

(устной и письменной речи) на бытовом и специализированном уровнях владения. Задания, представленные в электронном ресурсе, способствуют выработке навыков понимания письменной речи, в то время как в процессе работы в аудитории студенты учатся понимать устную речь.

Результаты оценки всех видов деятельности каждого студента суммируются. Суммарный балл, или взвешенная оценка (ВО), отражает успешность освоения курса. ВО рассчитывается по формуле:

$$ВО = \frac{\sum B_i}{\sum MB_i} \cdot 100,$$

где  $B_i$  – число баллов, набранных студентом за оцениваемый показатель;  $MB_i$  – максимальное число баллов за этот показатель.

С целью дополнительного стимулирования посещения лекции, пропуск занятия наказывается уменьшением общего количества баллов, а активная работа студентов с электронным образовательным ресурсом поощряется начислением дополнительных баллов.

Использование БРС существенно повышает мотивацию обучающихся к выполнению заданий, прозрачность и объективность выставления итоговой оценки [3] и стимулирует к равномерному распределению самостоятельной работы в течение всего периода обучения [4].

Подводя первые итоги внедрения курса в процесс обучения, можно отметить в целом положительные результаты его использования. Использование платформ электронного обучения в сочетании с электронными учебно-методическими комплексами дисциплин позволяет иностранным студентам легче осваивать интенсивные курсы довузовской подготовки, а преподавателям – адаптировать свои методические разработки к конкретной категории слушателей, ориентируясь на их уровень знаний и способность осваивать учебные дисциплины на русском языке. Важно, что среда Blackboard позволяет выявить тех, кто действительно хочет продолжать обучение. Повышает уровень усвоения учебного материала и знания русского языка в целом, «заставляет» учиться не только в аудитории, но и дома.

### Литература

1. Тихомиров В. П., Тихомирова Н. В. Россия на пути к Smart обществу. – М.: НП «Центр развития современных образовательных технологий», 2012.
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 3 октября 2014 г. N 1304. – URL: <http://www.rg.ru/2014/12/03/trebovaniya-dok.html> (дата обращения: 17.01.2017).
3. Попов А. И., Пучков Н. П. Балльно-рейтинговая система в условиях реализации компетентного подхода в обучении // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2016. – №2 (60). – С. 122–130.
4. Назаров А. И., Сергеева О. В. Анализ эффективности использования дистанционных образовательных технологий в бакалавриате // Непрерывное образование: XXI век. – 2014. – №3. – С. 1-24. – URL: <http://i1121.petsu.ru/journal/atricle.php?id=2444> (дата обращения: 17.01.2017).

## МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ ПЕРЕХОДА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ОДНОГО РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ В ДРУГОЕ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

*О.Г. Ревинская, Н.С. Кравченко*

Томск, Россия, Национальный исследовательский Томский политехнический университет

При изучении термодинамики одним из фундаментальных понятий является состояние термодинамического равновесия, в котором предоставленная сама себе термодинамическая система может находиться бесконечно долго. Чтобы перевести термодинамическую систему из одного равновесного состояния в другое, необходимо либо соопыть системе некоторое количество теплоты, либо совершить над системой работу. В любом случае систему выводят из прежнего равновесного состояния в неравновес-

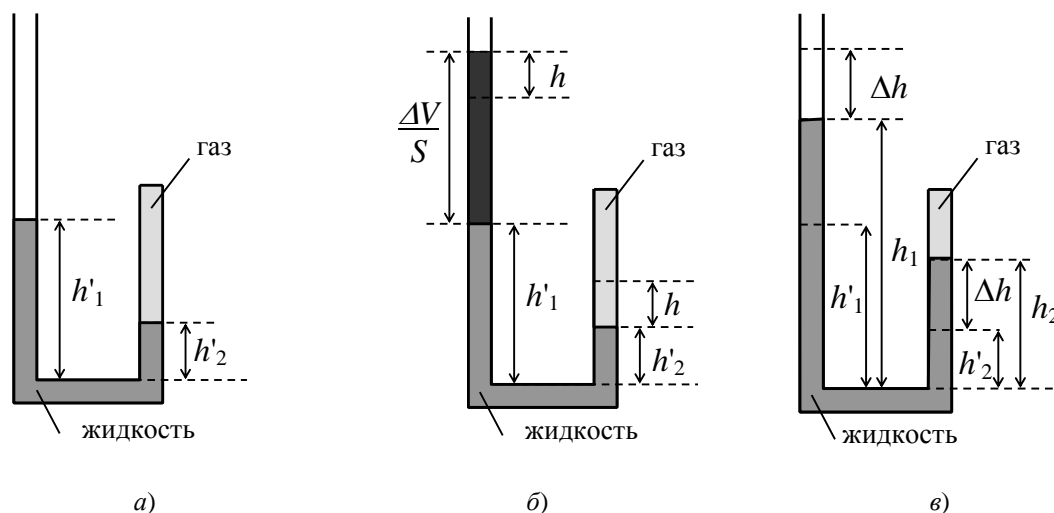
ное. После этого предоставленная сама себе она релаксирует в новое равновесное состояние. Однако традиционная методика преподавания термодинамики в курсе общей физики практически не рассматривает способы выведения термодинамической системы из состояния равновесия, ограничиваясь констатацией потенциальной возможности перехода из одного равновесного состояния в другое. При этом даже на примере классических опытов, благодаря которым были открыты законы идеального газа, можно изучать не только изопроцессы, но и физические законы, позволяющие осуществить переход из одного равновесного состояния в другое, использованные при постановке этих опытов.

Например, хорошо известно, что изотермическое сжатие газа в опыте Бойля-Мариотта осуществлялось без передачи ему теплоты. Следовательно, изменение состояния газа происходило только за счет работы внешних сил. Методика постановки этого опыта позволяет в рамках курса общей физики изучить силы, работа которых при постоянной температуре позволяет перевести газ из одного равновесного состояния в другое.

Предположим, что в U-образной трубке, один вертикальный конец которой запаян, находятся идеальный газ и идеальная, несжимаемая жидкость. Через открытый (не запаянный) вертикальный конец в трубку можно добавлять жидкость, сжимая газ, находящийся в верхней части запаянного конца трубки (рисунок). Газ находится в равновесном состоянии, когда жидкость в трубке не движется. Если трубка имеет постоянную площадь поперечного сечения  $S$ , то по уровням  $h'_1$  и  $h'_2$  жидкости в открытом и запаянном концах трубки (рисунок 1а) можно определить давление и объем газа. Чтобы вывести исследуемую систему из равновесия, в трубку можно добавить жидкость. Будем считать, что добавление всего объема  $\Delta V$  жидкости через открытый конец трубки происходит мгновенно, но без сообщения системе дополнительного импульса со стороны добавляемой жидкости. Эта ситуация легко реализуется, например, если в нижней части трубки установлен вентиль для блокировки движения жидкости, который перед добавлением жидкости закрывают, доливают жидкость, а затем открывают вентиль. После этого жидкость в трубке начнет двигаться. Если в начальном (равновесном) состоянии жидкость в трубке находилась на уровнях  $h'_1$  и  $h'_2$  (рисунок, а), после добавления жидкости – на уровнях  $(h'_1 + \Delta V/S)$  и  $h'_2$  (рисунок, б), то спустя некоторое время после начала движения жидкость будет находиться на уровнях  $H_1 = (h'_1 + \Delta V/S - h)$  и  $H_2 = (h'_2 + h)$ . Тогда модуль силы  $\vec{F}_{жс}$ , действующей на газ со стороны жидкости, равен  $|F_{жс}| = S(p_0 + \rho g(H_1 - H_2)) = S(p' + \rho g(\Delta V/S - 2h))$ , где  $\rho$  – плотность жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $p_0$  – атмосферное давление; а  $p' = S(p_0 + \rho g(h'_1 - h'_2))$  – давление газа в начальном (равновесном) состоянии. Работа силы  $\vec{F}_{жс}$  при сдавливании газа от  $h = 0$  до  $h = \Delta h$  (рисунок, в) вычисляется путем интегрирования по  $dh$  и равна  $A_{жс} = \int_0^{\Delta h} F_{жс} dh = (Sp' + \rho g(\Delta V - S\Delta h))\Delta h$ . Легко показать, что сила  $\vec{F}_{жс}$ , действующая на газ со стороны жидкости, является потенциальной и ее работа не зависит от траектории, по которой движется жидкость из неравновесного состояния в равновесное, а зависит только от разности  $\Delta h = h_2 - h'_2$  между уровнями, соответствующими этим состояниям.

Известно, что после добавления жидкости в трубку система жидкость–газ становится замкнутой, а ее центр инерции начинает совершать колебания под действием некоторой силы  $\vec{F}$ , которая имеет квазиупругий характер. Тогда эту силу можно выразить через отклонение  $x$  центра инерции этой системы от его положения равновесия (вектор отклонения  $\vec{x}$  направлен в сторону, противоположную силе  $\vec{F}$ ). Учитывая, что в начальный момент (когда долитая жидкость еще не начала двигаться) проекция этой силы  $F(0) = F_{жс}(0) - Sp' = S(p' + \rho g\Delta V/S) - Sp' = \rho g\Delta V = \Delta h \rho g(\Delta V/\Delta h)$  положительна, а отклонение  $x = -\Delta h$  отрицательно (направлено в сторону, противоположную силе), а в конечном состоянии равновесия (при  $x = 0$ ) сила обращается в ноль, то проекцию этой силы в произвольный момент времени можно записать в виде  $F = -x \rho g(\Delta V/\Delta h)$ . Однако если

выведенная из положения равновесия замкнутая система движется только под действием квазиупругой силы, то она будет совершать только гармонические незатухающие колебания и не сможет прийти в равновесие. Чтобы колебания системы со временем прекратились, в системе должны действовать не только квазиупругие, но и диссипативные силы. Так как начальная скорость движения системы жидкость–газ равна нулю, то работа диссипативных сил по модулю равна работе, совершаемой квазиупругой силой при переходе из неравновесного состояния в равновесное:  $A_{mp} = -A_{yn} = - \int_{-\Delta h}^0 F dx = -\rho g(\Delta V/\Delta h) \cdot (\Delta h)^2/2 = -\rho g \Delta V \cdot \Delta h/2$ . В опыте температура газа остается постоянной, поэтому можно считать, что теплообмен между жидкостью и газом пренебрежимо мал, а диссипативные силы действуют только на жидкость. Таким образом, в рассмотренной модели внешней по отношению к газу можно считать силу  $\vec{F}_{жс}$ , возникающую вследствие давления жидкости на газ, которая частично скомпенсирована силой трения. Тогда работа внешних сил, действующих на газ при переходе из одного равновесного состояния в другое в результате добавления в трубку жидкости объемом  $\Delta V$ , равна  $A = A_{жс} + A_{mp} = (Sp' + \rho g(\Delta V/2 - S\Delta h))\Delta h$ .



а) б) в)  
Изотермический переход идеального газа из одного равновесного состояния в другое без теплообмена

Рассмотренная модель позволяет не только качественно обсудить характер внешних сил, действующих на газ при изотермическом сжатии, но и получить формулу для расчета работы этих сил, для применения которой достаточно измерить уровни жидкости в сосуде для двух равновесных состояний. Используя результаты этих же измерений, легко рассчитать объем газа, соответствующий этим равновесным состояниям, а затем – работу газа при изотермическом процессе. Очевидно, что при изотермическом сжатии работа газа отрицательна, а работа внешних сил положительна. Сравнив ту и другую работу (по модулю), можно судить о корректности рассмотренной выше модели, использованной для описания перехода идеального газа из одного равновесного состояния в другое через неравновесное без изменения температуры газа. Кроме того, учитывая важную роль диссипативных сил в достижимости системой нового равновесного состояния, на основе проведенного анализа можно также отдельно оценить работу диссипативных сил в зависимости от объема добавляемой в трубку жидкости. Этот анализ позволяет обосновать вывод, что даже малое трение делает возможным переход термодинамической системы из неравновесного состояния в равновесное.

Описанная выше физическая модель была реализована нами в компьютерной лабораторной работе «Законы идеального газа», в которой студенты изучают не только изотермический, но и изохорный, изобарный, политропный процессы. Данная работа включена в Комплекс лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере Laboratory Simulation, разработкой которого авторы данного

доклада занимаются на кафедре экспериментальной физики Томского политехнического университета с 2002 г. Опробованные в компьютерной лабораторной работе «Законы идеального газа» модель и методику исследования можно использовать [1] для постановки натурной лабораторной работы по изучению изопроцессов в идеальном газе. Совместное использование в учебном процессе компьютерной и натурной работ в последствии создаст условия для практического освоения студентами методики перевода термодинамической системы из одного равновесного состояния в другое.

### Литература

1. Ревинская О.Г. Концепция развития лабораторного практикума по общей физике на основе дидактической модели научных экспериментальных исследований / О.Г. Ревинская, Н.С. Кравченко // Инновации в образовании. – 2014. – № 1. – С. 93-106.

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

*Н.В. Руденко, А.А. Лаврентьев*

Ростов-на-Дону, Россия, Донской государственный технический университет

**Постановка задачи.** В настоящее время отсутствует общепринятый алгоритм разработки электронного практикума для проведения практических или лабораторных занятий по физике и электротехнике. Эти дисциплины являются базовыми для формирования бакалавров в таких областях как радиотехника, автоматика, электроэнергетика, поэтому разработка указанного алгоритма является актуальной задачей. В данной статье обобщен опыт преподавателей ДГТУ при разработке указанного практикума.

**Материалы исследования.** Предлагается следующий алгоритм разработки электронного практикума по физике и электротехнике [1].

1. Учебный материал дисциплины разбивается на модули в соответствии с дидактическими единицами содержания дисциплины согласно ООП и РПД. В каждом модуле выбираются объекты исследования, формулируются темы, цели и задачи исследования с учетом необходимости формирования требуемых компетенций.

2. Выбирается программное обеспечение, разрабатывается и отлаживается виртуальная модель объекта, например, в системе *Mathcad* – в форме математической модели и программы её исследования; в системе *Multisim* – в форме схемотехнической модели.

3. Разрабатывается методика исследования виртуальной модели и форма представления результатов исследования (расчёта).

4. Разрабатываются методические рекомендации для преподавателей и студентов в электронном виде по организации и выполнению исследования (расчётов), а также контрольные вопросы или тесты для контроля усвоения учебного материала.

Рассмотрим применение алгоритма на примере разработки практического занятия на тему «Расчет цепи синусоидального тока символическим методом» по дисциплине «Теоретические основы электротехники» для бакалавров по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника». В качестве программного обеспечения целесообразно использовать систему компьютерной математики *Mathcad* и систему схемотехнического моделирования *Multisim*. Главное их достоинство – простота и наглядность использования для учебных целей [2]. На занятии студентам предлагается по вариантам выполнить расчет цепи, схема замещения которой представлена на рис. 1.

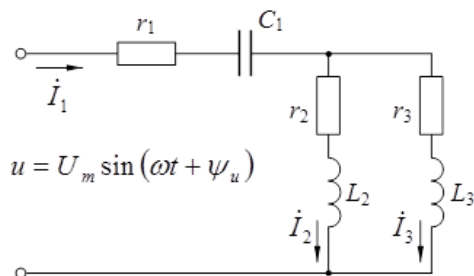


Рис. 1. Схема замещения цепи синусоидального тока

Необходимо определить токи в ветвях, активную, реактивную и полную мощности всей цепи, составить баланс мощностей, построить векторную диаграмму напряжений и токов, записать