МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДАРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ-ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Кафедра технической механики и физики

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 3. Молекулярная физика и термодинамика

Зерноград - 2024

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Об издании – 1,2
Содержание

Издается по решению методической комиссии
по специальностям среднего профессионального образования
социально-экономического и технического профиля
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»
в г. Зернограде.

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент Г.В. Степанчук
кандидат технических наук, доцент А.Б. Портаков

Леонтьев Н.Г. Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам СПО. [Электронный ресурс]: Часть 3. Молекулярная физика и термодинамика / Н.Г. Леонтьев, А.В. Белоусов, Л.А. Гуриненко, А.Б. Портаков. - Электронное издание. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 26 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

Учебное пособие «Лабораторный практикум по физике для обучающихся по программам среднего профессионального образования Часть 2. Механические колебания» предназначено для студентов 1 курса СПО, обучающихся по специальностям 08.02.09, 21.02.19, 23.02.07, 35.02.05, 35.02.08, 35.02.16, 38.02.01, 38.02.08

Рекомендовано к изданию Методическим советом факультета среднего профессионального образования Протокол № 8 от 26.04.2024 г.

© Леонтьев Н.Г., Белоусов А.В.,
Гуриненко Л.А., Портаков А.Б.
© Азово-Черноморский
инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024

Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31 - СПО 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 32 - СПО 7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 33 - СПО 10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 34 - СПО 12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 35 - СПО 16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 36 - СПО 19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 37 - СПО 21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 38 - СПО. 24

ВВЕДЕНИЕ

Критерием успешного освоения физики является умение использовать полученные знания на практике. Поэтому важно не только знать теоретический материал, но и уметь объяснить явления природы, проводить опыты и решать физические задачи.

Цель данного учебного пособия – приобщить студентов к самостоятельной творческой работе, в процессе которой они научатся анализировать физические явления, выделять главные факторы, определяющие, тот или иной физический процесс, выбирать метод решения задачи.

Учебное пособие предназначено для обучения по следующим специальностям: 08.02.09 - Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий, 21.02.05 - Земельно-имущественные отношения, 21.02.19 - Землеустройство, 23.02.07 - Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей, 35.02.08 - Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК), 38.02.01 - Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям), 38.02.04 - Коммерция (по отраслям).

Часть третья «Молекулярная физика и термодинамика» содержит восемь лабораторных работ.

Учебное пособие полностью соответствует программе по физике для учреждений среднего профессионального образования. Оно может быть полезно также учащимся средних школ, лицеев и колледжей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 31 - СПО
ПРОВЕРКА ЗАКОНА БОЙЛЯ – МАРИОТТА

Цель работы: изучение связи термодинамических величин при изотермическом процессе в идеальном газе.

Приборы и принадлежности: пластиковый сосуд, медицинский манометр, шприц с оцифрованной шкалой, зажимы, соединительные трубки, тройники.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

При небольших плотностях и средних температурах газы можно рассматривать как совокупность хаотически движущихся частиц малого размера (материальных точек), взаимодействующих при столкновениях как абсолютно-упругие шары и не взаимодействующих между столкновениями (потенциальной энергией взаимодействия молекул пренебрегаем). Такая модель молекулярной системы называется идеальным газом.

Термодинамические параметры: давление P, объем V и абсолютная температура T идеального газа в любом состоянии связаны между собой согласно уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{M} RT, \qquad /31.1/$$

где m - масса газа, M - его молярная масса, R - универсальная газовая постоянная (R = 8,31695· Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$) .

Процессы, протекающие в газах при неизменном значении одного из параметров, называют изопроцессами. Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянной температуре называют изотермическим. Для поддержания температуры газа постоянной необходимо, чтобы он мог обмениваться теплотой с большой системой – термостатом. Иначе при сжатии или расширении температура газа будет меняться. Термостатом может служить атмосферный воздух, если его температура заметно не меняется на протяжении времени проведения эксперимента.

Закон Бойля – Мариотта: для данной массы газа при постоянной температуре, произведение давления газа на его объем постоянно.

$$m = const\ ,\ \ T = const\,,\quad PV = const\,. \qquad /31.2/$$

Закон Бойля – Мариотта справедлив для любых газов и газовых смесей. Лишь при давлениях в сотни атмосфер отклонения от этого закона становятся существенными.

При расширении или сжатии газ совершает работу, что связано с изменением его внутренней энергии. Геометрически работа газа численно равна площади фигуры ограниченной графиком изменения давления P и осью объемов V.

Лабораторный набор «Исследование процессов в газах» Компании ЭДУСТРОНГ представляет собой пластиковый сосуд объемом 40 мл. соединенный длинной трубкой ПВХ (внутренний диаметр 4 мм. длина 25 см.) через тройники и короткие трубки ПВХ (внутренний диаметр 4 мм., длина 4 см) с медицинским манометром и шприцом.

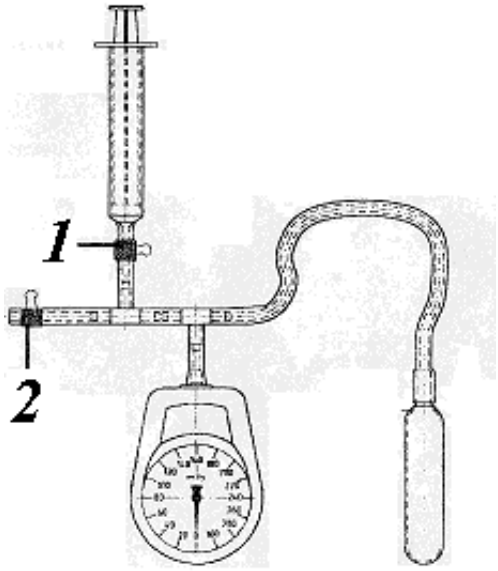


Рис. 31.1

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Снимите оба зажима, и выдвините поршень шприца до отметки 10 мл., что соответствует общему, начальному объему V_0 = 55 мл.

1. Определите атмосферное давление P_0 по барометру- анероиду.
2. Поставьте зажим (2) и, медленно вдвигая поршень, уменьшайте объем системы с интервалом 2 мл.. Фиксируйте изменение давления с помощью манометра, занося данные измерений в таблицу результатов наблюдений. Поршень необходимо придерживать в каждом положении.
3. Вычислите значения P_n и V_n по формулам:

$$V_n = V_0 - \Delta V_n; \quad P_n = P_0 + \Delta P_n. \qquad /31.3/$$

При вычислениях учитывайте, что 1мм.рт.ст. – 133,3 Па. Результаты занесите в таблицу результатов наблюдений.

4. Проверьте, выполняется ли соотношение:

$$P_1V_1 = P_2V_2 = ... = P_nV_n \qquad /31.4/$$

выражающее закон Бойля-Мариотта.

5. Постройте график изотермического процесса в координатах: P = f (V).
6. Вычислите относительную погрешность измерений по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta P}{P_{n\,cp}} + \frac{\Delta V}{V_{n\,cp}} \qquad /31.5/$$

где ΔP = 1 мм.рт.ст.= 133,3 Па , $\Delta V = 1 \cdot 10^{-6} м^3$ - абсолютные погрешности измерения давления и объема.

7. Вычислите абсолютную погрешность измерения произведения давления на объем по формуле:

$$\Delta(P\,V) = (P_nV_n)_{cp} \cdot \varepsilon \qquad /31.6/$$

8. Запишите окончательный результат в виде:

$$PV = (P_nV_n)_{cp} \pm \Delta(PV); \quad \varepsilon = ...\%$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

ΔV_n, 10^{-6} м^3	V_n, 10^{-6} м^3	ΔP_n, Па	P_n, Па	P_nV_n,

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое идеальный газ? Какие предположения делаются при введении такой модели описания газа?
2. Запишите уравнение Менделеева-Клапейрона состояния идеального газа.
3. Дайте определение изотермического процесса и запишите закон Бойля - Мариотта.
4. Нарисуйте график изотермического процесса в координатах PV, PT, VT.
5. По шкале Цельсия температура газа равна 123^0C. Чему равна температура этого газа по шкале Кельвина?
6. Температура газа изменилась на 45^0C, каково изменение температуры газа по шкале Кельвина?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§4.7, 4.8, 4.10
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - § 70, 71.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - § 24, 27.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 32 - СПО
ПРОВЕРКА УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

Цель работы: на основании уравнения теплового баланса определить теплоемкость термометра.

Приборы и принадлежности: калориметр, нагреватель, термометр, весы, тела различной массы из различных материалов.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы называют теплопередачей.

Количество теплоты, которое необходимо передать телу для его нагревания, определяется по формуле:

$$Q = cm(T_0 - T_1), \qquad /32.1/$$

где c - удельная теплоемкость – это количество теплоты, которое получает или отдает 1кг вещества при изменении его температуры на 1К. Размерность удельной теплоемкости - $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$. Удельная теплоемкость зависит от химического состава и структуры материала.

Теплоемкость тела (C) – это количество теплоты, которое получает или отдает тело при изменении его температуры на 1К. Размерность удельной тепло-

емкости - $\left[\frac{Дж}{К}\right]$. Если тело выполнено из однородного материала, то теплоемкость тела равна произведению удельной теплоемкости тела на его массу

$$C = cm \qquad /32.2/$$

Рассмотрим теплообмен внутри системы, состоящей из нескольких тел, при различных температурах. Если система изолированная, то энергия такой системы остается постоянной, а следовательно остается постоянным количество теплоты в системе.

Уравнение, описывающее обмен теплом между телами до наступления теплового равновесия, называют уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots + Q_n = 0 \qquad /32.3/$$

Теплоемкость термометра можно рассчитать с помощью уравнения теплового баланса

$$Q_K + Q_B + Q_T + Q_{TM} = 0\,, \qquad /32.4/$$

где $Q_к$ - количество теплоты полученное калориметром, $Q_в$ – количество теплоты полученное водой, $Q_т$ – количество теплоты отданное нагретым телом, $Q_{ТМ}$ – количество теплоты полученное термометром. При остывании тела, его конечная температура T_2 оказывается меньше начальной температуры T_1 и количество теплоты, отдаваемое телом, отрицательное.

С учетом формул /32.1/ и /32.2/ уравнение /32.4/ приобретает вид:

$$c_K m_K (T_0 - T_1) + c_B m_B (T_0 - T_1) + c_T m_T (T_0 - T_2) + C_{TM} (T_0 - T_1) = 0.\,, \qquad /32.5/$$

где T_1 – начальная температура воды и калориметра, T_2 - начальная температура тела, T_0 – установившаяся температура системы, C_{TM} - теплоемкость термометра. Откуда:

$$C_{TM} = \frac{c_T m_T (T_0 - T_2) + c_K m_K (T_0 - T_1) + c_B m_B (T_{0_1} - T_1)}{T_1 - T_0}\,. \qquad /32.6/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запишите в таблицу результатов наблюдений значения теплоемкостей воды, материала калориметра (алюминия) и материала тела из таблицы 1.
2. Определите массу испытуемого тела взвешиванием на весах (может быть указана преподавателем) и занесите ее в таблицу результатов наблюдений.
3.Определите массу калориметра $m_к$ взвешиванием на весах (может быть указана на калориметре) и массу налитой в него воды $m_в$ путем измерения ее объема мерным цилиндром (масса воды в граммах равна объему в $см^3$). Занести эти величины в таблицу результатов наблюдений.

ТАБЛИЦА 1

УДЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВЕЩЕСТВ

Вещество	Алюминий	Вода	Латунь	Медь	Сталь	Бронза
С, 10^3 Джкг$^{-1}$К$^{-1}$	0.896	4.187	0.387	0.390	0.467	0.377

4. Поместите испытуемое тело в стакан с водой и включите нагреватель. После того, как вода закипит, выдержите тело в ней ≈3 мин. до достижения теплового равновесия. Температуру T_2 определите по таблице 2, измерив давление воздуха барометром, и занесите ее в таблицу результатов наблюдений.

ТАБЛИЦА 2

ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ ВОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДАВЛЕНИЯХ

P, мм. рт. ст.	740	745	750	755	760	765	770	780
T, K	372.3	372.4	372.6	372.8	373.0	373.2	373.4	373.7

5. Поместите калориметр с водой в полиэтиленовый стакан, что сделает систему почти адиабатически изолированной. Измерьте термометром установившуюся через некоторое время (≈3 мин.) температуру воды в калориметре T_0, а следовательно и температуру калориметра, и занесите ее в таблицу результатов наблюдений. Калориметр держите вдали от нагревателя.

6. Поместите нагретое тело в калориметр, и после установления теплового равновесия (≈2 мин.) измерьте температуру системы T_0. Данные занести в таблицу результатов наблюдений.

7. Рассчитать C_{TM} по формуле /32.6/. Промежуточные вычисления округлять до четвертого знака после запятой.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Тело, материал	C, 10^{-3} Дж/(кг•К)	m, кг	T_1, К	T_2, К	T_0, К	C_{TM}, Дж/К
Калориметр						
Вода холодная						
Тело						
Термометр						

9. Опыты по п.п.1-7 произвести с другими телами из различных материалов (по заданию преподавателя). В качестве тела может быть выбрана и кипящая вода. Ее масса может быть определена путем измерения объема горячей и холодной воды и вычитания объема последней после выполнения п.6.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.Что называется теплопередачей?

2.Что называется удельной теплоемкостью? В каких единицах измеряется удельная теплоемкость?

3.Что такое теплоемкость? В каких единицах она измеряется?

4.От чего зависит удельная теплоемкость газа?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§5.4

2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §79.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - § 31.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 33 - СПО
ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГЕЙ – ЛЮССАКА

Цель работы: изучение связи термодинамических величин при изобарном процессе в идеальном газе.

Приборы и принадлежности: пластиковый сосуд, медицинский манометр, шприц с оцифрованной шкалой, зажимы, соединительные трубки, тройники.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

При небольших плотностях и средних температурах газы можно рассматривать как совокупность хаотически движущихся частиц малого размера (материальных точек), взаимодействующих при столкновениях как абсолютно-упругие шары и невзаимодействующих между столкновениями(потенциальной энергией взаимодействия молекул пренебрегаем). Такая модель молекулярной системы называется идеальным газом.

Термодинамические параметры: давление P, объем V и абсолютная температура T идеального газа в любом состоянии связаны между собой согласно уравнению Менделеева – Клапейрона

$$PV = \frac{m}{M}RT, \qquad /33.1/$$

где m - масса газа, M - его молярная масса, R - универсальная газовая постоянная (R = 8,31695· Дж·К$^{-1}$·моль$^{-1}$).

Процессы, протекающие в газах при неизменном значении одного из параметров, называют изопроцессами. Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении называют изобарным. Закон Гей – Люссака: для данной массы газа при постоянном давлении отношение объема газа к его температуре остается постоянным.

$$m = const\ , \quad P = const\ , \quad \frac{V}{T} = const\ . \qquad /33.2/$$

Закон Гей - Люссака справедлив для любых газов и газовых смесей при не очень больших давлениях. Для температур, при которых газы превращаются в жидкость, данный закон не применяется т.к. данная теория справедлива только для идеального газа.

Работа газа при изобарном процессе может быть вычислена по формуле:

$$A = P \cdot (V_2 - V_1) = P\Delta V\ . \qquad /33.3/$$

При сжатии газа, когда $\Delta V<0$, работа газа отрицательна (положительную

работу совершают внешние силы), когда ΔV>0, газ расширяется и совершает положительную работу.

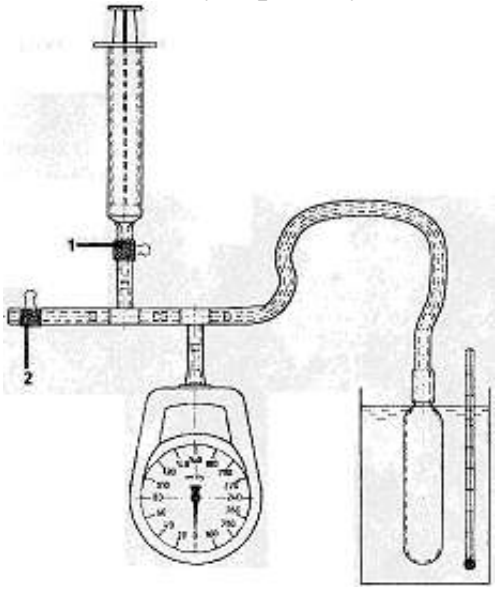


Рис. 33.1

Лабораторный набор «Исследование процессов в газах» Компании ЭДУСТРОНГ (рис. 33.1) представляет собой пластиковый сосуд объемом 40 мл. соединенный длинной трубкой ПВХ (внутренний диаметр 4 мм. длина 25 см.) через тройники и короткие трубки ПВХ (внутренний диаметр 4 мм., длина 4 см) с медицинским манометром и шприцом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для получения первого состояния при комнатной температуре снимите оба зажима и выдвиньте поршень шприца до отметки 2 мл., что соответствует общему начальному объему V_0= 47 мл.
2. Определите атмосферное давление P_0 по барометру-анероиду.
3. Залейте в химический стакан воду, температуру которой измерьте термометром.
4. Поставьте зажим (2) и, опустив сосуд в стакан с горячей водой подождите 1мин. Выдвигая поршень, увеличивайте объем воздуха в системе до тех пор, пока стрелка манометра снова не вернется к нулевой отметке. Изменение объема занесите в таблицу. Поршень необходимо придерживать в каждом положении.
5. С помощью нагревателя измените температуру воды. Проведите измерения по п.4. повторив 5 – 8 раз при разных температурах. Полученные результаты занесите в таблицу.
6. Вычислите значение V_n по формуле:

$$V_n = V_0 + \Delta V_n \qquad /33.4/$$

Результаты занесите в таблицу.
7. По формуле:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \cdots = \frac{V_n}{T_n} \qquad /33.5/$$

проверьте выполнение закона Гей - Люссака.
8.По формуле /33.3/ вычислите работу газа в каждом опыте, результаты вычислений занесите в таблицу.
9. Вычислить относительную погрешность измерений по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{V_{CP}} + \frac{\Delta T}{T_{CP}}, \qquad /33.6/$$

где $\Delta V = 1 \cdot 10^{-6} м^3$, ΔT = (половина минимального деления шкалы термометра) - погрешности измерения объема и температуры.

10. Вычислите абсолютную погрешность измерений по формуле:

$$\Delta\left(\frac{V}{T}\right) = \frac{V_{ср}}{T_{ср}} \cdot \varepsilon \qquad /33.7/$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

T_n, К	$\Delta V_n\ 10^{-6}$, м^3	$V_n\ 10^{-6}$, м^3	V_n / T_n	A_n, Дж

11. Запишите окончательный результат в виде:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_{ср}}{T_{ср}} \pm \Delta\left(\frac{V}{T}\right); \quad \varepsilon = ...\%$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.Что такое идеальный газ? Какие предположения делаются при введении такой модели описания газа?

2.Запишите уравнение Менделеева-Клапейрона состояния идеального газа.

3.Нарисуйте график изобарного процесса в координатах PV, PT, VT.

4.Дайте определение изобарного процесса и запишите закон Гей - Люссака.

5. Температура газа -23^{0}С, чему равна температура этого газа по шкале Кельвина?

6. Температура газа изменилась на 100^{0}С, каково изменение температуры газа по шкале Кельвина?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф.Дмитриева. –М., И.Ц.Академия, 2014. – 446 с.§4.7, 4.8, 4.10

2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - § 70, 71.

3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §24, 27.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 34 - СПО
ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ВОДЫ ОТ ПОВЕРХНОСТНО АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: изучение влияния поверхностно активных веществ на коэффициент поверхностного натяжения воды.

Приборы и принадлежности: цилиндр с делениями и краном (бюретка), мензурки, стакан для сбора воды, колбы с водой, жидкое ПАВ, электронные весы.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Силы взаимодействия между молекулами быстро убывают с увеличением расстояния между ними. Поэтому можно считать, что молекулы взаимодействуют только с ближайшими соседями.

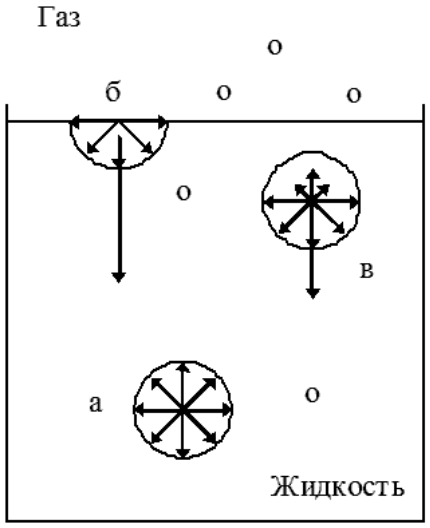


Рис. 34.1

Рассмотрим жидкость, имеющую свободную поверхность (границу раздела фаз жидкость - газ). Молекулы, находящиеся внутри жидкости, окружены соседними со всех сторон симметрично (рис.34.1а). Молекулы, находящиеся в слое толщиной h≈3R вблизи границы раздела фаз жидкость - газ, окружены соседними несимметрично и на них действуют не скомпенсированные силы, направленные внутрь жидкости (рис.34.1б, в).

Перемещение молекулы в поверхностный слой из глубины жидкости будет сопровождаться совершением работы, величина и знак которой зависят от соотношения сил взаимодействия молекулы соседнего слоя с молекулами «своей» и «чужой» среды. В случае границы раздела жидкость - газ эта работа отрицательна, т.к. может совершаться только внешними силами. При этом поверхность будет увеличиваться

$$\Delta A = -\sigma \Delta S . \qquad /34.1/$$

Здесь σ - коэффициент поверхностного натяжения, ΔA=ΔW - работа, необходимая для изотермического увеличения поверхности жидкости на единицу площади или, что тоже самое, свободная энергия единицы поверхности жидкости.

Следовательно, поверхность жидкости обладает избыточной по сравнению с остальной массой жидкости свободной (потенциальной) энергией. Стремясь к минимуму энергии, система, предоставленная самой себе, будет уменьшать свою поверхность до минимально возможной величины (сокращать поверхность). Это означает, что существуют направленные по касательной к поверхности силы поверхностного натяжения $F_н$, стремящиеся сократить (уменьшить) поверхность жидкости, причем

$$\sigma = \frac{\Delta F_н}{\Delta l}, \qquad /34.2/$$

где Δl - длина контура, ограничивающего жидкость. Сила $\Delta F_Н$ перпендикулярна Δl. Отсюда вытекает второе определение коэффициента поверхностного

натяжения: он равен силе, действующей по касательной к поверхности жидкости по нормали к контуру, ограничивающему жидкость, приходящейся на единицу длины контура. Следует заметить, что силы поверхностного натяжения не изменяют своего значения по мере уменьшения площади свободной поверхности жидкости.

При медленном вытекании жидкости из узкой трубы капля отрывается в тот момент, когда сила тяжести и сила поверхностного натяжения равны:

$$F_т = F_н. \qquad /34.3/$$

Сила тяжести равна:

$$F_T = m_0 g\,, \qquad /34.4/$$

где m_0 – масса одной капли, g - ускорение свободного падения.

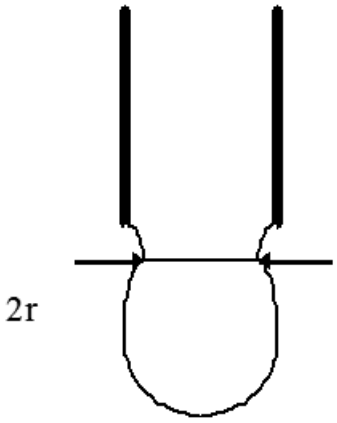


Рис. 34.2

Сила поверхностного натяжения $F_н$ приложена перпендикулярно контуру поперечного сечения шейки капли в момент отрыва (рис.34.2).

$$F_{,H} = \sigma \pi d\,, \qquad /34.5/$$

где d – внутренний диаметр трубы (бюретки).

Приравнивая /34.4/ и /34.5/, получаем формулу для вычисления коэффициента поверхностного натяжения:

$$m_0 g = \sigma \pi d\,; \quad \text{где} \qquad m_0 = \frac{M}{N}\,; \qquad /34.6/$$

где M – масса N капель. Окончательно получаем:

$$\sigma = \frac{Mg}{N \pi d} \qquad /34.6/$$

При увеличении температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается вследствие уменьшения сил межмолекулярного взаимодействия. Коэффициент поверхностного натяжения уменьшается и при добавлении поверхностно активных веществ, например моющих средств. Уменьшают коэффициент поверхностного натяжения также спирты, эфиры, нефть и др. Существуют вещества (сахар, соль), которые увеличивают поверхностное натяжение жидкости благодаря тому, что их молекулы взаимодействуют с молекулами жидкости сильнее, чем молекулы жидкости между собой.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Промойте воронку и бюретку небольшим количеством воды. Использованную воду вылейте.
2. Измерьте штангенциркулем внутренний диаметр бюретки d.
3. Воду, подготовленную для эксперимента разделите, на две части, в одной из которых размешайте ПАВ. Определите массу пустой мензурки на электронных весах.
4. Под кран бюретки поставьте стакан для сбора воды. Медленно открывая кран, добейтесь раздельного падения капель с частотой, удобной для счета (ν = 0,5 ... 1,0 с).

5. Накапайте в пустую мензурку 100 – 200 капель испытуемой жидкости, определите массу мензурки с жидкостью на весах. Определите массу жидкости, находящейся в мензурке.
6. Опыт по п. 5 повторите 5...6 раз. При этом доливайте жидкость (воду) в бюретку после каждого опыта. Между опытами кран бюретки не перекрывайте. Массы воды занесите в таблицу результатов наблюдений.
7. Вычислите среднее значение массы и числа капель по результатам опытов.
8. Вычислите по формуле /34.6/ коэффициент поверхностного натяжения воды, используя среднее значение массы M и числа капель N.
9. Повторите измерения по пунктам 1 - 8 порядка выполнения работы для жидкости с добавлением ПАВ.
10. Сравните полученные значения коэффициентов поверхностного натяжения.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

№	N	Вода без примесей		Вода с ПАВ	
		M, 10^{-3} кг	$M_{ср}$, 10^{-3} кг	$M_{пав}$, 10^{-3} кг	$M_{пав.ср}$, 10^{-3} кг

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается явление поверхностного натяжения?
2. Каков молекулярный механизм поверхностного натяжения?
3. Что такое коэффициент поверхностного натяжения? В каких единицах он измеряется? От чего он зависит?
4. Как и почему изменяется коэффициент поверхностного натяжения при увеличении температуры?
5. Чему равен коэффициент поверхностного натяжения идеального газа?
6. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения при добавлении мыла, соли?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§7.1, 7.2.
2. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - § 30.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 35 - СПО
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ СТОКСА

Цель работы: изучить явление поверхностного натяжения и определить коэффициент поверхностного натяжения дистиллированной воды.

Приборы и принадлежности: цилиндр с делениями и краном (бюретка), стакан, колбы с водой и испытываемой жидкостью.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Силы взаимодействия между молекулами быстро убывают с увеличением расстояния между ними. Поэтому можно считать, что молекулы взаимодействуют только с ближайшими соседями.

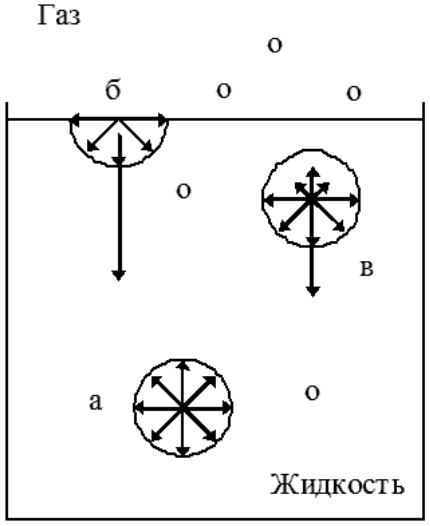


Рис. 35.1

Рассмотрим жидкость, имеющую свободную поверхность (границу раздела фаз «жидкость – газ»). Молекула, находящаяся внутри жидкости, окружена соседними со всех сторон симметрично (рис.35.1а). Молекулы, находящиеся в слое толщиной h≈3R вблизи границы раздела фаз «жидкость – газ», окружены соседними несимметрично, и на них действуют нескомпенсированные силы, направленные внутрь жидкости (рис.35.1б, в).

Перемещение молекулы в поверхностный слой из глубины жидкости будет сопровождаться совершением работы, величина и знак которой зависят от соотношения сил взаимодействия молекулы соседнего слоя с молекулами «своей» и «чужой» среды. В случае границы раздела жидкость - газ эта работа отрицательна, т.к. может совершаться только внешними силами. При этом поверхность будет увеличиваться

$$\Delta A = -\sigma \Delta S \,. \qquad /35.1/$$

Здесь σ - коэффициент поверхностного натяжения, ΔA=ΔW - работа, необходимая для изотермического увеличения поверхности жидкости на единицу площади или, что тоже самое, свободная энергия единицы поверхности жидкости.

Следовательно, поверхность жидкости обладает избыточной по сравнению с остальной массой жидкости свободной (потенциальной) энергией. Стремясь к минимуму энергии, система, предоставленная самой себе, будет уменьшать свою поверхность до минимально возможной величины (сокращать поверхность). Это означает, что существуют направленные по касательной к поверхности силы поверхностного натяжения $F_н$, стремящиеся сократить (уменьшить) поверхность жидкости, причем

$$\sigma = \frac{\Delta F_{,}}{\Delta l}, \qquad /35.2/$$

где Δl - длина контура, ограничивающего жидкость. Сила ΔF_H перпендикулярна Δl. Отсюда вытекает второе определение коэффициента поверхностного натяжения: он равен силе, действующей по касательной к поверхности жидкости по нормали к контуру, ограничивающему жидкость, приходящейся на единицу длины контура (рис. 35.2).

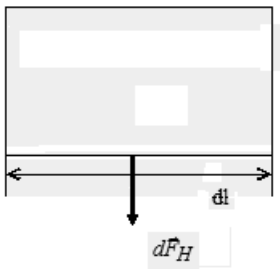


Рис. 35.2

При увеличении температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается вследствие уменьшения сил межмолекулярного взаимодействия.

В работе коэффициент поверхностного натяжения определяется методом отрыва капель (методом Стокса). При медленном вытекании жидкости из узкой трубы капля отрывается в тот момент, когда сила тяжести и сила поверхностного натяжения равны:

$$F_т = F_н. \qquad /35.3/$$

Сила тяжести равна:

$$F_T = mg = \rho_{ж} V_0 g, \qquad /35.4/$$

где V_0 - объем капли, $\rho_ж$ - плотность жидкости, g - ускорение свободного падения.

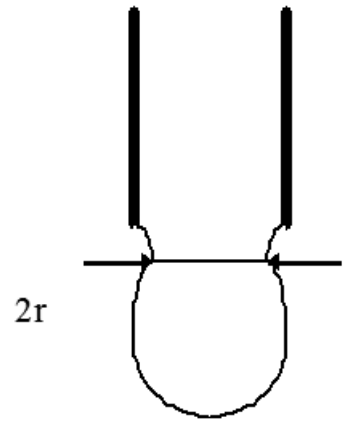


Рис. 35.3

Сила поверхностного натяжения $F_н$ приложена перпендикулярно контуру поперечного сечения шейки капли в момент отрыва (рис. 35.3).

$$F_{,H} = \sigma \pi d, \qquad /35.5/$$

где d – внутренний диаметр бюретки. Приравнивая /35.4/ и /35.5/, получаем формулу для вычисления коэффициента поверхностного натяжения:

$$\rho_{ж} V_0 g = \sigma \pi d; \text{ где } \quad V_0 = \frac{V}{N_в} \qquad /35.6/$$

- объем одной капли. Окончательно получаем:

$$\sigma = \frac{\rho_{ж} V g}{N_в \pi d} \qquad /35.7/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Промойте воронку и бюретку небольшим количеством воды. Использованную воду вылейте.
2. С помощью штангенциркуля измерьте внутренний диаметр бюретки d.
3. Налейте в бюретку воду. Под кран бюретки поставьте стакан для сбора воды.
4. Медленно открывая кран, добейтесь раздельного падения капель с частотой, удобной для счета (ν = 0,5 ... 1,0 с).

5. Определите количество капель N_B, соответствующих вытеканию определенного постоянного во всех опытах количества жидкости ($V_i \sim 2 \cdot 10^{-6}$ м^3).
6. Опыт по п. 4 повторите 5...6 раз. При этом доливайте жидкость (воду) в бюретку после каждого опыта. Между опытами кран бюретки не перекрывайте. Количество капель N_B занесите в таблицу результатов наблюдений.
7. Вычислите среднее значение количества капель по результатам опытов.
8. Вычислить по формуле /35.7/ коэффициент поверхностного натяжения воды, используя данные таблицы 1 и среднее значение числа капель.

Таблица 3

Плотности воды $\rho_в$ при различных температурах

Т, К	277	283	288	293	298	303	308
$\rho_в$, 10^3 кг м^3	1,0000	0,99973		0,99823		0,99567	

9.Вычислите среднюю абсолютную погрешность и среднюю относительную погрешность по формулам /35.8/, /35.9/ соответственно:

$$\Delta N_{ср} = t_{\alpha n}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta N_i^2}{n(n-1)}}, \qquad /35.8/$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{\Delta N_{ср}}{N_{ср}}\right)^2} \qquad /35.9/$$

При этом погрешностями табличных значений можно пренебречь ввиду их малости. Значение надежности выбирается α=0,95 или по заданию преподавателя, а значение коэффициента $t_{\alpha n}$ выбирается по таблице, имеющейся в аудитории. Результат записать в виде: $\sigma = \sigma \pm \Delta\sigma$ =.....±.....10^{-2} Н/м; ε = …%

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

n	N_B	ΔN_B	ΔN_B^2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.В чем заключается явление поверхностного натяжения?
2.Каков молекулярный механизм поверхностного натяжения?
3.Дайте определение коэффициента поверхностного натяжения? В каких единицах он измеряется? От чего он зависит?
4.Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения при увеличении температуры?
5.Чему равен коэффициент поверхностного натяжения идеального газа?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§7.1, 7.2.
2. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - § 30.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 36 - СПО
ПРОВЕРКА ЗАКОНА ШАРЛЯ

Цель работы: изучение связи термодинамических величин, при изохорном процессе в идеальном газе

Приборы и принадлежности: пластиковый сосуд, медицинский манометр, шприц с оцифрованной шкалой, зажимы, соединительные трубки, тройники.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном объеме называют изохорным.

Закон Шарля: для данной массы газа при постоянном объеме отношение давления газа к его температуре постоянно.

$$m = const\ ,\ \ V = const\ ,\ \ \frac{P}{T} = const\ . \qquad /36.1/$$

Закон Шарля справедлив для любых газов и газовых смесей при не очень больших давлениях. Увеличение давления газа в любой емкости или в электрической лампочке при нагревании является изохорным процессом.

При расширении или сжатии газ совершает работу, что связано с изменением его внутренней энергии. При изохорном процессе объем газа не меняется, и говорить о расширении или сжатии нельзя, поэтому при изохорном процессе газ работу не совершает.

Лабораторный набор «Исследование процессов в газах» Компании ЭДУСТРОНГ представляет собой пластиковый сосуд объемом 40 мл., соединенный длинной трубкой ПВХ (внутренний диаметр 4 мм. длина 25 см.) через тройники и короткие трубки ПВХ (внутренний диаметр 4 мм., длина 4 см) с медицинским манометром и шприцом.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для получения первого состояния при комнатной температуре, снимите оба зажима и шприц. Объем системы без шприца V_0 = 45 мл., воздух находится при комнатной температуре T_0 и атмосферном давлении.
2. Определите атмосферное давление по барометру анероиду P_0.
3. Залейте в химический стакан воду, температуру которой измерьте термометром.

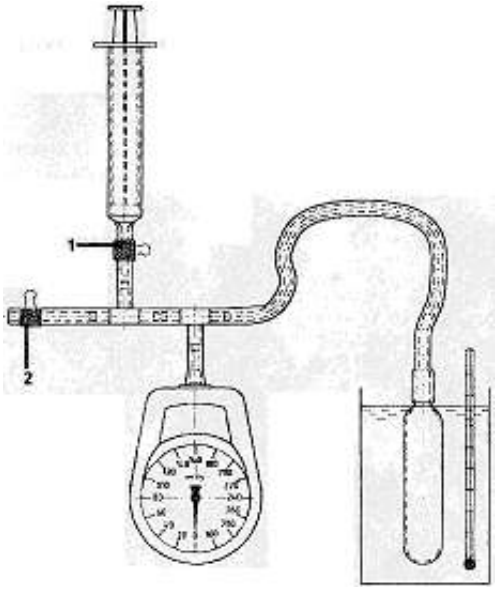


Рис. 36.1

4. Поставьте оба зажима на концы открытых трубок, шприц не устанавливайте т.к. объем должен оставаться постоянным, и опустив сосуд в стакан с горячей водой подождите 30 сек. Показания манометра занесите в таблицу результатов наблюдений.
5. С помощью нагревателя измените температуру воды. Проведите измерения по п. п. 3 - 4 повторив 5 – 8 раз при разных температурах. Полученные результаты занесите в таблицу результатов наблюдений.
6. Вычислите значение P_n по формуле:

$$P_n = P_0 + \Delta P_n \qquad /36.2/$$

Результаты занесите в таблицу, переведя их в Па (1мм.рт.ст. – 133,3 Па).

7. По формуле:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \cdots = \frac{P_n}{T_n} \qquad /36.3/$$

проверьте выполнение закона Шарля.
8. Постройте график зависимости P = f (T).

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

T_n, К	ΔP_n, 10^5 Па	P_n, 10^5 Па	P_n / T_n

9. Вычислите относительную погрешность измерений по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta P}{P_{ср}} + \frac{\Delta T}{T_{ср}}; \qquad /36.4/$$

где ΔP = 1 мм.рт.ст. ΔT = (половина минимального деления шкалы термометра) – абсолютные погрешности измерения давления и температуры.
10. Вычислите абсолютную погрешность измерений по формуле:

$$\Delta\left(\frac{P}{T}\right) = \frac{P_{ср}}{T_{ср}} \cdot \varepsilon \qquad /36.5/$$

11. Запишите окончательный результат в виде:

$$\frac{P}{T} = \frac{P_{ср}}{T_{ср}} \pm \Delta\left(\frac{P}{T}\right) = \qquad \pm \qquad ; \qquad \varepsilon = ...\%$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое идеальный газ? Какие предположения делаются при введении такой модели описания газа?
2. Запишите уравнение Менделеева-Клапейрона состояния идеального газа.
3. Нарисуйте график изохорного процесса в координатах PV, PT, VT.
4. Дайте определение изохорного процесса и запишите закон Шарля.
5. Температура газа -200^{0}C, чему равна температура этого газа по шкале Кельвина?
6. Температура газа изменилась на 20^{0}C, каково изменение температуры газа по шкале Кельвина?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§4.7, 4.8, 4.10;
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - § 70, 71.
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §24, 27.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 37 - СПО
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Цель работы: изучение явления теплового расширения твердого тела и определение коэффициента теплового расширения.

Приборы и принадлежности: испытуемые стержни из различных материалов (сталь, медь, латунь, алюминий, стекло), трубчатый нагреватель с кронштейном (дилатометр), индикатор малых перемещений (микрометрическая головка), пробирки с водой, штангенциркуль, термометр.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Газы, жидкости и твердые тела как фазы вещества обычно различают по их физическим свойствам. Различия этих свойств, кроме внешних условий и химического состава, обусловлены структурой вещества независимо от того, состоит оно из молекул, атомов или ионов. Фазовые состояния различают, прежде всего, по степени упорядоченности расположения структурных единиц вещества в пространстве.

В газе структурные единицы движутся полностью хаотично, что обусловлено большой величиной кинетической энергии структурных единиц по сравнению с потенциальной энергией их взаимодействия. В жидкости имеет место ближний порядок, когда на расстоянии порядка 1.....100 радиусов атомов (молекул, ионов) эти структурные единицы расположены упорядочено. При этом

структурные единицы обладают большей потенциальной энергией притяжения друг к другу чем кинетической энергией поступательного движения. По степени упорядочения структурных единиц к жидкостям примыкают аморфные тела (стёкла, полимеры), которые иногда ошибочно считают твердыми телами.

В твердых или кристаллических телах (реальных кристаллах) имеет место как ближний, так и дальний порядок, т.е. структурные единицы, расположенные упорядоченно в области размером 10^5.....10^7 межатомных расстояний. При этом структурные единицы совершают колебательные движения вокруг упорядоченно расположенных положений равновесия.

Различные величины межатомных расстояний в различных направлениях обуславливают анизотропию - различие физических свойств кристаллов в различных направлениях. В поликристаллических твердых телах их физические свойства усреднены вследствие того, что кристаллографические направления отдельных зерен ориентированы в пространстве хаотически.

Длина твердого тела, складывающаяся из расстояний между молекулами,

$$L = nr_{CP} \qquad /37.1/$$

при нагревании изменяется. При фазовом переходе вследствие изменения структуры и межатомных расстояний, длина твердого тела также изменяется. Поэтому измерения теплового расширения позволяют судить об изменении межатомных расстояний и структуры кристаллических тел.

У большинства веществ в температурной области существования одной фазы длина образца зависит от температуры линейно и обычно увеличивается

$$L = L_0 + L_0\alpha(T - T_0), \qquad /37.2/$$

где T_0 - некоторая начальная температура (комнатная или 273 К), $\alpha = \dfrac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$ - коэффициент линейного расширения, равный относительному удлинению тела при нагревании на 1 К, L_0 - начальная длина тела, L- длина тела при температуре Т.

Коэффициент линейного расширения определяют с помощью дилатометров. Используемый в данной работе простейший дилатометр состоит из трубчатого нагревателя, в который помещается пробирка с водой и стержнем из испытуемого материала, и устанавливаемого на кронштейне индикатора малых перемещений (микрометрической головки).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Поместите испытуемый стержень в пробирку с водой на 3....5 мин. (до установления теплового равновесия), после чего измерьте начальную длину стержня L_0 штангенциркулем. Начальную температуру воды T_0 измерьте термометром.

2. Поместите пробирку с водой и стержнем в нагреватель. Приведите в контакт со стержнем микрометрическую головку, для чего оттяните шток индикатора вверх, установите индикатор над стержнем, повернув кронштейн, и опустите

шток на конец стержня. Поверните шкалу индикатора до совмещения стрелки с нулевым делением, постукивая при этом по корпусу прибора.

3. Включите нагреватель и после закипания воды в пробирке и наступления теплового равновесия, измерьте абсолютное удлинение $L\text{-}L_0=l$. При этом температура образца равна температуре кипения воды T_K=373 К. Данные занесите в таблицу результатов наблюдений.

4. Произведите измерения по пп.1-3 со стержнями из других материалов.

5. Рассчитайте значения коэффициента линейного расширения по формуле

$$\alpha = \frac{l}{L_0 (T_K - T_0)}. \qquad /37.3/$$

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Материал	$L_0,10^{-2}$ м	$\Delta L_0,10^{-2}$ м	$1,10^{-5}$м	$\Delta 1,10^{-5}$м	T_0,К	Т,К	ΔТ,К

6. Рассчитайте относительную погрешность измерения коэффициента линейного расширения по формуле:

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \frac{\Delta T_R^2 + \Delta T_0^2}{T_K - T_0}}. \qquad /37.4/$$

Т.к. все измерения проводятся один раз, то за абсолютные погрешности измерения длины стержня, абсолютного удлинения стержня и температуры принимается половина цены деления соответствующего прибора:

$$\Delta L = 5\ 10^{-4}\ \text{м}, \quad \Delta l = 5\ 10^{-6}\ \text{м}, \quad \Delta T = 0.25\ \text{К}.$$

Абсолютную погрешность измерения коэффициента линейного расширения вычислите по формуле

$$\Delta\alpha = \varepsilon_\alpha \alpha. \qquad /37.5/$$

Результат выполнения лабораторной работы запишите в виде

$$\alpha = \alpha_{CP} \pm \Delta\alpha_{CP} = \quad \pm \quad ; \quad \varepsilon = ...\%$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем состоит структурное различие между фазовыми состояниями вещества?
2. Какие свойства веществ обусловлены их фазовыми и структурными различиями?
3. Напишите формулу зависимости длины тела от температуры.
4. Дайте определение коэффициента линейного расширения тела. В каких единицах он измеряется?
5. От чего зависит коэффициент линейного расширения тела?

ЛИТЕРАТУРА
1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§8.4.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - §
3. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика 10 кл.: Учебник базового уровня для общеобразоват. учебн. заведений. – 2-е изд.- М.: Илекса, 2006. - §

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 38 - СПО.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД НАГРЕВАТЕЛЯ

Цель работы: определение коэффициента полезного действия электроприбора.

Приборы и материалы: Электрический чайник, мерный цилиндр, термометр, секундомер.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Коэффициент полезного действия (КПД) электроприбора равен отношению полезной энергии к затраченной

$$\eta = \frac{Q_П}{W_З} \qquad /38.1/$$

Полезная энергия равна количеству теплоты, затраченному на нагревание воды в чайнике

$$Q_П = mc(T_К - T_Н) \qquad /38.2/$$

где m – масса воды в чайнике, c – удельная теплоемкость воды, $T_К$, $T_Н$ - конечная и начальная температура воды.

Затраченная энергия может быть определена через мощность чайника P и время нагревания Δt

$$W_З = P\Delta t \qquad /38.3/$$

Откуда

$$\eta = \frac{mc(T_К - T_Н)}{P\Delta t} \qquad /38.4/$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По паспортным данным определите электрическую мощность электрочайника Р.
2. С помощью мерного цилиндра налейте в чайник воду объёмом V ~ 1 л. Масса воды в килограммах будет численно равна объему в литрах. Теплоем-

кость воды возьмите из таблицы 13 в приложении. Занесите мощность, массу и теплоемкость в таблицу результатов наблюдений.

3. Измерьте с помощью термометра начальную температуру воды T_H .

4. Включите чайник в электрическую сеть и нагрейте воду до кипения. Определите по таблице 14 температуру кипения воды $T_К$.

5. Определите промежуток времени нагревания воды Δt по секундомеру.

6. Повторите измерения по п.2-5 4-5 раз

7. Используя данные измерений, вычислите КПД электрочайника по формуле /38.4/.

8. Найдите среднее значение КПД электрочайника.

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

P, Вт	V, л	C, Дж/кг К	$T_Н$, ^oC	$T_К$, ^oC	Δt,c	η

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение КПД электроустановки.
2. Запишите формулу количества теплоты при нагревании.
3. Как рассчитать количество теплоты, выделяющегося в проводнике при протекании по нему тока, зная сопротивление этого проводника?
4. Почему спираль электрочайника изготавливают из проводника большой площади сечения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник для среднего профессионального образования / В.Ф. Дмитриева. –М., И.Ц. Академия, 2014. – 446 с.§3.4,5.4,;

2. Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н.Сотский. – 14-е изд. – М.: Просвещение, 2005. - § 43, 76, 104.

Учебное издание

Леонтьев Николай Георгиевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Белоусов Александр Васильевич
канд. физ. мат. наук, доцент
Гуриненко Людмила Александровна
канд. техн. наук, доцент
Портаков Александр Борисович
канд. техн. наук, доцент

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММАМ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Часть 3. Молекулярная физика и термодинамика

Редакция авторская

Объём ЭИ: 0,785 Мб.
Формат ЭИ: Portable Document Format (PDF).

© Азово-Черноморский инженерный институт
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. ЗЕРНОГРАД Ростовской области, ул. Ленина,21