не удается строго обосновать пределы изменения погрешностей и, тем самым, адекватность принятой модели. Пайерсл отмечает, что в таких ситуациях на помощь приходят здравый смысл и накопленный опыт работы исследователя.

#### Тип 4: Упрощение (Опустим для ясности некоторые детали)

Если проблема слишком сложна и не поддается анализу, то полезно использовать упрощенные модели, в которых пренебрегают некоторыми усложняющими деталями. Примеры.

- Дебаевская модель удельной теплоемкости кристаллов.
- Оболочечная модель ядра.

В подходе Дебая тепловые колебания кристаллической решетки рассматриваются как гармонические – пренебрежение ангармонизмом (приближение типа 3). Для определения теплоемкости кристаллической решетки необходимо знать частотный спектр колебаний, то есть число нормальных колебаний (мод), приходящихся на любой интервал частот. Дебаевская модель предполагает, что функция плотности мод колебаний остается пропорциональной квадрату частоты для всех частот, меньших некоторого максимального значения. Предполагалось, что при температурах значительно ниже дебаевской, эта модель должна очень хорошо выполняться. Однако экспериментальные исследования в области низких температур показали наличие заметного отклонения от модели Дебая. Это ошибочно было объяснено процессами перестройки кристаллической структуры.

Пайерлс указывает, что ошибочность подобного объяснения была обусловлена непониманием природы используемой модели. Действительные пределы применимости дебаевской модели были установлены позже.

В 1936 году Нильс Бор предложил модель составного ядра, которую можно отнести к типу 4. Модель «жидкой капли» довольно хорошо описывала имеющиеся на тот момент экспериментальные данные. По этой причине многие физики противились попыткам описать структуру ядра с помощью оболочечной модели. Пайерлс отмечает, что твердая вера в возможности использования модели жидкой капли вне пределов ее справедливости задерживала достижение здесь заметного прогресса вплоть до момента, когда успешные расчеты в рамках оболочечной модели ядер с очевидностью продемонстрировали значение последней для многих задач с низким уровнем возбуждения.

Тип 5: Эвристическая модель (Количественного подтверждения)



нет, но модель способствует более глубокому проникновению в суть дела)

В некоторых случаях полезно пойти на еще большие упрощения по сравнению с типом 4. Удачные модели типа 5 помогают узнать нечто новое о моделируемом объекте. Различие между моделями 4 и 5 довольно условное. Примеры.

- Средняя длина свободного пробега
- Эйнштейновская модель удельной теплоемкости.

В модели длины свободного пробега молекулы газа предполагается, что после столкновения молекула «не помнит» о своей скорости или направлении движения до момента удара. В этой модели выводятся простые соотношения для коэффициентов переноса (вязкость, диффузия, теплопроводность). В модели используются очень сильные упрощения, в результате чего в разных теориях (электронная теория металлов и теория теплопроводности кристаллической решетки) приходится использовать различные значения длины свободного пробега, чтобы выводы теории соответствовали экспериментальным данным. Однако эту модель очень удобно использовать в ситуациях, когда нас интересует лишь общее представление о величине эффекта.

Другим примером эвристической модели является эйнштейновская модель теории теплоемкости твердых тел. Эйнштейн создавал свою модель до Дебая и пошел на очень большие упрощения, предположив, что тепловые колебания атомов кристаллической решетки являются гармоническими и имеет место независимое движение атомов с одной резонансной частотой. В итоге модель Эйнштейна предсказала отклонение от закона Дюлонга-Пти и экспоненциальное падение теплоемкости в области низких температур. Самое примечательное то, что очень грубая модель Эйнштейна с несколькими резонансными

частотами иногда в области средних температур правильное воспроизводит реальное поведение кристалла, чем более сложная модель Дебая.

#### Тип 6: Аналогия (Учтем только некоторые особенности)

В некоторых случаях можно узнать что-то о физической системе на основе изучения более простой системы, которая передает лишь некоторые типичные особенности исходной системы.

Примеры.

- Модель Изинга
- Дебаевская модель фононного рассеяния.

Для описания ферромагнетиков Е.Изинг предложил модель, в которой реальная трехмерная кристаллическая решетка заменяется одномерной, то есть цепочкой атомов. Несмотря на свою чрезвычайную упрощенность, модель Изинга позволяет многое узнать о свойствах исследуемой физической системы.

Понимая, что гармоническое приближение в ряде случаев является слишком сильным допущением, Дебай предложил модель, учитывающую ангармонизм тепловых колебаний кристаллической решетки. Такая модель могла бы описать явление затухания упругих волн в кристалле. Дебай решил рассматривать эту проблему по аналогии с рассеянием света на флуктуациях плотности среды. Теория этого рассеяния была к тому времени хорошо разработана. Дебай показал, что тепловое движение решетки, затрагивающее продольные волны, вызывает флуктуации плотности кристалла и, следовательно, флуктуации показателя преломления акустических волн. Тогда можно воспользоваться известными результатами теории рассеяния света.

Модель Дебая позволила предсказать, что коэффициент тепло-

проводности кристалла при высоких температурах обратно пропорционален температуре. С другой стороны, эта модель ошибочно предсказывала конечную теплопроводность для непрерывной среды, не обладающей атомной структурой. Неадекватность модели фононного рассеяния обусловлена тем, что использованная модель рассеяния света основывалась на громадной разнице в фазовой скорости упругих и световых волн. Ясно, что при описании рассеяния упругих волн уже нельзя пренебречь скоростью распространения волн плотности в кристалле.

Тип 7: Мысленный эксперимент (Главное состоит в опровержении возможности)

Здесь рассматривается модель возможного, мысленного эксперимента, не нарушающего любые известные физические законы.

Примеры:

- Цикл Карно
- Демон Максвелла
- Гамма-микроскоп Гейзенберга

Мысленный эксперимент – особая теоретическая процедура, заключающаяся в получении нового или проверке имеющегося знания путем конструирования идеализированных объектов и манипулирования ими в искусственно (условно) задаваемых ситуациях [30].

Целью постановки таких мысленных экспериментов может являться доказательство ошибочности выдвинутых гипотез. Если результаты мысленного эксперимента противоречили здравому смыслу или известным научным принципам, то гипотеза признавалась ошибочной. Правда, в отличие от прямого эксперимента, в мысленном

эксперименте очень большое значение имеет интерпретация его результатов.

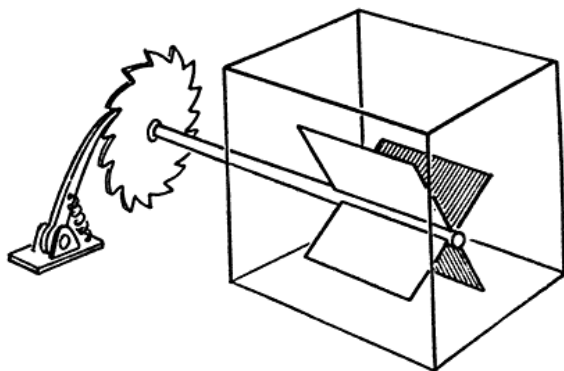


Рис. 3.7.1. Демон Максвелла [Фейнман Р., 1987].

Подобные аргументы характерны для термодинамики, и начало им было положено циклом Карно, который, к примеру, устанавливает предельные значения КПД тепловой машины, работающей в заданном

температурном диапазоне [91].

Демон Максвелла без подвода энергии мог сортировать молекулы газа по скоростям. Эксперимент показал, что энтропия системы убывает, что противоречит второму началу термодинамики. Обсуждение этого мысленного эксперимента показало, что существование демона Максвелла, не потребляющего энергию, противоречит законам термодинамики. Наиболее убедительные доказательства неосуществимости демона Максвелла предоставила квантовая механика. Демон должен с высокой точностью измерять как скорость, так и положение молекулы в пространстве, что противоречит принципу неопределенности Гейзенберга.

На рис.3.7.1 показана механическая конструкция демона Максвелла, предложенная Р. Фейнманом. В замкнутом объеме газа находится вертушка, соединенная с храповым колесом. Молекулы газа, ударяющиеся о лопасти вертушки с разных сторон, могут вращать ее только в одну сторону благодаря действию храповика. В итоге это устройство должно нарушать второй закон термодинамики. Детальным анализом работы подпружиненной защелки на зубчатом колесе Фейнман показал, что благодаря наличию сил трения температура

храповика будет возрастать, и он перестанет работать, то есть демон Максвелла не осуществим. В этой связи Р.Фейнман отметил, что физические законы обратимы, а явления - нет [121].

Далее, в теории информации было установлено, что процесс измерения может не приводить к увеличению энтропии при условии, что он является термодинамически обратимым. Однако в этом случае демон должен запоминать результаты измерения скоростей (стирание их из памяти демона делает процесс необратимым). Поскольку память конечна, в определенный момент демон вынужден стирать старые результаты, что и приводит в конечном итоге к увеличению энтропии всей системы в целом [144].

Гипотетический гамма-микроскоп Гейзенберга позволял наблюдать за отдельным электроном. Освещение электрона гамма-квантами должно вызывать неконтролируемое изменение его импульса. Существование даже одного мысленного эксперимента, опровергающего принцип неопределенности Гейзенберга, было бы достаточно, чтобы его отвергнуть. А.Эйнштейн пытался придумать множество таких мысленных экспериментов, однако, в конце концов, Н.Бор находил изъяны в каждом из них. Эти споры в существенной степени способствовали пониманию принципа неопределенности [91].

Все рассмотренные типы моделей позволяют анализировать упрощенные ситуации более доступные нашему пониманию. Последовательное построение все более точных моделей позволяет организовать процесс непрерывного познания окружающего мира.



## ГЛАВА 4. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В связи с развитием и широким внедрением вычислительной техники во все сферы деятельности человека компьютерное моделирование приобрело особую значимость. Реализация моделей средствами вычислительной техники имеет ряд преимуществ перед натурным моделированием, о чем будет сказано ниже.

Рассмотрим определение компьютерной модели и этапы компьютерного моделирования.

### 4.1. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ

Имеются различные определения понятия компьютерной модели довольно близкие по смыслу.

В контексте учебного применения компьютерных моделей иногда предлагается несколько иное, более узкое и довольно спорное определение: компьютерная модель - учебное издание, основанное на математических моделях. Компьютерная модель может быть использована не только для демонстрации трудно воспроизводимых в учебной обстановке явлений, но и для выяснения (в диалоговом режиме) влияния тех или иных параметров на изучаемые процессы и явления [41].

На наш взгляд более универсальным является следующее определение: компьютерная модель - это математическая модель, реализованная средствами вычислительной техники.

Компьютерное моделирование имеет две составляющие – процесс создания компьютерной модели и процесс использования созданной модели, то есть исследование с помощью этой модели объекта моделирования в форме выполнения вычислительного эксперимента.

Поскольку в основе компьютерной модели лежит математиче-

ская модель, рассмотрим отдельно этапы ее разработки. При математическом моделировании необходимо придерживаться четкого плана действий, согласно триаде Самарского и Михайлова (рис.4.1.1) [105]:

### **МОДЕЛЬ – АЛГОРИТМ – ПРОГРАММА**

Эта триада предполагает, что математическое моделирование обязательно реализуется средствами вычислительной техники. Это не совсем так, математические модели создавались и использовались и в до компьютерную эпоху. Однако, в современных условиях, действительно, математические модели и создаются и используются практически исключительно с помощью ЭВМ. В этой связи подход Самарского и Михайлова можно считать правомерным и рассмотреть его. В дальнейшем мы более детально рассмотрим этапы компьютерного моделирования.

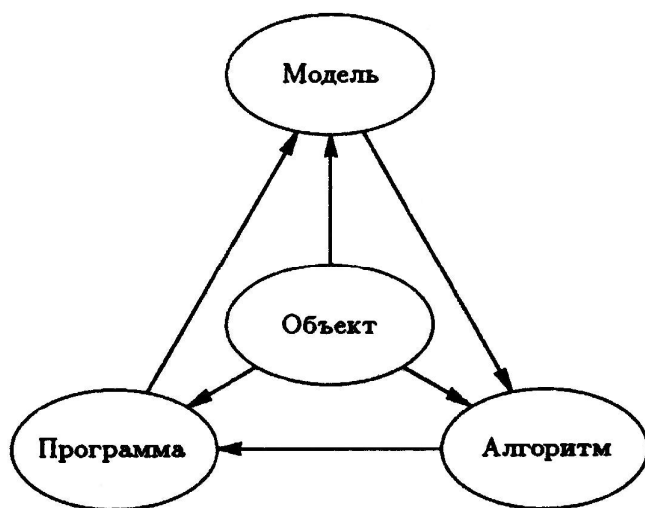


Рис. 4.1.1. Триада Самарского-Михайлова [75 Самарский, 2002]

Согласно вышеупомянутой триаде на первом этапе создается модель объекта, отражающая в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям и т.д. Математическая модель исследуется теоретиче-



скими методами, что позволяет получить важные предварительные знания об объекте.

На втором этапе разрабатывается алгоритм реализации модели на ЭВМ. Модель представляется в форме, удобной для применения численных методов, определяется последовательность вычислительных и логических операций, которые нужно произвести, чтобы найти искомые величины с заданной точностью. Вычислительные алгоритмы не должны искажать основные свойства модели и, следовательно, исходного объекта, быть экономичными и адаптирующимися к особенностям решаемых задач и используемых компьютеров.

На третьем этапе создается исходный код программы, реализующий разработанный алгоритм на каком-либо языке программирования ЭВМ.

## 4.2. ЭТАПЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Теперь рассмотрим все этапы компьютерного моделирования. Компьютерное моделирование включает следующие этапы.

Этап 1. Постановка задачи. Определяется цель моделирования, основные параметры будущей модели. Все эти требования описываются на естественном языке в словесной форме возможно с некоторыми элементами формализованного описания.

Этап 2. Системный анализ объекта моделирования. На этом этапе выполняется выявление элементов (подсистем) из которых состоит объект, определяются связи между ними. Поскольку модель представляет собой систему (как структурную, так и функциональную), то полное описание связей в будущей модели является крайне важным для ее успешного функционирования и применения.

Этап 3. Построение информационной модели объекта. При этом происходит замена реального объекта его формализованным описани-

ем. Модель как отражение бесконечно сложного реального объекта, несмотря на принятые упрощения, так же обладает большим количеством свойств, то есть достаточно сложна. Для манипулирования этим объемом информации необходимо перекодировать эту информацию с целью повысить четкость и точность понятий и терминов, устранить неоднозначности и неопределенности, устранить дублирование описаний и т.д., то есть выполнить формализацию описания объекта.

ЭТАП 4. Создание программы для ЭВМ. Поскольку как исходный код программы, так и ее библиотечные и исполняемые файлы имеют знаковое представление, то компьютерная программа есть формализованное описание процесса обработки информации. Программирование – это процесс формализации обработки информации. При выполнении программы происходит изменение содержимого ОЗУ (оперативного запоминающего устройства ЭВМ). Подавляющее большинство современных компьютеров имеют так называемую архитектуру Джона фон Неймана, то есть реализуют принцип совместного хранения программ и данных в своей памяти [139, 109].

В фон Неймановской машине в результате выполнения программы происходит переход ОЗУ (в общем случае ЗУ - запоминающего устройства любого типа) из начального состояния в некоторое конечное состояние, определяемого целью выполнения программы. Компьютер представляет собой исполнителя, выполняющего этот переход состояния памяти (ЗУ), то есть обрабатываемой информации, из начального состояния в конечное.

Выбор языка программирования и способ преобразования исходного кода программы в исполняемый модуль - интерпретация или трансляция (компиляция), определяется различными условиями. В качестве таковых могут выступать:

- 1) быстродействие. Одна из важных характеристик компьютер-

ной модели – ее быстродействие. В некоторых случаях допустимо ожидание конечного результата в течение нескольких месяцев, а в каких-то случаях счет идет на доли секунды. Ограничителем быстродействия могут выступать:

а) неудачно разработанный алгоритм. Разработка более эффективного алгоритма не всегда возможна, а если возможно, то может потребовать значительных затрат. Иногда разработка эффективного алгоритма может сдерживаться недостаточным развитием данной отрасли науки, недостаточной разработанностью теоретических положений, закладываемых в основу работы модели;

б) аппаратная платформа. Ясно, что более производительная ЭВМ может обеспечить повышение быстродействия, что также повышает затраты на реализацию модели. Выигрыш в быстродействии в этом направлении может оказаться довольно малым. Значительный прирост быстродействия может дать разработка более удачного алгоритма, но это не всегда возможно. Аппаратные ограничения являются, в общем-то, менее сильными по сравнению с алгоритмическими. В качестве примера можно указать на тот факт, что иерархические системы управления базами данных в 60-х годах прошлого века на медленных ЭВМ с ограниченной памятью зачастую показывали быстродействие вполне сравнимое с современными вычислительными системами.

2) экономичность. Для создания программного кода требуются определенные ресурсы – временные, трудовые, финансовые. Причем степень важности ресурса может быть разной в различных задачах. Например, требуется создать программу в кратчайшие сроки. В этом случае пренебрегают трудовыми и финансовыми затратами.

3) интерфейс. Исследователь и модель взаимодействуют друг с другом, либо непосредственно «человек-компьютер», либо косвенным

образом – «аппаратура-компьютер».

Очень важным элементом процесса создания компьютерной программы является ее тестирование и отладка. В реальной практике программирования этап отладки может занимать до 90% от всего времени создания программы. Сложность корректного решения проблемы безошибочности программы обусловлена ее «интеллектуальным» характером. Для обеспечения адекватной реакции программы в различных ситуациях, программа должна содержать импликации «ЕСЛИ P, ТО Q» [52].

Чем больше таких имплицитных элементов, тем «интеллектуальнее» программа. Элементы ЕСЛИ могут быть вложенными, а общее их количество может исчисляться сотнями тысяч. Проверка правильности формулировки логических условий и правильности выполнения следствий по всем развилкам представляет собой крайне сложную задачу. Для упрощения процесса тестирования в некоторых случаях используются специальные компьютерные программы-тестеры, которые позволяют автоматизировать процесс проверки вновь созданной программы. Однако в этом случае остается вопрос тестирования самой программы-тестера, кроме того, зачастую бывает, что сложность программы-тестера сопоставима и тестируемой программой, а то может и превосходить ее.

Подытоживая, видимо следует согласиться с распространенным мнением, что любая сложная программа для ЭВМ обязательно содержит ошибки, которые, правда, могут быть не обнаружены в течение всего периода ее использования.

В результате выполнения 4-го этапа мы получаем компьютерную информационную модель объекта – программу для ЭВМ.

ЭТАП 5. Применение модели и анализ полученных результатов.

Созданная модель используется согласно цели, поставленной на

первом этапе. Недопустимо использовать модель в несоответствующей ей области применения. Реальный объект можно использовать в различных условиях, и он будет адекватно взаимодействовать с окружающей средой, поскольку обладает всей полнотой присущих ему свойств. Совершенно иная ситуация возникает при использовании модели. В силу своей ограниченности модель будет адекватно реагировать на внешние воздействия только в строго определенных обстоятельствах – подробное рассмотрение этих обстоятельств мы приводили при обсуждении классификации физических моделей по Пайерлсу. Эти обстоятельства, заданные на первом этапе, определяют совокупность свойств, признанных основными и подлежащими отображению в модели. Ясно, что в других обстоятельствах, в качестве основных возможно будут выступать уже совершенно иные свойства, которые никак не рассматривались при построении модели. Использование модели в этих новых обстоятельствах будет неправомерным и ошибочным.

Корректное использование модели позволяет решить две задачи:

- проведение исследования на модели с целью получения нового знания;
- уточнение области применения модели, требований к ее структуре и функциональным возможностям.

В последнем случае начинается итерационный процесс совершенствования модели, в который могут включаться натурные эксперименты над реальными объектами.

Говоря об учебном моделировании, следует отметить, что пятый этап, по сути, будет таким же, но содержание его должно отражать специфику образовательного процесса. Главной целью в данном случае будет не получение объективно нового знания, а получение субъек-

ективно нового знания учащимися с одной стороны, и совершенствование методики обучения, с другой стороны.

## ГЛАВА 5. ВИРТУАЛЬНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

### 5.1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Изучение физики это изучение моделей. С другой стороны, изучение физики предполагает способность самостоятельно строить модели. Основная трудность на этом пути – это умение выделить в изучаемом объекте самое существенное, самой важное в рамках рассматриваемой задачи. Учащимся трудно научиться обоснованно вводить необходимые допущения и упрощения. Рассмотрим пример. Пусть требуется построить модель Солнца, как источника излучения. Как промоделировать атмосферу водорода, раскаленного до 6000 градусов? Как упростить задачу, чем можно пренебречь? Известный американский физик Роберт Вуд в качестве модели хромосферы Солнца, использовал ярко освещенный гипсовый шарик в парах натрия [107]. Спектр отраженного света оказался почти таким же как и спектр излучения хромосферы Солнца. Ясно, что для создания подобной модели надо обладать не только необходимыми знаниями о спектральном составе солнечного излучения, но и выполнить достаточно сложную исследовательскую деятельность по поиску оптимального решения с учетом принятых ограничений.

Именно использованию моделей должна учить физика школьников, так как это является одним из основных методов современного научного познания окружающего мира.

В первой главе мы приводили определение понятия «эксперимент». Приведем здесь еще одно, совпадающее с первым по сути.

Эксперимент (от лат *experimentum* – проба, опыт) – исследование каких-либо явлений путем активного воздействия на них при помощи создания новых условий, соответствующих целям исследования, или же через изменение течения процесса в нужном направлении

[122]. Как часть общественно-исторической практики человечества эксперимент является источником познания и критерием истинности гипотез и теорий.

В связи с появлением весьма совершенных моделей появилась особая форма эксперимента, для которой характерно использование различных моделей в качестве специальных средств экспериментального исследования. Такую форму эксперимента можно назвать модельным экспериментом.

Укажем на существенное отличие модельного эксперимента от натурального. В случае последнего экспериментатор взаимодействует с реальным объектом – частью реального мира. В модельном же эксперименте такого взаимодействия нет. Есть взаимодействие с моделью, объектом-заменителем. Здесь модель выступает и как объект изучения и как экспериментальное средство. Модель входит в эксперимент, не только замещая объект исследования, она может замещать и условия, в которых изучается некоторый объект обычного эксперимента.

В учебном физическом эксперименте моделирование играет важную роль, которую следует рассмотреть подробнее. Для модельного эксперимента характерны следующие основные операции:

1. переход от натурального объекта к модели - построение модели (моделирование в собственном смысле слова);
2. экспериментальное исследование модели;
3. переход от модели к натурному объекту, состоящий в перенесении результатов, полученных при исследовании, на этот объект.

Такая последовательность операций способствует формированию единства знания о реальном объекте и его модели в сознании учащихся, подкрепляет в них уверенность в результативности метода моделирования.



## 5.2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Прогресс в разработке программного обеспечения ЭВМ по математическому и имитационному моделированию физических процессов и явлений привел к появлению нового направления в физической науке – вычислительной физики. Одним из первых выдающихся результатов компьютерного эксперимента является открытие в 1968 г. температурного токового слоя в плазме, создаваемой в МГД-генераторах (эффект Т-слоя). Оно было выполнено на ЭВМ и позволило предсказать исход реального эксперимента, проведенного только через несколько лет.[79].

Компьютерные технологии сильно влияют и на процесс обучения физике. В диссертационном исследовании Клевицкого В.В. рассматривается роль компьютера в учебном физическом эксперименте, его включение в различные виды учебного физического эксперимента [69].

В компьютеризированном эксперименте компьютер используется как автоматический регистратор и интерпретатор данных. В этом случае компьютерные технологии используются для усовершенствования натурального эксперимента, автоматизации регистрации экспериментальных результатов, выполнения расчетов, графического представления данных [69]. В компьютерном эксперименте компьютер используется для моделирования изучаемых явлений и процессов. Из этого следует, что компьютеризированный эксперимент принципиально не отличается от натурального, в то время как различия между натурным и компьютерным экспериментом являются принципиальными.

При обучении физике компьютерный эксперимент является методом познания субъективного нового для учащихся наряду с натурными экспериментами. В связи с этим нам представляется разумным дополнить классификацию видов физического эксперимента и явно включить в нее компьютерный эксперимент.

Компьютерные технологии в обучении зачастую ассоциируются с применением мультимедийных средств на занятиях, в связи с чем различного рода проекционная техника полностью вытеснена из учебного процесса. В преподавании физики все меньше используются эпидиаскопы, кодоскопы, кинопроектора, фильмоскопы. Это совершенно оправданный процесс, поскольку компьютер позволяет это сделать с большим удобством.

Однако использование компьютерных средств обучения только лишь для демонстраций недостаточно. Информатизация образования – это, в первую очередь, использование компьютерной техники и специализированного программного обеспечения в качестве активного средства обучения [106].

По использованию ИТ и ИКТ в учебной деятельности отметим следующее.

1) Для преподавания любых дисциплин информационные и телекоммуникационные технологии позволяют получить доступ к огромным информационным массивам, хранящимся в цифровом виде на электронных носителях. Компьютерные технологии позволяют организовать удобную систему навигации по электронному документу, снабдить группу документов перекрестными ссылками. Эти возможности существенно повышают эффективность поисковой работы с учебной информацией.

2) Важнейшим источником информации теперь является гло-

бальная сеть Интернет, который используется по следующим основным направлениям:

2.1. поиск информации;

2.2. локальное создание информационных материалов и размещение их в Интернете. Информационные материалы, так и ссылки на них часто размещаются в различных социальных сетях, Wiki-системах или на персональных сайтах;

2.3. распределенное создание информационных материалов, предполагающее коллективную работу над проектом группы лиц, территориально разобщенных, но обладающей тесной информационной связью.

3) Компьютерное моделирование.

Если в преподавании дисциплин гуманитарного профиля в большей степени нужны именно демонстрации, а также поиск информации, то для дисциплин естественно-научного профиля важнейшую роль играют системы компьютерного моделирования. В этой области ни одно из традиционных дидактических средств не может обеспечить возможности, предоставляемые компьютером. Современные пакеты программ обеспечивают вывод на дисплей графической информации, интерактивное взаимодействие с компьютерной моделью, что позволяет с высокой степенью достоверности имитировать реальные исследовательские и поисковые работы. Это означает, что формирование предметных и ключевых компетенций учащихся выходит на качественно новый уровень.

Как средство обучения физике компьютеры могут использоваться в следующих направлениях.

1) Предоставление разнообразной информации. Адаптивность. Интерактивность. Например, Большая энциклопедия Кирилла и Ме-

фодия версии 2010 г. занимает два DVD диска [136]. Коротко охарактеризуем этот электронный источник информации: более 90 000 энциклопедических и справочных статей; 42 500 мультимедийных иллюстраций; 1700 схем, чертежей, графиков и формул; более 100 000 понятий в словарях; карта звездного неба, с помощью которой можно «увидеть» звездное небо, любое небесное тело из любой точки Земли в любой момент времени; толковый словарь иностранных слов Л. П. Крысина (25 000 слов и словосочетаний); краткий словарь иностранных слов и выражений в оригинальном написании; энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона (1890—1907 гг.).

Подобные электронные материалы можно использовать на уроках как при изложении нового учебного материала так и для организации самостоятельной работы учащихся.

2) Демонстрации. Анимации. Компьютерные дидактические средства содержат графический материал как статического, так и динамического характера. Применяя мультимедиапроектор или электронную интерактивную доску очень легко использовать этот материал для демонстраций. Наглядность изложения новых тем существенно повышается при показе анимаций или видеороликов, демонстрирующих развитие физических процессов во времени.

3) Компьютерный эксперимент. Компьютерное моделирование позволяет организовать виртуальные лаборатории – «Живая физика».

Дидактическое программное средство «Живая физика» – это компьютерная проектная среда, с помощью которой можно организовать деятельность по моделированию объектов, процессов и явлений.

Пользователь (учащийся или учитель) выбирает из встроенного набора какой-либо объект, устанавливает его параметры, связи с другими объектами, задает внешние условия, в которых проводится эксперимент. Пакет «Живая физика» снабжен комплексом виртуальных

измерительных инструментов и позволяет выбирать способ представления результатов: мультипликация, график, таблица, диаграмма.

Пакет «Живая физика» как среда построения виртуального эксперимента может найти широкое применение как при изложении учебного материала (демонстрации, анимации), так и для организации фронтальных лабораторных работ, работ по физическому практикуму, для решения экспериментальных задач.

Учитель может использовать пакет в качестве средства предоставления учебной задачи путем оформления определенного сценария, позволяющего организовать демонстрацию задачи и ее решения, вызов справочной информации и т.п. Все это способствует индивидуализации работы с учащимися.

4) Контроль и самоконтроль учебных достижений. Диагностика учебных достижений – важнейший элемент учебного процесса. Именно диагностика позволяет организовать эффективную обратную связь в системе управления учебным процессом. Компьютерные тестирующие программы позволяют реализовать все формы тестовых заданий [67]. Сбор статистики, ее первичный анализ осуществляют сами программы-тестеры [87]. Специализированное программное обеспечение ЭВМ позволяет выполнять глубокий анализ результатов тестирования как в рамках классической теории тестов, так и согласно современной теории «Item Response Theory» [88].

Разработка тестов учебных достижений это достаточно нетривиальная задача. Только на первый взгляд, кажется, что создать тест очень просто и множество авторов принялось публиковать громадное количество книг, содержащих тесты по различным предметам [80]. Компьютерные технологии могут использоваться для анализа качества созданных тестов [58]. В этой связи следует отметить программное средство RUMM (Rasch Unidimensional Measurement Model) [59].

Следует отметить, что применение информационных технологий в учебном процессе не означает автоматического повышения его эффективности. Информационные технологии дают в руки учителя новое мощное средство обучения, но этого недостаточно. Необходимо тщательно подходить к решению вопроса о применении информационных технологий на занятиях. Если анализ показывает, что это не поможет достижению поставленной образовательной цели, то информационные технологии применять в таком случае, не следует.

По мере развития информационных и телекоммуникационных технологий их востребованность все возрастает, что обусловлено расширением дидактических возможностей ИТ и ИКТ.

При анализе эффективности применения ИТ и ИКТ необходимо ответить на следующие вопросы, поставленные в работе [106] и, которые применительно к изучению физики можно сформулировать так:

- 1) возможен ли гарантированный положительный эффект от использования информационных на конкретном уроке физики?
- 2) всеми ли этими средствами учитель физики обязан владеть?
- 3) все ли эти средства следует использовать при обучении физике?
- 4) как осуществлять выбор средства в зависимости от изучаемой на уроке физики темы?

Как показывают исследования в области педагогических и психологических наук, применение ИТ и ИКТ в процессе обучения способно привести к улучшению его результативности за счет эволюции методов обучения, использования новых средств обучения и др. Однако применение должно быть грамотным и обоснованным [106].

В указанном контексте актуальными являются следующие направления подготовки учителя к использованию информационных

технологий в учебном процессе:

- 1) формирование компьютерной грамотности;
- 2) овладение типологией педагогических программных средств;
- 3) ознакомление с готовым обучающим программным обеспечением по предмету;
- 4) формирование умения создавать педагогические программные средства с использованием инструментальных программных средств;
- 5) ознакомление с компьютерной технологией обучения и дополнительными возможностями, которые она предоставляет наряду с традиционной технологией;
- 6) подготовка учителя к организации и проведению различных форм работы по предмету с использованием вычислительной техники [106].

### 5.3. ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАДРОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Стремительно расширяющаяся область применения компьютерных средств обучения в современных педагогических технологиях ставит новые проблемы, требующие своего решения, в частности проблему пользовательского интерфейса в обучающих программах.

Пусть мы отрабатываем некоторую дидактическую единицу с помощью обучающей программы, электронного учебника, компьютерной модели и т.п. Поставим несколько вопросов, на которые, как нам кажется, надо ответить, решая проблему взаимодействия субъекта обучения с компьютерной программой. Эти вопросы возникают при предъявлении информационных кадров компьютерной программой на экране монитора:

1. «Что показать?»
2. «Как взаимодействовать?»
3. «Как показать вербально?»
4. «Как показать невербально?»
5. «Где разместить?»

Последовательно рассмотрим эти вопросы.

1. «Что показать?»

На первый вопрос «Что показать?» ответить, казалось бы, относительно легко. Это информационный материал по изучаемой (контролируемой) дидактической единице – тексты, чертежи, рисунки, фотографии, аудио- и видео-данные. Но не следует обманываться видимой простотой решения проблемы. Выбор оптимального информационного материала – чрезвычайно сложная задача, решение которой зависит от множества факторов, - начиная от содержания Государственного стандарта по данной учебной дисциплине и кончая психофизиологическими характеристиками субъекта обучения. В рамках нашего рассмотрения будем считать, что нам известно – что следует предъявлять обучаемому на экране монитора. Единственное, что мы хотели отметить – такой вопрос надо ставить при разработке учебного программного обеспечения ЭВМ.

2. «Как взаимодействовать?»

Второй вопрос фокусирует наше внимание на проблеме пользовательского интерфейса. Пользователь должен работать в интерактивном режиме, в частности, иметь возможность вводить данные в систему (команды, запросы), достаточно комфортным для себя образом. Согласно А.Норману технологические процессы будут эффективны только в том случае, когда будут учтены особенности людей,



персонала, участвующих в этих технологиях [147].

Интерфейс – это граница между двумя системами, определяемая их функциональными характеристиками, общими характеристиками физического соединения, характеристиками сигналов и др. Пользовательский интерфейс определим как совокупность средств и методов организации диалога между пользователем и компьютерной системой.

Пользовательский интерфейс можно конструировать, используя два подхода [1]. Согласно первому подходу пользователю необходимо изучить компьютерную систему, запомнить правила работы с ней. Согласно второму подходу пользователю дается возможность использовать хорошо знакомую ему языковую среду и систему образов, а на компьютер возлагается задача поддержки пользователя с учетом особенностей его поведения в процессе взаимодействия. На практике используются компромиссные решения.

Поскольку человек и компьютер образуют коммуникативную систему, в которой обмен информацией осуществляется в знаковой форме, а язык представляет собой одну из знаковых систем [16], то в свое время предполагалось, что пользовательский интерфейс должен быть реализован на естественном языке (проект 5-го поколения интеллектуальных компьютеров). Практика показала, что это далеко не очевидно. Избыточность и многозначность (синонимия, омонимия) естественного языка компенсируется наличием мощных невербальных каналов связи между людьми. При этом средствами естественного языка передается только небольшая и, зачастую, не самая важная часть информации [16]. Решение проблемы невербального общения между человеком и компьютером отодвигается в неопределенное будущее ввиду своей сложности. Неязыковые средства интерфейса – мышь, клавиатура, доказали свою эффективность, а их недостаток, проявляющийся в необходимости изучения системы команд компен-

сируется тем, что сформирован свой, специфический «язык» общения с компьютером, основанный, в первую очередь, на элементах диалогового интерфейса, разработанных фирмами Xerox, Apple, Microsoft.

Большинство проблем разработки пользовательского интерфейса обусловлены тем, что программисты конструируют его неосознанно, интуитивно, а основное внимание уделяют проработке функционала компьютерной системы. В виду чрезвычайной важности, процесс разработки пользовательского интерфейса, его характеристики регламентирован различными стандартами (см., например [99]).

В 80-х годах прошлого века в научно-исследовательском центре Xerox PARC были созданы графические интерфейсы пользователя (GUI), предназначенные для работы на растровых графических сетевых рабочих станциях. Эти интерфейсы принято обозначать аббревиатурой WIMP (Windows-Icons-Menus-Pointing device), что отражает задействованные интерактивные сущности - окна, пиктограммы, меню и позиционирующее устройство (обычно мышь). [142]. Вот уже 30 лет взаимодействие человека с компьютером основывается на технологии WIMP, которая имеет массу достоинств, а также некоторые недостатки.

Легкость освоения WIMP-интерфейса, переносимость базовых интерфейсных операций между различными прикладными программами – вот те достоинства, которые предопределили длительный успех этой идеологии. Популярность WIMP-интерфейса в значительной степени обусловлена ослаблением когнитивной нагрузки на пользователя, по сравнению с интерфейсом командной строки.

С появлением персональных компьютеров началось массовое вовлечение в ряды пользователей огромного количества людей, имевшим довольно слабую подготовку в области компьютерных технологий. Тогда стало ясно, что для успеха приложения очень важна

легкость его использования – степень «дружественности» интерфейса. Идеально дружественным, вероятно, интерфейс никогда не станет и всегда, между пользователем и приложением будет существовать слой когнитивной обработки, который разделяет цели, формулируемые пользователем и процесс достижения этой цели компьютером. Этот фактор, поначалу малозначительный, стал превращаться в серьезную проблему по мере увеличения функциональности прикладных программ. Чем сложнее по своему функционалу приложение, тем труднее освоить его интерфейс и эти трудности возрастают нелинейно. Пользователь согласен потратить вдвое больше времени  $t$  на изучение вдвое большего количества  $N$  функций приложения, но откажется это делать, скажем, при вчетверо больших затратах времени. Схематически это показано на рис.5.3.1. Зависимость ОА – соответствует согласию пользователя на усложнение интерфейса ради получения более богатого функционала приложения. Зависимость ОВ – нелинейная. Начиная с  $N_{кр}$  затраты времени очень быстро растут и, начиная с момента  $t_{кр}$  пользователь с большой долей вероятности откажется от новейшей версии ППО в пользу старой из-за нежелания тратить чрезмерно много времени на его освоение. Это тем более оправдано, поскольку зачастую дополнительный функционал приложения носит второстепенный характер.

Кроме того, слишком сложный интерфейс приводит к тому, что пользователь начинает неоправданно много времени уделять интерфейсу, а не собственно работе с самим приложением. Сложные, многоуровневые меню, многочисленные диалоговые панели с множеством вкладок с неизменными кнопками «Дополнительно» - существенно замедляют работу и раздражают пользователя.

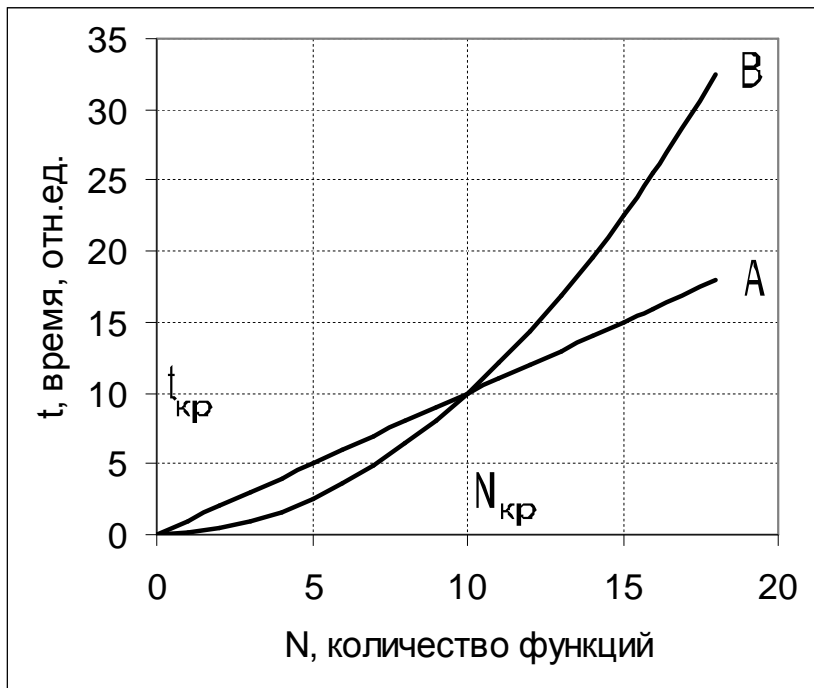


Рис. 5.3.1. Временные затраты на изучение интерфейса.

С другой стороны, для ряда приложений WIMP-интерфейс вообще не оптимален, например, для приложений, обеспечивающих обработку непрерывных входных сигналов или отображающих 3D-модели. В некоторых случаях необходимо отображать взаимодействия, для которых вообще нет стандартных элементов управления. Принципиальным недостатком WIMP-интерфейса является то, что он никак не использует такие каналы взаимодействия как речь, слух, осязание. Можно сказать, что WIMP-интерфейс приспособлен для существ одноглазых, одноруких и однопалых [142].

Все эти проблемы вызвали к жизни попытки разработать другие типы интерфейсов – post-WIMP – интерфейсы. Например, пользователи взаимодействуют с разделяемой задачей, причем каждый снабжен погружающим стереодисплеем с широким полем зрения. Он управляется через отслеживание положения головы и рук, распознавание голоса и жеста, а также манипулированием несколькими интерактивными устройствами, обладающими более чем двумя степенями свободы.

Взаимодействие включает множественные параллельные дуплексные каналы ввода/вывода с широкой пропускной способностью, передающими непрерывные (а не дискретные) сигналы, которые распознаются в реальном времени [142]. В этой связи можно упомянуть 3D-интерфейс моделирования со словарем из 20 жестов, показываемых обеими руками [151].

В заключение данного раздела, следует упомянуть тактильные пользовательские интерфейсы, снабженные силовой обратной связью. Тактильные интерфейсы позволяют, как передавать, так и принимать информацию.

В сфере образования роль человеко-машинного интерфейса возрастает в еще большей степени. Появились новые проблемы, обусловленные существенными когнитивным, коммуникационным и интерактивным характером взаимодействия пользователя – «ученика» и дидактического ПО – «учителя».

3. «Как показать вербально?» - в каком виде передавать вербальную информацию пользователю? Этой проблеме было уделено довольно много внимания. В частности, исследовалось влияние цвета на скорость восприятия. Экспериментально изучалось влияние таких параметров:

- 1 количество используемых цветов;
- 2 цветовая палитра;
- 3 яркость символов;
- 4 внешняя освещенность экрана;
- 5 расстояние от экрана до наблюдателя;
- 6 расположение на пространстве экране основной и дополнительной информации.

Экспериментально определялось время от момента появления

сообщения на экране, до момента подачи сигнала испытуемым, о том, что он понял сообщение. Некоторые результаты приведены в таблице.

ТАБЛИЦА 5.3.1. Оценка четкости восприятия цветовых образов на цветном фоне [1]

Цвет			Цвет	фона		
символов	красный	синий	зеленый	циан	малиновый	желтый
красный	-	плохо	отлично	хорошо	плохо	хорошо
синий	плохо	-	отлично	хорошо	хорошо	хорошо
зеленый	плохо	отлично	-	отлично	отлично	отлично
циан	отлично	отлично	плохо	-	отлично	отлично
малиновый	плохо	отлично	отлично	отлично	-	хорошо
желтый	отлично	хорошо	отлично	отлично	отлично	-

По времени реакции результаты разделились на три группы – «отлично», «хорошо», «плохо». Первой группе «отлично» соответствовали времена реакции, не превышающие 0.3 секунды. Эти результаты отличались малой дисперсией (вариацией результатов). В группу «хорошо» включены результаты, отличавшиеся либо большой дисперсией, либо большим временем реакции – больше 0.3 секунды. Группа «плохо» отличалась и большим временем реакции (больше 0.3 секунды), и большой дисперсией.

Помимо удобочитаемости необходимо учитывать влияние цвета на передачу невербальной информации. Например, для привлечения внимания наиболее подходящими являются цвета: красный, синий, желтый, зеленый, белый. Люди связывают с различными цветами особые представления: красный – опасность, зеленый – норма, и т.д. Необходимо избегать перегруженности информационного кадра чрезмерным использованием цвета.

Кроме того, размещение текста на экране монитора требует корректного решения цветового оформления символов и фона. Рекомендуется на одном экране использовать не более четырех цветов. Не любые сочетания цветов допустимы. Оптимальными сочетаниями цветов символа и фона являются: белый на черном, зеленый на черном, желтый на черном, желтый на синем, черный на белом. Наихудшие сочетания цветов: красный на синем, синий на черном, красный на черном [1].

При длительной работе за монитором наблюдается усталость – снижение цветовой чувствительности. Во избежание развития состояния усталости рекомендуется включать в сценарий графического диалога специальные реабилитационные кадры – заставки. В качестве таких разгрузочных изображений могут использоваться, например цветные мозаичные структуры с эффектами интерференции, рассчитанные на неполное пространственное смешение цветов - цепочки ярких, контрастных цветовых точек. В исследовании Преображенского К.К. установлено, что такие структуры способствуют быстрому восстановлению цветовой чувствительности [98].

Следует также тщательно подбирать размеры и начертание символов, расстояние между строками. Даже внутри одного информационного кадра шрифты могут различаться как для разных блоков внутри кадра, так и для невербального выделения фрагмента текста.

#### 4. «Как показать невербально?»

Если в предыдущем вопросе мы касались технического аспекта выдачи информационного материала, имеющего вербальный характер, то здесь мы рассмотрим влияние когнитивных факторов, сопровождающих этот процесс.

Человек воспринимает информацию из внешнего мира в цело-

стном виде, не разделяя ее на составные части, не отрывая от внешнего мира. Анализ и управление теми факторами, которые влияют на восприятие людей - суть когнитивных методов [116]. Когнитивные методы не изменяют саму информацию, но создают условия, в которых она получает иной смысл и превращается в иное знание. Известен эффект, когда любая фотография, переведенная в черно-белый цвет, воспринимается более "документальной" и "значимой", нежели цветная. Одна и та же информация может быть представлена множеством различных способов. При этом каждый способ формирует уникальные когнитивные факторы, влияющие на смысл информации. Тщательно подбирая слова для представления информации, мы можем сделать более вероятной ту или иную реакцию на нее. В этом случае, не искажая информацию, мы меняем ее смысл и знания, которые получит человек. Когнитивные методы опираются на результаты, полученные в гештальт-психологии, которая утверждает, что восприятие не аддитивно.

Гештальт (Gestalt) — целостная форма или структура – базовое понятие гештальт-психологии, которым мы будем пользоваться в дальнейшем.

«Если сходство двух явлений (или физиологических процессов) обусловлено числом идентичных элементов и пропорционально ему, то мы имеем дело с суммами. Если корреляция между числом идентичных элементов и степенью сходства отсутствует, а сходство обусловлено функциональными структурами двух целостных явлений как таковых, то мы имеем гештальт» [45].

Всем известны картинки - зрительные иллюзии. Все такие картинки основаны на использовании низкоуровневых механизмов зрительного восприятия и связанных с ними гештальтов. В зрительных иллюзиях используются когнитивные технологии - для получения иллюзий.



люзии в них сознательно используются когнитивные факторы, которые активируют тот или иной гештальт низкого уровня.

Экспериментально были обнаружены «хорошие» гештальты – конфигурации особо привлекательные, удобные для восприятия людей и «плохие» - конфигурации с трудом удерживающие на себе фокус внимания. Важнейшими признаками хороших гештальтов являются: простота, пропорциональность и симметрия. Другими объектами, привлекающими внимание и обладающие хорошим гештальтом, являются формы живой природы - люди и их лица, животные и в меньшей степени растения.

В гештальт-психологии было установлено, что человек значимо организует свое восприятие, выделяя фигуру и фон. Формирование фигуры определяется интересом. Воспринимаемое явление приобретает значение, смысл только в определенном контексте. Таким образом, смысл (значение) – это связь между фигурой и фоном (контекстом). Значение создается отношением фигуры, выступившей на передний план, к ее фону [38].

Если в своей речи человек последовательно описывает два обстоятельства или факта, то даже в том случае, если он их сознательно никак не связывает, они с большой вероятностью бессознательно упакованы у него в гештальт причины и следствия [117]. Рассмотрим пример. Обучаемому сообщают два независимых факта в следующей последовательности: 1) «Раздался выстрел»; 2) «Сломалась ветка дерева». Мы передали некоторую информацию о двух не связанных фактах, которая в сознании человека преобразовалась в *знание* о том, что в *результате* выстрела сломалась ветка дерева.

При выдаче очередного кадра, содержащего вербальную и невербальную информацию, необходимо учитывать этот эффект целостности восприятия обучаемого.

## 5. «Где разместить?»

Последний вопрос, который мы рассмотрим – где на экране размещать значимые элементы информационного кадра? Одной из проблем проектирование пользовательского интерфейса для программного обеспечения учебного назначения является психологически и дидактически обоснованное решение композиционных задач. Если при обсуждении ответов на предыдущий вопрос мы, в основном, касались методов подачи информационного материала, то в данном случае в центре нашего рассмотрения будет находиться другой аспект представления невербальной информации - пространственный.

Информационные кадры, формируемые на экране компьютера, как правило, насыщены графическим материалом – чертежи, диаграммы, рисунки, фотографии. Кроме того, наметилась все усиливающаяся тенденция предъявлять изобразительный материал в анимированном виде. Особенно это относится к естественнонаучным дисциплинам. Например, в физике, это обусловлено стремлением повысить наглядность описания сложных, развивающихся во времени процессов – движение тела в гравитационном поле Земли, нецентральное столкновение неточечных тел, в том числе несимметричных, процессы в электрических цепях и тому подобное.

Размещение элементов модели на экране монитора должно в определенной степени соответствовать композиционным требованиям в живописи. Н.Тарабукин указывает, что каждое из четырех направлений движения по двум диагоналям живописного полотна несет самостоятельную, отличную друг от друга знаковую нагрузку (рис.5.3.2 [113] ).

1	2
3	4

Рис. 5.3.2. Четыре диагонали по Н.Тарабукину.

Все четыре области связаны диагоналями, значение которых определено следующим образом: 4-1 («пассивное»); 3-2 («активное»); 1-4 («входа»); 2-3 («демонстративное»).

При появлении информационного кадра взгляд в первое мгновение будет обращен в его правую часть, где как бы находится «вход». Оттуда начинается просмотр кадра до условного «выхода» - слева.

Активная диагональ. Диагональ борьбы. Символизирует напряжение, преодоление препятствий, завоевание. Она не обладает слишком быстрыми темпами. Движение разворачивается медленно, потому что встречает на своем пути препятствия, которые требуют преодоления.

Демонстрационная диагональ. По этой диагонали перед глазами зрителя протекают события, не задерживаясь в поле зрения. Содержанием картины, построенной по этой диагонали, нередко является то или другое демонстрационное шествие. В репрезентативных портретах по этой диагонали располагаются фигуры...

Пассивная диагональ. Сюжетно она часто выражает вынужденный уход, отъезд, увод. Композиция, построенная по этой диагонали, очень часто встречается в произведениях, где поток движения является лишь проходящим, на картине не совершается никаких событий. Их начало, и конец находятся за пределами рамы. В сложных компо-

зиционных построениях присутствует сочетание различных диагоналей, описанных Н. Тарабукиным, где можно выделить одну доминантную. Все эти области можно определить как ведущие подразделы всего континуума топоном.

Топонома – элементарно значимая часть визуального невербального языка. Топономы бывают координирующие (основные) и координируемые (простые). Основные топономы – условны и невидимы, они есть условное изображение основных стереотипов психологии восприятия пространства, связанного у нас с такими понятиями как «верху», «внизу», «сзади», «спереди», «справа», «слева». Простые топономы, в отличие от основных, всегда приобретают ту или иную конкретную форму визуального невербального знака. В объемном пространстве простой топономе соответствуют три основные. Согласно А.Бродецкому простые топономы - это элементарные невербальные знаки, лежащие в основе всех видов и форм невербальной визуальной коммуникации. Их значение определяется по положению относительно основных топоном, а значение последних - направлением и степенью удаленности от центральной топономы. Причем у одинаковых по форме невербальных знаков с разными топономами невербальное значение не совпадает. У разных по форме невербальных знаков с одинаковыми топономами невербальное значение совпадает [16].

При размещении элементов с учетом перспективы, необходимо учитывать значимость собственно позиций (координат) на экране монитора. В зависимости от контекста, точкам физического пространства могут соответствовать топономы – точки в психологическом пространстве человека (пользователя).

При размещении элементов в информационном кадре, желательно придерживаться правил построения мизансцен. Термин мизан-

сцена (фр. *mise en scene*) буквально означает - расположение на сцене. Рассмотрим построение мизансцены согласно А.Бродецкому [16].

На рис.5.3.3 приведена мизансценическая сетка включающая в себя:

1. главные топономы: точки 1, 3,5,7,9,11, «О»;
2. дополнительные топономы: точки 2,4,6,8,10,12, и две О\*;
3. акцентирующие топономы: точки со знаком \*.

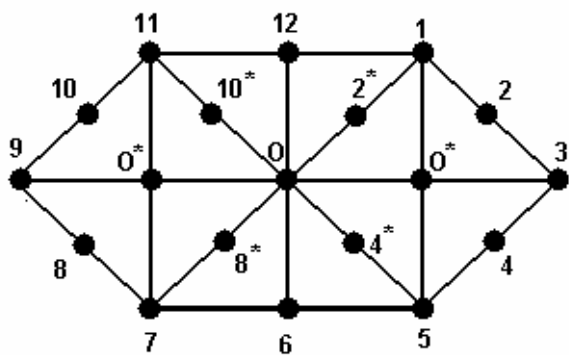
С точки зрения психологически верного восприятия многочисленных элементов компьютерной модели в каждом ее кадре с учетом значимости элементов рекомендуется размещать их согласно мизансценической сетке (рис.5.3.3).

Последовательность предъявления информационных кадров также должна подчиняться определенным правилам. Наиболее значимым здесь может оказаться так называемый «монтажный эффект», открытый С. Эйзенштейном. Эмоциональный эффект, который способен произвести на зрителя монтажный стык многократно превышает то, что можно достигнуть с помощью одного, даже самого впечатляющего съемочного плана [117].

Применительно к учебному ПО, можно сказать, что информационные кадры, сменяя друг друга, должны за счет монтажного эффекта максимально концентрировать внимание субъекта обучения, стимулировать его познавательную активность.

Приведенное нами рассмотрение, сформулированных вначале вопросов, показывает, что для создания полноценного программного обеспечения ЭВМ учебного назначения необходимо правильно спроектировать и построить пользовательский интерфейс, корректно организовать как построение информационных кадров, так и их последо-

вательность, что представляет собой нетривиальную задачу.



Мизансценическая сетка  
(А. Бродецкий).

Рис.5.3.3. Мизансценическая сетка А.Бродецкого.

## ГЛАВА 6 УЧЕБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИКЕ

Системы компьютерного моделирования в физике мы разделим на два больших класса – системы научного моделирования и системы учебного моделирования. Кратко рассмотрим системы научного моделирования и более подробно - системы учебного моделирования в физике.

### 6.1. СИСТЕМЫ НАУЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В научных исследованиях и в технических применениях используются системы компьютерного моделирования, обычно представляющие собой системы визуального моделирования. Выходные данные оформляются в виде графиков, диаграмм, схем, анимаций.

Все эти системы можно разделить на три группы.

1. Системы, использующие графический язык иерархических блок-схем. Например, подсистема Simulink пакета MATLAB [146].

2. Системы, использующие язык физического моделирования. Поведение элементарного блока задается системой алгебро-дифференциальных уравнений. Дискретные события задаются логическими условиями, при их возникновении происходит изменение значений переменных. Например, пакет Dymola [140].

3) Пакеты, использующие схемы гибридного автомата.

Так называемые карты состояний описывают переключение состояний и описание поведения системы системами алгебро-дифференциальных уравнений. Это позволяет достаточно удобным образом адекватно описать поведение моделируемой системы со сложной логикой переключений. Например, пакет Model Vision Studium [150].

## 6.2. СИСТЕМЫ УЧЕБНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ФИЗИКЕ

Для учебного моделирования в настоящее время создано довольно много пакетов прикладных программ для ЭВМ разного качества. В настоящее время проблемой является не отсутствие программного обеспечения, а разработка методики его использования. К этому добавим, что несмотря на большое количество разработанных программ, все же при первой возможности учитель физики пытается разработать свою собственную программу. Ясно, что технические характеристики такой программы далеки от совершенства, но зато эта программа очень точно решает какие-то конкретные педагогические задачи в учебной практике именно данного учителя. Это еще раз указывает на то, что абсолютно совершенного учебного программного обеспечения пока еще нет.

## 6.3. БИБЛИОТЕКА НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ ПО ФИЗИКЕ

Компьютерные дидактические материалы позволяют существенно повысить наглядность обучения, что особенно важно в преподавании физики. Здесь следует отметить особенно важную роль компьютерных моделей и анимаций [62].

В настоящее время, появились различные электронные издания, содержащие компьютерные модели и анимации разной степени сложности исполнения и дидактической ценности. Достаточно широким охватом учебных тем отличается «Библиотека наглядных пособий по физике для 7-11 классов» [125].

Библиотека содержит различные объекты по следующим темам:

1. Механика;
2. Молекулярная физика и термодинамика;
3. Электродинамика;
4. Оптика;



5. Специальная теория относительности;
6. Квантовая и ядерная физика;
7. Методы познания.

Библиотека содержит следующие объекты:

- 41 видеофрагмент;
- 63 анимации;
- 96 компьютерных интерактивных моделей;
- 162 фотографии;
- 320 рисунков;
- 465 текстовых фрагментов;
- 45 обобщающих таблиц.

Библиотека снабжена довольно большим количеством материала, который учитель может использовать в своей работе. На рис.6.3.1 приведена часть подборки электрических схем, которые можно использовать для создания индивидуальных заданий при изучении параллельного и последовательного соединения проводников в электрической цепи.

Из перечисленных объектов Библиотеки объекты с 4 по 7 являются традиционными для обычных учебников и учебных пособий по физике и в нашем случае не представляют интереса.

Объекты первого типа (видеофрагменты) также являются представителями классических дидактических средств. До недавнего времени учебные кинофильмы достаточно широко использовались на уроках физики.

Наибольший же интерес представляют объекты второго и третьего типов – компьютерные анимации и модели.

Звуковое сопровождение зачастую испорчено, что, видимо, объясняется плохим качеством изготовления оптических дисков. В этом

случае, необходимо иметь несколько экземпляров дисков и пытаться скопировать работоспособные анимации на жесткий диск.

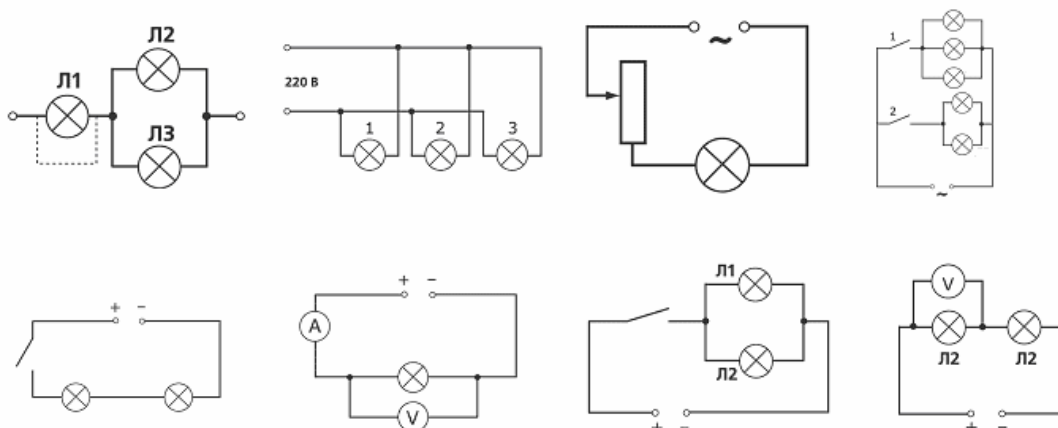


Рис. 6.3.1. Подборка индивидуальных заданий.

Компьютерные анимации зачастую представляют собой просто видеофрагменты, но созданный средствами Macromedia Flash, например опыт Кавендиша, «Относительное движение систем отсчета», «Поступательное и вращательное движение», «Преобразование видов энергии при падении тел в воздухе» и др.

Некоторые анимации позволяют включать отдельно разные части видеофрагмента, например «Принцип действия насоса», «Продольные и поперечные волны в исследовании структуры Земли» и др. Компьютерные модели в большинстве своем сделаны гораздо лучше и позволяют ставить полноценные эксперименты в виртуальной лаборатории. В качестве примера на рис.6.3.2 показан экран компьютерной модели, позволяющей изучать движение тела, брошенного под некоторым углом к горизонту. При этом можно изменять 5 параметров.

Следует отметить непривычную терминологию. Например, «скорость выстрела» вместо «модуль начальной скорости тела»; «угол стрельбы» вместо «угол между вектором начальной скорости и горизонтом»; «круглые волны» вместо «сферические волны» (компьютер-

ная модель «Генерирование круглых волн») и др. Подобные жаргонизмы возможно допустимы в технической литературе, но в школьном учебном процессе, когда происходит становление предметной лексики и понятийного аппарата, это недопустимо. Поэтому, при использовании компьютерных моделей учителю необходимо обращать на это внимание учащихся и своевременно корректировать терминологию.

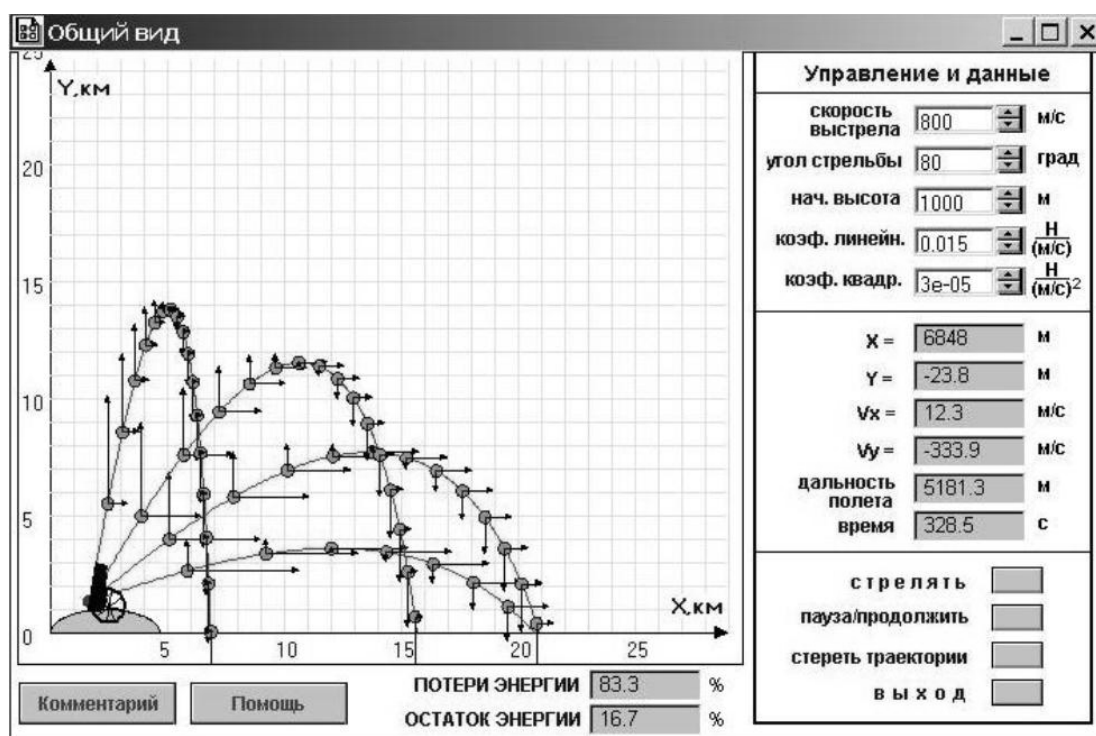


Рис. 6.3.2. Моделирование движения тела, брошенного под углом к горизонту.

Таким образом, в целом Библиотека может успешно использоваться в учебном процессе в школе при обучении физике, особенно полезны компьютерные модели. Ценность же видеофрагментов и анимаций довольно относительна. Учителю необходимо тщательно продумать сценарий урока с тем, чтобы их применение было дидактически оправдано.

#### 6.4. ЦИФРОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ АРХИМЕД

Цифровая лаборатория Архимед представляет собой программно-аппаратный измерительный комплекс для организации учебного физического эксперимента на современном уровне. В состав лаборатории Архимед входит карманный персональный компьютер “PALM” и серия датчиков, позволяющих регистрировать различные физические параметры.

Полученные экспериментальные результаты могут быть обработаны программой Image Probe. Результаты также могут быть переданы на персональный компьютер для более сложной обработки с помощью программы MultiLab. [44].

#### 6.5. ЖИВАЯ ФИЗИКА

Живая Физика – это локализованная версия одной из наиболее известных обучающих программ по физике Interactive Physics, разработанной американской фирмой MSC Working Knowledge.

Компьютерная проектная среда Живая Физика предоставляет возможности для интерактивного моделирования движения в гравитационном, электростатическом магнитном или любых других полях, а также движения, вызванного всевозможными видами взаимодействия объектов [46].

Дунин С.М. отмечает, что виртуальные эксперименты принесут пользу в том случае, когда эта виртуальная реальность будет достаточно реальна – будет включать в себя запас материалов и инструментов, позволяющих создавать компьютерные модели, ведущие себя в соответствии с законами нашего реального мира [43]. Подобную виртуальную реальность можно создать с помощью среды «Живая физика».

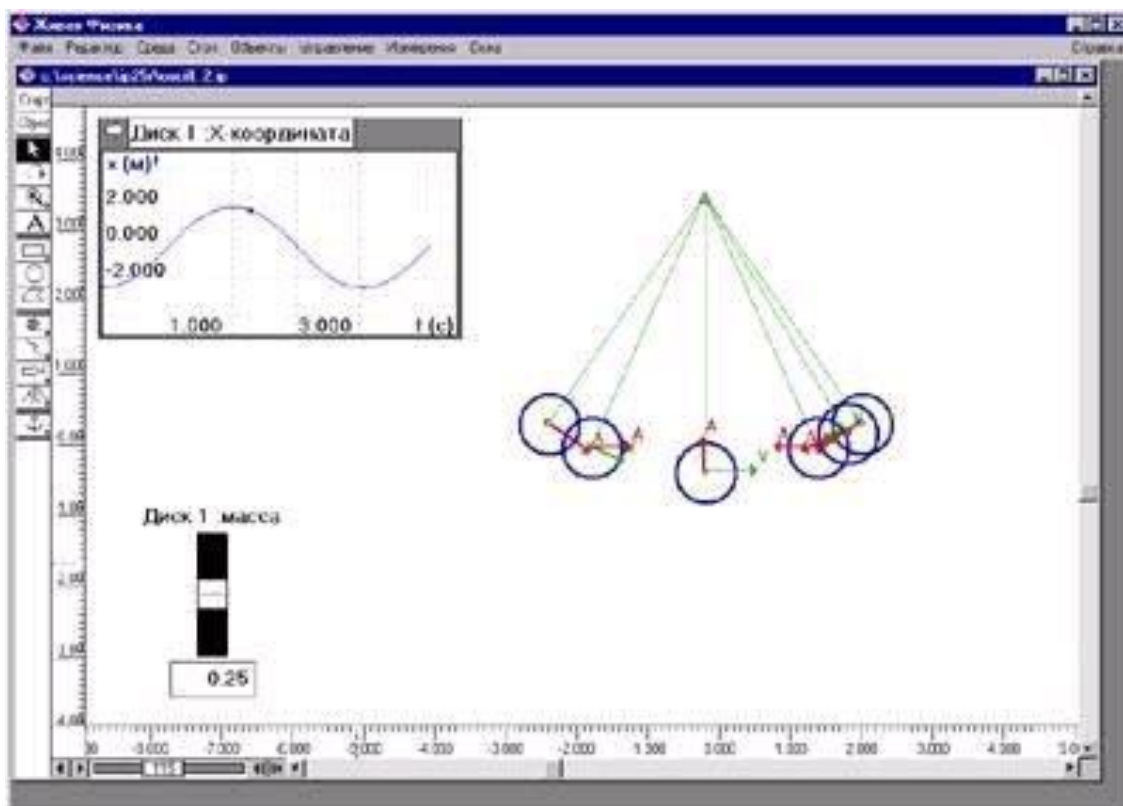


Рис. 6.5.1. Построение модели математического маятника.

В «Живой физике» легко создаются действующие физические модели (рис.6.5.1). Модели Живой физики могут взаимодействовать с цифровой лабораторией «Архимед» [44].

Для Живой физики разработаны ряд виртуальных экспериментов [47].

1) Живая Физика в 7 классе Авторы: В.В. Бронфман, С.М. Дунин

Комплект содержит: компьютерные эксперименты в среде Живая Физика; задания для самостоятельных работ в среде Живая Физика; компьютерные иллюстрации; ориентировочный список проектов. Любой из этих элементов может эффективно использоваться сам по себе, однако наибольшую пользу принесет применение комплекта как целого. При создании данного комплекта авторы выбрали те вопросы курса, которые, по их мнению, вызывают у учеников наибольшие

трудности.

2) Начала Кинематики Авторы: В.В. Бронфман, М.А. Шапиро

Особенностью данного Комплекта является его кажущаяся избыточность: сравнительно несложным понятиям посвящено большое количество Моделей, иногда мало по сути отличающихся друг от друга. Авторы сделали это намеренно, считая, что многократное исследование одних и тех же явлений под различными углами зрения будет способствовать более осознанному и прочному усвоению материала. Очевидно, все предлагаемые Модели использовать на уроках невозможно - не хватит времени, отведенного на этот раздел учебным планом. На уроке удастся поработать лишь с частью Комплекта. В полном объеме Комплект полезно будет использовать на занятиях с отстающими.

3) Колебания Авторы: В.В. Бронфман, С.М. Дунин, М.А. Шапиро

Компьютерная модель (теория и задачи) в двух вариантах: один для использования в компьютерном классе, - другой - в классе с одним (учительским) компьютером (в режиме демонстраций). Комплект обеспечивает практически каждый шаг изучения колебаний в классах с физическим уклоном. Для формирования обычного курса из предлагаемого материала достаточно исключить темы повышенной трудности. Может использоваться также на кружковых и факультативных занятиях.

4) Электростатика Авторы: В.В. Бронфман, М.А. Шапиро

Комплект не является последовательной поддержкой курса электростатики, но поможет учителю заинтересовать этой темой детей, даст возможность исследовать недостижимые в условиях школьной лаборатории явления и разобраться в некоторых традиционно сложных для понимания вопросах. Комплект может быть использован

в 8-м, 10-м и 11-м классах. Почти в каждой модели Комплекта содержатся различные задачи. Кроме теоретических вопросов в Комплекте смоделированы условия некоторых задач из задачника А. П. Рымкевича, 1988 г. (NN 678-680, 682, 684, 686-689, 691, 694, 696, 699, 701, 703, 705, 731-736, 741, 742). Эти модели позволяют не только проверить правильность ответа, но и увидеть явление, о котором идет речь в задаче.

5) Живая Физика в 9 классе (из опыта учителей) Авторы: В.А. Денисова, Г.Ф. Львовская, Г.Н. Виталинская, Н.Б. Павлов

### 6.6. ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНИК ПО ФИЗИКЕ БОРЕВСКОГО Л.А.

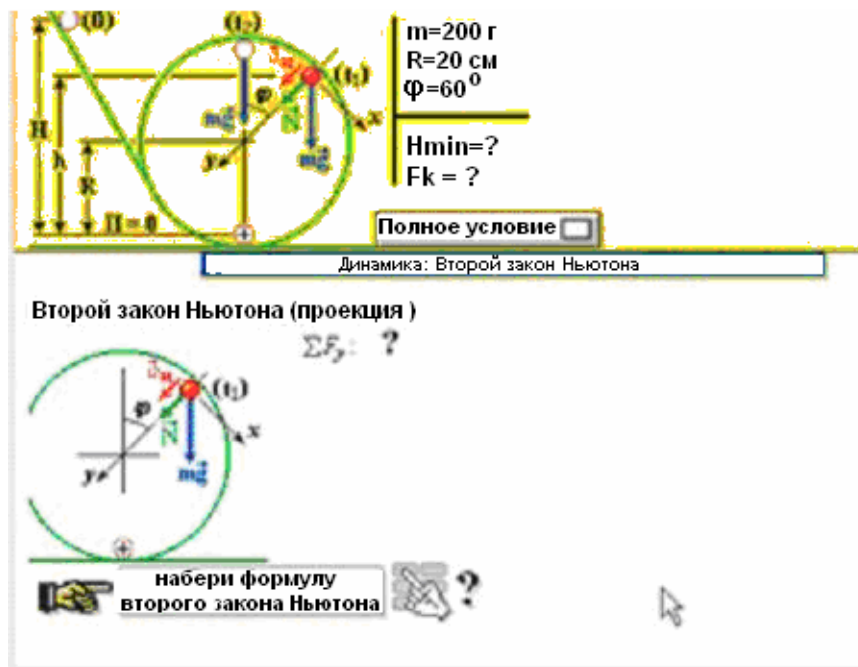


Рис. 6.6.1. Фрагмент модели из электронного учебника Л.Боревского

Электронный учебник по физике Боревского Л.А. предназначен для самостоятельного изучения физики. Электронный учебник располагается на двух CD-ROM: на одном — собственно учебник с задача-

ми, на другом — практические опыты. Каждый диск можно установить по отдельности в подходящей по размеру конфигурации. Программа, как и ранее, может работать практически на любых, даже самых маломощных компьютерах, например на машине с 486-м процессором и с 16 Мбайт оперативной памяти. Это, разумеется, накладывает определенные ограничения, в частности, будут отсутствовать видеосюжеты реальных физических опытов и видеолекций. Пример модели, для решения задачи приведен на рис.6.6.1.

## 6.7. СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ CROCODILE

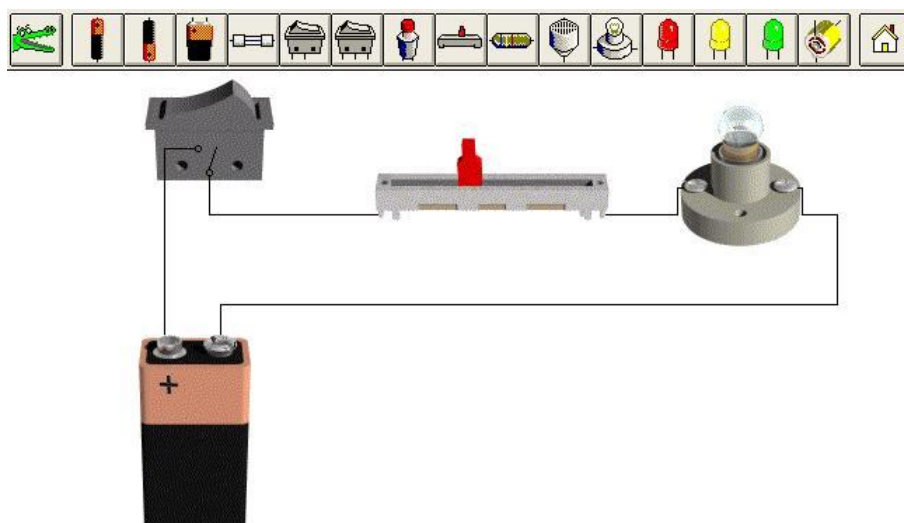


Рис. 6.7.1. Экран системы CROCODILE.

Crocodile Technology 3D объединяет в себе электронный проект, программирование PIC, механизмы 3D и моделирование 3D PCB. Technology 3D — 3D симулятор электронных цепей, с помощью которого можно разработать принципиальную электрическую схему устройства, монтажную плату под него и т.д.

Рекомендуется в качестве приложения к программированию, электронике, механике и другим подобным курсам. Возможно первичное использование как платформы виртуальных экспериментов, позволяющей учащимся проводить эксперименты и изучать различные те-



мы в процессе обучение.

Пример электрической схемы в системе CROCODILE показан на рис. 6.7.1.

## 6.8. ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ФИЗИКЕ

Программное средство «Виртуальные лабораторные работы по физике» предоставляет виртуальную среду для выполнения лабораторных работ по физике.



Рис. 6.8.1. Виртуальный эксперимент по определению массы тела.

Всего можно выполнить 11 лабораторных работ.

1. Измерение размеров малых тел
2. Измерение массы тела на рычажных весах
3. Измерение объема твердого тела
4. Определение плотности вещества
5. Измерение выталкивающей силы.
6. Выяснение условий равновесия рычага
7. Изучение равноускоренного движения
8. Изучение колебаний нитяного маятника

9. Изучение явления теплообмена
10. Изучение закона Ома
11. Изучение свойств собирающей линзы.

Пример модели для определения массы тела приведен на рис.6.8.1.

#### 6.9. ТЕСТЕР-ТРЕНАЖЕР «ЦЕПИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА»

Новые возможности по созданию фасетов и применению невербальной информации предлагают компьютерные технологии. Компьютерное моделирование приобретает все большее значение, как в научных исследованиях, так и в образовании. В последнее время появился термин «Вычислительная физика» [21], в отличие от теоретической и экспериментальной физики. Численное моделирование составляет неотъемлемую часть современной фундаментальной и прикладной науки, причем по важности оно приближается к традиционным экспериментальным и теоретическим методам [39]. Вычислительный эксперимент становится полноправным инструментом в научных исследованиях.

В образовании значение компьютерного моделирования может быть ещё большим, чем в научных исследованиях [20,92,66]. Компьютерные демонстрации, виртуальные лаборатории позволяют достичь значительного дидактического эффекта. Это обусловлено концентрацией внимания обучаемых на главных, ключевых свойствах изучаемого явления или объекта, что в реальном эксперименте не всегда достижимо.

В компьютерных моделях используется достаточно абстрактное представление изучаемой предметной области, что обусловлено самим принципом моделирования как метода изучения окружающей реальности. В частности, при описании и изучении электрических цепей

используется представление реальной системы в виде, так называемой, «принципиальной схемы». В дальнейшем, для определенности, подобные модели будем называть «схематическими».

Характерной особенностью схематических учебных компьютерных моделей является наличие поясняющих графиков и диаграмм, которые динамически изменяются при эволюции модели. Для изменения параметров модели используют элементы пользовательского диалогового интерфейса операционной системы ЭВМ. Это могут быть логические переключатели типа `Radio_Button` (выбор одного альтернативного варианта), `Check_Box` (формирование списка предустановленных значений).

Аналогичными свойствами обладает элемент `Combo_Box`. Его преимущество заключается в малой занимаемой площади на дисплее. Более широкие возможности предоставляет элемент управления «`Scroll_Bar`», позволяющий вводить произвольные целочисленные значения параметра. Наиболее универсальным средством ввода данных является элемент «`Text_Box`» для ввода произвольной текстовой информации.

При изучении электрических цепей одним из затруднений является разрыв между абстрактными электросхемами и реальной измерительной установкой. Реальный амперметр совершенно не похож на его условно-графическое обозначение, используемое в учебниках, а путаница соединительных проводов совершенно не вяжется с четкими горизонтальными и вертикальными линиями принципиальной схемы. Это один из доводов в пользу мнения, что виртуальный эксперимент ни в коей мере не может полностью заменить натуральный.

В этой связи следует отметить различного типа тренажеры, которые почти полностью имитируют реальную обстановку. Ядром подобных тренажеров является компьютерная модель. Стоимость таких

тренажеров (авиационных, морских) очень высока. Промежуточное положение могут занимать компьютерные модели, имитирующие реальность на экране монитора. Такие псевдотренажеры существенно дешевле, а дидактический эффект, обеспечиваемый ими, будет выше, чем у схематических моделей.

Особенностью компьютерного тестирования является то, что тестовые задания генерируются «на лету» с использованием компьютерного моделирования изучаемых процессов [60].

На рис.6.9.1 в качестве примера показано тестовое задание по анализу топографической векторной диаграммы электрической цепи.

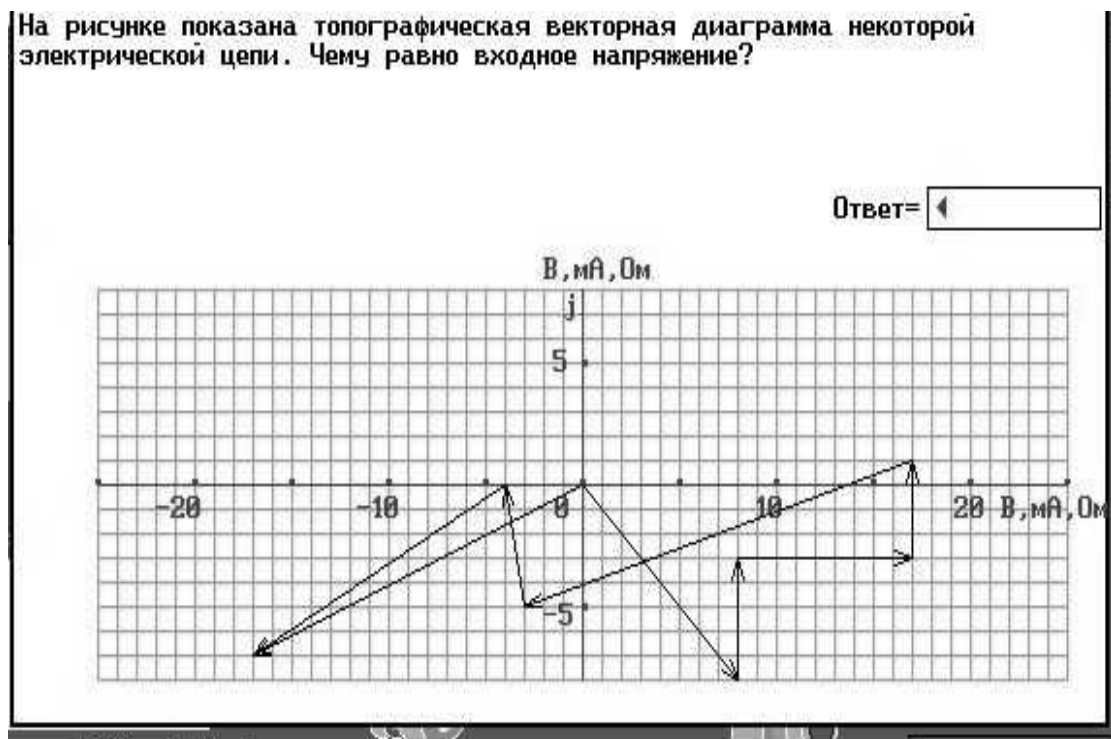


Рис. 6.9.1. Сгенерированная топографическая векторная диаграмма для тестового задания. Вид диаграммы заранее неизвестен.

При работе компьютерной системы широко используется невербальный способ предъявления информации. Это активизирует умственную деятельность испытуемого, вынуждает его выполнять перекодировку информации, и, соответственно, лучше и глубже усваивать ее [65,61,63,53].

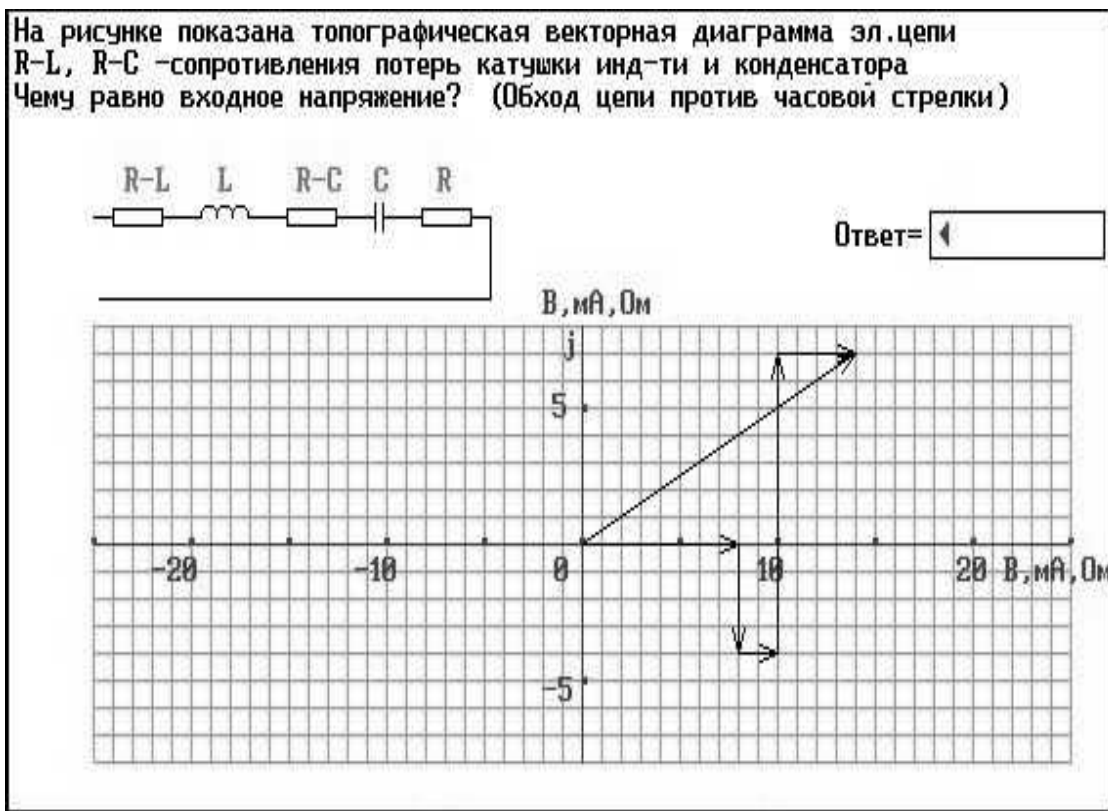


Рис.6.9.2. Рандомизированный выбор схемы электрической цепи с параметрами R, L, C, R-L, R-C.

Векторная диаграмма, показанная на рис.6.9.1 создается непосредственно в момент предъявления тестового задания. Для этой диаграммы вычисляется правильный ответ. Количество вариантов такого задания практически не ограничено. Оно определяется областью допустимых значений проверяемой функции и шагом изменения ее значений. Далее программа переходит в режим ожидания реакции испытуемого. После ввода ответа испытуемым производится сравнение ответа с эталоном. Если различие менее 10%, то ответ считается правильным.

На рис.6.9.2 количество графической информации увеличилось. Испытуемый сопоставляет приведенную принципиальную схему цепи с векторной диаграммой, выполняет нужные отсчеты по осям координат.

нат в заданном масштабе и вычисляет ответ на поставленный вопрос.

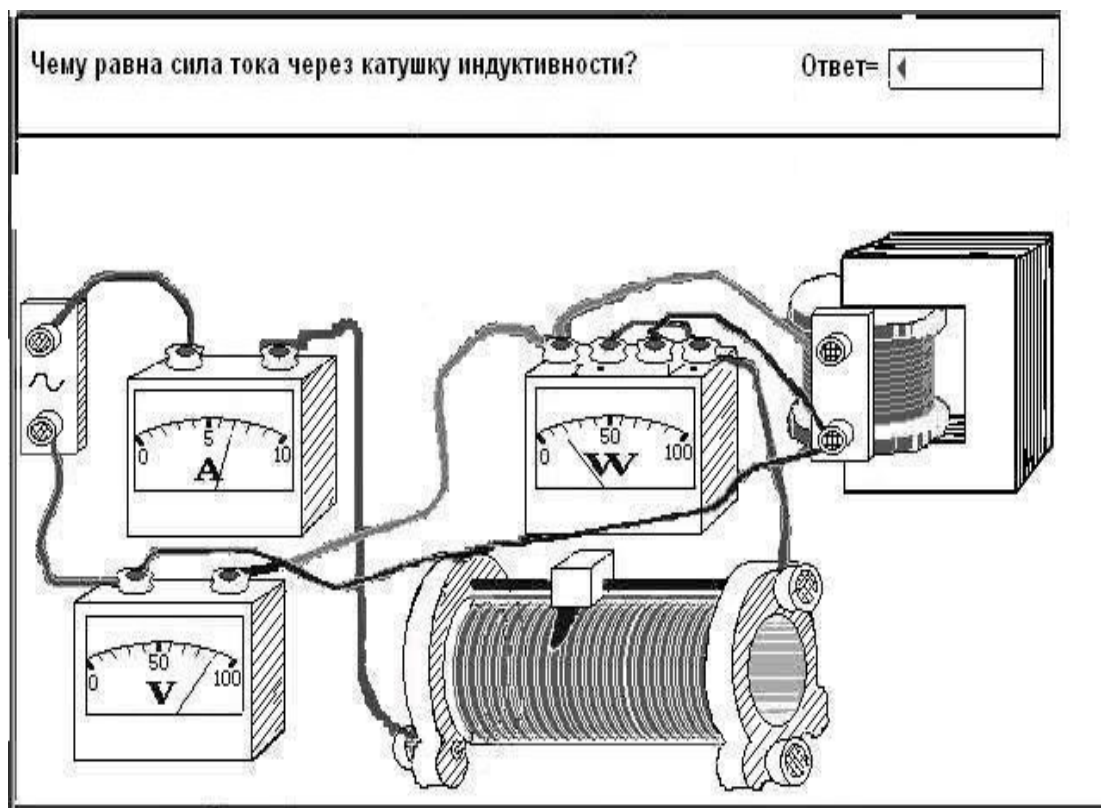


Рис.6.9.3. Изображение лабораторной установки с изменяющимися показаниями стрелочных измерительных приборов.

На рис.6.9.3 графическая информация (невербальная составляющая) представлена в виде фотографии с изображением измерительной установки. В этом случае испытуемому необходимо по изображению на экране монитора составить сначала принципиальную схему цепи и только потом, выполнять необходимые расчеты [128 Ким, ПИ,2009,3]. Испытуемые быстро убеждаются, что прямые попытки выполнения расчетов без промежуточного построения принципиальной схемы – прямо по фотографии – чрезвычайно трудны и способствуют появлению большого количества ошибок.

Далее, наблюдая показания измерительных приборов на изображении, испытуемый получает все необходимые исходные данные

для расчетов. В данном примере компьютерное моделирование используется для определения положения стрелок измерительных приборов. На рис.6.9.3 показаны следующие значения исходных данных: сила тока равна 7А, напряжение равно 90 В, мощность равна 20 Вт.

При повторном прохождении теста стрелки приборов будут установлены в другие положения, что определяется процедурой рандомизации исходных данных, то есть снова используется принцип фасетности. Отметим, что используются не любые значения генератора случайных чисел, а только те, которые удовлетворяют области допустимых значений вычисляемых функций.

Использование компьютерного тестирования с использованием компьютерного моделирования показало, что заметно сокращается время формирования умений обучаемых в работе с реальными измерительными установками.

Таким образом, использование невербальной информации и принципа фасетности позволяет создавать задания в открытой форме, обладающие несомненным дидактическим потенциалом и позволяют проверять знания, соответствующие высшим уровням таксономии Блума.

## 6.10. НАУЧНОЕ И УЧЕБНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ФИЗИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Как указывалось выше, моделирование представляет собой специфическое средство и форму научного познания. Построение моделей и их исследование – чрезвычайно важно для развития физической науки. Однако ценность моделей ограничивается не только этим.

Моделирование оказалось также исключительно действенным средством при обучении физике. В процессе изучения физики, обучаемые сталкиваются, в общем-то, почти с теми же проблемами, что и

исследователи – с необходимостью понять, как устроена и действует какая-либо сложная система. Учебные модели позволяют глубже понять устройство реальной системы, за счет исключения из рассмотрения второстепенных свойств, которые только отвлекают внимание учащихся.

В отличие от научного моделирования, когда целью является познание неизвестного, в учебном моделировании главной целью является построение такой модели, снабженной таким методическим сопровождением, чтобы учащиеся смогли наиболее эффективным, оптимальным образом глубоко и прочно усвоить субъективно новое для себя знание.

Различие в целях построения моделей, порождает и различие в требованиях к моделям.

В качестве примера подробно рассмотрим такую задачу как измерение плотности вещества. Ход рассуждений будет достаточно детальным, поскольку полученные основные результаты и выводы будут применимы к очень широкому кругу физических экспериментов.

Напомним, что плотность определяется как предел отношения массы к объему, когда объем стягивается к точке, в которой определяется плотность.

Цель научного исследования – определить плотность тела с максимально возможной точностью. При этом мы почти сразу применяем приближение – считаем тело однородным, то есть, выбираем модель тела, в котором пренебрегаем неоднородностями – модель третьего типа. В этом случае задача заметно упрощается – необходимо найти только массу всего тела и его объем.

Для измерения массы можно использовать высокоточные рычажные весы (законы равновесия рычага установлены Архимедом (287-212 гг. до н.э.), а теория рычажных систем Л.Эйлером (1707-



1783 гг.). В настоящее время используются и электронные весы с тензOMETрическими датчиками, однако для целостности обсуждения задачи мы остановимся именно на рычажных весах, поскольку нам необходимо выполнить сравнительный анализ научного и учебного эксперимента.

Исследователь начинает анализировать источники погрешностей. Кивилис С. [33] приводит 16 факторов. Приведем только некоторые из них:

- 1) изменение положение центра тяжести коромысла;
- 2) упругие деформации материала призм и подушек
- 3) изменение аэродинамических условий в окружающей среде;
- 4) положение грузов на чашке весов;
- 5) недостаточно длительное старение материала коромысла на заводе-изготовителе;
- 6) неправильное применение теплораспределителей для равномерного распределения поступающего извне тепла вдоль коромысла весов.

Упомянем также такой источник погрешности как неточность калибровки гирь.

Далее необходимо измерить объем тела. Прямое измерение геометрических размеров тела правильной формы, например, цилиндра, отвергается сразу ввиду низкой точности. По этой причине, для измерения объема (плотности) тела используется метод гидростатического взвешивания. В этом методе тело погружается в жидкость и измеряется гидростатическая подъемная сила (сила Архимеда) действующая на тело. Из этих измерений легко вычисляется объем, а значит и плотность тела. Для гидростатического взвешивания удобно использовать весы, сконструированные немецким химиком К.Ф.Мором (K.F.Mohr).

Поскольку взвешивание выполняется в газовой среде (воздух),

гидростатическая подъемная сила действует и на гири. При учете этого фактора необходимо принять во внимание температурную зависимость плотности воздуха.

Следующий источник погрешности – проволока, на которой подвешено тело, опускаемое в жидкость. Если учесть массу и объем проволоки достаточно легко путем калибровочных измерений, то остаются другие источники ошибок измерений. Вокруг проволоки, на которой подвешен груз, образуется мениск, который вносит значительную погрешность. Кроме того, вдоль проволоки возникает температурный градиент, что также искажает результаты измерений. Для того чтобы устранить эти источники ошибок, ученые из германского физико-технического общества (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) заменили провод магнитным полем, поместив небольшой магнит на держатель для грузика и удерживая его в определенном положении с помощью электромагнита. По величине электрического тока, необходимого для удержания груза, исследователи определяли действующую на него архимедову силу. Новый метод позволяет измерять плотность воды с относительной погрешностью менее чем  $1 \times 10^{-6}$  [89].

Ясно, что и параметры жидкости также должны быть стабильными и хорошо известными, в частности, температурная зависимость плотности, степень дегазация и т.п..

Таким образом, используя множество приближений и моделей, отбрасывая или учитывая те или иные факторы, исследователь добивается своей цели – измеряет плотность с заданной точностью.

Теперь рассмотрим, как эта же задача решается в учебном процессе.

Цель преподавателя – добиться прочного и глубокого усвоения знаний, умений и навыков по темам: «Измерение массы», «Плотность

вещества».

Сначала необходимо учесть индивидуальные характеристики учащихся, в первую очередь их возраст. Данная тема изучается в 7 классе основной школы.

И информационный материал, и лабораторные работы должны учитывать возрастные особенности учащихся, уже имеющийся у них объем знаний. Этим же требованиям должны соответствовать также модели и приближения, используемые при изучении данных учебных тем.

Рассматривая этот вопрос в терминах тезауруса по физике у учащихся, отметим следующее. Поскольку начальных знаний в области физики у учащихся очень мало, то и объем информации, сообщаемой учащимся и воспринимаемой ими также должен быть невелик.

Если тезаурус очень велик, то объем воспринимаемой информации также близок к нулю – «ничего нового нет». Иными словами, если старшекласснику рассказывать о правилах сложения и вычитания, то эта информация не будет им воспринята, как не имеющая ценности.

Где-то между этими экстремальными значениями тезауруса находится оптимальное значение, для которого объем воспринимаемой информации максимален – «кое-что уже известно, и на этой базе воспринята определенная доза новой информации». Для преподавателя очень важно дозировать новую учебную информацию так, чтобы попасть в точку максимума.

Используя имеющиеся знания по физике, вводят необходимые модели. Например, модель однородного твердого тела, находящегося в однородном гравитационном поле (пренебрежение размерами тела), учащимся сообщают новое для них понятие – понятие плотности вещества. Ясно, что само определение плотности, в этом случае должно быть другим – соответствовать тезаурусу учащихся основной школы.

Пурышева Н.С. И Важеевская Н.Е. дают следующую формулировку [101]

«Плотность показывает, чему равна масса единицы объема вещества».

Далее, используя приближения (модели третьего типа) преподаватель организует выполнение лабораторных работ «Измерение массы тела на рычажных весах», «Измерение плотности вещества твердого тела». Например, лабораторные работы №5 и 6 [101].

При выполнении лабораторной работы «Измерение массы тела на рычажных весах» рассматривают простейшую конструкцию весов (модель четвертого типа), реализующую принцип равновесия рычажной системы. При этом пренебрегают всеми факторами, учитываемыми в научном моделировании, о чем говорилось выше. Тепловая и аэродинамическая изоляция, упругие деформации и т.п. – все это совершенно неважно в учебном моделировании. Здесь самое главное – донести до учащихся принцип действия рычажных весов, научить учащихся элементарным приемам работы с весами.

Рассмотрим, например, такое правило: «мелкие гири нужно брать пинцетом, крупные – бумажкой, чтобы не изменить их массу». Здесь использована модель, в которой с одной стороны учитывается изменение массы гири, если брать ее руками, с другой стороны пренебрегается, например, микрососкобами при использовании пинцета.

Для определения объема тела используется мензурка. Почему не предлагается использовать гораздо более точный метод гидростатического взвешивания? Потому что целью является не высокоточное измерение, а ясность и понятность применяемого метода измерения. При использовании гидростатического взвешивания учащемуся нужно прилагать дополнительные (и немалые) умственные усилия, чтобы осознать, что взвешиванием определяется объем тела. В случае же с

мензуркой, такие усилия не нужны и, учащемуся легче сконцентрироваться на главном – определении плотности вещества. Отметим, что прямое измерение линейных размеров тел правильной формы (куб, параллелепипед) при помощи линейки возможно даже более наглядный и понятный метод определения объема.

Таким образом, построение научных и учебных моделей определяется разными требованиями. То, что допустимо в научных моделях, может оказаться совершенно недопустимым в учебных и наоборот.

Кроме того, требования к учебным моделям зависят от степени обучения. То что оптимально для основной школы, может оказаться неэффективным для профильной. Например, взвешивать можно на современных электронных весах с тензометрическими датчиками. Для основной школы это недопустимо, так как изучаемый процесс взвешивания полностью скрыт от учащегося. Измеряемое тело ставится на чашку весов, на дисплее появляются цифры и все. Взвешивание завершено. Как это происходило, какой принцип использовался, какие физические законы были задействованы – все это совершенно неизвестно учащемуся.

Электронные весы – это просто измерительный прибор, предназначенный только для взвешивания. Рычажные же весы, помимо того, что они являются измерительным прибором, являются еще и дидактическим средством, позволяющим на основе известных учащемуся законов механики освоить процедуру измерения массы тела. Второе свойство рычажных весов возможно даже более важно, что первое. С этой точки зрения весьма удачным измерительным прибором является школьный динамометр. Конструкция динамометра полностью открыта для обозрения, принцип действия его нагляден и совершенно понятен.

В профильной школе подход будет иным, поскольку объем знаний, имеющийся в распоряжении учащихся гораздо больше. Они уже умеют измерять массу и такая роль весов как быть дидактическим средством для них уже не важна. В этом случае применение электронных весов в каком-либо эксперименте вполне оправдано.

В связи с развитием компьютерных технологий все большее распространение получает виртуальный физический эксперимент как в научных исследованиях (вычислительная физика), так и в учебном процессе.

Виртуальный учебный эксперимент основан на компьютерных моделях, к которым также необходимо предъявлять определенные дидактические требования.

Здесь необходимо отметить, что натурные модели все-таки работают согласно физическим законам (это является их важным преимуществом), в то время как работа компьютерной модели определяется только алгоритмом, заложенным в программу-исполнитель. Если математическая модель, заложенная в основу алгоритма, неадекватно описывает моделируемые физические процессы, то компьютерная модель будет действовать неверно. То есть, от программистов требуется достаточно высокая квалификация в данной предметной области. Программист должен прекрасно знать физику, чтобы построить хорошую физическую модель. Причем уровень владения физикой не определяется уровнем знаний учащихся, для которых создается модель, а должен очень существенно превышать его.

Помимо этих физических требований, к модели предъявляются и дидактические – модель должна обеспечивать повышение эффективности усвоения учебного материала по сравнению с традиционными методами обучения. Если этого не удастся добиться, то подобный виртуальный учебный физический эксперимент лишен смысла, даже

если с научной точки зрения компьютерная модель безупречна.

Таким образом, высокая достоверность моделирования физических процессов является необходимым, но недостаточным условием для организации виртуального учебного эксперимента. Определяющим является условие дидактической целесообразности применения модели.

С этих позиций проанализируем существующее программное обеспечение ЭВМ учебного назначения. В качестве примера рассмотрим лабораторную работу №2 из комплекта "Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы" [28].

Виртуальная физическая лаборатория представляет собой 2D-модели, позволяющие имитировать действия обучаемого с виртуальными объектами – различными предметами и измерительными приборами. Видимо для упрощения разработки моделей, используются различные условно-графические обозначения, позволяющие управлять моделью, то есть в полной мере выполнить моделирование реальных действий не удается. Выполнение работ достаточно удобно. Большинство действий интуитивно понятно, однако в некоторых случаях возникают затруднения. Это происходит, когда используются условно-графические обозначения.

В лабораторной работе №2 выполняется измерение массы тела на рычажных весах. Учащийся может воспользоваться "рычажными весами" и набором "гирь". В качестве объектов измерения предложены различные предметы – деревянный брусок, стальной болт, ракушка, модель автомобиля и большой металлический цилиндр. Масса цилиндра очень велика и набора гирь недостаточно, для измерения. Поэтому необходимо в качестве гирь использовать другие предметы.

Разработчики виртуальной лаборатории стремились, как можно точнее воспроизвести внешний вид весов – световые блики на пласт-

массовых чашках, фактура материала отдельных деталей весов и т.д.

Что же касается моделирования физических процессов, определяющих работу весов, то здесь можно сделать несколько замечаний. В частности, коромысло весов вблизи "нуля" скачком переходит в состояние равновесия. Учитывая физику процесса уравнивания, модель весов должна выполнять затухающие колебания вблизи положения "нуля". При подходе к точке равновесия скорость движения коромысла должна падать.

Рассмотрим более детально процесс уравнивания весов. На рис.6.10.1а схематически показаны рычажные весы, у которых коромысло представляет собой прямую линию. Точнее говоря, точки подвеса грузов и ось вращения коромысла находятся на одной линии. Пусть силы и плечи сил АО и ОВ одинаковы, то есть вращающие моменты равны. Легко видеть, что плечи сил АО и ОВ будут всегда равны, независимо от положения коромысла. Система всегда будет находиться в состоянии безразличного равновесия и коромысло весов не будет двигаться в сторону нулевой отметки.

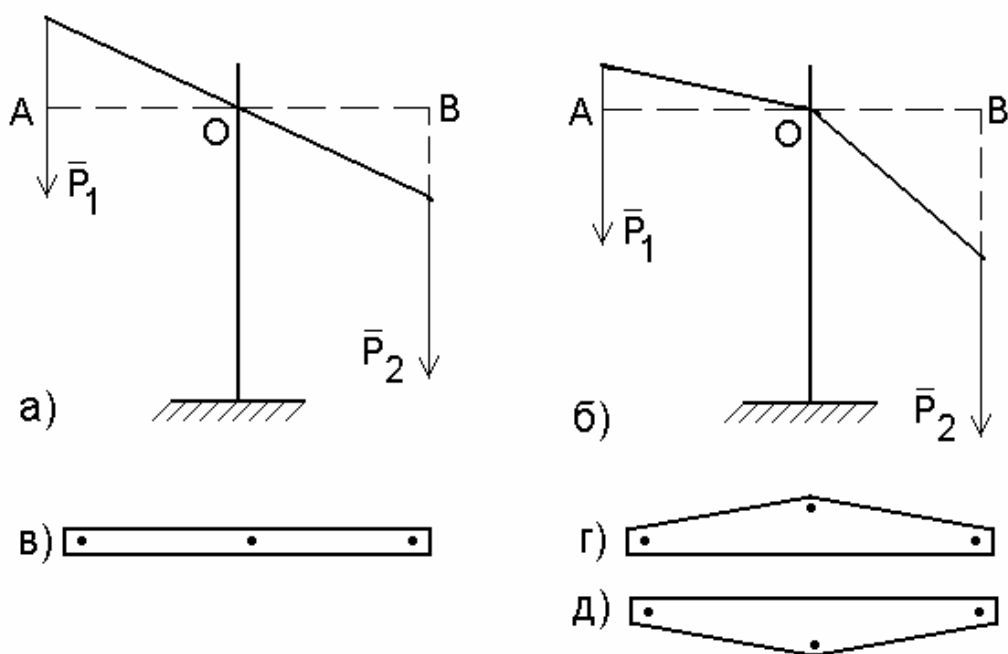


Рис.6.10.1. Модель рычажных весов.



Для того чтобы весы работали точки подвеса груза должны быть ниже оси вращения коромысла (если выше, то весы будут находиться в состоянии неустойчивого равновесия и малейшее смещение вызовет дальнейший разбаланс весов). В этом случае, как показано на рис.6.10.1б, плечи АО и ОВ будут зависеть от положения коромысла. Для случая, показанного на рис.6.10.1б плечо АО будет больше плеча ОВ, то есть возникнет момент, вращающий коромысло против часовой стрелки.

При разбалансе, когда коромысло АВ поворачивается относительно горизонтального положения, плечи сил будут меняться. Например, пусть поворот произошел по часовой стрелке, тогда плечо АО будет больше плеча ОВ, то есть возникнет момент, вращающий коромысло против часовой стрелки. В результате коромысло будет стремиться к нулевой отметке. Процесс балансировки весов сильно зависит от расстояния  $S$  между осью вращения и линией соединяющей точки подвеса А и В. Чем меньше расстояние  $S$ , тем чувствительнее весы, но тем больше время их успокоения.

На нулевой отметке точки подвеса грузов будут располагаться строго на горизонтальной прямой и плечи сил АО и ОВ будут равны. Весы будут находиться в состоянии устойчивого равновесия. На рис.6.10.1в и рис.6.10.1д показаны "неправильные" коромысла весов. С такими коромыслами весы работать не будут. На рис.6.10.1г показано "правильное" коромысло весов, у которого ось вращения расположена выше точек подвеса грузов.

Модель «правильного» коромысла может представлять собой брусок прямоугольного сечения, где точки А и В должны располагаться ниже точки О. Для «неправильного» коромысла точки А и В располагаются выше точки О, либо на одном уровне с осью вращения.

Рассмотрение этого вопроса может вызвать оживленное обсуж-

дение на уроке, поскольку здесь учащиеся сталкиваются с проблемой неработающих простейших весов и ее неочевидным решением.

Теперь обратимся к модели рычажных весов из лабораторной работы №2 [28]. На компьютерной модели весов видно, что коромысло имеет «неправильную» конфигурацию. Иными словами, в реальности подобные весы работать не должны. Мы столкнулись со случаем, когда «неправильная» виртуальная модель реальных весов успешно работает. Учащийся, сидя за монитором компьютера и, манипулируя мышью, может выполнить все взвешивания. Программный алгоритм будет заставлять двигаться "неправильное" коромысло виртуальных весов в нужном направлении.

Можно ли в данном случае говорить о компьютерном моделировании физических процессов, происходящих при взвешивании на рычажных весах? Нет. Учащийся, знающий, как работают реальные весы, будет в недоумении – почему весы работают?

Адекватная компьютерная модель должна воспроизводить все существенные свойства объекта моделирования. Задавая различные внешние воздействия, мы должны иметь возможность изучать поведение модели. В частности, если перевернуть весы "вверх-ногами", то есть вектор ускорения свободного падения направить вверх, то реальные весы должны перестать работать. Рассматриваемая же нами модель весов будет продолжать работать, поскольку здесь движение коромысла всего лишь визуальный эффект. В этом случае следует говорить не о полноценном компьютерном моделировании, а о компьютерной анимации. Компьютерная анимация широко используется для повышения эффективности учебного процесса, но следует отчетливо понимать ее отличие от компьютерной модели и принимать во внимание ограничения, свойственные анимации. Компьютерная анимация, в отличие от компьютерной модели почти не дает новой информации об

объекте, а только лишь повышает наглядность изложения учебного материала.

В реальных рычажных аналитических весах, как указывалось выше, происходят колебания коромысла вблизи положения равновесия. Для гашения этих колебаний используют различные способы демпфирования. При загрузке чашек весов гирями и взвешиваемыми телами коромысло устанавливается на специальные упоры, чтобы разгрузить опорную призму (ось вращения) – выполняется арретирование весов. Перед началом измерения необходимо калибровать весы - выставить "нуль", для чего уравнивают коромысло с пустыми чашками при помощи специальных гаек-грузиков. При взвешивании с точностью лучшей, чем 10 мг используются рейтеры со шкалой. Нужно ли знать подобные детали учащимся? Это зависит от поставленной цели. Изучить принцип действия рычажных весов – это одна цель, изучить особенности прецизионного измерения массы на рычажных весах – другая цель.

Понятно, что степень детализации компьютерной модели должна быть оптимальной, требования должны соответствовать решаемой задаче. В школьной физической лаборатории можно использовать и более грубую модель весов, но основной процесс уравнивания должен быть реализован со всей возможной наглядностью и достоверностью.

С точки зрения дидактических требований виртуальный эксперимент в лабораторной работе №2 разработан достаточно хорошо, за исключением использования условно-графических обозначений. Требуется определенное время и усилия, чтобы учащиеся смогли разобраться, как пользоваться виртуальными приборами.

Таким образом, моделирование как натурное, так и компьютерное необходимо использовать в обучении физике, соблюдая два тре-

бования – адекватного воспроизведение физических свойств системы и дидактическаой целесообразности использования модели.

## 6.11 КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРЫ И ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА

### 1. Игра как вид деятельности.

Игра представляет собой один из видов деятельности ике, соблюдая два требования – адекватного воспроизведение физических свойств системы и дидактическаой целесообразности использования модели., характерных для животных и человека [103]. Суть игры состоит в непродуктивной условной деятельности, мотив которой лежит не в ее результатах, а в самом процессе [70]

Задача игры, доставить участникам ряд переживаний и эмоций, дать процессы в которых можно приобрести новый опыт, через непосредственное практическое участие. У животных стремление играть характерно в основном для ювенального периода. В отличие от животных человек сохраняет игровую деятельность еще долго после окончания ювенального этапа развития.

По сведениям С.Миллер, никто никогда не предполагал, что одноклеточные животные, протозоа, играют. Некоторые наблюдатели говорят об "игре" только в отношении артропод, членистоногих, у которых есть скелет на внешней стороне тела (омар, лангуст и другие ракообразные, а также миллион или более видов насекомых, включающих муравьев, пчел и ос) [85].

Й.Хейзинга утверждает, что игра старше культурных форм общества. Цивилизация ведет происхождение от игры, а не наоборот [126]. Согласно его теории, игра это некоторая свободная деятельность, которая осознается как “ненастоящая”, несвязанная с обыденной жизнью, но, тем не менее, могущая полностью захватить играющего. Игра не обуславливается никакими ближайшими интересами

(материальными или доставляемой пользой); которая протекает в особом отведенном пространстве и времени, упорядочена в соответствии с определенными правилами [126].

Значение содержания игры для воспитания неоднократно подчеркивал К.Д. Ушинский: «... весьма вероятно, что из этого (игры) со временем завяжутся ассоциации представлений и вереницы этих ассоциаций... свяжутся в одну обширную сеть, которая определяет характер и направление человека» [137]. Ф.М. Достоевский, Л.Н. Толстой включали игру в список основных категорий творческой деятельности. Революционные реформы Петра Великого были заложены еще в играх юного царя [4].

С. Миллер отмечает, что игра помогает ребенку пережить волнующее напряжение и ситуацию в состоянии активности, что гораздо лучше, чем быть пассивным, беспомощным наблюдателем.

В игре дети могут сами делать выбор и менять деятельность, выбирая объект своего внимания. Здесь они сравниваются со взрослыми в социальном смысле. У животных и людей непрерывное повторение чего-либо, предметов, звуков и т. д. приводит к снижению эффективности решения задач, требующих внимания. У здорового человека монотонная среда обычно вызывает дискомфорт, раздражение и попытки изменить ее. Совершенно естественно, животные и люди предпочитают относительно новое уже знакомому [85].

Игра практически с древних времён выступает как форма обучения, как первичная школа воспроизводства реальных практических ситуаций с целью их освоения. Исторически одной из целей игры являлась выработка необходимых человеческих черт, качеств, навыков и привычек, развития способностей.

По мнению Д.Б.Эльконина [135], «в игре не только развиваются или заново формируются отдельные интеллектуальные операции, но и

коренным образом изменяется позиция ребёнка в отношении к окружающему миру и формируется механизм возможной смены позиции и координации своей точки зрения с другими возможными точками зрения».

Д. Винникотт указывает, что «Творчество в игре близко к сновидению и к жизни». Играющий ребенок осваивает и обживает пространство, которое ему нелегко будет оставить и так же сложно будет впустить туда кого-то другого. В этом игровом пространстве ребенок собирает объекты или явления из внешнего мира, чтобы применить их в обращении с элементами, извлеченными из своего внутреннего мира. Игра, по сути дела, приносит удовлетворение. Игра по своему существу – волнующее и рискованное дело. Эта характеристика вытекает не из инстинктивного возбуждения, а из шаткости и непостоянства во взаимодействии субъективного и объективно воспринимаемого в голове ребенка [27].

Согласно Д.Б.Эльконину роль и органически с ней связанные действия представляют собой основную, далее неразложимую единицу развитой формы игры. В ней в неразсторжимом единстве представлены аффективно-мотивационная и операционно-техническая стороны деятельности. [135]

## 2. Компьютерные игры.

Компьютерные игры появились практически одновременно с первыми ЭВМ. В первых вычислительных системах общение программиста с ЭВМ происходило с помощью считывателя перфокарт (ввод) и алфавитно-цифрового печатающего устройства (АЦПУ). Одна из первых игр представляла собой аналог игры «Слалом», где надо было провести горнолыжника по зигзагообразной линии между флажками. АЦПУ печатало случайный текст, строки которого состояли из

двух букв, между которыми игрок чертил линию карандашом. Карандаш прижимался к бумагопротяжному валу АЦПУ и, при вращении вала на бумажной ленте появлялась линия - траектория лыжника. Надо было ухитриться двигать карандашом так, чтобы линия проходила между двумя буквами, не задевая их. В качестве другого нецелевого использования ЭВМ можно упомянуть распечатку на АЦПУ портретов Монны Лизы и Альберта Эйнштейна. Поскольку в качестве «графической точки» использовалась целая буква, например «ж», то портреты должны были иметь большие размеры. Выполнение команд центральным процессором сопровождалось звуковым сигналом определенной частоты. Это позволило программистам создавать «мелодии», прогоняя через ЭВМ программу со специально подобранными командами.

С появлением электронно-лучевых, а позже и жидкокристаллических дисплеев ситуация существенно изменилась. Компьютерные игры прочно заняли одно из первых мест в сфере использования компьютерных технологий.

Компьютерная техника достигла такого технического и программного уровня, что на свет появились очень реалистичные игры и великолепным графическим и звуковым оформлением. Возникла специфическая субкультура со своими правилами, ценностями, целевыми установками. Все возрастает количество «геймеров» - людей, в высшей степени, увлеченных компьютерными играми.

Основной деятельностью геймеров является игра на компьютере, круг социальных контактов у них очень узок, вся другая деятельность направлена лишь на выживание, на удовлетворение физиологических потребностей, а главное - на удовлетворение потребности в игре на компьютере.

Появился термин «киберсоциализация» - виртуальная компьютерная социализация. По мнению Плешакова В.А. Киберпространство, есть некое созданное и постоянно дополняющееся человечеством сетевое информационное воплощение ноосферы.

Возникла проблема киберсоциализации и духовно-нравственного развития и воспитания молодёжи в условиях информатизации современного общества в киберпространстве сети Интернет

В процессе киберсоциализации, а именно исходя из специфики влияния факторов киберпространства социализирующей Интернет-среды на развитие личности, у человека возникает целый ряд новых, фактически киберонтологических ожиданий и интересов, мотивов и целей, потребностей и установок, а также форм психологической и социальной активности, непосредственно связанных с киберпространством – ЭТИМ НОВЫМ ЖИЗНЕННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ЧЕЛОВЕКА.

Рассматривая особенности взаимодействия подростков с мировой информационной средой, Тимакин А.В. вводит термин «информационная зависимость». Сначала, в начале 90-х годов XX века появился термин «компьютерная зависимость», следом появилась информационная зависимость, являющаяся логическим продолжением компьютерной зависимости [114].

Для ребенка очень важна игровая деятельность, в том числе и компьютерно-игровая. Обеспокоенные родители усиливают контроль за компьютерно-игровой деятельностью, но тогда все возрастающее значение начинает приобретать виртуальное общение. Подросток, начинает осваивать чаты, программы онлайн общения: icq, mail-agent, skype и т.д. Виртуальный мир, становится все более важным фактором в его жизни.

Разумеется, процесс дальнейшей информатизации цивилизации, неизбежен. И то, что сейчас многим из нас кажется патологическим



отклонением из-за пристрастия к компьютеру, вполне возможно, является просто очередным шагом человечества в своем развитии.

В обзоре Шапкина С.А. рассматриваются различные аспекты компьютерной игры как новой области психологических исследований [128]. В частности, обнаружены отчетливые половые различия в предпочтении игр. Так, мальчики наиболее высоко оценивают игры, связанные с борьбой или соревнованием, затем - игры на ловкость, игры-приключения ("Аркады"), игры типа "Стратегия"; наименее любимыми являются логические игры. Девочкам больше всего нравятся игры на ловкость, затем логические, игры-приключения, игры, связанные с борьбой или соревнованием, и, наконец, игры типа "Стратегия".

Далее, некоторые авторы считают, что компьютерные игры провоцируют агрессивное поведение, возвеличивание войн и насилия, правого экстремизма. Есть данные, согласно которым у испытуемых, игравших в виртуальную игру, наблюдалось значительно более сильное физиологическое возбуждение, а также большее количество агрессивных мыслей по сравнению с контрольной группой.

Часть авторов доказывают, что компьютерные игры агрессивного содержания повышают агрессивность пользователей, другие отрицают эту взаимосвязь. В целом, в обзоре Шапкина С.А. отмечается, что игры с агрессивным содержанием способны стимулировать агрессивность у детей, но только младшего школьного возраста.

В качестве негативных последствий компьютерных игр указывают сужения круга интересов подростка, стремление к созданию собственного мира, уход от реальности. По мнению некоторых авторов, занятия с компьютером, часто в ущерб общению со сверстниками, приводит к социальной изоляции и трудностям в межличностных контактах.

Анализ исследований, посвященным опасности физических и психических расстройств показывает, что в группе подростков, занимающихся компьютером, не обнаружено серьезных нарушений психической деятельности или симптомов "компьютерной" зависимости. Имеются лишь данные о переутомлении, боли в ногах (у игроков с компьютерными автоматами), боли в кистях рук (от судорожного сжимания джойстика), рези в глазах, общей возбужденности, трудности с засыпанием. Что касается гипотезы о том, что с возрастом симптомы "компьютерной" зависимости усиливаются, то, по мнению как немецких, так и американских авторов, наблюдается скорее противоположная тенденция. Разумеется, как и во всяком другом хобби, среди любителей компьютерных игр есть свои патологические игроки, которых насчитывается, по разным данным, от 10 до 12% "компьютерной" группы [128].

Большое внимание уделяется проблеме невербальной передачи информации, при разработке виртуальных миров. Естественное человеческое общение основано на речи, выражениях лица и жестах. Лицевая мимика наряду с речью, является важнейшим средством передачи невербальных сигналов, которые могут совершенно изменить смысл (интерпретацию) речевой информации. Лицо является важнейшим показателем эмоционального состояния человека.

В виртуальных мирах каждый участник представлен в виде аватара, с помощью которого действия человека в реальном мире могут быть переданы в виртуальную среду. Для этого разработана система действий в виртуальной реальности, с помощью которой пользователь выражает эмоции, изменяя характеристики лица своего аватара. При этом можно повлиять на движение глаз, бровей и губ. Для лицевой анимации используется линейная интерполяция по ключевым кадрам и блендинг. В работе [17] разработана модель лица из 1100 точек, а

его эмоциональное состояние описывается 9-мерным вектором.

Высокореалистичная анимация, в том числе, мимики лица, позволяет виртуальным мирам сближаться по реализму с реальным миром.

### 3. Типология компьютерных игр.

Остановимся на типологии компьютерных игр. По мнению Иванова М.С. [51]. Все компьютерные игры можно условно разделить на ролевые и неролевые. Это разделение имеет принципиальное значение, поскольку природа и механизм образования психологической зависимости от ролевых компьютерных игр имеют существенные отличия от механизмов образования зависимости от неролевых компьютерных игр.

Иванов М.С. предлагает следующую классификацию компьютерных игр.

I. Ролевые компьютерные игры. Основная их особенность — наибольшее влияние на психику играющего, наибольшая глубина «вхождения» в игру, а также мотивация игровой деятельности, основанная на потребностях принятия роли и ухода от реальности.

1.1. Игры с видом «из глаз» «своего» компьютерного героя. Этот тип ролевых игр характеризуется наибольшей силой «затягивания» или «вхождения» в игру. Специфика здесь в том, что вид «из глаз» провоцирует играющего к полной идентификации с компьютерным персонажем, к полному вхождению в роль. Через несколько минут игры (время варьируется в зависимости от индивидуальных психологических особенностей и игрового опыта играющего) человек начинает терять связь с реальной жизнью, полностью концентрируя внимание на игре, перенося себя в виртуальный мир. Играющий может совершенно серьезно воспринимать виртуальный мир и действия

своего героя считает своими. У человека появляется мотивационная включенность в сюжет игры. В критические секунды жизни своего виртуального героя игрок бледнеет и ерзает на стуле, пытаясь увернуться от ударов или выстрелов компьютерных «врагов»,

1.2. Игры с видом извне на «своего» компьютерного героя. Этот тип ролевых игр характеризуется меньшей по сравнению с предыдущим силой вхождения в роль. Играющий видит «себя» со стороны, управляя действиями этого героя. Отождествление себя с компьютерным персонажем носит менее выраженный характер, в следствие чего мотивационная включенность и эмоциональные проявления также менее выражены по сравнению с играми с видом «из глаз».

3. Руководительские игры. В этих ролевых играх играющему предоставляется право руководить деятельностью подчиненных ему компьютерных персонажей. В этом случае играющий может выступать в роли руководителя самой различной спецификации: командир отряда спецназа, главнокомандующий армиями, глава государства, даже «бог», который руководит историческим процессом. При этом человек не видит на экране своего компьютерного героя, а сам придумывает себе роль. Это единственный класс ролевых игр, где роль не задается конкретно, а воображается играющим. Вследствие этого «глубина погружения» в игру и свою роль будет существенной только у людей с хорошим воображением. Однако мотивационная включенность в игровой процесс и механизм формирования психологической зависимости от игры не менее сильны, чем в случае с другими ролевыми играми. Акцентирование предпочтений играющего на играх этого типа можно использовать при диагностике, рассматривая как компенсацию потребности в доминировании и власти.

2. Неролевые компьютерные игры. В этих играх играющий не принимает на себя роль компьютерного персонажа, вследствие чего

психологические механизмы формирования зависимости и влияние игр на личность человека имеют свою специфику и в целом менее сильны. Мотивация игровой деятельности основана на азарте «прохождения» и (или) набирания очков.

2.1. Аркадные игры. Сюжет таких игр, как правило, слабый, линейный. Все, что нужно делать играющему — быстро передвигаться, стрелять и собирать различные призы, управляя компьютерным персонажем или транспортным средством. Эти игры в большинстве случаев весьма безобидны в смысле влияния на личность играющего, т.к. психологическая зависимость от них чаще всего носит кратковременный характер.

2.2. Головоломки. К этому типу игр относятся компьютерные варианты различных настольных игр (шахматы, шашки, нарды и т.д.), а также разного рода головоломки, реализованные в виде компьютерных программ. Мотивация здесь основанна на азарте, сопряжена здесь с желанием обыграть компьютер, доказать свое превосходство над машиной.

3. Игры на быстроту реакции. Сюда относятся все игры, в которых играющему нужно проявлять ловкость и быстроту реакции. Отличие от аркад в том, что они совсем не имеют сюжета и, как правило, совершенно абстрактны, никак не связаны с реальной жизнью. Мотивация, основанная на азарте, потребности «пройти» игру, набрать большее количество очков, может формировать вполне устойчивую психологическую зависимость человека от этого типа игр.

В ролевых компьютерных играх (RPG — Role Playing Game) играющий принимает на себя роль компьютерного персонажа, т.е. сама игра обязывает играющего выступать в роли конкретного или воображаемого компьютерного героя. Именно ролевые игры обеспечивают

процесс «вхождения» человека в игру, процесс своего рода интеграции человека с компьютером, а в клинических случаях — процесс утери индивидуальности и отождествление себя с компьютерным персонажем.

По мнению Иванова М.С., разделение игр на ролевые и неролевые должно лечь в основу психологической классификации компьютерных игр [51].

#### 4. Компьютерная аддикция.

В качестве негативных последствий увлечения компьютерными играми все чаще отмечается, что игра может выступать как своего рода «наркотик» и способствовать приступам «игромании», препятствовать общению и вести к сужению круга интересов [2].

Возник феномен психологической зависимости человека от компьютерных игр. Учитывая то, что количество людей, попадающих в эту зависимость, растет с каждым днем, этот вопрос требует изучения со стороны педагогической и психологической науки. В обществе формируется целый класс людей-фанатов компьютерных игр - компьютерных аддиктов.

Аддикция (Зависимость) - навязчивая потребность, ощущаемая человеком, подвигающая к определенной деятельности [84]. Аддиктивное поведение связано с желанием человека уйти из реальной жизни путем изменения состояния своего сознания. В связи с этим в настоящее время интенсивно обсуждается синдром "(нарко)зависимости от Интернета", или "Интернет-аддикции" (Internet Addiction Disorder, или IAD) [29]. Современные компьютерные игры чаще всего являются сетевыми, Интернет-играми. Поэтому термины «компьютерный аддикт» и «Интернет-аддикт» во многом совпадают.

Общение с компьютерными аддиктами показывает, что многим

из них увлечение компьютером отнюдь не идет на пользу, а некоторые серьезно нуждаются в психологической помощи.

Рассматривая психологические аспекты зависимости от компьютерных игр, можно усмотреть аналогию с психологическими аспектами наркотической, алкогольной и других «традиционных» зависимостей. Подобный модельный подход удобен с точки зрения научного исследования игровой зависимости, так как, в случае подтверждения эквивалентности этих видов зависимости, появится возможность применить весь объем знаний, накопленных в области «традиционных» видов зависимости, на зависимость от компьютерных игр. Конечно, необходимо тщательно исследовать полноту принятой аналогии.

Хорошо известным является тот факт, что величина наркотической зависимости возрастает с течением времени, т.е., в отсутствие специального терапевтического воздействия на человека, его психологическая зависимость от наркотических веществ постоянно усиливается. Как исключение можно рассматривать очень редкие случаи самопроизвольного снижения величины наркозависимости или ее полное исчезновения. Подобные отклонения обусловлены скорее, индивидуальными особенностями человека, нежели механизмами самой зависимости.

Эти рассуждения можно проиллюстрировать графиком динамики развития наркозависимости.

На рис.6.11.1 вдоль оси абсцисс отложено время, а по оси ординат величина, характеризующая степень зависимости в относительных единицах.

Зависимость в целом, в случае наркотической аддикции будет иметь возрастающий характер, хотя, возможно, на некоторых участках она может почти не возрастать или даже убывать.

Для компьютерной аддикции зависимость носит несколько иной характер. По результатам исследования Иванова М.С. 80% испытуемых с большим стажем увлечения компьютерными играми прошли «пик» увлеченности компьютерными играми, однако продолжают увлекаться ими в настоящее время. Если в период максимальной увлеченности, они могли играть по 30-50 часов в неделю, а продолжительность игры могла быть до 14-18 часов, то спустя несколько лет они играют 20-30 часов в неделю, а продолжительность одной игры длится не более 4-5 часов. Иванов М.С. предполагает, что динамика развития компьютерной зависимости отличается следующими особенностями. На начальном этапе увлечения идет своего рода адаптации, у человека появляется интерес к игре. Затем наступает период резкого роста, быстрого формирования зависимости.

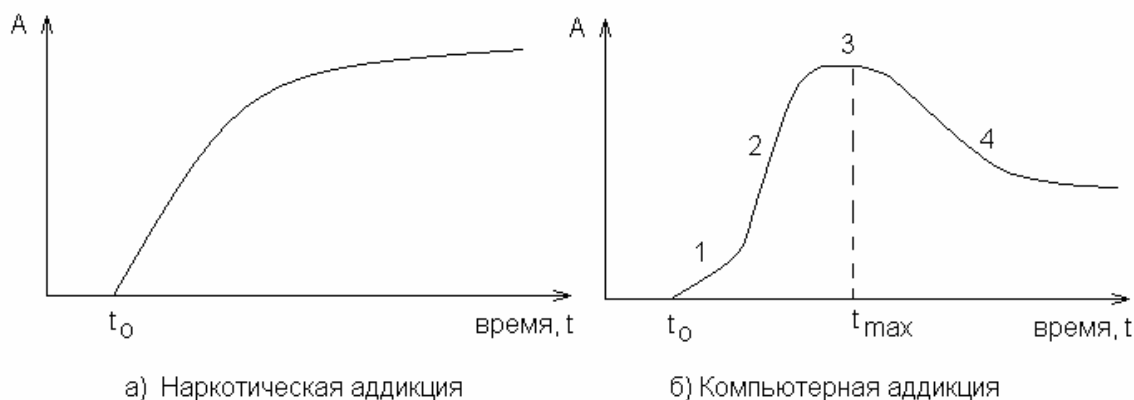


Рис. 6.11.1. Структура аддикции.

Далее, величина зависимости достигает некоторой точки максимума, положение которой зависит от индивидуальных особенностей личности и факторов внешней среды. Затем степень зависимости на какое-то время остается устойчивой, а затем идет на спад и опять же фиксируется на определенном уровне и остается устойчивой в течение



длительного времени.

Таким образом, аналогия между механизмами формирования наркотической и игровой зависимости возможна только на некоторых стадиях. В период своего возрастания и состояния устойчивости игровая зависимость по своим психологическим аспектам весьма близка к наркотической. Однако, в случае с игровой зависимостью, за кризисом наступает спад, что никак не свойственно динамике наркозависимости.

Иванов М.С. выделяет четыре стадии развития психологической зависимости от компьютерных игр.

1. Стадия легкой увлеченности. После того, как человек один или несколько раз поиграл в ролевою компьютерную игру, он начинает чувствовать влечение к игре. Человек начинает играть уже не потому, что случайно оказался за компьютером, стремление к игровой деятельности принимает некоторую целенаправленность. Однако игра в компьютерные игры носит скорее ситуационный, нежели систематический характер. Устойчивая, постоянная потребность в игре на этой стадии не сформирована, игра не является значимой ценностью для человека.

2. Стадия увлеченности. Фактором, свидетельствующим о переходе человека на эту стадию формирования зависимости является появление в иерархии потребностей новой потребности — игра в компьютерные игры. На самом деле новая потребность лишь обобщенно обозначается нами как потребность в компьютерной игре. На самом деле структура потребности гораздо более сложная, ее истинная природа зависит от индивидуально-психологических особенностей самой личности. Иными словами, стремление к игре — это, скорее, мотивация, детерминированная потребностями бегства от реальности и принятия роли. Игра в компьютерные игры на этом этапе принимает сис-

тематический характер. Если человек не имеет постоянного доступа к компьютеру, т.е. удовлетворение потребности фрустрируется, возможны достаточно активные действия по устранению фрустрирующих обстоятельств.

3. Стадия зависимости. Примерно 10-14% игроков являются «заядлыми», т.е. предположительно находятся на стадии психологической зависимости от компьютерных игр. Эта стадия характеризуется не только сдвигом потребности в игре на нижний уровень пирамиды потребностей, но и другими, не менее серьезными изменениями — в ценностно-смысловой сфере личности. По данным Шмелева А.Г. [123] происходит интернализация локуса контроля, изменение самооценки и самосознания. Зависимость может оформляться в одной из двух форм: социализированной и индивидуализированной. Социализированная форма игровой зависимости отличается поддержанием социальных контактов с социумом (хотя и в основном с такими же игровыми фанатами).

Индивидуализированная форма зависимости является крайней формой зависимости, когда нарушаются не только нормальные человеческие особенности мировоззрения, но и взаимодействие с окружающим миром.

Нарушается основная функция психики — она начинает отражать не воздействие объективного мира, а виртуальную реальность. Эти люди часто подолгу играют в одиночку, потребность в игре находится у них на одном уровне с базовыми физиологическими потребностями. Для них компьютерная игра — это своего рода наркотик.

4. Стадия привязанности. Эта стадия характеризуется угасанием игровой активности человека, сдвигом психологического содержания личности в целом в сторону нормы. Это самая длительная из всех стадий — она может длиться всю жизнь, в зависимости от скорости уга-

сания привязанности.

Иванов М.С. считает, что механизм формирования игровой зависимости основан на частично неосознаваемых стремлениях, потребностях: уход от реальности и принятие роли. Эти механизмы работают независимо от сознания человека и характера мотивации игровой деятельности, включаясь сразу после знакомства человека с ролевыми компьютерными играми и начала более или менее регулярной игры в них. Однако уйти от реальности можно только лишь «погрузившись» в другую реальность — виртуальную [51].

Насколько опасен уход в виртуальную реальность? Ведь компьютерные игры, в случае слабой зависимости, могут оказывать благотворное влияние. При этом человек на время «уходит» в виртуальность, чтобы снять стресс, отвлечься от проблем и т.д. В частности, Д.Винникотт указывает, что «... игра сама по себе является терапией» [27]. Одним из важнейших свойств игры Й. Хейзинге считает то, что игра это свободное действие: игра по принуждению не может оставаться игрой. Играющий – свободен [126]. Свобода – это тоже немаловажный фактор привлекательности игры.

В случае сильной зависимости наоборот, человек на время «выходит» из виртуальности в реальный мир, чтобы удовлетворить физиологические потребности (рис.6.11.2).

Соотношение интервалов времени  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ , пребывания в «чужом» мире характеризуют степень зависимости аддикта (геймера) от компьютерной игры. Чем меньше  $\Delta t_1$  или  $\Delta t_2$ , тем меньше нуждается геймер в «чужом» мире. При этом для реального мира «чужим» является виртуальный и наоборот. При слабой зависимости человек ненадолго ( $\Delta t_1$ ) уходит из реального мира в виртуальный, чтобы снять стресс. При сильной зависимости, человек ненадолго ( $\Delta t_2$ ) возвра-

щается в реальный мир из виртуального, чтобы удовлетворить физиологические потребности.

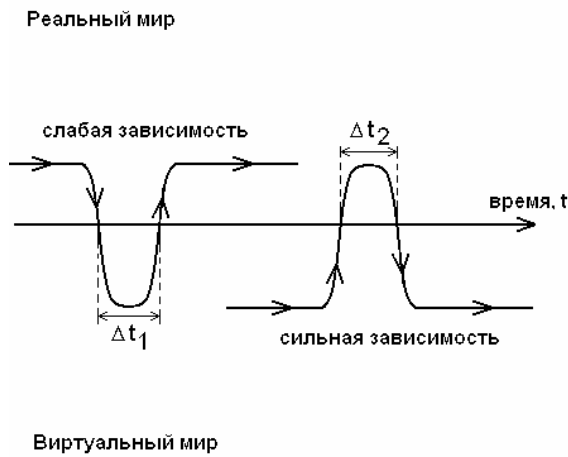


Рис.6.11.2. Соотношение времен пребывания в реальном и виртуальном мирах.

Для геймеров пирамида потребностей Маслоу [82], в отличие от обычных людей, одновременно размещена в разных пространствах – реальном и виртуальном (рис.6.11.3).

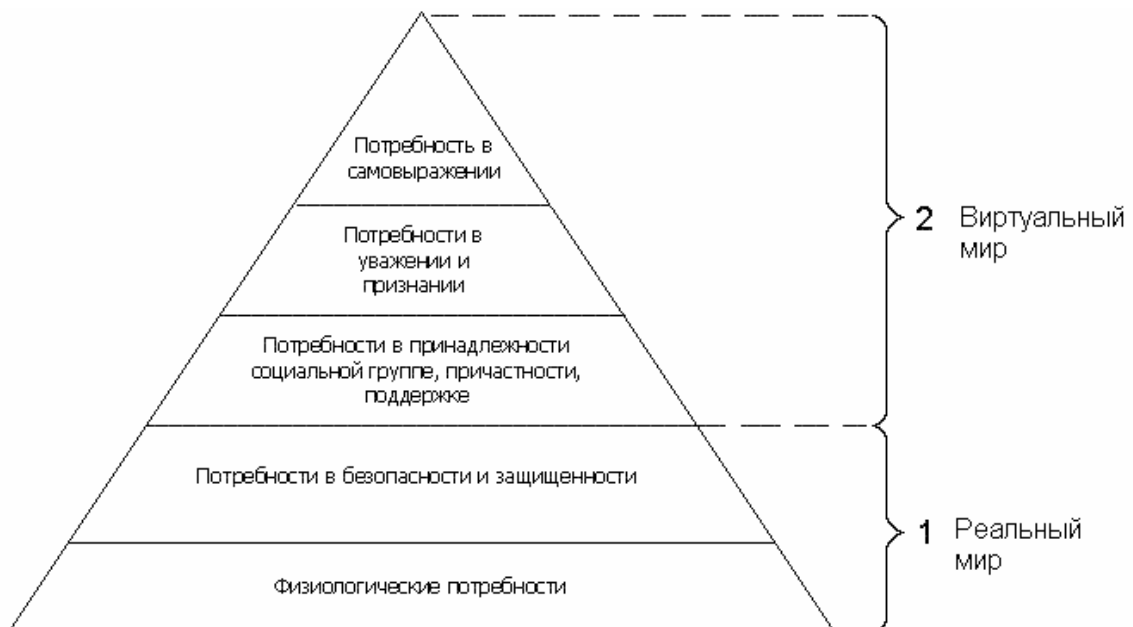


Рис.6.11.3. Пирамида Маслоу для геймера.

Два нижних уровня (1) находятся в реальном мире, потому что

только там можно удовлетворить базовые потребности личности. Что касается высших уровней пирамиды Маслоу, то они находятся в виртуальном мире. Точнее говоря, потребности, соответствующие высшим уровням могут быть удовлетворены для геймера лишь в виртуальном мире.

Иванов М.С. приводит такой пример высказывания компьютерного аддикта, который увлекался играми типа 3D-Action: «Когда я встаю из-за компьютера и выхожу на улицу, мне не хватает оружия, которое есть у меня в игре. Без него я чувствую себя незащищенным, поэтому стараюсь быстрее прийти домой и снова сесть играть». Мы видим, что постоянный уход от реальности приводит к усилению этого стремления, к появлению устойчивой потребности бегства от реальности [51].

Реальный мир начинает казаться чужим и полным опасностей, потому что человек не может в реальном мире делать все то, что ему дозволено в виртуальном [51].

Отмечается, что «компьютерные игры могут выполнять функцию психологической разгрузки, играть роль психологического тренинга (учить способам разрешения проблем)» [25].

Компьютерные игры представляют собой динамично развивающуюся сферу международного бизнеса. Так, оборот игровой индустрии в 2003 году — 28,9 млрд долларов, а в 2007 году уже 49 млрд долларов. Количество играющих в компьютерные игры во всем мире составляет более 500 млн человек.

В защиту компьютерных игр можно привести и такое высказывание: «компьютерные игры — это новая отрасль нашей жизни. Как и все остальное, она имеет плюсы и минусы и требует внимания со стороны управления молодежной политики, психологов, школ и других заинтересованных организаций. Сегодня это новое социальное явление».

ние не изучено, отсюда и появились параллели с наркотиками. Некоторые люди в страхе перед неведомым навесили красных флажков, как на охоте на волков. Но лучше не придумывать страшилки, а участвовать в новых явлениях, изучать их, адаптировать в обществе и давать рекомендации» [96].

Приведем характерное высказывание бывшего компьютерного аддикта: «... Я убил одну из своих жизней ради другой – виртуальную ради реальной. И я не уверен, что реальная мне нравится больше, ведь я ее не выбирал, меня в ней родили, не спросив. А виртуальную жизнь я строил сам. Это как друзья и родственники. Последних мы не выбираем, а в друзья берем тех, кто ближе по душе. Я всегда ценил дружеские связи превыше родственных, цивилизованные – превыше родоплеменных. Поэтому я не уверен, был ли я прав... Игра – вот настоящая жизнь!» [75].

Как видим, компьютерные игры имеют своих сторонников, приводящих свои аргументы в защиту виртуального мира в жизни современного человека.

Таким образом, компьютерные игры, как важнейший феномен жизни современной молодежи, требуют своего изучения. Компьютерные игры, особенно ролевые, могут вызывать компьютерную аддикцию, что неблагоприятно сказывается на социализации геймеров.

Притягательность виртуальных сред необходимо использовать в образовательных целях (обучение, воспитание).

## 6.12. ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ РИСКИ В СИСТЕМЕ В УЧЕБНОМ КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

В целом, следует признать, что чрезмерное увлечение компьютерными играми является отрицательным явлением, с которым надо бороться. Рассмотрим последствия применения систем учебного компьютерного моделирования с этой точки зрения.

С одной стороны, виртуальные эксперименты оттягивают на себя фокус внимания учащегося. Больше времени уделяя компьютерным экспериментам, учащийся будет меньше времени уделять компьютерным играм. Красочно оформленный, развивающийся по увлекательному сюжету, компьютерный физический эксперимент может оказаться не менее притягательным, чем компьютерные игры.

С другой стороны, компьютерные физические эксперименты способствует еще большему погружению учащегося в виртуальную реальность. Мало того, что он все время играет в компьютерные игры, так еще он и во время занятий будет сидеть за компьютером, вообще не выходя в реальный мир.

Мы сталкиваемся с проблемой педагогического риска в связи с применением системы виртуального физического эксперимента. Для оценки этого риска, нами было проведено исследование в форме анкетирования. Результаты анкетирования показывают, что педагогические риски, связанные с применением системы виртуального физического эксперимента незначительны.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Агеев В.Н., Древис Ю.Г. Электронные издания учебного назначения: концепции, создание, использование: Учебное пособие в помощь авт.и ред./ Под ред Древиса. –М.: Моск. гос.ун-т печати, 2003. -236с.
- 2 Адамова Л. Е. Психологическое исследование достоинств и недостатков использования компьютерных игровых технологий в обучении студентов // Информация и образование: границы коммуникаций INFO'10: сборник научных трудов / Сост. Темербекова А. А., Чугунова И. В. - № 2. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. -С.214-216.
- 3 Антология мировой философии. Возрождение. –М.: Харвест, 2001 г. – 928 с.
- 4 Апинян Т. А. Игра в пространстве серьезного. Игра, миф, ритуал, сон, искусство и другие. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. — 400 с.
- 5 Аристотель. Физика. Перевод: В.П.Карпов. из книги "философы Греции основы основ: логика, физика, ЭТИКА" издательство ЭКСМО-Пресс; -Харьков, 1999. -1056 с.
- 6 Архимед и измерение неба. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://www.starballs.narod.ru/index.files/6h.htm> [Дата обращения: 9 февраля 2009].
- 7 Белл Э.Т. Творцы математики: Предшественники современной математики. Пособие для учителей. Пер. с англ. – М.: Просвещение, 1979. -256 с.
- 8 Белоус В. Ядерные испытания под запретом. что дальше? 28.09.2000 [Электронный ресурс]. Доступно из URL: [http://www.nasledie.ru/voenpol/14\\_9/article.php?art=8](http://www.nasledie.ru/voenpol/14_9/article.php?art=8) [Дата обращения: 12 октября 2009].



- 9 Бирюков В.В., Тюхтин В.С. О понятии сложности // Логика и методология наук. М.: Мысль, 1967. С. 218-225.
- 10 Большая советская энциклопедия. Земля – Индейцы. Том 17. –М., 1952. –632 с.
- 11 Большая советская энциклопедия. Многоножки – Мятлик. Том 28. –М., 1954. –664 с.
- 12 Большая советская энциклопедия. Фидер-Фурьеризм. Том 45. – М., 1956. –672 с.
- 13 Большая советская энциклопедия. Шербрук-Элодея. Том 48. –М., 1957. –669 с.
- 14 Большой Адронный Коллайдер. [Электронный ресурс]. Доступно из URL:<http://urbanus.ru/articles/81/> [Дата обращения: 24 марта 2009].
- 15 Бордовская Н.В. и др. Гуманитарные технологии в вузовской образовательной практике: практика проектирования, анализа и применения: Учебное пособие / Под общ.ред. Н.В. Бордовской. – СПб.: Изд. РГПУ, 2008. -636 с.
- 16 Бродецкий А.Я. Внеречевое общение в жизни и в искусстве. Азбука молчания. –М., 2000. -164 с.
- 17 Будников В.В. Лицевая анимация в реализации эмоций при коммуникациях в виртуальных мирах // Материалы XX Международной конференции «Применение новых технологий в образовании» . Троицк, Московская область, 26-27 июня 2009 г. –Троицк: Тровант, 2009. -С.118-119.
- 18 Буров В., Дик Ю., Зворыкин Б. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7-11 классах –М.: Просвещение, 1996. -368 с.
- 19 Буров В., Дик Ю., Зворыкин Б. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7-11 классах –М.: Просвещение, 1996. -368 с.

- 20 Бурсиан Э.В. Задачи по физике для компьютера: Учеб. пособие для студентов физ.-мат.фак. пед. ин-тов. –М.: Просвещение, 1991. –256 с.
- 21 Бутиков Е.И. Лаборатория компьютерного моделирования. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://faculty.ifmo.ru/butikov/Applets/LabSimulations.pdf>. 12.01.2009.
- 22 Бэкон Ф. Новый Органон -М.: Директ-Медиа, 2002. - 417 с.
- 23 Бэкон Ф. Сочинения: В 2 т. — Т.2 —. М., 1970. — С.288.
- 24 Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. Экспериментальные задачи на уроках физики и физических олимпиадах. –М.: МЦНМО, 2009. -184 с.
- 25 Васильева И. А., Осипова Е. М., Петрова Н. Н. Психологические аспекты применения информационных технологий // Вопросы психологии. – 2003. – № 3. – С. 80-88.
- 26 Верешков Г.М., Минасян Л.А. Эпоха критических экспериментов в фундаментальной физике и космологии. // Научная мысль Кавказа, ЮФУ, 2004, №3. –С.48-57.
- 27 Винникотт Д. Игра и Реальность. –М.: Институт Общегуманитарных Исследований, 2002. -288 с.
- 28 Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы [Электронный ресурс]: –М. Новый диск, 2007. – электрон. опт. диск (CD-ROM).
- 29 Войсункский А.Е. Психологические исследования феномена интернет-аддикции //2-ая Российская конференция по экологической психологии. Тезисы. - М.: Экопсицентр РОСС, 2000. - С. 251-253.
- 30 Всемирная энциклопедия: Философия /Гл.науч.ред.и сост.

- А.А.Грицанов. –М.:АСТ, Мн.:Харвест, 2001. -1312 с.
- 31 Галилей Г. Избранные труды. Т.1. –М.: «Наука», 1964. -645 с.
- 32 Галилей Г. Избранные труды. Т.2. –М.: «Наука», 1964. -574 с.
- 33 Гаузнер С.И., Кивилис С.С., Осокина А.П., Павловский А.Н. Измерение массы, объема и плотности. –М.: Издательство стандартов, 1972. -623 с.
- 34 Гирке Р., Шпрокхоф Г. Эксперимент по курсу элементарной физики. Ч.1. –М.: Учпедгиз, 1959. -264 с.
- 35 Гирке Р., Шпрокхоф Г. Эксперимент по курсу элементарной физики. Ч.1. –М.: Учпедгиз, 1959. -264 с.
- 36 Глазырин А.И. Самодельные демонстрационные приборы по физике и опыты с ними. –М.: «Учпедгиз», 1960. -489 с.
- 37 Горбань А. Н., Хлебопрос Р. Г., Демон Дарвина: Идея оптимальности и естественный отбор. — М: Наука. Гл ред. физ.-мат. лит., 1988. — 208 с
- 38 Гронский А. В чем экзистенциальность гештальт-терапии? //Экзистенция: психология и психотерапия, 2008, N12. –С. 94-107.
- 39 Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: В 2-х частях. Часть 1: Пер. с англ. –М.: Мир, 1990. -349 с.
- 40 Декарт Р. Рассуждение о методе, чтобы верно направлять свой разум и отыскивать истину в науках: Сочинения: В 2 т. – Т. 1. – М.: Мысль, 1989. С. 250–296.
- 41 Демкин В.П., Можяева Г.В. Классификация образовательных электронных изданий: основные принципы и критерии. Методическое пособие для преподавателей. –Томск: Изд.Томского Гос.Ун-та, 2003. Доступно из URL: <http://www.ict.edu.ru/ft/003621//index.html>
- 42 Дитмар А.Б. Родосская параллель. Жизнь и деятельность Эратос-

- фена. М., 1965. – 72с.
- 43 Дунин С.М. Наш необъятный двор // Компьютер в школе, 1999, N1. –С.12-14.
- 44 Дунин С.М., Федорова Ю.В. Совместное использование программы "живая физика" и цифровой лаборатории "архимед" [Электронный ресурс] Доступно из URL <http://www.int-edu.ru/page.php?id=883>. Дата обращения 7.10.09.
- 45 Дункер К. Психология продуктивного (творческого) мышления // Психология мышления. М., 1965. С. 86—234.
- 46 Живая физика. [Электронный ресурс] Доступно из URL: <http://www.int-edu.ru/object.php?m1=3&m2=2&id=202>. Дата обращения 12.01.2008.
- 47 Живая физика. Комплекты. [Электронный ресурс] Доступно из URL: [http://www.alsak.ru/component?option=com\\_sobi2/sobi2Task,sobi2Details/catid,5/sobi2Id,11/Itemid,110/](http://www.alsak.ru/component?option=com_sobi2/sobi2Task,sobi2Details/catid,5/sobi2Id,11/Itemid,110/) Дата обращения 12.01.2008.
- 48 Жигачева Н.А., Дербуш М.В. Использование компьютерного моделирования при обучении учащихся решению планиметрических задач //Электронный научный журнал «Вестник Омского государственного педагогического университета», Выпуск 2006. [Текст] [Электронный ресурс] Доступно из URL <http://www.omsk.edu/volume/2006/methodics/> [Дата обращения: 10.10.2002].
- 49 Зиновьев А.А. Логическая модель как средство научного исследования// Вопросы философии, 1960, N1. -С.82-90.
- 50 Иванов Б.С. Самоделки юного радиолюбителя. –М.: ДОСААФ, 1988. -140 с.
- 51 Иванов М.С. Формирование зависимости от ролевых компьютерных игр. [Электронный ресурс] Доступно из URL

- <http://flogiston.ru/articles/netpsy/gameaddict> [Дата обращения: 10.10.2002].
- 52 Игошин В.И. Математическая логика и теория алгоритмов: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. –М.: «Академия», 2008. -448 с.
- 53 Ким В.С. Контролирующая программа //“Информационные технологии в образовании” ИТО-98. Секция 2. Программные средства и мультимедиа в образовании и искусстве - М, 10-13 февраля, 1998, С.33-34.
- 54 Каменецкий С.Е., Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е. и др. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. -М.: "Академия", 2000. -368 с.
- 55 Каменецкий С.Е., Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е. и др. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. -М.: "Академия", 2000. -368 с.
- 56 Каменецкий С.Е., Степанов С.В., Петрова Е.Б. и др. Лабораторный практикум по теории и методике обучения физике в школе: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. –М.: «Академия», 2002. -304 с.
- 57 Кашин Д.А. Моделирование как метод познания в современных социально-гуманитарных науках. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: [http://library.krasu.ru/ft/ft/\\_articles/0112725.pdf](http://library.krasu.ru/ft/ft/_articles/0112725.pdf) [Дата обращения 12 мая 2010].
- 58 Ким В.С. Анализ результатов тестирования в процессе Rasch measurement //Педагогические измерения, N4, 2005. –С.39-45.
- 59 Ким В.С. Анализ тестовых заданий в модели G.RASCH // Педа-

- гогические измерения, 2008, №1. –С.49-58.
- 60 Ким В.С. Компьютерная поддержка дисциплины “Общая электротехника” // Новые информационные технологии в педагогическом образовании. – тезисы докладов XII Республиканская научно-практическая конференция, 24-26 апреля, 1995, Магнитогорск-Магнитогорск, изд-во МГПИ, 1995, С.81-82. 157 с.
- 61 Ким В.С. Компьютерное моделирование в контролирующих программах // Материалы международной научно-методической конференции “Наука в образовательном процессе вуза” - Уссурийск, изд. УГПИ, 1997. -С.93-96.
- 62 Ким В.С. Компьютерное моделирование в преподавании дисциплин физико-технического профиля // Вестник МГОУ. Серия "Педагогика", 2009, №2. С.189-193. -М.:Изд-во МГОУ.
- 63 Ким В.С. Компьютерное моделирование физических процессов // Материалы международной научно- методической конференции “Наука в образовательном процессе вуза” - Уссурийск, изд. УГПИ, 1997. –С.96.
- 64 Ким В.С. Компьютерное тестирование в лабораторном практикуме по общей электротехнике // Материалы всероссийской научно-методической конференции - “Роль фундаментальных наук в развитии университетского технического образования”. Владивосток 17-19 сентября, 1996, С.75-77.
- 65 Ким В.С. Компьютеры в самостоятельной работе студентов // Тез. докл. Региональной научно-методической конференции “Самостоятельная работа студентов: проблемы и опыт. 27-29 ноября, 1996 - Владивосток, 1996, С.124-125.
- 66 Ким В.С. Применение компьютерного моделирования в преподавании физики //Материалы конференции “Модели прогрессивно-

- го развития Дальневосточного региона”, 28-29 октября, 1999, Уссурийск, изд. УГПИ, 1999. -С.66-67.
- 67 Ким В.С. Тестирование учебных достижений. Монография. - Уссурийск: Изд.УГПИ, 2007. -214 с. –То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.uspi.ru/static/kim\\_testing\\_monograph/](http://www.uspi.ru/static/kim_testing_monograph/) [Дата обращения: 20 декабря 2007].
- 68 Ким В.С. Фасетные тестовые задания с применением компьютерного моделирования // Педагогические измерения, 2009. №3. – С.55-61.
- 69 Клевицкий В.В. Учебный физический эксперимент с использованием компьютера как средство индивидуализации обучения в школе: Дис. канд. пед. наук: 13.00.02: Москва, 1999. - 247 с.
- 70 Коджаспирова Г.М., Коджаспиров А.Ю. Словарь по педагогике. – М.: ИКЦ «МарТ», 2005. -448 с.
- 71 Кохановский В.П. Философия и методология науки: Учебник для высших учебных заведений. –Ростов н/Д.: «Феникс», 1999. -576 с.
- 72 Кочергин А.Н. Моделирование мышления. - М.: Политиздат, 1969. 224 с.
- 73 Кравец А.С. Вероятность и системы. - Воронеж.: Изд. Воронежского ун-та, 1970. - 192 с.
- 74 Красиков В.И. Особенности гуманитарных методологий // Методология гуманитарного знания в перспективе XXI века. К 80-летию профессора Моисея Самойловича Кагана: материалы международной научной конференции, 18 мая 2001 г., Санкт-Петербург. Серия "Symposium". Выпуск №12. - СПб.: Изд-во Санкт- Петербургского философского общества, 2001. - С. 70-75.
- 75 Краснова С.В., Казарян Н.Р., Тундалева В.С. и др. Как справиться с компьютерной зависимостью. – М.: Эксмо, 2008. – 224 с.

- 76 Кристи Эссик. Самая большая модель ядерного взрыва. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://www.osp.ru/cw/1996/30/13246/> 12.08.1996 [20.10.2009] [Дата обращения: 1 марта 2009].
- 77 Кудрявцев П.С. Курс истории физики. Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ. спец. – М.: Просвещение, 1982. -448 с.
- 78 Лотман Ю.М. Семиотика кино и проблемы киноэстетики. - Таллин:"Ээсти Раамат", 1973. -69 с.
- 79 Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений: Монография. -Глазов: ГГПИ, 2009. -112 с.
- 80 Майоров А.Н. – Теория и практика создания тестов для системы образования. – М.: «Интеллект-центр», 2001. -296 с.
- 81 Марголис А.А., Парфентьева Н.Е., Соколова И.И. Практикум по школьному физическому эксперименту. –М.: «Просвещение», 1968. -398 с.
- 82 Маслоу А.Г. Мотивация и личность / А.Г. Маслоу. – СПб.: Евразия, 2001. – 478 с.
- 83 Международная космическая станция [Электронный ресурс] Доступно из URL: <http://www.lenta.ru/lib/14192050/full.htm> Printed.htm [Дата обращения: 24 марта 2009].
- 84 Мещеряков Б.Г., Зинченко В.П. Большой психологический словарь. –М., 2002. -532с.
- 85 Миллер С. Психология игры. — СПб.: Университетская книга, 1999 — 320 с.
- 86 Мышкис А. Д., Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007. — 192 с.
- 87 Нардюжев В.И., Нардюжев И.В. Модели и алгоритмы информационно-вычислительной системы компьютерного тестирования



Монография - М Прометей, 2000 -148 с.

- 88 Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. -М., 2000. - 168 с.
- 89 Новый метод измерения плотности воды. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://24.ua/news/show/id/24033.htm>. [Дата обращения 11 июня 2009 г.]
- 90 Павлов И.П. Лекции по физиологии. – М., 1952. -С.21.
- 91 Пайерлс Р. Построение физических моделей. Успехи физических наук, 1983, Т.140, Вып.2. –С.315-332.
- 92 Пак Н.И. Компьютерное моделирование в примерах и задачах: Учебное пособие. – Красноярск: Изд-во КПКУ, 1994. – 120 с.
- 93 Пифагор Самосский [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://persona.rin.ru/view/f/0/26861/pifagor-samosskij> [Дата обращения: 9 февраля 2009].
- 94 Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студ. пед. вузов: В 2 кн. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576с.
- 95 Подласый И.П. Педагогика. Новый курс: Учебник для студ. пед. вузов: В 2 кн. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. – 576с.
- 96 Полежаев Н. Компьютерные игры: развитие или наркомания? [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://gazeta.sfu-kras.ru/node/562> [Дата обращения: 2 февраля 2009]
- 97 Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. -М.: «Прогресс», 1983. -604 с.
- 98 Преображенский К.К. Психологические аспекты проектирования изображений в машинной графике. Дисс. на соиск.уч.звания канд.психол.наук. –М., 1991. -255с.

- 99 Проектирование пользовательского интерфейса на персональных компьютерах, стандарт фирмы IBM / под ред. М.Дадашова, М., DBS Ltd, 1992 г. 186 с.
- 100 Пурьшева Н.С. Фундаментальные эксперименты в физической науке: элективный курс. 10-11 классы, 34 ч. / Н.С. Пурьшева, Н.В. Шаронова, Д.А. Исаев // Физика: газ. изд. дома «Первое сентября», 2005. - №11. - С. 28-32.
- 101 Пурьшева Н.С., Важеевская Н.Е. Физика. 7 кл.: Учеб.для общеобразоват. Учеб. Заведений. –М.: Дрофа, 2001. -208 с.
- 102 Разумный Д.В., Степанов С.В. Принципы создания видеозаписей демонстрационных опытов по физике //Преподавание физики в высшей школе.-2003.-№26.
- 103 Российская педагогическая энциклопедия: В 2 тт: Т.1: А - Л / (гл.ред. Давыдов В.В.). -М., 1993 г., 608 с.
- 104 РФЯЦ-ВНИИЭФ. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://www.vniief.ru/directions/reseach/teorfiz/> [Дата обращения: 20 марта 2009].
- 105 Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. — 2-е изд., испр.. — М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
- 106 Сафонов В.И. Пути использования компьютерных программных средств при изучении математики в средней школе // Наука и школа, 2009,1. С.55-58.
- 107 Сибрук В. Роберт Вильямс Вуд. Современный чародей физической лаборатории. –М.: ОГИЗ, 1946. -312 с.
- 108 Сидоренко Е.В. Мотивационный тренинг. – М.: Речь, 2005. – 240 с.
- 109 Смирнов А. Д. Архитектура вычислительных систем : Учеб. по-

- собрание для вузов. — М.: Наука, 1990. — С. 104. — 320 с.
- 110 Советов Б. Я., Яковлев С. А., Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.
- 111 Субботин А. Л. Фрэнсис Бэкон. М.: Мысль, 1974.-175 с.
- 112 Суербаев А.Х. О комплексном системном подходе при усовершенствовании учебного эксперимента по физике // Наука и школа, 2009, 1. –С.51-55.
- 113 Тарабукин Н. Смысловое значение диагональных композиций в живописи // Уч.записки Тарт. гос. ун-та, 1973, Вып.308. –С.427-481.
- 114 Тимакин А. В. Информационная зависимость: норма или отклонение? // Информация и образование: границы коммуникаций INFO'10: сборник научных трудов / Сост. Темербекова А. А., Чугунова И. В. - № 2. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. -С.212-214.
- 115 Тюхтин В.С. О природе образа. – М.: Высшая школа, 1963. - 124 с.
- 116 Уфимцев Р. Когнитивные технологии . [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://www.metaphor.ru/er/blog/058.xml> [Дата обращения: 11.01.2010]. .
- 117 Уфимцев Р. Магия когнитивного маркетинга // Новый маркетинг, 2008, №2. –С.8-21.
- 118 Ушинский К.Д. Собрание сочинений. В 11 т., - Т.8. - М.: Изд-во АПН РСФСР, 1950. - 775 С.
- 119 Файнбург Г.З., Овсянкин А.Ж., Потемкин В.И. Охрана труда: Учебное пособие для специалистов и руководителей служб охраны труда организаций. –Владивосток, 2007. -451 с.
- 120 Федеральный закон №69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности».

- 121 Фейнман Р. Характер физических законов.- М.: Наука, 1987. - 160 с.
- 122 Философский словарь /Под ред. И.Т. Фролова. - 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Республика, 2001. - 719 с.
- 123 Фомичева Ю.В., Шмелев А.Г., Бурмистров И.В. Психологические корреляты увлеченности компьютерными играми // Вестник МГУ. Сер 14. Психология. 1991. №3. С. 27-39.
- 124 Фролов И.Т. Гносеологические проблемы моделирования. - М.: Наука, 1961. - 145 с.
- 125 Ханнанов Н.К., Баяндин Д.В., Берков А.В., Тихонов Е.Н. и др. Физика, 7-11 классы. Библиотека наглядных пособий [Электронный ресурс]: – Электрон. текстовые дан. – М., 2004. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.
- 126 Хейзинга Й. Homo Ludens; Статьи по истории культуры. -М.: Прогресс - Традиция, 1997. - 416 с.
- 127 Хорошавин С.А. Физический эксперимент в средней школе:6-7класс. -М.:Просвещение,1988.-174 с.
- 128 Шапкин С.А. Компьютерная игра: новая область психологических исследований // Психологический журнал, 1999, том 20, №1, с. 86-102.
- 129 Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. –М.: Мир, 1978. -412 с.
- 130 Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. –М.: Мир, 1978. -412 с.
- 131 Шилов В.Ф. Домашние экспериментальные задания по физике. 7-9 класс. М.: Издательство "Школьная пресса". 2003 г. -64 с.
- 132 Штофф В.А. Моделирование и философия. - М.-Л.: Наука, 1966. - 301 с.

- 133 Шутов В.И., Сухов В.Г., Подлесный Д.В. Эксперимент в физике. Физический практикум. –М.: ФИЗМАЛИТ, 2005. -184 с.
- 134 Щетников А. И. Измерение астрономических расстояний в Древней Греции. – Новосибирск. //Схолэ, 2010, 4. -С.325-340.
- 135 Эльконин Д.Б. Психология игры. –М., 1978. -М.: Владос, 1999 г. – 360 с.
- 136 Энциклопедия Кирилла и Мефодия. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://mega.km.ru/> [Дата обращения: 7 мая 2009].
- 137 Эратосфен Киренский [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://m31.in/ellin9.html> [Дата обращения: 7 мая 2009]
- 138 Ядерные испытания СССР. Ядерное оружие. Военно-политические аспекты. т.3. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: [http://www.iss.niit.ru/sss3/1\\_1.htm](http://www.iss.niit.ru/sss3/1_1.htm) [Дата обращения: 1 марта 2009].

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
<b>Глава 1. Экспериментальный метод познания в физике</b>	<b>7</b>
1.1. Методы познания окружающего мира	7
1.2. Античная философия и последующее развитие физики	14
1.3. Информационные технологии в экспериментальном методе	19
<b>Глава 2. Экспериментальный метод в обучении физике</b>	<b>25</b>
2.1. Экспериментальный метод в обучении физике в школе	25
2.2. Фундаментальные эксперименты в курсе физике	27
2.3. Виды физического эксперимента	30
2.4. Демонстрационный эксперимент	34
2.5. Лабораторные работы	38
2.6. Физический практикум	40
2.7. Экспериментальные задачи	41
2.8. Внеклассные экспериментальные работы учащихся	45
2.9. Компьютерные эксперименты	46
<b>Глава 3. Моделирование как метод познания и обучения</b>	<b>49</b>
3.1. Гносеологические аспекты моделирования как метода познания окружающего мира	49
3.2. Проблема истинности модели.	56
3.3. Моделирование как метод познания в естественных науках	57
3.4. Определение понятия модели.	63
3.5. Функции модели.	68
3.6. Классификация моделей и виды моделирования.	71
3.7. Классификация физических моделей по пайерлсу	75
<b>Глава 4. Компьютерное моделирование</b>	<b>87</b>
4.1. Компьютерные модели	87
4.2. Этапы компьютерного моделирования	89

<b>Глава 5. Виртуальный физический эксперимент</b>	<b>95</b>
5.1. Компьютерное моделирование в физическом эксперименте	95
5.2. Компьютерные технологии в учебном физическом эксперименте	97
5.3. Построение информационных кадров программного обеспечения эвм учебного назначения	103
<b>Глава 6 учебное моделирование в физике</b>	<b>119</b>
6.1. Системы научного моделирования	119
6.2. Системы учебного моделирования в физике	120
6.3. Библиотека наглядных пособий по физике	120
6.4. Цифровая лаборатория архимед	124
6.5. Живая физика	124
6.6. Электронный учебник по физике боревского л.а.	127
6.7. Система моделирования scocodile	128
6.8. Виртуальная лаборатория по физике	129
6.9. Тестер-тренажер «цепи электрического тока»	130
6.10. Научное и учебное моделирование в физическом эксперименте	135
6.11 компьютерные игры и виртуальная среда	148
6.12. Педагогические риски в системе в учебном компьютерном моделировании	167
<b>Литература</b>	<b>168</b>

Монография

Владимир Сергеевич Ким

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Тех.редактор С.С. Кушнир  
Корректор В.В. Елизенцева

Отпечатано с оригинал-макета автора-составителя

Подписано в печать 7.09.2012. Формат 60×90/16  
Бумага офсетная. Печ.л.12.  
Тираж 200 экз. Заказ 414.

Издательство Филиала ДВФУ в г.Уссурийске,  
692508, г. Уссурийск, ул. Некрасова, 35

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра  
филиала ДВФУ в г.Уссурийске.  
692508, г. Уссурийск, ул. Некрасова, 25.