

делает процесс обучения более интересным, наглядным и практико-ориентированным, позволяющим активно связывать алгоритмирование с другими изучаемыми дисциплинами.

**Горбунов В.Е., студент 3 курса факультета информационных технологий,
Романенко В.В., канд. физ.-мат. наук, доцент, преподаватель**
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

УЧЕБНЫЕ СИМУЛЯТОРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ НА ПРИМЕРЕ АДИАБАТИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ ГАЗА

Аннотация. В настоящей статье представлены симуляторы для проведения лабораторных работ по физике, в соответствии с программой обучения бакалавриата курса «Программной инженерии» Алтайского государственного университета им. И.И. Ползунова. Симуляторы моделируют основные законы динамики поступательного и вращательного движений, явления, связанные с энтропией, и адиабатический процесс. Модели доступны по ссылкам в сети интернет. По ним проходит ознакомление и обучение студентов различных курсов в периоды изучения соответствующих моделям тем. Статья может быть полезна тем, кто заинтересован в возможностях организации и использования более продвинутой системы дистанционного образования, а также создания подобных моделей в других областях наук. Статья избегает вывода физических формул, которые используются в программах, а сам исходный код программ открыт и доступен в рамках лицензии.

Ключевые слова: симулятор, физика, физические законы, методика обучения, информационные технологии, адиабатическое расширение.

**V.E. Gorbunov,
V.V. Romanenko**

TRAINING SIMULATORS OF PHYSICAL LAWS FOR ORGANIZING TRAINING AT THE UNIVERSITY USING THE EXAMPLE OF ADIABATIC EXPANSION OF GAS

Abstract. This article presents simulators for conducting laboratory work in physics, in accordance with the undergraduate curriculum of the "Software Engineering" program at Altai State University named after I.I. Polzunov. The simulators model the fundamental laws of translational and rotational dynamics, phenomena related to entropy and the adiabatic process. The models are available via links on the internet. Students of various courses use them for familiarization and learning during the periods of studying topics corresponding to the models. This article may be useful for those interested in the possibilities of organizing and using a more advanced distance education system, as well as creating similar models in other areas of science. The article avoids stating the physical formulas used in the programs, and the source code of the programs itself is open and available under a license.

Keywords: simulator, physics, physical laws, teaching methodology, information technologies, adiabatic expansion.

Физические симуляторы – программы, которые созданы, чтобы по заданным формулам и алгоритмам моделировать поведение и взаимодействие объектов в системах. Программы симулирования физических законов используют в различных областях, например, в игровых движках (от англ. Game engine), в ракетостроении при подсчете баллистических свойств ракет, также существуют программы, рассчитывающие прочность креплений, конструкций, зоны особых напряжений и т.д. В данной статье авторы

рассуждают о возможности и результате создания простейших программ с целью их использования в образовательном процессе в учреждениях высшего образования. В симуляторах исключено влияние слабо влияющих на результат факторов, как например, сопротивление воздуха, люфт в подвесном блоке, и другое. Таким образом, исключена большая часть внешних факторов. Однако это позволяет выделить тот или иной закон, процесс или явление отдельно для детального изучения и даже задавать точность вычислений и влиять на погрешность. Функционал программ ограничен рамками предполагаемого поведения системы. Изучение эксперимента абсолютно справедливо и для реальной установки с поправкой на разницу погрешности между реальной установкой и заданной в программе. Это утверждает актуальность использования результатов вычислений в обучении и частично помогает в решении проблем качества дистанционного вида обучения, а также показывает возможную деятельность в этом направлении.

Использование информационных технологий с целью улучшения методов обучения студентов – широко распространённая и хорошо зарекомендовавшая себя практика. Вид дистанционного образования развивает в личности множество положительных качеств: целеполагание, самодисциплина, самостоятельность, также это увеличивает тягу к обучению, делает процесс осознанным [1]. Многие современные университеты используют собственные web платформы, в которых преподаватели проводят тестирования, выставляют задание для самоподготовки, дублируют лекции и т.д. Проблемы качества образовательного процесса и его доступности являются одними из самых актуальных в современном мире.

Ранее авторами статьи были разработаны три симулятора для изучения законов из разных разделов физики – законы динамики поступательного и вращательного движений [2, 3] и термодинамики [4]. Данные симуляторы успешно зарекомендовали себя и применяются в процессе образования. По общим отзывам и мнениям у студентов не вызывает затруднений работа с программой. Они легче воспринимают темы, больше интересуются работой. Каждый симулятор является виртуальной альтернативой реальному эксперименту. Симулятор – не только установка для проведения опыта, но и целый набор инструментов для проведения эксперимента. Несмотря на то, что симулирование происходит в рамках предполагаемого поведения, оно показывает все этапы опыта, т.е. проведение опыта не ограничивается получением результата. Моделируется полноценное функционирование лабораторной установки. При изучении законов движения можно наблюдать движение подвижного(ых) груза(ов), вращение подвижного блока. В работе по теме термодинамики приведен безразмерный график роста температуры тела, позволяющий точно понимать, как происходит процесс нагревания/охлаждения. Именно детали делают процесс интереснее для изучения, так, получая только результат (таблицы, цифры), добиться заинтересованности у обучаемых невозможно. Поэтому при планировании симулятора больше внимания уделялось проработке промежуточных этапов для получения результата, при этом выводы, построение графиков и таблиц ложатся на обучаемого. Детально проработаны интерфейс взаимодействия с установкой и контроля ее состояния, параметров работы.

В дополнение к трем разработанным и применяемым симуляторам была создана модель лабораторной по теме «Адиабатический процесс» из раздела «Молекулярная физика». Рассмотрим эту модель.

Симуляторы, разработанные ранее, работают в сети интернет, имеют единый стиль интерфейса, инструкции к выполнению. В инструкциях прописано, как взаимодействовать с интерфейсом программы, последовательность шагов для успешного выполнения лабораторной работы, а также ссылки на учебное пособие по выполнению лабораторной, разработанное специально для студентов АлтГТУ им И.И. Ползунова [5]. Общий принцип управления симуляторами заключается во введении данных в специальные поля или нажатиями по кнопкам. Интерфейсы для взаимодействия с моделями (рис. 1).

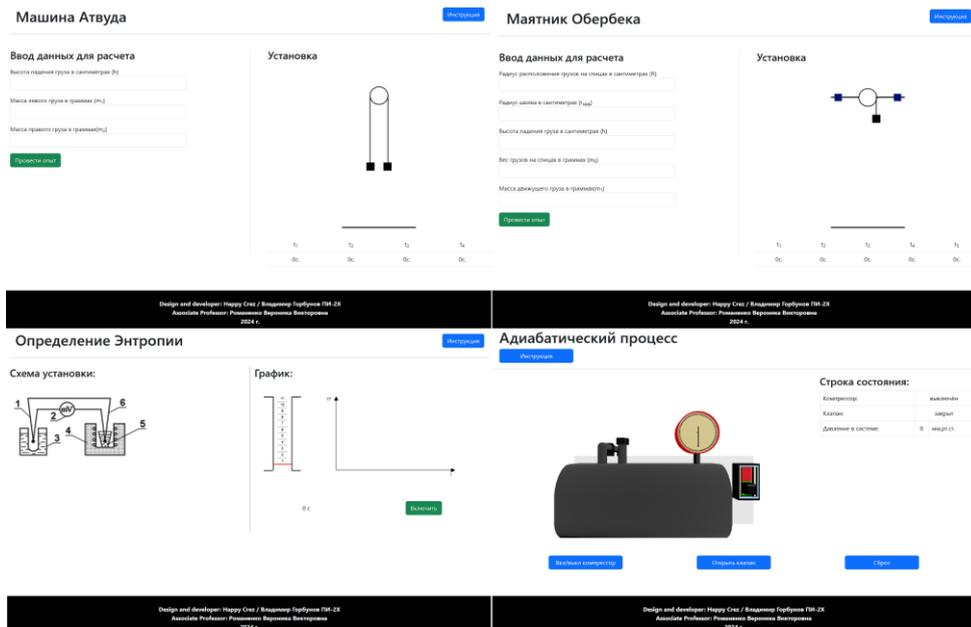


Рисунок 1. Интерфейсы физических симуляторов

Первые три симулятора подробно описаны в соответствующих статьях (см. выше).

Рассмотрим новую модель по теме «Адиабатический процесс», её физическую и математическую составляющие.

Теоретическая основа исследования. Целью лабораторной работы является определение коэффициента Пуассона методом Клемана и Дезорма, в основе которого лежит адиабатический процесс. Адиабатический процесс – термодинамический процесс, при котором система не обменивается теплом с окружающим пространством. При том всякое быстрое изменение объема газа можно рассматривать как адиабатический процесс: чем быстрее изменение происходит, тем ближе процесс к адиабатическому (Отметим, что вывод уравнений не является целью данной статьи).

Описание эксперимента. Эксперимент выполняется путём создания в емкости избыточного давления определенной величины, что соответствует начальному положению на диаграмме – точка 1 (рис. 2) с параметрами $P_1 V_1 T_1$. Далее открывается клапан на короткий промежуток времени, пока давление внутри системы не сравняется с давлением окружающей среды - это соответствует точке 2 на диаграмме (рис. 2) с параметрами $P_2 V_2 T_2$. Таким образом, внутри емкости давление резко понижается, а скорость этого процесса очень высокая, и газ «не успевает» обмениваться теплом с окружающей средой. Однако работа газа выполняется за счет уменьшения внутренней энергии, поэтому температура снижается вместе с давлением, и на диаграмме кривая перехода из одного состояния в другое значительно «круче», чем при изотермическом процессе (процесс, проходящий при постоянстве температуры). Дуга между точками 1 и 2 является *адиабатой*. Через некоторое время воздух в закрытом сосуде начинает медленно нагреваться до температуры окружающей среды. Поэтому наблюдается небольшой рост давления, пропорциональный избыточному давлению в емкости (P_1), на диаграмме это положение 3 $P_3 T_3 V_3$ (рис. 2).

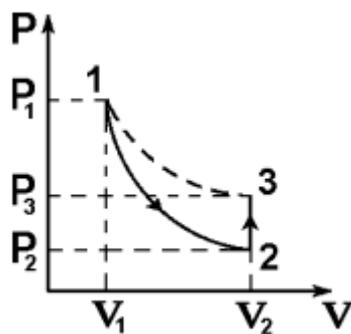


Рисунок 2. Диаграмма процессов

Пользовательский интерфейс. Внешний вид установки представлен в виде 3D объекта, который можно поворачивать, приближать и отдалять. Объект состоит из ёмкости, компрессора, манометра, подставки, разделяющей ёмкость и компрессор. Рядом с объектом расположены другие элементы контроля и управления установкой. Для более точного контролирования состояния системы выводится таблица с тремя строками параметров, которые соответствуют внешнему виду установки: состояние компрессора (включен или выключен), состояние клапана (открыт или закрыт) и текущее давление в системе (в мм. рт. ст.). Для управления моделью предусмотрены три кнопки «Вкл/выкл компрессор», «Открыть клапан» и «Сброс». Таким образом, пользователь может включить компрессор на установке и создать избыточное давление, контролируя его величину через манометр или строку таблицы состояния. Открыть клапан для последующего сброса давления (клапан будет автоматически закрыт после достижения установкой давления окружающей среды). И сбросить результаты предыдущего эксперимента, открыв клапан и сравнив не только давление, но и температуру с окружающей средой.

Математическая модель. Основные компоненты программы – переменные, константы и уравнения, связывающие происходящие процессы с реальными физическими. Константами задаются параметры окружающей среды и установки – давление и температура, задаются границы максимального и минимального возможных давлений ёмкости установки. Переменные хранят изменяющиеся параметры системы. С точки зрения программной модели основой является формула, позволяющая вычислить положение 3 (рис. 2), а именно значение основного параметра, который отображается в режиме реального времени на манометре, – давление. В общем случае программа вычисляет лишь промежуточные значения давления для каждого последующего состояния диаграммы (рис. 2), а затем с определенной скоростью, которая зависит от мощности компрессора (накачивать давление) и пропускной способности клапана (сбрасывать давление), доводит его до вычисленного значения.

Особенности и дополнения симулятора. Симулятор интересен тем, что имеет детальное графическое трёхмерное изображение рабочей установки: компрессор с решёткой и вентилятором, манометр со значениями и стрелкой, ёмкость, соединительные трубки, переключатель включения и выключения компрессора. Процесс функционирования модели анимирован на каждое действие пользователя, а результат всегда дублируется в таблице состояний. При включении компрессора переключатель на кнопке включения (3D объект) перемещается в положение «включен», лопасти вентилятора компрессора вращаются, стрелка манометра указывает на избыточное давление внутри системы, клапан меняет положение: когда он открыт, он парит над горлышком ёмкости, когда закрыт, – закрывает горлышко ёмкости. Работа компрессора и/или спуска давления сопровождается звуковыми эффектами, записанными с работы реального компрессора.

Средства реализации. Программа является web-приложением. Интерфейс программы размечен с помощью «HTML» (HyperText Markup Language – язык гипертекстовой разметки) и стилизован с помощью «CSS» (Cascading Style Sheets – каскадные таблицы стилей).

Исходный код программы написан на языке программирования «JavaScript». Код программы использует распространяемые под открытой лицензией библиотеки: «Three.js» позволяет работать с 3D объектами, «Bootstrap» хранит множество шаблонов для быстрого создания простого и привлекательного дизайна. Библиотеки готовых шаблонов позволяют создавать симулятор, концентрируясь на предметной составляющей, на высоком уровне абстракции. 3D объекты созданы в программе «Blender». Программный код написан в среде разработки «Visual Studio Code».

Таким образом, отметим, что учебные модели следует создавать и развивать. Они заложат базу для дальнейшего развития в дистанционном обучении, например, возможность организовать доступ ко всем моделям на единой платформе. Следует развивать и создавать новые симуляторы для обучения в различных сферах, так как это применимо не только к физике, но и может быть использовано в профильных дисциплинах. Симуляторы не могут полностью заменить традиционное обучение, но могут быть применимы в качестве дополнительного источника знаний. Модели, представленные в статье, при последующем развитии и улучшении будут объединены и смогут представлять полноценную базу знаний для студентов в изучении курса физики. Также данный формат изучения материала может рассматриваться для самостоятельной подготовки к занятиям в очной форме. Также такой подход применим в условиях особых обстоятельств, например, неблагоприятной санитарно-эпидемиологической обстановки, как во время распространения эпидемии COVID-19, болезни обучающегося, «выпадения занятий» из расписания из-за проведения государственных праздников и других причин. Данный вид взаимодействия студентов с дисциплиной даёт особый опыт в изучении предмета.

Особенно такая альтернатива будет интересна студентам, обучающимся на факультете информационных технологий (ФИТ), потому что она отражает связь между специальностью и изучаемой дисциплиной. Для студентов ФИТа это будет полезным навыком и в профессиональном направлении. Под должным кураторством со стороны преподавателя возможно комплексное применение знаний из разных дисциплин [6].

Библиографический список

1. Гупенко, А. Б. Плюсы и минусы дистанционного обучения / А. Б. Гупенко // Педагогическая наука и практика. – 2021. – №2 (32). – С. 112–115.
2. Горбунов, В. Е., Романенко, В. В. Использование современных технологий для исследования физических явлений / В. Е. Горбунов, В. В. Романенко // Материалы конференции «Наука и молодежь» : Том 1. Инженерно-технические науки, часть 1. – Барнаул, 2023. – С. 255–257. – URL: https://journal.altstu.ru/konf_2023/2023_1/121/ (дата обращения: 28.09.2024).
3. Горбунов, В. Е., Романенко, В. В. Цифровые технологии в процессе изучения физики в ВУЗе // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2024. – №16(24). – С. 438–441. – URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=50566> (дата обращения: 28.09.2024).
4. Горбунов, В. Е., Романенко, В. В. Использование интернет-технологий для исследования энтропии / В. Е. Горбунов, В. В. Романенко // Наукосфера. – 2023. – №11-2. – С. 219–223. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59886978> (дата обращения: 27.09.2024).
5. Андрухова, О. В., Гурова, Н. М., Жуковская, Т. М., Кирста, Ю.Б. [и др.] / О. В. Андрухова, Н. М. Гурова, Т. М. Жуковская, Ю. Б. Кирста [и др.] // Лабораторные работы по физике: учебное пособие. – Барнаул : АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2021. – 38 с.
6. Мухина, Ю. Р. Методика применения вычислительного эксперимента на практических занятиях по физике как одна из составляющих основной образовательной программы IT-специалистов / Ю. Р. Мухина // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2011. – № 38. – С. 90–95.