

ВЛИЯНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ УЧАЩИХСЯ ВЫСШЕЙ СТУПЕНИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ КИТАЯ

Ань Бо,

Китай, городской округ Вэйнань, Вэйнаньский педагогический университет, физический факультет

✉ mranbo@126.com

Пурышева Наталия Сергеевна,

доктор педагогических наук, профессор

Россия, Москва, Институт физики, технологии и информационных систем Московского педагогического государственного университета

✉ npuryшева42@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования влияния визуальных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на понимание учащимися старших классов понятий и законов термодинамики. Результаты показали, что до начала эксперимента не наблюдалось значительного различия в понимании этого материала учащимися экспериментальной и контрольной групп. В ходе эксперимента было показано, что использование модельных компьютерных экспериментов позволяет повысить уровень понимания учащимися связи температуры тела со средней кинетической энергией движения молекул, зависимости изменения температуры вещества от условий его нагревания; уровень знаний вопросов термодинамики учащихся экспериментальной группы был значительно выше, чем учащихся контрольной группы. Измерения уровня знаний учащихся, проведённые через месяц после окончания изучения термодинамики, показали, что различия в знаниях учащихся двух групп о температуре, теплопроводности и количестве теплоты, не были столь значительными.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *визуальная информационно-коммуникационная технология, трансформация понимания материала, физика на высшей ступени средней школы.*

THE INFLUENCE OF COMPUTER VISUALIZATION SIMULATION ON THE TRANSFORMATION OF HIGH SCHOOL PHYSICS CONCEPT

An Bo,

China, Wei Nan, Wei Nan Normal University, Department of Physics;

Purysheva N.S.,

Doctor of Education, Professor

Russia, Moscow, Institute of Physics, Technology and Information Systems, Moscow Pedagogical State University

ABSTRACT

The impact of visual information computer technology (ICT) on the transformation of high school students' thermal concepts was studied. The results showed that there was no significant difference in the understanding of the thermal concept between the experimental group and the control group before the simulated thermal experiment. In the course of the experiment, the students' knowledge about the thermodynamic concept using the visual simulation experiment was significantly better than the students in the control group. The test results one month after the end of the experiment showed that the differences in knowledge of temperature, thermal conductivity and heat flux between the two groups were not significant.

KEYWORDS: *visual information computer technology; concept transformation; high step of school physics.*

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря усилиям таких учёных, как Атинсон (Athinson) и Супес (Suppes), начались экспериментальные исследования влияния компьютерных технологий на повышения эффективности обучения [1,2]. Результатом этих исследований является вывод о том, что информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) обладают огромным потенциалом, который при правильном использовании

способствует повышению уровня подготовки учащихся и оптимизации работы учителя [3]. Этот эффект достигается благодаря тому, что ИКТ интерактивны [4], что упрощает учителям создание учебных сред, в которых учащиеся могут учиться на практике, получать обратную связь, постоянно совершенствовать свои знания и приобретать новые знания [5,6]. ИКТ также могут позволить визуализировать понятия, которые трудно осмыслить, например, такие как внутренняя энергия и температура.

Модель обучения при поддержке ИКТ позволяет:

- вводить в обучение вопросы, связанные с явлениями, происходящими в реальном мире;
- предоставлять учащимся помощь и инструменты для облегчения обучения;
- создавать учащимся и учителям большие возможности для обратной связи, размышления и изменения;
- создавать локальные и глобальные дискуссионные группы, включая учителей, учащихся, родителей, ученых и других заинтересованных лиц.

Данная статья посвящена исследованию влияния визуализированных компьютерных программ на формирование у старшеклассников физических понятий.

1. МОДЕЛЬ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НАУЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Построение модели — это эффективный способ вовлечь учащихся в участие в реальной научной практике и научить применять научные понятия в физических ситуациях. Создание моделей является важной составляющей научного мышления, поэтому использование теоретических моделей помогает учащимся понять, как специалисты работают с информацией и решают проблемы.

Визуализация научной информации — это технология создания моделей с визуальной характеристикой данных. Быстрое разви-

тие компьютерной графики позволило визуализировать большие объемы данных и создать динамические теоретические модели, позволяя специалистам понять сложные данные с помощью визуализации научной информации (имитация, анимация или другие мультимедиа) [7].

Что касается учащихся, то визуализация, делая абстрактную научную модель более конкретной, позволяет им осуществить проверку модели; понять, как она работает.

1.1. Трансформация знаний

Процесс формирования у учащихся научной идеи называется «Трансформацией знаний» [8]. Модель трансформации знаний утверждает, что, когда интуитивные представления учащихся являются неполными и не могут предсказать или объяснить опыт, они заменяются научными знаниями (понятиями, концепциями, теориями) [9]. Исследования в этой области оказывают важное влияние на научность образования и побуждают учителей выявлять интуитивные представления учащихся и трансформировать их в обучении. Линн (Linn) [10] и ДиСесса (diSessa) [11] отмечают, что модели знаний, которыми владеют учащиеся, разнообразны и иногда даже порой противоречивы. В процессе мышления и решения проблем учащиеся выбирают подходящие точки зрения (например, принципы, опыт, модели) для применения в конкретной ситуации. При этом, чтобы уточнить свою собственную позицию, учащиеся могут применять противоречивые научные взгляды, устанавливая связь между информацией, содержащейся в различных источниках [4].

Образовательное программное обеспечение может способствовать достижению цели трансформации знаний, подчеркивая взаимосвязь между темами и побуждая учащихся задуматься о своих предыдущих знаниях на основе новой информации. Клемент (Clement) [12] предлагает «стратегию обучения по аналогии с мостами», которая может помочь учащимся развить свои знания на основе аналогии.

1.2. Обучение с использованием визуализации

Традиционный взгляд на использование изображений предполагает, что «одна картинка стоит тысячи слов». Диаграммы упорядочивают информацию в топологической форме, поэтому их можно использовать для вывода физических соотношений. Когда характеристики явлений важны для решения проблем, визуализация информации помогает учащимся работать более эффективно, чем использование текстовой (устной или письменной) информации. Динамическое изображение имеет все характеристики статического изображения и при этом может описывать изменение в пространстве и во времени. Виш (Visch) [13] изучал анимационные визуальные учебные пособия и восприятие учащимися причинно-следственных связей. Он пишет, что анимация может заставить людей воспринимать причинно-следственную связь, которая существует между объектами. Установление причинно-следственных связей является особенно важным в обучении физике.

Основываясь на представлении графики в компьютерной системе, Scaife и Rogers [14] полагают, что визуальные средства поддерживают решение проблем благодаря: снижению когнитивной нагрузки; повторному представлению характеристик; ограничению интерпретации графики. Снижение когнитивной нагрузки позволяет учащимся использовать визуализацию в качестве вспомогательного средства для установления визуальных связей и сокращения информации, необходимой для хранения в рабочей памяти. Повторное представление характеристики — обеспечивает нахождение простого решения. Ограниченная интерпретация графики — процесс, в котором учащийся может построить ограниченную ментальную модель для характеристики ситуации. Эти три механизма обеспечивают начальное описание того, какую пользу получают учащиеся от визуализации.

1.3. Принцип использования визуального дизайна

В дизайне компьютерных моделей Snir и други исследователи [15] используют «усовершенствованное моделирование понятий» для организации эффективного обучения. При моделировании понятия устанавливается связь конкретной, знакомой характеристики объекта с абстрактным научным понятием. Создание абстрактного научного понятия при визуализации и контекстуализации является важной частью визуализации научной информации. Важно рассказать учащимся о необходимости четко понимать связь между абстрактными понятиями и физической реальностью. Учащиеся должны понимать природу симуляции и то, как она связана с событиями в реальном мире.

2. МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА

В повседневной жизни учащиеся используют свой опыт для построения интуитивных моделей теплопередачи и температуры, и исследователи могут в полной мере использовать разнообразие опыта учащихся для разработки библиотек моделей, применяемых в разных ситуациях [16]. Некоторые из этих моделей, хотя и отличаются от канонических научных моделей, приведённых в учебниках, оказываются эффективными для интерпретации некоторых ситуаций и обеспечения понимания учащимися сущности происходящих процессов. В нашем случае это, например, такая модель, как модель, демонстрирующая связь температуры тела и средней кинетической энергией его молекул. Специалисты объединяют личный опыт с научными принципами и создают собственную библиотеку моделей. Хотя специалистам известны некоторые нормативные модели термодинамики, в некоторых случаях они могут использовать более простые модели. Модели, используемые специалистами, и модели, используемые учащимися, имеют много общих характеристик, однако на модели, которые используют специалисты, подчас накладываются более строгие ограничения, чем на модели, с которыми работают учащиеся [17].

2.1. Интуитивная модель связи внутренней энергии и температуры тела

Интуитивные взгляды учащихся на связь внутренней энергии и температуры тела обычно очень хорошо объясняют повседневную жизнь, но не могут объяснить некоторые важные ситуации. Многие учащиеся не понимают, что чем больше масса вещества при неизменной температуре, тем больше его внутренняя энергия. Учащиеся часто делают неправильные прогнозы о процессах нагревания и охлаждения объектов различной массы, и даже те, кто делает правильные прогнозы, часто не могут последовательно интерпретировать свои рассуждения.

2.2. Понятие температуры

Ядро термодинамики составляют четыре закона, являющиеся важными компонентами нормативной модели термодинамики. Эти законы не определяют явным образом температуру и её соотношение с внутренней энергией тела, в то же время положение о взаимосвязи внутренней энергии (точнее средней кинетической энергии молекул) и температуры тела является фундаментальным и объясняет явления нагревания и охлаждения тел.

В настоящее время существует несколько определений понятия температуры. Самое простое определение — рассмотрение температуры как переменного параметра состояния термодинамической системы, имеющего одинаковое значения для двух систем, находящихся в тепловом равновесии. Хотя это определение температуры легко запомнить, оно не отражает связь макроскопического параметра состояния системы (температуры) с микроскопическими (характеристиками молекулярного движения). Другое, менее абстрактное определение понятия температуры состоит в том, что температура является мерой средней кинетической энергии хаотического движения молекул в данном пространстве. Другими словами, измеренная температура представляет собой среднее значение измеренной кинетической энергии теплового движения молекул. Хотя это определе-

ние далеко от человеческого опыта, оно, во-первых, является строгим и демонстрирует связь между температурой и внутренней энергией, а, с другой стороны, полезным для развития мышления учащихся, поскольку оно аналогично другим понятиям, представляющим собой плотность, например, плотность вещества.

2.3. Исследования в области проектирования и разработки программного обеспечения

Чтобы избежать влияния неопределенных факторов (таких как мощность нагревателя, условия вентиляции и т.д.) на результаты реального эксперимента, включая опасности, которые могут быть связаны с организацией работы учащихся, проводился модельный эксперимент. Основным предметом данного исследования являлось изучение влияния компьютерной визуализации на формирование знаний учащихся. Для получения объективных результатов педагогического эксперимента большая часть учебного эксперимента была выполнена учащимися с использованием компьютерных моделей.

Используемая учащимися программа основана на программном обеспечении для анимации Flash. Общая идея программы проста, эффективна в использовании, интерактивна и максимально приближена к реальной ситуации.

Экспериментальная программа имитационного нагревания моделирует ситуацию, в которой для нагревания воды используется такой же нагреватель, как в повседневной жизни (Рис. 1.1, 1.2, 1.3). На рис.1.1 показан начальный интерфейс после запуска экспериментальной программы имитационного нагревания: в цилиндрическом стакане находится вода определенного объема, в чашку вертикально вставлен термометр, под чашкой находится нагреватель. Начальная температура воды составляет 20 °С и отображается в правой части экрана. В правой части интерфейса программы имитации нагревания отображаются четыре переменные: объем воды, начальная температура, время нагревания и текущая температура в стакане, в нижней части — расположены три кнопки «Пуск», «Стоп» и «Выход». Учащи-

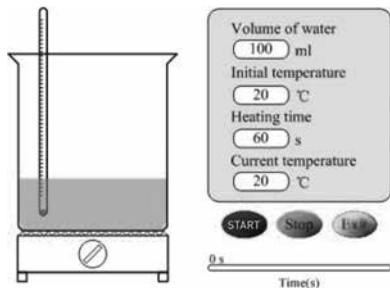


Рис.1.1. Запуск программы

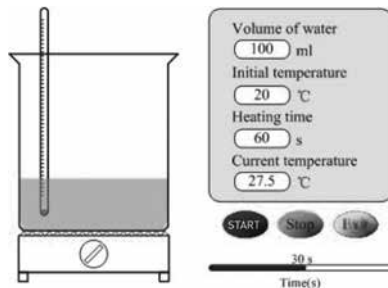


Рис.1.2. Моделирование нагревания

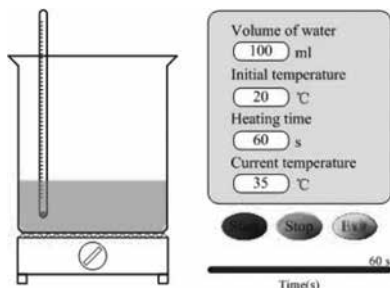


Рис.1.3. Завершение моделирования нагревания

еся могут установить объем, начальную температуру и время нагревания воды в стакане, а затем нажать кнопку «Пуск», чтобы нагреть воду в стакане. Во время нагревания, когда индикатор времени под стаканом постепенно перемещается вправо, отмечается постепенное увеличение температуры. После завершения нагревания индикаторы показывают время нагревания воды и конечную температуру. Экспериментатор может в соответствии с программой моделирования нагревания, установленной справа, менять условия нагревания. Как показано на рисунке 1.3, после нагревания 100 мл воды при начальной температуре 20 °С в течение одной минуты температура воды становится 35 °С. Учащиеся могут изменить параметры процесса нагревания, такие как начальная температура воды, объем и время нагревания, в любое время в течение эксперимента. Из программы можно выйти во время работы, для этого просто нужно нажать кнопку выхода в правом нижнем углу, и программа закрывается.

2.3.2. Программа визуального нагревания

Программа визуального нагревания очень похожа на программу имитации нагревания, за исключением того, что в данной программе черные точки используются для представления внутренней энергии, а плотность точек используется для характеристики температуры. Равномерно распределенные разреженные точки в воде стакана в исходном состоянии моделируют энергию молекул воды (внутреннюю энергию воды) и её температуру. В процессе нагревания количество мелких черных точек в воде постепенно увеличивается. В конце нагревания количество черных точек в стакане и их плотность достигнут максимума, что указывает на повышение температуры воды в результате нагревания. На этих трех рисунках, на рисунке 2.1, 2.2, 2.3 показан процесс нагревания 150 мл воды при начальной температуре

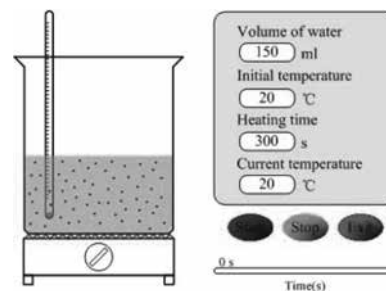


Рис. 2.1. Запуск программы визуального нагревания

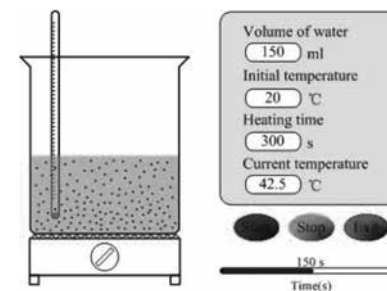


Рис. 2.2. Процесс визуального нагревания

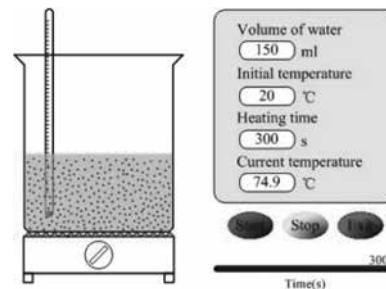


Рис. 2.3. Завершение визуального нагревания

20 °С в течение 5 минут в программе визуального нагревания. Можно увидеть, что плотность черных точек в стакане перед нагреванием относительно мала, потому что ее температура составляет всего 20 °С, после пяти минут нагревания температура воды становится 74,9 °С, соответственно плотность точек значительно больше, чем перед нагреванием.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследовании принимали участие 77 учащихся 10-х классов средней общеобразовательной школы Китая. Из них 40 человек составили экспериментальную группу, 37 человек — контрольную. Уроки во всех классах проводил один и тот же учитель физики. Учащиеся экспериментальной и контрольной групп использовали программу имитационного моделирования нагревания, а затем те же эксперименты были выполнены только учащимися экспериментальной группы с использованием программы визуального моделирования нагревания.

Количественный анализ результатов обучения осуществлялся на трёх этапах. Первый этап — измерение уровня знаний учащихся перед проведением эксперимента. Второй этап — анализ деятельности учащихся экспериментальной и контрольной групп во время эксперимента с использованием рабочего листа экспериментальной активности. Третий этап — сравнение показателей работы двух групп учащихся после эксперимента.

3.1. Сравнение уровня знаний учащихся перед экспериментом

Перед проведением эксперимента учащимся предлагались тесты для оценки знания ими понятий, связанных с внутренней энергией и температурой и для формирования экспериментальной и контрольной групп. Всего перед экспериментом учащимся предлагалось десять вопросов об измерении, о внутренней энергии и температу-

ре. Среди них шесть вопросов касались внутренней энергии и теплопроводности, а остальные четыре касались теплообмена и изменения температуры. Ответы учащихся на эти десять вопросов кодируются отдельно, разные коды дают разные оценки, и, наконец, приводятся общие оценки, которые являются общей оценкой десяти лучших вопросов. Общая оценка делится на две подтемы: «Тепловой баланс и теплопроводность» и «Теплообмен и изменение температуры». В таблице 1 приведены средние значения оценок учащихся по этим темам перед экспериментом. Как показывают результаты, экспериментальная и контрольная группы были очень близки по этим трем показателям и не демонстрировали значительных различий. Значения независимого выборочного t-критерия таковы: «общая оценка»: $t(75) = 0,16$, $p > 0,05$; «Тепловой баланс и теплопроводность» составляет: $t(75) = -1,21$, $p > 0,05$; «Теплообмен и изменение температуры»: $t(75) = 1,47$, $p > 0,05$. Близость значений оценок, полученных учащимися перед экспериментом, указывает на то, что знания учащимися контрольной и экспериментальной групп понятий внутренней энергии и температуры в целом одинаковы.

Таблица 1

Сравнение средних баллов двух групп студентов перед экспериментом

Тема	Максимальный балл	Экспериментальная группа		Контрольная группа	
		Средний балл	Стандартное отклонение	Средний балл	Стандартное отклонение
Общий балл	30	18.78	2.98	18.68	2.92
Тепловой баланс и теплопроводность	18	11.54	1.85	12.03	1.66
Теплообмен и изменение температуры	12	7.24	1.88	6.65	1.66

3.2. Деятельность во время эксперимента

В ходе исследования изучалась деятельность учащихся экспериментальной и контрольной групп в процессе выполнения экспериментальных заданий. Контрольная группа выполняла эксперимент только с программой, моделирующей нагревание. Учащиеся экспериментальной группы выполнили эксперимент с использованием программы, моделирующей нагревание, а затем с программой визуального моделирования нагревания. Содержание двух экспериментов было одинаковым. В рабочих листах есть несколько общих вопросов, касающихся этих экспериментальных действий. Целью их оценки было выявление различий в изменении знания учащимися двух групп понятий: внутренней энергии и температуры.

3.2.1. Эксперимент по моделированию нагревания

Эксперимент по моделированию нагревания выполнялся с использованием программы, которая позволяет учащимся установить объем нагреваемой воды, начальную температуру и время нагревания. В экспериментах по моделированию нагревания учащиеся должны были нагревать воду одной и той же массы (объёма) в течение разных промежутков времени или нагревать воду разной массы (объёма) в течение одного и того же промежутка времени. После завершения сбора данных учащиеся заполняют соответствующий отчет в рабочем листе. При написании отчета учащиеся используют предложенный в рабочем листе текст с пропусками, которые они должны заполнить. Например: «В этом эксперименте энергия переходит от..., к ... (как происходит теплопередача) ... Количество теплоты определяется ...». Такая форма отчёта позволяет оказать учащимся некоторую помощь. Ответы учащихся кодировались с учётом различных описаний анализа процесса теплопередачи. В таблице 2 представлены закодированные фрагменты отчетов учащихся. Поскольку на этом этапе условия работы двух групп учащихся в основном одинаковы, предполагается, что уровень их знаний не должен различаться.

Таблица 2

Записи учащихся с анализом процесса теплопередачи для воды равной массы (объема), нагреваемой в течение разных промежутков времени

Содержание записи	Экспериментальная группа (%)	Контрольная группа (%)
Количество теплоты определяется временем нагревания, а переданное количество теплоты вызывает повышение температуры	47,1	38,9
Количество теплоты определяется временем нагревания, чем дольше время, тем больше повышение температуры, причина повышения температуры не определена	11,8	16,7
Чем дольше время нагревания, тем больше повышение температуры	11,8	11,1
Не содержит ни одного из вышеперечисленных сведений или включает в себя другую ошибочную, непонятную информацию	29,4	33,3

Сравнение результатов анализа учащимися процесса теплопередачи при нагревании воды одной и той же массы (объёма) в течение одинакового промежутка времени с использованием критерия хи-квадрат (Chi-square test) показало, что существенные различия в результатах выполнения эксперимента двумя группами учащихся отсутствуют $\chi^2(3) = 0,33, p > 0,05$.

Сравнивались также результаты анализа учащимися характера теплообмена, при нагревании воды разной массы (объёма) в течение одного и того же промежутка времени. Были получены аналогичные результаты, $\chi^2(2) = 0,31, p > 0,05$ (таблица 3).

Анализируя текст отчета об эксперименте, представленного двумя группами учащихся, можно отметить отсутствие существенной разницы в степени детализации анализа эксперимента по

Таблица 3

Сравнение записей с анализом процесса теплопередачи для воды разного объема, нагреваемой в течение одного и того же промежутка времени

Содержание записи	Экспериментальная группа (%) N=17	Контрольная группа (%) N=18
Если время нагревания одинаковое, температуроводы меньшей массы или меньшего объема увеличивается больше	35,3	38,9
Упомянется взаимосвязь между объемом, и массой и изменением температуры, но описательная часть не ясна	47,1	50,0
Нет никакого упоминания о взаимосвязисвязи объема или массы и изменении температуры	17,6	11,1

моделированию нагревания воды. Как видно из анализа содержания таблиц 2 и 3, на этом этапе эксперимента не было существенной разницы в деятельности обеих групп, поскольку на данный момент экспериментальная группа не выполняла никакой деятельности, связанной с визуализацией эксперимента.

3.2.2 Визуализация моделируемого нагревания воды

- Учащиеся экспериментальной группы при проведении эксперимента использовали программу визуального нагревания воды. После выполнения эксперимента они заполняли рабочие листы, содержащие два вопроса. Пример одного из них следующий: «Почему при нагревании в течение одной минуты вода меньшей массы будет иметь более высокую температуру, чем вода большей массы?» Ответы учащихся получают соответствующий код. Так, ответ: «Время нагревания одинаково, полученное количество те-

плоты тоже одинаково. Чем больше масса воды (объём), тем меньшее количество теплоты приходится на единицу массы (объёма), чем меньше масса (объём), тем большее количество теплоты приходится на единицу массы (объёма). Поэтому небольшая масса (объём) воды будет иметь более высокую температуру, чем вода большей массы (объёма)».

Правильный и достаточно полный получает код 1. Кодирование этого вопроса ориентировано на язык, используемый учащимися. Язык типа плотности кодируется как 1. В нём по сути используется модель плотности (количество теплоты, приходящееся на единицу массы (объёма) вещества).

Другие объяснения не являлись столь грамотными, многие учащиеся просто подтверждали вопросы или фокусировались на скорости нагревания:

- В случае такого же нагревания воды небольшой массы (объёма) требуется меньшее количество теплоты, поэтому она более горячая, чем вода большей массы (объём). (код 2)
- Из-за небольшой массы (объёма) вода быстро нагревается (код 3).
- Воды небольшой массы (объёма) меньше, воды большой массы (объёма) больше. Поэтому меньшее количество воды горячее, чем большее количество воды (код 4).

Анализ кода ответа и статистики двух групп учащихся приведен в таблице 4.

Данные, приведённые в таблице 4, подтверждают предположение о том, что визуальная модель плотности точек, позволяющая установить аналогию с количеством теплоты, приходящейся на единицу массы (объёма) воды, способствует лучшему пониманию учащимися экспериментальной группы процесса теплопередачи и понятия количества теплоты, чем учащимися контрольной группы. Это подтверждается значением критерия хи-квадрат, которое свидетельствует о том, что между знаниями учащихся контрольной группы и экс-

Таблица 4

Кодирование и статистический анализ результатов выполнения заданий к визуальной работе

Содержание записи	Экспериментальная группа (%) N=17	Контрольная группа (%) N=18
Чем больше масса воды, тем меньшее количество количество теплоты приходится на единицу массы вещества	41.2	5.6
Вода большей массы требует большее количество теплоты	17.6	11.1
Вода меньшей массы нагревается быстрее	23.5	16.7
Вода меньшей массы нагревается сильнее, потому что её меньше	11.8	50.0
Отс Отсутствие ответа или неопределенные ответы	5.9	16.7

периментальной группы была значительная разница, $X^2(4) = 10,28$, $0,01 < p < 0,05$. Результаты приводят к выводу, что визуализация способствует более глубокому пониманию учащимися экспериментальной группы сущности процесса нагревания вещества.

3.3 Сравнение знаний учащихся после эксперимента

В конце эксперимента учащиеся обеих групп участвовали в том же тестировании, что и перед экспериментом. Тестирование после эксперимента проводилось через месяц после окончания эксперимента, чтобы снять влияние запоминания правильного ответа на вопросы теста, проведенного до начала эксперимента. В течение месяца после окончания эксперимента учитель не обсуждал с учащимися никаких вопросов термодинамики.

3.3.1 Сравнение результатов тестирования после эксперимента

Целью использования одного и того содержания тестов перед экспериментом и после него является выявление принципиальных изменений знаний учащихся в результате проведенного обучения. Сравнивались баллы, полученные учащимися до и после эксперимента, определялась их разница. Таблица 5 показывает общее увеличение значений показателей подготовки учащихся в результате проведенного эксперимента. Парный критерий Стьюдента показал, что балл, полученный после выполнения эксперимента, был значительно выше, чем балл, полученный до выполнения эксперимента, и общий балл был: $t(76) = 6,54$, $p < 0,001$; «Тепловой баланс и теплопроводность»: $t(76) = 6,07$, $p < 0,001$; «Теплообмен и изменение температуры»: $t(76) = 4,57$, $p < 0,001$. Очевидно, что модельные эксперименты эффективны для усвоения учащимися физических понятий. В таблицах 6 и 7 показаны результаты тестирования учащихся контрольной и экспериментальной групп после эксперимента и сравнительные результаты тестирования до и после эксперимента.

Таблица 5

Сравнение общих результатов тестирования после выполнения эксперимента и перед его выполнением

Тема	Максимальный балл	До эксперимента		После эксперимента	
		Средний балл	Стандартное отклонение	Средний балл	Стандартное отклонение
Общий балл	30	18.73	2.93	21.60	3.85
Тепловой баланс и теплопроводность	18	11.79	1.76	13.38	2.16
Теплообмен и изменение температуры	12	6,94	1,78	8.22	2.20

Таблица 6

Сравнение средних баллов в измерениях после эксперимента учащихся двух групп

Тема	Максимальный балл	До эксперимента		После эксперимента	
		Средний балл	Стандартное отклонение	Средний балл	Стандартное отклонение
Общий балл	30	21.60	3.85	21.60	3.85
Тепловой баланс и теплопроводность	18	13.38	2.16	13.40	1.92
Теплообмен и изменение температуры	12	8.22	2.20	8.13	2.21

Таблица 7

Сравнение баллов учащихся двух групп, полученных при тестировании перед и после эксперимента

Тема	Максимальный балл	До эксперимента		После эксперимента	
		Средний балл	Стандартное отклонение	Средний балл	Стандартное отклонение
Общий балл	20	2.89	4.68	2.85	2.94
Тепловой баланс и теплопроводность	12	1.81	2.72	1.38	1.82
Теплообмен и изменение температуры	12	1.08	2.71	1.47	2.04

Тестирование учащихся после эксперимента не показало существенного различия между учащимися экспериментальной и контрольной групп. «Общий балл»: $t(75) = 0,17, p > 0,05$; «Тепловой баланс и теплопроводность»: $t(75) = -0,01, p > 0,05$. «Теплообмен и изменение температуры»: $t(75) = 0,39, p > 0,05$. Таким образом, между двумя группами нет существенной разницы в баллах. «Общий балл»: $t(75) = 0,05, p > 0,05$; «Тепловой баланс и теплопроводность»: $t(75) = 0,83, p > 0,05$; «Теплообмен и изменение температуры»: $t(75) = 0,72, p > 0,05$. Таким образом, результаты, представленные в таблицах 6 и 7, показывают, что через месяц после завершения эксперимента отсутствует различие между знаниями учащихся экспериментальной и контрольной групп.

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ работы учащихся двух групп на протяжении всего педагогического эксперимента показал, что экспериментальная группа работала лучше, чем контрольная группа только во время визуального моделирования.

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

- Измерения в начале эксперимента не обнаружили различия в подготовке учащихся контрольной и экспериментальной групп к изучению термодинамики.
- При анализе показанных учащимися контрольной и экспериментальной групп результатов эксперимента по имитационному моделированию нагревания воды существенные различия отсутствуют.
- После эксперимента с использованием программы визуального нагревания учащиеся экспериментальной группы демонстрировали значительно более глубокое понимание сущности процесса нагревания и связи температуры с энергией теплового движения молекул.

Существенные различия между учащимися двух групп в основном отражаются в рабочих листах визуального нагревания. Визуализация, используемая в эксперименте, помогает учащимся экспериментальной группы более глубоко объяснить происходящие процессы по сравнению с учащимися контрольной группы. ■

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Atkinson R.* Компьютеризированное обучение и учебный процесс / R. Atkinson // Американский психолог. — 1968. — 23. — С. 225-239.
Atkinson R. Computerized instruction and the learning process / R. Atkinson // American psychologist. — 1968. — 23. — С. 225-239.
2. *Suppes P.* Компьютерное обучение / P. Suppes, M. Morningstar // Наука. — 1968. — 166. — С. 343-350.
Suppes P. Computer-assisted instruction. / P. Suppes, M. Morningstar // Science. — 1968. — 166. — С. 343-350.
3. *Murati R.* Использование технологий в образовательном обучении / R. Murati, A. Ceka // Журнал образования и практики. — 2017. — 8. — 6. — С. 197-199.
Murati R. The Use of Technology in Educational Teaching. / R. Murati, A. Ceka // Journal of Education and Practice. — 2017. — 8. — 6. — С. 197-199.
4. *Damnik G.* Проектирование конструктивной учебной деятельности с интерактивными элементами: влияние сдвига перспективы и качества исходного материала / G. Damnik, A. Proske, H. Körndle // Интерактивная среда обучения. — 2017. — 25. — 5. — С. 634-649.
Damnik G. Designing a Constructive Learning Activity with Interactive Elements: The Effects of Perspective-Shifting and the Quality of Source Material. / G. Damnik, A. Proske, H. Körndle // Interactive Learning Environments, — 2017. — 25. — 5. — С. 634-649.
5. *Bereiter C.* Превзойти себя: исследование природы и последствий экспертизы. / C. Bereiter, M. Scardamalia // — 1993. — Чикаго: Открытое судебное издание.
Bereiter C., Scardamalia M. Surpassing ourselves: An inquiry into the nature and implications of expertise. / C. Bereiter, M. Scardamalia // — 1993. Chicago and La Salle, IL: Open Court Publishing.
6. *Kafai Y. B.* Умы в игре: дизайн компьютерных игр как контекст для обучения детей. / Y. B. Kafai // — 1995. — Нью-Йорк: Университетская пресса Хиллсдейла.
Kafai Y. B. Minds in play: Computer game design as a context for children's learning. / Y. B. Kafai // — 1995. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
7. *Evagorou M.* Роль визуальных репрезентаций в научной практике: от концептуального понимания и генерации знаний до «видения» того, как работает наука / M. Evagorou, T. Mäntylä // Международный журнал STEM Education. — 2015. — v. 2. — Статья 11.
Evagorou M. The Role of Visual Representations in Scientific Practices: From Conceptual Understanding and Knowledge Generation to 'Seeing' How Science Works. / M. Evagorou, S. Erduran, T. Mäntylä // International Journal of STEM Education. — 2015. — v. 2. — Article 11.
8. *Posner G. J.* Размещение научной концепции: на пути к теории изменения концепции / G. J. Posner, K. A. Strike, R. W. Hewson, W. A. Gertzog // Научное образование. — 66. — 2. — С. 211-227.
Posner G. J. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conception change. / G. J. Posner, K. A. Strike, R. W. Hewson, W. A. Gertzog // Science education. — 66. — 2. — С. 211-227.
9. *Юань В.* Формирование и развитие концепции образовательной трансформации в западном научном образовании. / В. Юань // Сравнительное исследование образования. — 2004. — 3. — С. 33-38
袁维新. 西方科学教育中概念转变学习理论的形成与发展 / 袁维新 // — 比较教育研究. — 2004. — 03. — С. 33-38.
10. *Linn M. C.* Проектирование компьютерных учебных сред для инженерии и компьютерных наук: основа интеграции знаний. / M. C. Linn // Журнал науки образования и технологии. — 4. — 2. — С. 103-126.
Linn M. C. Designing computer learning environments for engineering and computer science: the scaffolded knowledge integration framework. /

- M. C. Linn // *Journal of science education and technology*. — 1995. — 4. — 2. — С. 103-126.
11. *diSessa A. A.* Какие изменения в концептуальном изменении? / A. A. diSessa // *Международный журнал науки образования*. — 20. — 10. — С. 1180-1202.
diSessa A. A. (1999). What changes in conceptual change?. / A. A. diSessa, B. L. Sherin // *International journal of science education*. — 20. — 10. — С. 1180-1202.
 12. *Clement J. J.* Альтернативная концепция студентов в механике: согласованные системы предвзятых мнений / J. J. Clement // *Труды заблуждений в науке и математике*. — 1993. Нью-Йорк: Корнелл Университет.
Clement J. J. (1993). Students' alternative conception in mechanics: a coherent systems of preconceptions. *Proceedings of the Misconceptions in science and Mathematics*. — 1993. N. Y: Cornell University.
 13. *Visch V. T.* Распределение движущихся объектов по жанрам фильмов: эффект от анимации, эмоциональный отклик и отклонение от неигрового. / V. T. Visch, E. S. Tan // *Познание*. — 110. — 2. — С. 265-272.
Visch V. T. Categorizing Moving Objects into Film Genres: The Effect of Animacy Attribution, Emotional Response, and the Deviation from Non-Fiction. / V. T. Visch, E. S. Tan // *Cognition*. — 2009. — 110. — 2. — С. 265-272.
 14. *Scaife M.* Внешнее познание: как работают графические изображения? / M. Scaife, Y. Rogers // *Международный журнал человеко-компьютерных исследований*. — 45. — С. 185-213.
Scaife M. External cognition: How do graphical representations work? / M. Scaife, Y. Rogers // *International journal of human-computer studies*. — 1996. — 45. — С. 185-213.
 15. *Snir J.* Концептуально улучшенное моделирование: компьютерный инструмент для преподавания естественных наук. / J. Snir, C. Smith, L. Grosslight // *Научно-технический журнал*. — 2. — 2. — С. 373-388.
Snir J. Conceptually enhanced simulations: A computer tool for science teaching. / J. Snir, C. Smith, L. Grosslight // *Journal of science and technology*. — 1993. — 2. — 2. — С. 373-388.
 16. *Hakan S.* Определение концептуального понимания студентами уровня термодинамики. / S. Hakan, A. Selahattin, C. Arif, C. Gokhan, U. Musa // *Журнал образования и обучения исследований*. — 2016. — 4. — 6. — С. 69-79.
Hakan S. Determining Students' Conceptual Understanding Level of Thermodynamics. / S. Hakan, A. Selahattin, C. Arif, C. Gokhan, U. Musa // *Journal of Education and Training Studies*. — 2016. — 4. — 6. — С. 69-79.
 17. *Lewis E.* Влияние компьютерного моделирования на понимание вводной термодинамики. / E. L. Lewis, J. Stern, M. C. Linn // *Образовательные технологии*. — 1993. — 33. — 1. — С. 45-58.
Lewis E. L. The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. / E. L. Lewis, J. Stern, M. C. Linn // *Educational technology*. — 1993. — 33. — 1. — С. 45-58.
 18. *Gurcay D.* Определение факторов, связанных с пониманием студентами концепций тепла, температуры и внутренней энергии. / D. Gurcay, E. Gulbas // *Журнал образования и обучения исследований*. — 2018. — 6. — 2. — С. 65-72.
Gurcay D. Determination of Factors Related to Students' Understandings of Heat, Temperature and Internal Energy Concepts. / D. Gurcay, E. Gulbas // *Journal of Education and Training Studies*. — 2018. — 6. — 2. — С. 65-72.