

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Н.В.Тесля

ФИЗИКА

Методические указания к лабораторному практикуму

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2010

УДК 53(076.32)
ББК 22.3я73
Т36

Рецензент – преподаватель высшей категории кафедры электронной техники
и физики И.А. Киреев

Т36 **Тесля, Н.В.**
Физика: методические указания к лабораторному практикуму
Н.В. Тесля; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2010. – 71 с.

Методические указания предназначены для студентов колледжа, обучающихся по специальностям 080501.51 - Менеджмент, 210308.51 - Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники, 230105.51 - Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем для выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Физика».

УДК 53(076.32)
ББК 22.3я73

© Тесля Н. В., 2010
© ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение.....	5
1 Теоретическая часть к лабораторной работе № 1. Проверка закона Бойля-Мариотта.....	7
2 Практическая часть лабораторной работы № 1.....	8
3 Тесты для защиты лабораторной работы № 1.....	11
4 Теоретическая часть к лабораторной работе № 2.Определение абсолютной и относительной влажности воздуха.....	18
4.1 Влажность воздуха.....	19
5 Практическая часть к лабораторной работе № 2.....	20
6 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2.....	21
7 Теоретическая часть к лабораторной работе № 3.Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.....	22
7.1 Характеристика жидкого состояния вещества.....	22
8 Практическая часть к лабораторной работе № 3.....	27
9 Тесты для защиты лабораторной работы.....	28
10 Теоретическая часть к лабораторной работе № 4.Определение коэффициента линейного расширения твердого тела.....	36
10.1 Понятие о тепловом расширении тел.....	36
10.2 Линейное расширение твердых тел при нагревании.....	37
10.3 Объемное расширение тел при нагревании. Зависимость плотности вещества от температуры.....	39
10.4 Особенности теплового расширения твердых тел.....	41
10.5 Некоторые особенности теплового расширения жидкостей.....	43
10.6 Значение теплового расширения тел в природе и технике.....	44
11 Практическая часть лабораторной работы № 4.....	46
12 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4.....	47

13 Теоретическая часть практической работы № 5.Определение удельного сопротивления проводника.....	48
13.1 Закон Ома для участка цепи без э. д. с. Сопротивление проводника. Падение напряжения.....	48
13.2 Зависимость сопротивления от материала, длины, площади и поперечного сечения проводника.....	51
14 Практическая часть лабораторной работы № 5.....	52
15 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 5.....	54
16 Теоретическая часть к лабораторной работе № 6.Определение э.д.с. и сопротивления источника тока.....	55
16.1 Внешняя и внутренняя части цепи.....	55
17 Практическая часть к лабораторной работе № 6.....	59
18 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6.....	60
19 Теоретическая часть к лабораторной работе № 7.Исследование зависимости мощности потребляемой лампой накаливания от напряжения.....	61
19.1 Работа электрического тока.....	61
19.2 Мощность электрического тока.....	63
19.3 Тепловое действие электрического тока.....	65
19.4 Короткое замыкание. Практическое применение теплого действия тока.....	66
20 Практическая часть к лабораторной работе № 7.....	68
21 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7.....	70
Список использованных источников.....	71

Введение

Методические указания содержат теоретический материал в объеме курса физики, изучаемого студентами средних профессиональных учебных заведений. Содержание и расположение материала соответствует государственному стандарту общего образования Министерства образования и науки Российской Федерации. Изложение материала ведется на основе международной системы единиц (СИ).

Физика оказывает большое влияние на другие науки и различные области техники, поэтому изучение теоретического материала, закрепляемого лабораторными экспериментами, создает базу для профессиональной подготовки студентов колледжа. В лабораторный практикум включены задания для самостоятельной работы, что позволяет исключить формальное усвоение учебного материала и научить применять его для практических целей. Для облегчения работы над заданиями, параграфы, там, где это целесообразно, разбиты на небольшие части. Методические указания будут полезны студентам как при изучении курса физики, так и при подготовке к экзаменам.

Методические указания к лабораторному практикуму состоят из семи разделов, в каждом из которых рассматривается одна лабораторная работа. Методические указания строятся следующим образом.

Первый раздел включает в себя теоретическую часть работы, которая состоит из вывода и объяснения изотермического процесса; практическую часть, в которой последовательно описывается порядок снятия опытных замеров и выполнения теоретических расчетов. Проверочные тесты включают в себя вопросы по свойствам газов. В ходе работы приобретаются знания темы «Газовые законы», закрепляются теоретические выводы конкретными опытами.

Во втором разделе рассматривается тема «Влажность воздуха». В ходе работы приобретаются знания по свойствам паров, приобретаются умения определять влажность воздуха.

В третьем разделе рассматривается тема «Свойства жидкостей», раскрываются свойства поверхностного слоя жидкости. В ходе работы, закрепляются знания тео-

ретического материала и приобретаются умения определять коэффициент поверхностного слоя жидкости используя специальное оборудование.

Четвертый раздел охватывает тему «Свойства твердых тел». В ходе работы приобретаются знания темы курсу «Линейное и объемное расширение твердых тел».

Пятый раздел охватывает тему «Законы постоянного тока». В ходе работы приобретаются знания по курсу «Сопротивление проводников».

В шестом разделе рассматривается тема «Законы постоянного тока». В ходе работы приобретаются знания по курсу «Замкнутая электрическая цепь».

Седьмой раздел направлен на изучение темы «Законы постоянного тока». В ходе работы приобретаются знания по курсу «Работа и мощность электрического тока».

Все теоретические выводы закрепляются конкретными опытами, что позволяет студенту наглядно представить, что получится после применения тех или иных теоретических знаний.

1 Теоретическая часть к лабораторной работе № 1. Проверка закона Бойля-Мариотта

Процессы, при которых масса газа и один из его параметров остаются постоянными, называются изопроцессами (от греческого «изос» — равный, одинаковый).

Поскольку имеется три параметра газа давление, объем и температура, существует три различных изопроцесса.

Процесс в газе, который происходит при постоянной температуре, называется изотермическим.

Изотермический процесс в газе был изучен английским ученым Р. Бойлем и французским ученым Э. Мариоттом. Установленная ими опытным путем связь получается непосредственно из формулы объединенного газового закона после сокращения на температуру T :

$$\frac{pV}{T} = \text{const.} \quad \text{или} \quad \frac{V_0 p_0}{T_0} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \quad (1)$$

где p – давление газа;

V – объем газа;

T – температура.

$$p_1 T = p_2 T_2 \quad \text{или} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}, \quad (2)$$

Формула (2) является математическим выражением закона Бойля-Мариотта: при постоянной массе газа и неизменной температуре давление газа обратно пропорционально его объёму. Иначе говоря, в этих условиях произведение объёма газа на соответствующее давление есть величина постоянная, то есть:

$$pV = \text{const}, \quad (3)$$

График зависимости p от V при изотермическом процессе в газе представляет собой гиперболу и называется изотермой. На рисунке 1 изображены три изотермы для одной и той же массы газа, но при разных температурах T . Отметим еще, что из формулы (2) непосредственно вытекает, что при изотермическом процессе плотность газа изменяется прямо пропорционально давлению:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad (4)$$

где ρ - плотность газа.

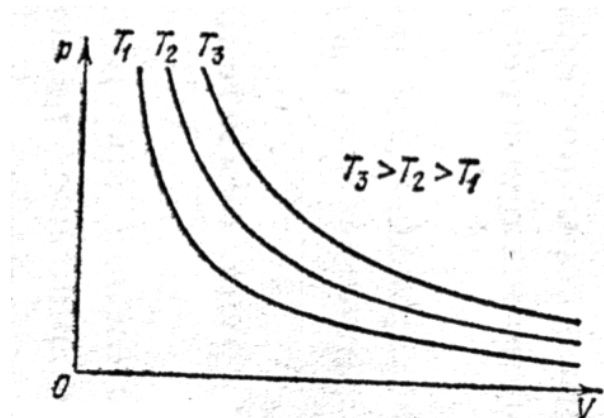


Рисунок 1- Изотермы для одной и той же массы идеального газа при разных температурах

2 Практическая часть лабораторной работы № 1

Цель работы: Убедиться в справедливости $PV = \text{const}$ при изотермическом процессе.

Оборудование: Мензурка, стеклянная трубка, измерительная линейка.

Порядок выполнения работы:

- 1) заполнить мензурку водой;
- 2) измерить высоту воздушного столба в стеклянной трубке, т.к. сечение трубки одинаково, то $L_1 \approx V_1$ (мм³) (рисунок 2):

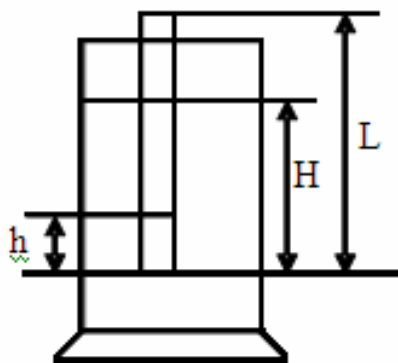


Рисунок 2 - Стеклянная трубка в мензурке

- 3) измерить барометром атмосферное давление P_1 ;
- 4) опустить трубку открытым концом в мензурку, измерить высоту воздушного столба $L \approx V_2$ (мм³);
- 5) вычислить давление воздуха в трубке по формуле:

$$P_2 = P_1 + \frac{H}{13,6} \text{ мм.рт.ст.}, \quad (5)$$

- 6) измерить глубину погружения трубки, повторить пункты 4, 5;
- 7) рассчитать произведение давления на объём трёх измерений;
- 8) результат измерений внести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты опытных замеров и расчетов

№ опыта	V, мм ³	P, мм.рт.ст.	P V	(PV) _{ср.}	Δ PV	Δ PV _{ср.}	σ
1	V ₁	P ₁	P ₁ V ₁		Δ P ₁ V ₁		
2	V ₂	P ₂	P ₂ V ₂		Δ P ₂ V ₂		
3	V ₃	P ₃	P ₃ V ₃		Δ P ₃ V ₃		

9) Рассчитать погрешность при измерениях;

$$(PV)_{cp} = \frac{P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3}{3}, \quad (6)$$

где $(PV)_{cp}$ – среднее значение произведения давления на объем.

$$\Delta PV_{cp} = \frac{|\Delta P_1 \cdot V_1| + |\Delta P_2 \cdot V_2| + |\Delta P_3 \cdot V_3|}{3}, \quad (7)$$

где ΔPV_{cp} – среднее значение арифметической погрешности, в результате трех опытов.

Арифметическую погрешность в каждом опыте определяем по формулам (8), (9), (10):

$$\Delta P_1V_1 = (PV)_{cp} - P_1V_1, \quad (8)$$

$$\Delta P_2V_2 = (PV)_{cp} - P_2V_2, \quad (9)$$

$$\Delta P_3V_3 = (PV)_{cp} - P_3V_3, \quad (10)$$

где ΔPV - арифметическая погрешность в каждом из трех опытов.

Величину относительной погрешности рассчитываем следующим образом:

$$\sigma = \frac{\Delta PV_{cp} \cdot 100\%}{(PV)_{cp}}, \quad (11)$$

где σ - относительная погрешность, %.

3 Тесты для защиты лабораторной работы № 1

Таблица 2 - Вариант 1

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Формула объединенного газового закона	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$
2) Как называется процесс в газе, протекающий при постоянном давлении?	Адиабатный процесс	Изотермический процесс	Изохорический процесс	Изобарический процесс
3) Температура газа 18 °С. По термодинамической шкале это?	291 К	301 К	375 К	108 К
4) Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	$= n_0 kT$	$= \frac{2}{3} n_0 E_{\text{посл}}$	$= \frac{3}{2} kT$	$= n_0 NT$
5) Какому закону подчиняется изохорический процесс?	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Шарля	Закону Гей-Люссака	Закону Бойля-Мариотта
6) Связь между давлением газа и его абсолютной температурой	$= n_0 NT$	$= \frac{2}{3} n_0 T$	$= \frac{3}{2} kT$	$= n_0 kT$
7) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
8) Какой процесс в газе называется изотермическим?	Процесс в газе, протекающий без обмена энергией с окружающей средой	Процесс в газе, который протекает при неизменном и постоянном объеме	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянной температуре	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном давлении
9) Формула изобарического процесса	$\frac{P_1}{V_1} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Таблица 3 - Вариант 2

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Формула изобарического процесса	$V_1 P_1 = V_2 P_2$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$
2) Какой процесс в газе называется изотермическим?	Процесс в газе, протекающий без обмена энергией с окружающей средой	Процесс в газе, который протекает при неизменном объеме	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянной температуре	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном давлении
3) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
4) Связь между давлением газа и его абсолютной температурой.	$= n_0 N T$	$= \frac{2}{3} n_0 T$	$= \frac{3}{2} K T$	$= n_0 K T$
5) Какому закону подчиняется изохорический процесс?	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Шарля	Закону Гей-Люссака	Закону Бойля-Мариотта
6) Уравнение Менделеева-Клапейрона	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{VP}{T} = const$	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{VP}{T} = \frac{mVK}{M}$
7) Температура газа 25°C . По термодинамической шкале это?	10 К	298 К	375 К	108 К
8) Как называется процесс в газе, протекающий при постоянном давлении?	Адиабатный процесс	Изотермический процесс	Изохорический процесс	Изобарический процесс
9) Формула объединенного газового закона	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Таблица 4 - Вариант 3

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Какой формулой можно определить объем газа при нормальных условиях?	$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$	$\frac{P V_0}{V} = \frac{T_0 P_0}{T}$	$\frac{V_0 T_0}{P} = \frac{P_0 T}{V}$	$\frac{V_0 T_0}{P} = \frac{P T}{V}$
2) Какому закону подчиняется изохорический процесс?	Закону Шарля	Закону Бойля-Мариотта	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Гей-Люссака
3) Формула объединенного газового закона.	$VP = const$	$\frac{V}{T} = const$	$\frac{VP}{T} = const$	$\frac{PT}{V} = const$
4) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
5) Температура газа 20 °С. По термодинамической шкале это?	293 К	301 К	375 К	108 К
6) Формула изохорического процесса	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2}$
7) Как называется процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном объеме?	Изотермический процесс	Адиабатный процесс	Изобарический процесс	Изохорический процесс
8) Какой процесс в газе называется изобарическим процессом?	Процесс в газе, протекающий при без обмена энергией с окружающей средой	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном давлении	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном объеме	Процесс в газе, протекающий при постоянной массе и неизменяемой температуре
9) Уравнение Менделеева-Клапейрона	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{PT}{V} = \frac{mV}{M}$	$\frac{VT}{P} = \frac{mR}{M}$	$\frac{VP}{T} = \frac{mR}{M}$

Таблица 5 - Вариант 4

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Температура газа 28 °С. По термодинамической шкале это?	10 К	301 К	375 К	108 К
2) Формула изотермического процесса	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$
3) Как называется процесс в газе, протекающий при постоянном давлении?	Изотермическим процессом	Адиабатным процессом	Изохорическим процессом	Изобарическим процессом
4) Уравнение Менделеева-Клапейрона.	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{VP}{T} = const$	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{VP}{T} = \frac{mVK}{M}$
5) Какой процесс в газе при неизменной массе называется изохорическим?	Процесс в газе, который протекает при неизменной массе и постоянном объеме	Процесс в газе, который протекает при постоянной массе и неизменном давлении	Процесс в газе, который протекает при постоянной массе и неизменной температуре	Процесс в газе, который протекает без обмена энергией с окружающей средой
6) Связь между кинетической энергией молекулы и абсолютной температурой	= n_0KT	= $\frac{2}{3}n_0E_{ном}$	= $\frac{3}{2}KT$	= n_0NT
7) Какому закону подчиняется изохорический процесс?	Закону Бойля-Мариотта	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Шарля	Закону Гей-Люссака
8) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
9) Формула объединенного газового закона	$\frac{VP}{T} = const$	$VP = const$	$\frac{VT}{P} = const$	$\frac{PV}{T} = const$

Таблица 6 - Вариант 5

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов	$= n_0 k T$	$= \frac{2}{3} n_0 E_{\text{осст}}$	$= \frac{3}{2} k T$	$= n_0 N T$
2) Температура газа 8 °С. По термодинамической шкале это?	10 К	301 К	375 К	281 К
3) Формула объединенного газового закона	$\frac{VP}{T_1} = const$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_1}{P_2}$	$\frac{PV}{T} = const$	$VP = const$
4) Какому закону подчиняется изотермический процесс?	Закону Гей-Люссака	Закону Бойля-Мариотта	Закону Шарля	Закону Менделеева-Клапейрона
5) Формула изобарического процесса	$\frac{P_1}{V_1} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$
6) Какой процесс в газе называется изохорическим процессом?	Процесс в газе протекает при постоянном объеме	Процесс в газе, который протекает без обмена энергией с окружающей средой	Процесс, происходящий при постоянной температуре	Процесс, происходящий при постоянном давлении
7) Уравнение Менделеева-Клапейрона	$\frac{PV_0}{T} = \frac{PV}{T}$	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{PM}{TB} = M \cdot R$	$\frac{PV}{T} = const$
8) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
9) Как называется процесс в газе, который протекает при неизменной массе и постоянном давлении	Адиабатным процессом	Изохорическим процессом	Изотермическим процессом	Изобарическим процессом

Таблица 7 - Вариант 6

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Формула изохорического процесса	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$V_1P_1=V_2P_2$
2) Какому закону подчиняется изотермический процесс	Закону Гей-Люссака	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Шарля	Закону Бойля-Мариотта
3) Какой процесс в газе называется изобарическим?	Процесс, происходящий без обмена теплом с окружающей средой	Процесс в газе протекает при постоянном объеме	Процесс, происходящий при постоянном давлении	Процесс, происходящий при постоянной температуре
4) Формула объединенного газового закона	$\frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2}$	$\frac{P_1T_1}{V_1} = \frac{P_2T_2}{V_2}$	$\frac{V_1T_1}{P_1} = \frac{V_2T_2}{P_2}$	$V_1P_1=V_2P_2$
5) Температура газа 48 °С. По термодинамической шкале это?	321 К	301 К	375 К	108 К
6) Связь между давлением и температурой для данной массы газа	$= n_0 NT$	$= \frac{2}{3} n_0 T$	$= \frac{3}{2} KT$	$= n_0 KT$
7) Нормальные условия для газа	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0=273 \text{ К}$ $P_0=10\text{Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1\text{Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
8) Как называется процесс, происходящий при постоянной массе и неизменном объеме?	Изотермическим процессом	Изобарическим процессом	Изохорическим процессом	Адиабатным процессом
9) Уравнение Менделеева-Клапейрона	$\frac{VP}{T} = const$	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{V_0P_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$	$\rho = \frac{PM}{RT}$

Таблица 8 - Вариант 7

Вопросы	Ответы			
	1	2	3	4
1) Формула объединенного газового закона	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$
2) Как называется процесс в газе, протекающий при постоянном давлении?	Адиабатный процесс	Изотермический процесс	Изохорический процесс	Изобарический процесс
3) Температура газа 18 °С. По термодинамической шкале это?	291 К	301 К	375 К	108 К
4) Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 10 \text{ Па}$	$T_0 = 273 \text{ К}$ $P_0 = 1 \text{ Па}$	$T_0 = 0 \text{ К}$ $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
5) Какому закону подчиняется изохорический процесс?	Закону Менделеева-Клапейрона	Закону Шарля	Закону Гей-Люссака	Закону Бойля-Мариотта
6) Связь между давлением газа и его абсолютной температурой	$= n_0 N T$	$= \frac{2}{3} n_0 T$	$= \frac{3}{2} k T$	$= n_0 k T$
7) Уравнение Менделеева-Клапейрона	$\frac{VP}{T} = const$	$\frac{PV}{T} = \frac{mR}{M}$	$\frac{V_0 P_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$	$\rho = \frac{PM}{RT}$
8) Какой процесс в газе называется изотермическим?	Процесс в газе, протекающий без обмена энергией с окружающей средой,	Процесс в газе, который протекает при неизменном и постоянном объеме,	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянной температуре,	Процесс в газе, протекающий при неизменной массе и постоянном давлении,
9) Формула изобарического процесса	$\frac{P_1}{V_1} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$	$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

4 Теоретическая часть к лабораторной работе № 2. Определение абсолютной и относительной влажности воздуха

Парообразованием называется процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Парообразование, происходящее при любой температуре со свободной поверхности жидкости, называется испарением. Совокупность молекул, вылетевших из жидкости при парообразовании, называется паром данной жидкости. Образование пара происходит не только у жидкостей, но и у твердых тел.

Из поверхностного слоя жидкости вылетают молекулы, которые обладают наибольшей скоростью и кинетической энергией теплового, хаотического движения, поэтому в результате испарения жидкость охлаждается.

Мерой процесса парообразования является скорость парообразования — количество жидкости, переходящей в пар за единицу времени с единицы площади поверхности жидкости.

Охлаждение при испарении жидкостей имеет большое практическое значение. Например, при перевозке скоропортящихся продуктов для охлаждения вагонов в специальных устройствах испаряют жидкий аммиак или жидкую двуокись углерода. Испарение жидкого аммиака в змеевиках холодильных установок используется для получения льда. Змеевики проходят через раствор соли и охлаждают его ниже 0 °С. В растворе соли помещаются формы из листовой стали, наполненные водой. Куски льда образуются в этих формах, омываемых охлажденным раствором.

Если процесс парообразования происходит в закрытом сосуде, то по истечении некоторого времени количество жидкости перестает убывать, хотя молекулы жидкости, способные покинуть ее поверхность, продолжают переходить в пар. В этом случае, наряду с процессом парообразования, происходит компенсирующий его обратный процесс конденсации — превращения пара в жидкость. Скорость конденсации определяется числом молекул, переходящих из пара в жидкость через единицу площади поверхности жидкости в единицу времени.

Пар, находящийся над жидкостью в открытом сосуде, называется ненасыщенным. У ненасыщенного пара скорость испарения больше скорости конденсации. Пар, находящийся над жидкостью в закрытом сосуде, называется насыщенным. У насыщенного пара скорость испарения равна скорости конденсации.

4.1 Влажность воздуха

На поверхности открытых водоемов при любой температуре происходит испарение, поэтому в воздухе постоянно находится определенное кол-во паров. Для количественной оценки влажности воздуха используют две величины: абсолютная влажность, относительная влажность.

Абсолютной влажностью воздуха P_a называется масса водяных паров, содержащихся в 1 м^3 воздуха при данных условиях. Значение P_a оценивается по плотности водяного пара в воздухе. Обычно ее выражают в СИ, в $\text{кг}/\text{м}^3$:

$$P_a = (\text{кг}/\text{м}^3), \quad (12)$$

В метеорологии абсолютная влажность оценивается по давлению водяного пара, выраженному в миллиметрах ртутного столба: p (мм. рт. ст.). При комнатных температурах ($T \approx 300 \text{ К}$) $p = 26,7$ (мм. рт. ст.), $P_a = 2,58 \cdot 10^{-2} (\text{кг}/\text{м}^3)$.

Относительной влажностью воздуха B называется отношение абсолютной влажности P_a к плотности насыщенных паров при той же температуре P_n . Из предыдущего следует, что относительную влажность можно определять как отношение давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$B = \frac{P_a}{P_n} \cdot 100 \%, \quad (13)$$

Обычно относительную влажность выражают в процентах.

Точкой росы называется температура, при которой водяные пары, не насыщавшие ранее воздух, становятся насыщающими. Зная температуру воздуха и определив точку росы, рассчитывают влажность воздуха. При этом используется таблица давления насыщенного водяного пара при различных температурах.

Пример: при 24 °С

$$\rho_a = 1,36 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$B = \frac{P_a}{P_H} \cdot 100\%$$

$$P_H = 2,18 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$B = \frac{1,36 \cdot 10^{-2}}{2,18 \cdot 10^{-2}} \cdot 100\% \approx 63\%$$

Существует несколько видов приборов по определению влажности воздуха: конденсационный гигрометр, его используют для определения точки росы; волосяной гигрометр, принцип таких приборов основан на изменении геометрических размеров пленки, нити, волоса в зависимости от влажности; психрометр Августа.

5 Практическая часть к лабораторной работе № 2

Цель работы: знакомство с одним из методов по определению влажности воздуха.

Оборудование: Психрометр Августа, психрометрическая таблица.

Порядок выполнения работы:

- 1) измерение температуры окружающего воздуха t_c ;
- 2) запись показаний термометра t_v , шарик которого обмотан влажной тряпкой;
- 3) определить разность показаний сухого и влажного термометров: $\Delta t = t_c - t_v$;

4) используя психрометрическую таблицу, по показаниям сухого термометра t_c и разности показаний Δt определить относительную влажность воздуха B ;

5) по таблице «Давления и плотности насыщенных паров при различных температурах» находим плотность насыщающих паров p_n при температуре сухого термометра t_c ;

6) абсолютную влажность p_a вычислить по формуле:

$$p_a = \frac{B \cdot p_n}{100\%}, \quad (14)$$

7) определить точку росы t_p ;

8) результаты измерений и вычислений вписать в таблицу 9.

Таблица 9 - Результаты измерений и вычислений

Показания сухого термометра	Показания влажного термометра	Разность показаний	Относительная влажность	Плотность насыщающих паров	Абсолютная влажность	Точка росы
$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_v, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$B, \%$	$p_n, \text{кг/м}^3$	$p_a, \text{кг/м}^3$	$t_p, ^\circ\text{C}$

6 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2

1 Какие причины влияют на скорость испарения?

2 Происходит ли испарение при температурах меньше, чем $0 ^\circ\text{C}$ по шкале Цельсия?

3 Испаряются ли твердые вещества?

4 Приведите примеры хорошо испаряющихся веществ.

5 Как называется процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое состояние?

6 Почему испаряющие вещества охлаждаются?

7 Как изменяется внутренняя энергия тела при испарении?

8 Какой пар называется насыщающий? Ненасыщающий? Подчиняются ли они газовым законам?

13 Что называется абсолютной влажностью воздуха?

14 Что называется относительной влажностью воздуха?

15 Что такое точка росы?

7 Теоретическая часть к лабораторной работе № 3

7.1 Характеристика жидкого состояния вещества

Как известно, вещество в жидком состоянии сохраняет свой объем, но принимает форму сосуда, в котором оно находится. Выясним, как это можно объяснить с точки зрения молекулярно-кинетической теории.

Сохранение объема у жидкости доказывает, что между ее молекулами действуют силы притяжения. Следовательно, расстояния между молекулами жидкости должны быть меньше радиуса молекулярного действия. Итак, если вокруг молекулы жидкости описать сферу молекулярного действия, то внутри этой сферы окажутся центры многих других молекул, которые будут взаимодействовать с нашей молекулой. Эти силы взаимодействия удерживают молекулу жидкости около ее временного положения равновесия примерно, в течение 10^{-12} – 10^{-10} с, после чего она перескакивает в новое временное положение равновесия приблизительно на расстояние своего диаметра. Молекулы жидкости между перескоками совершают колебательное движение около временного положения равновесия. Время между двумя перескоками молекулы из одного положения в другое называется временем оседлой жизни. Это время зависит от вида жидкости и от температуры. При нагревании жидкости среднее время оседлой жизни молекул уменьшается.

В течение времени оседлой жизни (порядка 10^{-11} с) большинство молекул жидкости удерживается в своих положениях равновесия, и лишь небольшая часть их успевает за это время перейти в новые положения равновесия. За более длительное время уже большинство молекул жидкости успеет переменить свое местоположение. Поэтому жидкость обладает текучестью и принимает форму сосуда, в котором она находится.

Так как молекулы жидкости расположены почти вплотную друг к другу, то, получив достаточно большую кинетическую энергию, они хотя и могут преодолеть притяжение своих ближайших соседей и выйти из сферы их действия, но попадут в сферу действия других молекул и окажутся в новом временном положении равновесия. Лишь находящиеся на свободной поверхности жидкости молекулы могут вылететь за пределы жидкости, чем и объясняется процесс ее испарения.

Итак, если в жидкости выделить очень малый объем, то в течение времени оседлой жизни в нем существует упорядоченное расположение молекул, подобное их расположению в кристаллической решетке твердого тела. Затем оно распадается, но возникает в другом месте. Таким образом, все пространство, занятое жидкостью, как бы состоит из множества зародышей кристаллов, которые, однако, неустойчивы, т. е. распадаются в одних местах, но снова возникают в других.

Итак, в небольшом объеме жидкости наблюдается упорядоченное расположение ее молекул, а в большом объеме оно оказывается хаотическим. В этом смысле говорят, что *в жидкости существует ближний порядок в расположении молекул и отсутствует дальний порядок*. Такое строение жидкости называют *квазикристаллическим* (кристаллоподобным). Отметим, что при достаточно сильном нагревании время оседлой жизни становится очень маленьким и ближний порядок в жидкости практически исчезает.

Жидкость может обнаруживать механические свойства, присущие твердому телу. Если время действия силы на жидкость мало, то жидкость проявляет упругие свойства. Например, при резком ударе палкой о поверхность воды палка может вылететь из руки или сломаться; камень можно бросить так, что он при ударе о поверхность воды отскакивает от нее, и лишь совершив несколько скачков, тонет в во-

де. Если же время воздействия на жидкость велико, то вместо упругости проявляется *текучесть* жидкости. Например, рука легко проникает внутрь воды.

При кратковременном действии силы на струю жидкости последняя обнаруживает *хрупкость*. Прочность жидкости на разрыв хотя и меньше, чем у твердых веществ, но мало уступает им по величине. Для воды она составляет $2,5 \cdot 10^7$ Н/м². Сжимаемость жидкости тоже очень мала, хотя она и больше, чем у этих же веществ в твердом состоянии. Например, при увеличении давления на 1 атм объем воды уменьшается на 50 миллионных долей.

Разрывы внутри жидкости, в которой нет посторонних веществ, например воздуха, могут получаться только при интенсивном воздействии на жидкость, например при вращении гребных винтов в воде, при распространении в жидкости ультразвуковых волн. Такого рода пустоты внутри жидкости долго существовать не могут и с силой захлопываются, т. е. исчезают. Это явление называют *кавитацией* (от греческого «кавитас» - полость). Оно служит причиной быстрого износа гребных винтов.

Итак, у жидкостей имеется много свойств, общих со свойствами твердых тел. Однако чем выше становится температура жидкости, тем больше ее свойства приближаются к свойствам плотных газов и сильнее отличаются от свойств твердых тел. Это означает, что жидкое состояние является промежуточным между твердым и газообразным состоянием вещества.

Отметим еще, что при переходе вещества из твердого состояния в жидкое происходит менее резкое изменение свойств, чем при переходе из жидкого в газообразное. Это означает, что, вообще говоря, *свойства жидкого состояния вещества ближе к свойствам твердого состояния, чем к свойствам газообразного*.

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости стремится уменьшить свою потенциальную энергию. За счет уменьшения этой энергии молекулярные силы - силы поверхностного натяжения совершают работу A , сокращая площадь свободной поверхности S .

$$A = \sigma \Delta S, \quad (15)$$

где σ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости Н/м;
 ΔS – изменение площади свободной поверхности жидкости, м.

Коэффициент пропорциональности σ называется коэффициентом поверхностного натяжения данной жидкости. Из приведенной формулы следует / после преобразования /, что коэффициент поверхностного натяжения численно равен силе поверхностного натяжения F_n , действующей на единицу длины линии, ограничивающей какую-либо часть свободной поверхности жидкости:

$$\sigma = \frac{F_n}{L}, \quad (16)$$

где F_n - сила поверхностного натяжения, Н;

L – длина границы поверхностного слоя жидкости, м;

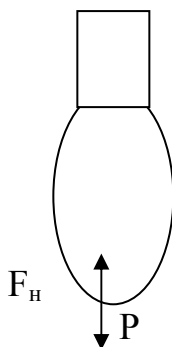


Рисунок 3 - Капля, вытекающая из конца трубочки

На каждую каплю, вытекающую из конца трубочки (см. рисунок 3) действуют две силы: вес капли P и сила поверхностного натяжения F_n , стягивающая поверхность капли и действующая вверх.

В тот момент, когда $F_n = P$, на каплю будет действовать взаимно уравновешенные силы и капля будет отрываться и свободно падать. Сила поверхностного натяжения действует вдоль границ поверхности жидкости, т.е. по окружности шейки капли, радиус которой можно считать равным внутреннему радиусу трубки. Длина этой окружности шейки капли определяется по формуле:

$$l = 2\pi r, \quad (17)$$

где $\pi = 3,14$ - число Пифагора;

$r = 0,0026$ м. - внутренний радиус трубки, м.

По определению, из формулы (17) сила поверхностного натяжения выражается по формуле:

$$F_n = \sigma l = 2\pi r \sigma, \quad (18)$$

так как вес капли определяется по формуле:

$$P = mg, \quad (19)$$

где m – масса капли, кг;

g – ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$.

Так как $F_n = P$, то

$$mg = 2\pi r \sigma, \quad (20)$$

В результате коэффициент поверхностного натяжения жидкости рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{2\pi r}, \quad (21)$$

8 Практическая часть к лабораторной работе № 3

Цель работы: знакомство с одним из методов по определению коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Оборудование: Воронка или бюретка с краном, штатив, весы, разновес, химический стакан.

Порядок выполнения работы:

- 1) взвесить химический стаканчик для капель на весах с точностью до 100 мг;
- 2) отрегулировать кран так, чтобы капли падали из крана одна за другой с небольшим перерывом;
- 3) подставить химический стаканчик под кран и отсчитать в него 100 капель;
- 4) взвесить стаканчик и вычислить массу всех капель с точностью до 100 мг;
- 5) рассчитать массу одной капли m (кг);
- 6) подсчитать длину окружности крана L (м), если известен внутренний диаметр отверстия $d=0,0052$ м;
- 7) вычислить коэффициент поверхностного натяжения по формуле (7);
- 8) результаты измерений и вычислений записать в таблицу 10.

Таблица10 - Результаты измерений и вычислений

№ опыта	Масса			Число капель n	Масса одной капли m=(m ₂ -m ₁): 100	Радиус шейки капли м	Коэффициент по-верхностн. натяжения Н/м	Относи-тельная погреш-ность δ
	пустого стакана m ₁ , кг	стакана с жидкостью m ₂ , кг	Всех ка-пель m ₂ -m ₁ , кг					

9) сравнить найденный результат с табличным значением коэффициента по-верхностного натяжения $\sigma_T=0,072$ н/м и определить относительную погрешность измерения по формуле:

$$\delta = \frac{\sigma_m - \sigma}{\sigma_m}, \quad (22)$$

где σ_T - табличное значение коэффициента поверхностного натяжения;

σ - расчетное значение коэффициента поверхностного натяжения.

10) сделать выводы по работе;

11) оформить отчет в соответствии с требованиями стандарта.

9 Тесты для защиты лабораторной работы

Вариант 1

1)Что доказывает сохранения объема у жидкости?

- а)... что отсутствует хаотическое движение молекул;
- б)... что между молекулами жидкости действуют силы притяжения;
- в)... что жидкость имеет очень большую плотность;
- г)... что молекулы жидкости расположены упорядочено.

2) С какими молекулами взаимодействует любая молекула жидкости?

- а)... со всеми молекулами жидкости;
- б)... только с соседними молекулами;
- в)... с молекулами, находящимися в поверхностном слое толщиной радиусом молекулярного взаимодействия;
- г)... с молекулами, центры которых окажутся внутри сферы радиусом молекулярного взаимодействия.

3) Когда жидкость проявляет упругие, механические свойства?

- а)... когда время воздействия на жидкость порядка времени оседлой жизни молекул;
- б)... когда время воздействия на жидкость велико;
- в)... когда температура жидкости очень мала;
- г)... когда жидкость находится под большим давлением.

4) Что такое молекулярное давление?

- а)... давление, производимое жидкостью на стенки и на дно сосуда.
- б)... давление, производимое жидкостью на тела, погруженные в неё.
- в)... давление, создаваемое поверхностным слоем жидкости.
- г)... давление, обусловленное хаотическим движением молекул жидкости.

5) Чем измеряется коэффициент поверхностного натяжения жидкости?

- а)... силой действующей на единицу площади поверхности жидкости.
- б)... работой, совершаемой при сжатии жидкости.
- в)... силой поверхностного натяжения.
- г)... работой молекулярных сил при уменьшении площади свободной поверхности жидкости на единицу.

6) Единица измерения коэффициента поверхностного натяжения.

- а) 1 Дж/м^2 ;
- б) 1 Дж/м ;
- в) 1 Дж ;
- г) 1 Н/м^2 .

7) Чем обусловлено существование силы поверхностного натяжения?

- а)... хаотическим движением;
- б)... упорядоченным расположением молекул;
- в)... взаимодействием молекул;

- г)... наличием потенциальной энергии у молекул жидкости.
- 8) Формула коэффициента поверхностного натяжения жидкости.
 а) ...= A/V ; б) ...= F_H/L ; в) ...= F_H/S ; г) ...= F_H*L .
- 9) От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения жидкости?
 а)... от рода жидкости и её плотности;
 б)... от рода жидкости, хаотического движения молекул;
 в)... от температуры и плотности жидкости;
 г)... от рода жидкости и температуры.
- 10) Как могут получаться разрывы внутри жидкости?
 а)... при интенсивном воздействии на жидкость;
 б)... при кратковременном воздействии на жидкость;
 в)... при длительном воздействии на жидкость;
 г)... при сильном нагревании жидкости.

Вариант 2

- 1) Как могут получаться разрывы внутри жидкости?
 а) ... при сильном нагревании жидкости;
 б) ... при длительном воздействии на жидкость;
 в) ... при кратковременном воздействии на жидкость;
 г) ... при интенсивном воздействии на жидкость.
- 2) От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения жидкости?
 а)... от рода жидкости, температуры и среды над жидкостью;
 б)... от рода жидкости, от её плотности и атмосферного давления;
 в)... от температуры, атмосферного давления и плотности жидкости;
 г)... от рода жидкости и её объема.
- 3) Формула коэффициента поверхностного натяжения
 а) $\sigma = F_H * L$; б) $\sigma = F_H / S$; в) $\sigma = F_H / L$; г) $\sigma = A / L$.
- 4) Чем обусловлено существование силы поверхностного натяжения?

а) ... наличием потенциальной энергии у молекул поверхностного слоя жидкости;

б) ... взаимодействием молекул жидкости;

в) ... упорядоченным расположением молекул;

г) ... хаотическим движением молекул.

5) Единица измерения коэффициента поверхностного натяжения.

а) 1Н/м^2 ; б) 1Дж ; в) 1Дж/м ; г) 1Дж/м^2

6) Чем численно измеряется коэффициент поверхностного натяжения жидкости?

а)... работой молекулярных сил при уменьшении площади свободной поверхности жидкости на единицу площади;

б)... силой поверхностного натяжения;

в)... работой, совершаемой молекулярными силами при сжатии жидкости;

г)... силой действующей на единицу площади поверхности жидкости.

7) Что такое молекулярное давление?

а)... давление, обусловленное хаотическим движением молекул;

б)... давление, создаваемое поверхностным слоем жидкости;

в)... давление, производимое жидкостью на тела, погруженные в неё;

г)... давление, производимое жидкостью на стенки и на дно сосуда.

8) Когда жидкость проявляет упругость?

а)... когда жидкость находится под большим давлением;

б)... когда жидкость имеет малый объем;

в)... когда жидкость имеет низкую температуру;

г)... когда время воздействия на жидкость очень мало.

9) С какими молекулами взаимодействует молекула жидкости?

а)... с молекулами, центры которых окажутся внутри сферы радиусом молекулярного взаимодействия;

б)... с молекулами, находящимися в поверхностном слое толщиной радиусом молекулярного действия;

в)... только с соседними молекулами;

г)... со всеми молекулами жидкости.

10) Что доказывает сохранения объема у жидкости?

а)... упорядоченное расположение молекул;

б)... большую плотность у жидкости;

в)... между молекулами действуют силы притяжения;

г)... отсутствие хаотического движения молекул.

Вариант 3

1) Что удерживает молекулу жидкости около её временного положения равновесия?

а)... упорядоченное расположение молекул жидкости;

б)... большая плотность жидкости;

в)... силы молекулярного взаимодействия

г)... отсутствие хаотического движения молекул.

2) От чего зависит время оседлой жизни молекул жидкости?

а)... от вида жидкости и от температуры;

б)... от вида жидкости и от её плотности;

в)... от температуры и внешнего давления;

г)... от вида жидкости и внешнего давления.

3) Когда жидкость проявляет текучесть?

а)... когда жидкость находится под небольшим давлением;

б)... когда жидкость взята в малом количестве;

в)... когда жидкость имеет очень высокую температуру;

г)... когда время воздействия на жидкость очень велико.

4) Что такое молекулярное давление?

а)... давление, обусловленное хаотическим движением молекул жидкости;

б)... давление, которое создается поверхностным слоем жидкости;

в)... давление, производимое жидкостью на тела, погруженные в неё;

г)... давление, которое создается жидкостью на стенки и на дно сосуда.

5) Чем измеряется коэффициент поверхностного натяжения жидкости (σ)?

а)... силой поверхностного натяжения, действующей на единицу длины границы свободной поверхности жидкости;

б)... работой, молекулярных сил при уменьшении площади свободной поверхности жидкости;

в)... работой, совершаемой при сжатии жидкости;

г)... молекулярными силами при сокращении площади на 1 м^2 .

6) Единица измерения коэффициента поверхностного натяжения.

а) 1 Н/м^2 ;

б) 1 Дж ;

в) 1 Дж/м ;

г) 1 Н/м .

7) Чем обусловлено существование силы поверхностного натяжения?

а) ... наличием кинетической энергии у молекул жидкости;

б) ... взаимодействием молекул жидкости;

в) ... упорядоченным расположением молекул;

г) ... хаотическим движением молекул.

8) Формула коэффициента поверхностного натяжения жидкости

а) $\dots = F_H \cdot L$;

б) $\dots = F_H / L$;

в) $\dots = F_H / S$;

г) $\dots = A / V$.

9) Почему величину молекулярного давления нельзя определить опытным путем?

а)... так как оно не действует на тела, погруженные в жидкость;

б)... так как оно очень велико;

а)... так как оно мало по сравнению с гидростатическим давлением;

г)... так как действуют силы поверхностного натяжения.

10) Как могут получаться разрывы внутри жидкости?

- а)... при сильном нагревании жидкости;
- б)... при длительном воздействии на жидкость;
- в)... при кратковременном воздействии на жидкость;
- г)... при интенсивном воздействии на жидкость.

Вариант 4

1) Как могут получаться разрывы внутри жидкости?

- а)... при интенсивном воздействии на жидкость;
- б)... при кратковременном воздействии на жидкость;
- в)... при длительном воздействии на жидкость;
- г)... при сильном нагревании жидкости.

2) Почему величину молекулярного давления нельзя определить опытным путем?

- а)... так как действует силы поверхностного натяжения;
- б)... так как оно очень велико;
- в)... так как оно очень мало;
- г)... так как оно не действует на тела, погруженные в жидкость.

3) Формула коэффициента поверхностного натяжения

- а) $\sigma = A/L$; б) $\sigma = F_H/S$; в) $\sigma = F_H/L$; г) $\sigma = F_H \cdot L$.

4) Чем обусловлено существование силы поверхностного натяжения?

- а)... хаотическим движением молекул;
- б)... упорядоченным расположением молекул;
- в)... взаимодействием молекул;
- г)... наличием потенциальной энергии у молекул.

5) Единица измерения коэффициента поверхностного натяжения

- а) Н/м; б) Дж/м; в) Дж; г) Дж/м².

6) Чем измеряется коэффициент поверхностного натяжения жидкости?

- а)... силой действующей на единицу площади поверхности жидкости;

б)... работой, совершаемой молекулярными силами при сжатии жидкости;

в)... работой сил поверхностного натяжения при сохранении площади поверхности жидкости;

г)... силой поверхностного натяжения, действующей на единицу границы поверхностного слоя.

7) От чего зависит время оседлой жизни молекул жидкости?

а)... от вида жидкости и от атмосферного давления;

б)... от температуры и внешнего давления;

в)... от вида жидкости и температуры;

г)... от вида жидкости и от её плотности.

8) Когда жидкость проявляет текучесть?

а)... когда время воздействия на жидкость очень велико;

б)... когда жидкость имеет очень высокую температуру;

в)... когда жидкость взята в малом объеме;

г)... когда жидкость находится под малым давлением.

9) Что такое молекулярное давление?

а)... давление, производимое жидкостью на стенки и на дно сосуда;

б)... давление, производимое жидкостью на тела, погруженные в неё;

в)... давление, обусловленное хаотическим движением молекул жидкости;

г)... давление, создаваемое поверхностным слоем жидкости.

10) Что удерживает молекулу жидкости около её временного положения равновесия?

а)... отсутствие хаотического движения молекул;

б)... силы молекулярного взаимодействия;

в)... большая плотность жидкости;

г)... упорядоченное расположение молекул.

10 Теоретическая часть к лабораторной работе № 4. Определение коэффициента линейного расширения твердого тела

10.1 Понятие о тепловом расширении тел

Зависимость объема газа от температуры была установлена ранее. Рассмотрим опыты, показывающие, что при нагревании расширяются все вещества, а не только газы. При нагревании колбы уровень воды в трубке перемещается из положения 1 в положение 2 (рисунок 4).

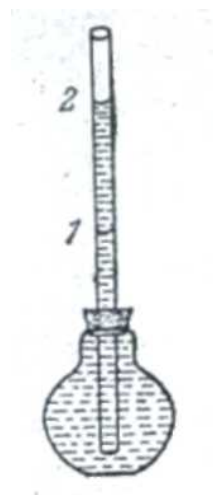


Рисунок 4 – Перемещение уровня воды в трубке при нагревании колбы

Нальем в колбу какую-либо жидкость, например, воду, закроем колбу пробкой, сквозь которую пропущена стеклянная трубка, и заметим уровень жидкости в трубке (рисунок 2). Если нагревать жидкость в колбе, то уровень жидкости в трубке повышается. При охлаждении жидкости уровень понижается. Оказывается, что жидкости при нагревании расширяются меньше газа.

Труднее заметить расширение твердых веществ при нагревании, так как оно значительно меньше, чем у жидкостей. Чтобы показать на опыте их расширение, изготавливают металлический шар и кольцо, сквозь которое шар при комнатной темпе-

ратуре проходит «впритирку». После нагревания шара в пламени горелки он уже не проходит сквозь кольцо. Однако после остывания шар опять начинает проходить сквозь кольцо.

Итак, все вещества при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Выясним теперь, чем определяется величина такого расширения.

10.2 Линейное расширение твердых тел при нагревании

Вспомним, что кристаллы обладают анизотропией, поэтому, вообще говоря, величина расширения кристалла при нагревании зависит от направления. Однако большинство твердых веществ имеет поликристаллическое строение, и потому они являются изотропными. Следует иметь в виду, что все изложенное дальше в этой главе относится к изотропным телам.

Итак, расширение твердых веществ при нагревании происходит одинаково по всем направлениям. Однако во многих случаях на практике приходится учитывать расширение только в одном направлении. Например, при прокладке труб для паропровода приходится учитывать удлинение этих труб при нагревании, а изменение площади поперечного сечения стенок труб практического значения не имеет. Изменение одного определенного размера твердого тела при изменениях температуры называется линейным расширением (линейным сжатием). Рассмотрим особенности этого расширения.

Пусть имеется стержень, длина которого при 0°C равна l_0 , а при температуре t равна l_t . Следовательно, изменение длины стержня при его нагревании на $\Delta t = t - 0 = t$ будет равно $\Delta l = l_t - l_0$. На основании опытов легко установить, что изменение длины стержня Δl прямо пропорционально, приросту температуры Δt и его длине при 0°C l_0 то есть:

$$\Delta l = \alpha l_0 t, \quad (23)$$

Зависимость Δl от рода вещества выражается коэффициентом пропорциональности α .

Величина α , характеризующая зависимость линейного расширения при нагревании от рода вещества и внешних условий, называется коэффициентом линейного расширения. Коэффициент линейного расширения показывает, на какую часть длины тела, взятого при 0°C , изменяется его длина при нагревании на 1°C :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 t}, \quad (24)$$

Покажите, что единицей измерения α служит $^\circ\text{C}^{-1}$.

Найдем формулу, позволяющую вычислять длину тела при различных температурах по известной длине l_0 . Из (23) имеем:

$$l_t - l_0 = \alpha l_0 t, \quad (25)$$

или

$$l_t = l_0 (1 + \alpha t), \quad (26)$$

Чтобы по длине тела l_1 при температуре t_1 найти его длину l_2 , при температуре t_2 вообще говоря, сначала нужно найти l_0 с помощью формулы (26), а затем по этой же формуле вычислить l_2 . Однако, учитывая, что α – очень маленькое число (например, для меди $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), l_2 можно находить по следующей приближенной формуле:

$$l_2 \approx l_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)], \quad (27)$$

Из формулы (27) получаем приближенную формулу для вычисления коэффициента линейного расширения твердого вещества:

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}, \quad (28)$$

10.3 Объемное расширение тел при нагревании. Зависимость плотности вещества от температуры

Выясним, какие соотношения имеются для тех случаев, когда приходится учитывать зависимость объема тела от температуры.

Пусть при 0°C и при температуре t объемы какого-либо тела соответственно равны V_0 и V_t . Тогда изменение объема тела в процессе повышения температуры на $\Delta t = t - 0 = t$ будет $\Delta V = V_t - V_0$. Опыт показывает, что это изменение объема тела прямо пропорционально приросту температуры и начальному объему V_0 :

$$\Delta V = \beta V_0 t, \quad (29)$$

Величина β , характеризующая зависимость объемного расширения тела при нагревании от рода вещества и внешних условий, называется коэффициентом объемного расширения. Коэффициент объемного расширения показывает, на какую часть объема тела, взятого при 0°C , изменяется объем этого тела при нагревании на 1°C :

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 t}, \quad (30)$$

(Покажите, что единицей измерения β служит $^\circ\text{C}^{-1}$.) При расчетах коэффициент β можно считать постоянным по величине и брать из таблиц.

Формула (29) позволяет легко получить зависимость объема тела от температуры:

$$V_t = V_0(1 + \beta t), \quad (31)$$

Если известен объем тела V_1 при температуре t_1 , то его объем V_2 при температуре t_2 можно находить по приближенной формуле:

$$V_2 \approx V_1[1 + \beta(t_2 - t_1)], \quad (32)$$

Из (32) получаем приближенную формулу для вычисления коэффициента объемного расширения:

$$\beta \approx \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}, \quad (33)$$

Отметим, что все формулы, написанные в этом параграфе, справедливы, если масса тела m при изменении температуры остается постоянной. Это означает, что плотность вещества должна зависеть от температуры, поскольку объем меняется с температурой.

Действительно, плотность вещества при 0°C выражается формулой $\rho_0 = m/V_0$, а при температуре t - формулой $\rho_t = m/V_t$. Подставляя в последнюю формулу значение V_t из (31), получаем:

$$\rho_t = \frac{m}{V_0(1 - \beta t)} = \frac{m}{V_0} * \frac{1}{1 + \beta t} = \rho_0 \frac{1}{1 + \beta t}, \quad (34)$$

При расчетах нужно учитывать, что в таблицах указывается плотность вещества при 0°C . Плотность при других температурах нужно вычислять, пользуясь формулой (34). Обратим внимание на то, что плотность вещества при нагревании уменьшается, а при охлаждении увеличивается.

10.4 Особенности теплового расширения твердых тел

Покажем, что между коэффициентами объемного расширения β и линейного расширения α для твердого вещества существует простая зависимость.

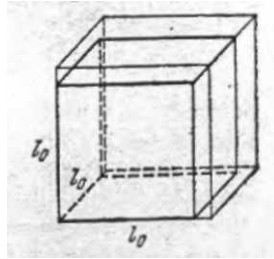


Рисунок 5 – Расширение куба при нагревании

На рисунке 5 изображен куб из твердого вещества с коэффициентами расширения α и β со стороной l_0 при 0°C . Можно записать:

$$V_0 = l_0^3, \quad (35)$$

После нагревания до температуры t ребро куба будет иметь длину $l_t = l_0(1 + \alpha t)$, а объем куба $V_t = l_t^3$. Таким образом:

$$V_t = l_t^3 = l_0^3(1 + \alpha t)^3, \quad (36)$$

Так как, с другой стороны:

$$V_t = V_0(1 + \beta t) = l_0^3(1 + \beta t), \quad (37)$$

то

$$l_0^3(1 + \beta t) = l_0^3(1 + \alpha t)^3, \quad (38)$$

или

$$1 + \beta t = 1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3, \quad (39)$$

Если учесть, что α очень мало, то членами с α^2 и α^3 можно пренебречь. Поэтому получаем, что $\beta = 3\alpha t$, откуда:

$$\beta = 3\alpha, \quad (40)$$

Теперь видно, что по коэффициентам линейного расширения α с помощью формулы (40) легко рассчитать численные значения коэффициентов объемного расширения β , поэтому на практике для твердых веществ составляют только таблицы коэффициентов линейного расширения α . В связи с этим формулу (31) для твердых тел целесообразно писать в виде:

$$V_t = V_0(1 + 3\alpha t), \quad (41)$$

Нетрудно сообразить, что для определения площади поверхности твердого тела при температуре t можно пользоваться формулой:

$$S_t = S_0(1 + 2\alpha t), \quad (42)$$

где S_0 – площадь этой поверхности при 0°C .

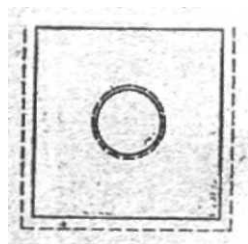


Рисунок 6 – При нагревании металлического листа отверстие в листе расширяется

Заметим, что при нагревании однородного тела произвольной формы расстояние между любыми двумя точками тела увеличивается и его можно определить по формуле (26) или (27). Например, отверстие в металлическом листе (рисунок 6) при

нагревании увеличивается, причем точно так же, как и круг такого же диаметра, нарисованный на сплошном листе. Таким образом, отверстия и полости в твердом теле при изменениях температуры изменяются так, как будто они сплошь заполнены материалом, из которого сделано тело. (Подумайте, как изменится при нагревании зазор между концами; стержня, согнутого в виде кольца.)

10.5 Некоторые особенности теплового расширения жидкостей

В 10.1 был описан опыт нагревания жидкости в колбе, доказывающий расширение жидкости от нагревания. Теперь мы знаем, что при этом увеличивается и объем колбы. Следовательно, жидкость расширяется больше, чем колба, иначе уровень жидкости в колбе не поднимался бы при нагревании.

Сравнение коэффициентов объемного расширения показывает, что жидкости при нагревании расширяются в несколько десятков, а иногда и в сотни раз больше, чем твердые вещества. Поэтому при расчетах, связанных с нагреванием жидкостей, расширением сосудов, в которых находится жидкость, иногда пренебрегают.

При более строгом расчете необходимо учитывать и расширение сосуда при нагревании ΔV_c . Условимся расширение жидкости при нагревании, найденное по изменению ее уровня в сосуде, называть кажущимся и обозначать $\Delta V_{ж.к}$. Тогда истинное расширение жидкости $\Delta V_{ж}$ должно быть равно сумме расширения внутреннего объема сосуда, занятого жидкостью, и кажущегося расширения жидкости, то есть:

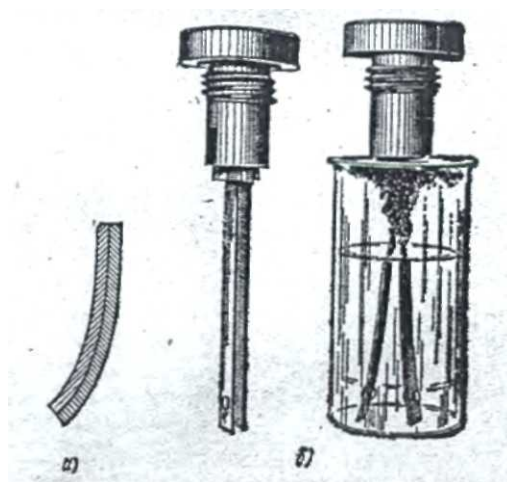
$$\Delta V_{ж} = \Delta V_{ж.к} + \Delta V_c \quad (43)$$

Напомним еще, что среди жидкостей есть одно замечательное исключение: вода при нагревании от 0 °C до 4 °C сжимается, а при охлаждении от 4 до 0° C расширяется.

Кроме того, коэффициент β для воды сильно изменяется при повышении температуры. В интервале от 5 °С до 10 °С $\beta_v=0,000053$, а в интервале от 60 °С до 80°С $\beta_v=0,00059$, т.е. изменяется примерно в 10 раз.

10.6 Значение теплового расширения тел в природе и технике

Расширение тел при нагревании и сжатие при охлаждении в природе играют огромную роль. Неравномерный прогрев воздуха у поверхности Земли создает конвекционные потоки (ветер), обуславливающие изменение погоды. Неравномерный прогрев воды в морях и океанах создает течения, оказывающие влияние на климат прибрежных стран. Особенно резкие колебания температуры происходят в горных местностях. Это приводит к поочередному расширению и сжатию горных пород. Так как такие изменения объема зависят от рода вещества, то в горных породах, имеющих сложный состав, возникают трещины, которые постепенно увеличиваются, т.е. происходит разрушение этих пород. В быту и технике зависимость плотности вещества, длины и объема тел от температуры тоже имеет очень большое значение. Зависимость плотности воздуха от температуры используется в квартирах для равномерного распределения тепла, выделяемого печами и радиаторами, в печах – для создания тяги, в холодильниках – для равномерного охлаждения камеры и т.д.



а - биметаллическая пластинка изгибается при нагревании;

б - контакт на биметаллических пластинках размыкается при нагревании

Рисунок 7 – Биметаллическая пластинка для автоматического управления цепями

В различного рода автоматических устройствах используются *биметаллические пластинки*. Такая пластинка состоит из двух разнородных металлических полос, склепанных друг с другом. При нагревании биметаллической пластинки одна полоса удлиняется больше другой и вся пластинка изгибается (рисунок 5). Такие пластинки используются для автоматического замыкания и размыкания электрических цепей в термостатах, в холодильниках, в противопожарных устройствах и т. п.

Зависимость длины от температуры приходится учитывать при натягивании проводов на железных дорогах, на линиях электропередач, при устройстве паропроводов на заводах, при сооружении мостов и т. д.

Для получения спаев металла со стеклом, например, при изготовлении электрических ламп и радиоламп, используются металлы и стекла с близкими коэффициентами расширения.

Этими примерами далеко не исчерпывается значение теплового расширения тел в природе и технике.

11 Практическая часть лабораторной работы № 4

Цель работы: Знакомство с одним из методов по определению коэффициента линейного расширения.

Оборудование: Прибор для определения линейного расширения, термометр, используемые стержни.

Порядок выполнения работы:

- 1) заполняем пробирку наполовину водой и измеряем её температуру T_1 ;
- 2) вставим в пробирку стержень;
- 3) вставляем пробирку в отверстие крышки прибора;
- 4) устанавливаем индикатор и запоминаем положение стрелки индикатора;
- 5) включаем прибор в сеть и подогреваем воду до температуры кипения $T_2=100^\circ$;

6) выключаем прибор из сети и определяем на сколько делений n переместилась стрелка и вычисляем линейное расширение стержня по формуле:

$$\Delta L = 0,01 \cdot n \text{ (мм);}$$

7) вычисляем коэффициент линейного расширения:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T}, \text{ где } L_0 = 160 \text{ мм;}$$

8) повторяем опыт с другим стержнем, соблюдая эти пункты;

9) вычисляем относительную погрешность для каждого опыта:

$$\delta = \frac{|\alpha_m - \alpha|}{\alpha_m} \cdot 100 \text{ %;}$$

10) результаты измерений и вычислений вписать в таблицу 11.

Таблица 11 - Результаты измерений и вычислений

Вещество	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	$\Delta L, \text{мм}$	$\alpha, \text{гр}^{-1}$	$\delta, \%$
Сталь						
Алюминий						

Табличные значения:

Алюминий $\alpha_{\tau}=0,000023 \text{ гр}^{-1}$

Сталь $\alpha_{\tau}=0,000012 \text{ гр}^{-1}$

12 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4

- 1) Какие два рода твёрдых тел вы знаете?
- 2) Приведите примеры кристаллических тел.
- 3) Приведите примеры аморфных тел.
- 4) Каков основной признак однородного кристаллического тела?
- 5) В чем суть явления анизотропии?
- 6) Каков существенный характерный внешний признак кристалла?
- 7) Одинаковы ли физические свойства монокристалла по всем направлениям?
- 8) Каковы физические свойства поликристаллических тел по различным направлениям?
- 9) Одинаковы ли физические свойства аморфных тел по различным направлениям?
- 10) Изобразите графически пространственную решетку соли хлористого натрия.
- 11) Какие причины влияют на перестройку кристаллической структуры вещества?
- 12) Какие виды деформаций вы знаете?
- 13) Напишите закон Гука. Для каких деформаций он справедлив?

- 14) Напишите формулу зависимости объема тела от температуры.
- 15) Каков физический смысл коэффициента линейного расширения тел?
- 16) Какова связь между коэффициентом линейного и объемного расширения тел?
- 17) Изменяется ли плотность вещества при изменении его температуры? Почему?

13 Теоретическая часть практической работы № 5. Определение удельного сопротивления проводника

13.1 Закон Ома для участка цепи без э. д. с. Сопротивление проводника. Падение напряжения

Когда по какому-либо участку цепи протекает ток, то между силой тока и напряжением для этого участка существует определенная функциональная зависимость, которую называют вольтамперной характеристикой.

Между I и U должна быть прямо пропорциональная зависимость. Эту зависимость впервые установил опытным путем немецкий ученый Георг Ом.

Наглядным изображением вольтамперной характеристики является график зависимости I от U , который для проводника представляет собой прямую линию (рис. 8). Эту зависимость можно выразить формулой:

$$I = gU, \quad (44)$$

Величину g , выражающую зависимость силы тока в проводнике от его рода, размеров и внешних условий, называют проводимостью участка цепи. Проводимость измеряется силой тока, возникающей в проводнике при напряжении на его концах, равном единице.

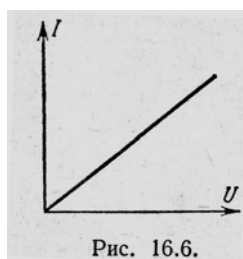


Рисунок 8 – Вольтамперная характеристика участка цепи

На практике соотношение (1) чаще записывают в виде:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (45)$$

полагая:

$$g = \frac{I}{U}, \quad (46)$$

Величину R называют электрическим сопротивлением. Аналогично тому, как трение в механике создает противодействие движению тел, сопротивление проводника создает противодействие направленному движению зарядов и определяет превращение электрической энергии во внутреннюю энергию проводника.

Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется электрическим сопротивлением проводника. Сопротивление участка цепи (без э. д. с.) измеряется напряжением на этом участке, необходимым для получения в нем тока разного единиц:

$$R = \frac{U}{I}, \quad (47)$$

Выведем единицу сопротивления в СИ:

$$R = \frac{1B}{1A} = \frac{1B}{A} = \frac{1\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^3\cdot\text{А}^2} = 1 \text{ Ом}, \quad (48)$$

В СИ за единицу сопротивления принимается 1 Ом. Омом называется сопротивление такого участка цепи без э. д. с, по которому течет ток в 1 А при напряжении на его концах в 1 В.

Закономерность, найденная Омом для металлических проводников, выражается формулой (2) и называется законом Ома для участка цепи без э. д. с.: сила тока на участке цепи без э. д. с. прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению:

$$I = U/R, \quad (49)$$

Перепишем формулу закона Ома следующим образом:

$$U = IR, \quad (50)$$

Физический смысл этого выражения заключается в том, что U — это полная работа, совершаемая электрическим полем при перемещении единичного заряда на данном участке цепи, т. е. израсходованная электрическая энергия на участке цепи при перемещении по нему единичного заряда. На участке цепи без э. д. с, обладающем сопротивлением R , вся эта энергия идет на нагревание проводника, т. е. превращается в его внутреннюю энергию. Подчеркнем еще раз, что это превращение энергии обусловлено сопротивлением, которое действует аналогично трению в механических процессах.

Считая, что на участке цепи энергия отданная равна энергии полученной, можно рассматривать (50) как выражение закона сохранения энергии для участка цепи. Поэтому можно сказать, что произведение IR , которое называют падением напряжения, выражает увеличение внутренней энергии участка цепи, т. е. численно

равно электрической энергии, затраченной на тепловое действие в этом участке цепи при прохождении по нему единичного заряда.

Из сказанного выше следует, что если электрическая энергия на участке цепи будет превращаться кроме внутренней энергии еще в какой-либо другой вид энергии, то падение напряжения составит только часть напряжения, то есть соотношение (50) для такого участка цепи будет неприменимо. В этом случае на участке обязательно действуют сторонние силы, т. е. имеется э. д. с.

В подводящих проводах, по которым идет ток от генератора к потребителю, всегда существует падение напряжения. Именно поэтому напряжение у потребителя всегда меньше, чем на полюсах генератора. Падение напряжения в подводящих проводах иногда называют еще потерей напряжения.

Заметим еще, что устройства, которые включают в электрическую цепь для ограничения тока, называют резисторами.

13.2 Зависимость сопротивления от материала, длины, площади и поперечного сечения проводника

Выясним, чем определяется сопротивление металлического проводника. В металле подвижными носителями зарядов являются свободные электроны. Можно считать, что при своем хаотическом движении они ведут себя подобно молекулам газа. Поэтому в классической физике свободные электроны в металлах называют электронным газом и в первом приближении считают, что к нему применимы законы, установленные для идеального газа.

Плотность электронного газа и строение кристаллической решетки зависят от рода металла. Поэтому сопротивление проводника должно зависеть от рода его вещества. Кроме того, оно должно еще зависеть от длины проводника, площади его поперечного сечения и от температуры.

Влияние сечения проводника на его сопротивление объясняется тем, что при уменьшении сечения поток электронов в проводнике при одной и той же силе тока

становится более плотным, поэтому и взаимодействие электронов с частицами вещества в проводнике становится сильнее. Покажем это более строго.

Поскольку $R = \frac{U}{I}$, тогда:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (51)$$

Из этой формулы (51) видно, что сопротивление проводника прямо пропорционально его длине и обратно пропорционально площади его поперечного сечения.

$$\rho = \frac{RS}{l}, \quad (52)$$

Величину ρ , характеризующую зависимость сопротивления проводника от материала, из которого он сделан, и от внешних условий, называют удельным сопротивлением вещества. Возьмем проводник, длиной $l = 1$ м, площадью поперечного сечения $S = 1$ м², тогда $\rho = R$.

Следовательно, удельное сопротивление ρ , показывает, каким сопротивлением обладает проводник длиной $l = 1$ м, площадью поперечного сечения $S = 1$ м².

(Единицей удельного сопротивления ρ в СИ является 1 Ом-м.) Удельное сопротивление различных веществ при расчетах берут из таблиц.

14 Практическая часть лабораторной работы № 5

Цель работы: Определение удельного сопротивления проводника.

Оборудование: Реостат, источник ЭДС, амперметр, вольтметр, провода, ключ.

Порядок выполнения работы:

1) собрать цепь по схеме (рисунок 9):

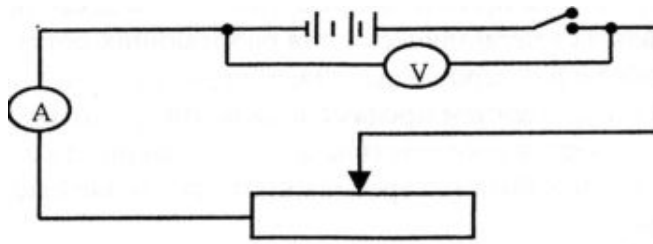


Рисунок 9 – Схема для определения сопротивления реостата

2) передвигаем движок реостата в крайнее положение. Измеряем ток в цепи и напряжение;

3) вычисляем сопротивление реостата: $R = \frac{U}{I}$;

4) вычисляем площадь поперечного сечения проволоки реостата. Для этого линейкой измеряем длину намотанной части реостата L . Считаем кол-во витков проволоки n и вычисляем диаметр поперечного сечения проводника: $d = \frac{L}{n}$ (мм);

5) вычисляем площадь поперечного сечения проводника: $S = \pi \frac{d^2}{4}$ (мм)²;

6) штангенциркулем измеряем диаметр витка $d_v = 1,9$ см. Вычисляем длину витка по формуле: $L_v = \pi \cdot d_v$;

7) вычисляем длину проволоки реостата по формуле: $L_{обм} = n \cdot L_v$ (см). Выражаем длину проволоки в метрах;

8) вычисляем удельное сопротивление проводника: $\rho = \frac{S}{L_{обм}} \cdot R$;

9) результаты измерений и вычислений вписать в таблицу 12.

10) по таблице определяем из какого материала изготовлена обмотка реостата.

Таблица 12 - Результаты измерений и вычислений

U	I	R	n	L	d	S	d _в	L _в	L _{обм}	p
В	А	Ом		мм	мм	мм ²	см	см	м	$\frac{ом \cdot мм^2}{м}$

15 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 5

- 1) Какие условия необходимы для того, чтобы по проводнику шел ток?
- 2) Когда напряженность электрического поля внутри проводника равна нулю и когда отлична от нуля: у заряженного проводника, у проводника с током?
- 3) Какой ток возникает в проводнике, разность потенциалов на концах проводника неизменна?
- 4) Какой ток будет течь в проводниках, если напряжение на его концах меняется?
- 5) В каких единицах измеряется ток?
- 6) От чего зависит плотность тока в проводнике?
- 7) Какова роль источника тока в замкнутой электрической цепи?
- 8) Какого направление тока в самом источнике тока?
- 9) Зависят ли показания амперметра от места включения его в последовательной цепи?
- 10) Перечислите известные вам действия тока.
- 11) Что представляет собой электрический ток в металлах?
- 12) Зависит ли величина плотности тока в проводнике от концентрации свободных электронов в нем?
- 13) Напишите закон Ома для участка цепи?
- 14) Что принято за единицу измерения сопротивления?
- 15) От чего зависит величина сопротивления проводника?

16) Что понимаете под удельным сопротивлением? В каких единицах его измеряют?

17) Какими приборами измеряют величину тока? Величину напряжения?

16 Теоретическая часть к лабораторной работе № 6. Определение э.д.с. и сопротивления источника тока

16.1 Внешняя и внутренняя части цепи

В предыдущем разделе было показано, что электрическая цепь имеет две существенно различные части. Часть цепи, в которой заряды движутся по направлению действия электрических сил, называют внешней, а часть цепи в которой заряды движутся в сторону действия сторонних сил, называют внутренней. Иначе говоря, внутренней цепью является источник электрической энергии, а внешней - вся остальная часть цепи.

Те точки, в которых внешняя цепь граничит с внутренней, называют полюсами. Во внешней цепи заряды движутся из одной (точки в другую только при наличии разности потенциалов; поэтому, когда в замкнутой цепи идет ток, потенциал во внешней цепи от точки к точке уменьшается. Таким образом, у одного из полюсов имеется самый большой потенциал, а у другого — самый маленький потенциал по сравнению с другими точками цепи. Полюс с наибольшим потенциалом называют положительным и обозначают знаком «+», а полюс с наименьшим потенциалом называют отрицательным и обозначают знаком «-».

В схемах электрических цепей применяются условные обозначения, показанные на рисунке 10.



Рисунок 10 – Условные обозначения элементов электрических цепей

Принято считать, что тонкая длинная черта в обозначении источника электрической энергии является положительным полюсом, а короткая толстая — отрицательным.

Схема простой электрической цепи с включением измерительных приборов показана на рисунке 11.

Напомним, что за направление тока во внешней цепи принимают движение положительных зарядов от положительного полюса к отрицательному, а во внутренней - от отрицательного полюса к положительному, хотя в металлах электроны движутся в обратную сторону. Поскольку во внешней цепи по направлению тока потенциал от точки к точке падает, напряжение U_1 на любом участке, составляющем часть внешней цепи (рисунок 8), меньше, чем напряжение U на полю-

сах источника, т. е. на всей внешней цепи. Заметим, что это справедливо только при наличии тока в цепи. Если цепь разомкнуть, то потенциал всех точек проводника, соединенного с одним из полюсов будет один и тот же.

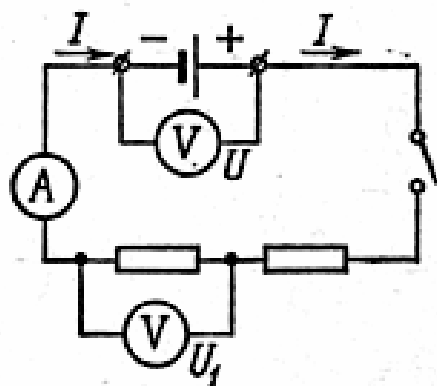
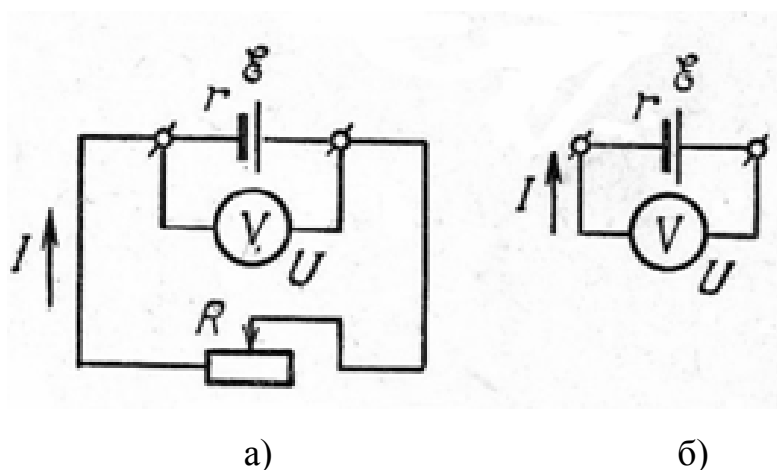


Рисунок 11 – Схема электрической цепи с амперметром и вольтметром

Закон-Ома для всей цепи. Пусть к источнику электрической энергии с электродвижущей силой \mathcal{E} присоединена внешняя цепь, в которой идет ток I , а вольтметр, соединенный с полюсами источника, показывает напряжение на внешней цепи U (рисунке 12а).



а - замкнутая электрическая цепь с вольтметром, измеряющим напряжение на внешней части цепи; б - источник электрической энергии с вольтметром, измеряющим э.д.с.

Рисунок 12 – Схема электрической цепи с вольтметром

Источник электрической энергии является проводником и всегда имеет некоторое сопротивление, поэтому ток выделяет в нем тепло. Это сопротивление называют внутренним сопротивлением источника. На основании закона сохранения энергии можно сделать следующее заключение.

Электродвижущая сила ε численно равна энергии, полученной единичным электрическим зарядом во внутренней цепи, а напряжение U равно той энергии, которую он теряет во внешней цепи. Кроме того, этот заряд теряет во внутренней цепи энергию Ir , которая идет на выделение тепла в источнике электрической энергии. Так как энергия в цепи не возникает и не исчезает, то сколько энергии заряд получает, столько же и теряет, пройдя всю замкнутую цепь. Поэтому:

$$\varepsilon = U + Ir, \quad (53)$$

Если внешняя цепь состоит из неподвижных металлических проводников, эквивалентное сопротивление которых R , то $U = IR$, так как в этом случае вся электрическая энергия расходуется на тепловое действие. Заменяя в (16.31) напряжение U через IR , получаем:

$$\varepsilon = IR + Ir, \quad (54)$$

откуда:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (55)$$

Это соотношение называют законом Ома для всей цепи: сила тока в электрической цепи с одной э. д. с. прямо пропорциональна электродвижущей силе и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешней и внутренней цепи.

Если пользоваться определенным источником электрической энергии, то ε и r в соотношении (54) можно считать постоянными величинами. Внешнюю цепь к этому источнику можно присоединять с разными сопротивлениями R . В зависимости от этого будут получаться различные значения тока I и напряжения U . Так как

при этом сумма $U+Ir$ остается постоянной, то при увеличении I должно уменьшаться U , и наоборот.

Итак, чем больше сопротивление внешней цепи R , тем больше энергии единичный заряд расходует во внешней цепи и меньше во внутренней (Ir уменьшается).

Когда R велико по сравнению с r , падение напряжения во внутренней цепи так мало по сравнению с U , что им можно пренебречь. Таким образом, при большом сопротивлении R напряжение на внешней цепи U приближенно равно э. д. с:

$$U \approx \varepsilon, \quad (56)$$

На этом основано измерение э. д. с. Действительно, когда внешней цепи нет, то источник электрической энергии замкнут на вольтметр (рисунок 9б), который показывает падение напряжения IR на самом себе, равное U . А так как сопротивление вольтметра очень велико, то при этом справедливо соотношение (56).

17 Практическая часть к лабораторной работе № 6

Цель работы: Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

Оборудование: Реостат, источник ЭДС, амперметр, вольтметр, провода, ключ.

Порядок выполнения работы:

- 1) собрать цепь по схеме (рисунок 13);
- 2) определяем ЭДС источника при разомкнутой цепи ε ;
- 3) замыкаем цепь, измеряем напряжение U_1 и силу тока I ;
- 4) пользуясь законом Ома для участка цепи, определяем сопротивление внешнего участка цепи R , напряжение внутреннего участка U_2 и его сопротивление r ;

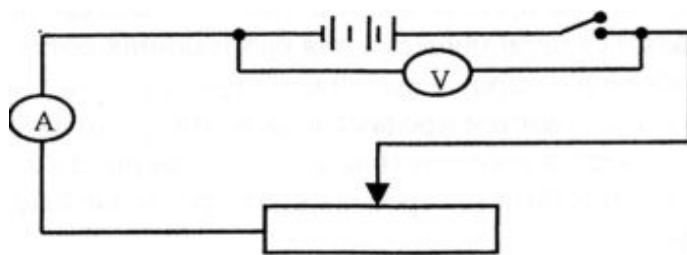


Рисунок 13 – Схема для определения Э.Д.С. и сопротивления внешнего участка цепи

- 5) изменяем ток в цепи при помощи реостата и ещё 2 раза повторяем пункты 3,4;
- 6) результаты измерений и вычислений вписать в таблицу 12;
- 7) сделать вывод по работе.

Таблица 13 - Результаты измерений и вычислений

№ опыта	ε В	U_1 В	I А	R Ом	U_2 В	r Ом	r_{cp} Ом
1							
2							
3							

18 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6

- 1) Какова роль источника тока в замкнутой электрической цепи?
- 2) Какого направление тока в самом источнике тока?
- 3) Зависят ли показания амперметра от места включения его в последовательной цепи?
- 5) Перечислите известные вам действия тока.
- 6) Что представляет собой электрический ток в металлах?

- 7) Напишите закон Ома для участка цепи?
- 8) Что принято за единицу измерения сопротивления?
- 9) Какими приборами измеряют величину тока? Величину напряжения?
- 10) Напишите формулу закона Ома в полной цепи?

19 Теоретическая часть к лабораторной работе № 7. Исследование зависимости мощности потребляемой лампой накаливания от напряжения

19.1 Работа электрического тока

Выясним, как вычисляется работа тока в электрической цепи.

Полную работу тока на участке цепи, который является потребителем, можно найти по формуле (57):

$$A_n = Uq, \quad (57)$$

где U — напряжение на участке цепи;

q — заряд, перенесенный через поперечное сечение проводника за время прохождения t тока.

Так как $q = It$, то:

$$A_n = UIt, \quad (58)$$

Поскольку напряжение и ток на участке цепи можно измерить вольтметром и амперметром, формула (58) удобна на практике для вычисления полной работы тока. По этой формуле работу можно вычислить независимо от того, в какой вид энергии превращается электрическая энергия на рассматриваемом участке цепи.

Когда вся электрическая энергия превращается во внутреннюю энергию (т. е. затрачивается на нагревание участка цепи), справедлива формула: $I = U/R$. Подстав-

ляя это выражение в (58), получим другую формулу для вычисления работы тока на участке цепи без э. д. с:

$$A = \frac{U^2 \cdot t}{R}, \quad (59)$$

Поскольку $U=IR$, формулу (58) можно записать еще следующим образом:

$$A = I^2 R t, \quad (60)$$

Итак, при вычислении работы тока на участке цепи без э. д. с. можно пользоваться любой из формул (58), (59), (60).

Рассмотрим теперь участок цепи с э. д. с. Вспомним, что когда у потребителя имеется против-э. д. с, то электрическая энергия частично превращается во внутреннюю энергию и частично - в другие виды энергии. Электрическая энергия, израсходованная в этом случае, вычисляется по формуле (58). Остается установить, как подсчитать количество электрической энергии, которое превратилось во внутреннюю энергию на таком участке цепи.

Поскольку падение напряжения IR показывает, какое количество электрической энергии превратилось во внутреннюю энергию участка цепи при прохождении единичного заряда, то, если по участку цепи пройдет заряд q , увеличение внутренней энергии участка будет равно IRq , но поскольку $q=It$, получаем $IRq=I^2Rt$. Таким образом, работа тока, определяющая электрическую энергию, которая затрачивается на тепловое действие в данном участке цепи, выражается формулой (60):

$$A_T = I^2 R t, \quad (61)$$

Заметим, что эта формула справедлива для любого участка цепи, в том числе и для генератора.

Работа сторонних сил в генераторе, которой оценивают полученное в нем количество электрической энергии за счет других видов энергии, находится из соотношения. Так как $q=It$, получаем:

$$A = \varepsilon It, \quad (62)$$

Формулу (62) можно применять и к потребителю. В этом случае ε обозначает противо-э. д. с., а работа A определяет, какое количество электрической энергии превратилось в механическую или химическую энергию.

Напомним, что при вычислениях в СИ работа получается в джоулях (ватт-секундах). Однако в электротехнике работу обычно выражают в ватт-часах или в киловатт-часах: $1 \text{ Втч} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $1 \text{ кВтч} = 10^3 \text{ Втч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

Поскольку час содержит $3,6 \cdot 10^3 \text{ с}$, то для вычисления работы тока в ватт - часах достаточно подставлять в приведенные выше формулы время в часах (вместо секунд). Заметим, что прибор для измерения работы тока называют электрическим счетчиком, а стоимость единицы работы тока — тарифом. Например, для населения Оренбурга тариф составляет 1 рубль 20 коп., за 1 кВтч.

19.2 Мощность электрического тока

Вспомним, что мощностью называют величину, характеризующую скорость выполнения работы. Мощность тока на участке цепи измеряют работой тока за единицу времени. Поскольку в электротехнике мощность принято обозначать P , имеем:

$$P = \frac{A}{t}, \quad (63)$$

Единицей мощности в СИ является ватт: $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$.

Подставляя в (63) значения A из формул предыдущего параграфа, получим формулы для вычисления мощности в электрических цепях. Мощность тока на уча-

стке цепи без э. д. с, можно вычислять по любой из следующих формул (при расчетах надо выбирать ту из них, которая удобнее для рассматриваемого случая):

$$P = UI, \quad (64)$$

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad (65)$$

$$P = I^2 R, \quad (66)$$

Когда потребитель имеет э. д. с. ε , формула:

$$P_n = UI, \quad (67)$$

дает полную мощность тока, а формула:

$$P_m = I^2 R, \quad (68)$$

дает мощность тока, затрачиваемую на тепловое действие:

$$P = \varepsilon I, \quad (69)$$

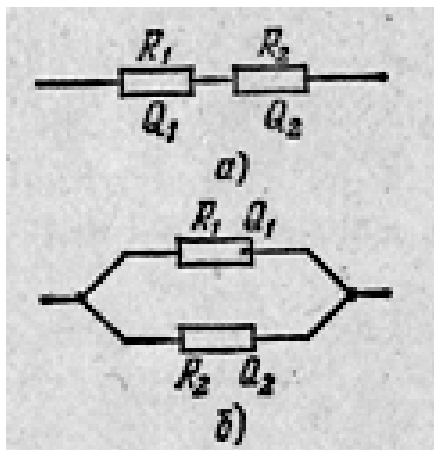
Формула (69) позволяет определить мощность, тока, затраченную на получение других видов энергии, кроме внутренней. При расчетах следует помнить, что мощность тока во всей внешней цепи при любом соединении равна сумме мощностей на отдельных участках цепи. Отметим, что мощность тока в подводящих проводах часто называют потерей мощности.

19.3 Тепловое действие электрического тока

Закон Джоуля – Ленца. Тепловое действие тока на опытах было изучено английским ученым Дж. Джоулем и русским физиком Э. Ленцем. Количество тепла, выделенного током в проводнике, равно работе электрического поля по преодолению сопротивления проводника:

$$Q = A_m = I^2 R t, \quad (70)$$

Формула (70) является математическим выражением закона Джоуля - Ленца: количество тепла, выделенного током в проводнике, прямо пропорционально сопротивлению проводника, квадрату силы тока и времени его прохождения. Заметим еще раз, что формула (70) позволяет вычислять количество теплоты, выделенной током в любом участке цепи с сопротивлением R .



а) последовательное соединение; б) параллельное соединение

Рисунок 14 – Виды соединения сопротивлений

При последовательном соединении проводников с сопротивлениями R_1 и R_2 (рисунок 14а) количество выделенного в них тепла можно выразить следующим образом:

$$Q_1 = I^2 R_1 t, \quad Q_2 = I^2 R_2 t, \quad (71)$$

откуда следует, что:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}, \quad (72)$$

Следовательно, количество теплоты, выделенной током в каждом проводнике при последовательном соединении, прямо пропорционально сопротивлению этих проводников.

При параллельном соединении двух участков цепи без э. д. с. с сопротивлениями R_1 и R_2 (рисунок 14б) количество тепла, выделенного током в каждом участке в отдельности, равно:

$$Q_1 = \frac{U^2 \cdot t}{R_1}, \quad Q_2 = \frac{U^2 \cdot t}{R_2}, \quad (73)$$

Откуда:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad (74)$$

Количество теплоты, выделенной током в параллельно соединенных участках цепи без э. д. с., обратно пропорционально сопротивлению этих участков.

19.4 Короткое замыкание. Практическое применение теплого действия тока

Замыкание полюсов генератора проводником с очень маленьким сопротивлением называется коротким замыканием. Сила тока в этом случае ограничивается только внутренним сопротивлением генератора r .

Действительно, когда R много меньше r , можно принять, что сопротивление R проводника, замыкающего генератор, равно нулю. Тогда из формулы $I = \varepsilon / (R + r)$ получим ток короткого замыкания:

$$I_{к.з} = \frac{\varepsilon}{r}, \quad (75)$$

Это наибольший ток, который может дать источник электрической энергии с э. д. с, равной ε и внутренним сопротивлением r .

Короткое замыкание — явление вредное. Кроме ненужного расхода электрической энергии, при коротком замыкании портится генератор, а перегрев проводов, замыкающих генератор, может вызвать пожар. Поэтому провода, составляющие замкнутую цепь, должны быть хорошо изолированы не только друг от друга, но и от Земли, т. е. от стен, пола.

Тепловое действие тока широко используется в технике и в быту. Одним из наиболее распространенных применений теплового действия тока является освещение комнат, цехов и т. п. с помощью ламп накаливания. Впервые такая лампа была создана А. Н. Ладыгиным, а американский ученый Т. Эдисон сделал эти лампы предметом широкого практического использования.

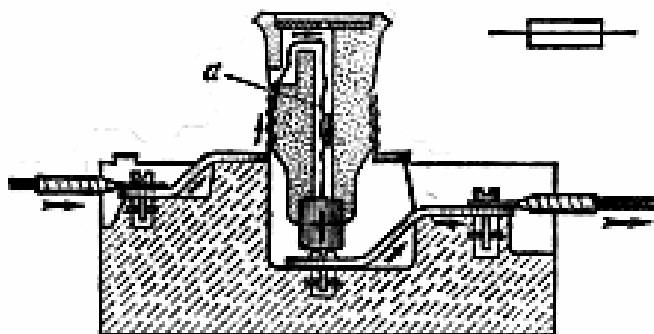


Рисунок 15 – Плавкий предохранитель

На тепловом действии тока основано устройство электрических печей, электронагревательных приборов. В тех случаях, когда тепловое действие тока вызывает

бесполезные потери электрической энергии, его стремятся ослабить. Например, выделение тепла в соединительных проводах — вредное явление. Для уменьшения выделения тепла сопротивление подводящих проводов стараются сделать как можно меньшим, и по возможности уменьшают силу тока в них. Так, передачу электроэнергии осуществляют при высоком напряжении, что позволяет при одной и той же передаваемой мощности уменьшить ток и потери на нагрев проводов.

Для того чтобы, избежать пожаров и порчи генераторов при коротком замыкании, в электрическую цепь обязательно включают плавкие предохранители (пробки) (рисунок 15, вверху – условное изображение). Ток, идущий к потребителю (путь тока отмечен на рисунке 15 стрелками), проходит через проволоку *a* из легкоплавкого металла. При коротком замыкании ток сильно возрастает и расплавляет проволоку, размыкая цепь. Заметим, что сопротивление единицы длины плавкого предохранителя должно быть значительно больше, чем у подводящих проводов.

20 Практическая часть к лабораторной работе № 7

Цель работы: Исследовать зависимость мощности лампы накаливания напряжения.

Оборудование: Реостат, источник ЭДС, амперметр, вольтметр, провода, ключ, лампа.

Порядок выполнения работы:

1) собрать цепь по схеме (рисунок 16):

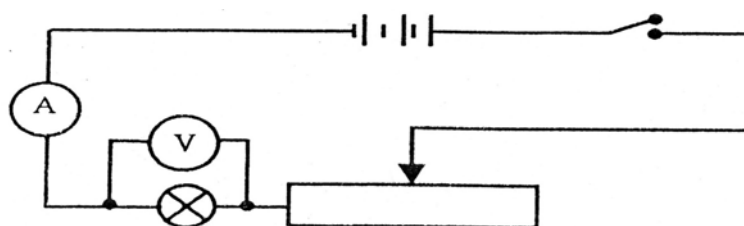


Рисунок 16 – Схема для исследования зависимости мощности от напряжения

2) замыкаем цепь, проводим 5 измерений напряжения U и силы тока I в цепи, изменяя силу тока реостатом;

3) вычисляем мощность для каждого измерения $P = U \cdot I$;

4) результаты измерений и вычислений вписать в таблицу 14.

Таблица 14 - Результаты измерений и вычислений

№ опыта	U_1 В	I А	P Вт
1			
2			
3			
4			
5			

5) построить график зависимости мощности лампы от напряжения (рисунок 17);

6) сделать вывод по работе.

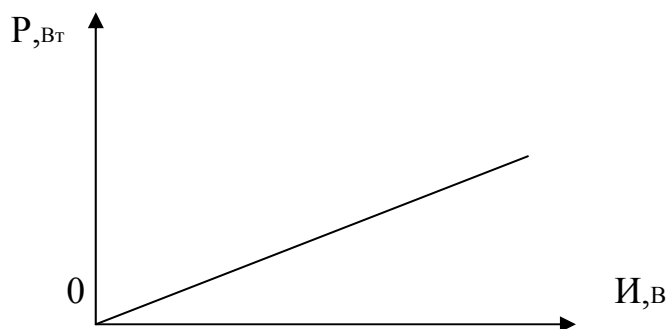


Рисунок 17 – График зависимости мощности лампы накаливания от напряжения

21 Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7

1) Зависят ли показания амперметра от места включения его в последовательной цепи?

2) Перечислите известные вам действия тока.

- 3) Что представляет собой электрический ток в металлах?
- 4) Напишите формулу, по которой можно определить работу тока.
- 5) В каких единицах измеряется работа тока?
- 6) Сколько джоулей в одном киловатт-часе?
- 7) От чего зависит количество тепла, выделившегося в проводнике, по которому течет ток?
- 8) Что такое мощность? Напишите формулы расчета мощности.

Список использованных источников

- 1 Дмитриева, В.Ф. Физика: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования /В.Ф.Дмитриева. -М.: Издательский центр «Академия», 2004.-464с.
- 2 Волков, В.А. Поурочные разработки по физике /В.А.Волков. -М.: ВАКО, 2006.-454с.
- 3 Касьянов, В.А. Физика. Профильный уровень: учебник для общеобразовательных учреждений /В.А.Касьянов. 8-е изд. – М.: Дрофа, 2005.-431с.
- 4 Перельман, Я.И. Знаете ли вы физику? /Я.И.Перельман. - М.: АСТ: Астрель: ХРАНИТЕЛЬ, 2007. -381с.
- 5 Перельман, Я.И. Физика на каждом шагу /Я.И.Перельман. -М.: АСТ: Астрель: Полиграфиздат, 2010. -250с.
- 6 Павленко, Ю.Г. Физика. Избранные задачи /Ю.Г.Павленко. - М.: Экзамен, 2008.- 542 с.
- 7 Кабардин, О.Ф. Тесты по физике. В помощь преподавателю /О.Ф.Кабардин. – М.: ООО Оникс: ООО Мир и образование, 2008. – 224 с.
- 8 Семке, А.И. Нестандартные задачи по физике /А.И.Семке. -Ярославль: Академия развития, 2007. -320 с.
- 9 Балаева, С.А. Физика в вопросах и ответах: учеб.пособие. /С.А.Балаева, А.Н.Угова. -М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2003. -176с.
- 10 Козел, С.М. Открытая физика Полный интерактивный курс физики ООО «ФИЗИКОН», 2006 Поддержка обучения через Интернет «Открытый колледж» Более 80 компьютерных экспериментов, Видеозаписи экспериментов, звуковые пояснения.