

КОМПЛЕКС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В ЖИДКОСТЯХ

There is a short review on new laboratory equipment for physical training. This equipment for study of phase transitions in liquids was developed at the General Physics Department of the Belarusian State University.

Преподавание курса общей физики предполагает изложение физической теории в адекватной математической форме и сопровождается лекционным экспериментом. Важность наблюдательной составляющей процесса обучения обусловлена доминирующей ролью практического опыта в системе знаний. Именно поэтому разработка и создание новых лабораторных и демонстрационных установок является актуальной задачей.

В настоящее время ощущается недостаток лекционных демонстраций по курсу «Молекулярная физика», описания некоторых из имеющихся приведены в работах [1,2].

На кафедре общей физики БГУ созданы новые лабораторные и демонстрационные установки по отдельным разделам общей физики, в том числе и по разделу молекулярной физики. В данной статье приведены описания трех установок, используемых при изучении темы «Фазовые переходы в жидкостях».

Выполнение студентами работы «Фазовые переходы первого рода. Кипение жидкости» позволяет им наблюдать процесс кипения при различных температурах и устанавливать зависимость давления насыщенных паров жидкости от температуры, а по результатам измерений - вычислять значение удельной теплоты парообразования жидкости. Установка не имеет аналогов и защищена патентом [3].

Она состоит из трех блоков (рис. 1): устройства для получения вакуума (в состав которого входят циркуляционный водяной насос 1, водоструйный насос 2 и вакуумный кран 3), подогреваемой стеклянной кюветы 4, наполовину заполненной исследуемой жидкостью, и измерительно-регулирующего устройства 5. В целях наглядности отдельные блоки соединены прозрачным поливинилхлоридным шлангом 6, проложенным по поверхности.

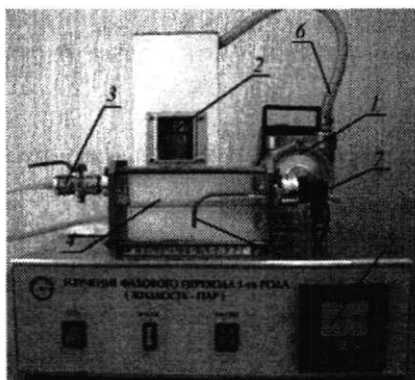


Рис. 1. Лабораторная установка для изучения фазовых переходов первого рода (жидкость – пар)

Кювета с кипящей жидкостью выдвинута вперед для удобства наблюдения процесса кипения.

Подогрев жидкости производится инфракрасным нагревателем бесконтактным методом, что повышает электро- и пожаробезопасность установки. Данные о температуре ($^{\circ}\text{C}$) и давлении в цифровом виде попеременно выводятся на табло измерителя-регулятора и в автоматическом режиме записываются в память компьютера.

* Авторы статьи - сотрудники кафедры общей физики.

Затем в графическом редакторе строят график зависимости давления жидкости p от температуры T . По наклону прямой $\ln[p(1/T)]$ можно определить значение скрытой удельной теплоты парообразования изучаемой жидкости. Измерения показали, что для воды отклонение от линейности данной прямой не превышает 4 %, а погрешность в определении скрытой удельной теплоты парообразования составляет не более 5 %.

Установка дает возможность исследовать процесс кипения в различных жидкостях, например в растворе этилового спирта в воде, для которого давление насыщенных паров существенно больше, чем для воды.

Лабораторная работа «Точка росы» позволяет продемонстрировать и численно описать такое явление, как выпадение капель росы из атмосферного воздуха. При выполнении работы студенты могут определить влажность воздуха, познакомиться с принципом работы гигрометра.

Созданная нами установка (рис. 2) представляет собой гигрометр с отполированной металлической пластиной (1), охлаждаемой с помощью холодильника Пельтье, на поверхности которой наблюдается выпадение росы. Температура пластины измеряется с помощью цифрового датчика. Для удобства наблюдения предусмотрены миниатюрный осветитель 2 и обрамляющая металлическая ширма 3.

На дисплее 4 отображаются данные о температуре окружающего воздуха и охлаждаемой металлической поверхности, мощности электрического тока, проходящего через элемент Пельтье. В момент появления на отполированной металлической поверхности пластины капелек росы с помощью клавиатуры 5 прибора результат измерения температуры заносят в память процессора. На основании данных измерений температуры в 10 циклах нагревания-охлаждения процессор автоматически вычисляет среднее, наиболее точное значение температуры, соответствующей точке росы.

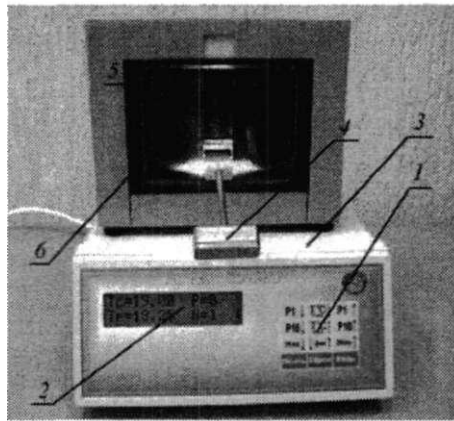


Рис. 2. Лабораторная установка для изучения процесса выпадения капель росы из атмосферного воздуха

Как правило, в аналогичных устройствах для охлаждения металлической пластины используют испарение эфира [4], результатом чего является невозможность задать фиксированную скорость охлаждения резервуара, узкий диапазон температур и невысокая точность измерений, а также присутствие вредных для здоровья паров эфира.

Описанная установка превосходит по всем показателям аналогичные устройства и защищена патентом [5].

Еще одна демонстрационная установка - «Вечный двигатель» - позволяет выработать у будущих специалистов-физиков строго научный подход к объяснению принципа действия различных механизмов, объединенных этим общим названием. Ее использование становится особенно актуальным в силу появления в последнее время многочисленных сообщений о создании механизмов, использующих воду в качестве рабочего тела и имеющих к. п. д., по утверждению их создателей превышающий 100 % [6].

Установка (рис. 3) представляет собой коромысло, противовесами которого служат наполовину заполненные этиловым спиртом стеклянные сферы 1, соединенные посредством полой стеклянной трубки 2, через которую жидкость может перетекать из одной емкости в другую. На середине длины трубки укреплен ось 3, вокруг которой происходит вращение коромысла. Из системы откачан воздух. Таким образом, над поверхностью жидкости в каждой из сфер присутствуют насыщенные пары спирта, давление которых определяется температурой спирта в дан-

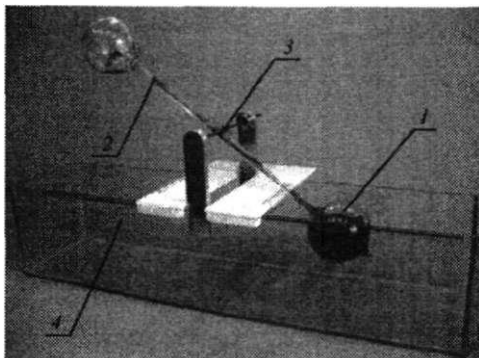


Рис. 3. Установка «Вечный двигатель»

ной сфере. Коромысло шарнирно закреплено над открытой поверхностью воды, заполняющей емкость 4, которая представляет собой открытый параллелепипед из прозрачных стеклянных панелей.

Перед началом демонстрационного эксперимента емкость заполняют горячей водой. Та сфера, в которой на данный момент оказалось больше спирта, погружается в воду, спирт внутри ее нагревается, и давление насыщенных паров возрастает. Вторая сфера, оказавшаяся над поверхностью воды, нагревается в

меньшей степени. Разница давлений насыщенных паров спирта в верхней и нижней сферах вынуждает его подниматься вверх по трубке, преодолевая силу тяжести и силу вязкого трения. Ввиду экспоненциальной зависимости между давлением насыщенных паров жидкости и ее температурой давления весьма существенно отличаются даже при незначительной разнице температур. Наблюдаемая частота «срабатывания» установки зависит главным образом от температуры воды и составляет 1 колебание в 5 ± 20 с при температуре воды $40 \pm 70^\circ\text{C}$, что выглядит достаточно эффективно.

Данный комплекс экспериментальных установок показал свою высокую эффективность. Как свидетельствуют регулярные аудиторные опросы студентов, степень усвоения ими материала при применении в учебном процессе данных устройств существенно повышается.

1. Булкин П.С., Попова И.И. Общий физический практикум «Молекулярная физика». М., 1988.
2. Жолнеревич И.И., Филипп А.Р. // Физическое образование в вузах. 2005. № 1. Т. 11. С. 36.
3. Устройство для изучения зависимости температуры кипения жидкости от внешнего давления: пат. Респ. Беларусь на полезную модель № 852 (приоритет от 06.08.2002, авторы А.Р. Филипп, И.И. Жолнеревич).
4. Иверонова В.И. Физический практикум. М., 1962. С. 208.
5. Устройство для изучения влажности воздуха по точке росы: пат. Респ. Беларусь на полезную модель № 3367 (приоритет от 14 июля 2006 г., авторы И.И. Жолнеревич, А.Р. Филипп, А.И. Москалев).
6. Потапов Ю.С., Фоминский Л.П., Потапов С.Ю. Энергия вращения. Киев, 2002.

Поступила в редакцию 26.02.07.

Иван Иосифович Жолнеревич - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой.
Андрей Романович Филипп - кандидат физико-математических наук, доцент.
Александр Иванович Москалев - аспирант. Научный руководитель - И.И. Жолнеревич.