

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ КАК СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Компьютерные анимационные и виртуальные модели стали частью электронных учебных пособий, опубликованы описания практикумов виртуальных лабораторных работ с использованием оригинальных авторских программ и специализированного программного обеспечения: пакетов MathCAD, LabView, WorkBench и других. Появились лабораторные практикумы с удаленным доступом в Интернете. Постепенное превращение математического моделирования из научного метода познания в средство решения инженерных и управленческих задач ставит вопрос о целесообразности введения нового общенаучного курса, посвященного компьютерному моделированию природных и техногенных явлений, систем и объектов (В. Михалкин).

Знакомство с литературой показывает, что в большинстве случаев используются дескриптивные модели, ориентированные на «раскрытие физического смысла исследуемых явлений» (А.А. Гладун, Х. Гулд, Я. Тобочник). В ряде случаев практикумы перегружены теоретическим материалом, знакомство с которым пользователь должен подтвердить в программно организованном допуске к экспериментальной части работы (в процедуре тестирования). Целью эксперимента ставится подтверждение теории изучаемого явления или эффекта, его иллюстрация в форме функциональных зависимостей одних величин от других, в виде модификации геометрии исследуемого объекта или других визуально наблюдаемых изменений характеристик явления (поля интерференции и т. п.).

Такое традиционное объяснительно-иллюстративное понимание роли компьютерных практикумов приходит в противоречие с компетентностным подходом в современном профессиональном образовании.

По нашему мнению, практикумы математического моделирования и виртуальные лабораторные работы должны быть ориентированы не только на выяснение физического (химического, биологического и т. д.) содержания исследуемого объекта или явления, но также, в равной степени, должны содержать условия формирования методологической компетенции обучаемых: «Моделируя явления – обучаем, обучая – моделируем исследовательскую деятельность».

Главной целью лабораторно-практических занятий с использованием математических моделей и виртуальных приборов должно стать учебно-имитационное моделирование профессионально ориентированной, частично-поисковой деятельности по получению нового (для обучаемого) знания (как лично опосредствованной и закрепленной информации). При таком подходе моделирование того или иного явления физики (химии, биологии, экологии и т. д.) становится одновременно средством освоения методологии научного поиска, *инвариантного к содержанию предметных областей компьютерного анализа и имитации.*

Сказанное означает необходимость пересмотра методики выполнения учебных заданий, необходимости перехода к инструментально-деятельностной и поисковой методике, способствующей развитию критического мышления, выработке навыков и умений использования получаемой информации, ее перевода в абстрактные формы, обобщению ее смыслового содержания. При конструировании практикумов виртуальных лабораторных работ, параллельно с созданием или адаптацией специализированного программного обеспечения, необходимо разрабатывать такую схему постановки учебных заданий, которая являлась бы целостной системой последовательных этапов наблюдения явления, производства контролируемых воздействий и измерений соответствующих результатов эксперимента, использования их для прогноза возможных приложений или практического применения.

В методических указаниях к выполнению работ теоретическая часть должна быть изложена по принципу дидактической достаточности

(минимизирована), а экспериментирование должно быть доступно обучаемому без каких-либо ограничений. Знакомство с подробной теорией может быть рекомендовано для последующего закрепления и расширения самостоятельно полученных на лабораторно-практических занятиях знаний.

В качестве примера применения предлагаемого подхода рассмотрим некоторые учебные задания из практикума виртуальных лабораторных работ по курсу физики, разработанного нами в Институте дистанционного образования ТПУ (рис. 1-). Практикум построен по модульному принципу, одновременно на экране можно вызвать окна теории явления, заданий по работе, выполнения задания и оформления отчета по работе (рис. 29). Дополнительно вызываются справочные материалы и помощь. Неактивные окна становятся полупрозрачными, что выделяет работающее окно, либо их можно свернуть.

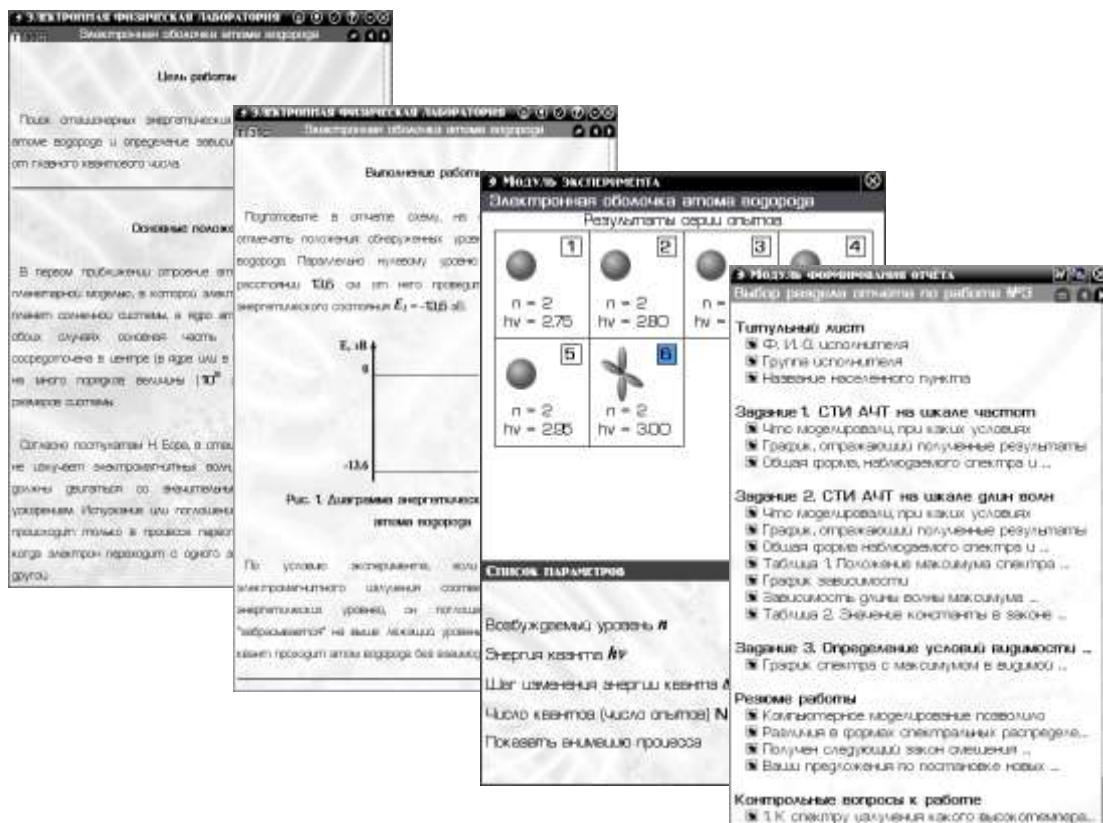


Рис. 1. Оконное представление модулей работ практикума

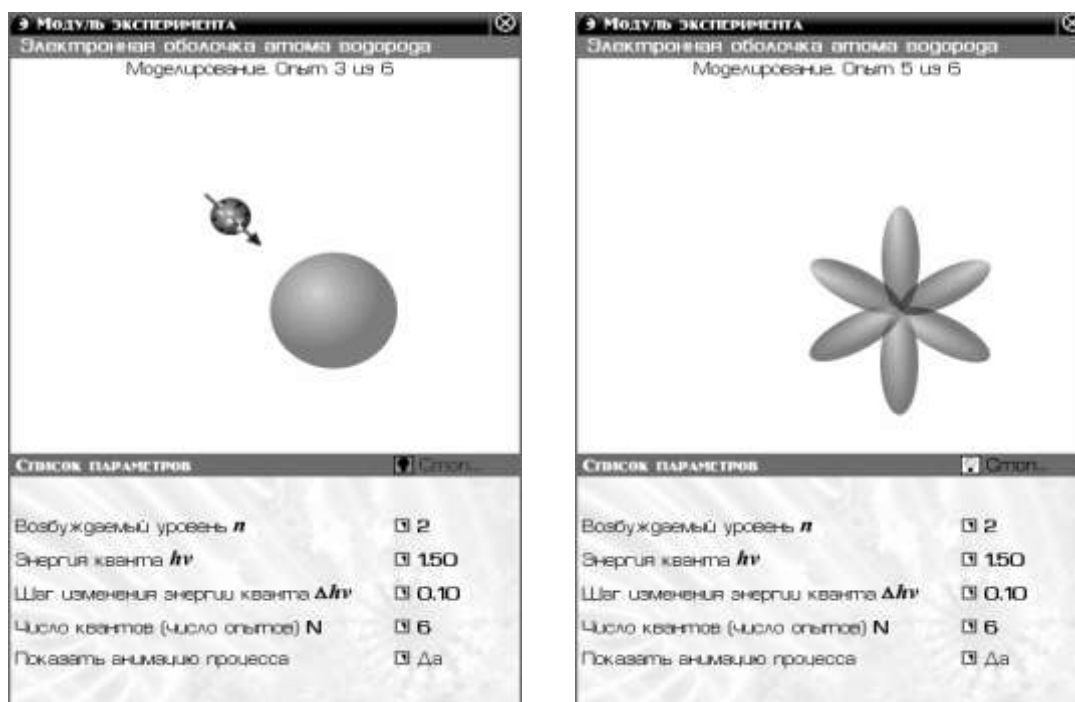


Рис. 2. Последовательность анимации в работе по исследованию фотовозбуждения атома водорода.

Введение к работе «Электронная оболочка атома водорода» представляет основные положения теории Резерфорда–Бора и содержит всего три формулы. Первая из них является формулировкой постулата о квантовании орбитального момента электрона, вторая представляет полную энергию электрона как сумму потенциальной и кинетической энергии. Третья формула выражает результат совместного решения первых двух уравнений для основного состояния электрона в атоме водорода. Приведено численное значение энергии основного состояния ($-13,6$ эВ).

Приступая к выполнению экспериментальной части, учащийся изображает (в рекомендованном масштабе) диаграмму энергетических состояний в виде двух линий: уровня нулевого значения энергии и уровня основного состояния. В интервале между ними необходимо найти и обозначить положения уровней возбужденного состояния. Поиск таких состояний ведется с помощью трехмерной анимационной модели процесса фотовозбуждения электронной оболочки. Визуализируется виртуальное столкновение фотона (шарик-волна) с электронной оболочкой $1s$ состояния

в виде сферы ограниченного радиуса. Если при выбранной пользователем энергии фотона условие возбуждения не выполняется, то шарик-волна свободно проходит электронное «облако», не меняя направления движения. При «резонансе», в момент прохождения фотона через электронное облако, ее конфигурация изменяется, приобретая форму электронной оболочки в $2s$, $2p$, $3d$ состояниях, в зависимости от энергии кванта. Пребывание в возбужденном состоянии (рис. 2) сопровождается звуковым сигналом (тон зависит от уровня возбуждения), после непродолжительного интервала времени оболочка приобретает форму основного состояния и в случайно выбранном направлении вылетает фотон. Такая модель учитывает междисциплинарные связи курсов физики и химии и позволяет перейти от механистического представления движения электрона как точечного объекта к движению (изменению) состояний электронной оболочки как целого. Очевидны и игровые элементы в использовании модели, повышающие мотивацию к работе.

Первые два задания экспериментальной части посвящены поиску энергетических уровней двумя различными методами. В первом случае поиск ведется методом дихотомии, когда энергия фотона выбирается равной половине исследуемого интервала, затем – половине половины и т. д. Во втором задании поиск положения уровней ведется методом равных последовательных шагов. Результатом поисковых работ является энергетическая диаграмма атома водорода, заполненная до шестого уровня. Требуется описать ее своими словами, отметив качественные характеристики. С помощью полученной диаграммы определяются численные значения энергии всех обнаруженных уровней, они представляются в виде таблицы сопоставления номера уровня и соответствующего ему значения энергии. В третьем задании необходимо установить закономерную количественную связь между главным квантовым числом и величинами энергии уровней электрона в атоме водорода. Для этого рекомендовано дополнить таблицу строкой отношений энергии основного состояния к энергии состояний

возбужденных. С учетом погрешности математического эксперимента (энергии фотонов округляются до десятых долей электронвольта), учащийся должен обнаружить квадратичную зависимость $E_n = E_1 : n^2$. Тем самым качественное описание дополняется найденной количественной связью.



Рис. 3. Построение схемы энергетических уровней и рисование мышью при заполнении отчета по работе

Имеется возможность проверки гипотезы квадратичной зависимости в дополнительном, проверочном эксперименте с фотонами, энергия которых уточняется до сотых долей электронвольта.

Четвертое задание имеет целью практическое использование полученной диаграммы для предсказания характеристик видимого спектра излучения атома водорода. На диаграмме показываются переходы на второй уровень с выше лежащих и рассчитываются длины волн соответствующего излучения. Результатом выполнения задания является схема расположения линий излучения на шкале длин волн, причем необходимо обозначить (качественно) цвет всех линий. В заключение необходимо указать в отчете те приборы, которые необходимо использовать для проведения реального эксперимента по наблюдению спектра излучения возбужденных атомов водорода.

Дополнительным материалом служат цветные карты распределения плотности вероятности для различных состояний электрона в атоме водорода и гиперссылка, позволяющая использовать ресурс Интернета для ознакомления с виртуальной экспериментальной установкой для наблюдения спектров излучения атомов водорода.

Поставленные таким образом учебные задания позволяют обучаемому освоить различные способы поиска неизвестных значений в заданном интервале, использовать полученные результаты для установления закономерной связи между физическими величинами, а также для прогноза возможных эффектов и подготовки к реальному физическому эксперименту.

В работе «Распад ядер урана в ядерном реакторе» использована анимационная модель «замедленного» виртуального распада изотопа урана, вызванного столкновением с нейтроном. При отображении процесса массовые и зарядовые числа осколков выбираются в соответствии с реально протекающими реакциями.

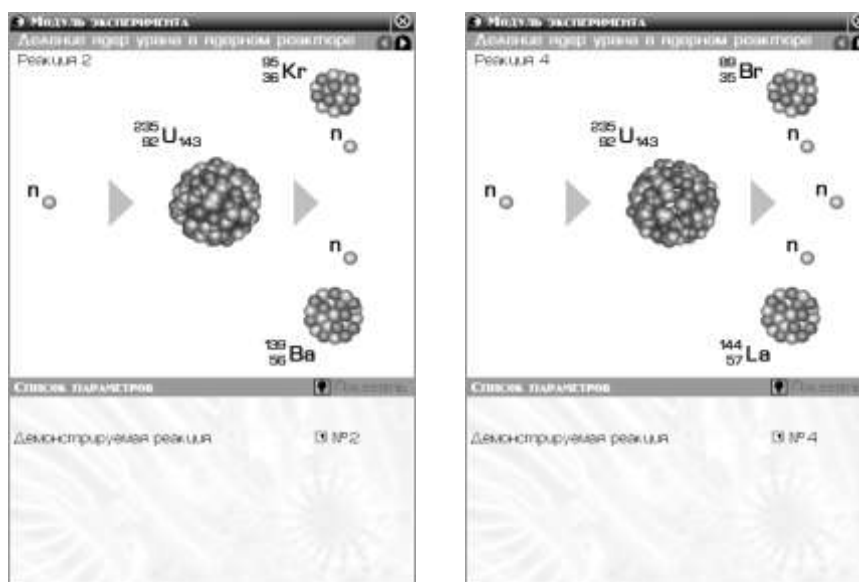


Рис. 4. Результат анимационного представления распада ядра урана

Целью первого задания является наблюдение и фиксация последовательного ряда событий распада с проверкой выполнения законов сохранения зарядового и массового чисел в каждой из реакций. Затем, используя таблицу Менделеева и диаграмму A–Z существующих

в природе изотопов учащийся должен найти конечные продукты распада ядер урана на примерно одинаковые дочерние ядра. В качестве прогноза предлагается представить в отчете качественный вид массового спектра возможных продуктов деления.

Во втором задании проверяется гипотеза о преимущественном делении ядер урана в реакциях захвата нейтронов на примерно одинаковые изотопы-осколки. Для этого выполняется имитация работы спектрометра и на экране постепенно строится гистограмма двухцентрового распределения масс осколков. Используя полученные данные обучаемый описывает своими словами гистограмму (рис. 5) и определяет количественную меру асимметрии распределения осколков деления по массам.

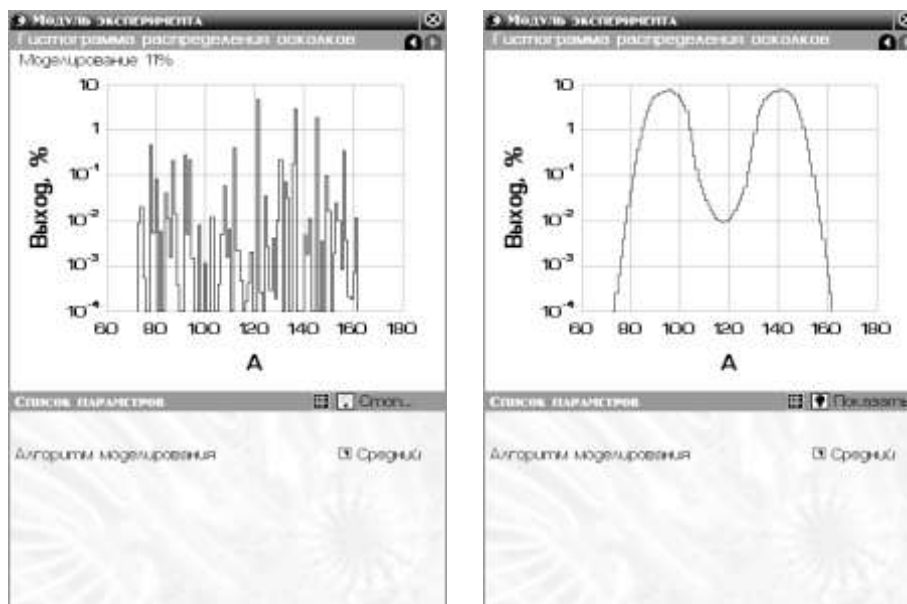


Рис. 5. Последовательность построения гистограммы

В качестве дополнительной самостоятельной работы рекомендуется Интернет-адрес для управления работой виртуальной модели газового ядерного реактора. Свои выводы и суждение о работе с использованием Интернет-ресурса учащийся представляет в итоговом отчете.

В работе «Движение иона в магнитном и электрическом полях» визуализируется траектория движения заряженной частицы в различных вариантах суперпозиции полей. Аннотация к работе актуализирует мнемоническое правило левой руки и определяет силу Лоренца как

центростремительную, вызывающую движение заряженных частиц по криволинейным траекториям. Выводов формул для параметров траектории не приводится, их необходимо получить в результате анализа данных компьютерного эксперимента. Целью учебных заданий является установление закономерной связи параметров траектории (радиуса в первом задании и шага спирали во втором) с величинами массы, заряда, индукции магнитного поля и скорости влета в область магнитного поля.

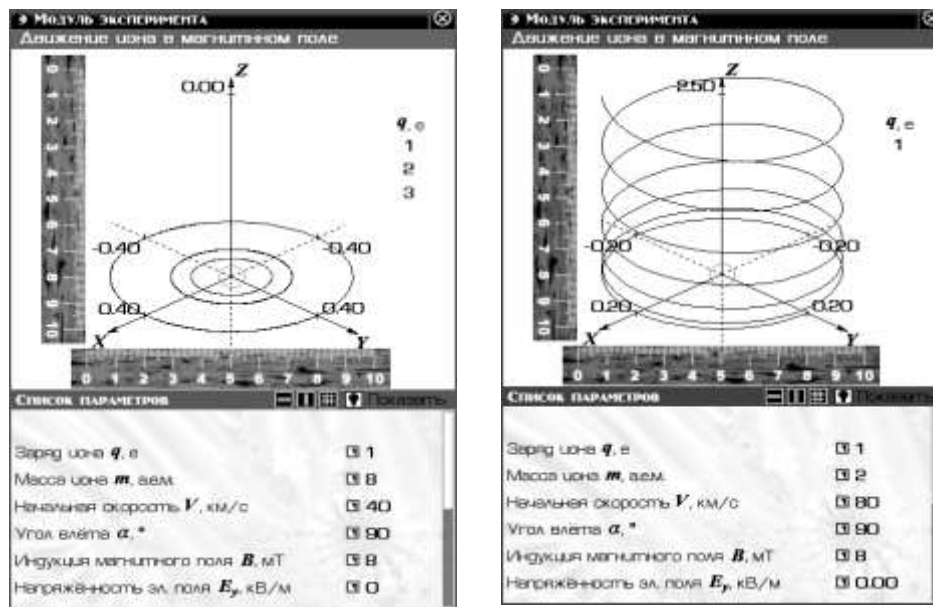


Рис. 6. Результаты моделирования движения иона в магнитном поле и в совмещенных магнитном и электрическом полях

Для измерений относительных размеров шага спирали или ее радиуса используются виртуальные линейки, перемещаемые пользователем по экрану (рис. 6). Учащиеся последовательно изменяют значения параметров моделирования, фиксируют качественно и количественно наблюдаемые изменения и, в конечном счете, открывают функциональные зависимости величин радиуса и шага траектории движения от величин масс, зарядов, индукции магнитного поля и скорости влета частицы в область магнитного поля.

В качестве обобщения и применения полученных закономерностей в новых условиях, учащиеся прогнозируют изменения траектории движения иона при его попадании в область пространственно неоднородного магнитного поля. Эффекты, вызванные действием дополнительного,

различным образом ориентированного электрического поля исследуются в последующих заданиях. При этом сначала требуется графически представить ожидаемую форму траектории, а затем произвести компьютерное моделирование, с обсуждением полученных зависимостей в отчете по работе. Справочные материалы к работе содержат иллюстрации движения заряженных частиц в магнитосфере Земли, в камерах различных ускорителей, масс-анализаторе, представлена схема магнитно-гидродинамического преобразования энергии.

Целью выполнения одного из заданий в работе «Спектр теплового равновесного излучения» является «открытие» закона смещения Вина, когда компьютер выполняет функцию виртуального спектрометра, записывающего спектры излучения при различных значениях температуры нагретого тела. Кроме того, заданием с элементами игры является нахождение студентами такого значения температуры излучателя, при котором максимум распределения попадет в видимую область спектра (границы которой приведены на поле построения результатов моделирования).

При исследовании характеристик распределения Больцмана в поле тяготения планеты и в поле центробежных сил, учащиеся используют полученные графики распределений для оценок условий дыхания в различных условиях или для практических рекомендаций по выбору размеров центрифуги.

Таким образом, в настоящее время имеются достаточные дидактические возможности для постановки проблемных ситуаций и поисковых заданий при использовании даже относительно простых и достаточно наглядных компьютерных моделей процессов и эффектов различной природы.

Необходимым элементом практикумов, по нашему мнению, становится блокнот (страница) для графического представления «от руки» прогнозируемых результатов эксперимента (рис. 3, 7). Сохраняемое вместе с расчетными результатами (при необходимости — выводимое на печать) творчество учащихся позволит преподавателю судить о степени владения

мышью компьютера и (или) графическим редактором, а так же — проследить динамику обретения навыка в их использовании по мере выполнения всего цикла лабораторно-практических занятий.

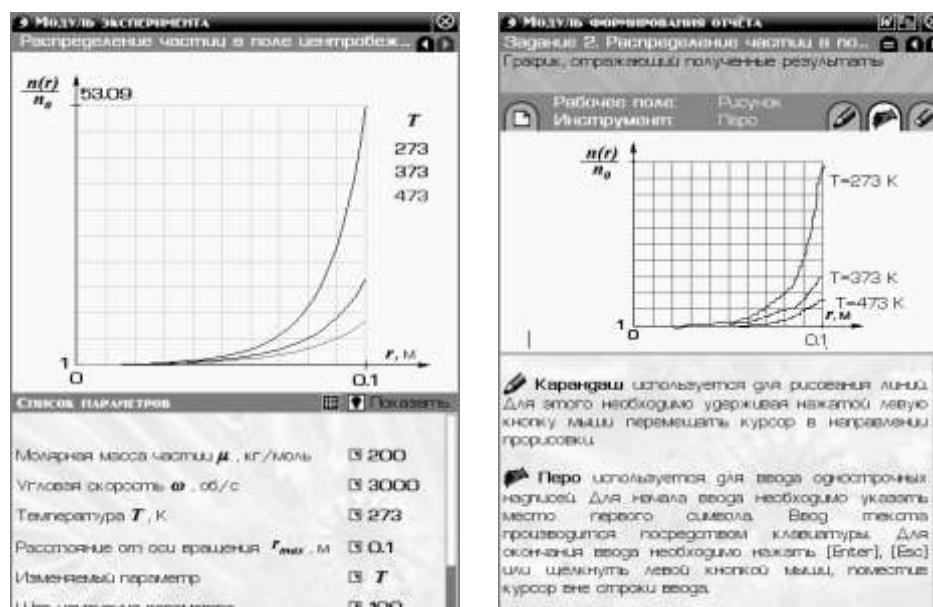


Рис. 7. Результаты моделирования и их отображение «от руки» с помощью мыши компьютера

Представленный подход имеет особо важное значение для студентов социально-экономических и гуманитарных направлений, позволяя им в наглядной форме представить физическую сущность изучаемых явлений и, параллельно, приобрести элементы методологии научного познания.

Таким образом, в конструировании практикумов компьютерного моделирования и виртуальных лабораторных работ необходимо увязывать и оптимизировать с самого начала разработки единство целей моделирования природных или техногенных процессов и профессионально ориентированной исследовательской деятельности.