

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л.М. Монастырский

Практикум по молекулярной физике.
Лабораторные работы
для студентов физического факультета
Южного федерального университета

Учебно-методическое пособие

Ростов-на-Дону

2016

Учебно-методическое пособие разработано профессором физического факультета Южного федерального университета Л.М.Монастырским.

Ответственный редактор – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой общей физики Физического факультета Южного федерального университета, профессор А.С. Богатин

Компьютерный набор и верстка Л.М.Монастырского

Печатается в соответствии с решением Учебно-методического совета Физического факультета Южного федерального университета, протокол № 2 от 15 ноября 2016 г.

Учебно-методическое пособие содержит инструкции к работам лабораторного практикума по молекулярной физике на установке фирмы «Владис». Учебно-методическое пособие включает в себя описание экспериментальной установки, краткую теорию, ход работы, контрольные вопросы и список рекомендованной литературы. Пособие предназначено для студентов 1 курса физического факультета и естественных факультетов ЮФУ.

Введение

Лабораторный практикум по физике является самостоятельной дисциплиной на физическом факультете и представляет собой обязательную составляющую курса общей физики на других естественных факультетах. В течение каждого семестра студенты должны параллельно с изучением теоретического курса физики выполнять лабораторные работы, тематика и количество которых определяется учебной программой курса для данного направления.

Цели лабораторного физического практикума:

1. Изучение основ физики с использованием экспериментальных методов
2. Знакомство с методикой проведения физического эксперимента
3. Приобретение опыта проведения измерений физических величин и оценки погрешности этих измерений.

Для успешного выполнения лабораторной работы и получения зачета за отведенное время студент обязан заранее подготовиться к занятию и составить конспект лабораторной работы в соответствии с требованиями методических указаний. Если в течение аудиторного занятия студент не успел получить зачет по лабораторной работе, он должен провести необходимую обработку результатов измерений во внеурочное время, правильно оформить работу и представить ее для получения зачета на следующем по расписанию лабораторном занятии.

Организация учебного процесса в лабораториях осуществляется в соответствии с утвержденными на кафедре общей физики нормами и правилами проведения лабораторных работ и с соблюдением правил техники безопасности, с которыми студенты знакомятся на первом занятии.

Этапы выполнения лабораторной работы:

- 1) получение допуска к лабораторной работе
- 2) правильное и самостоятельное проведение измерений
- 3) обработка результатов измерений
- 4) получение зачета по работе

Подготовка к допуску осуществляется с использованием методических указаний к лабораторной работе и рекомендованной литературы.

Допуск студентов к лабораторной работе преподаватель проводит в виде собеседования со студентом. Подготовка к получению допуска к лабораторной работе является основой для ее правильного, грамотного и наиболее быстрого выполнения. В течение подготовки к допуску, которую необходимо проводить заранее во внеучебное время, студент должен выполнить следующее:

1. Подготовить конспект лабораторной работы по установленной форме.
2. Изучить основы теории физического явления, исследуемого в лабораторной работе, и запомнить формулировки понятий, используемых в теории.

3. Разобраться с выводом формул, которые используются в лабораторной работе. Понять вид функций и графиков, которые должны быть получены в работе, а также значения или оценки рассчитываемых величин.
4. Понять процедуру проведения измерений и последовательность обработки результатов измерений.

После получения допуска каждый студент самостоятельно проводит обработку результатов измерений и их представление в соответствии с методическими рекомендациями к работе.

План оформления лабораторной работы:

1. Номер лабораторной работы.
2. Название лабораторной работы.
3. Цель работы.
4. Оборудование.
5. Краткая теория.
6. Описание установки.
7. Ход работы и обработка результатов измерений.

Все расчеты, необходимые для получения окончательных результатов лабораторной работы, должны быть представлены в конспекте в форме, доступной для проверки преподавателем. Все расчеты должны проводиться в международной системе единиц измерения СИ.

На основе проведенных расчетов в конспекте лабораторной работы

(если это требуется) должны быть построены экспериментальные графики зависимостей физических величин, предусмотренные методическими указаниями.

Требования по оформлению графиков:

- 1) Графики строятся на миллиметровой бумаге;
- 2) на графике: оси декартовой системы, на концах осей — стрелки, индексы величин, единицы измерения, множители;
- 3) на каждой оси указывается масштаб;
- 4) под графиком указывается его полное название;
- 5) на графике должны быть отмечены экспериментальные точки.

Результаты расчета физических величин, которые должны быть получены как итог выполнения лабораторной работы. Окончательный результат должен быть представлен в виде среднего значения измеренной физической величины с указанием ее доверительного интервала.

Вывод по лабораторной работе должен включать в себя сравнение полученных результатов с теоретическими положениями.

Лабораторная работа №1

«Изучение температурных характеристик легкоплавких веществ»

Цель работы: Определение температуры плавления и кристаллизации и теплоты плавления легкоплавких веществ: парафина и сплава Розе. Определение приращения энтропии при плавлении и кристаллизации.

Оборудование: ЛКТ-3, в том числе:

1. Тигель
2. Кабель СШ-7
3. Печка

Измерительная система ИСТ-3.



Рис.1. Измерительная система экспериментальной установки

- 1) Кнопка “Т1” показывает температуру печи в градусах Цельсия в данный момент.
- 2) Кнопка “In ” показывает силу тока в миллиамперах, проходящего через нагревательный элемент печи.
- 3) Кнопка “Un” показывает напряжение в вольтах, на нагревательном элементе печи.
- 4) Ручка “Температура” регулирует температуру, к которой стремится печь. На ней можно установить

температуру не ниже 40 градусов и не выше 120 градусов Цельсия. Если текущая температура печи ниже, чем установленная на ручке, то включается нагрев, с установленным на специальной ручке напряжением и горит только зелёная лампочка. Если температура выше, то нагрев выключается и печь остывает естественным или принудительным (с включённым вентилятором) способом. Горит только красная лампочка. Если температуры текущая и установленная совпадает, то печь поддерживает данное состояние термодинамического равновесия.

- 5) Ручка "нагрев" устанавливает напряжение на печи. Это напряжение видно на табло при нажатой кнопке "Un".
- 6) Тумблер "НАГР." при положении вниз отключает нагрев на печи, а при положении вверх - включает его.
- 7) Прибор включён при положении тумблера "сеть" вверх.
- 8) Вентилятор включён при положении тумблера "ВЕНТ" вверх.

Тигли с парафином и сплавом Розе.



Рис.2. Тигли для сплавов

Краткая теория

Согласно второму закону термодинамики самопроизвольный процесс переноса теплоты в пространстве возникает под действием разности температур и направлен в сторону уменьшения температуры.

Закономерности переноса теплоты и количественные характеристики этого процесса являются предметом исследования теории теплообмена (термопередачи).

Теплота может распространяться в любых веществах и даже через вакуум. Идеальных теплоизоляторов не существует.

В явлениях переноса тепла надо различать два основных случая: распространение тепла в одном и том же теле и теплообмен между телами.

Если нагревать твердое тело с одного конца, атомы этого тела, в месте нагрева, начинают колебаться более энергично, свою увеличившуюся энергию они передают соседним атомами; так осуществляется распространение тепла в теле, называемое теплопроводностью.

Теплопроводность - это процесс переноса теплоты, осуществляемый микрочастицами тела (молекулами, атомами, электронами), имеющими различную энергию и обменивающимися ею при своем движении и взаимодействии.

Обязательным условием переноса тепла теплопроводностью должно быть соприкосновение между частицами тела. В чистом виде теплопроводность имеет место в твердых телах и в тонких неподвижных слоях жидкости или газа.

Перенос энергии в виде теплоты от одного тела к другому кроме теплопроводности может еще осуществляться двумя способами - конвекцией и излучением.

Конвекция- это перенос теплоты движущейся массой жидкости или газа из области с одной температурой в область с другой температурой.

Тепловое излучение- это процесс передачи внутренней энергии тела в виде энергии излучения.

Количеством теплоты Q называют количественную меру изменения внутренней энергии при теплообмене.

Удельная теплоемкость—это количество теплоты, которое получает или отдает 1 кг вещества при изменении его температуры на 1 К.

$$c = \frac{\delta Q}{m \cdot dT}, \quad [c] = \text{Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела в твердом или жидком состоянии в пределах одного агрегатного состояния, рассчитывается по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где c —удельная теплоемкость тела, m —масса тела, t_1 —начальная температура,

t_2 —конечная температура.

Количество теплоты, необходимое для плавления тела при температуре плавления, рассчитывается по формуле:

$$Q = \lambda m,$$

где λ — удельная теплота плавления, m —масса тела.

Количество теплоты, необходимое для испарения, рассчитывается по

формуле:

$$Q = rm,$$

где r — удельная теплота парообразования, m — масса тела.

Энтропия — мера беспорядка системы, состоящей из многих элементов. В частности, в статистической физике — мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния;

Понятие энтропии впервые было введено Клаузиусом в термодинамике в 1865 году для определения меры необратимого рассеивания энергии, меры отклонения реального процесса от идеального. Определённая, как сумма приведённых теплот, она является функцией состояния и остаётся постоянной при обратимых процессах, тогда как в необратимых — её изменение всегда положительно.

$$dS = \frac{\delta Q}{T},$$

где dS — приращение энтропии; δQ — минимальная теплота, подведенная к системе; T — абсолютная температура процесса;

Аморфные и кристаллические тела.

Кристаллы — это твёрдые тела, в которых атомы расположены закономерно, образуя трёхмерно-периодическую пространственную укладку — кристаллическую решётку.

Температура плавления и отвердевания — температура, при которой твёрдое кристаллическое тело совершает переход в жидкое состояние и наоборот. При температуре плавления вещество может находиться как в жидком, так и в твёрдом состоянии. При подведении дополнительного тепла вещество перейдёт в жидкое состояние, а температура не будет меняться, пока всё вещество в рассматриваемой системе не расплавится. При отведении лишнего тепла (охлаждении) вещество будет переходить в

твёрдое состояние (застывать) и, пока оно не застынет полностью, температура не изменится.

Аморфные тела – это твёрдые тела, атомарная структура которых имеет ближний порядок и не имеет дальний порядок, характерный для кристаллических структур. Аморфные вещества не имеют кристаллической структуры и в отличие от кристаллов не расщепляются с образованием кристаллических граней, как правило — изотропны, то есть не обнаруживают различных свойств в разных направлениях, не имеют определённой точки плавления. К аморфным веществам принадлежат стекла, естественные и искусственные смолы, клеи и др. При внешних воздействиях аморфные тела обнаруживают одновременно упругие свойства, подобно кристаллическим твердым телам, и текучесть, подобно жидкости. Так, при кратковременных воздействиях (ударах) они ведут себя как твердые тела и при сильном ударе раскалываются на куски. Но при очень продолжительном воздействии (например, растяжении) аморфные тела текут. Аморфные вещества могут находиться либо в стеклообразном состоянии (при низких температурах), либо в состоянии расплава (при высоких температурах). Аморфные вещества переходят в стеклообразное состояние при температурах ниже температуры стеклования T_g . При температурах выше T_g , аморфные вещества ведут себя как расплавы, то есть находятся в расплавленном состоянии.

Ход работы.

- 1) Откроем печку. Для этого оттянем верхнее крепление на пружинах вверх и опустим его в сторону. Теперь снимем крышку. Аккуратно по центру печки поставим тигель с парафином. Оденем крышку. Верхнее крепление поставим на место. Если при этом одна из

пружинок выскочила из паза, вставьте её на место и попробуйте закрыть крышку снова.

- 2) Включим прибор ЛКТ-3 в розетку.
- 3) Соединим кабелем СШ-7 печку и измерительную систему ИСТ-3.
- 4) Переключим тумблер на “СЕТЬ”
- 5) Измерьте ток, напряжение, вычислите сопротивление и найдите мощность
- 6) Нажмите на кнопку T_1 . На табло отобразится текущая температура печки, равная комнатной.
- 7) Включите нагрев на значение, близкое к максимальному. Переключите тумблер на “ВКЛ”. Проверьте, что вентилятор выключен.
- 8) При прохождении температуры через 30 градусов Цельсия запустите секундомер. Записывайте время через каждые 10 градусов до 70, далее через 2 градуса, вплоть до 100.
- 9) При достижении температурой отметки в 100 градусов выключите нагрев, щёлкнув соответствующим тумблером, и включите тумблером вентилятор.
- 10) Запишите максимальное значение температуры и его время.
- 11) Аналогично записывайте температуры, достигаемые при охлаждении. Ведите охлаждение до 40 градусов.
- 12) Заполните таблицу:

Температура, °С	Время, сек.	Время, сек.
	Нагрев	Охлаждение
30		
40		
50		
60		
62		
64		
66		
68		
70		
72		
74		
76		
78		
80		
82		
84		
86		

88		
90		
95		
100		
Макс. Тем.		

- 13) Не трогайте тигель, пока печка не остынет до 40 градусов!
После этого снимите крепление и откройте крышку. Аккуратно снимите тигель с парафином и замените его на тигель со сплавом Розе. Закройте печку.
- 14) Выставьте нагрев примерно на то же значение, что и в эксперименте с парафином. Не забудьте выключить вентилятор.
- 15) Включите секундомер, когда температура достигнет 40 градусов. Измерьте время при следующих температурах, указанных в таблице ниже.
- 16) Заполните таблицу

Температура, °С	Время, сек.	
	Нагрев	Охлаждение
40		
50		
60		
70		

80		
90		
92		
94		
96		
98		
100		
102		
104		
106		
108		
110		
112		
114		
116		
120		
Макс. Тем.		

17) Постройте графики зависимости температуры от времени по соответствующим таблицам для парафина и для сплава Розе.

18) Найдите на графиках плато плавления, если оно есть.

- 19) По графикам определите температуры плавления веществ.
- 20) Измерьте ток, напряжение, вычислите сопротивление и найдите мощность $W=UI$.
- 21) При увеличении температуры системы на ΔT образец получает количества тепла равное

$$Q = (W - W')\Delta t - c_0\Delta T,$$

где W - мощность печки вычисленная в пункте 5, W' - мощность потерь (см. приложение №2), $c_0=154,5$ Дж/(кг*К) – теплоёмкость печи, Δt – промежуток времени, за который увеличилась температура.

- 22) Определите теплоту плавления вещества сплава Розе, для чего найдите тепло полученное образцом на плато плавления (то есть тепло полученное на промежутке времени, при котором температура постоянна) и разделите его на массу образца.

- 23) Сравните его с теоретическим значением, вычисленным по формуле

$$Q = \lambda m,$$

где λ — удельная теплота плавления, m —масса тела.

- 24) Определить приращение энтропии $\Delta S=Q/T$ при плавлении и кристаллизации.

Контрольные вопросы

- 1) Дайте определение энтропии
- 2) Что такое аморфные тела? Можно ли говорить о температуре плавления для аморфных тел?
- 3) Сформулируйте второй закон термодинамики.

- 4) Какими способами может передаваться тепло? А каким способом оно передается от печки к тиглю?
- 5) Дайте определение теплоёмкости.
- 6) Каким образом вычисляется мощность потерь? От чего она зависит?
- 7) Каким образом повышение или понижение комнатной температуры повлияет на результаты измерений?
- 8) Нарисуйте качественно график зависимости температуры от времени для воды при постоянной мощности нагрева для температуры от -10 до 10 градусов Цельсия. В чём отличие его от полученных графиков плавления парафина и сплава Розе?

Литература

- 1) Иродов И.Е. “Физика макросистем. Основные законы”. Стр.133-146, 71-99. Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
- 2) Матвеев А.Н. “Молекулярная физика”. Стр. 289-311. Издательство “Высшая школа” 1987.
- 3) Савельев И. В. Том 1 “Механика, колебания и волны, молекулярная физика” Стр. 444-453, 461-475. Издательство “Наука”, 1970.

Приложение №1 Секундомер



Рис. 1 Общий вид.

Начальное положение – отображение времени (показано на рис. 1).

Как пользоваться секундомером?

При нажатии на кнопку №1 переводится в режим секундомера (см. рис.1).



Рис. 2 Исходный вид в режиме секундомера

Запуск секундомера и пауза – кнопка 2.

Кнопка 4 – сброс, если секундомер при этом остановлен кнопкой 2.

При нажатии на кнопку 1 после пользования секундомером возникает режим отображения времени.

При нажатии на кнопку 1, если перед этим секундомером не пользовались, возникает режим установки времени.

Как установить время?



Рис.3 Вид в режиме установки времени

В режиме установления времени:

Кнопка 3 – меняет разрядность

Кнопка 2 – меняет значение данного разряда, увеличивая его на 1.

При достижении максимального значения для данного разряда и режима, цифры меняются по кругу.

Кнопка 1 – сохраняет и возвращает в режим отображения времени.

Приложение №2

Мощность потерь в зависимости от температуры нагревателя.

(для комнатной температуры равной 20 градусов Цельсия)

С выключенным вентилятором

Т печи, °С	Мощность потерь (W'), Вт
40	3
60	5
80	8.7
100	12

С включённым вентилятором

Т печи, °С	Мощность потерь (W'), Вт
40	4.5
60	8.7
80	15.1
100	20

Лабораторная работа № 2

«Определение мощности потерь нагревателя в зависимости от температуры»

Цель работы: Определение мощности потерь нагревателя при различных температурах. Исследование естественного и принудительного охлаждения.

Оборудование: ЛКТ-3, в том числе

- 1) Тигель
- 2) Кабель СШ-7
- 3) Печка

Измерительная система ИСТ-3 (рис.1):



Рис.1. Измерительная система экспериментальной установки

- 1) Кнопка “Т1” показывает температуру печки в градусах Цельсия в данный момент.

- 2) Кнопка “In ” показывает силу тока в миллиамперах, проходящего через нагревательный элемент печи.
- 3) Кнопка “Un” показывает напряжение в вольтах, на нагревательном элементе печи.
- 4) Ручка “Температура” регулирует температуру, к которой стремится печка. На ней можно установить температуру не ниже 40°C и не выше 120°C . Если текущая температура печки ниже, чем установленная на ручке, то включается нагрев, с установленным на специальной ручке напряжением и горит только зелёная лампочка. Если температура выше, то нагрев выключается и печка остывает естественным или принудительным (с включённым вентилятором) способом. Горит только красная лампочка. Если температуры текущая и установленная совпадает, то печка поддерживает данное состояние термодинамического равновесия. При этом горит как красная, так и зелёная лампочка.
- 5) Ручка ”нагрев” устанавливает напряжение на печке. Это напряжение видно на табло при нажатой кнопке “Un”.
- 6) Тумблер “НАГР.” при положении вниз отключает нагрев на печке, а при положении вверх - включает его.
- 7) Прибор включён при положении тумблера “сеть” вверх.

- 8) Вентилятор включён при положении тумблера “ВЕНТ” вверх.

Краткая теория

Согласно второму закону термодинамики самопроизвольный процесс переноса теплоты в пространстве возникает под действием разности температур и направлен в сторону уменьшения температуры.

Закономерности переноса теплоты и количественные характеристики этого процесса являются предметом исследования теории теплообмена (термопередачи).

Теплота может распространяться в любых веществах и даже через вакуум. Идеальных теплоизоляторов не существует. В явлениях переноса тепла надо различать два основных случая: распространение тепла в одном и том же теле и теплообмен между телами. Если нагревать твердое тело с одного конца, атомы этого тела, в месте нагрева, начинают колебаться более энергично, свою увеличившуюся энергию они передают соседним атомами; так осуществляется распространение тепла в теле, называемое теплопроводностью.

Теплопроводность — это перенос тепловой энергии структурными частицами вещества (молекулами, атомами, ионами) в процессе их теплового движения. Такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества. Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и

молекул, которая определяет температуру тела, передаётся другому телу при их взаимодействии или передаётся из более нагретых областей тела к менее нагретым областям. Иногда теплопроводностью называется также количественная оценка способности конкретного вещества проводить тепло.

Численная характеристика теплопроводности материала равна количеству теплоты, проходящей через материал площадью 1 м^2 за единицу времени (секунду) при единичном температурном градиенте. Данная численная характеристика используется для расчета теплопроводности для калибрования и охлаждения профильных изделий.

Исторически считалось, что передача тепловой энергии связана с перетеканием теплорода от одного тела к другому. Однако более поздние опыты, в частности, нагрев пушечных стволов при сверлении, опровергли реальность существования теплорода как самостоятельного вида материи. Соответственно, в настоящее время считается, что явление теплопроводности обусловлено стремлением занять состояние более близкое к термодинамическому равновесию, что выражается в выравнивании температуры.

Обязательным условием переноса тепла теплопроводностью должно быть соприкосновение между частицами тела. В чистом виде теплопроводность имеет место в твердых телах и в тонких неподвижных слоях жидкости или газа.

Перенос энергии в виде теплоты от одного тела к другому кроме теплопроводности может еще осуществляться двумя способами - конвекцией и излучением.

Конвекция - это перенос теплоты движущейся массой жидкости или газа из области с одной температурой в область с другой температурой.

Тепловое излучение - это процесс передачи внутренней энергии тела в виде энергии излучения.

Количеством теплоты Q называют количественную меру изменения внутренней энергии при теплообмене.

Удельная теплоемкость — это количество теплоты, которое получает или отдает 1 кг вещества при изменении его температуры на 1 К.

$$c = \frac{\delta Q}{m \cdot dT}, \quad [c] = \text{Дж/кг} \cdot \text{К}$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания тела в твердом или жидком состоянии в пределах одного агрегатного состояния, рассчитывается по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1),$$

где c —удельная теплоемкость тела, m —масса тела, t_1 —начальная температура, t_2 —конечная температура.

Нагрев — искусственный либо естественный процесс повышения температуры материала или тела, либо за счёт внутренней энергии, либо за счёт подведения к нему энергии извне. Для подведения энергии извне используется специальное устройство — нагреватель, того или иного вида и конструкции.

Нагрев тела происходит за счёт увеличения скорости движения либо колебаний молекул и атомов, составляющих его. В твёрдых телах частицы колеблются около положения равновесия. С ростом температуры скорость

частиц увеличивается, поэтому хаотическое движение частиц принято называть тепловым.

Мощность потерь – это мощность, которую нагреватель использует для поддержания заданной температуры. Она зависит от конфигурации установленных на плите объектов.

Ход работы.

- 1) Откроем печку. Для этого оттянем верхнее крепление на пружинах вверх и опустим его в сторону. Теперь снимем крышку. Аккуратно по центру печки поставим тигель с парафином. Наденем крышку. Верхнее крепление поставим на место. Если при этом одна из пружинок выскочила из паза, вставьте её на место и попробуйте закрыть крышку снова.
- 2) Включим прибор ЛКТ-3 в розетку.
- 3) Соединим кабелем СШ-7 печку и измерительную систему ИСТ-3. (См. рис. 1)
- 4) Переключим тумблер, расположенный на передней панели прибора на “СЕТЬ”
- 5) Нажмите на кнопку T_1 . На табло отобразится текущая температура печки, равная комнатной.
- 6) Установите на терморегуляторе минимальное значение температуры. Оно приблизительно равно 40°C .
- 7) Включите нагрев на значение, близкое к максимальному значению. Для этого поверните регулятор “нагрев” почти до упора по часовой стрелке. Переключите тумблер на “ВКЛ”.

Проверьте, что вентилятор выключен, то есть тумблер направлен вниз.

- 8) Подождите, пока температура приблизится к заданному значению. Тогда загорится красная лампочка. Когда температура с точностью до десятых долей градуса не будет изменяться в течение 30 секунд (это можно измерить с помощью секундомера, см. приложение №1), то есть температура стабилизировалась (горит одновременно обе лампочки), измерьте и запишите это значение температуры. Теперь измерьте значение силы тока. Для этого щёлкните на кнопку I_n и запишите полученное значение силы тока в миллиамперах. Далее нажмите на кнопку U и запишите значение напряжения в вольтах. Занесите данные в таблицу.
- 9) Теперь включите вентилятор. Подождите пару минут до стабилизации температуры. Она может упасть на 1-2 градуса. Измерьте силу тока, напряжение и температуру. Занесите данные в таблицу. Выключите вентилятор.
- 10) Увеличьте значение температуры на терморегуляторе. Постарайтесь, чтобы оно было примерно равно 60°C . Если красная лампочка загорается при температуре, ниже 55°C или ещё не загорелась при 61°C , подкрутите регулятор температуры. Дождитесь стабилизации температуры и сделайте измерения температуры, силы тока и напряжения, описанные в восьмом пункте. Повторите пункт № 9 для текущего значения температуры. Занесите данные в таблицу.

- 11) Теперь проделайте те же измерения для температур примерно равных 80°C и 100°C . Запишите данные в таблицу.
- 12) Рассчитайте мощности потерь, равные мощности прибора, которую он расходует на поддержание заданной температуры $W=UI$. Проделайте это для каждого значения температуры, то есть и для включённого вентилятора и для выключенного. Запишите полученные восемь значений в таблицу.
- 13) Заполните таблицу

$T_1, ^{\circ}\text{C}$	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$W_1, \text{Вт}$	$T_2, ^{\circ}\text{C}$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$	$W_2, \text{Вт}$

- 14) Рассчитайте для всех восьми значений силы тока и напряжения сопротивление по формуле $R_i=U_i/I_i$. Вычислите среднее значение сопротивления

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^8 R_i}{8}.$$

Для каждого значения сопротивления найдите отклонение от среднего значения $\Delta R_i = R_{cp} - R_i$. Вычислите среднеквадратичную ошибку по формуле

$$R_{cp.kв} = \frac{\sum_{i=1}^8 (\Delta R_i)^2}{56}.$$

Умножьте полученное значение на коэффициент Стьюдента k (для числа измерений $n = 8$ и $\alpha = 0,7$), тогда $\Delta R = R_{cp.kв} \cdot k$ (см.

приложение № 2). Ответ представьте в виде

$$R = R_{cp} \pm \Delta R.$$

- 15) Постройте график зависимости мощности потерь от температуры. Одна линия – при выключенном вентиляторе (то есть при естественном охлаждение), другая при включённом вентиляторе (то есть при принудительном охлаждение). Эти две линии должны быть на одном графике. Проанализируйте вид графика.

Контрольные вопросы

- 16) Сформулируйте второй закон термодинамики.
- 17) Какими способами может передаваться тепло?
- 18) Каким способом оно передается от печки к тиглю?
Каким способом оно передается от печки в окружающую среду?
- 19) Дайте определение теплоёмкости.
- 20) Дайте определение теплопроводности.
- 21) Дайте определение мощности потерь.
- 22) Каким образом вычисляется мощность потерь?
От чего она зависит?
- 23) Каким образом повышение или понижение комнатной температуры повлияет на результаты измерений?

Литература

- 4) Иродов И.Е. “Физика макросистем. Основные законы”. Стр.117-124, 71-73, 144-146. Лаборатория Базовых Знаний, 2001.

- 5) Матвеев А.Н. “Молекулярная физика”. Стр. 289-311.
Издательство “Высшая школа” 1987.
- 6) Савельев И. В. Том 1 “Механика, колебания и волны,
молекулярная физика” Стр. 461-469. Издательство “Наука”, 1970.

Приложение №1 Секундомер



Рис. 1 Общий вид.

Начальное положение – отображение времени (показано на рис. 1).

Как пользоваться секундомером?

При нажатии на кнопку №1 прибор переводится в режим секундомера

(см. рис.2).



Рис. 2. Режим секундомера

Запуск секундомера и пауза – кнопка 2.

Кнопка 4 – сброс, если секундомер при этом остановлен кнопкой 2.

При нажатии на кнопку 1 после пользования секундомером возникает режим отображения времени.

При нажатии на кнопку 1, если перед этим секундомером не пользовались, возникает режим установки времени. Как установить время?



Рис. 3. Вид прибора в режиме установки времени

В режиме установления времени (см. рис.3):

Кнопка 3 – меняет разрядность

Кнопка 2 – меняет значение данного разряда, увеличивая его на 1.

При достижении максимального значения для данного разряда и режима, цифры меняются по кругу.

Кнопка 1 – сохраняет и возвращает в режим отображения времени.

Приложение №2

Таблица коэффициентов Стьюдента

A n-1	0.5	0.7	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.999
1	1.0	2.0	3.1	6.3	12.7	31.8	63.7	636.6
2	0.82	1.3	1.9	2.9	4.3	6.96	9.9	31.6
3	0.77	1.3	1.6	2.4	3.2	4.54	5.8	12.9
4	0.74	1.2	1.5	2.1	2.8	3.75	4.6	8.61
5	0.73	1.2	1.5	2.0	2.6	3.36	4.0	6.87
6	0.72	1.1	1.4	1.9	2.4	3.14	3.7	5.96
7	0.71	1.1	1.4	1.9	2.4	3.0	3.5	5.41
8	0.71	1.1	1.4	1.9	2.3	2.9	3.4	5.04
9	0.7	1.1	1.4	1.8	2.3	2.82	3.3	4.78
10	0.7	1.1	1.4	1.8	2.2	2.76	3.2	4.59
11	0.7	1.1	1.4	1.79	2.2	2.72	3.11	4.44
12	0.7	1.1	1.4	1.77	2.18	2.68	3.05	4.32
13	0.7	1.1	1.4	1.76	2.16	2.65	3.01	4.22
14	0.7	1.1	1.4	1.75	2.14	2.62	2.98	4.14
15	0.7	1.1	1.4	1.75	2.13	2.6	2.95	4.07
20	0.7	1.1	1.4	1.72	2.09	2.53	2.85	3.85
30	0.7	1.1	1.4	1.7	2.04	2.45	2.75	3.65
40	0.7	1.1	1.4	1.68	2.02	2.42	2.7	3.55
100	0.7	1.1	1.4	1.66	1.99	2.36	2.63	3.39
200	0.7	1.1	1.4	1.65	1.97	2.35	2.6	3.34