



ВЕСТНИК

пермского государственного
гуманитарно-педагогического
университета

11 • 2015

серия

**Информационные
компьютерные
технологии
в образовании**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

Кафедра мультимедийной дидактики и информационных технологий обучения

12 +

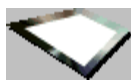
ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия

**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 11 / 2015

Научный журнал



Пермь
ПГГПУ
2015

**Учредитель – ГОУ ВПО «Пермский государственный педагогический университет»
Издатель – ФГБОУ ВО «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»**

Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»: научный журнал / ред. кол.: А.К. Колесников (науч. ред.), Е.В. Оспенникова (гл. ред.), Е.А. Еремин, А.А. Оспенников, И.В. Ильин (выпуск. ред.); Перм. гос. гуманитар.-пед. ун-т. – Пермь, 2015. – Вып. 11. – 115 с.

Представлены результаты педагогических исследований по актуальным проблемам информатизации образования. Обсуждаются структура и содержание виртуальной среды обучения, перспективы ее развития. Рассматриваются вопросы методики применения цифровых информационных ресурсов в учебном процессе в рамках различных образовательных технологий. Анализируются направления инновационного обновления учебной практики в условиях непрерывно развивающейся системы ресурсов и инструментов виртуальной среды. Включены научно-методические разработки учебных занятий и описание опыта работы учителей средних общеобразовательных школ по использованию компьютерных технологий в обучении.

Издание адресовано научным сотрудникам и преподавателям вузов, студентам педагогических университетов, учителям средних общеобразовательных школ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.К. КОЛЕСНИКОВ – ректор ПГГПУ, проф. (научный редактор)
Е.В. ОСПЕННИКОВА – д-р пед. наук, проф. (главный редактор)
Е.А. ЕРЕМИН – канд. физ.-мат. наук, доц. (зам. главного редактора)
А.А. ОСПЕННИКОВ – канд. пед. наук (выпускающий редактор)
И.В. ИЛЬИН – канд. пед. наук (выпускающий редактор)

Журнал включен в «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ)
(дата регистрации 28.04.2014, договор № 270-04/2014)

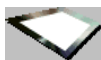
Журнал зарегистрирован как сериальное сетевое издание в международном регистрационном каталоге
(ISSN International Centre. Франция, Париж)

Сайт журнала Вестник ПГГПУ. Серия «Информационные компьютерные технологии в образовании»
URL: <http://mdito.pspu.ru/?q=node/89>

Электронная почта журнала: e-mail : rio@pspu.ru – Оспенниковой Елене Васильевне

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета

СОДЕРЖАНИЕ



ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ЕРЕМИН Е.А.

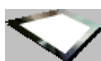
К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УСКОРЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ЭФФЕКТА ОТ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

• С. 5 – 13

БАЯНДИН Д.В.

НАЧАЛА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ STRATUM-2000

• С. 14 – 32

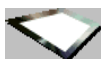


ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ И МЕТОДИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБУЧЕНИИ

БАЯНДИН Д.В., Н. Н. МЕДВЕДЕВА, Н. К. ХАННАНОВ

КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ ИЗЛОЖЕНИИ
МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ГАЗОВ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

• С. 32 – 54



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НИКУЛОВА Г.А.

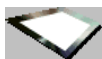
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ И СИСТЕМ МЕТОДОМ
АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

• С. 55 – 62

ИЛЬИН И.В.

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА
«ФИЗИКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОСФЕРЫ» В СРЕДНЕЙ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ 22

• С. 63 – 86

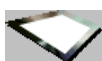


ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

БУКУШЕВА А.В.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В ПОДГОТОВКЕ
БАКАЛАВРОВ-МАТЕМАТИКОВ

• С. 87-95



ПЕРВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ: ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

ХАБИБУЛЛИН Р.Р.

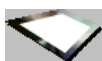
ОПЫТ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО
ФИЗИКЕ В СРЕДЕ ADOBE FLASH ДЛЯ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ» КУРСА ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ 7

• С. 96 – 103

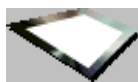
БАБАЕВ Р.У.

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИА НАСЫЩЕННЫХ «ZOOM-ПРЕЗЕНТАЦИЙ»
ДЛЯ ШКОЛЬНОГО КУРСА «ИНФОРМАТИКА И ИКТ» 8

• С. 104 – 113



НАШИ АВТОРЫ • С. 114



УДК 004.42

Е.А. Еремин

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УСКОРЕНИЯ ПРОГРАММЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭФФЕКТА ОТ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Выведены простые формулы, позволяющие оценить ускорение решения задачи на многопроцессорной системе по сравнению с однопроцессорной машиной. Дополнительно к классическому закону Амдала учитывается удлинение программы при переходе к параллельным вычислениям. В рассматриваемых примерах влияние этого фактора оказалось существенным. Продемонстрировано, как можно проверить полученные аналитические выводы с помощью учебного компьютера «Е14».

К л ю ч е в ы е с л о в а : ускорение, параллельные вычисления, закон Амдала, параллельная программа, многопроцессорная система.

1. Количество выполненных команд как мера времени работы программы

Главный эффект, которого мы добиваемся от применения параллельной вычислительной системы, должен состоять в том, что задача на ней должна считаться быстрее, чем на однопроцессорной машине. Очевидно, что ускорение S от распределения вычислений между p процессорами определяется формулой

$$S = T_1 / T_p, \quad (1)$$

где T_1 – время получения результата на одном процессоре, а T_p – на всех имеющихся. Чем больше величина S , тем существеннее эффект от применения параллельных вычислений. Практический интерес, естественно, представляют только случаи с $S > 1$.

Любая компьютерная программа состоит из отдельных команд. Общее время выполнения всей программы есть не что иное, как сумма времен выполнения каждой из проработавших команд программы (с учетом того, что некоторые команды могли циклически повторяться по несколько раз):

$$T = \sum_{i=1}^K \tau_i \quad (2)$$

Несмотря на простоту формулы (2), ее не всегда легко применить на практике. Причина в том, что разные команды состоят из неодинакового количества элементарных действий (*микрокоманд* или, как часто говорят, *тактов*), и, следовательно, выполняются за разные промежутки времени τ_i . Например, для некогда широко распространенного процессора Intel 80386 в [4] приводятся следующие данные. Простейшие операции над целыми числами (копирование, сложение, вычитание, логические операции) требуют от 2 до 7 тактов (заметим, что верхняя граница интервала достигается при извлечении данных из оперативной памяти), а целочисленные умножение и деление выполняется за 9–25 тактов.

К счастью, в ходе борьбы за повышение эффективности выполнения процессорных инструкций инженеры старались всячески оптимизировать скорость для каждой из них и максимально приблизить быстродействие к теоретическим пределам. Это привело к выравниванию времени выполнения базовых команд. В первую очередь эффект был достигнут за счет применения в современных процессорах конвейерных технологий обработки команд. Позаимствовав общую идею из автомобильного производства, изготовители микропроцессоров разделили все инструкции на стандартные этапы, каждый из которых выполняется отдельным устройством. В результате, выполняя очередную команду, процессор способен одновременно делать подготовительные действия по следующим. Подобно тому, как с конвейера автозавода раз в несколько минут сходит готовая машина, процессор каждый такт, как правило, завершает одну команду.

Дополнительной мерой «сглаживания» разницы между операциями с данными из оперативной памяти и из быстродействующих регистров микропроцессора стало применение кэш-памяти. Эта быстрая память (промежуточная между процессором и ОЗУ) существенно ускоряет считывание тех данных, которые уже использовались ранее.

Таким образом, благодаря оптимизации внутреннего устройства современные процессоры выполняют базовые инструкции за одинаковое время. Это положение используется при оценке быстродействия процессоров в большинстве книг по архитектуре компьютеров.

Как правило, формула для времени выполнения программы записывается в виде

$$T = K \cdot CPI / F, \quad (3)$$

где K – это количество выполненных команд, CPI (Cycles Per Instruction) – количество тактов на одну команду, а F – тактовая частота процессора [3, 7].

Отношение $\tau = CPI / F$ имеет размерность времени и определяет длительность типовой операции для конкретной модели процессора. Считая время τ постоянным, и из (2), и из (3) получаем одинаковое соотношение

$$T = \tau \cdot K. \quad (4)$$

Константа τ различна для разных моделей процессоров. Зато K , напротив, слабо зависит от конкретной модели. Причина в том, что общие принципы построения системы команд у процессоров во многом аналогичны [5], а требование сохранения программной совместимости делает эти принципы очень консервативными [7]. Отсюда следует, что программы на уровне машинных команд весьма похожи, а количество выполненных команд K и пропорциональное время их выполнения T можно считать характеристикой программы. Это практически полезный вывод, поскольку он позволяет оценить время работы программы, просто проанализировав ее текст.

Во всех дальнейших оценках мы будем опираться на формулу (4), которая утверждает,

что *время исполнения программы пропорционально количеству команд, выполненных в процессе ее работы*. Конкретное значение коэффициента пропорциональности τ для нас значения не имеет, так как в формулу для ускорения (1) входит отношение двух времен.

2. Классическая оценка – закон Амдала

В 1967 г. сотрудник IBM Джин Амдал (Gene Amdahl) опубликовал статью [6], ставшую впоследствии классической. Ее главная идея заключалась в том, что в любой программе можно выделить некоторую служебную часть (Амдал называет ее термином «housekeeping»), которая по своей природе является последовательной программой. Она никаким образом не поддается распараллеливанию. По мнению Амдала, в большинстве практических алгоритмов последовательная часть достаточно велика, чтобы параллельные вычисления оказались не слишком эффективными, и программисту пришлось сделать выбор в пользу классической однопроцессорной ЭВМ.

В статье не была приведена какая-либо математическая формула, описывающая обсуждаемые закономерности. Позднее, со ссылкой на идеи Амдала, такая формула была опубликована и получила название *закона Амдала* [1, 3, 8].

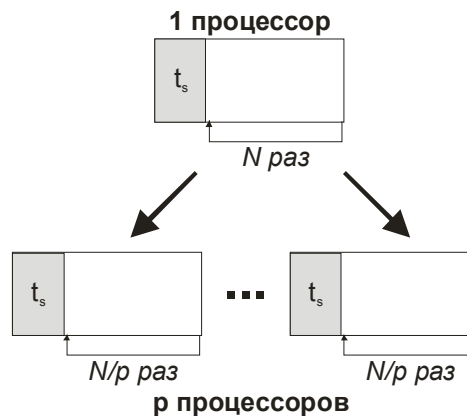


Рис. 1

Пусть последовательная часть алгоритма выполняется на обычном компьютере за время t_s , а предназначенная для распараллеливания циклическая – за t_c . При переходе к вычислительной системе с p процессорами t_s останется без изменения, зато t_c , распределившись между всеми процессорами, пропорционально уменьшится до t_c / p (см. рис. 1). В итоге получаем:

$$T_1 = t_s + t_c \quad (5)$$

$$Tp = t_s + t_c / p \quad (6)$$

Поделим обе части (5) на T_1 :

$$1 = a + t_c / T_1. \quad (7)$$

Здесь $a = t_s / T_l$ есть величина, которая характеризует долю последовательных вычислений в алгоритме.

Теперь подставим (5) и (6) в (1). Поделив числитель и знаменатель на T_l , с учетом (7) получим окончательную формулу закона Амдала

$$S = \frac{1}{a + (1 - a) / p} \quad (8)$$

Смысл закона заключается в следующем.

Когда доля последовательных вычислений a велика (т.е. близка к 1), ускорение S перестает зависеть от p и становится равным $S = 1 / a \approx 1$. Последнее означает, что для таких случаев многопроцессорные системы практически бесполезны, сколько бы в них не было процессоров.

Заметим, что и при $p \rightarrow \infty$ (процессоров очень много) значение $S \rightarrow 1 / a$.

В другом предельном случае $a = 0$ (т.е. последовательная часть отсутствует вовсе, чего на практике не бывает) из (8) получается $S = p$. Такая максимально оптимистическая оценка является асимптотической – к ней стремится ускорение S при малых a .

В общем случае имеет место промежуточная картина: $1 < S < p$.

Таким образом, закон Амдала показывает, как доля последовательных команд алгоритма a ограничивает возможное благодаря параллельным вычислениям ускорение.

3. Модифицированная оценка ускорения вычислений

При выводе закона Амдала полагалось, что при переходе от однопроцессорного компьютера к многопроцессорной вычислительной системе программа остается неизменной (только уменьшается количество повторений цикла). На практике это не так, и к параллельной программе приходится добавлять дополнительные команды. Рассмотрим, как это повлияет на итоговое время ее выполнения.

3.1. Общий подход.

Для удобства рассуждений сразу перейдем от времени выполнения команд к их количеству (вспомните формулу (4)).

Пусть в исходной однопроцессорной программе K_s команд в последовательной части и R команд, которые образуют цикл, выполняемый N раз. В таком случае общее количество выполненных команд в программе равняется

$$Kl = K_s + R \cdot N \quad (9)$$

Перейдем теперь к параллельной программе для p процессоров. К ней добавится две группы команд (см. рис. 2). Во-первых, вырастет последовательная часть, поскольку появятся расчеты, связанные с распределением работ между процессорами. Обозначим это увеличение числа команд через As . Во-вторых, возрастет количество команд внутри цикла. Причина роста состоит в необходимости как-то «доставить» каждому процессору необходимые исходные данные. Это может быть как отдельный цикл, предварительно копирующий обрабатываемую часть массива, так и команды, обеспечивающие извлечение данных из общей памяти непосредственно внутри основного цикла. В любом

случае на каждый циклически обрабатываемый элемент придется на некоторое количество команд Ar больше.

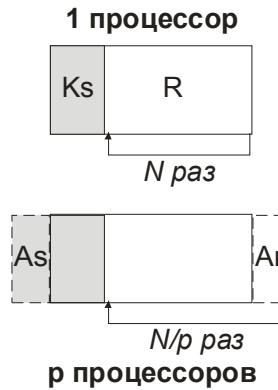


Рис. 2

В итоге формула для количества команд Kp в параллельной программе для каждого из процессоров усложнится (сравните с (9)):

$$Kp = (Ks + As) + (R + Ar) \cdot N / p. \quad (10)$$

Заметим, что при $As = Ar = 0$ формулы (9) и (10) немедленно переходят в (5) и (6), если ввести обозначения $t_s = Ks$ и $t_c = R \cdot N$.

Проведем совместный анализ полученных формул (9) и (10). Для этого подсчитаем две величины: разность числа команд $Kl - Kp$ и их отношение Kl / Kp . Первая позволит выяснить, как влияют параметры на рост быстродействия параллельных вычислений, а вторая даст обобщение формулы (1) с учетом изменения длины программы.

3.2. Вычисление разности

Вычислим разницу $\Delta K = Kl - Kp$. Она характеризует, насколько изменится число выполненных команд при мультипроцессорной обработке программы по сравнению с однопроцессорной.

$$\Delta K = Kl - [(Ks + As) + (R + Ar) \cdot N / p] = R \cdot N \cdot (p - 1) / p - As - Ar \cdot N / p. \quad (11)$$

Первое слагаемое в (11) описывает классический эффект сокращения вычислительной работы благодаря уменьшению числа повторений циклов. Два последних слагаемых, содержащих As и Ar , появляются из-за учета изменения длины программы. Они входят в формулу с противоположным знаком, так что итоговый результат есть разность между двумя конкурирующими факторами: ростом скорости из-за уменьшения количества циклов и ее падением из-за удлинения параллельной программы. Из формулы также видно, что при больших N влияние Ar многократно сильнее, чем As .

Естественно, что эффект хоть какого-то ускорения в обработке данных получится при $\Delta K > 0$ (т.е. когда $Kl > Kp$).

3.3. Вычисление отношения

Теперь перейдем к вычислению отношения K_1 / K_p , которое, согласно (1) и (4), есть интересующее нас ускорение от параллельных вычислений.

Поделив (9) на (10), получим:

$$S = (K_s + R \cdot N) / [(K_s + A_s) + (R + A_r) \cdot N / p]. \quad (12)$$

Особый интерес для практики представляют задачи с большим количеством повторений цикла N (задачи «небольшого размера» можно решать и на обычном компьютере). В рассматриваемом случае всеми слагаемыми в (12), не содержащими N , можно пренебречь. После сокращения на N останется

$$S = \frac{pR}{R + Ar} = \frac{p}{1 + Ar/R} \quad (13)$$

И, наконец, введя обозначение $b = Ar / R$, окончательно имеем асимптотическую формулу для больших N :

$$S = p / (1 + b) \quad (14)$$

Из (14) видно, что ускорение вычислений, которое имеет место в случае $S > 0$, возможно, только когда число процессоров p превысит величину

$$p > 1 + b. \quad (15)$$

Заметим, что точно такая же формула могла быть получена и из (11).

3.4. Некоторые выводы

Таким образом, нам удалось построить несложную математическую модель, оценивающую выигрыш от применения многопроцессорной системы. Формула (14) выведена в предположении определенных условий. Напомним их еще раз:

1) программа состоит из двух частей – последовательной и циклической (параллельной). Более сложные алгоритмы (например, развилки или вложенные циклы) не рассматриваются. Данный подход полностью повторяет принятый при выводе закона Амдала.

2) количество циклов достаточно велико, так что временем выполнения последовательной части можно пренебречь. В терминах закона Амдала (8) это малые значения a . Если условие $a \ll 1$ не выполняется, придется пользоваться более сложной формулой (12).

3) все основные команды процессор выполняет за одинаковое время, что позволяет перейти от времени выполнения к числу команд с помощью (4).

Подчеркнем, что в отличие от закона Амдала, выведенные формулы учитывают удлинение программы при переносе с однопроцессорной системы на многопроцессорную.

Интересным результатом анализа является возможность делать выводы (в рамках указанных выше допущений) об эффективности параллельных вычислений исключительно по устройству главного цикла программы.

4. Практическая проверка оценок

Выведенные формулы были проверены с помощью учебного компьютера «Е14» [2], который представляет собой программное обеспечение для изучения принципов работы многопроцессорных систем. «Е14» это виртуальная многопроцессорная машина. Она имеет пять процессоров, из которых один является главным (он распределяет работу и руководит вычислениями), а четыре – подчиненными (они производят параллельные вычисления).

Полезной для нас функцией программы является автоматический подсчет числа выполненных команд. Полученные данные могут быть подставлены в выведенные ранее формулы с целью проверки их правильности.

Были решены три тестовые задачи.

1. Суммирование элементов одномерного массива из N целых чисел с помощью стандартного алгоритма: сначала центральный процессор копирует в память каждого из четырех процессоров нужную часть массива, а затем запускает во всех процессорах программу суммирования.

2. Решение той же задачи, но с использованием другого алгоритма: каждый из процессоров при осуществлении суммирования самостоятельно считывает нужные ему элементы массива из общей памяти.

3. Заполнение одномерного массива последовательными нечетными числами; алгоритм во многом похож на предыдущий, только считывание исходных данных из общей памяти в нем заменено записью туда результатов.

Для численных оценок максимально возможного ускорения S использовалась формула (14). Во всех трех задачах число процессоров p было равно 4. Анализ программы позволил легко подсчитать количество команд в рабочем цикле однопроцессорной программы R и дополнительные команды, связанные с передачей элементов массива Ar . Эти данные подставлялись в формулы, и вычислялось значение ускорения S . Полученные результаты сведены в следующую таблицу:

Задача	p	R	Ar	b	S
1	4	4	8	2	1,33
2		4	5	1,25	1,78
3		8	4	0,5	2,67

Вычислив предельные значения для больших N , можно проверить их путем непосредственного исполнения каждой из написанных программ на учебном компьютере «Е14». Для всех трех случаев сначала делался расчет только на одном (главном) процессоре, что давало значение $K1$. Затем запускался четырехпроцессорный вариант параллельной программы и определялось Kp . Отношение полученных чисел давало значение S для выбранного N . Расчеты проводились для различных значений N , после чего строился график $S(N)$ – см. рис. 3.

Номера графиков на рис.3 совпадают с приведенными выше номерами задач. Для каждого из трех графиков пунктиром построена асимптота ($a1 - a3$), значение для которой взято из последнего столбца таблицы. Отчетливо видно, что при больших N графики действительно стремятся к соответствующим значениям.

На этом же рисунке для сравнения построены графики классического закона Амдала (8). Как видно из формулы, для этого (считая p заданным) достаточно определить долю a последовательных команд в (однопроцессорном!) алгоритме: $a = Ks / KI$. Для задачи суммирования $Ks = 5$, а для заполнения массива нечетными числами $Ks = 4$. Значение KI легко определяется по формуле (9). Заметим, что тесты номер 1 и 2 относятся к одной и той же задаче, а значит, им соответствует единая кривая закона Амдала (Ам12 на рис. 3). Как видно из рис.3, учет изменения длины программы существенно «сдвигает» графики $S(N)$ в сторону меньших S , что подтверждает максимальную оптимистичность закона Амдала.

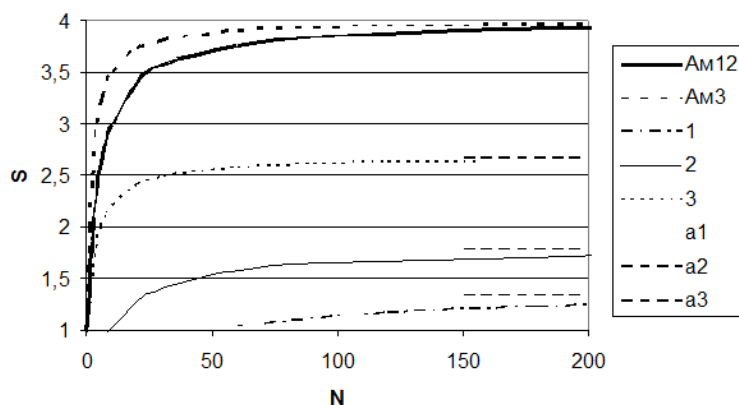


Рис. 3

Дополнительные практически полезные выводы можно получить из попарного сравнения графиков на рис. 3.

Сначала сопоставим между собой графики 1 и 2. Это одна и та же задача, но решенная с помощью различных алгоритмов. Главное различие этих алгоритмов состоит в значениях Ar (см. таблицу). Для кривой 1 соответствующее значение больше, и график ожидаемо идет ниже: чем меньше команд дополняется в цикл при переходе к параллельной программе, тем она работает быстрее и тем, следовательно, выше эффект от применения многопроцессорной системы.

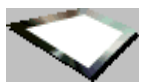
Теперь сравним графики 2 и 3. Они соответствуют разным задачам. Значения Ar для них близки, но зато заметно отличается величина b . Мы видим, что эффект ускорения выше для меньших $b = Ar / R$. Таким образом, для повышения эффекта от параллельности вычислений желательно, чтобы доля дополнительных команд Ar составляла как можно меньшую часть от R . На практике просматривается два пути: первый – стараться уменьшить Ar , что возможно лишь до определенного предела, а второй – увеличивать R , т.е. решать более сложные задачи. Последний вывод (на сложных задачах эффекты от применения параллельности будут выше) благоприятен для практики.

Таким образом, выведены простые формулы, позволяющие оценить ускорение решения задачи на многопроцессорной системе по сравнению с однопроцессорной машиной. Показано, что учет изменения длины программы при переходе к параллельным вычислениям приводит к результатам, существенно отличающимся от вычисленных с помощью классического закона Амдала. Продемонстрировано, как можно проверить полученные аналитические выводы с помощью учебного компьютера «Е14».



Список литературы

1. Амдал Дж. Компьютерная архитектура и закон Амдала // Открытые системы. – 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.osp.ru/os/2014/02/13040049/> (дата обращения: 23.12.2015).
2. Еремин Е.А. О выборе подхода к построению компьютерной поддержки для изучения многопроцессорных систем // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2014. – Вып. 10. – С.5–14.
3. Крейгон Х. Архитектура компьютеров и ее реализация. – М.: Мир, 2004. – 416 с.
4. Смит Б.Э. Джонсон М.Т. Архитектура и программирование процессора INTEL 80386. – М.: Конкорд, 1992. – 334 с.
5. Столлингс В. Структурная организация и архитектура компьютерных систем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 896 с.
6. Amdahl G.M. Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large Scale Computing Capabilities // Proceedings AFIPS Spring Joint Computer Conference. Reston, VA: AFIPS Press, 1967. – P. 483–485.
7. Shen J.P., Lipasti M.H. Modern Processor Design: Fundamentals of Superscalar Processors. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2005. – 656 p.
8. Ware W. The Ultimate Computer // IEEE Spectrum. –1972, – V. 9, – P. 84–91.



УДК 004.4

Д. В. Баяндин

НАЧАЛА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ STRATUM–2000

Система Stratum–2000 представляет собой инструментальную среду визуального проектирования и математического моделирования, ориентированную на конечного пользователя. Одной из важнейших сфер использования продукта является среднее и высшее образование, где данная система используется как в качестве средства разработки электронных учебных пособий, так и в качестве среды их функционирования. Кроме того, Stratum–2000 может играть в средней школе и в вузе роль базового программного продукта для реализации интегрированных учебных курсов, направленных на совместное решение задач, например, физики и информатики или информатики и педагогики средствами компьютерного моделирования. В статье представлены методические материалы, предназначенные для использования на начальном этапе обучения пользователей работе в инструментальной среде Stratum–2000.

К л ю ч е в ы е с л о в а : математическое и компьютерное моделирование, педагогические инструментальные средства, обучающие среды, элективные курсы.

Компьютерная среда Stratum–2000, созданная под руководством О. И. Мухина (Институт инновационных технологий, г. Пермь), предназначена для имитационного и математического моделирования и позволяет решать широкий круг научных, производственно-технологических и учебных задач путем их визуального проектирования на основе моделей объектов, явлений, эффектов и свойств, содержащихся в тематических библиотеках, которые допускают их неограниченное пополнение самим пользователем, с последующим управлением моделями и наглядным представлением результатов расчета. Использование объектно-ориентированного и модельного подхода позволяет «свести к минимуму ручное программирование, повысить скорость создания программных систем, легко модифицировать их в дальнейшем,

отслеживать эволюцию идей» [6]. На базе библиотек моделей реализуется оперативное проектирование виртуального мира.

Эффективное применение среды Stratum–2000 возможно в таких областях, как автоматизированные системы управления, системы управления натурными объектами и технологическими процессами, системы научных исследований, геоинформационные системы, разработка информационных систем с архитектурой клиент-сервер, анализ бизнес-процессов, планирование в многофакторных системах, принятие тактических и стратегических решений, обучающие системы.

Концепция программного продукта и его применения в сфере образования изложена его разработчиком, например, в работе [6]. За годы использования Stratum в качестве педагогического инструментального средства сотрудниками Института инновационных технологий (ИИТ) разработаны электронные пособия для среднего образования по математике, информатике, физике, химии, биологии, географии, технологии, русскому и английскому языкам, для начальной школы, ряд электронных курсов для поддержки высшего образования. Выпущен совместный с ООО «1С» образовательный продукт «Библиотека наглядных пособий по физике. 7–11 классы» (ред. Н. К. Ханнанов).

Система Stratum–2000 в течение шести лет использовалась в Пермском областном ИПКРО в качестве базового программного продукта при проведении курсов повышения квалификации и стажировок, связанных с информатизацией обучения.

В 2006–2008 гг. ИИТ принимал участие в реализации проекта «Информатизация системы образования» Национального фонда подготовки кадров. На основе системы Stratum–2000 были разработаны инновационные учебно-методические комплексы (ИУМК) и информационные источники сложной структуры (ИИСС) по ряду школьных дисциплин. Успешная апробация продуктов прошла в школах многих городов Российской Федерации. Объекты, составляющие эти ИУМК и ИИСС, представлены в Единой коллекции цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>).

В качестве примера разработанного на базе Stratum образовательного продукта можно привести учебную среду «Интер@ктивная физика» (до 2006 года – «Виртуальная физика») [1, 3, 5], которая содержит около полутора тысяч виртуальных учебных объектов различных типов и в течение многих лет используется в учебном процессе школ и вузов Пермского края, других регионов России и Казахстана. Период широкой и регулярной эксплуатации этого продукта начался с 2012 г., когда Министерство образования и науки Пермского края реализовало проект «Виртуальная физическая лаборатория», в рамках которого в 650 школ региона были поставлены мобильные компьютерные классы для оснащения ими кабинетов физики в комплекте с двумя программными продуктами – «Виртуальная физическая лаборатория» издательства «Дрофа» и «Интер@ктивная физика» Института инновационных технологий. С целью создания условий, благоприятных для внедрения в учебный процесс технологий электронного обучения, в

следующие три года (2013–2015) сотрудниками ИИТ под эгидой педагогического университета проводились массовые курсы повышения квалификации, на которых технологиям и методикам, заложенным в образовательный продукт, было обучено около 500 учителей физики края. Особое внимание уделялось вопросам использования технологий компьютерного моделирования при различных формах занятий и организации индивидуальной работы учащихся с интерактивными заданиями и тренажерами.

Более десятка лет система Stratum–2000 используется для ведения интегрированных элективных курсов в средней школе (например, курса «Компьютерное моделирование физических процессов», программа которого представлены в работе [2]), обеспечения курса «Технологии разработки электронных учебных материалов» при обучении студентов по профилю «Информационные технологии в образовании» направления подготовки 230400.62 «Информационные системы и технологии» физического факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, а также курса «Технологии электронного обучения» магистерской программы «Естественнонаучное образование» математического факультета того же вуза.

Автором статьи разработаны методические материалы, представляющие собой серию упражнений, предназначенные для их использования на начальном этапе обучения пользователей работе в инструментальной среде Stratum–2000. Потребительские свойства этих материалов таковы, что они одинаково успешно применяются при обучении старшеклассников, студентов и преподавателей школ и вузов, поскольку рассчитаны в том числе на потребителей с небольшим опытом работы на компьютере. Описание первых упражнений весьма подробно, но по мере накопления пользователем умений, текст становится все более лаконичным. После освоения «первых шагов» предполагается выполнение обучающимися более сложных индивидуальных заданий.

Ниже излагается содержание описанных методических материалов с иллюстрацией некоторых упражнений скриншотами проектов, выполненных школьниками.

Первые шаги

Создание проектов. Основные понятия и элементы.

Графика. Имиджи. Управление. Модель

Упражнение 1. Самое начало

1. Загрузите Stratum–2000, кликнув на иконке на рабочем столе или через меню *Пуск*. Рассмотрите *панели инструментов*: «Управление» (по умолчанию вверху – слева),

«Рисование» (вверху – справа), «Стандартная» (слева) (рис. 1). Есть ряд других панелей, но пока этого достаточно. Большинство кнопок неактивно, поскольку не загружен *проект*.

2. Создайте новый *проект*. Для этого на панели «Стандартная» нажмите кнопку «Быстрое создание нового проекта» (выглядит как соответствующая кнопка в *MS Word*). Появляется чистый лист, на котором можно творить *схему* проекта.

3. Что может содержать *схема*? По большому счету, два вида объектов: 1) графические или текстовые *объекты*; 2) *имиджи*. Stratum оперирует с объектами; он является *объектно-ориентированной системой*.

Упражнение 2. Графические и текстовые объекты

1. Используйте ранее созданный проект и лист.

2. Графические и текстовые *объекты* можно назвать «глупыми», так как они не способны управлять собой и другими объектами, наоборот – другие могут ими командовать. Графические объекты создаются и модифицируются при помощи кнопок панели «Рисование»: «линия», «полилиния», «прямоугольник», «скругленный прямоугольник», «окружность» (круг, эллипс), «дуга» (сектор). Текстовые объекты создаются кнопкой «текст» (любые символы в любом количестве, любого цвета, различных стилей).

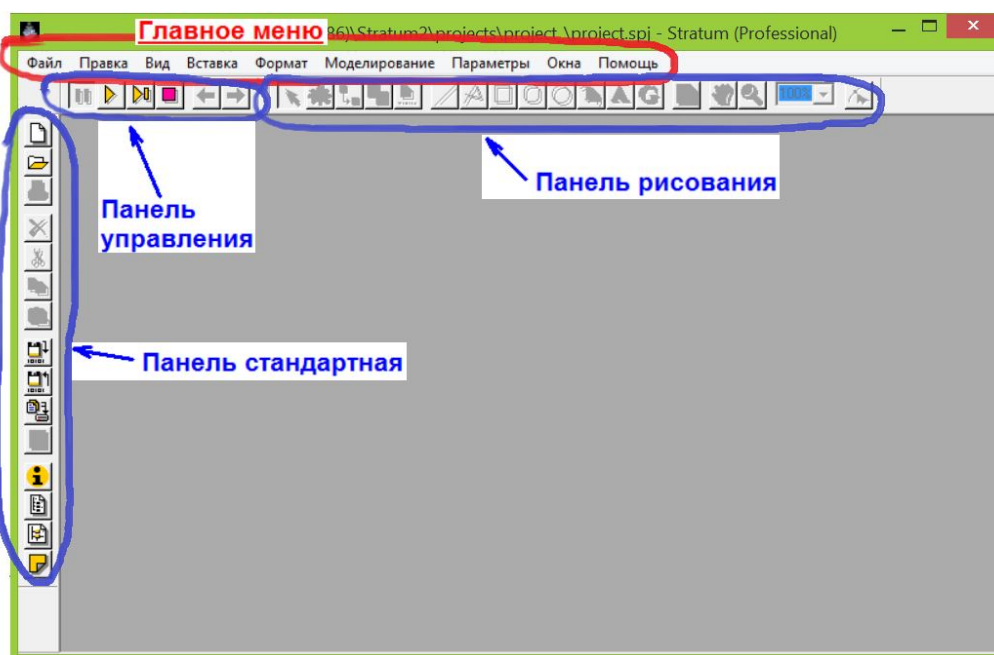


Рис. 1. Панели инструментов системы Stratum (положение по умолчанию)

3. Создайте на листе схемы каждый из этих объектов со *свойствами* по умолчанию. Для этого кликните на соответствующей кнопке мышкой, затем нажмите на схеме ЛКМ (левую клавишу мыши) и перемещайте мышь. Когда ЛКМ будет

отпущена, построение объекта закончится. Но его всегда можно будет изменить. Объект «текст» создается с содержимым «sample text», затем он может модифицироваться.

4. Каждый объект имеет *свойства*, отраженные в его закладках. Познакомьтесь с основными закладками: «положение», «линия», «заливка». Чтобы открыть *свойства* объекта, нажмите на нем ПКМ (правую клавишу мыши) и в открывшемся меню выберите верхнюю строку «Свойства» (то же можно получить, дважды нажав на объекте ЛКМ). Обратите внимание на: *координаты, размеры, угол* (закладка «положение»), *цвет и толщину линии* (закладка «линия»), *цвет заливки* (закладка «заливка»). У текстовых объектов можно менять *размеры, стиль, цвет символов и цвет фона*.

5. Чтобы выполнение пункта 4 не было слишком скучным, нарисуйте в ходе его выполнения какую-нибудь картинку, например, цветастый домик с вывеской «Казино», солнце, деревья и автомобили вокруг. Не хотите домик? Рисуйте, что хотите. Малюйте с воодушевлением, заодно освоите этот нехитрый графический редактор. Все это со временем начнет бегать и прыгать. Будет еще и весело.

6. Еще некоторые возможности при работе с графическими объектами:

а) их можно *масштабировать*: для этого нужно *выделить* (иначе – *выбрать*) объект при помощи ЛКМ и растянуть его за углы или стороны;

б) если нажать на графическом объекте ПКМ и выбрать строку «Редактировать точки», то, например, из прямоугольника можно сделать трапецию или неправильный четырехугольник. Если часть точек, образующих границу круга, отодвинуть от его центра, получится «солнце с лучиками»;

в) количество точек в контуре объектов можно изменять: увеличивать (выделение + Shift + «потянуть» ЛКМ за границу) и уменьшать (выделение + Ctrl + щелкнуть ЛКМ на лишней точке);

г) объекты можно *копировать*: нажать на клавиатуре и держать клавишу Ctrl + нажать на объекте ЛКМ и, не отпуская ее, сдвинуть мышью;

д) объекты можно *уничтожать*: *выделить* (*выбрать*) объект и нажать на клавиатуре клавишу Delete;

е) объекты можно *объединять в группы* (выделение + кнопка *G* панели «Рисование»);

ж) *группы* можно *копировать* и *удалять* так же, как и отдельные объекты.

7. Удостоверьтесь, что объекты умеют *заслонять* друг друга. Чтобы «переставить» слои изображения, нужно изменить Z-порядок (Z – перпендикулярная экрану координатная ось). Для этого нажмите на объекте ПКМ и выберите строку «Z-порядок».

8. Проект можно сохранить, нажав на панели «Стандартная» кнопку «Записать все изменения» (иначе: в главном меню выбрать «Файл», строка «Сохранить все»).

Упражнение 3. Имиджи: первая серия «мыльной оперы»

1. Используйте ранее созданный проект и лист.

2. *Имиджи* – это тоже объекты, но в отличие от графических и текстовых их можно назвать «умными» объектами, так как они «осознают себя» в схеме, могут

двигаться и вообще меняться сами и способны управлять другими имиджами и объектами. Именно благодаря им проект оживает. Это возможно потому, что имиджи несут в себе *модель* – уравнения, которые описывают поведение объектов.

3. *Имиджи* условно делятся на *системные* и *пользовательские*.

4. *Системные* имиджи созданы разработчиками Stratum'a. Они обеспечивают базовые операции: создание окон, управление параметрами и отображение их значений, движение объектов и многое другое. Они хранятся в *системных библиотеках* и готовы к использованию. Мы будем знакомиться с ними постепенно.

5. Пользователь может создать свои имиджи. Для этого нужно нажать на панели «Рисование» кнопку «Создать и вставить новый имидж». Сделайте это. Убедитесь, что имидж, как и графический объект, обладает множеством свойств (см. закладки). Закладка «текст» может содержать уравнения модели; в закладке «переменные» можно задавать значения параметров модели. Пока создавать свой имидж рановато. Уничтожьте его аналогично п. 6д упражнения 2. Вернемся к имиджам системным.

6. Познакомимся с имиджем **LGSpace**. Его функция – создание графического пространства (окна), в котором проект будет «жить». Созданный нами ранее проект «неживой». Попробуйте нажать на кнопку «Запуск» панели управления. Ну как? Ничего не происходит. А надо чтобы происходило, иначе – какое моделирование?

Имидж **LGSpace** хранится в системной библиотеке **UNIT**. Чтобы вставить его в схему, следует нажать на листе (не на объекте) ПКМ и выбрать строку «Вставить имидж из библиотеки». При этом открывается перечень системных библиотек. Кликните дважды ЛКМ на имени библиотеки **UNIT**, тут она и откроется (сколько тут всякого добра, а?). Найдите имидж **LGSpace** (он в третьем столбце) и вновь кликните дважды ЛКМ на нем. Он появится в схеме, на листе нашего проекта. Снова нажмите на кнопку «Запуск». Что изменилось? Создалось окно *Main Window*, новое графическое пространство, в котором и будет в дальнейшем разворачиваться сюжет нашей «мыльной оперы». Между прочим, уже идет расчет этого сюжета, хотя и считать пока нечего. Чтобы остановить расчет, нажмите кнопку «Стоп» панели управления. Окно *Main Window* пропало.

7. Если на вашей схеме сейчас имеется несколько достаточно крупных графических объектов, возможно, при открытии *Main Window* часть из них в окно не вошла. Но сюжет должен разворачиваться на сцене, а не за кулисами. Значит, нужно *организовать* сцену. То есть нужно, чтобы окно открывалось не как попало, а *правильно*. Реализуем пока самый простой вариант. Создайте еще один прямоугольник, достаточно большой, чтоб покрыть все объекты. Измените его Z-порядок, поместите назад. Теперь дайте ему имя («Свойства объекта», закладка «Положение») – например, «фон». Вот на этом фоне и будет развиваться сюжет. Нужно, правда, сделать еще вот что: сообщить имиджу **LGSpace** имя объекта, по которому следует открывать окно («Свойства имиджа», закладка «Переменные», столбец «данные», строка переменной *ObjectName* – имя объекта). Снова нажмите на кнопку «Запуск». Теперь окно открылось по объекту «фон». Еще лучше, чтобы окно открывалось в левом верхнем углу экрана; для этого задайте в **LGSpace** значения переменных $x=1$ и $y=1$ – координаты окна на экране.

8. Имидж **LGSpace** прямо на сцене не нужен, вынесите его за пределы фона (скажем, установите у левого верхнего угла этого объекта). Теперь проект стоит сохранить (см. п. 8 упражнения 2).

Упражнение 4. Имиджи: слайд-фильм. Гиперссылки

1. Используйте ранее созданный проект и лист.

2. Будем считать схему на этом листе первым кадром слайд-фильма, который мы создаем. Теперь, чтобы организовать слайд-фильм, нужно решить две проблемы: а) где размещать множество кадров? и б) как переходить с одного кадра на другой?

3. На одном листе размещать много кадров неудобно. А *несколько листов в одном проекте* нам могут дать *имиджи* (пока совсем простые, без уравнений, просто «дополнительное жизненное пространство»). Итак, создайте новый имидж (упражнение 3, пункт 5) и назовите его («Свойства», закладка «Основное»), скажем, **Кадр_1**, нажмите ОК. Теперь передвиньте имидж **Кадр_1** за пределы «фона», поближе к **LGSpace**.

4. Имидж может иметь подсхему – «нутро», это позволяет создавать иерархически организованные проекты. Нажмите ПКМ на имидже **Кадр_1** и выберите строку «Создать схему», подтвердите «Да». Ну вот и создан еще один лист. Теперь давайте перетащим сюда всю сцену, то есть все графические объекты с первого листа – *главной схемы*. Для этого мышью выделите все объекты вместе с фоном (но без имиджей), заберите в буфер (Shift+Delete) и вставьте на новый лист (перейдите на него, нажмите ПКМ и выберите строку «Вставить»; иначе – Shift+Insert).

5. На основном листе остались только имиджи. И прекрасно, незачем загромождать главную схему всякими частностями.

6. Попробуйте запустить схему на счет. Окно не возникает. И правильно, ведь объекта «фон», по которому **LGSpace** открывает окно, в *главной схеме* нет. Нужно откорректировать переменные имиджа **LGSpace**: значение переменной *ObjectName* стереть, зато записать в строку переменной *ClassName* (имя имиджа, иначе – класса) значение *Кадр_1*. (Это второй способ открыть окно – не по графическому объекту в той же схеме, а по содержимому имиджа.) Теперь при запуске схемы окно откроется. Но не *правильно*, а как попало, мимо фона. Чтобы снова все стало *правильно*, нужно настроить свойства листа (иначе – окна) подсхемы имиджа. На чистой части листа (не на объектах) нажмите ПКМ и выберите строку «Параметры листа», закладка «Окно», щелкните ЛКМ в боксах «по размеру пространства» и «автоматическое определение начала». Теперь окно будет открываться аккуратно.

7. Итак, мы получили схему слайд-фильма – пока из одного кадра. Но вот теперь-то размножить «слайды» и сделать длинный и ветвистый фильм уже совсем несложно.

8. Создайте имиджи **Кадр_2**, **Кадр_3**, и так далее. Создайте у них подсхемы. Перекопируйте в эти подсхемы содержимое подсхемы имиджа **Кадр_1**. Теперь внесите в новые кадры *небольшие* изменения: пусть от кадра к кадру меряется цвет или координата объектов, появляются новые объекты. Настройте параметры листа в окнах подсхем.

9. Главная схема снова стала сложной, она отражает *структуру проекта*. А *имидж*, как оказалось, является *структурной единицей проекта*.

10. Теперь главное: нужно организовать *гиперссылки* с кадра на кадр, сделать *кнопки* переходов. Кнопкой может быть любой графический, текстовый объект или

имидж – у всех у них есть в «Свойствах» закладка «Гипербаза». Но для первого раза лучше использовать кнопку привычного вида – небольшой прямоугольник или круг. Нарисуйте ее в кадре 1 и скопируйте (лучше на то же место) во все следующие кадры.

11. Чтобы сделать гиперссылку с кадра 1 на кадр 2, нажмите дважды ЛКМ на кнопке, выберите закладку «Гипербаза», щелкните ЛКМ в окошке «Используется», затем в строке «Класс или файл» впишите *имя имиджа*, содержащего второй кадр (то есть **Кадр_2**). Аналогично организуйте переходы на следующие кадры, а с последнего – переход на первый. Запустите проект. Теперь этот фильм можно смотреть вечно.

12. Теперь организуйте не линейный фильм, а ветвящийся. Любой объект может быть кнопкой, отсылающей нас на самые разные кадры. Только не запутайтесь сами.

13. Окна в Stratum'e бывают разного типа (или стиля). Часто полезны всплывающие окна. Вставьте в один из кадров новый имидж, создайте его подсхему и нарисуйте там маленький прямоугольник фона (и может быть текстовый объект). В параметрах листа подсхемы, закладка «окно» укажите его стиль – всплывающее окно. Теперь поставьте на этот имидж (в схеме кадра) гиперссылку на него самого (то есть его подсхему). Запустите схему, посмотрите, как выглядит всплывающее окно. Не правда ли, в комиксах примерно так оформляют реплики героев?

14. Кстати о комиксах. Имидж совсем не обязательно имеет на схеме *вид* шестеренки. Нажмите на последнем созданном имидже ПКМ и выберите строку «Редактировать изображение». На появившемся листе можете изобразить любые графические объекты (или вставить битовые карты) – например, Винни-Пуха. При нажатии на кнопку – изображение Винни-Пуха – около него будет появляться всплывающее окно, например, с текстом «Мишка очень любит мед...».

15. А теперь дайте волю фантазии и постройте разветвленный слайд-фильм с окнами разного стиля, кнопками из графических, текстовых объектов или имиджей и пусть «закоулков» там будет столько, чтобы какой-нибудь приз не так просто было найти. Предложим варианты «фильмов»:

а) «как бы» тест: в одном окне – вопрос и три ответа, при нажатии на ответы всплывают комментарии типа «А ты в этом уверен?» или «Иди поучись!», кроме того, здесь же ссылка на кадр со следующим по порядку вопросом, и так далее (довольно забавно может получиться, если не лениться);

б) дворец со многими комнатами, в каждой чудеса и ужасы, а также переходы в другие комнаты – с подарками и врагами; вот научимся строить модель, можно будет считать набранные очки или терять «жизни».

P.S. Объект «фон» удобно сделать *невыбираемым объектом* (ПКМ, «Свойства», закладка «Положение») – чтобы не сдвигать его случайно при работе.

P.P.S. Главная схема одновременно является «содержимым» имиджа более высокого уровня. Его имя пишется в заглавной строке окна. Хотите, чтобы окно называлось не Root_19a6_bb или в этом духе, а, например, «Звездные войны» (пробелы не допускаются)? Щелкните ЛКМ на листе (мимо объектов), выберите строку «Свойства этого имиджа», закладку «Основное» и в строке «Имя класса» измените имя своей схемы, нажмите ОК. Видите, заглавная строка окна изменилась.

Резюме по упражнению. Итак, проект – это иерархия имиджей. То есть имиджи могут быть вложены друг в друга, как матрешки, одна в другую (с той разницей, что имиджей в подсхеме имиджа более высокого уровня может быть сколько угодно). Уровней вложенности («этажей») в проекте тоже может быть сколько угодно. И сам проект в качестве имиджа может быть впоследствии использован в других проектах.

Упражнение 5. Имиджи: прямое управление движением графических объектов

1. Создайте новый проект. В этот раз будет достаточно одного листа главной схемы. Создайте фон, пусть по нему открывается окно (1-й способ, описанный в упражнении 3, п. 6–7), в котором будут жить и двигаться графические объекты (3 штуки, не больше). Например, постройте светло-голубой прямоугольник («небо»), на нем желтый эллипс («солнце», пусть сплюснутое), а ниже «неба» зеленый прямоугольник («трава») (рис. 2). Всем объектам не забудьте дать *имена*, чтобы их можно было «окликать» по этим именам. «Фон» откликается на обращение имиджа **LGSpace** «Открыть окно!». Другие объекты будут откликаться на приказы совершать те или иные движения.

2. Кто же будет командовать объектами? Познакомимся со вторым системным имиджем:

он расположен в системной библиотеке **GRAPH2D**, его имя **Object2D** – обеспечивает движение двумерного графического объекта под действием рычагов управления или имиджа, содержащего математическую модель (как вставить имидж в проект из библиотеки – см. упражнение 3, п. 6). Для каждого графического объекта, которым мы хотим управлять, нужен свой имидж **Object2D**, причем имидж должен знать, каким объектом он управляет («Свойства имиджа», закладка «Переменные», столбец «данные», строка переменной *ObjectName* – имя объекта).

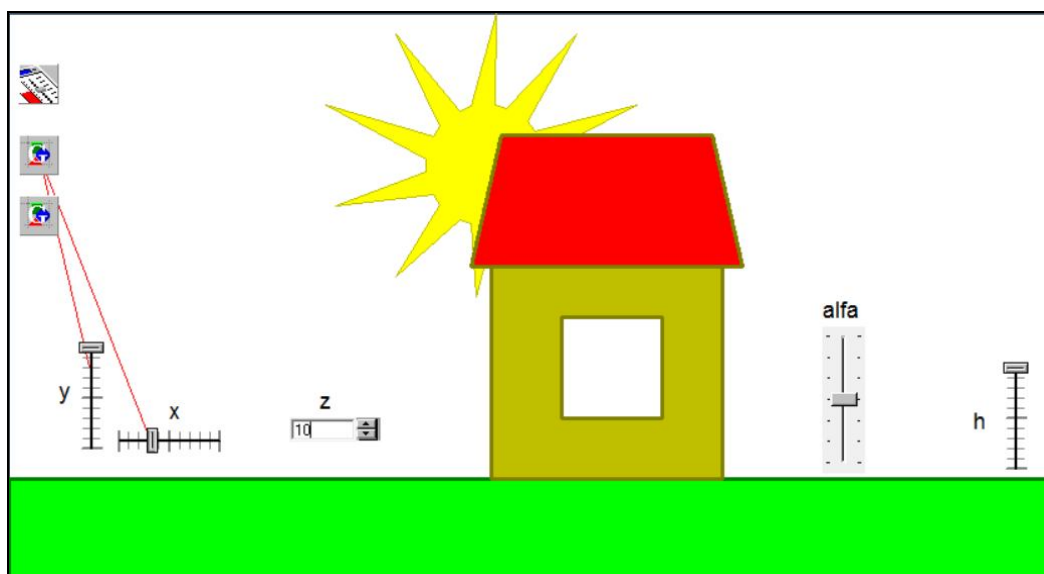


Рис. 2. К упражнению 5: прямое управление графическими объектами

3. Теперь рассмотрите список переменных имиджа **Object2D**. Вы увидите, какими параметрами графического объекта он может командовать: координатами x и y , размерами (шириной *Width* и высотой *Height*), углом поворота *angle* вокруг заданной точки и координатами этой точки $x0$ и $y0$, Z-порядком (кто кого заслоняет) и т. д. Итак, один **Object2D** управляет всеми параметрами графического объекта; но каждому графическому объекту нужен свой отдельный **Object2D**.

4. Имидж **Object2D** «командует» объектами. *Так ли это?* Не совсем. Точнее будет сказать, что он *передает* (доводит до сведения) объекта поступившие команды. Тогда остается два вопроса: 1) кто же все-таки командует объектами (их параметрами)? и 2) каким образом **Object2D** узнает об этих командах?

5. *Ответ на вопрос 1.* Командовать любыми переменными (параметрами) могут:
 а) управляющие *системные имиджи* (этому посвящено данное упражнение); б) математическая *модель*, содержащаяся в одном из *пользовательских имиджей* (об этом – в упражнении 6). Так или иначе, в конечном счете объектами (и имиджами тоже) командуют специальные *имиджи*. На то они и «умные» объекты (см. упражнение 3, п.2–4).

6. Познакомимся с одним из управляющих системных имиджей, *слайдером*: он расположен в системной библиотеке **CONTROLS**, представляет собой рычаг управления, ползунок (**HSlider**, **HSlider1**, **VSlider**, **VSlider1**). Предназначен для прямого управления параметрами объектов (как графических, так и имиджей). Вставьте в свою схему по одному **HSlider1** и **VSlider1** (они отличаются только визуально).

Откройте список переменных и ознакомьтесь с ним. Главная величина здесь – имя управляемой переменной *Value*, значение которой визуально связано с положением ползунка. В дальнейшем для управления нужно будет также настроить допустимые пределы изменения *Value* – переменные *Min* и *Max*.

7. *Ответ на вопрос 2.* Самый простой способ передачи информации от одного имиджа к другому – по *информационной связи*. Чтобы провести *связь*, нужно щелкнуть ЛКМ на панели «Рисование», кнопка «Проведение связи», нажать ЛКМ на одном имидже и, не отпуская ЛКМ, тянуть связь до другого имиджа. Когда кнопку отпускаем на втором имидже, возникает окно связи. Нажмите кнопку «Добавить» и свяжите нужные пары переменных, выбрав их из списков переменных в левой и правой частях окна.

8. Действуйте: свяжите переменную *Value* имиджа **Hslider1** с переменной x имиджа **Object2D**, который отвечает у вас за объект «эллипс». Затем переменную *Value* имиджа **Vslider1** свяжите с переменной y того же имиджа **Object2D**. Попробуйте запустить проект на выполнение и «пошевелить» слайдеры. Скорее всего, эллипс тут же исчезнет за пределами окна или «дернется» в сторону и больше не захочет двигаться. Это происходит из-за неподходящих значений переменных *Min* и *Max*.

9. Чтобы установить удобные для управления значения *Min* и *Max*, сделайте следующее. В нижней части окна Stratum'a располагается *Строка состояния* проекта (главное меню – Вид – Строка состояния). Ближе к правому краю в ней отображаются значения координат *x* и *y* курсора мыши (ось *y* направлена сверху вниз). Подведите мышь к точке, левее которой ваш объект смещать не планируется (левая граница фона, например), запомните значение первой (*x*-й) координаты и занесите его в строку переменной *Min* имиджа **Hslider1**. Так же задайте значение *Max* (имейте в виду, что положение объекта определяется координатами его левого верхнего угла). Так же задайте значения *Min* и *Max* для **Vslider1** (не забудьте, что ось *y* перевернута). Теперь «эллипс» будет послушно двигаться по горизонтали и вертикали. Поставьте еще один слайдер для управления *x*-координатой прямоугольника.

10. Установите на схеме еще один слайдер и свяжите его, например, с переменной *Height* (высота объекта) имиджа **Object2D**. Объект будет забавно распухать или ужиматься по вашему желанию.

11. А не запутаемся ли мы теперь во многих слайдерах? Этого не произойдет, если подписать, какой из них за что отвечает. Используйте для этого объекты «текст» (*x*-координата, *y*-координата) и пиктограммы (мелкие значки) эллипса и прямоугольника. А лучше всего выделить для слайдеров отдельный уголок на схеме (в пределах того же «фона»; можно и отдельное окно «Пульт управления» завести, но это сложнее).

12. Еще одна интересная для управления величина – переменная *angle* имиджа **Object2D**. Пределы управляющего ею слайдера установите -1 и $+1$ (радиан). Обратите внимание, что при вращении объекта ползунки, ответственные за координаты *x* и *y* этого объекта «сами двигаются», то есть они *следят* за положением объекта. По умолчанию вращение будет происходить вокруг точки листа с координатами $(0; 0)$ – обычно это верхний левый угол окна.

13. Если хотите заставить объект вращаться вокруг его центра, задайте соответствующие значения переменных *x0* и *y0*. Забавно будет заставить вращаться эллипс относительно угла прямоугольника, который может двигаться. Для этого подайте по связи значения *x* и *y* с **Object2D** прямоугольника на переменные *x0* и *y0* имиджа эллипса.

14. Имидж слайдера не всегда удобен тем, что числовое значение *Value* остается «невидимым». Чтобы устранить это неудобство, в паре со слайдером можно ставить еще один имидж, *вьювер* (системная библиотека **CONTROLS**, имидж **NumberView**), предназначенный для числового отображения информации. Чтобы вьювер показывал значение *Value*, которым управляет слайдер, между ними нужно провести связь. Попробуйте установить вьювер на переменную *angle* имиджа **Object2D**. Теперь вы управляете не вслепую. Естественно, вьювер можно использовать и независимо – для визуализации значений любых расчетных величин.

15. «Связке» слайдер-вьювер есть альтернатива – имидж *ступенчатого переключателя* (системная библиотека **CONTROLS**, имидж **NumberIn**), предназначенный для управления и отображения числовой информации. Справа от окошка, похожего на вьювер, расположены кнопки «увеличить»–«уменьшить» (шаг изменения *Step* устанавливается в «Переменных»). Кроме того, значение переменной можно непосредственно вводить в окошко с клавиатуры. Установите имидж **NumberIn** на схеме и свяжите его с переменной *zOrder* (Z-порядок) имиджа **Object2D**. Если объекты (эллипс и прямоугольник) заслоняют друг друга, то, управляя Z-порядком одного из них с помощью **NumberIn**, вы сможете спрятать один объект под другой. И даже под фон!

P.S. Информационная связь имеет начало и конец (обратите внимание, квадратики на концах выделенной связи различны), то есть они неравнозначны. Ведь один из связываемых имиджей является *источником* информации, другой – *приемником*. Бывает, что не существенно, какой имидж играет какую роль. Но, вообще говоря, при сборке схемы нужно учитывать *направление потока информации*.

P.P.S. Замечание: соединять связями можно только имиджи. К графическим объектам связи «не прицепишь». Такие уж они «глупые».

Резюме по упражнению. Для перемещения объекта с помощью слайдера нужно:

а) дать объекту имя и указать это имя в **Object2D** в качестве значения переменной *ObjectName*;

б) соединить слайдер и имидж **Object2D** информационной связью, причем значение переменной *Value* слайдера передать при помощи связи той переменной, которой планируется управлять, например, координате *x* или углу *angle*;

в) запустить схему, настроить пределы слайдера.

Упражнение 6. Имиджи: модель движения объектов

1. Интереснее, однако, управлять движением объектов не вручную, а при помощи *модели* – задавая *законы движения и изменения* объектов (и имиджей) в форме уравнений. Поставим задачу изобразить, как Земля вращается вокруг Солнца. Солнце поначалу будем считать неподвижным. Потом заставим его двигаться через фон по диагонали.

2. Начало у этого упражнения – такое же, как и у предыдущего. Создайте новый проект.

Создайте фон, пусть по нему открывается окно, в котором будут жить и двигаться объекты. Например, черный прямоугольник фона – космос, небольшой желтый кружок – Солнце, синий

кружок еще поменьше – Земля. Потом дорисуем и Луну.

3. Для реализации такого проекта понадобится несколько имиджей **Object2D** – по одному на каждое небесное тело.

4. Модель, управляющую движением объектов, разместим в новом имидже. Создадим его, назовем, например, **Motion** и подберем ему подходящую иконку («Свойства», закладка «Иконка»). А можно «наделить» его совершенно оригинальным изображением (ПКМ, «Редактировать изображение» – и рисуй, что душе угодно).

6. Теперь главное: уравнения модели («Свойства», закладка «Текст»). В первую очередь это уравнения движения для графического объекта. Самое простое – написать:

$$angle := angle + step, \quad (1)$$

то есть задать приращение угловой координаты *angle* на каждом шаге расчета. Закончив запись текста модели, нажмите ОК, тем самым сохраните ее. Переменную *angle* передайте по связи имиджу **Object2D** Земли. Чтобы Земля «знала», вокруг чего ей вращаться, подайте переменные *x* и *y* с **Object2D** Солнца на переменные *x0* и *y0* имиджа **Object2D** Земли. Затем зайдите в имидж модели в закладку «Переменные» и задайте значение переменной *step*. Оптимальная величина *step* зависит от быстродействия компьютера; начните с 0,001, а потом откорректируйте так, чтобы движение было не слишком быстрым, но и не слишком медленным. Полюбуйтесь сотворенной вашими руками звездной системой. Обратите внимание, в Stratum-2000 уравнения модели отделены от чисел, они даже «живут» в разных закладках имиджа.

7. Добавьте еще один графический объект – Луну и соответствующий имидж **Object2D**. Заставьте ее вращаться вокруг Земли. В имидже **Motion** добавьте для Луны уравнение, аналогичное (1). Величину шага для Земли – *step* – задайте поменьше, а для Луны – *step_m* – больше в 5–10 раз.

8. Теперь пусть и Солнце тоже движется. Пополните модель уравнениями движения Солнца. Пусть его координаты *x* и *y* меняются по законам, аналогичным (1). Запишите их сами так, чтобы Солнце двигалось вправо и вверх. Величину шагов по горизонтали и вертикали *step_sx* и *step_sy* установите меньше, чем для Земли.

9. Наверняка вы заметили, что планеты летают не очень-то правильно. При близких значениях *step* Земли и Луны эта последняя вообще вращается не вокруг Земли, а вокруг чего-то невидимого. Это и понятно, мы меняем угол, а центр вращения убегает, значит, расстояние между телами меняется произвольно. Более правильным будет рассчитывать не угловую координату планет, а непосредственно декартовы координаты *x* и *y*. Уравнения простейшей модели такого рода могут иметь вид:

$$\begin{aligned} time &:= time + time_step \\ x_s &:= x_s0 + vx * time \\ y_s &:= y_s0 + vy * time \\ x_e &:= \sim x_s + r_e * \cos(\omega_e * time) \\ y_e &:= \sim y_s + r_e * \sin(\omega_e * time) \\ x_m &:= \sim x_e + r_m * \cos(\omega_m * time) \end{aligned} \quad (2)$$

$$y_m := \sim y_e + r_m * \sin(\omega_m * \sim time)$$

Здесь использованы переменные: *time* – текущее время, *time_step* – шаг по времени, *x_s* и *y_s* – координаты Солнца (*Sun*), *x_s0* и *y_s0* – они же в начальный момент времени, *vx* и *vy* – скорости Солнца вдоль осей, *x_e* и *y_e* – координаты Земли (*Earth*), *r_e* – радиус орбиты Земли, *omega_e* – циклическая частота обращения Земли вокруг Солнца, *x_m* и *y_m* – координаты Луны (*Moon*), *r_m* – радиус орбиты Луны, *omega_m* – циклическая частота обращения Луны вокруг Земли. Значок «тильда» ($\sim$) используется, чтобы брать значения переменных с текущего шага расчета, а не с предыдущего. Можно запустить в систему дополнительные планеты, комету, космический корабль.

P.S. В задаче о Солнце и планетах мы в одном имидже **Motion** записали уравнения движения для трех тел. Это не очень хорошо. Лучше бы для каждого тела уравнения хранились отдельно друг от друга (это называется *объектно-ориентированный подход*). И еще – лучше бы они хранились не где-то снаружи тела, а прямо внутри него. То есть предпочтительно объединить изображение тела (графический объект) и законы его поведения (модель) в одном «умном» объекте – имидже. Имиджи Солнца, Земли, Луны образуют в таком случае *конструктор* «Солнечная система». Из конструктора можно собирать различные проекты.

P.P.S. Модели мы пока строили простейшие, очень грубые, не содержащие физических законов. Модель можно и нужно совершенствовать, добиваясь ее *адекватности* реальному явлению (понимая, однако, что любая модель имеет *границы применимости*).

Резюме по упражнению. Среда Stratum реализует *объектно-ориентированный подход*, позволяет при высоких сервисных возможностях быстро и эффективно решать задачи *визуального проектирования* и *математического моделирования*.

Упражнение 7. Имиджи: другие модели движения объектов

1. Колебания физического маятника. Изобразите маятник часов: закрепленный в верхней точке за один конец стержень и диск вблизи другого его конца (рис.3). Особенность этого проекта в том, что должна двигаться *группа объектов*. Соответственно, группе и нужно давать имя и ею как целым управлять через имидж **Object2D**. Простейшее модельное уравнение запишем для угловой координаты:

$$angle := angle0 * \sin(\omega * time) , \quad (3)$$

здесь *angle0* – амплитуда колебаний, *omega* – циклическая частота колебаний, *time* – время, которое течет аналогично записанному в системе уравнений (2).

2. Это задание, как и большинство других, допускает развитие. Можно изобразить целые часы, возможно, даже с кукушкой. Пусть стрелки крутятся, причем с разной скоростью, а кукушка каждый час высывается наружу.

3. Теперь построим модель атома. В модели должны быть отображены: 1) атомное ядро, состоящее из протонов и нейтронов (подумайте, как их можно изобразить), причем пусть протоны и нейтроны «вибрируют», слегка шевелятся вокруг положений равновесия; 2) электроны, которые летают вокруг. Подумайте, сколько должно быть электронов; как они располагаются в оболочках, которых может быть несколько; как можно изобразить спин (вращение вокруг своей оси) – какие дополнительные объекты нужно привлечь. Создайте имидж для модели, которая будет описывать движение частиц. Для обеспечения вибрации воспользуйтесь стандартной функцией генерации случайных чисел **rnd**. Она работает так: **rnd (число)**, причем случайное значение выбирается из диапазона от нуля до указанного значения числа. Чтобы частицы (сначала протоны и нейтроны, а потом и электроны) дрожали, прибавьте в модели к их *начальным* координатам случайные значения из не слишком широкого интервала. Настройте этот интервал, как вам нужно.

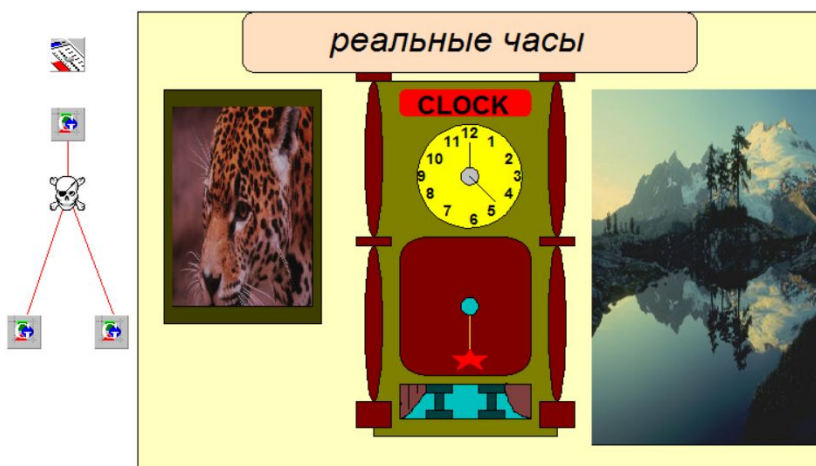


Рис. 3. К упражнению 7: вращательное и колебательное движение

4. Функция **rnd** применяется в модели диффузии, входящей в демонстрационную подборку Stratum'a (проект **Projects\Samples\Diff\Diff.spj**). Новое задание такое: изготовьте из модели диффузии модель процесса возгонки – перехода тела из твердого состояния в газообразное, минуя жидкость. Для этого модифицируйте проект диффузии: нарисуйте прямо на молекулах прямоугольник, запустите проект, убедитесь, что молекулы «приклеились» к прямоугольнику. Если сейчас уменьшать высоту (или ширину, или оба параметра) прямоугольника, то молекулы будут «отклеиваться». Продумайте сами, какие взять для этого имиджи, как настроить их значения, чтобы изобразить, скажем, испарение кусочка «сухого льда» при нагревании (температурой можно управлять со слайдера). Имейте в виду, что слайдеру нужно сообщить переменную *HSpace*, которая вырабатывается в имидже **LGSpace**.

Упражнение 8. Управление цветом, RGB-кодировка. Логические операции. Системы алгебраических уравнений. Drag&drop (тащи-и-бросай)

1. Знакомимся со следующим системным имиджем – лампочкой (системная библиотека **CONTROLS**, имидж **Lamp**). Он имеет вид серой панельки с лампочкой, которая может гореть любым цветом. Предназначена для визуальной сигнализации. Цвет определяется переменной *Color*. Разберитесь с RGB-кодировкой. Для этого посмотрите проект из демонстрационной подборки Stratum'a: **Projects\Samples\L1\L1.spj**. Смешивайте цвета, изучайте состав каждого цвета, ведь именно так задаются цвета в компьютере, а модель позволяет ими управлять. Разберитесь с устройством проекта, прежде всего с системным имиджем **Color** (библиотека **GRAPH2D**), этот эффект можно будет использовать в дальнейшем неоднократно.

2. Постройте модель светофора (рис. 4). Используйте три имиджа лампочки и постройте имидж с моделью, управляющей переключением лампочек: пусть 45% продолжительности цикла горит зеленая лампочка, 5 % – желтая, 45 % – красная, 5 % – снова желтая. Впрочем, некоторые светофоры работают иначе. Модель должна содержать счетчик и операторы **if** (или **case**), и знаки **>** или **<**, а также и логические операторы **и** (**||**) и **или** (**&&**).

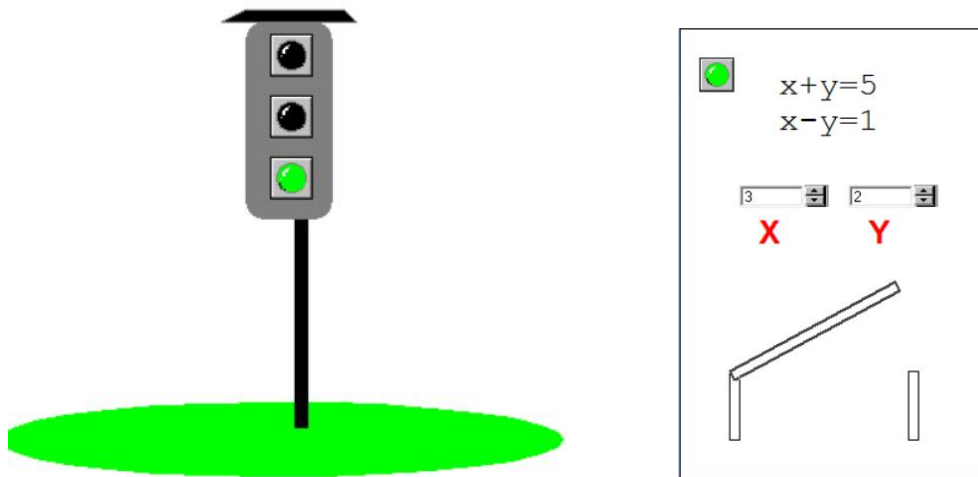


Рис. 4. К упражнению 8: циклы, решение систем уравнений

3. Если лампочки понравились, сделайте модель управления гирляндами новогодней елки. Поле для фантазии – неограниченное.

4. Stratum умеет решать системы алгебраических уравнений. Пример записи:

$$\begin{aligned} x + y &= 5 \\ x - y &= 1 \\ ? x, y, \end{aligned}$$

последняя строка – это команда системе, какие переменные следует найти. Спроектируйте контрольное задание: пусть на экране записана система уравнений, выставлены ступенчатые переключатели **NumberIn**, при помощи которых ученик вводит ответ, лампочка, сигнализирующая, что задача решена, и шлагбаум, который при введении правильного ответа поднимается – можешь, мол, идти дальше.

5. Знакомимся с системным имиджем **DragObject** (библиотека **GRAPH2D**), реализующим функцию **Drag&drop** – «тащи и бросай» объект мышкой. Предназначен для перемещения объектов в окнах выполняемых проектов. С помощью **DragObject** и логических операторов **и** (**||**) и **или** (**&&**) изготовим тестовое задание для малышей: «построй по росту» (рис. 5). На некотором фоне, по которому открывается окно, расположены 5–6 прямоугольников разной высоты. При помощи мыши располагаем их в порядке убывания (или возрастания) высоты. Модель должна сравнивать *x*-координаты объектов и их высоты. Сигнал успешного выполнения задания – лампочка загорается зеленым цветом.



Рис. 5. К упражнению 8: логические операции, сигнальные элементы

Упражнение 9. Проекты с имиджем **DragObject** и имиджами рисования

1. В системной библиотеке **GRAPH2D** имеются имиджи, предназначенные для изображения отрезка, треугольника, квадрата. Сначала поработаем с отрезками.

2. Допустим, вам нужно построить треугольник, который можно будет с помощью мыши таскать за стороны и вершины. Сначала попробуйте нарисовать треугольник при помощи трех имиджей **Line**. Продумайте, как надо связывать эти имиджи друг с другом. Когда треугольник будет построен, потаскайте его за стороны. А за углы? – не получается. Потому что нет объектов «вершина». Нарисуйте три объекта точек-вершин, заставьте их «приклеиться к концам линий». Теперь потаскайте треугольник за вершины.

3. Аналогичные манипуляции можно выполнять с имиджами треугольника, квадрата и так далее.

Упражнение 10. Еще проекты о механическом движении

1. Ускоренное и замедленное прямолинейное движение (рис. 6). Это уже ближе к физике. Вспомните кинематические уравнения равномерного и равноускоренного движения и впишите их в модель движения графического объекта. Рассмотрите случай ускоренного и замедленного движения.

2. Реализуйте задачи моделирования: а) прямолинейного движения графического объекта с прямым управлением скоростью или ускорением; б) упругого и неупругого взаимодействия с неподвижной или движущейся массивной плоскостью; в) упругого и неупругого лобового столкновения тел разной массы.

3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту, – суперпозиция равномерного движения по горизонтали и равнопеременного по вертикали. Бросьте мяч. Рассмотрите случаи различных начальных условий (разные значения компонент начальной скорости, разные начальные координаты). Пусть мяч отскакивает от земли и стенки.

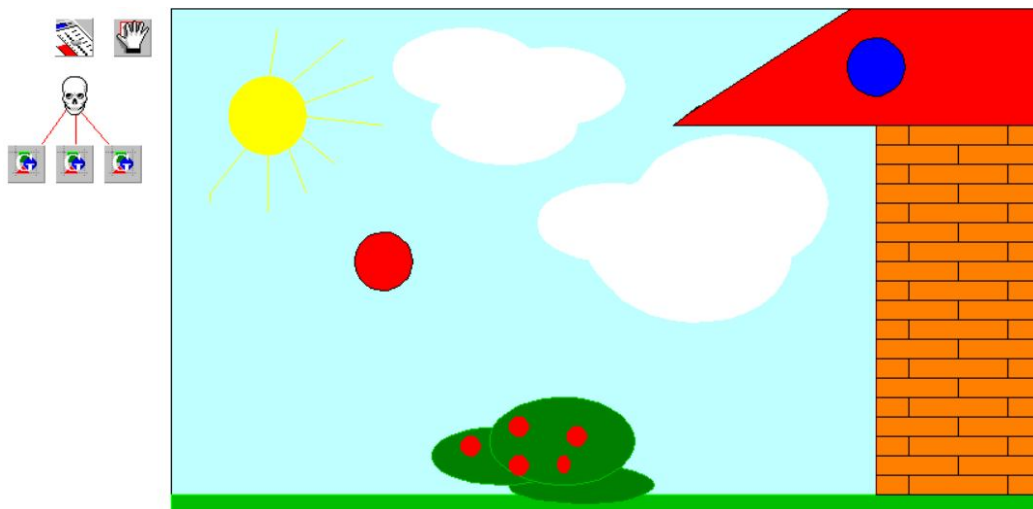


Рис. 6. К упражнению 10: моделирование движения тела, брошенного под углом к горизонту

Упражнение 11. Проекты с имиджами объектов

1. Структурирование макромодели системы (проекта). Объектно-ориентированный подход, микромодель (базовая модель). Понятие конструктора. Имидж как единство изображения и математической модели, в том числе с иерархической организацией.

2. Взаимодействие с имиджем неподвижной массивной плоскости. Лобовое столкновение: упругий и неупругий удар для имиджей.

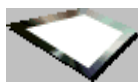
3. Моделирование прямолинейного движения имиджа с прямым управлением скоростью или ускорением. Определение имиджем своего местоположения и размеров.

Представленные материалы могут быть использованы при обучении моделированию в среде Stratum–2000 как на аудиторных занятиях, так и в режиме самостоятельной работы для различных возрастных категорий – школьников, студентов, учителей. Дальнейшее освоение технологии математического моделирования возможно также в системе Stratum, например, с использованием материала учебных пособий [4, 7, 8].



Список литературы

1. Баяндин Д.В. Реализация концепции полнофункциональной предметно-ориентированной среды обучения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2015. – Т. 18. № 4. С. 574–601. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18_i4/pdf/4.pdf (дата обращения: 15.07.2015)
2. Баяндин Д.В., Гаряев А.В. Профильное обучение. Курс по выбору «компьютерное моделирование физических процессов и систем» // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2007. № 3. – С. 43–52.
3. Баяндин Д.В., Мухин О.И. Модельный практикум и интерактивный задачник по физике на основе системы STRATUM 2000 // Компьютерные учебные программы. – 2002. – № 3. – С. 28–37.
4. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: в 2-х частях. – М.: Мир, 1990. – Ч. 1. 349 с.; Ч. 2. 399 с.
5. Интер@ктивная физика. Система активных обучающих сред для средней и высшей школы учеб. пособие [Электронный ресурс]: / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – ООО ИИТ. – Электрон. дан. (7,3Гб, 7,9 Гб). – Пермь: ООО ИИТ, 2012. – 2 электрон. опт. диск (DVD-ROM). Систем. требования: Pentium 1.8 ГГц, HDD 8 Гб; RAM 2 Гб, операционная система: Windows 2000/XP/Vista/7/8.
6. Мухин О. И., Мухин К. О., Полякова О. А. Среда проектирования, технологии обучения и модели знаний // Открытое и дистанционное образование. 2010. № 1. С. 54-58.
7. Физика: наблюдение, эксперимент, моделирование. Элективный курс: Учебное пособие / А. В. Сорокин, Н. Г. Торгашина, Е. А. Ходес., А. С. Чиганов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 204 с.
8. Хеннер Е. К., Шестаков А. П. Математическое моделирование: пособие для учителя. Пермь, 1995. – 260 с.



УДК 004.9

Д. В. Баяндин, Н. Н. Медведева, Н. К. Ханнанов

КОМПЬЮТЕРНЫЙ МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПРИ ИЗЛОЖЕНИИ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ГАЗОВ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Изложены идеи применения и методики использования технологии компьютерного моделирования при изучении школьного курса физики. К наиболее сложным его вопросам относятся закономерности теплового движения в неравновесных и равновесных системах. В связи с этим предлагаются возможные подходы к формированию у учащихся представлений о тепловом равновесии и беспорядке в системах многих частиц, о самопроизвольном возникновении хаоса из первоначально упорядоченного состояния. Рассматриваются приемы, способствующие уяснению смысла и усвоению связей микроскопических и макроскопических характеристик состояния. Обсуждается опыт использования изложенного подхода на уроках в средней школе.

Статья ориентирована на практикующих учителей и методистов, а также на разработчиков электронных образовательных изданий. Для первых и вторых интерес может представлять обсуждение методики использования готовых моделей, для последних – соображения, касающиеся создания новых методически обоснованных моделей.

К л ю ч е в ы е с л о в а : математическое и компьютерное моделирование, виртуальный эксперимент, обучение физике, порядок и хаос в системах многих частиц.

На сегодняшний день в научно-методической периодике представлено большое число работ, посвященных использованию компьютерного модельного эксперимента при обучении физике, в том числе в сочетании с реальным экспериментом (см., например, работы [1, 2, 7–10, 12–13, 15–16, 20]), роль которого для физики как экспериментальной науки нельзя переоценить. Среди публикаций такого рода значительная часть касается высшего образования. Многие статьи связаны с использованием компьютерных технологий для создания имитаций реальных лабораторных стендов. Зачастую акцент делается не на методических аспектах использования моделирующих систем, а на их технических особенностях и характеристиках. При этом мало внимания уделяется

обсуждению проблемы ограниченных возможностей использования в школе математического аппарата, необходимого для описания сложных физических явлений, и положительной роли, которую в решении этой проблемы могут сыграть методы компьютерного моделирования. Между тем недостаточное знание математики ощутимо тормозит освоение учащимися идей современной физики и техники, препятствует формированию представлений о мироустройстве и уяснению описывающих его законов. В полной мере сказанное относится к формированию статистических представлений и уяснению сути статистических закономерностей, важность которых уже обсуждалась нами в статье [4].

При изучении молекулярно-кинетической теории (МКТ) газа важно донести до школьников представления о хаотическом движении его молекул и существовании статистических законов. Идеи хаоса и порядка, энтропии и информации являются предметом современного естествознания. В то же время ученикам десятого класса, воспитанным на классической механике, трудно воспринять сочетание противоречивых понятий *беспорядка* и *закона*.

В школьном курсе рассматривается понятие «средняя квадратичная скорость», выводится основное уравнение МКТ газов, обсуждается связь средней энергии хаотического движения молекул и температуры идеального газа. Результатом является заключение, что при тепловом равновесии двух тел равны средние энергии движения их молекул. Этот вывод возникает в ходе аналитических выкладок, основанных:

- на свойствах молекул в модели идеального газа (молекулы – хаотически движущиеся материальные точки, которые только при соприкосновении взаимодействуют между собой, причем только отталкиваются);
- законах классической механики (для описания удара молекул о стенки используется закон сохранения импульса и второй закон Ньютона);
- процедуре вычисления среднего в рядах с большим числом слагаемых.

Развитые ученики физико-математических классов, склонные к абстрактному мышлению, способны понять логику этих преобразований. Однако действительное понимание физики явления демонстрируется выпускниками средней школы нечасто.

У школьника со средней математической подготовкой или просто с более конкретным мышлением трудности возникают уже на уровне восприятия модели идеального газа: молекулы не имеют размера, но сталкиваются. Многим трудно дается понимание перехода от среднего квадрата проекции скорости молекул на одну ось к средней квадратичной скорости

$$\overline{v_{xкв}^2} = \overline{v_{yкв}^2} = \overline{v_{zкв}^2} = \frac{1}{3} \overline{v_{кв}^2},$$

который обоснован равномерным распределением векторов скорости по направлениям (изотропности). Эти трудности связаны прежде всего с непривычностью математической процедуры усреднения величин, ведь в школьный курс математики элементы статистики только начинают проникать. В данном же случае этот математический навык

необходимо сочетать с пространственным воображением, переходом от рассмотрения одной частицы (второй закон Ньютона) ко многим частицам (число ударов о стенку).

Альтернативой может быть использование моделирующих компьютерных сред («Живая физика», «Открытая физика», «1С: Школа. Физика, 10–11 класс. Подготовка к ЕГЭ» [17] и другие), которые позволяют рассчитывать конфигурации систем, состоящих из десятков частиц, самосогласованно движущихся в соответствии с принципом выбора состояния с минимальной энергией. Воспользуемся для анализа поведения молекул газа моделями, входящими в состав одной из таких компьютерных сред, «Интер@ктивная физика» [3, 6], разработанной Институтом инновационных технологий, г. Пермь (рис. 1).

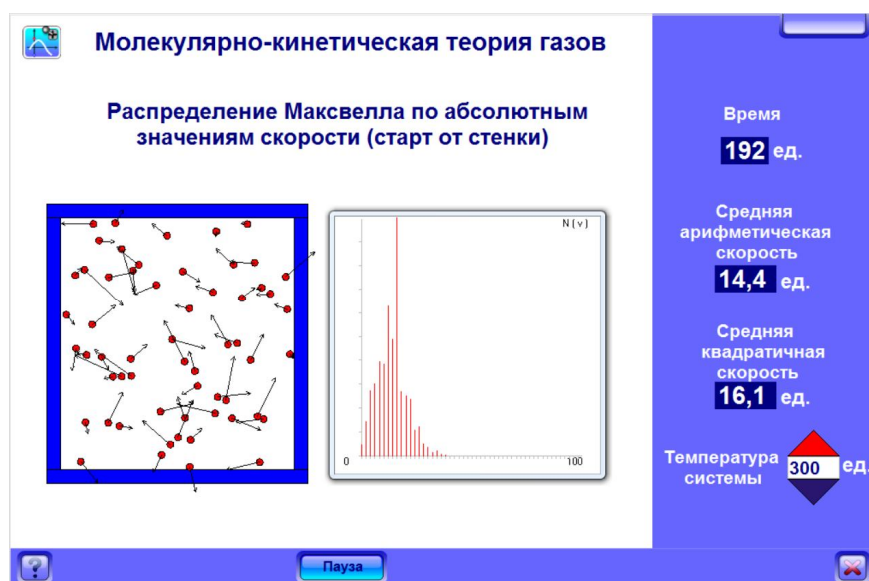


Рис. 1. Интерфейс модели «Распределение Максвелла» из состава обучающей среды «Интер@ктивная физика» (Институт инновационных технологий, г. Пермь) [6]

Будем считать частицы упругими шарами конечного размера, при столкновениях которых выполняются законы сохранения импульса и энергии. Среда позволяет отобразить на экране движущиеся частицы с векторами их скоростей в каждый момент времени, гистограммы распределения молекул по скоростям, значения средней арифметической и средней квадратичной скоростей движения.

Как будет видно из дальнейшего, замена молекул-точек на молекулы-шарики в модели идеального газа позволяет не только прояснить взаимосвязь между микро- и макропараметрами газа, но и наглядно проследить за процессом возникновения хаоса в системе, которая в МКТ закладывается как аксиома.

При работе с компьютерной моделью школьник должен понимать: он управляет компьютером. Человек может предсказать результаты расчета и лишь перекладывает на машину решение тяжелых рутинных задач. Компьютер быстро и точно считает, поэтому целесообразно доверить ему эту работу. При этом учащийся должен быть уверен в достоверности результатов расчета, в том, что компьютер «не обманывает» его, не

имитирует результат. Иначе говоря, возникает вопрос об установлении адекватности заложенной в программную среду математической модели изучаемого явления и реализующей ее компьютерной модели путем тестирования. Для обсуждаемой системы тестами могут служить соответствующие задачи механики (см., например, рис. 2). Разумеется, возвращаться к ним в ходе изучения молекулярной физики нерационально. Однако в этом нет нужды, если компьютерная среда используется на занятиях систематически, и при изучении механических явлений такие задачи рассматривались.

Итак, на предварительном этапе следует найти ответ на вопрос: насколько хорошо компьютерная модель упругих шаров согласуется с физическим экспериментом и, соответственно, будучи положенной в основу модели идеального газа, позволяет изучать закономерности теплового движения в рамках численного эксперимента?

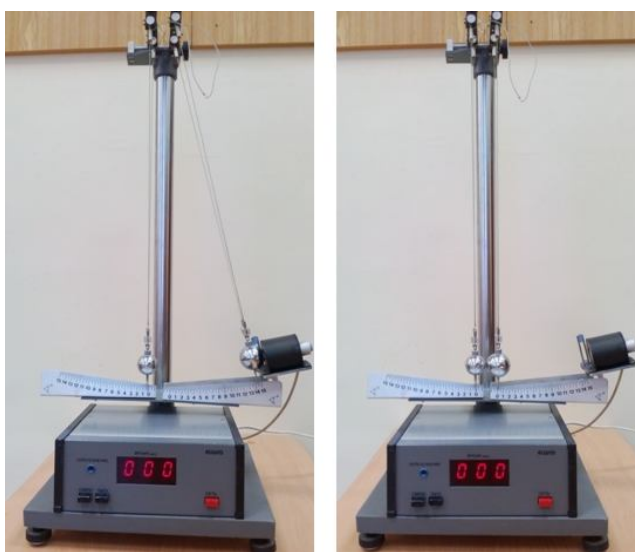


Рис. 2. Лабораторная работа «Соударение шаров»

Рассмотрим в качестве примера обсуждения ряд возможных тестовых задач.

Тест 1. Упругий центральный удар двух одинаковых шаров. Эта задача имеет непосредственное отношение к МКТ идеального газа. Попробуем понять поведение системы в опыте, получить аналитическое решение и сопоставить с этой достоверной информацией прогноз компьютерной модели.

Хорошо известен эксперимент с двумя стальными шариками на бифилярных подвесах (рис. 2). Один шарик отклоняем от вертикали и отпускаем. При ударе по шару той же массы первый останавливается, второй приходит в движение. Скорость второго шара после удара приблизительно равна скорости первого перед ударом. Об этом свидетельствует высота, на которую поднимается второй шарик. Это позволяет сделать вывод, что удар упругий, так что выполняется закон сохранения энергии. Поскольку в момент удара проекции на горизонтальное направление всех сил, действующих на тела, равны нулю, то должен выполняться и закон сохранения импульса:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}, \quad (1)$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2. \quad (2)$$

Для рассматриваемого случая $m_1 = m_2$, а $v_2 = 0$, поэтому

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m u_1^2}{2} + \frac{m u_2^2}{2}, \quad (3)$$

$$m v_1 = m u_1 + m u_2. \quad (4)$$

Решение этой системы уравнений дает $u_1 u_2 = 0$, что возможно либо когда $u_2 = 0$, что означало бы, что первый шар пролетел сквозь покоящийся второй, либо $u_1 = 0$, что приводит к $u_2 = v_1$. Этот результат согласуется с натурным экспериментом.

Другой случай, который легко реализовать в опытах со стальными шарами на подвесах и рассчитать аналитически из системы уравнений (1)–(2), тоже достаточно прост: два одинаковых шара сталкиваются с одинаковыми по модулю и противоположно направленными скоростями и отскакивают друг от друга с теми же скоростями.

Третье частное решение можно получить, рассмотрев отскок легкого шарика от покоящегося тяжелого, полагая в (3)–(4) $\alpha = m_1/m_2 \ll 1$. Для этого уравнения

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2},$$

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2$$

поделим на m_2 и в ходе алгебраических преобразований пренебрежем членами уравнения, содержащими сомножитель α^2 . Это дает

$$u_1 \approx -\frac{(1-\alpha)v_1}{1+\alpha} \approx -v_1, \quad u_2 \approx \frac{-2\alpha u_1}{1-\alpha} \approx -2\alpha u_1 \approx 0,$$

то есть легкий шар отлетает от тяжелого примерно с такой же скоростью, с какой налетел, а тяжелый шар остается на месте.

Все три рассмотренные задачи успешно решаются на компьютерной модели.

Можно ли решить аналитически задачи о столкновении шаров *разной* массы? Конечно, если не бояться громоздких алгебраических преобразований или подставить в уравнения конкретное соотношение масс тяжелого и легкого шаров (например, $m_2 = 10m_1$). Но если компьютерная модель показала свою работоспособность для частного случая равных масс, есть надежда, что и более сложная ситуация рассчитывается правильно, и рассмотрение таких задач возможно в виде исследования на модели.

Тест 2. Центральное соударение шаров различной массы. Рассмотрим совместное падение на стол с высоты 1 м целлулоидного и резинового шаров, причем

резиновый шар падает непосредственно под целлулоидным (рис. 3). При ударе о стол тяжелый резиновый шар поменяет направление скорости на противоположное и столкнется с легким целлулоидным, движущимся с той же скоростью вниз. Зная скорость целлулоидного шарика после удара с резиновым, можно оценить высоту его подъема или, наоборот, измерив высоту в эксперименте, можно оценить скорость после столкновения.

Ученики, плохо владеющие алгеброй, обычно начинают отгадывать, на какую высоту поднимется легкий шарик. Чаще всего предполагают, что оба шарика подскочат на ту же высоту 1 м или, с учетом того, что нижний шарик отскочит и «поддаст» верхнему энергии, – на высоту 2 м. Эксперимент опровергает все предположения. Целлулоидный шарик так бьется в потолок, что, кажется, он улетел бы вверх на пару этажей.

Проще всего подтвердить это, определив массы на весах и смоделировав процесс на компьютере (предпочитающие решение систем уравнений на листе бумаги и квадратных уравнений с помощью калькулятора могут сделать это и без компьютера). Пусть $m_1=1$ ед., $m_2=10$ ед., и перед ударом о стол $v_1=v_2=5$ ед., $y_{01} = y_{02}$. Расчет показывает (см. рис. 3), что после удара скорость тяжелого шарика несколько уменьшилась $u_2=3,18$ ед., а скорость легкого существенно возросла: $u_1=13,18$ ед. $\approx 2,636 v_1$. Поскольку высота подъема шарика может быть рассчитана по формуле

$$H = \frac{u_1^2}{2g} = \frac{(2,636v_1)^2}{2g} = \frac{6,95 \cdot 2gh}{2g} = 6,95h,$$

то для выбранных условий ее значение составит около 7 м.

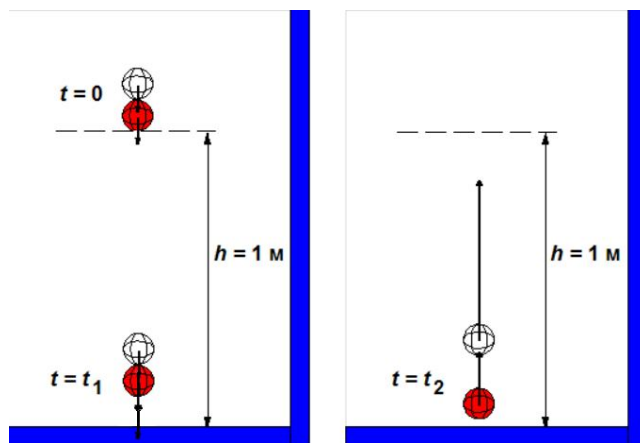


Рис. 3. Падение на стол легкого (белого) и тяжелого (красного) упругих шаров

Тест 3. Центральное абсолютно упругое соударение шара с неподвижным осциллятором. Эта довольно сложная задача представлена, например, в известном образовательном продукте «Физика в анимациях» [18], скриншот из которого дан на рис. 4.

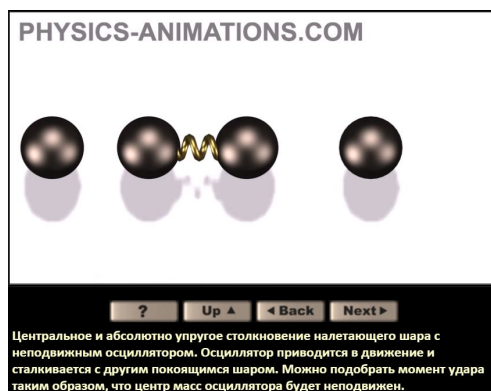


Рис. 4. Задача о соударениях в продукте «Физика в анимациях» [18]

В зависимости от положения правого шара возможны различные исходы соударений. Особым является случай (он и иллюстрируется программой), когда центр масс осциллятора после соударений сначала с левым, а затем с правым шаром возвращается в состояние покоя. «Физика в анимациях» отображает эту ситуацию неверно: осциллятор колеблется (не перемещаясь, как целое) в нарушение законов сохранения. В самом деле, если удар упругий, то полная энергия сохраняется; поскольку часть энергии остается у колеблющегося осциллятора, то правый шар должен двигаться с меньшей скоростью, чем была у левого шара до удара; но в таком случае не сохраняется импульс системы (импульс осциллятора равен нулю). Если же правый шар движется с той же скоростью, с какой налетал левый (выполняется закон сохранения импульса), то энергия системы загадочным образом увеличивается.

На самом деле центр масс осциллятора после соударений может (при довольно прихотливом соотношении параметров задачи) покоиться, но колебания при этом не происходят. При произвольных параметрах (массе шаров, упругости пружины, скорости налетающего шара и положении правого шара) колеблющийся осциллятор движется как целое (и обладает импульсом). Отметим, что при реализации этой задачи на основе модельного конструктора среды «Интер@ктивная физика» она решается правильно.

Тест 4. Нецентральное соударение шаров различной массы. Сама по себе задача не является чрезмерно сложной, но также требует значительного времени для рассмотрения множества представляющих интерес вариантов. Использование компьютера позволяет сэкономить это время. Можно убедиться в правильности модельного описания на тестовой задаче, например, о столкновении шаров равной массы, один из которых первоначально покоился. Угол разлета шаров в модельном эксперименте оказывается в полном согласии с теорией равным 90° при любом прицельном расстоянии и любой скорости налетающего шара. После этого теста можно, уже доверившись компьютеру, изучить с помощью модели перераспределение энергии и импульса между шарами в зависимости от соотношения масс, решить другие задачи, важные для понимания закономерностей теплового движения молекул.

В среде [6] представлены сценарии, успешно реализующие все упомянутые задачи. Удостоверившись в корректности модели столкновений в механике, перейдем к рассмотрению вопросов, относящихся непосредственно к молекулярной физике, а именно:

1. Как наступает хаос в первоначально упорядоченной системе из многих шаров, которые упруго взаимодействуют со стенками и между собой?
2. Что представляет собой в системе многих частиц состояние «теплового равновесия», которое устанавливается в системе самопроизвольно и которое с течением времени сохраняется? От каких начальных условий это состояние зависит, а от каких нет? Как в этом состоянии скорости частиц *распределены* по величине и направлению?

3. Как меняется с течением времени скорость каждой молекулы по величине и направлению? Существуют ли параметры системы, которые сохраняются в состоянии теплового равновесия?

Наступление хаоса в системе многих частиц

Увеличение числа частиц, возможность их столкновения со стенками еще более усложняют задачу и делают ее все более привлекательной для компьютерного расчета.

Расположим 60 частиц у одной стенки сосуда (ящика), зададим всем им одинаковый модуль скорости, равный 16 единицам, и направим векторы скорости к противоположной стенке сосуда (рис. 5, а). Первые 14 единиц времени частицы движутся к противоположной стенке, практически не задевая друг друга (рис. 5, б). Затем в течение короткого промежутка времени происходят столкновения частиц, уже отразившихся от стенки, и частиц, продолжающих двигаться к ней. В результате происходит увеличение скорости одних и остановка других частиц. Почти у всех частиц изменяется направление вектора скорости. Начинается возникновение «хаоса» как в направлении движения частиц, так и в величине модуля их скоростей (рис. 5, в).

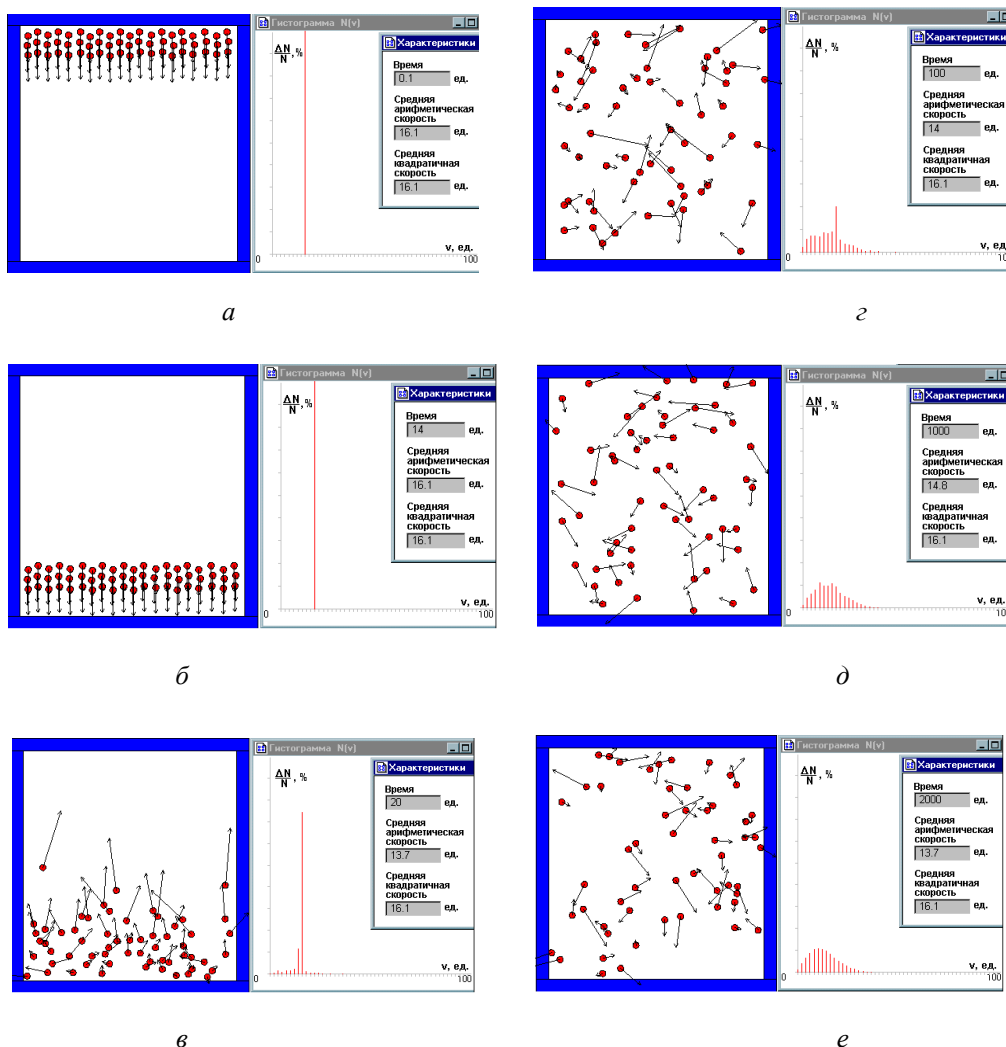


Рис. 5. Образование хаоса (а-е) при одновременном старте от стенки

На рис.5 представлены распределения частиц по модулям скорости. Компьютер рассчитывает число частиц со скоростями из интервала от $(v-\Delta v)$ до $(v+\Delta v)$ и выводит на экран отношение числа таких частиц ΔN к общему числу частиц N в виде вертикальной линии пропорциональной высоты. Такой графический способ представления информации называется *гистограммой*.

Гистограммы для начального момента времени и для момента $t = 14$ ед. показывает, что все 100 % частиц имеют одинаковый модуль скорости. Через 20 единиц времени 80 % частиц все еще имеет модуль скорости в пределах 16 ± 1 ед. скорости, однако появились частицы и со скоростями 6 ± 1 ед., и со скоростями 20 ± 1 ед. (рис. 5, в). Большинство из них движется пока к стенке, от которой они стартовали. Последующие соударения частиц со стенками и друг с другом приводят к дальнейшему изменению распределения молекул по направлениям движения и по модулю скорости (см. рис. 5, г-д, и 6). Через продолжительное время (≈ 2000 единиц) устанавливается практически не меняющееся в дальнейшем распределение молекул по скоростям с явно выраженным максимумом. Наибольшее число частиц имеет скорость 13 ± 1 ед. скорости (рис. 5, е).

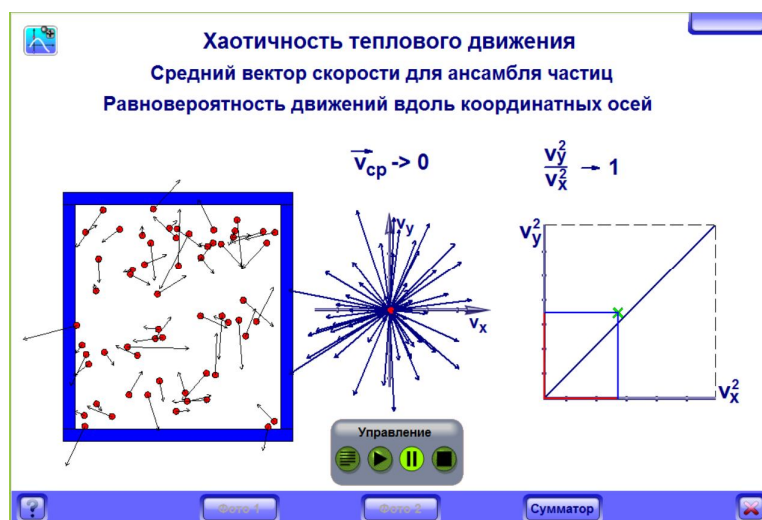


Рис. 6. Изотропность вектора скорости частиц в состоянии хаоса

В первоначально упорядоченной системе, где частицы взаимодействуют по законам упругих ударов, наступил хаос. «Собрав» все частицы в одну точку (рис. 6), легко убедиться, что распределение их скоростей по направлению носит *случайный* характер. Говорят, что оно *изотропно*: число векторов, попадающих в сектор $0-30^\circ$ относительно оси OX , равно числу векторов, в секторе $30-60^\circ$ и т.д. Это означает, что средняя скорость частиц практически равна нулю. Вычисление средних значений компонент скорости выявляет тенденцию к *равномерному распределению энергии* движения ансамбля частиц *по степеням свободы*: зеленый крестик на графике рис. 6 «притягивается» к биссектрисе прямого угла. Кроме того, рис. 5, д и е позволяют утверждать, что частицы распределились приблизительно *равномерно* в пространстве.

Мы наблюдаем, как «порядок» самопроизвольно уступает место «хаосу».

Хаос обладает особенностью: еще в древности люди понимали, что хаотическая система *не*

помнит о своем прошлом. Если «Иваны не помнят своего родства», значит, в государстве – хаос. Как эта особенность хаотического состояния проявляется в нашей системе?

Расположим те же 60 частиц в начальный момент времени не вдоль одной стенки, а равномерно по «объему сосуда». Пусть скорости частиц по модулю равны начальной скорости в предыдущем эксперименте, но направлены случайным образом (заданы генератором случайных чисел) (рис. 7, а).

Уже через 1000 единиц времени в системе наступает состояние, сходное с конечным в предыдущем эксперименте: приблизительно сохраняется равномерное распределение частиц по объему сосуда и изотропное распределение векторов скоростей по направлениям. Распределения частиц по модулям скоростей в обоих экспериментах (гистограммы на рис. 5, е и 7, г) практически совпадают.

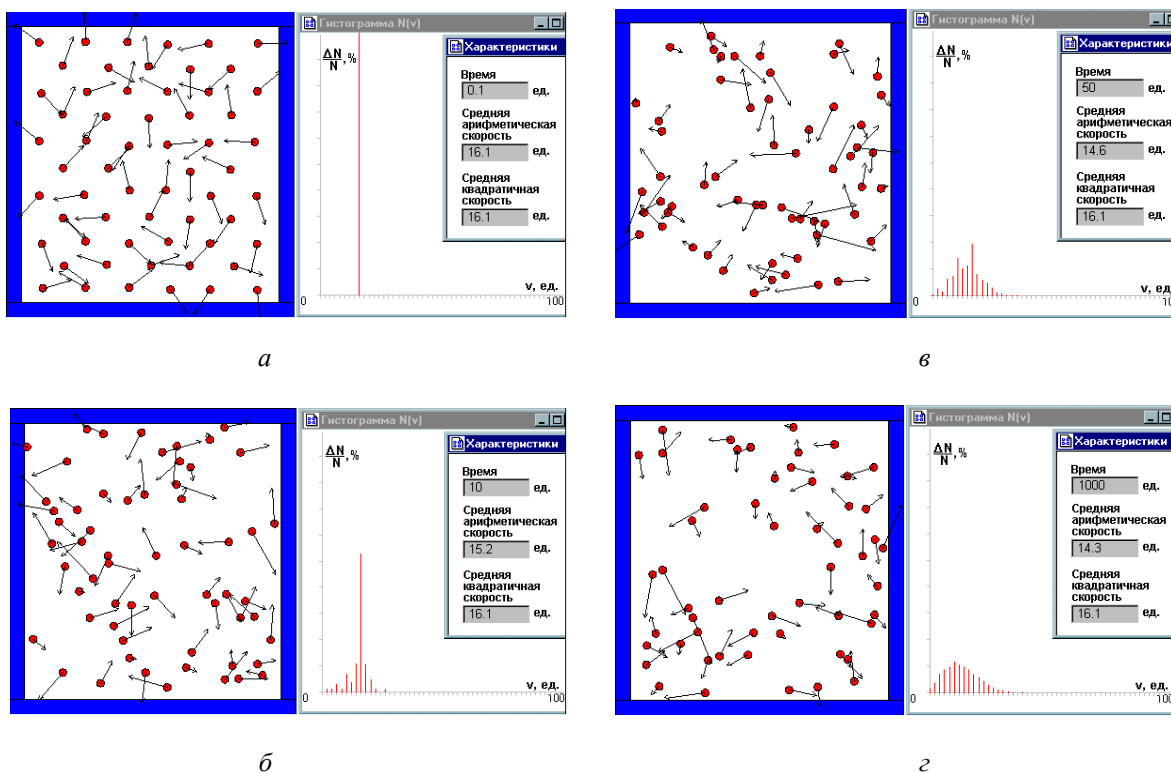


Рис. 7. Образование хаоса (а-г) из состояния с одинаковыми по модулю скоростями

Таким образом, *состояние системы по прошествии длительного времени не зависит от начального положения и направления скоростей частиц; при дальнейшем расчете оно не изменяется*.

Системы, состоящие из большого числа частиц, называют *макросистемами*. Состояние, к которому они самопроизвольно приходят, будучи изолированными от других систем, называют состоянием *термодинамического равновесия*. Характерная особенность этого состояния, в котором система может находиться сколь угодно долго, –

хаос. Постоянство во времени полученного в нашем компьютерном эксперименте распределения молекул по скоростям и сам характер этого распределения – это лишь некоторые из закономерностей хаоса.

Неизменность распределения по скоростям с течением времени означает, что хотя в установившемся состоянии компоненты скорости каждой отдельной частицы меняются со временем, существуют параметры, характеризующие систему *в целом*, – так называемые *макропараметры*, которые *остаются со временем постоянными*.

Аналогично в модельном эксперименте можно показать, что характер распределения по скоростям не зависит от числа частиц в системе (если только это последнее не слишком мало). С уменьшением числа частиц распределение лишь дольше устанавливается и может быть не таким гладким.

Измерение параметров макросистемы (концентрации, температуры, давления) в состоянии термодинамического равновесия показывает, что они одинаковы по всему объему и остаются со временем неизменными. Проиллюстрировать и понять причины этого позволяет ряд компьютерных экспериментов, которые описываются ниже.

Характеристики термодинамического равновесия

Рассмотрим для начала макропараметр, называемый концентрацией (имеют смысл числа молекул в единице объема).

Изучим при помощи компьютерной модели движение частиц, которые в начальный момент времени были распределены по объему сосуда равномерно. Мысленно разделим сосуд на две равные части – левую и правую. Начальное число частиц в половинках одинаково. Модельный эксперимент показывает, что при движении молекул равновесие (равенство числа частиц слева и справа) постоянно нарушается: частиц больше 50 % то слева, то справа (рис. 8). Однако нарушения эти происходят практически симметрично, так что в среднем число частиц слева и справа одинаково и равно 50 %. Отклонения от этого среднего значения называются флуктуациями, они хорошо видны на графике зависимости числа частиц от времени.



Рис. 8. Динамика распределения частиц при равновесном начальном состоянии

Флуктуации подчиняются и другому закону случайных чисел (первый – симметричность отклонений от среднего): большие флуктуации возникают реже малых.

Теперь пусть в начальный момент времени все частицы находятся в левой половине сосуда (рис. 9,а). Рис. 9,б, демонстрирует, что и в этом случае система приходит в равновесие: по прошествии непродолжительного времени устанавливается приблизительное равенство числа частиц слева и справа от воображаемой границы.

Объем сосуда можно разбить не только на половинки, но и на любые другие элементы, в том числе единичные. Состояние термодинамического равновесия характерно тем, что при любом разбиении в одинаковых объемах находится в среднем одинаковое число частиц. Равенство числа частиц в *единичных* объемах и означает однородность распределения частиц по объему или равенство концентраций частиц в разных частях сосуда. Такая картина распределения частиц при отсутствии внешних воздействий сохраняется сколь угодно долго.

Другим параметром, который в состоянии равновесия однороден по объему и постоянен во времени, является средняя кинетическая энергия частиц и полученное в описанных выше расчетах установившееся распределение молекул по скоростям $\Delta N/N(v)$.

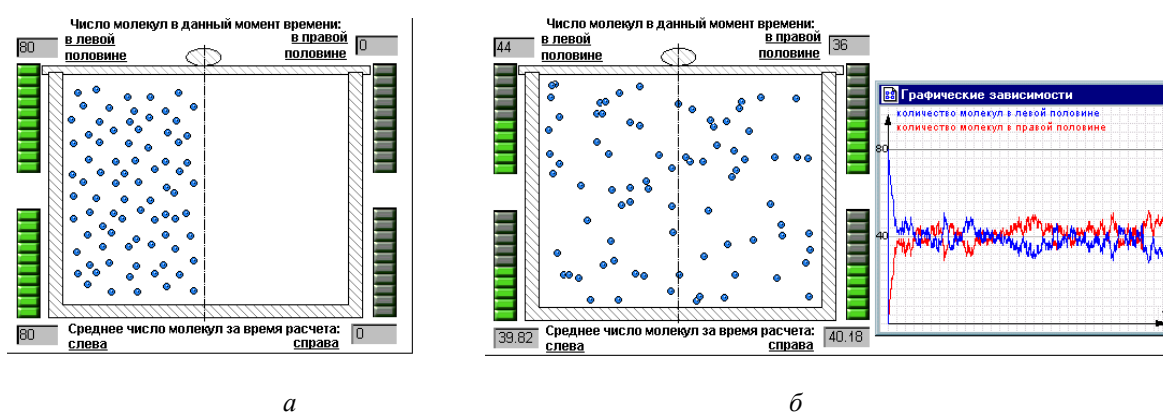


Рис. 9. Установление равновесия (а, б) в распределении частиц по половинкам сосуда

Это объясняется сохранением полной энергии замкнутой системы E (закон сохранения энергии при ударах частиц о стенки и между собой заложен в основу расчетов, число частиц не меняется). Способ вычисления средней кинетической энергии частиц:

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{E}{N} = \frac{\frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \dots + \frac{mv_N^2}{2}}{N} = \frac{m}{2} \cdot \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

позволяет ввести для данного сорта частиц среднюю квадратичную скорость

$$\bar{v}_{\text{кв}}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N},$$

а их среднюю энергию записывать в виде

$$\bar{\varepsilon}_k = \frac{m \bar{v}_{\text{кв}}^2}{2}.$$

Ясно, что если система представляет собой смесь частиц разной массы (смесь газов), то полная энергия по-прежнему будет сохраняться. А вот что произойдет со средней кинетической энергией и средней квадратичной скоростью каждой группы частиц неочевидно. Ответ на этот вопрос дают следующие два модельных эксперимента.

На рис. 10, показаны исходное состояние и результаты расчета процесса перемешивания двух сортов частиц с вдвое отличающимися массами, изначально обладавшими одинаковой энергией.



Рис. 10. Перемешивание частиц двух сортов (а, б) при равной начальной средней энергии

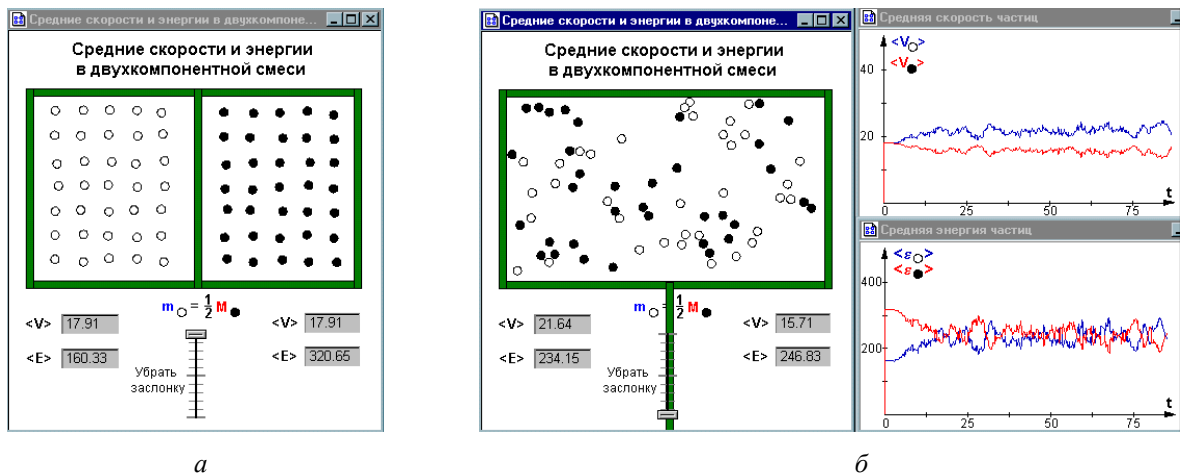


Рис. 11. Перемешивание частиц двух сортов (а, б) при равной начальной средней скорости

А на рис. 11, изображен тот же процесс, но для частиц с одинаковыми начальными скоростями. Из графиков зависимости от времени и числовых данных видно, что у обеих групп частиц выравниваются средние кинетические энергии, но не средние квадратичные скорости. Таким образом, средняя кинетическая энергия частиц в состоянии термодинамического равновесия равна для всех частиц смеси независимо от

их массы. Именно этот параметр выравнивается, если смешиваются две порции частиц с разной средней энергией в расчете на одну частицу.

Обнаруженное равенство средних энергий частиц, как и равенство концентраций, не является точным, а проявляется как тенденция. Это видно из графиков на рис. 10 и 11: энергии частиц каждого сорта флуктуируют вокруг общего среднего значения, поэтому мгновенные значения средних энергий равны лишь приблизительно. Относительная величина флуктуаций при небольшом количестве частиц оказывается велика (в наших экспериментах – до 20 %). Однако при помощи модельного эксперимента можно показать, что с ростом числа частиц эта величина уменьшается.

Отметим, что существует два способа вычисления средних значений в макросистемах. Понятие средней энергии частицы было введено нами, как обычно, с помощью усреднения по ансамблю частиц: в каждый момент времени рассчитывается среднее арифметическое значение энергии. Однако значительные флуктуации в модели, использующей лишь несколько десятков частиц, интуитивно подводят к потребности усреднять параметры системы и по времени. Для равновесных систем усреднение по ансамблю и по времени обычно приводит к одинаковому результату (эргодическая гипотеза).

Проследим в ходе компьютерного эксперимента за изменением с течением времени энергии одной частицы равновесной системы. При каждом столкновении с другой частицей энергия ее будет меняться от ε_1 до ε_2 , и если она двигалась с энергией ε_1 от предыдущего удара до данного время t_1 , а обладая энергией ε_2 , до следующего удара двигалась время t_2 , то средней энергией за промежуток (t_1+t_2) назовем энергию $\varepsilon_{\text{ср}} = (\varepsilon_1 t_1 + \varepsilon_2 t_2) / (t_1 + t_2)$. График зависимости $\varepsilon_{\text{ср}}$ от времени на рис. 12 показывает, что такое усреднение при достаточном времени наблюдения соответствует среднему по ансамблю $\bar{\varepsilon}_k$, отмеченному штриховой линией: отклонения от него со временем уменьшаются.

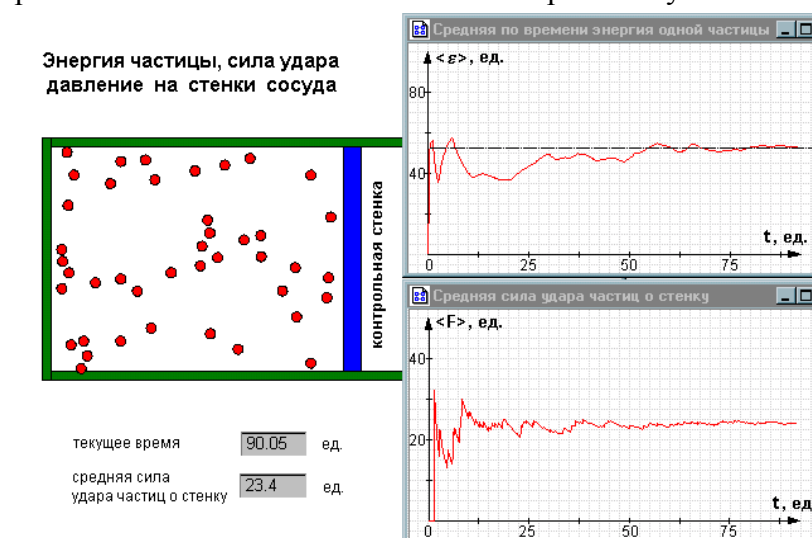


Рис. 12. Изменение средней по времени энергии одной частицы и ее приближение к средней по ансамблю

Сказанное выше позволяет естественно перейти к третьему параметру равновесного состояния – давлению.

В данном случае статистика накапливается не благодаря большому количеству частиц (как в реальных системах), а в ходе продолжительного наблюдения. Такой способ усреднения мы уже использовали выше (см. рис. 8 и 9), говоря о среднем числе частиц в половинках сосуда. Важнее, однако, что такое же по сути усреднение используется *при классическом способе вычисления давления* в выводе основного уравнения МКТ газов: давление определяется через средний за время Δt импульс силы, полученный стенкой. Усреднение по ансамблю также ведется, поскольку рассматривается участок стенки площадью ΔS . Это дает основание для того, чтобы в компьютерной модели также понимать под давлением величину, усредненную и по частицам, и по времени.

Вернемся для простоты к рассмотрению одинаковых молекул и проследим за тем, как меняется средняя сила $F_{\text{ср}}$ воздействия всех частиц на одну из стенок, например, на правую (см. рис. 12). Определим эту величину как отношение суммы изменений нормальных составляющих импульсов *всех* молекул при их ударах о стенку к времени наблюдения Δt . То есть усреднение проводится как по времени, так и по ансамблю. График зависимости $F_{\text{ср}}$ от времени на рис. 12 ярко иллюстрирует статистический характер давления: при каждом новом ударе о стенку $F_{\text{ср}}$ увеличивается скачком (поскольку время удара мало), затем монотонно уменьшается вплоть до следующего удара (поскольку растет Δt при неизменном суммарном импульсе). В результате значение средней силы удара меняется вблизи некоторого среднего значения, к которому и стремится при увеличении Δt . Давление газа, как указывалось выше, пропорционально $F_{\text{ср}}$.

Компьютерная модель позволяет выяснить, как средняя сила удара зависит от концентрации частиц (общего числа в области) и от средней энергии частиц. Обобщения двух серий таких экспериментов даны на рис. 13.

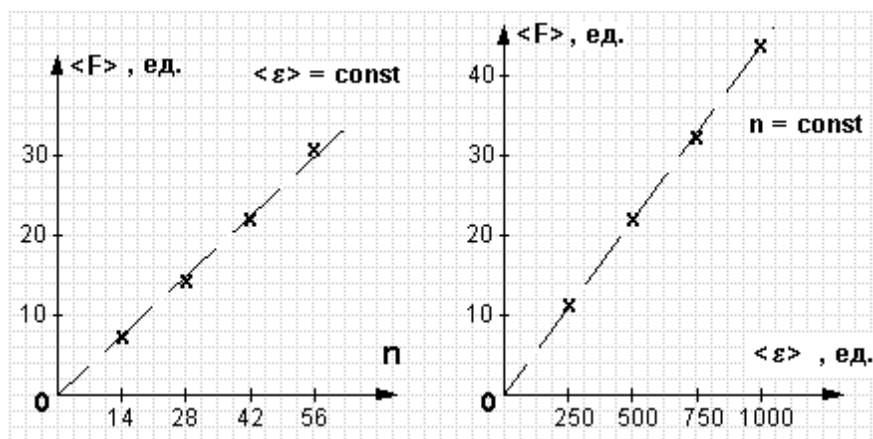


Рис. 13. Зависимость средней силы удара от концентрации и от средней энергии частиц

Видно, что средняя сила удара, а значит, и давление на стенку оказывается пропорциональной как концентрации, так и средней энергии одной частицы. Поскольку отношение сред-

ней силы давления $F_{\text{ср}}$ к площади стенки ΔS и есть среднее давление, то полученный результат можно сформулировать как

$$p \sim n \bar{\varepsilon}_k \quad \text{или} \quad p = \chi n \bar{\varepsilon}_k,$$

где χ – коэффициент пропорциональности. Фактически это соотношение отражает качественные соображения о том, что средняя сила удара молекул о стенку должна зависеть от массы молекул (поскольку от нее зависит сила каждого удара), концентрации частиц (от нее зависит количество ударов за единицу времени) и скорости молекул (от нее зависят и сила ударов, и их частота при движении молекул между стенками).

Итак, давление (или средняя сила ударов молекул о стенку) в состоянии термодинамического равновесия – как и концентрация и средняя энергия молекул – не зависит от времени, то есть, как говорят, является параметром состояния системы.

Отметим, однако, что достоверные результаты «измерения» в модельном эксперименте средних значений концентрации, энергии, давления получаются при наблюдении, предоставляющем представительную статистику. Для модели с относительно небольшим количеством частиц это означает достаточную продолжительность наблюдения.

Температура и ее взаимосвязь с энергией молекул

Давление в сосуде с газом может быть измерено с помощью манометра. Температура газа – с помощью термометра. Однако следует обсудить, что характеризуют показания термометра. Опыт показывает, что перепад температур тел определяет направление теплообмена, а выравнивание температур свидетельствует, что такой теплообмен закончился. То есть термометр фиксирует факт, что какой-то параметр системы перестал меняться во времени. Если все остальные параметры тоже не меняются, то говорят, что наступило состояние термодинамического равновесия. Таким образом, термометр – прибор, фиксирующий состояние равновесия. Сначала мы приводим в состояние равновесия термометр и тело, температуру которого измеряем. Затем это тело приводим в контакт со вторым телом. Показания термометра опять начинают меняться, но через некоторое время изменения прекращаются, и теперь показания термометра характеризуют состояние равновесия двух тел и термометра.

В 1742 г. для количественного измерения температуры и изготовления термометров была введена шкала Цельсия. Исследования газов с использованием таких термометров показали, что давление p , объем V , температура t° и число молекул газа в сосуде N связаны уравнением состояния газа, или уравнением Менделеева–Клапейрона:

$$p = k \frac{N}{V} (t^\circ + 273,15) .$$

После замены $n = N/V$ (определение концентрации) и $T = t^\circ + 273,15$ (определение температуры по шкале Кельвина, 1848 г.) получим

$$p = nkT .$$

Здесь k – коэффициент пропорциональности между экспериментально измеряемыми величинами. Сравнивая с полученным в модельном эксперименте, приходим к

$$nkT = \chi n \bar{\varepsilon}_\kappa \quad \text{или} \quad \bar{\varepsilon}_\kappa = (k/\chi)T.$$

Таким образом, средняя энергия пропорциональна температуре по шкале Кельвина. Иначе: температура – мера средней энергии движения молекул в газе, молекулы которого представляют собой упругие шары. Коэффициент k – экспериментально измеряемая константа Больцмана, коэффициент $\chi = 2/3$ можно получить, более детально изучив, как связаны между собой средняя энергия молекул и средняя энергия удара молекул при их движении в трехмерном ящике. Таким образом, средняя энергия поступательного движения молекул газа может быть рассчитана по известной температуре газа

$$\bar{\varepsilon}_\kappa = \frac{3}{2}kT.$$

Поскольку температура характеризует состояние термодинамического равновесия, в котором, как мы видели, сохраняется распределение молекул по скоростям, выясним, как это распределение зависит от средней энергии молекул или, что то же, от температуры (распределения на рисунках 5 и 7 соответствуют $T=300$ единиц). Результаты модельного эксперимента – начальные и конечные картины распределения молекул газа для скоростей, соответствующих трехкратному отличию средних энергий молекул (температур системы) – изображены на рисунке 14.

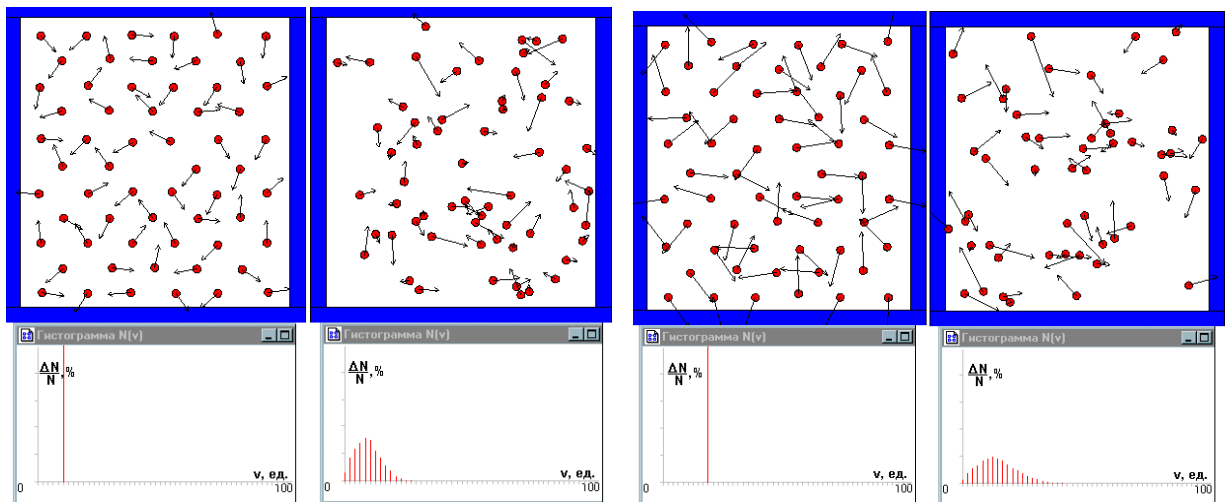


Рис. 14. Распределение частиц по скоростям при различных температурах

Видно, что при увеличении температуры (средней скорости молекул) максимум распределения сдвигается в сторону больших скоростей, а само распределение становится более размытым.

Строгое обоснование этой закономерности было получено Максвеллом. Выражение для функции распределения молекул массой m по скоростям в газе с температурой T имеет вид:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 \exp \left\{ -\frac{mv^2}{2kT} \right\},$$

где k – постоянная Больцмана.

График этой функции, как и график любой другой математической функции, может быть построен с помощью компьютера (рис. 15).

Как видим, полученное в компьютерном эксперименте распределение частиц по скоростям и характер его изменения с температурой (рис. 14) хорошо согласуются с распределением Максвелла.

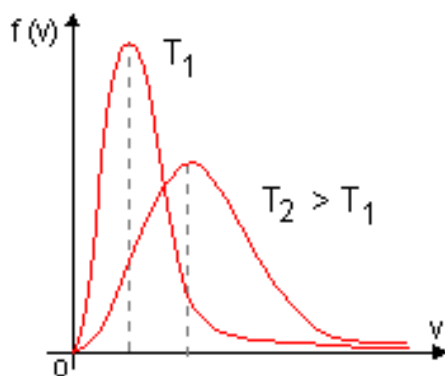


Рис. 15. Распределение Максвелла при двух разных температурах

Заметим, наконец, что компьютерная модель позволяет в некоторой степени обозначить границы применимости модели идеального газа. До сих пор речь шла об ансамбле частиц, собственный объем которых мал по сравнению с объемом ящика, а взаимодействие на расстоянии отсутствует. При увеличении размеров частиц зависимость давления от концентрации теряет в модельном описании линейный характер: сравните соответствующие графики на рис. 13 и 16. Это дает возможность обсудить поправку Ван-дер-Ваальса на собственный объем молекул реального газа.

Особенности индивидуальной работы учащихся с компьютерными моделями

В ряде школ г. Перми уроки с использованием интерактивных моделей и заданий из состава активной обучающей среды «Интер@ктивная физика» проводятся в течение пяти лет и более. Возможности моделей для иллюстрации учителем нового материала по разделу молекулярной физики видны из вышеизложенного. Остановимся еще на некоторых моментах, относящихся к методике проведения уроков модельного практикума.

Одна из его работ основана на обсуждавшейся выше модели «Давление идеального газа», в которой исследуется зависимость давления от концентрации частиц и их средней энергии. В первой части работы ученики, выбрав конкретные значения «температуры» (средней энергии молекул), наблюдают за поведением частиц в

компьютерной модели и изменением характеристик системы (числовая информация, графики). В ходе компьютерного эксперимента фиксируется меняющееся во времени значение давления, по окончании каждого эксперимента регистрируется рассчитанное компьютером среднее за период наблюдения давление. По результатам серии экспериментов в тетради строится график зависимости давления от температуры (аналогичный изображенному на рис. 13) и формулируется вывод о характере зависимости. С этим заданием обычно справляются практически все учащиеся.



Рис. 16. Зависимость давления от концентрации при увеличенных размерах частиц

Во второй части работы исследуется зависимость давления от концентрации. Ученики имеют возможность выбора тактики проведения эксперимента, поэтому у разных рабочих групп (2–3 человека) возникают неодинаковые проблемы.

При изменении величины концентрации от больших значений к меньшим обычно получают разумный график зависимости $p(n)$. При малых концентрациях (и прежнем времени наблюдения) результаты эксперимента могут вызывать недоумение, однако ученики легко мирятся с этим, поскольку характер зависимости уже ясен.

При изменении же величины концентрации от меньших значений к большим учащиеся, как правило, оказываются в затруднении на начальном этапе работы. Их смущает, что «среднее» давление «прыгает», то есть в повторных экспериментах при той же концентрации получаются другие значения. При выборе небольшого шага изменения концентрации прямая пропорциональная зависимость вообще может не получиться. Только после оказания учителем помощи – указания на роль времени наблюдения – школьникам удастся справиться с заданием.

Методика проведения всех работ компьютерного практикума предполагает – в нашей версии – этап коллективного обсуждения результатов модельного эксперимента. Именно в процессе совместного анализа возникших проблем удастся раскрыть в полной мере смысл таких понятий как «статистический параметр», «границы применимости статистических законов». Отсутствие такого обсуждения отличия данных численного эксперимента от теории школьники склонны объяснять недостатками компьютерной модели. Лишь немногие понимают, что проблема интерпретации результатов может быть связана с выходом за рамки действия статистических законов.

Отметим еще, что на этапе модельного практикума, а возможно, и раньше – при объяснении теоретического материала с использованием обсуждавшихся выше моделей, необходимо обратить внимание учащихся на то, что реальные системы содержат число молекул в невообразимое – с повседневной, бытовой точки зрения – число раз большее, чем можно рассчитать с помощью любой компьютерной программы. Учащиеся, как правило, плохо чувствуют масштабы числовых значений величин, которыми оперирует молекулярная физика. Слова «много молекул» ассоциируются у них со словами «миллиард» или около того. На самом же деле газ с концентрацией частиц 10^{10} м^{-3} представляет собой глубокий вакуум.

Важность формирования представлений школьников о статистическом характере многих физических законов, способы формирования этих представлений неоднократно обсуждались в педагогической литературе (см., например, [5, 11, 14]). Опыт показывает, что большинство старшеклассников психологически не готовы анализировать границы применимости статистических законов, чего требует современный стандарт физического образования. Об этом же свидетельствует анализ результатов Всероссийского тестирования. Школьники крайне плохо справляются с заданиями, в которых требуется анализировать границы применимости статистических законов (основное уравнение МКТ, второе начало термодинамики, закон радиоактивного распада). Компьютер дает инструмент доступного объяснения наличия ограничений для статистических законов.

При традиционной методике преподавания ученики обычно не могут на основе своего чувственного опыта уяснить суть статистического подхода, понять статистический характер параметров состояния и основного уравнения МКТ газов. В обсуждаемом случае модельный компьютерный эксперимент позволяет в сжатые сроки получить интересный фактический материал для проблемного рассмотрения физического явления. Использование компьютерного эксперимента формирует наглядные представления об основных величинах, носящих статистический характер (концентрация, давление в газах), о процессах, описываемых молекулярно-кинетической теорией идеального газа (установление теплового равновесия и так далее), о статистических закономерностях и законах. В ходе занятий у учащихся складывается понимание того, что основное уравнение МКТ является следствием законов классической механики для системы многих частиц. Компьютерное моделирование позволяет осознать, что границы применимости некоторых законов связаны именно с тем, что они являются статистическими, то есть проявляются при использовании большого числа частиц или длительном наблюдении, иначе говоря – в условиях, когда возможно осуществить процедуру усреднения той или иной величины с достаточной степенью точности. В целом, по нашим наблюдениям, у большинства учащихся удастся сформировать представление о характере и границах применимости статистических законов. Таким образом, при описанном подходе компьютер используется не только для повышения мотивации при обучении физике, но и способствует более глубокому пониманию физических законов.

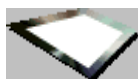
Понятие компьютерного эксперимента, широко используемое в современной науке и технике, постепенно проникает и в школьный учебник. Описанный здесь подход к изложению молекулярно-кинетической теории газов с использованием компьютерного моделирования реализован одним из авторов статьи при написании учебника для классов с углубленным изучением физики [19].



Список литературы

1. Абутин М.В., Колинко К.П., Чирцов А.С. Концепция и опыт использования в реальном учебном процессе электронных мультимедийных сборников по физике // Компьютерные инструменты в образовании. – 2004. – № 5. – С. 3–18.
2. Баяндин Д.В. Дидактические аспекты применения интерактивных компьютерных технологий в лабораторном практикуме // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2015. – Т. 18, № 3. – С. 511–533. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/de-pository/v18_i3/pdf/13.pdf (дата обращения: 15.07.2015)
3. Баяндин Д.В. Реализация концепции полнофункциональной предметно-ориентированной среды обучения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2015. – Т. 18, № 4. С. 574–601. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/de-pository/v18_i4/pdf/4.pdf (дата обращения: 15.07.2015)
4. Баяндин Д.В., Медведева Н.Н., Ханнанов Н.К. Закономерности хаоса (об использовании компьютерных модельных экспериментов) // Физика. – М.: ИД «1 сентября», – 2004. – № 32. – С. 7–15.
5. Бергер Н.М. Развитие статистических представлений в молекулярной физике // Физика в школе. – 1993. – № 5.
6. Интер@ктивная физика. Система активных обучающих сред для средней и высшей школы: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – ООО ИИТ. – Электрон. дан. (7,3Гб, 7,9 Гб). – Пермь: ООО ИИТ, 2012. – 2 электрон. опт. диск (DVD-ROM). Систем. требования: Pentium 1.8 ГГц, HDD 8 Гб; RAM 2 Гб, операционная система: Windows 2000/XP/Vista/7/8.
7. Кавтрев А.Ф. Урок физики с использованием Интернет-технологий. Компьютерная лабораторная работа в режиме online // Компьютерные инструменты в образовании. – 2005. – № 3. – С. 45–50.
8. Казакова Е.Л., Назаров А.И. Методические аспекты использования компьютерных технологий в лабораторном физическом практикуме // Физическое образование в вузах. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 86–94.
9. Кондратьев А.С., Ляпцев А.В., Никольский А.С. Качественный анализ картины явления при его математическом моделировании // Компьютерные инструменты в образовании. 2014. № 2. С. 46–52.
10. Марек В.П., Чирцов А.С. Использование компьютерных технологий и моделирования для приближения лабораторных работ к научным // Компьютерные инструменты в образовании. – 2014. – № 1. – С. 44–59.
11. Мякишев Г.Я. Динамические и статистические закономерности в физике. – М.: Наука, – 1973. – 272 с.
12. Никифоров В.Ю. Использование компьютерных технологий в ходе лабораторного практикума при изучении распределения молекул идеального газа по скоростям // Физическое образование в вузах. – 2003. –Т. 9, № 4. – С. 116–128.

13. Стародубцев В.А. Компьютерные и мультимедийные технологии в естественнонаучном образовании: монография. – Томск: Дельтаплан. – 2002. – 224 с.
14. Пинский А.В., Шурыгина Л.С. Модельный эксперимент по молекулярной физике // Физика в школе. – 1977. – № 5.
15. Толстик А.М. Роль компьютерного эксперимента в физическом образовании // Физическое образование в вузах. – 2002. Т. 8. – № 2. С. 94–102.
16. Толстик А.М. Некоторые методические вопросы применения компьютерного эксперимента в физическом образовании // Физическое образование в вузах. – 2006. – Т. 12, № 2. – С. 76–84.
17. Физика, 10–11 кл. Подготовка к ЕГЭ: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Федер. агентство по образованию, ГУ РЦ ЭМТО, ЗАО «1С»; под ред. Н.К. Ханнанова. – Электрон. дан. (445Мб, 500 МБ). – М.: ЗАО «1С», ООО «1С-Паблишинг», Изд-во «Просвещение», 2004. – 2 электрон. опт. диска (CD-ROM). – Загл. с экрана. – Систем. требования: Pentium III 700МГц; HDD 170 Мб; RAM 128 Мб; 800х600; Windows 98SE/Me/2000/XP. – (Серия «1С: Школа»).
18. Физика в анимациях. – URL: <http://physics.nad.ru/Physics> (дата обращения: 15.07.2015)
19. Чижов Г. А., Ханнанов Н. К. Физика, 10 класс: Учебник для классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2003. – 480 с.
20. Чирцов А.С., Абутинов М.В., Марек В.П., Микушев С.В. Новые варианты использования информационных и мультимедийных технологий для реализации непрерывного высшего профессионального образования // Физическое образование в вузах. – 2012. – Т.18, № 1. – С. 109–125.



УДК 004.8

Г.А. Никулова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ И СИСТЕМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Представлены результаты применения метода анализа иерархий для выявления характеристик и свойств образовательных сетевых ресурсов и систем, значимых для их эффективного функционирования. Участники эксперимента (студенты педвуза), являясь потенциальными разработчиками и потребителями ОСРиС, провели поэтапное ранжирование приоритетов для различных заинтересованных сторон, позволяющее учитывать потребности целевой аудитории на стадии проектирования ресурсов.

К л ю ч е в ы е с л о в а : образовательные сетевые ресурсы и системы, метод парных сравнений альтернатив, факторы эффективности

Эмпирические подходы к оценке эффективности образовательных сетевых ресурсов и систем (ОСРиС) опираются, как правило, на отзывы участников учебного процесса при реальном их использовании. Существуют опросные методики, схожие с инструментами определения «юзабилити» ресурсов [1, 3, 5, 10], в которых анализируются ответы респондентов на конкретные вопросы, связанные с суждениями о субъективном впечатлении пользователя о качестве и упорядоченности учебной информации, эргономичности структуры и информационной архитектуры ресурса, удобстве и понятности интерфейса, конфликтоустойчивости ресурса по отношению к внешним и внутренним ошибкам и проч. Найденные проблемы обычно устраняются на стадии редизайна интерфейса и доработки функциональных блоков с учетом требований UX дизайна [9].

Многие из проблем эксплуатации сетевых обучающих ресурсов [3] можно предотвратить, повысив внимание к потребностям целевой аудитории еще на стадии проектирования ресурса или сетевой системы образовательного назначения. Однако разработчику (коллективному или индивидуальному) сложно оценивать созданный им ресурс объективно, так как он принимает решения, в том числе и оценочные, на базе

собственных знаний, вкусов и предпочтений. Это приводит к тому, что итоговый результат может в основном отвечать требованиям только самого разработчика и, как следствие, не пользоваться популярностью целевой аудитории. Поэтому актуальным является поиск подходов к принятию решений по формированию концепции и объективной оценки значимости компонентов создаваемого ресурса, обеспечивающих его потребительские качества и эффективность [1, 3].

Одним из вариантов решения названных проблем является использование метода анализа иерархий (МАИ) или Analytic Hierarchy Process (АНР) [4, 7, 8]. В основе МАИ лежит анализ простых сравнений, используемый для принятия решений во многих отраслях, связанных с проектной деятельностью [8, 9]. Определение степени значимости элемента в конкретной паре (или попарные сравнения предпочтительных вариантов выбора решений) позволяет найти численные характеристики относительной интенсивности взаимодействия элементов в иерархии и выделить приоритетные критерии или альтернативы для достижения поставленной цели.

Простота проведения экспертной оценки и конкретность ее результатов обеспечивают привлекательность рассматриваемого метода именно при решении проблем разработки ОСРиС, поскольку позволяют получить численную оценку и привлечь широкую респондентную аудиторию, в частности студентов педагогических вузов, заинтересованность которых в данных ресурсах очевидна как во время обучения, так и в перспективе. Среди других полезных особенностей МАИ обычно называют [1, 7]:

- сочетание количественного и качественного подходов при оценивании приоритетов в условиях малой определенности;
- возможность сравнения разнородных критериев и альтернатив, названных заинтересованными сторонами при опросе или в ходе дискуссии, например, в процессе «мозгового штурма», что снижает требования к их систематизации и формализации на начальном этапе анализа;
- пошаговый подход к решению сложных многоступенчатых задач на основе декомпозиции проблемной области с последующим сужением поля приемлемых решений;
- несмотря на апелляцию к интуиции респондентов при парных сравнениях вариантов МАИ индуцирует процессы структурирования проблем как во время первичных оценок приоритетов альтернатив, так и при итерационных корректировках внутренне противоречивых оценок (при низкой согласованности матрицы приоритетов).

Популярность данного метода стимулировала разработку инструментов автоматизации процедур ввода исходных данных и их обработки [2, 6], один из которых [6] используется в настоящей работе.

Цель проводимого исследования – выявление характеристик и свойств, значимых для различных групп потребителей образовательных сетевых ресурсов и систем, классификация которых приведена в [3]. Для определенности рассматривали проектирование ресурсов образовательного назначения в сфере ИТ-технологий. Респондентами (43 человека) являлись студенты дневной формы обучения факультета физико-математических и компьютерных наук ЛГПУ (направление подготовки

«Информационные системы»), являющихся одновременно их реальными потребителями и потенциальными профессиональными разработчиками. На первом этапе в ходе «мозгового штурма» были выделены заинтересованные стороны (ЗС) – те потребительские группы, для которых, по мнению респондентов, результаты функционирования образовательных ресурсов и систем имеют практическое или теоретическое значение, а их эффективность прямо или косвенно отражается на эффективности деятельности самих членов этих групп. К таковым были отнесены: административные органы образования (например, администрация вуза), преподаватели, работодатели, студенты, фрилансеры. В данном списке названия групп осознанно приведены в алфавитном порядке, поскольку степень значимости для каждой из них ОСРиС оценивалась впоследствии методом парных сравнений.

На втором этапе были определены значимые потребительские качества образовательных ресурсов и систем: качество и полнота охвата учебных материалов; свободный доступ; практическая направленность; возможность пользовательских настроек; наличие инструментов диагностики усвоения учебной информации (контроль и самоконтроль). Итогом явилась традиционная для МАИ иерархия: «ЦЕЛЬ – КРИТЕРИЙ – ОБЪЕКТ» (в нашем случае – субъект) (рис. 1).

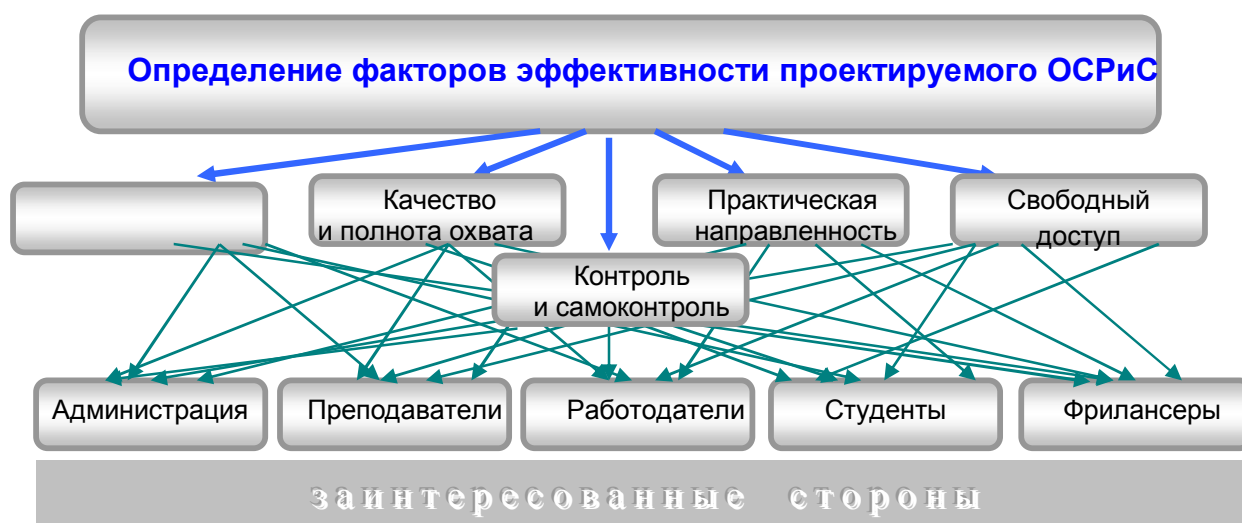


Рис. 1. Иерархия «Цель – критерий – объект/субъект»

Респонденты использовали свободно распространяемый Web-инструмент АНР Online Calculator [6], фрагмент работы которого представлен на рис. 2.

Оценка субъективных суждений осуществлялась согласно приведенной ниже шкале (табл. 1).

Таблица 1

Значение	Определение приоритета в паре сравниваемых объектов
1	Значение не существенно
3	Небольшое значение
5	Большое значение
7	Значительное значение
9	Максимальное значение
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения

Input number and names (2 - 15) 5 Go OK

Pairwise Comparison AHP priorities

10 pairwise comparisons. Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Calculate Result* to get the priorities.

Which criterion with respect to AHP priorities is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

	A - Importance - or B?	Equal	How much more?
1	☐ преподаватели or ☒ студенты	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
2	☐ преподаватели or ☒ фрилансеры	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
3	☒ преподаватели or ☐ работодатели	☒ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
4	☒ преподаватели or ☐ администрация вуза	☒ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
5	☐ студенты or ☒ фрилансеры	☒ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
6	☒ студенты or ☐ работодатели	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
7	☒ студенты or ☐ администрация вуза	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
8	☒ фрилансеры or ☐ работодатели	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
9	☒ фрилансеры or ☐ администрация вуза	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☒ 7 ☐ 8 ☐ 9
10	☒ работодатели or ☐ администрация вуза	☒ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9

CR = 5.8% OK

Calculate Result ☒ AHP ☐ Balanced scale Download (.csv) ☐ dec. comma

Рис. 2. Фрагмент работы AHP Online Calculator

Таким образом, всякий раз в каждой паре выделенных заинтересованных определяли «весомость» или уровень значимости ОСРиС. При одинаковой значимости для обеих групп выставлялась единица. При наличии противоречивых суждений инструмент AHP Online Calculator маркирует проблемные позиции красным (при критическом противоречии) и светло-зеленым цветами. В этом случае необходимо возвратиться к процедуре оценивания и уточнить свои суждения.

О качестве выполненного анализа приоритетов методом парных сравнений обычно судят по следующим параметрам: индекс согласованности – количественная оценка противоречивости результатов сравнений (для системы в целом, для узлов одного кластера или для кластеров, имеющих общую вершину); относительная согласованность

матрицы сравнений CR, характеризующая сходимость матриц парного сравнения – отношение индекса согласованности к среднестатистическому значению индекса согласованности при случайном выборе коэффициентов матрицы сравнений. Удовлетворительными считаются значения до 10 %, [4, 7]. В настоящей работе среднее значение параметра CR оказалось равным 4,9 %, что указывает на достаточно ответственную и квалифицированную экспертную работу респондентов.

Поскольку в настоящей работе изучались групповые суждения, для их объединения вычисляли геометрическое среднее значений по каждому критерию. В табл. 2 представлены результаты парных сравнений значимости ОСРиС для каждой группы.

Как следует из табл. 2, выраженными бенефициарами среди заинтересованных сторон оказались фрилансеры и студенты. Результат вполне объяснимый, с учетом того, что эти группы объективно являются пересекающимися.

Таблица 2

Результаты парных сравнений значимости ОСРиС для ЗС

Заинтересованная сторона	Вес Р (%)	Ранг
Администрация вуза	6,7	4
Преподаватели	10,2	3
Работодатели	3,5	5
Студенты	35,3	2
Фрилансеры	44,3	1

В последующих исследованиях было принято решение ограничиться рассмотрением предпочтений трех наиболее заинтересованных сторон: преподаватели, студенты, фрилансеры. Респондентам было предложено для данной ЗС оценить в парах критериев значимость каждого данного конкретного фактора, на который следует обратить внимание при проектировании ресурса, например, для группы «Преподаватели» – выбор между критериями «свободный доступ» и «качество и полнота охвата». Полученные результаты сведены в табл. 3 и представлены на рис. 3–5.

Таблица 3

Результаты парных сравнений значимости критериев (свойств ОСРиС) для различных ЗС

ЗС	Вес Р (%)	Ранг	Свойства ОСРиС	Вес Р (%)	Ранг
Преподаватели	10,2	3	Качество и полнота охвата	25	2
			Свободный доступ	13	4
			Возможность настроек	12	5
			Практическая направленность	29	1
			Контроль и самоконтроль	23	3

Окончание табл. 3

ЗС	Вес Р (%)	Ранг	Свойства ОСРиС	Вес Р (%)	Ранг
Студенты	35,3	2	Качество и полнота охвата	19	3
			Свободный доступ	21	2
			Возможность настроек	16	5
			Практическая направленность	23	1
			Контроль и самоконтроль	18	4
Фрилансеры	44,3	1	Качество и полнота охвата	27	2
			Свободный доступ	25	3
			Возможность настроек	13	4
			Практическая направленность	32	1
			Контроль и самоконтроль	9	5

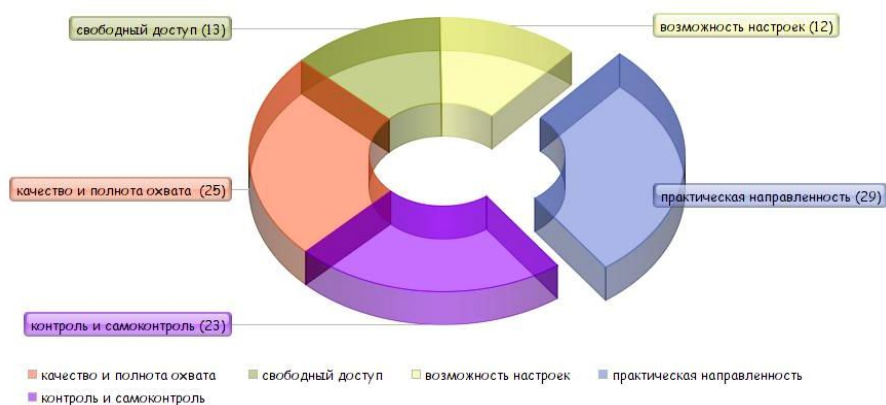


Рис. 3. Предпочтения ЗС «Преподаватели»



Рис. 4. Предпочтения ЗС «Студенты»

Для ресурсов, целью которых является обучение ИТ-технологиям, предпочтение свойствам «практическая направленность» (1-е место) и «качество и полнота охвата» (2–3-е место) для всех ЗС вполне ожидаемо и закономерно. Интересно, что респонденты сочли, что для категории «Преподаватели» критерии «свободный доступ» и «возможность настроек» имеют наименьшее значение, между тем вес свойства «свободный доступ» значительно выше для студентов и фрилансеров. Абсолютный оценочный минимум отмечен у свойства, связанного с наличием в ОСРиС инструментов контроля и самоконтроля, для ЗС «Фрилансеры».

Обращает на себя внимание и разница в разбросе весов парных сравнений для различных ЗС ($P_{max} - P_{min}$): наибольшей она является для категории «Фрилансеры» – 27 %, более сбалансированными являются предпочтения по всем критериям для категории «Студенты» – 7 %.

В целом же полученное экспериментально ранжирование заинтересованных в ОСРиС сторон и свойств ресурсов вполне объяснимо с позиций здравого смысла. Приведенные результаты целесообразно учитывать при целенаправленном проектировании образовательных сетевых ресурсов и систем, ориентированных преимущественно на одну из заинтересованных сторон.

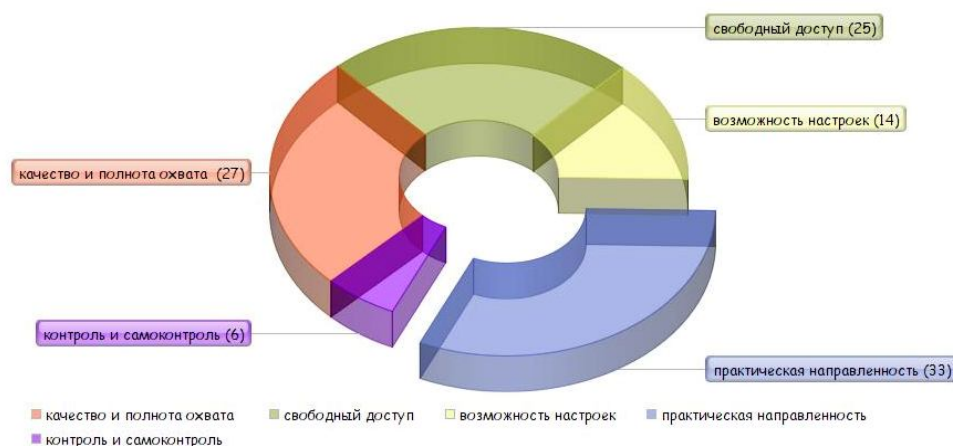


Рис. 5. Предпочтения ЗС «Фрилансеры»

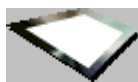
Кроме того, в ходе проведенного исследования были отмечены и дополнительные результаты, непосредственно связанные с учебным процессом:

- МАИ стимулирует понимание целей уже в процессе оценивания приоритетов, упрощает процедуру определения важности критериев не в ряду многих, а в «прямом» сравнении;
- итерационный характер процедуры оценки, связанный с контролем сходимости матриц приоритетов, побуждает студентов осмысливать и проверять суждения;
- для студенческой аудитории данный метод полезен, поскольку позволяет повышать квалификацию оценивающей группы, стимулируя поиск аргументации выбора.



Список литературы

1. Боброва Л.Н., Никулова Г.А. Анализ взаимосвязи факторов usability открытых образовательных сетевых ресурсов для поддержки обучения и самообучения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society) – 2015. – Vol.18, №2. – P. 653-674. – URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v18_i2/pdf/18.pdf (дата обращения: 15.02.2016).
2. Гожий А.П., Кобылинский И.А. Разработка фреймворка для решения задач многокритериального анализа и принятия решений // Праці Одеського політехнічного ун-ту. – 2013. – Вип. 1(40). – С. 162–168.
3. Никулова Г.А., Боброва Л.Н., Марчев Д.В. Характеристики привлекательности интернет-ресурсов учебного назначения: стилевые аспекты преподавания и потребительские свойства // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). – 2014. Vol.17, №2. – С. 569–597.
4. Beynon M. DS/AHP method: A mathematical analysis, including an understanding of uncertainty // Europ. J. of Operational Research. – 2002. – Vol. 140. – P. 148–164.
5. Huart C. Kolski and Sagar M. Evaluation of multimedia applications using inspection methods: the Cognitive Walkthrough case // Interacting with Computers. – 2004. – Vol. 16. – P. 183–215.
6. Klaus D. Goepel. BPMSG AHP priority calculator. URL: http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php (дата обращения: 15.02.2016)
7. Lamata A. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach / Int. J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge based systems. – 2006. – Vol. 14, No 4. – P. 445–459.
8. Robustness of the multi-objective MOORA method with a test for the facilities sector / W.K.M. Brauers, W. Karel; E. Zavadskas, E. Kazimieras // Technological and economic development of economy. – 2009. – No 2(15). – P. 352–375.
9. Sauro J. SUPR-Q: A Comprehensive Measure of the Quality of the Website User Experience // J. of Usability Studies. – 2015. – Vol. 10, Issue 2. – P. 68–86.
10. Tullis T.S. & Stetson J.N. A comparison of questionnaires for assessing website usability // Proceedings of UPA Conference. – 2004. – June 7-11. – Minneapolis, Minnesota. – 12 p.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 53 (072.3) + 004.9

И.В. Ильин

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ФИЗИКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОСФЕРЫ» В СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Обсуждается проблема формирования у учащихся средней школы конкретных и обобщенных физико-технических знаний, включая метауровень их обобщения. Результатами освоения метатехнического знания являются становление представлений о современной техносфере как макрообъекте техники (ее структуре, содержании и закономерностях развития) и более высокий уровень технической культуры обучаемых. В работе представлены концепция построения и содержание программы элективного курса «Физика современной техносферы» для средней общеобразовательной школы, направленной на формирование у учащихся конкретных и обобщенных технических знаний. Особая роль при организации обучения отводится ИКТ-средствам поддержки данного курса. В качестве такого средства предлагается электронный образовательный ресурс как пополняемый комплекс мультимедиа модулей для изучения различных объектов техники.

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение физике, техническое знание, физика современной техносферы, техносфера, информационно-коммуникационные технологии обучения.

Необходимость политехнической подготовки учащихся в процессе обучения физике определена действующим стандартом общего среднего образования (ФГОС, 2010, 2012). Ставится задача усвоения учащимися физических основ работы различных технических устройств и промышленных технологических процессов, формирования у них умения применять полученные знания для решения практических задач повседневной жизни и обеспечения ее безопасности, рационального природопользования и охраны окружающей среды, готовности к прогнозированию, анализу и оценке следствий бытовой и производственной деятельности. Достижение этих целей

связывается с реализацией в обучении физике одного из базовых принципов дидактики – *принципа политехнизма*.

В рамках традиционных направлений научно-технического прогресса (НТП), базирующихся на достижениях физической науки, сформировались и развиваются их новые и весьма перспективные составляющие: оптоэлектроника, робототехника, нанотехнологии, микроэлектроника и др. Именно они будут определять в ближайшее время качественные преобразования сферы технического обеспечения современного общества.

Отметим, что техника настоящего времени достаточно сложна. Принципы ее действия в полном объеме в большинстве случаев недоступны для понимания неспециалистом. Это, как справедливо отмечает Э.А. Аринштейн, «...создает пропасть между современной техникой и школьным курсом физики» [1]. По этой причине в учебниках физики представлены преимущественно только доступные для освоения учащимися классические технические объекты (шлюзы, тепловые машины, электродвигатель, радиоприемник и т.п.). Тем не менее учащиеся средней школы должны знакомиться не только с классической, но и современной техникой. На это обращается внимание в примерной программе для основной школы, разработанной в соответствии с действующим стандартом общего среднего образования [9]. В содержании примерной программы помимо традиционных объектов техники выделены и современные технические объекты, такие как мобильный телефон, спутниковая система навигации, ЖК-монитор, плазменный телевизор, цифровой фотоаппарат и др.

В соответствии с данным направлением развития содержания политехнического обучения разрабатываются различные авторские программы (В.Г. Разумовский, В.А. Орлов, О.Ф. Кабардин, А.М. Кондаков и др.). Например, в содержании примерных программ по физике для основной и старшей школы [9] (*авторы*: В.Г. Разумовский, В.А. Орлов, О.Ф. Кабардин, А.М. Кондаков и др., 2010 г.) общие вопросы технической направленности (физика и техника, наука и техника, открытия в физике – основа прогресса в технике и технологии производства) представлены во вступительном разделе. Эти же вопросы имеются во вводных разделах других авторских программ (*авторы* Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская, Е.М. Гутник, А.В. Перышкин, В.А. Коровин, А.Е. Гуревич и др.). Разрабатываются авторские программы для внеурочной деятельности по физике. В частности, в программе А.А.Кузнецова и М.В. Рыжакова предлагается изучение объектов современной техники в цикле внеурочных занятий «Как это работает...?» [6, с. 43–45]. Отмечается, что такие занятия необходимы для знакомства учащихся с миром техники, искусственно созданным человеком, путем использования на практике достижений физики.

Для решения задач реализации политехнической направленности предметного обучения является необходимой разработка элективных курсов, направленных на изучение классических и современных технических объектов. В содержании таких курсов необходимо представить объекты из разных областей производственной деятельности, сервисной и бытовой современной техники. Их изучение будет способствовать пониманию учащимися места и роли техники в развитии современной

техносферы, осознанию роли науки в создании объектов техники нового поколения, пониманию базовых принципов их работы.

В рамках нашего исследования разработан элективный курс «*Физика современной техносферы*». Курс ориентирован на достижение в области политехнической подготовки учащихся результатов обучения, определенных стандартом образования (предметных, метапредметных, личностных). Главной особенностью курса является формирование у учащихся не только конкретных технических знаний в области современной техники, но и обобщенного технoзнания – *метатехнического знания* (о техносфере и закономерностях ее развития) [4–6, 10].

Содержание и методика организации занятий курса ориентированы на комплексный подход к формированию результатов обучения. В этом комплексе объединены *деятельностно-ценностный, компетентностный, методологический* (ориентация на освоение основ методологии научно-технического исследования), *прагматичный* (направленность на формирование знаний и умений, необходимых в жизни, развитие технической культуры) *подходы*.

В разработке программы курса реализован модульный принцип организации обучения. Курс состоит из системы модулей по технике, каждый из которых связан с изучением конкретного технического объекта (ТО). Учебный материал о каждом изучаемом ТО демонстрирует его место и роль в структуре современной техносферы [4–6, 10]. Реализация модульного подхода позволяет учителю «конструировать» программу курса из различных учебных модулей по своему усмотрению, а именно варьировать его содержание и объем в зависимости от уровня знаний, интересов и индивидуальных особенностей учащихся, а также специфики учебного плана школы.

Обучение по программе курса строится на основе применения специализированных цифровых дидактических материалов по технике, входящих в состав электронного образовательного ресурса (ЭОР) «*Физика современной техносферы*». Самостоятельная работа учащихся с применением этих материалов обеспечивает более совершенный уровень организации их познавательной деятельности, для которого характерны:

- 1) приобретение более полных и глубоких знаний о технике и физических основах ее работы;
- 2) обеспечение разнообразия видов учебной деятельности в области освоения прикладных (технических) вопросов курса физики;
- 3) систематизация и обобщение технических знаний;
- 4) формирование широкого спектра практических умений учащихся, в том числе в области научно-технического творчества;
- 5) применение новых средств обучения и инструментов учебной деятельности (ИКТ) в области политехнической подготовки учащихся по предмету.

Рассмотрим основные составляющие элективного курса «*Физика современной техносферы*».

1. Цели учебного курса:

- совершенствование (углубление, расширение) предметного знания (физика);

- формирование (углубление, расширение) системы прикладных (технических) знаний и умений (на материале курса физики);
- формирование представлений о роли физики в развитии других естественных наук, техники и технологий;
- формирование представлений о нерациональном использовании природных ресурсов и энергии, загрязнении окружающей среды как следствии несовершенства машин и механизмов;
- овладение основами безопасного использования естественных и искусственных электрических и магнитных полей, электромагнитных и звуковых волн, естественных и искусственных ионизирующих излучений во избежание их вредного воздействия на окружающую среду и организм человека
- формирование базовой составляющей технической культуры – системы технических знаний (конкретных, обобщенных);
- формирование представлений о физической и современной технической картинах мира, технической составляющей мировоззрения, соответствующей современному уровню развития науки и общественной практики;
- профориентация учащихся.

2. Задачи учебного курса:

Формирование системы технических знаний:

- конкретных научно-технических;
- конкретных рецептурно-технических;
- метатехнических.

Совершенствование предметных знаний и умений:

- знаний по основному курсу физики;
- умений в выполнении учебного научно-технического исследования (элементы);
- умений в самостоятельной работе с различными источниками технической информации;
- умений в применении средств ИКТ при выполнении различных видов познавательной и практической деятельности.

Формирование специальной предметной компетентности в области прикладной физики (начальный уровень):

- готовность к выполнению различных видов технической деятельности;
- приобретение опыта выполнения творческих заданий по технике;
- освоение опыта применения средств ИКТ в выполнении заданий по технике.

Развитие и воспитание личностных качеств учащихся:

- развитие интереса к физике и технике;
- воспитание начального уровня технической культуры (технической грамотности и компетентности) школьника, его способности к адекватной оценке ТО и способов их применения с учетом экологических, экономических, социальных, эргономических следствий;

- развитие мировоззрения учащихся, представлений о современной технической картине мира;
- осознание учащимися связи и взаимовлияния науки и техники, понимание того, что развитие техники возможно благодаря развитию физики как науки (физика как ведущая научная основа техники);
- осознание возможных причин техногенных и экологических катастроф, необходимости применения достижений физики и технологий для рационального природопользования;
- ценностная оценка системы взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» с учетом возможных следствий этих взаимодействий;
- воспитание нравственных и эстетических качеств, эмоционально-ценностного позитивного и рационального отношения к природе и техносфере; готовности к осмыслению глобальных проблем современности, связанных с развитием техносферы;
- развитие технического мышления и творческих способностей учащихся;
- создание условий для развития мотивации и последующего выбора и освоения технической профессии (специалист среднего звена, инженер) (профориентация).

3. Ожидаемые результаты освоения учебного курса. В результате изучения курса учащийся должен:

знать:

- принципы действия машин, приборов и технических устройств, с которыми человек встречается в повседневной жизни, и способы обеспечения безопасности при их использовании;
- физические основы работы машин и механизмов, средств передвижения и связи, промышленных технологических процессов;
- способы применения отдельных технических объектов (рецептурно-технические знания) в различных видах деятельности;
- различные аспекты взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» и результаты этих взаимодействий;
- влияние менталитета социума на функционирование и развитие техники;

уметь:

- описывать объекты техники современной техносферы в соответствии с ОП изучения ТО;
- применять полученные знания для объяснения принципов действия важнейших технических устройств, решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности своей жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды;
- осуществлять научно-техническую (инженерную) деятельность по проектированию ТО (элементы изобретения и рационализации); выполнять простейшие работы по созданию ТО и с применением ТО (элементы);
- осуществлять непроизводственную техническую деятельность, включая

техническую деятельность повседневной жизни.

владеть опытом (компетентность):

- работы с различными источниками информации по вопросам прикладной физики (в том числе с ЭОР «Физика современной техносферы»);
- применения средств ИКТ при изучении технических вопросов курса физики, а также при выполнении учебного научно-технического исследования;
- представления результатов работы с техническим материалом в форме выступления перед аудиторией с устными докладами, в том числе с подготовленными авторскими презентационными материалами;

иметь представление:

- о структуре техносферы и обобщенных характеристиках ее элементов;
- содержании составляющих техносферы, характеризующих уровень ее развития:
 - совокупности имеющихся в социуме технических артефактов - технических объектов (основаниях классификации, видах и типах ТО),
 - структуре технического знания и обобщенных понятиях, его характеризующих,
 - видах технической деятельности, реализуемых в социуме (научно-технической, производственной, непроизводственной),
 - системе взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» и следствиях технической деятельности на природу и социум (военно-политических, социально-экономических, национально-культурных, экологических, ценностно-мировоззренческих);
 - ментальности социума (сложившихся социальных моделях технического поведения) как факторе влияния на уровень развития всех прочих составляющих техносферы);
- факторах развития техносферы (*военно-политических, социально-экономических, национально-культурных, ценностно-мировоззренческих, духовных*); в з а и м о с в я з и н а у к и и т е х н и к и как ведущем факторе, определяющем:
 - развитие системы технических артефактов (от простейших орудий до сложных технических систем),
 - развитие технического знания и видов технической деятельности;
 - изменение системы взаимодействий «общество (человек) – техника – природа» и оценки их следствий;
 - обновление менталитета социума;
- закономерностях развития техносферы:
 - этапах эволюции и революционных скачках, содержании и смене технических парадигм;
 - основных отраслях современного производства и направлениях НТП;

- техногенезе (влиянии технической деятельности на естественную природу) и его общих закономерностях (экологический аспект развития техносферы);
- методологии научно-технического исследования (общих принципах и методах решения технических проблем).

Содержание требований к уровню подготовки учащихся учитывает сформулированные в стандарте ФГОС требования к *общим предметным, частным предметным, метапредметным* и *личностным* результатам освоения основной образовательной программы.

На разных уровнях образования (основная и старшая школа) указанные цели образования достигаются на разном содержании учебного материала по предмету (физика) и с разной степенью глубины проработки компонентов метатехнического знания.

4. Инновационность учебного курса.

По целям обучения:

- представление целей обучения в виде не только системы знаний и умений, но и совокупности компетентностей, отражающих более высокий уровень образовательной подготовки выпускника средней школы в сфере его политехнической подготовки;
- обновление состава целей за счет включения целей, связанных с овладением учащимися метатехническим знанием и современными компьютерными технологиями учебной деятельности при освоении технических вопросов курса физики и методов научно-технического исследования.

По содержанию обучения:

- реализация одного из важнейших направлений политехнической подготовки школьников – формирование системы МТЗ (не только приобретение учащимися конкретных технических знаний, а формирование представлений о техносфере и закономерностях ее развития);
- отражение в содержании обучения новых подходов к систематизации и обобщению знаний по вопросам прикладной физики (основание для систематизации – структура составляющих техносферы, развернутый обобщенный план изучения технического объекта).

По методам обучения:

- расширение состава методов обучения за счет появления новых источников учебной информации о технике и инструментах учебной деятельности (работа с цифровыми источниками информации, обработка, хранение, представление и передача информации в виртуальной среде), а также обновление технологии применения традиционных методов в условиях использования возможностей виртуальной среды обучения;
- использование преимущественно как репродуктивных, так и творческих методов обучения, ориентированных на самостоятельную работу учащихся по освоению технических вопросов курса физики; применение данных методов

обучения в условиях организации индивидуальной, парной и групповой работы учащихся по выполнению творческих учебных заданий;

- применение нетрадиционных методов обучения (метод проектов, метод социального взаимодействия в обучении, метод портфолио и др.).

По формам обучения:

- увеличение разнообразия форм организации учебных занятий с учащимися, в частности, с применением форм дистанционного обучения (ДО): кейс-технологии, Web-технология;
- расширение состава форм учебной деятельности (индивидуальная работа, работа в парах и малых группах, выполнение коллективных проектов).

По средствам обучения:

- комплексное использование компонентов ИКТ-инфраструктуры школьной учебной среды и среды домашней работы (аппаратных средств, ресурсов и инструментов) при организации занятий;
- применение специализированных цифровых дидактических материалов по вопросам прикладной физики (ЭОР «Физика современной техносферы») для организации самостоятельной работы учащихся, обеспечивающих более совершенный уровень ее организации (расширение состава задач самостоятельной работы; оптимизация времени, отводимого на ее организацию; реализация вариативных методик построения учебного процесса; более высокий уровень индивидуализации обучения; благоприятные условия для групповой и коллективной форм учебной работы; более высокий уровень интереса и познавательной активности учебной работы и соответственно результативности обучения).

5. Учебные модули курса по выбору «Физика современной техносферы» для основного общего образования (7–9-е классы).

Таблица 1

М о д у л ь 1 . «Механические явления. Динамика», 7-й класс.

Тематический план (12 часов)

<i>№ п/п</i>	<i>Тема занятия</i>	<i>Технический объект</i>
1	Масса. Единицы массы	Весы
2	Сила. Вес тела	Динамометр
3	Измерение давления	Барометр – aneroid
4	Измерение давления	Манометр
5	Архимедова сила	Ареометр
6	Архимедова сила	Подводная лодка

Таблица 2

М о д у л ь 2 . «Тепловые явления», 8-й класс.
Тематический план (10 часов)

<i>№ n/n</i>	<i>Тема занятия</i>	<i>Технический объект</i>
1	Тепловое движение. Температура	Термометр
2	Влажность воздуха	Гигрометр
3	Работа газа и пара при расширении. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды	Паровой двигатель
4	Работа газа и пара при расширении. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды	Двигатель внутреннего сгорания
5	Работа газа и пара при расширении. Тепловые двигатели и охрана окружающей среды	Реактивный двигатель

Таблица 3

М о д у л ь 3 . «Электрические явления», 8-й класс.
Тематический план (12 часов)

<i>№ n/n</i>	<i>Тема занятия</i>	<i>Технический объект</i>
1	Электризация тел. Закон сохранения заряда	Копировальный аппарат
2	Химические источники электрического тока	Гальванический элемент
3	Измерение электрического тока	Амперметр
4	Емкость конденсатора	Сенсорный экран
5	Емкость конденсатора	Конденсатор
6	Нагревание проводников электрическим током. Закон Джоуля– Ленца	Лампа накаливания

Таблица 4

М о д у л ь 4 . «Магнитные явления», 9-й класс.
Тематический план (18 часов)

№ п/п	Тема занятия	Технический объект
1	Действие магнитного поля на проводник с током	Электродвигатель
2	Получение переменного электрического тока. Производство, передача и потребление электрической энергии	Генератор переменного тока
3	Магнетизм. Сила Лоренца	Электронно-лучевая трубка
4	Магнетизм. Сила Лоренца	Масс-спектрограф
5	Действие магнитного поля на проводник с током	Электросчетчик
6	Магнитное поле катушки с током	Электрический звонок
7	Использование электромагнитной индукции	Трансформатор
8	Использование электромагнитной индукции	Электродинамический микрофон
9	Использование электромагнитной индукции	Поезд на магнитной подушке

Таблица 5

М о д у л ь 5 . «Электромагнитные колебания и волны», 9-й класс.
Тематический план (4 часа)

№ п/п	Тема занятия	Технический объект
1	Принципы радиосвязи и телевидения	Радиотелефонная связь (сотовый телефон)
2	Геометрическая оптика	Линзы

Таблица 6

М о д у л ь 6 . «Квантовые явления», 9-й класс.
Тематический план (8 часов)

№ п/п	Тема занятия	Технический объект
1	Ядерная энергетика. Экологические проблемы использования атомных электростанций	Ядерный реактор
2	Регистрация элементарных частиц	Счетчик Гейгера
3	Регистрация элементарных частиц	Камера Вильсона

М о д у л ь 7. «Физика и современная техносфера»: цикл обобщающих занятий

Цели занятий: показать роль физической науки в становлении и развитии современной техносферы; раскрыть содержание составляющих системы МТЗ как совокупности знаний о техносфере и особенностях ее развития.

Форма занятий: конференция (обобщение и систематизация физико-технических знаний учащихся).

Целесообразность занятий обусловлена выдающейся ролью, которую играет физика в развитии техники. Проведение занятий ориентировано на формирование у учащихся систематизированных представлений о современной техносфере и развитие у них интереса к изучению физики и техники.

Занятия проводятся в форме учебных конференций. В докладах учащихся рассматриваются ключевые моменты учебного материала о технических объектах, которые они изучали в течение учебного года (в рамках курса по выбору «Физика современной техносферы»), освещается современный уровень развития современной техники и ее влияние на все сферы жизнедеятельности общества. Рассматриваются вопросы истории создания различных видов техники, рассказывается об учёных, сделавших наибольший вклад в развитие техники. Знания систематизируются и обобщаются на основе обобщенного плана изучения технического объекта.

Темы докладов учащиеся получают за 2–3 недели до проведения обобщающих занятий. В течение этого времени учащиеся собирают необходимые материалы, анализируют их и обсуждают с учителем.

План обобщающих занятий (инвариантная составляющая)

I. *Введение:* рассказ (объяснение) учителя:

1. Исторические этапы развития техносферы.
2. Современные достижения науки и техники.

II. *Основная часть:* доклады учащихся:

1. Технические объекты: на различных этапах истории развития общества.
2. Современные технические объекты.

III. *Заключительная часть:* рассказ (объяснение) учителя:

1. Понятие о техносфере.
2. Закономерности развития техносферы.

Содержание этапов обобщающих занятий (вариативная составляющая) [2, 3, 7, 11]

I. *Введение*

1. Исторические этапы развития техносферы:

- техника древних цивилизаций,
- техника античного мира,
- техника средних веков,
- техника Нового времени,

- техника мануфактурной эпохи,
- техника промышленного переворота,
- технические достижения конца XIX – начала XX века.

2. Современные достижения науки и техники:

▪ техника науки и промышленности (дуговые электроплавильные печи, прокатные станы, солнечные электростанции, ветроэлектростанции, ядерные реакторы на быстрых нейтронах, термоядерная установка, первая океанская электростанция, печатные машины, фуллерены, сканирующий зондовый микроскоп, ускорители заряженных частиц, голография, сверхглубокое бурение скважин, глубоководный обитаемый подводный аппарат «мир», волоконно-оптические линии связи, навигационная система GPS, нейрокомпьютеры);

▪ техника медицины (демонстрация прикладного характера физической науки, её роли в продолжении и качества жизни человека (искусственные органы человека, томографы, лазерная хирургия));

▪ техника космоса и исследование Вселенной (ракета-носитель «Протон», станция «Союз», космический корабль «Апполон-11», «Луноход-1», корабли серии «шатл» (корабли многоразового использования), радиотелескопы, телескоп «Хаббл», МКС);

▪ транспорт (современные аэростаты, сверхзвуковой пассажирский лайнер «Конкорд», суда на воздушной подушке, магнитопланы);

▪ бытовая техника (домашние роботы, цифровая фотокамера, современные часы, цифровое спутниковое телевидение, сканеры, сотовая связь, система «умный дом», карманный компьютер, мобильный Интернет);

▪ техника телекоммуникаций (история развития средств связи);

▪ машиностроение: тяжелое (подъёмно-транспортное, железнодорожное, авиационное, нефтегазовое и др.), среднее (промышленность бытовых приборов и машин, автомобильная промышленность) и точное машиностроение (приборостроение, радиотехническое и электронное машиностроение, электротехническая промышленность);

▪ альтернативные источники энергии (актуальные вопросы охраны окружающей среды, альтернативные источники энергии);

▪ нанотехнологии (общие сведения о путях получения и использования наноструктур)

II. Основная часть

Примерный перечень докладов учащихся [2,3,11]

1. Технические объекты в развитии техносферы:

- колесная повозка (Индия, 4000 лет до н.э.);
- трубопроводы для канализации (Греция, 3000–2000 лет до н.э.);
- солнечные часы (Египет, 1450 лет до н.э.);
- абак (550 лет до н.э.);

- водоподъемные механизмы (Египет, 300 лет до н.э.);
- клапан (Александрия, Египет, 224 лет до н.э.);
- подъемный кран (Рим, 10 лет до н.э.);
- ветряная мельница (Персия, 664 г.);
- книгопечатный станок (Китай, 868 г.);
- камера-обскура (900 г.);
- оптическая линза (1000 г.);
- очки (1289 г.);
- миниатюрные часы (Германия, 1511 г.);
- токарный станок (Франция, 1568 г.);
- микроскоп (Нидерланды, 1590 г.);
- нарезное оружие (Дания, 1611 г.);
- термометр (Италия, 1592 г.);
- термостат (Голландия, 1609 г.);
- барометр (Италия, 1644 г.);
- первая суммирующая машина (Франция, 1645 г.);
- электростатический генератор (Германия, 1650 г.);
- телескоп (Англия, 1668 г.);
- паровая машина (Англия, 1769 г.);
- оптический телеграф (Франция, 1791 г.);
- гальванический элемент (Италия, 1800 г.);
- первый пароход (1803 г.);
- электрический телеграф (Испания, 1804 г.);
- пишущая машинка (1808 г.);
- электрическая лампа накаливания (Лондон, 1810 г.);
- Спектроскоп (Германия, 1814 г.);
- паровоз (Англия, 1814 г.);
- электромагнит (Дания, 1820 г.);
- лифт (Англия, 1829 г.);
- электромагнитный телеграф (Россия, 1829 г.);
- трансформатор (Англия, 1831 г.);
- электрический двигатель (Россия, 1834 г.);
- холодильник (Австралия, 1850 г.);
- двигатель внутреннего сгорания (Бельгия, 1860 г.);
- электростанция (1881 г.);
- электрокардиограф (Нидерланды, 1900 г.);
- слуховой аппарат (США, 1901 г.);
- фотоэлемент (Германия, 1904 г.);
- электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) для телевизионных изображений (1907 г.);
- счетчик радиации (Германия, 1908 г.);
- телефон (США, 1914 г.);
- электронным микроскоп (Германия, 1931 г.);

- радиотелескоп (США, 1937 г.);
 - транзистор (США, 1947 г.);
 - ТОКАМАК (СССР, 1950 г.);
 - кредитная карточка (США, 1950 г.);
 - микроволновая печь (США, 1953 г.);
 - лазер (США, 1960 г.);
2. Современная техника:
- радиотелефонная связь,
 - GPS-навигация,
 - точка доступа Wi-Fi,
 - томограф,
 - подушка безопасности,
 - поезд на магнитной подушке,
 - волоконно-оптические линии связи,
 - наночипы,
 - квантовые резисторы.

III. Заключительная часть

1. Понятие о технике. Понятие о техносфере (содержание и структура). Классификация техники. Система технических знаний. Виды технической деятельности. Система отношений «общество (человек) – техника – природа». Менталитет как фактор влияния на составляющие техносферы. Метатехническое знание (МТЗ).

2. Факторы развития техносферы.

3. Закономерности развития техносферы (этапы эволюции и революционные скачки, содержание и смена технических парадигм).

4. Научные и научно-технические революции.

5. Основные отрасли современного производства и направления НТП.

6. Техногенез и его общие закономерности.

7. Методология научно-технического исследования (общие принципы и методы решения технических проблем).

6. Учебные модули элективного курса «Физика современной техносферы» для среднего (полного) общего образования (10–11-й классы).

М о д у л ь 1 . « Физика и современная техносфера»: цикл обобщающих занятий (углубленный уровень)

План обобщающих занятий
(инвариантная составляющая)

I. *Введение*: рассказ учителя о целях и задачах занятий курса.

II. *Основная часть*: доклады учащихся:

1. Понятие техника и структура техносферы (углубленный уровень).

2. Факторы развития техносферы (углубленный уровень).
3. Закономерности развития техносферы (углубленный уровень).
4. Научные и научно-технические революции (углубленный уровень).
5. Основные отрасли современного производства и направления НТП (углубленный уровень).
6. Техногенез и его общие закономерности (углубленный уровень).
7. Методология научно-технического исследования (углубленный уровень).

III. *Заключительная часть*: рассказ учителя о плане дальнейшей работы курса по выбору.

Таблица 7

М о д у л ь 2 . «Молекулярная физика и термодинамика», 10-й класс.

Тематический план (2 часа)

<i>№ п/п</i>	<i>Тема занятия</i>	<i>Технический объект</i>
1	Агрегатные состояния вещества	Холодильник

Таблица 8

М о д у л ь 3 . «Электродинамика», 10-й класс.

Тематический план (14 часов)

<i>№ п/п</i>	<i>Тема занятия</i>	<i>Технический объект</i>
1	Применение полупроводников (п/п) в технике	Диод
2	Применение п/п в технике	Солнечные батареи
3	Применение п/п в технике	Транзистор
4	Применение п/п в технике	Электронный усилитель
5	Применение п/п в технике	Светодиод
6	Применение п/п в технике	Автомат для управления электрическим освещением
7	Пьезоэлектрический эффект	Прибор для УЗИ

Таблица 9

М о д у л ь 4 . «Электромагнитные колебания и волны», 11-й класс.

Тематический план (16 часов)

№ n/n	Тема занятия	Технический объект
1	Применение электромагнитных волн	СВЧ-печь
2	Волновая оптика	Пирометр
3	Принципы радиосвязи и телевидения	Спутниковый навигатор GPS
4	Принципы радиосвязи и телевидения	Беспроводная точка доступа WI-FI
5	Применение электромагнитных волн	Томограф
6	Применение электромагнитных волн	Рентгеновский аппарат
7	Волновая оптика	ЖК-экран
8	Волновая оптика	Цифровой фотоаппарат

Таблица 10

М о д у л ь 5 . «Квантовая физика», 11-й класс.

Тематический план (16 часов)

№ n/n	Тема занятия	Технический объект
1	Квантовая теория электромагнитного излучения	Лазер

Окончание табл. 10

№ n/n	Тема и форма занятия	Технический объект
2	Ядерная энергетика. Экологические проблемы использования атомных электростанций	Ядерный реактор (АЭС)
3	Ядерное оружие	Атомная бомба
4	Регистрация элементарных частиц	Счетчик Гейгера
5	Регистрация элементарных частиц	Камера Вильсона
6	Регистрация элементарных частиц	Пожарная сигнализация
7	Строение атома и атомного ядра	Плазменный экран
8	Строение атома и атомного ядра	Люминисценсная лампа

7. Средства обучения

1. *Электронный образовательный ресурс «Физика современной техносферы»* (рис. 1), включающий комплект дидактических и учебно-методических:

- структурированное описание ТО (по обобщенному плану изучения ТО, реализующему концепцию формирования у учащихся метатехнического знания);
- опорный конспект (ОК) (сокращенный вариант описания ТО);
- презентация ОК («линейное» представление информации средствами офисного ПО);
- презентация ОК в виртуальной среде «Zoom-презентация» («нелинейное» представление информации и визуализация системы знаний о техносфере);
- виртуальная модель технического объекта (демонстрационная или интерактивная);
- виртуальные модели физических явлений и законов, лежащих в основе работы ТО (авторские модели или ссылки на электронные ресурсы, содержащие такие модели);
- инструкция к работе с интерактивной учебной моделью (разработанная на основе обобщенного плана работы с виртуальной моделью);
- задания для самостоятельной работы учащихся с материалами модуля;
- тест, контролирующий усвоение учащимися содержания модуля;
- каталог медиаобъектов;
- источники информации;
- учебно-методический комплекс (УМК) занятия, ориентированный на изучение учащимися содержания модуля.

В состав образовательного ресурса «Физика современной техносферы» входит более 50 учебных модулей по изучению различных объектов техники. Каждый модуль содержит материалы для учителя и учащихся.

В составе модулей ЭОР «Физика современной техносферы» (рис. 2) представлены классические технические объекты, а также объекты современной техники: СВЧ-печь, цифровой фотоаппарат, светодиод, плазменный экран, ЖК-экран, сенсорный экран, спутниковый навигатор GPS, беспроводная точка доступа WI-FI, MPT, прибор для УЗИ, поезд на магнитной подушке и др.

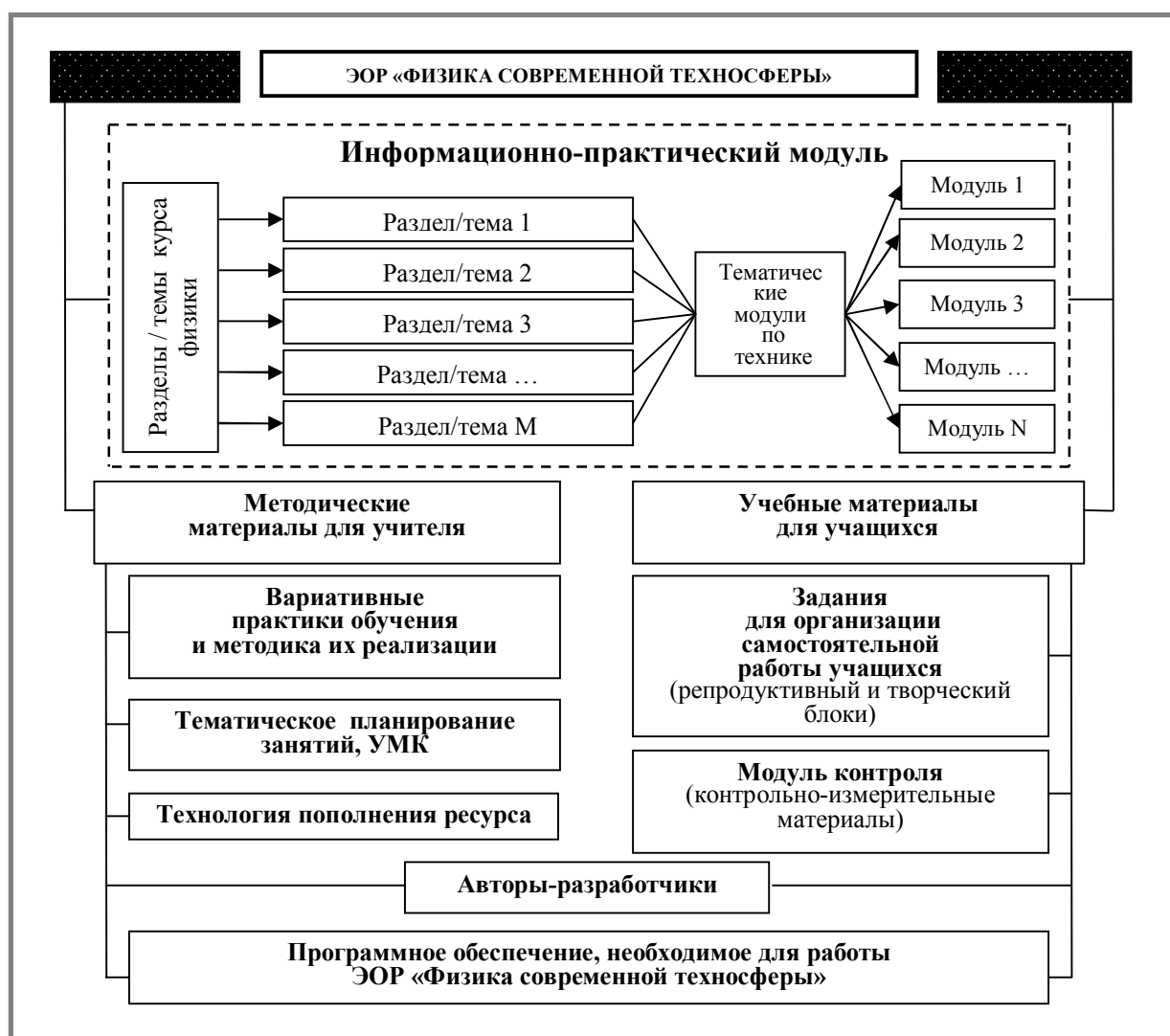


Рис. 1. Модель ЭОР «Физика современной техносферы»

Изложение материала о каждом техническом объекте строится по обобщенному плану. Его структура и содержание представлены в работах [4–6, 10].

Для каждого уровня образования (основная и старшая школы) подготовлены специальные модули «Введение» и «Итоги курса» для организации занятий обобщающего характера.

Работа с ресурсом ориентирована на достижение следующих целей:

- а) знакомство с устройством и физическими основами работы объектов техники;
- б) осознание их места и роли в современной техносфере;
- в) систематизация и обобщение физико-технических знаний, введение понятий метатехники.

Применение при разработке ЭОР средств мультимедиа обеспечивает разнообразие наглядных способов представления физико-технической информации (в виде текста, иллюстрации, видеоматериалов, анимации, интерактивных моделей, в том числе моделей технических объектов и физических явлений, лежащих в основе их действия). Использование ZOOM-технологии позволяет предъявить данную информацию

учащимся как системно организованную визуализацию. Накопление по мере изучения отдельных ТО конкретных знаний о техносфере является основой для их систематизации и обобщения, введения ключевых понятий МТЗ и дальнейшего развития их содержания.

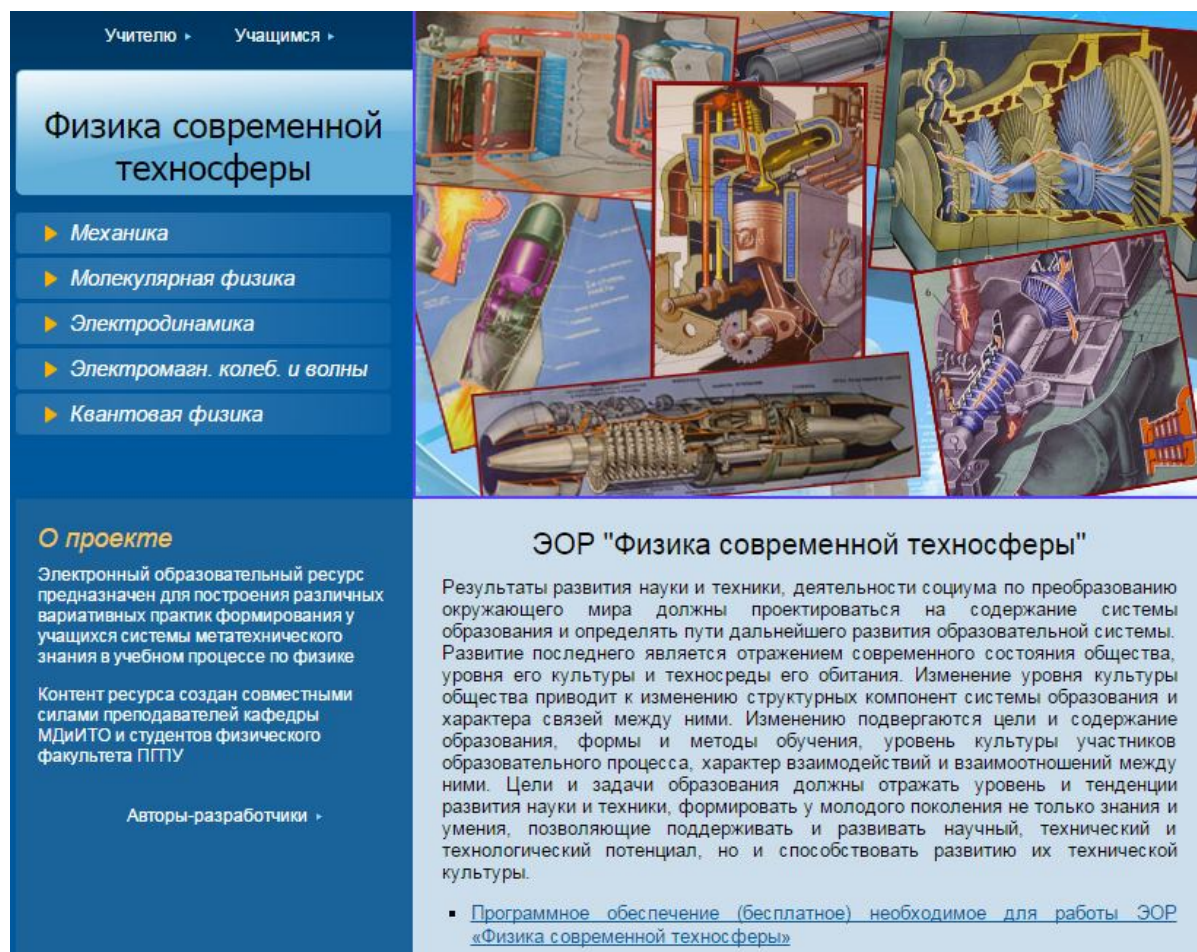


Рис. 2. Титульная страница ЭОР «Физика современной техносферы»

Ниже приведены примеры некоторых составляющих модуля: опорного конспекта (рис. 3–4), презентации опорного конспекта (рис. 5–6), заданий для самостоятельной работы учащихся (рис. 7–8).

Опорный конспект

Плазменный телевизор

1 Назначение



Плазменная панель (газоразрядный экран) – устройство вывода информации, основанное на явлении свечения люминофора под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в ионизированном газе (плазме)

2 Основные части (устройство) и их назначение

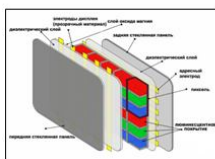


Схема плазменного телевизора

- электроды дисплея
- слой оксида магния
- задняя стеклянная панель
- передняя стеклянная панель
- диэлектрический слой
- адресный электрод
- пиксель
- люминесцентное покрытие или фосфор

3 Принцип действия

В основе работы плазменного телевизора лежат следующие физические явления и законы:

- явление ионизации газа
- явление управляемого холодного разряда в разреженном газе
- переход газа в новое состояние (плазму) при нагревании
- выделение энергии при переходе электронов возбужденного атома с более высокого уровня на более низкий уровень
- явление люминесценции (свечение фосфора под воздействием ультрафиолетовых лучей)



1. Столкновение свободного электрона с атомом
2. Переход электрона на более высокий энергетический уровень
3. Возвращение электрона на обычный энергетический уровень. Освободившаяся энергия высвобождается в виде фотона видимого света

Рис. 3. Фрагмент опорного конспекта. Модуль «Плазменный телевизор»
(автор ресурса: студентка физического факультета ПГГПУ Е. Кондратьева)

Опорный конспект

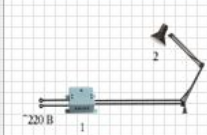
АВТОМАТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ

1 Назначение



Автоматы для управления электрическим освещением – специализированные устройства, позволяющие без участия человека включать и выключать освещение в помещении.

2 Основные части (устройство) и их назначение



Функциональные части автомата управления электрическим освещением:

- датчик (движения, присутствия, акустический датчик), предназначенный для подачи сигнала о передвижении в помещении
- электронный ключ, замыкающий цепь освещения помещения;
- система освещения (ламп).

3 Принцип действия

В основе работы технического объекта лежат следующие явления и законы:

- Излучение инфракрасных волн нагретым телом;
- Законы геометрической оптики;
- Пьезоэлектрический эффект;
- Усиление постоянного тока транзистором.



Принцип действия автомата управления электрическим освещением: как только человек заходит в помещение датчиком (1) подается электрический сигнал на электронный ключ, вследствие чего осветительная система помещения (2) приводится в действие. Аналогично, если сигнал с датчика перестает поступать – свет гасится.

4 Область применения

Автоматы управления электрическим светом в коридорах и прихожих.



Автоматы в сетях управления освещением подъездов (лестничных площадок).



Так же автоматы могут быть использованы при освещении подсобных помещений и для

Рис. 4. Фрагмент опорного конспекта. Модуль «Автоматы для управления электрическим освещением»
(автор ресурса: студент физического факультета ПГГПУ А. Черевко)

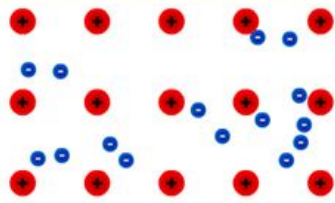


Опорный конспект

Лампа накаливания

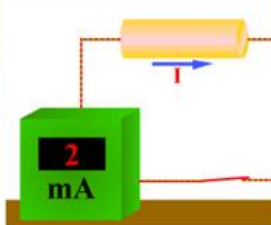


3. Принцип действия



Закон Джоуля-Ленца

При протекании электрического тока по металлическому проводнику он нагревается. Свободные электроны в проводнике, разогнанные электрическим полем, сталкиваются с ионами, расположенными в узлах кристаллической решетки, и передают им часть своей энергии. В результате увеличивается внутренняя энергия проводника, и его температура растет. Выделяющаяся энергия может передаваться окружающей среде в виде теплоты.



ресурс №1, ресурс №2

Рис. 5 . Фрагмент презентации опорного конспекта MS PP. Модуль «Лампа накаливания» (автор ресурса: студентка физического факультета ПГГПУ Э. Зарипова)

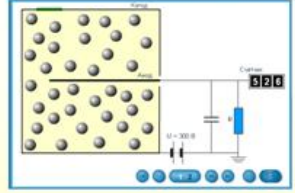


Опорный конспект

Счетчик Гейгера



3. Принцип действия

видеофрагменты «Регистрация ионизирующих частиц счетчиком Гейгера», «Счетчик Гейгера-Мюллера» и анимация «Газоразрядные счетчики частиц».

В основе работы системы лежат следующие физические явления и законы:

- ✓ *Явление ударной ионизации*
- ✓ *Явление лавинного возрастания разряда*
- ✓ *Закон Ома для полной цепи*
- ✓ *Движения электронов в электрическом поле*



МОДЕЛЬ
«Счетчик Гейгера»

В начало

Далее...

Рис. 6 . Фрагмент презентации опорного конспекта MS PP. Модуль «Счетчик Гейгера» (автор ресурса: студентка физического факультета ПГГПУ М. Тихонова)

Поезд на магнитной подушке

ЗАДАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

I. Подготовьте устный рассказ «Поезд на магнитной подушке».
План рассказа:

- Изучите устройство магнитного подвеса на сверхпроводниках (см. рис.).
- Уясните содержание явлений и законов лежащих в основе принципа действия поезда на магнитном подвесе
- Объясните, почему вагон зависает над рельсом.
- В каких странах, на сегодняшний день эксплуатируется поездка подобного типа.
- Негативное влияние электромагнитного излучения от магнитоплана на здоровье человека



Инструктивные указания

Изучите содержание модуля, ознакомьтесь с презентацией проекта, используя любую из версий опорного конспекта.

Для выполнения данного задания можно воспользоваться поисковыми системами сети Интернет.

Основная литература (источники информации):

- ЗОР «Физика современной техносферы»: модуль «Поезд на магнитном подвесе»
- Энциклопедия для детей. Т. 14. Техника. / глав. ред. В.А. Володин. – М.: Аванта+, 2005. – 688 с.
- Черномордик Г.Б. «Вот мчится поезд реактивный...» / Г.Б. Черномордик // «Техника – молодежи». – 1971. - № 3. – с.34-137.
- Большая иллюстрированная энциклопедия: Наука и техника [Текст] / Пер. с англ. А.В. Немцова – М.: ООО «Издательство Астрель», 2002. – 568с.

Дополнительная литература:

- Матлев-Википедия [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Файт:Shanghai_Transrapid_002.jpg

2. Информация о поездах на магнитной подушке [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.us0kx.info/archives/1>

II. Просмотрите видеофрагменты «Опыты Фарадея» и «Закон электромагнитной индукции». Ответьте на вопросы.



- Почему при движении магнита в витках катушки возникает электрический ток?
- От чего зависит направление индукционного тока в катушке?
- Каким образом явление, открытое М. Фарадеем, используется в поездах на магнитном подвесе?

Инструктивные указания

Ознакомьтесь с видеофрагментом. Обратите внимание на то, в какую сторону отклонится стрелка гальванометра при внесении постоянного магнита в катушку? при обратном движении магнита? Объясните наблюдаемое явление.

III. Подготовьте устное выступление об истории создания поезда на магнитной подушке в Советском Союзе.

Рекомендации к выполнению

При подготовке устного выступления воспользуйтесь опорным конспектом модуля. Полезно воспользоваться первоисточниками (см. библиографический список). Можно обратиться за дополнительной информацией к источникам сети Интернет.

Рекомендуемая литература:

Черномордик Г.Б. «Вот мчится поезд реактивный...» / Г.Б. Черномордик // «Техника – молодежи». – 1971. - № 3. – с.34-137.

Рекомендуемые сайты:

<http://anovichkov.msk.ru/?p=1482> - Российский магнитоплан в Раменском

Рис. 7. Фрагмент заданий для самостоятельной работы учащихся. Модуль «Поезд на магнитной подушке»
 (автор ресурса: студент физического факультета ПГГПУ С. Казаков)

СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ

ЗАДАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

I. Ознакомьтесь с видеофрагментами физических явлений и законов лежащих в основе работы солнечной батареи «Вакуумный фотоэлемент», «Устройство и действие фотоэлемента», «Явление внутреннего фотоэффекта» и ответьте на следующие вопросы.



- Каким образом полупроводниковые фотоэлементы используются в солнечных батареях?
- Как используется явление р-п-перехода в полупроводниковых фотоэлементах?
- Как используется явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниковых фотоэлементах?

Источники информации:

- ЗОР «Физика современной техносферы»: модуль «Солнечная батарея»
- «Википедия - Солнечная батарея» [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_панель

II. Просмотрите видеофрагмент «Солнечная батарея», ответьте на следующие вопросы:



- Какие элементы входят в устройство солнечной батареи?
- От чего зависит величина фототока?
- Что происходит, если энергия поглощенного кванта больше энергии активации собственной проводимости полупроводника?
- Что будет происходить с заряженными частицами под действием внутреннего электрического поля?

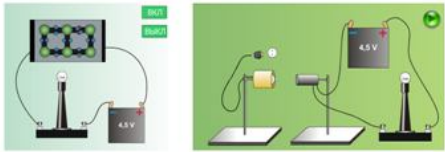
Источники информации:

- ЗОР «Физика современной техносферы»: модуль «Солнечная батарея»
- «Википедия - Солнечная батарея» [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_панель

III. Работа с компьютерными моделями физических явлений и законов, лежащих в основе принципа действия ТО

Инструктивные указания

- Запустите компьютерные модели «Работа фотоэлемента» и «Освещение полупроводника».



- Прокомментируйте работу модели.
- Ответьте на вопросы:
 - почему при освещении полупроводника в цепи появляется электрический ток?
 - от чего зависит величина электрического тока?

Источники информации:

- ЗОР «Физика современной техносферы»: модуль «Солнечная батарея»
- «Википедия - Солнечная батарея» [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_панель

Рис. 8. Фрагмент заданий для самостоятельной работы учащихся. Модуль «Солнечная батарея» (автор ресурса: студент физического факультета ПГГПУ А. Вахрушева)

III. Анализ научно-технической информации, ее систематизация и обобщение: экологические проблемы современной промышленности

Инструктивные указания

Ознакомьтесь с классификацией отраслей промышленности. Подготовьте доклад об экологических проблемах современной промышленности.

- Горнохимическая промышленность
- Топливная промышленность
- Машиностроение
- Металлообрабатывающая промышленность
- Нефтехимическая промышленность
- Нефтеперерабатывающая промышленность
- Энергетическая промышленность
- Химическая промышленность (Примечание: используйте интерактивную карту объектов промышленности)

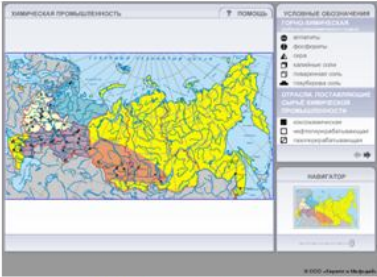


Рис. 1. Объекты химической промышленности (Интерактивная карта.ООО «Кирилл и Мефодий». <http://www.megabook.ru/MediaViewer.asp?AID=848483>).

- Металлургическая промышленность (Примечание: используйте интерактивную карту объектов промышленности)

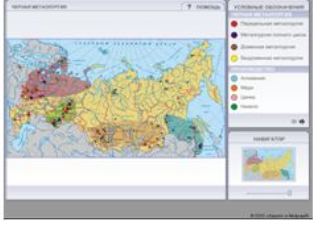


Рис. 2. Объекты черной металлургической промышленности (Интерактивная карта.ООО «Кирилл и Мефодий». <http://www.megabook.ru/MediaViewer.asp?AID=848483>).

Основная литература (источники информации):

1. Зиятдинов, Ш.Г. Физическая экология: учеб.метод. пособие к элективному курсу [Текст] / Ш.Г. Зиятдинов. – М.: Лидер-М, 2009. – 212 с.
2. Энциклопедия «Кирилл и Мефодий» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.megabook.ru>.

Рис. 9. Фрагмент заданий для самостоятельной работы учащихся. Модуль «Пирометр» (автор ресурса: студент физического факультета ПГГПУ А. Ковин)

Возможны следующие подходы к организации занятий данного элективного курса:

а) *тематический*: занятия курса по выбору согласованы по времени, организуются с изучением разделов/тем основного курса физики, содержание учебных модулей курса соответствует изучаемым темам;

б) *интегративный*: занятия курса по выбору проводятся после изучения соответствующих тем основного курса физики, содержание учебных модулей курса формируется по усмотрению учителя.

Электронный образовательный ресурс «Физика современной техносферы» может быть использован в рамках:

- 1) основного курса физики средней общеобразовательной школы (базового, профильного);
- 2) курсов по выбору (основная школа) и элективных курсов (старшая школа);
- 3) внеурочной деятельности физико-технической направленности;
- 4) самообразования, реализуемого, в том числе, с применением дистанционных технологий обучения.

Возможны различные сочетания указных практик обучения.

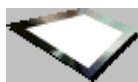
Ресурс является пополняемым. К разработке материалов для данного ресурса могут быть привлечены учащиеся. Работа с ресурсом способствует формированию у учащихся системы конкретных знаний в области классической и современной техники, их систематизации и обобщению, формированию метатехнического знания как важного условия техносотализации обучаемых.

Автор выражает благодарность проф. Е.В. Оспенниковой за помощь в подготовке материалов данной статьи.



Список литературы

1. Аринштейн Э.А. Некоторые проблемы школьного курса физики [Текст]: тез. докл. / Э. А. Аринштейн. – М.: Физический факультет МГУ, 2000. – С. 13.
2. Запарий В.В., Нефедов С.А. История науки и техники [Электронный ресурс]. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2003. – URL: [Н/дhttp://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/Za-par/index.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/Za-par/index.php) (дата обращения: 12.11.2009).
3. Иванова Н.Н. Физика и техника [Электронный ресурс] – URL: <http://do.gendocs.ru/docs/index-293482.html> (дата обращения: 12.11.2009).
4. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Формирование системы метатехнического знания как базовой составляющей технической культуры современного школьника // Педагогическое образование в России. – 2011. – № 3. – С. 208–216.
5. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Систематизация и метаровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике [Текст] // European Social Science Journal. – 2012. – № 3. – С. 111–118.
6. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Принцип политехнизма в обучении физике в контексте современных представлений о структуре техносферы [Текст] // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 1. – С. 71–75.
7. Поликарпов В.С. История науки и техники: для студентов вузов [Текст]. – Ростов-н/Д: Феникс, 1999. – 352 С.
8. Примерные программы по учебным предметам. Физика. 7–9 классы. Естествознание. 5 класс [Текст] – М.: Просвещение, 2010. – 80 с.
9. Примерные программы среднего (полного) общего образования (Проект) [Текст] / сост. В.Г. Разумовский, В.А. Орлов, О.Ф. Кабардин, А.А. Фадеева // Физика в школе. – 2010. – № 3. – С. 3–29
10. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: монография / И.В. Ильин, Е.В. Оспенникова, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой; Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь, 2014. – 504 с.
11. Энциклопедия для детей. Техника [Текст] / глав. ред. В.А. Володин. – М.: Аванта +, 2005. – Т. 14. – 688 с.



УДК 51(07) + 004.9

А.В. Букушева

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ЗАДАЧИ В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ-МАТЕМАТИКОВ

Рассматривается связь дисциплины «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» с другими геометрическими дисциплинами, приводятся примеры учебно-исследовательских задач, решаемых с использованием систем компьютерной математики.

К л ю ч е в ы е с л о в а : обучение компьютерной геометрии, системы компьютерной математики, математика и компьютерные науки, исследовательские задачи.

I. В рамках высшего образования занятие исследовательской деятельностью становится обязательным условием освоения основной образовательной программы. В «Концепции развития математического образования в Российской Федерации» определяется одно из главных условий развития системы высшего образования – вовлеченность преподавателей и студентов в фундаментальные и прикладные исследования. Студенты, изучающие математику, включая информационные технологии, должны решать творческие учебные и исследовательские задачи [10, с. 7].

Под учебно-исследовательской деятельностью обучающихся понимается учебная деятельность по приобретению практических и теоретических знаний с преимущественно самостоятельным применением научных методов познания, что является условием и средством развития у обучающихся творческих исследовательских умений. Структуру учебно-исследовательской деятельности определяют следующие компоненты: учебно-исследовательская задача, учебно-исследовательские действия и операции, действия контроля и оценки [6, с. 69].

Учебно-исследовательская задача занимает промежуточное положение между учебной задачей, алгоритм решения которой неизвестен только студенту, и научно-исследовательской задачей, которая формулируется самим исследователем, способ решения которой, чаще всего, неизвестен, а её решение дает объективно новые знания.

Такие учебно-исследовательские задачи могут выступать в учебном процессе вуза определенным аналогом исследовательских задач в науке.

Использование пакетов прикладных программ в геометрии не только способствует визуализации геометрических объектов, но и позволяет выходить на новые уровни исследовательских задач.

Проблеме применения информационных технологий в преподавании математических дисциплин в высшей школе посвящены публикации В.И. Глизбург, В.А. Далингера, В.П. Дьяконова, Ю.Г. Игнатьева, Т.В. Капустиной, М.П. Лапчика, В.Р. Майера, М.И. Рагулиной, Е.К. Хеннера и других. Основной идеей внедрения информационных технологий в структуру физико-математического образования является компьютерное моделирование, «при этом компьютерное моделирование следует осуществлять в среде систем компьютерной математики, а соответствующие курсы формировать как исследовательские, направленные на построение математических и компьютерных моделей, в ходе создания которых студенты будут овладевать необходимыми фундаментальными знаниями по предметам и учиться их практическому применению» [8, с. 472].

Первые пакеты программ аналитических вычислений появились в 60–70-х гг. XX столетия. Первоначально такие пакеты выполняли узкопрофессиональные задачи и были предназначены для реализации на больших ЭВМ. Первые системы символьной математики, пригодные для работы на ЭВМ и рассчитанные на широкого пользователя, появились в 80-х гг. В конце 80-х гг. такие системы назывались системами компьютерной алгебры. В настоящее время такие системы принято называть системами компьютерной математики.

Одними из первых монографий, посвященных регулярному применению систем компьютерной математики в математическом моделировании были монографии А. Грея, посвященные применению Mathematica к проблемам дифференциальной геометрии и теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

В настоящее время пакеты прикладных программ используются не только при решении численных задач, но и при доказательстве теорем. Системы компьютерной математики используются в решении математических проблем в работах Д.С. Воронова, О.П. Гладуновой, Е.С. Корнева, М.В. Куркиной, Е.Д. Родионова, Я.В. Славолобовой, В.В. Славского, Н.К. Смоленцева, Л.Н. Чибриковой и др.

Компьютерные методы решения задач активно проникают в многочисленные приложения современной геометрии: инженерное дело, дизайн, распознавание образов и т.п. Компьютерная геометрия занимается общим компьютерным моделированием, связанным с визуализацией геометрических моделей [9]. Дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» изучается студентами, обучающимися по направлению «Математика и компьютерные науки», в 7-м семестре.

Дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» связана с другими дисциплинами, входящими в учебный план бакалавров. Приступая к изучению компьютерной геометрии, студенты, с одной стороны, уже должны по существу обладать знаниями геометрии и топологии. Решаемые в курсе компьютерной геометрии задачи

предполагают наличие знаний предметной области, а именно, студент должен иметь хорошее представление об основных геометрических фигурах: фигурах первого и второго порядков, фигурах вращения и т.д. Студент должен знать об основных инвариантах кривых и поверхностей – кривизне и кручении. С другой стороны, в процессе усвоения компьютерной геометрии, студенты не только лучше начинают понимать уже изученный ранее материал, но и приобретают принципиально новые знания. Например, студент хорошо владеет основными понятиями групп и алгебр Ли, но решаемая им задача о классификации четырехмерных алгебр Ли формирует принципиально новые представления студента о строении конечномерных алгебр Ли.

На четвертом курсе бакалавры-математики получают возможность изучения геометрических курсов, таких как «Гладкие многообразия и управляемые системы», «Группы и алгебры Ли», «Симплектическая геометрия и гамильтоновы системы». В этой связи дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» играет особую роль. Перечислим некоторые из аспектов, демонстрирующих важность компьютерной геометрии как одной из составляющих геометрического блока дисциплин [1]:

1. Дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» является связующим звеном геометрического блока: использование прикладных программ позволяет студенту взглянуть на ранее изученный материал с единой точки зрения. В качестве примера можно указать на задачу классификации трехмерных алгебр Ли. Решая эту задачу, студент сталкивается с необходимостью одновременно использовать объекты всех изучаемых ранее геометрических дисциплин.

2. Студент получает возможность получить довольно ясную картину современных геометрических исследований и тем самым приобщиться к исследованиям, проводимым на кафедре геометрии Саратовского государственного университета.

3. В рамках компьютерной геометрии осуществляется объединение теории и практики: изученные в других геометрических дисциплинах понятия находят применение в задачах математического моделирования реальных процессов аналитической механики и физики.

Практические занятия по дисциплине «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» проводятся с использованием системы компьютерной математики Wolfram Mathematica. Для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» студентам рекомендуется использовать интернет-ресурсы [2].

На практических занятиях по компьютерной геометрии решаются, в частности, следующие задачи [3, 4, 9]: вычисление кривизны и кручения кривой, нахождение первой и второй квадратичных форм поверхностей, главных кривизн поверхностей, восстановление кривой по ее натуральным уравнениям и нахождение геодезических на поверхностях вращения и т.д. Для организации самостоятельной внеаудиторной работы студентов используются свободно распространяемые пакеты прикладных программ (Maxima, GeoGebra).

Приведем примеры разноуровневых задач.

Задачи репродуктивного уровня позволяют оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины. Например:

а) построить изгибание: простого куска цилиндра на простой кусок плоскости; простого куска плоскости на простой кусок конуса; катеноида в геликоид; ленту Мебиуса в квадрат;

б) на гиперболическом параболоиде визуализировать прямолинейные образующие, проходящие через динамически заданную точку поверхности; положение точки задать двумерным слайдером; изучить взаимное положение образующих одного семейства.

Задачи реконструктивного уровня позволяют оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей. Например: а) нахождение и визуализация: локсодром на поверхностях; геодезических на поверхностях; б) дана сфера; вычислить кратчайшее расстояние между точками; изобразить сферу, точки (динамически их меняя), дугу между точками, вывести на экран расстояние между точками.

Задачи творческого уровня позволяют оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Например: а) изобразить индикатрису Дюпена на торе; б) для данной поверхности визуализировать геодезическую, выходящую из данной точки в данном направлении. Обеспечить динамическое изменение точки, направления и длины геодезической. Изучить поведение геодезических на поверхности вращения (визуализировать теорему Клеро об угле между геодезической и меридианом); в) изобразить одномерную группу Ли на двумерном торе; г) построить: минимальные поверхности и присоединенные к ним; кривые Бертрана.

Использование пакетов прикладных программ позволяет решать сложные геометрические задачи, в которых используются понятия разных дисциплин. Дисциплина «Компьютерная геометрия и геометрическое моделирование» предназначена не только для того, чтобы интегрировать в единое целое ряд геометрических дисциплин, изучаемых студентами, но и способствовать более глубокому изучению каждой из этих дисциплин. Остановимся на исследовании тех связей, которые объединяют компьютерную геометрию с дисциплиной «Гладкие многообразия и управляемые системы».

II. Важную роль в понимании человеком того, как устроен окружающий его мир, сыграла геометрия [7]. Родоначальниками геометрии как систематической науки являются древние греки, перенявшие у египтян ремесло землемерия и измерения объёмов тел и превратившие его в строгую научную дисциплину. Основой этой дисциплины является евклидова геометрия. Сейчас евклидова геометрия представляет собой активно развивающуюся науку. Более 150 лет назад Н.И. Лобачевский открыл одну из первых неевклидовых геометрий, называемой нами геометрией Лобачевского.

Великим событием стало открытие Декартом в XVII в. координатного метода позволяющего изучать отношения между геометрическими объектами методами алгебры. Метод координат лежит в основе появившейся вскоре дифференциальной геометрии, где геометрические фигуры и преобразования все ещё задаются в координатах, но уже их геометрические свойства изучаются методами математического анализа. Одним из разделов дифференциальной геометрии является риманова геометрия, появившаяся на пути обобщения евклидовой геометрии. Основным объектом римановой геометрии являются гладкие многообразия – «склеенные кусочки» евклидовых пространств. Основное предназначение риманова пространства с прикладной точки зрения – быть моделью (конфигурационным пространством) динамической системы. Движение материальной точки моделируется кривой риманова многообразия. Эти кривые являются геодезическими риманова пространства. Нахождение явных уравнений геодезических является важной задачей современной дифференциальной геометрии. С аналитической точки зрения уравнения геодезических представляют собой дифференциальные уравнения второго порядка, интегрирования которых сопряжено с большими трудностями. Эти уравнения допускают интегрирование в квадратурах лишь в частных случаях, а именно соответствующее конфигурационное пространство должно обладать некоторыми дополнительными свойствами.

Основным предметом изучения дисциплины «Гладкие многообразия и управляемые системы» являются динамические системы, заданные на многообразиях с дополнительными тензорными структурами. Особый интерес представляют многообразия с заданными на них полями метрического тензора – риманово многообразие. Римановы структуры являются хорошей моделью для многих интересных задач механики и физики. Особый интерес с точки зрения приложения геометрии к естествознанию представляют собой геодезические риманова многообразия. Геодезическая – является кратчайшей или прямейшей с геометрической точки зрения и оптимальной траекторией движения некоторой механической системы. На евклидовой плоскости класс «прямейших» совпадает с классом кратчайших. То же самое можно сказать про известные многообразия: сфера, цилиндр и другие поверхности евклидова трехмерного пространства. Ситуация усложняется, если на движение механической системы наложить неинтегрируемые связи. С геометрической точки зрения наложение неинтегрируемых связей означает задание на многообразии гладкого распределения такого, что геодезическая (траектория движения механической системы) должна всюду касаться этого распределения. Нахождение таких геодезических представляет собой сложную задачу, решение которой не всегда может быть достигнуто при использовании компьютерных программ, определяющих явное выражение искомых переменных – координат точек, зависящих от параметра – в квадратурах.

Понимание геометрической составляющей решаемой задачи, позволяет обойти возникающие при этом трудности с помощью задания подходящей системы координат. В качестве примера рассмотрим движение материальной точки, моделируемое геодезической трехмерного риманова многообразия. Кинетическая энергия изучаемой динамической системы задается с помощью метрического тензора риманова

многообразия. В самом общем случае в произвольной выбранной системе координат этот тензор имеет вид:

$$(g_{ij}) = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{pmatrix}.$$

Предположим, что на динамическую систему наложена неинтегрируемая линейная связь. Геометрически это означает, что на римановом многообразии (конфигурационном пространстве системы) определяется дополнительная тензорная структура: гладкая 1-форма. Тогда, как известно, уравнение соответствующей геодезической в специально выбранной системе координат записывается следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x}^a + \Gamma_{bc}^a \dot{x}^b \dot{x}^c = 0, \\ \dot{x}^n = -\Gamma_a^d \dot{x}^a. \end{cases} \quad (1)$$

В общем случае данная система не является интегрируемой в квадратурах. В этом случае для упрощения и последующего интегрирования системы используются качественные методы, к которым можно отнести метод специализации используемой системы координат. Выбор еще более удобной системы координат, по отношению к той, в которой записаны уравнения (1), возможен не всегда. Такая возможность появляется, в частности, в том случае, когда некоторые из вариантов конфигурационного многообразия принимают специальный вид. Например, обращение в нуль тензора Схоутена значительно упрощает вид системы (1), что позволяет проинтегрировать, получив решение систем в квадратурах.

Рассмотрим пример движения частицы единичной массы с кинетической энергией, задаваемой римановой метрикой специального вида:

$$(g_{ij}) = \begin{pmatrix} 1+y^2 & 0 & y \\ 0 & 1 & 0 \\ y & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Для удобства в программе запишем $x^1=x$, $x^2=y$, $x^3=z$. Используя программу Wolfram Mathematica, находим коэффициенты связности, затем тензор кривизны данной метрики [5].

In[1]:= g = MatrixForm[{{1 + y^2, 0, y}, {0, 1, 0}, {y, 0, 1}}].

In[2]:= gin = Inverse[{{1 + y^2, 0, y}, {0, 1, 0}, {y, 0, 1}}] // MatrixForm.

Получим обратную матрицу (g^{ij}) :

Out[2]/MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -y \\ 0 & 1 & 0 \\ -y & 0 & 1+y^2 \end{pmatrix}.$$

In[3]:= var = {x, y, z}.

Пользуясь формулой $\Gamma_{ij}^k = \frac{1}{2} g^{kl} \left(\frac{\partial g_{lj}}{\partial x^i} + \frac{\partial g_{il}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^l} \right)$, задаем два массива Cr1 и Cr2, где

Cr1 вычисляет $\frac{\partial g_{lj}}{\partial x^i} + \frac{\partial g_{il}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^l}$, Cr2 – Γ_{ij}^k .

In[4]:= Cr1 = Array[, {3, 3, 3}];

In[5]:= Cr2 = Array[, {3, 3, 3}];

In[6]:= Do[

Cr1[[i, j, k]] =

1/2 (D[g[[1, i, k]], var[[j]]] + D[g[[1, j, k]], var[[i]]] -
D[g[[1, i, j]], var[[k]]]), {k, 3}, {j, 3}, {i, 3}]

In[7]:= Do[

Cr2[[l, i, j]] =

Sum[gin[[1, l, k]] Cr1[[i, j, k]], {k, 3}], {j, 3}, {i, 3}, {l, 3}]

In[8]:= MatrixForm[Cr2] // FullSimplify

Out[8]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ y \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} y \\ 2 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} -y \\ 0 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} -1 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ -y^2 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ -y^2 \\ 2 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 \\ -y \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Пользуясь формулой $R_{lkj}^i = \frac{\partial \Gamma_{lj}^i}{\partial x^k} - \frac{\partial \Gamma_{lk}^i}{\partial x^j} + \Gamma_{mk}^i \Gamma_{lj}^m - \Gamma_{mj}^i \Gamma_{lk}^m$, задаем массив r.

In[9]:= r = Array[, {3, 3, 3, 3}];

In[10]:= Do[r[[i, l, k, j]] =

D[Cr2[[i, l, j]], var[[k]]] - D[Cr2[[i, l, k]], var[[j]]] +

Sum[Cr2[[i, m, k]] Cr2[[m, l, j]], {m, 3}] -

Sum[Cr2[[i, m, j]] Cr2[[m, l, k]], {m, 3}], {i, 3}, {j, 3}, {k, 3}, {l, 3}]

In[11]:= MatrixForm[r] // FullSimplify

Out[11]//MatrixForm=

$$\begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & y \\ 0 & 0 & 0 \\ -y & 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & -\frac{3}{4} & 0 \\ \frac{3}{4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{4} & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{4} (3 - y^2) & 0 \\ \frac{1}{4} (-3 + y^2) & 0 & \frac{y}{4} \\ 0 & -\frac{y}{4} & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & -\frac{y}{4} & 0 \\ \frac{y}{4} & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & -\frac{1}{4} & 0 \end{pmatrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{4} (-1 - y^2) \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} (1 + y^2) & 0 & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & y & 0 \\ -y & 0 & -\frac{1}{4} \\ 0 & \frac{1}{4} & 0 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & -\frac{y}{4} \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{y}{4} & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Подстановка найденных коэффициентов связности в систему (1) позволяет получить систему дифференциальных уравнений, не допускающую явного интегрирования в квадратурах. Для решения задачи введем новую систему координат, задавая неголономное поле базисов в соответствии с равенствами $\bar{e}_1 = \partial_1 - y\partial_3$, $\bar{e}_2 = \partial_2$, $\bar{e}_3 = \partial_3$. В этом равенстве векторные поля $\bar{e}_1$, $\bar{e}_2$ задают гладкое распределение ранга 2, содержащее касательные векторы к искомым геодезическим. В новых неголономных координатах равенство (2) примет более простой вид:

$$(g_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & y \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Заключаем, что полученная нами риманова метрика обладает нулевым тензором кривизны Схоутена. Для этого случая уравнение геодезических имеет вид:

$$\begin{cases} \dot{x}^a = 0, \\ \dot{x}^3 = -y\dot{x}^1. \end{cases}$$

Решаем эту систему.

```
In[12]:= DSolve[{x''[t] == 0, y''[t] == 0, z'[t] + y[t] x'[t] == 0}, {x, y, z}, t]
```

```
Out[12]:= {{x -> Function[{t}, tC[1] + C[3]], y -> Function[{t}, tC[2] + C[4]],
```

```
z -> Function[{t}, -1/2 t^2 C[1] C[2] - tC[1] C[4] + C[5]]},
```

Полагая $C[1]=C[2]=1$ и $C[3]=C[4]=C[5]=0$, графиком параметрических уравнений будет парабола.

```
In[13]:= ParametricPlot3D[{t, t, -(1/2) t^2}, {t, -10, 10}, Axes -> None,
```

```
Boxed -> False].
```

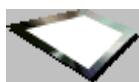
Из приведенных примеров следует, что эффективность использования компьютерной геометрии при решении творческих задач в значительной степени подкрепляется возможностью использования качественных методов в процессе постановки и исследования проблем, возникающих в предметной области – геометрии, топологии, теоретической механике и т.д.

Использование систем компьютерной математики позволяет решать сложные геометрические задачи, проводить занятия на качественно новом уровне. Учебно-исследовательские задачи по компьютерной геометрии можно использовать как инструмент формирования новых знаний, умений и навыков, что позволит будущему бакалавру-математику владеть способностью использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач.



Список литературы

1. Букушева А.В. Место компьютерной геометрии в подготовке бакалавров-математиков // Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс]: сборник научных трудов X Юбилейной международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Сухомлина. – М.: МГУ, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 272–275.
2. Букушева А.В. Использование Интернет-ресурсов в обучении компьютерной геометрии // Информатизация образования: теория и практика: сборник материалов международной научно-практической конференции (20-21 ноября 2015 г., г.Омск); под общей ред. М.П. Лапчика. – Омск: Полиграфический центр КАН, 2015. – С. 71–74.
3. Букушева А.В. Использование систем компьютерной математики для решения геометрических задач сложного уровня // Информационные технологии в образовании: материалы VI Всероссийской научно-практ. конф.. – Саратов: Наука, 2014. – С. 76–77.
4. Букушева А.В. Решение учебно-исследовательских задач с использованием систем компьютерной математики // Информационные технологии в образовании: Материалы VII Всеросс. научно-практ. конф. – Саратов: Наука, 2015. – С.185–187.
5. Букушева А.В. Использование Mathematica для описания геометрии динамических систем // Математика и ее приложения: фундаментальные проблемы науки и техники: сборник трудов Всероссийской конференции, Барнаул, 24–26 ноября 2015. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 248–249.
6. Далингер В.А. Информационно-коммуникационные технологии в учебно-познавательных исследованиях студентов // Высшее образование сегодня. – 2012. – №11. – С. 67–72.
7. Игошин В.А., Кузин А.М., Баренбойм М.Н. О квазипланиметрии // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2014. – № 3 (105). – С. 300–308.
8. Игнатьев Ю.Г., Самигуллина А.Р. Информационные технологии изучения физико-математических курсов на основе математического моделирования в системе компьютерной математики // Известия Смоленского государственного университета. – 2012. – №4(20). – С. 471–481.
9. Компьютерная геометрия: практикум: учебное пособие / Иванов А.О., Ильютко Д.П., Носовский Г.В., Тужилин А.А., Фоменко А.Т. – М.: БИНОМ, Интернет-университет информационных технологий. 2010. – 392 с.
10. Концепция развития математического образования в РФ [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации – URL: минобрнауки.рф/документы/3894 (дата обращения: 01.10.2015)



УДК 53(072.3) + 004.9

Р.Р. Хабибуллин

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПО ФИЗИКЕ В СРЕДЕ ADOBE FLASH ДЛЯ РАЗДЕЛА «ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ» КУРСА ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Обсуждается необходимость разработки современных интерактивных средств обучения по физике для средней общеобразовательной школы. Представлены компьютерные модели к разделу «Электромагнитные колебания и волны» («Цифровой фотоаппарат», «СВЧ-печь»). Модели реализованы в инструментальной среде Adobe Flash с помощью языка ActionScript 3.0. Рассматривается содержание цифровых учебных инструкций к самостоятельной работе учащихся с данными моделям.

К л ю ч е в ы е с л о в а: обучение физике, физико-техническое знание, принцип наглядности в обучении, учебные компьютерные модели.

В условиях информатизации системы образования является актуальной проблема разработки направлений, методов и приемов применения ИКТ в реализации политехнической направленности обучения физике. Целью данной работы является разработка современных интерактивных средств обучения на материале политехнической составляющей курса физики средней школы.

Анализ научно-методических исследований и практики применения новых информационных технологий в преподавании учебных предметов показал, что компьютерные модели являются новым и эффективным средством обучения. Общим моментом стало бесспорное утверждение, что компьютерное моделирование не должно подменять собой натурный эксперимент в учебной физической лаборатории, тем более вытеснять его из учебного процесса. Компьютерные модели как средство обучения могут и должны занять дидактически целесообразную «нишу» в учебном процессе. Речь идет, в первую очередь, о моделях физических явлений, недоступных непосредственному наблюдению учащимися. Компьютерное моделирование в этом случае дает учащимся один из важнейших инструментов, облегчающих понимание физических процессов, в том числе на микроуровне их протекания.

С точки зрения преподавателя очевидное достоинство компьютерного моделирования заключается в возможности создавать запоминающиеся зрительные образы. Такие образы способствуют пониманию сущности изучаемого физического явления и наиболее важных особенностей его протекания. Моделирование позволяет привлечь внимание учащихся к существенным признакам изучаемых явлений, ускользающим при непосредственном наблюдении, придать наглядность абстрактным концепциям и законам. Графическое отображение на экране компьютера физических объектов и процессов, эффекты анимации позволяют школьникам воспринимать большие объемы учебной информации, глубже и основательнее усваивать учебный материал.

Приведем аргументы в пользу необходимости применения учебных компьютерных моделей в процессе обучения. Интерактивные модели позволяют:

- визуализировать физические явления в динамике, а не только в виде привычных статистических иллюстраций;
- создавать модели явлений природы, изучение которых в лабораторном эксперименте в условиях школьного кабинета физики невозможно (необходимо специальное оборудование и специализированные лаборатории);
- значительно расширить спектр возможных условий наблюдения явления, исследовать его особенности протекания при изменении различных параметров, причем в достаточно широких диапазонах, включая их экстремальные значения;
- изучать опыты, включающие работу с материалами и устройствами, прямой контакт с которыми небезопасен или нежелателен (например, опыты с применением высоких напряжений и токов, высоких температур, кислотных и щелочных растворов, радиоактивных препаратов и др.);
- проводить сложные лабораторные и практические работы в условиях отсутствия в школьном кабинете физики соответствующей материально-технической базы (имитация реального физического эксперимента – симулятор);
- отрабатывать у учащихся отдельные экспериментальные умения (тренаж).

Использование моделей и анимации в процессе обучения обеспечивает активное восприятие нового учебного материала и мотивирует учащихся к его изучению. Работа с моделями повышает наглядность представления учебного материала и способствует более прочному его усвоению, позволяет преподавателю организовать новые, нетрадиционные виды учебной работы.

Компьютерные модели можно применять на любом этапе учебного занятия: при объяснении материала, его повторении и закреплении, а также на этапе контроля знаний и умений учащихся.

Современные технические и программные средства (Adobe Flash, MS Visual Studio и др.) помогают создавать компьютерные модели объектов и процессов, максимально приближенные к реальности. Сочетание видео- и звуковых эффектов обеспечивает одновременное воздействие на два важнейших органа чувств человека: зрение и слух, что существенно повышает информативность учебного процесса и эффективность восприятия учебного материала. Комплекс средств воздействия (красочная графика, звуки, тексты, устная речь и ее интонации) обеспечивает многообразие ощущений у

учащегося, которые анализируются, сравниваются, сопоставляются с уже имеющимися у него представлениями и понятиями.

Одним из средств разработки компьютерных моделей является среда Adobe Flash. Данная среда имеет богатые возможности. Графическая составляющая данной среды содержит мощные инструменты создания векторной графики, работы с изображениями. Возможен импорт и экспорт самых распространенных графических форматов. Как инструмент для создания графики среда Adobe Flash достаточно удобна в работе и активно используется дизайнерами. Работа со средой будет несложной для тех, кто уже работал в графических программах, особенно ориентированных на работу с векторной графикой. Для пользователей, не сталкивавшихся ранее с работой в графических программах, среда Flash может показаться одной из самых дружелюбных. Ее освоение пользователем будет более простым в сравнении с другими известными специальными графическими пакетами.

Распространенность и популярность среды Flash во всем мире обеспечивает ее хорошую поддержку и развитие. Имеется множество учебных материалов по работе с данной. Это полиграфические издания (учебные пособия и учебники) и электронные публикации. В Интернете можно найти многочисленные форумы, участие в которых помогает начинающему разработчику моделей успешно преодолевать возникающие трудности в работе [1, 3–5].

Помимо своей графической составляющей Flash – это еще и среда программирования, обладающая богатыми возможностями. Используемый в ней язык Action Script с момента своего появления претерпел существенные изменения: от небольшого набора скриптовых команд в первой версии до серьезного объектно-ориентированного языка программирования в его последней версии (Action Script 3.0). Синтаксис и структура языка Action Script аналогична распространенным языкам программирования, благодаря чему возможно быстрое его освоение для разработчиков, обладающим базовыми знаниями в программировании. Опытным программистам тем более не составит большого труда перейти на его использование.

Инструментальная среда Adobe Flash (и встроенный язык Action Script) имеет богатую библиотеку компонентов, что позволяет создавать в этой среде сложные динамические интерактивные модели.

Освоение данной среды в рамках специальных учебных дисциплин в педагогическом вузе позволяет будущим учителям физики и информатики самостоятельно создавать компьютерные модели. В нашей работе деятельность студентов по созданию моделей была организована при изучении дисциплины «Проектирование и разработка интерактивных учебных моделей». В рамках данной дисциплины после освоения основ программирования в среде Macromedia Flash (позже Adobe) студентам предлагалось разработать учебные модели по курсу физики средней школы. Была поставлена задача создания интерактивных компьютерных моделей различных объектов техники, иллюстрирующих устройство и принципы их работы.

Развитие политехнической составляющей содержания цифровых ресурсов для средней школы является актуальным направлением обновления современной

виртуальной образовательной среды. Необходимо ее пополнение учебной информацией по прикладной физике. К сожалению, большая часть современных цифровых ресурсов для средней школы практически не включает учебных материалов по технике. Если какие-либо объекты техники и представлены в виртуальной среде, то, как правило, это статические объекты, реже – анимации, совсем редко используются интерактивные модели [7].

Эффективность изучения вопросов прикладной физики может быть достигнута за счет широкого применения в виртуальной среде интерактивных учебных моделей различных технических объектов. Это позволяет не только передать учащимся необходимый объем информации о данных объектах, но и сформировать у них представления о работе с данными объектами.

Ниже приведены примеры созданных студентами учебных компьютерных моделей: «Цифровой фотоаппарат», «СВЧ-печь». Данные модели могут использоваться при изучении основного курса физики и элективных курсов по предмету [2, 3, 7].

Компьютерная модель «Цифровой фотоаппарат». Модель предназначена для изучения устройства и принципа действия цифрового аппарата. Интерфейс модели включает несколько рабочих сцен. На рис. 1 приведена сцена «Назначение прибора». Данная сцена демонстрирует устройство фотоаппарата и процесс преобразования светового потока от объекта к виду удобному для документирования (запоминания).

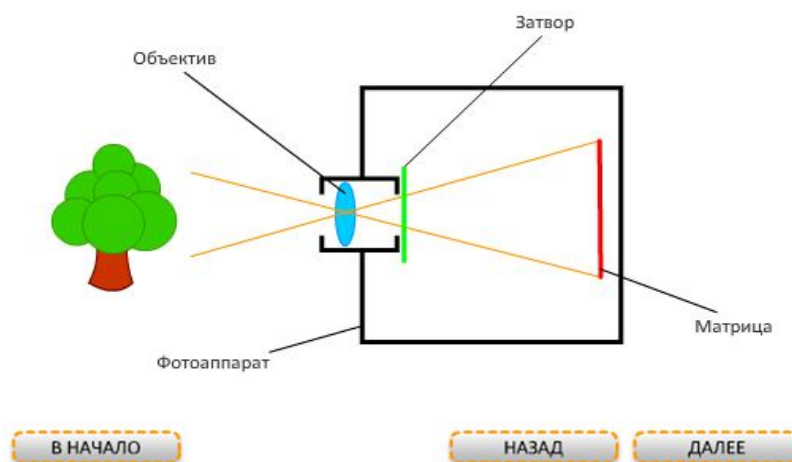


Рис. 1. Сцена «Назначение»

Далее (рис. 2) показано, из каких частей состоит цифровой фотоаппарат. Учащийся может воспользоваться инструментом «увеличительное стекло» для детального изучения элементов фотоаппарата.



Рис. 2. Сцена «Основные части» (Ил. к инструкции для фотоаппарата Nikon D5100:
URL: http://www.photorent.kiev.ua/manuals/nikon/nikon_d5100.aspx)

В следующей сцене (рис. 3) описаны физические явления и законы, лежащие в основе работы цифрового фотоаппарата. Здесь же демонстрируется средствами компьютерной анимации принцип действия фотоаппарата.



Рис. 3. Сцена «Принцип действия»

Далее учащемуся предлагается выполнить сборку цифрового фотоаппарата из базовых элементов (рис. 4). В качестве подсказки в данной сцене имеются всплывающие окна с названиями элементов фотоаппарата. В случае затруднения учащийся может обратиться к предыдущим сценам, на которых показано устройство фотоаппарата.

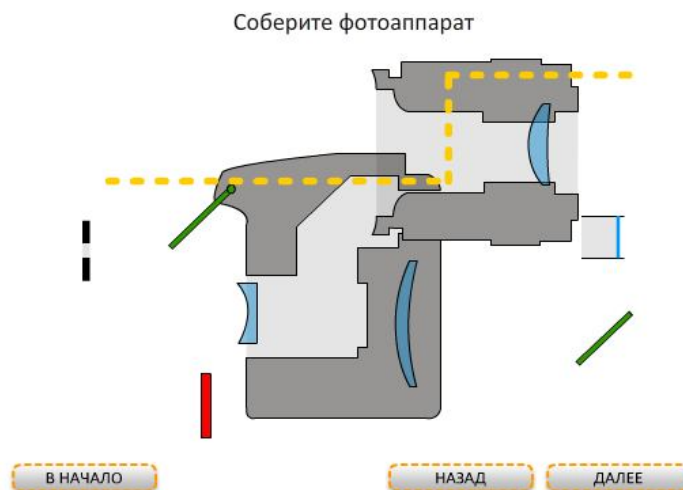


Рис. 4. Сцена «Сборка цифрового фотоаппарата»

На заключительном этапе работы с моделью учащемуся предлагается пройти тест по изученному материалу. По окончании теста приложение выводит список верных ответов и процентное соотношение верных и неверных ответов. Имеется возможность посмотреть вопросы, в которых учащихся допустил ошибку и узнать правильный ответ.

Компьютерная модель «СВЧ-печь». Модель «СВЧ-печь» предназначена для изучения устройства и принципа действия СВЧ-печи (рис. 5). Модель включает несколько сцен.

На первой сцене демонстрируется внешний вид устройства, использующего разогрев водосодержащих веществ электромагнитным излучением дециметрового диапазона (обычно с частотой 2450 МГц).

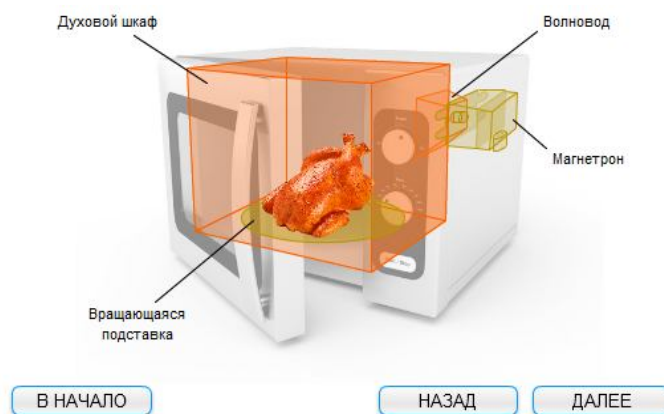


Рис. 5. Сцена «Общее устройство и принцип работы»

Сцены «Основные части устройства СВЧ-печи» и «Устройство магнетрона» показаны на рис. 6 и 7.

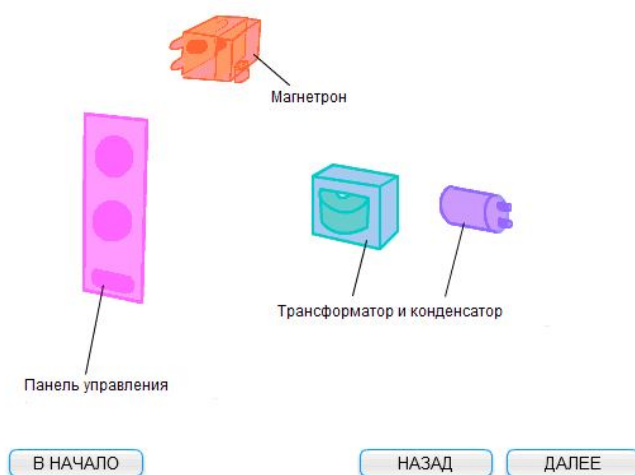


Рис. 6. Сцена «Основные части устройства СВЧ-печи»

Далее демонстрируется принцип действия СВЧ-печи (рис. 7). С этой целью используется анимация.

Затем учащимся предлагается тестирование по изученному материалу.

Учитель физики и информатики, освоивший технологии программирования в среде Adobe Flash может создать целую коллекцию подобных моделей. К разработке моделей полезно привлекать наиболее способных учащихся. Работа над проектом поможет учащимся не только приобрести дополнительные умения и навыки в программировании, но основательно изучить устройство и принципы действия моделируемых технических объектов.



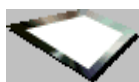
Рис. 7. Сцена «Анимация принципа действия»

Созданные модели технических объектов при их применении в учебном процессе призваны обеспечить формирование у учащихся необходимого уровня современных физико-технических знаний, познакомить их с отдельными видами технической деятельности.



Список литературы

1. Бхангал, Ш. Flash. Трюки. 100 советов и рекомендаций профессионала [Текст] – СПб.: Питер, 2008. – 357 с.
2. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Систематизация и метауровень обобщения технического знания как одно из направлений реализации принципа политехнизма в обучении физике [Текст] // European Social Science Journal. – 2012. – № 3. – С. 111-118.
3. Ильин И.В., Оспенникова Е.В. Формирование системы метатехнического знания как базовой составляющей технической культуры современного школьника // Педагогическое образование в России. – 2011. – № 3. – С. 208–216.
4. Исагулиев К. Самоучитель Adobe Flash 6 [Электронный ресурс] – СПб.: BHV, 2001
5. Лотт Д., Шалл Д. Питерс. ActionScript 3.0 Сборник рецептов – М.: Символ-Плюс, 2007 – 608 с.
6. Мук К. ActionScript 2.0. Основы [Текст] – СПб.: Символ-Плюс, 2006. – 576 с.
7. Принцип политехнизма в обучении физике: современная интерпретация и технологии реализации в средней школе: монография / И.В. Ильин, Е.В. Оспенникова, М.Г. Ершов, А.А. Оспенников; под общ. ред. Е.В. Оспенниковой; Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь, 2014. – 504 с.



УДК 004.9

Р.У. Бабаев

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИА НАСЫЩЕННЫХ «ZOOM-ПРЕЗЕНТАЦИЙ» ДЛЯ ШКОЛЬНОГО КУРСА «ИНФОРМАТИКА И ИКТ»

Обсуждается проблема использования в обучении новых средств структурирования и визуализации учебной информации. Рассматривается реализация и применение ZOOM технологии представления учебных материалов по курсу «Информатика и ИКТ» для средней общеобразовательной школы.

К л ю ч е в ы е с л о в а : информационно-коммуникационные технологии, мультимедиа, zoom-технология, информация, информационные процессы.

Стремительное развитие информационного общества определяет необходимость обновления практики применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в сфере образования. Использование новых средств ИКТ в обучении способствует более качественному восприятию и усвоению учебного материала, что обеспечивает в итоге формирование у учащихся системы полных и глубоких знаний.

В настоящее время является актуальным поиск новых средств структурирования и визуализации учебной информации в виртуальной информационной среде. Разработкой новых подходов к решению этой проблемы занимаются как отечественные авторы (Д.В. Баяндин, Е.А. Еремин, И.Н. Коваленко, Е.В. Оспенникова и др.), так и зарубежные (R. Mayer, R. Moreno и др. [5, 7, 9, 14]. Исследователями обсуждаются возможности применения средств ИКТ для решения этой задачи.

Под информационно-коммуникационными технологиями понимают «... совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, интегрированных с целью сбора, обработки, хранения, распространения, отображения и использования информации в интересах ее пользователей» [2, с. 21]. В современных системах образования широкое распространение получили различные универсальные офисные прикладные программы и средства информационно-коммуникационных технологий, к которым можно отнести всевозможные текстовые процессоры, электронные таблицы, программы подготовки презентаций, системы управления базами данных, органайзеры, графические пакеты и др.

В основе применения средств информационно-коммуникационных технологий лежит понятие мультимедиа. Существует несколько подходов к определению понятия мультимедиа. Согласно наиболее распространённой трактовке его содержание связывается с « ... комплексом аппаратных и программных средств, позволяющих пользователю работать в интерактивном режиме с разнородными данными (текст, графика, анимация, видео, звук, речь), организованными в виде единой информационной среды» [3, с.6]. Мультимедиа технологии представляют собой «... совокупность современных средств аудио- теле-, визуальных и виртуальных коммуникаций, используемых в процессе организации, планирования и управления различных видов деятельности» [1, с.249].

Использование мультимедиа технологий в обучении является эффективным средством воздействия на качество восприятия школьниками учебного материала. Одним из наиболее значимых преимуществ мультимедиа технологий представления информации является его интерактивность: «... процесс предоставления информации в ответ на запросы пользователя» [3, с. 7]. За счет интерактивности оказывается возможным в определенных пределах управление предъявлением информации пользователю. Обучаемый может отвечать на запросы образовательной программы о конкретных предпочтениях и индивидуально менять ее настройки. Появляется возможность изучать информацию в нужной последовательности, варьировать скорость подачи материала, регулировать число повторений, удовлетворяющих индивидуальным потребностям учащегося.

Мультимедиа технологии широко применяются при разработке цифровых образовательных ресурсов учебного назначения, которые включают в себя: курсы лекций, учебные пособия, презентации, учебные фильмы, видеуроки, электронные учебники, энциклопедии, словари, обучающие программы и др. [13].

Соединение технологий мультимедиа и возможностей применения инструментов виртуальной среды для структурирования информации позволяет эффективно решать проблему визуализации и системного представления учебного материала, а также, в ряде случаев, обучать учащихся приемам систематизации информации средствами ИКТ.

Наибольшее распространение в практике работы учителей-предметников получило такое средство представления учебной информации, как презентация MS PP. При подготовке таких презентаций, как правило, широко используется их мультимедиа потенциал. Мультимедиа-презентации являются удобным и эффективным способом представления текстовой информации, статичной графики, динамических изображений и звука. Целесообразность применения таких презентаций в учебном процессе обусловлена, прежде всего, их специфическими дидактическими свойствами, такими как многоканальность подачи информации, наглядность, интегральность, интерактивность, возможность моделирования изучаемых процессов и явлений и включения элементов игровой деятельности [8, с. 16].

Одной из главных причин активного использования мультимедийных презентаций в обучении является необходимость визуализации изучаемого материала. Однако информация должным образом не воспринимается учащимися, если не

представить ее в структурно ясной, обозримой форме [4]. Использование новых форм визуально-графического отображения и структурирования учебной информации в виртуальной среде актуализирует процесс мыслительной деятельности учащихся.

Любой объект может быть зафиксирован в виде знаков, схем или рисунка. Эти графические образы применяются для усвоения и переработки информации. Исследования психологов подтверждают, что «...восприятие не является результатом простой поточечной передачей изображения из рецепторов в мозг. При восприятии некоторой картины человек группирует одни ее части с другими частями, так что вся картина в целом воспринимается как нечто определенным образом организованное» [12, с. 129]. Педагогическая функция визуальных средств обучения «...оказывается не только в том, чтобы дать учащимся живой, красочный образ недостаточно известного им фрагмента действительности и расширить в этом направлении их чувственный опыт ...». Важно «... раскрыть перед обучаемыми сущность изучаемых явлений, установить устойчивые связи и отношения между частями изучаемого целого и отношения последнего к более широкому кругу явлений, подвести учащихся к надлежащим научным обобщениям» [13, с.37].

Программа MS PowerPoint для создания презентаций предоставляет пользователю целый ряд инструментов для создания не только красочных, но и структурно организованных презентаций. Однако размеры рабочего поля слайда MS PowerPoint ограничивают возможности разработчика в предъявлении больших объемов структурированной информации. Может быть реализовано только линейное структурирование информации (последовательно «слайд за слайдом»)

Одной из новых технологий визуализации и структурирования информации является «ZOOM-технология». Данная технология позволяет визуализировать систему знаний определенной области путем создания мультимедиа «насыщенных презентаций» [11]. Отличительной чертой визуализации знаний посредством насыщенной презентации является не только возможность их представления разнообразными мультимедиа объектами, но и то, что эти объекты являются технологически встроенными в данную среду. Это способствует снижению временных затрат на организацию учебной работы учителя и учащихся с данной презентацией.

Еще одной важной особенностью презентаций, реализованных в ZOOM-технологии, является то, что структурное представление информации может быть не только линейным. Появляется возможность выстраивания сложных связей между элементами системы знаний, а также осуществления переходов (или перемещений) по данным связям между составляющими системы [6].

Zoom-презентация является одним из эффективных в применении мультимедийных продуктов учебного назначения. При ее разработке должны учитываться «принципы мультимедийного обучения». Р. Майер и И.Н. Коваленко в своих работах выделяют следующие принципы: мультимедийности; смежности; одновременности; соответствия; модальности; избыточности; сегментирования; организации; структуры [7, 14].

Целью настоящей работы являлось создание ZOOM-презентации к разделу «Информация и информационные процессы». Основу структурирования учебной информации по данному разделу составила модель «Интеллект-карты» (рис. 1.), представленная в работе Е.А. Еремина [5]. Отметим, что данная интеллект-карта является статичным визуальным объектом. Нами разработано аналогичное интерактивное приложение с применением ZOOM-технологии.

В процессе создания ZOOM-презентации последовательно решались следующие задачи:

- подготовка и структурирование учебного материала по всем элементам «Интеллект-карты»;
- визуализация структуры и основного содержания элементов «Интеллект-карты»;
- разработка анимации к некоторым компонентам «Интеллект-карты»
- объединение и структурирование всех учебных объектов в ZOOM-презентации, организация переходов между элементами.

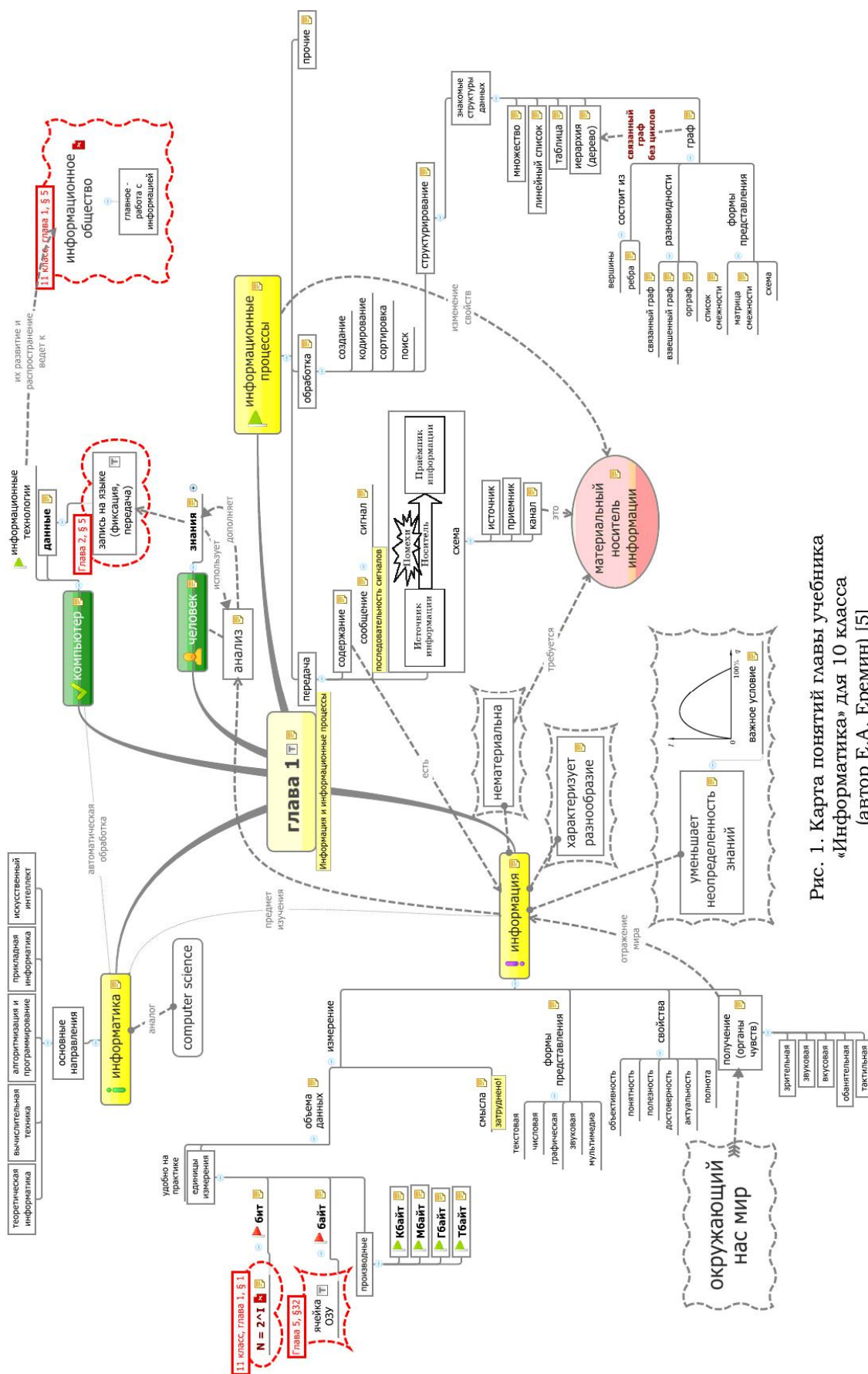


Рис. 1. Карта понятий главы учебника «Информатика» для 10 класса (автор Е.А. Еремин) [5]

При подготовке ZOOM-презентации отдельные ее элементы разрабатывались с применением инструментов редактора MS PP, входящего в комплект Microsoft Office. Основными элементами инструментальной среды PowerPoint, которые преимущественно использовались в рамках данной работы, стали следующие инструменты: рисунки, изображения из Интернета, фигуры, SmartArt объекты, надпись, уравнение, видео, звук (рис. 2).

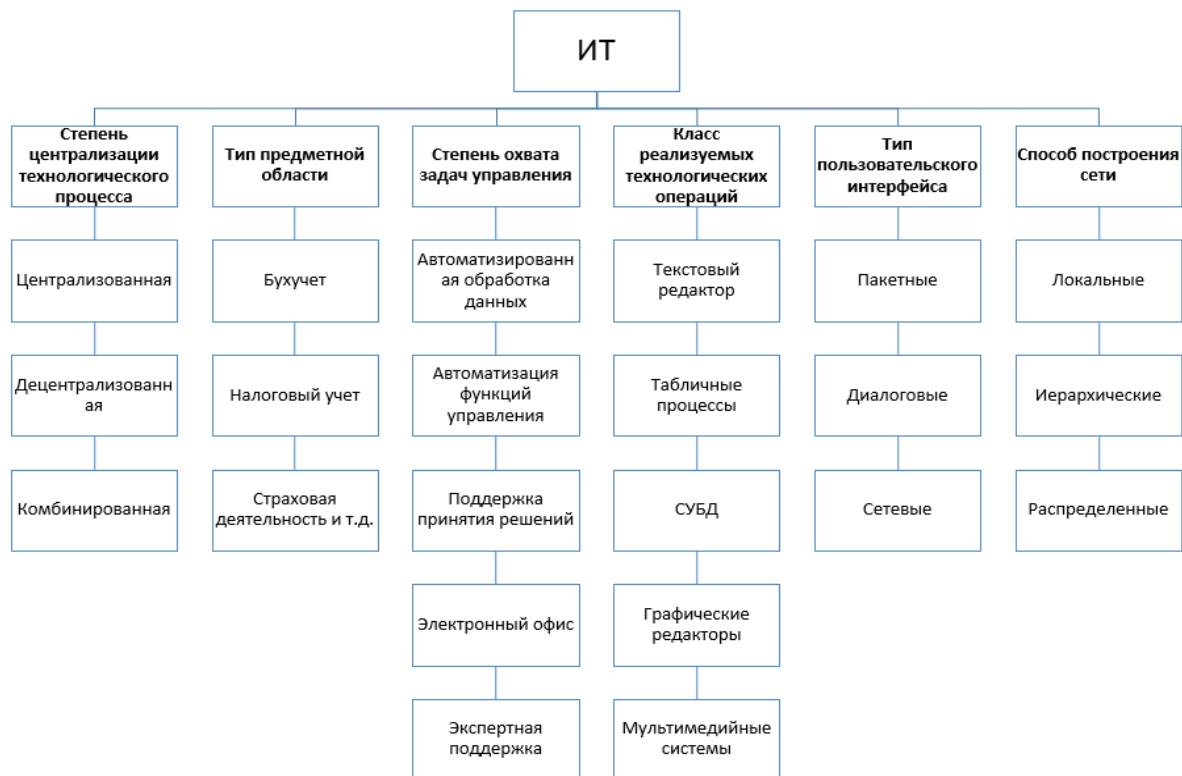


Рис. 2. Элементы инструментальной среды MS PowerPoint, использовавшиеся для создания презентации

К отдельным элементам «Интеллект-карты» «Информация и информационные процессы» разработаны анимации с использованием языка программирования ActionScript 2.0.

Для первой анимации была выбрана тема «Структурирование данных». В анимации демонстрируются основные виды структурирования данных: множество, линейный список, таблица, иерархия, граф (рис. 3).

Вторая анимация была подготовлена по теме «Передача данных и помехи» (рис. 4). В анимации демонстрируются общая схема передачи данных, примеры современных линий связи и механизмы защиты от помех.

Последним этапом разработки Zoom-презентации являлось добавление созданных рисунков и анимации в среду Zoom и добавление к презентации специальных эффектов [6, 11].

Итогом работы стало создание Zoom-презентации к описанной «Интеллект-карте», обеспечивающей визуализацию системы знаний по разделу «Информация и информационные процессы». В данной презентации визуализированы связи между элементами системы, по которым можно осуществлять «интерактивное перемещение». Презентация является «насыщенной» объектами мультимедиа, что позволяет сочетать абстрактный подход к описанию системы знания с его конкретизацией.

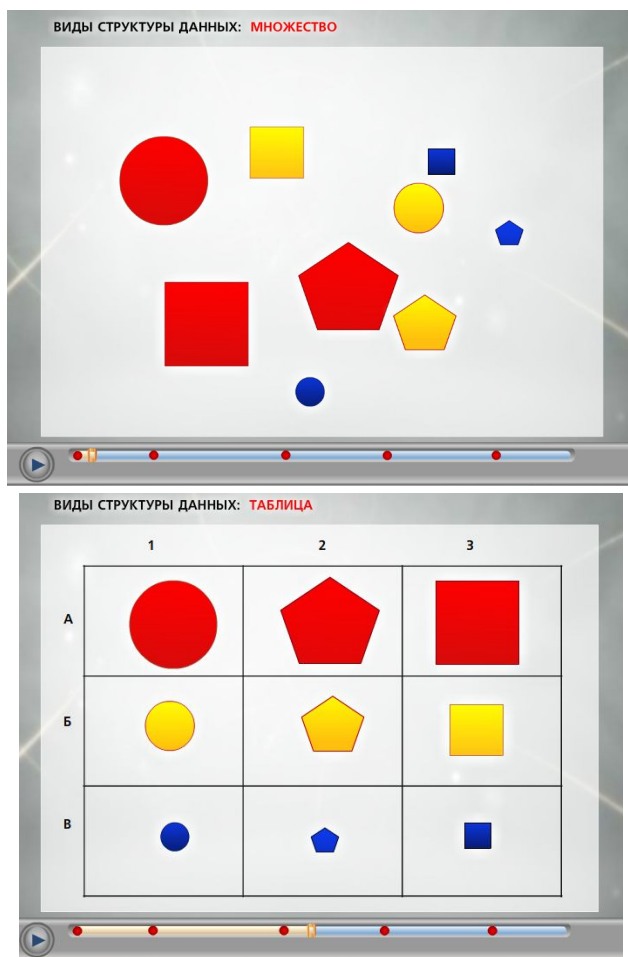


Рис. 3. Анимация «Структурирование данных»



Рис. 4. Анимация «Передача данных и помехи»

Медиаобъекты (видеофрагменты, анимации, интерактивные модели, а также звуковое сопровождение), включенные в Zoom-презентацию, не являются внешними по отношению к ней. Они технологически встроены в данную среду, что создает необходимое удобство в работе (в особенности на интерактивной доске). Отметим, что среда разработки Zoom-презентации и созданные в ней конкретные учебные материалы являются объектами глобальной сети [6, 11].

Общий вид презентации и ее отдельный фрагмент представлены на (рис. 5, 6).

Разработанная Zoom-презентация к разделу «Информация и информационные процессы» может быть использоваться для проведения занятий по курсу «Информатика и ИКТ» в средней школе (10-й класс, углубленный уровень), а также элективных курсов и факультативов IT-направленности.

Автор выражает благодарность доценту кафедры мультимедийной дидактики и ИТО ПГГПУ И.В. Ильину за помощь в подготовке материалов данной статьи.

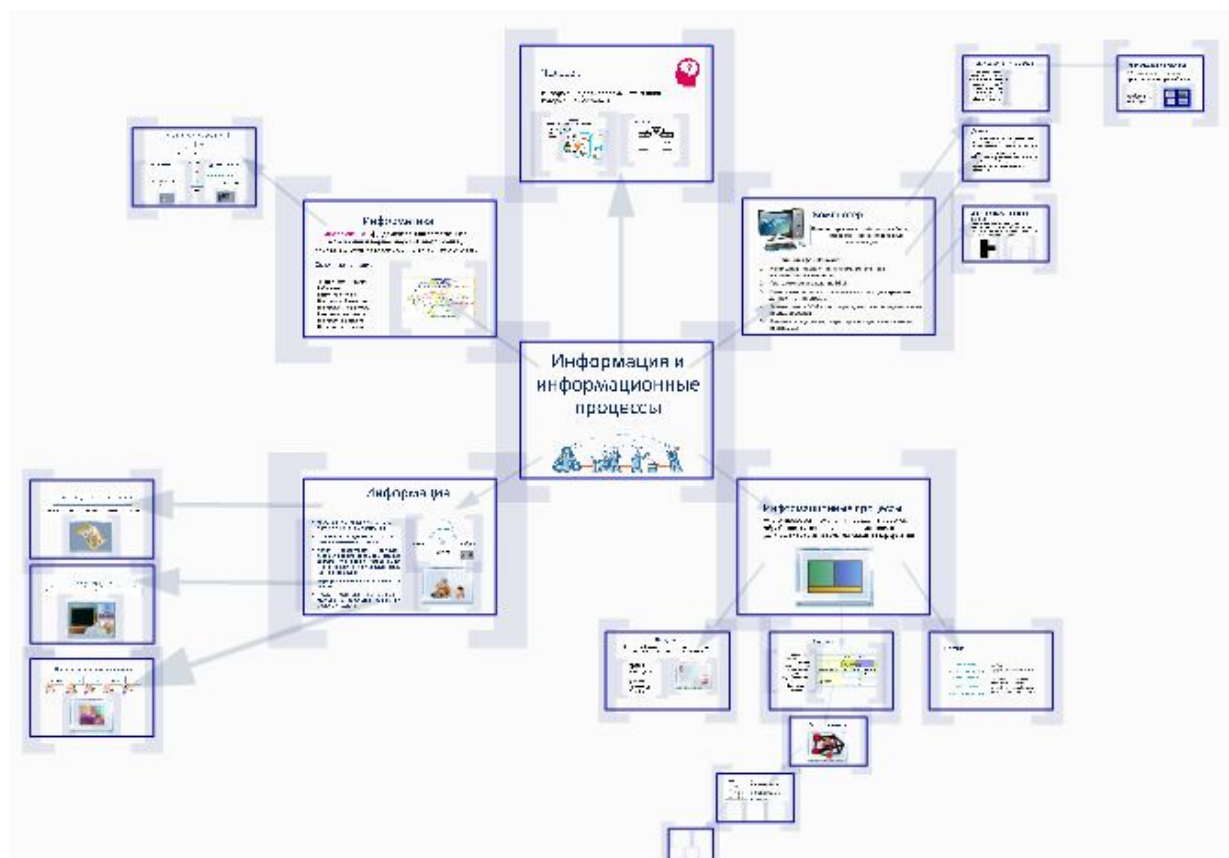


Рис. 5. Общий вид Zoom-презентации к разделу «Информация и информационные процессы»

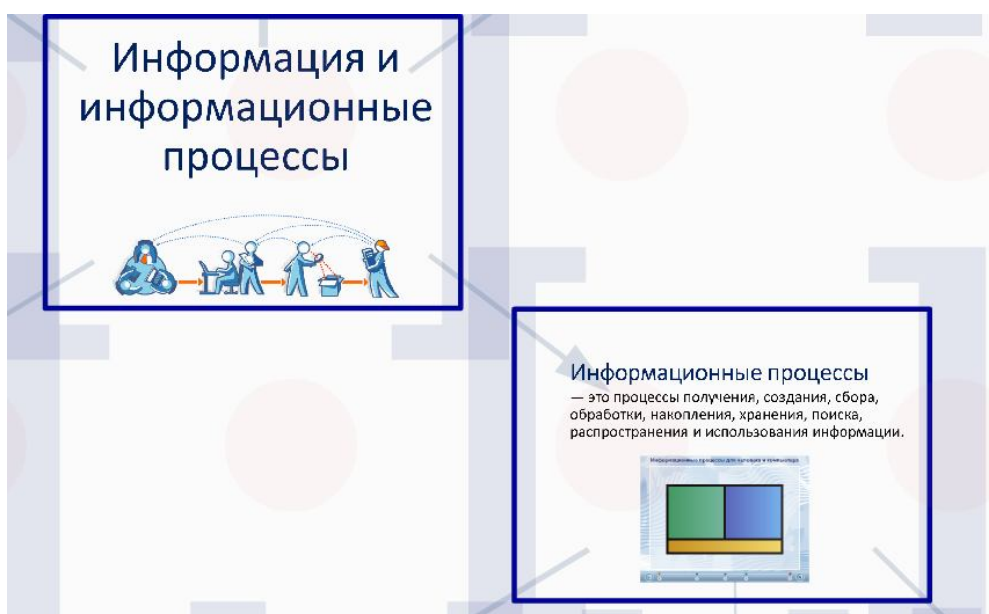


Рис. 6. Фрагмент Zoom-презентации к разделу «Информация и информационные процессы»



Библиографический список

8. Бизнес: толковый словарь / Г. Бетс, Б. Брайндли, С. Уильямс и др. // – М.: ИНФРА-М, Изд-во «Весь Мир». – 1998.
9. Гончарова М.А., Решетникова Н.В. Образовательные технологии в школьном обучении математике: учебное пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 264 с.
10. Гордеева И.В. Мультимедиа технология [Текст]: учеб. пособие. – 2-е изд. – Новосибирск: СГГА, 2010. – 158 с.
11. Горлицына О.А. Обучение студентов педвузов визуализации знаний // NB: Педагогика и просвещение. – 2012. – № 2. – С.1–9.
12. Еремин Е.А. Карты Mind Maps для учебника информатики // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – Пермь: ПГПУ. – 2014. – Вып. 10. – с.22-38.
13. Ильин И.В. Направления применения ИКТ при формировании у учащихся физико-технического знания в курсе физики средней школы // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – 2013. – Вып.9. – С. 46–52.
14. Коваленко И.Н. Мультимедиа: когнитивный подход // Материалы V открытой Всероссийской конференции «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации», Тверская область, 13-16 мая 2007 г. – URL: <http://www.it-education.ru/2007/reports/Stend/Kovalenko.htm> (дата обращения: 15.06.2015).
15. Маханькова Н.В., Мокрушина Л.В. Мультимедийная презентация в иноязычном образовании: учеб. пособие / под ред. Т. И. Зелениной. – Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2012. – 125 с.
16. Оспенникова Е.В. Е-Дидактика. Мультимедиа: проблемы и направления исследования // Вестник ПГПУ. Серия «ИКТ в образовании». – 2005. – Вып.1. – С. 16–30.
17. Педагогический словарь: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. И. Загвязинского, А. Ф. Закировой. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 352 с.
18. Печеный А.П., Ильин И.В. Проблема систематизации технического знания в учебном процессе по физике. Использование современных технологий его представления и визуализации [Текст] // Вестник ПГПУ. Серия: «ИКТ в образовании». – Пермь: ПГПУ. – 2010. – Вып.6. – С.110–114
19. Терегулов Ф.Ш., Штейнберг В.Э. Образование – новый взгляд: теория, технология, практика [Текст]. – Уфа: Изд-во БИРО, 1998. – С. 40.
20. Шалкина Т. Н., Запорожко В.В., Рычкова А.А. Электронные учебно-методические комплексы: проектирование, дизайн, инструментальные средства. – Оренбург: ОГУ, 2008. – 160 с.
21. Mayer R., Moreno R.A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles (1998). – URL: <https://gustavus.edu/education/courses/edu241/mmttheory.pdf> (дата обращения: 15.06.2015).



НАШИ АВТОРЫ

- ♦ **БАБАЕВ Рустам** • выпускник физического факультета 2015 г., направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Информационные системы в образовании»
- ♦ **БУКУШЕВА Алия Владимировна** • кандидат педагогических наук, доцент кафедры геометрии Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского»,
- ♦ **БАЯНДИН Дмитрий Владиславович** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Пермского национального исследовательского политехнического университета
- ♦ **ЕРЕМИН Евгений Александрович** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
- ♦ **ИЛЬИН Иван Вадимович** • канд. педагогических наук, доцент кафедры мультимедийной дидактики и ИТО Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
- ♦ **МЕДВЕДЕВА Нина Николаевна** • учитель Частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Современное образование», заслуженный учитель РФ
- ♦ **НИКУЛОВА Галина Анатольевна** • кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и защиты информации института естественных, математических и технических наук Липецкого государственного педагогического университета.
- ♦ **ХАННАНОВ Наиль Кутдусович** • кандидат химических наук, методист компании «Инстергрупп», Соросовский учитель
- ♦ **ХАБИБУЛЛИН Руслан** • выпускник физического факультета 2015 г., направление подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Информационные системы в образовании»

Научное издание

**ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Серия
**«Информационные компьютерные технологии
в образовании»**

ВЫПУСК 11, 2015

Научный журнал

Главный редактор выпуска
Оспенникова Елена Васильевна

Выпускающий редактор
Ильин Иван Вадимович

Редактор *М.Н. Афанасьева*
Компьютерная верстка – *Н.А. Оспенников*
Макетирование – *Н.А. Оспенников*
Технический редактор – *Д.Г. Григорьев*

Свидетельство государственной аккредитации вуза
№ 0902 от 07.03.2014
Изд. лиц. ИД № 03857 от 30.01.2001 г.
Подписано в печать 13.06.2016. Формат 60х90 1/8
Бумага ВХИ. Печать на ризографе. Набор компьютерный
Усл. печ. л. 13,75. Уч.- изд. л. 12,0.
Тираж 100 экз. Заказ № _____

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
614990, г. Пермь, ГСП, ул. Сибирская, 24, корп. 2, оф. 71,
тел. +7 (342) 238-63-12, e-mail : rio@pspu.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «ПК «АСТЕР»
Россия, 614064 г. Пермь, ул. ул. Усольская, 15,
Тел./факс: (342) 249-54-01, 249-54-02, 249-53-98
e-mail : aster@aster.perm.ru

