

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
КГБПОУ «КАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»
ЦМК общеобразовательных, математических,
общих естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин
Дисциплина: Физика

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ**

МУ.00479926. 240138.15

Автор:
Сосновская Наталья Валерьевна, преподаватель
КГБПОУ «Канский политехнический колледж»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Изучение движения тел по окружности под действием сил тяжести и упругости	4
2 Сохранение механической энергии при движении тела под действием силы тяжести и упругости	9
3 Сравнение работы сил упругости с изменением кинетической энергии тела	12
4 Исследование упругого столкновения тел	15
5 Измерение ускорения свободного падения	18
6 Проверка уравнения состояния газа	20
7 Определение влажности воздуха	23
8 Определение коэффициента поверхностного натяжения	26
9 Измерение удельной теплоты плавления льда	29
10 Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока	32
11 Определение удельного сопротивления проводника	35
12 Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах	37
13 Определение электрохимического эквивалента меди	40
14 Сравнение силы света двух источников фотометром	43
15 Определение показателя преломления стекла	46
16 Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки	49
17 Наблюдение сплошных и линейчатых спектров	53
18 Изучение треков заряженных частиц	57

ВВЕДЕНИЕ

Данное методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ студентами очной формы обучения специальности 240138 Аналитический контроль качества химических соединений по дисциплине Физика.

Методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины Физика (профильный уровень) разработанной на основе Федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования.

Для каждой лабораторной работы определена цель, приведен перечень оборудования, кратко сформулированы основные теоретические положения и указана последовательность выполнения эксперимента.

1 ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯЖЕСТИ И УПРУГОСТИ

Цель: определить центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

1.1 Основные теоретические положения

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиуса R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести $m\vec{g}$ и натяжение нити \vec{F} (рис. 1).

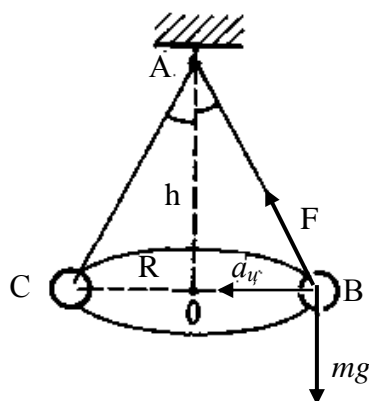


Рисунок 1

Они создают центростремительное ускорение $\vec{a}_ц$, направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_ц = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период

обращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также, используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$. Разложим силу \vec{F} на составляющие \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.

Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Направление координатных осей выбирается так, как показано на рисунке 2.

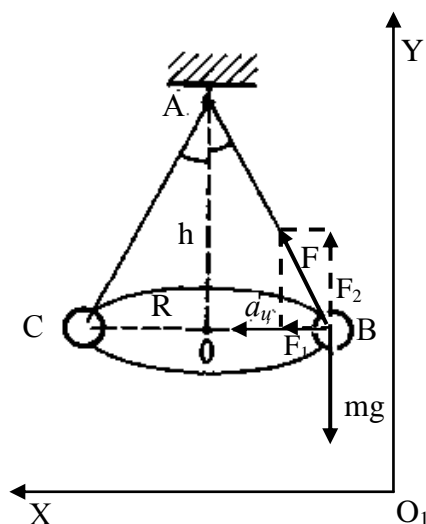


Рисунок 2

В проекциях на ось O_1y уравнение движения шарика примет вид: $0 = F_2 - mg$. Отсюда $F_2 = mg$: составляющая \vec{F}_2 уравнивает силу тяжести $m\vec{g}$, действующую на шарик.

Согласно второго закона Ньютона в проекциях на ось O_1x :

$$ma_n = F_1$$

Отсюда $a_n = \frac{F_1}{m}$

Модуль составляющей F_1 можно определить различными способами. Во-первых, это можно сделать из подобия треугольников OAB и FBF_1 :

$$\frac{F_1}{R} = \frac{mg}{h}$$

Отсюда $F_1 = \frac{mgR}{h}$ и $a_n = \frac{gR}{h}$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно непосредственно измерить динамометром. Для этого необходимо оттянуть горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис. 3), и определить показание динамометра.

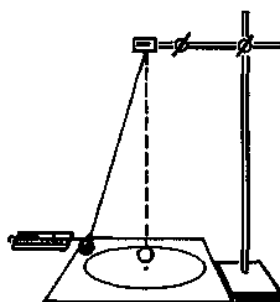


Рисунок 3

При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую \vec{F}_1 . Сопоставив все три выражения для a_n :

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad a_n = \frac{gR}{h}, \quad a_n = \frac{F_1}{m}$$

можно убедиться, что они близки между собой.

1.2 Практическая часть

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника,

уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик с точностью, которую могут дать лабораторные весы, нет необходимости. Вполне достаточно взвешивать с точностью до 1г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

- Определите массу шарика на весах с точностью до 1г.

- Нить проденьте сквозь отверстие и зажмите пробку в лапке штатива (рис. 3).

- Вычертите на листе бумаги окружность, радиус которой около 20см. Измерьте радиус с точностью до 1см.

- Штатив с маятником расположите так, чтобы продолжение шнура проходило через центр окружности.

- Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращайте маятник так, чтобы шарик описывал окружность, равную начерченной на бумаге.

- Отсчитайте время, за которое маятник совершает к примеру, N=50 оборотов.

- Определите высоту конического маятника. Для этого измерьте расстояние по вертикали от центра шарика; до точки подвеса.

- Найдите модуль центростремительного ускорения по формулам:

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

- Оттяните горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измерьте модуль составляющей \vec{F}_1 . Затем вычислите ускорение по формуле $a_n = \frac{F_1}{m}$.

- Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	R , м	N , шт	Δt , с	$T = \Delta t/N$, с	h , м	m , кг	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$, м/с ²	$a_n = \frac{gR}{h}$, м/с ²	$a_n = \frac{F_1}{m}$, м/с ²

- Сравните полученные три значения модуля центростремительного ускорения. Сделайте вывод.

2 СОХРАНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯЖЕСТИ И УПРУГОСТИ

Цель: Сравнить экспериментально уменьшение потенциальной энергии пружины с увеличением кинетической энергии тела, связанного с пружиной.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный, шарик на нити, лист белой и лист копировальной бумаги, линейка, весы с разновесами.

2.1 Основные теоретические положения

На основании закона сохранения и превращения механической энергии при взаимодействии тел силами упругости изменение потенциальной энергии растянутой пружины должно быть равно изменению кинетической энергии тела связанного с пружиной, взятому с обратным знаком. Для проверки этого утверждения можно воспользоваться установкой изображённой на рисунке 4.



Рисунок 4

Закрепив динамометр в лапке штатива, прикрепляют нить с шариком к пружине и натягивают ее, держа нить горизонтально. Когда шар отпускают, он под действием силы упругости приобретает скорость v . При этом потенциальная энергия пружины переходит в кинетическую энергию шарика $\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$. Скорость шарика можно определить, измерив, дальность его полета S при падении его с высоты H по параболе.

Из выражений

$$v = \frac{S}{t}, t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

следует, что

$$v = S \sqrt{\frac{g}{2H}},$$

тогда

$$E_{\kappa} = \frac{mv^2}{2} = \frac{mS^2 g}{4H}$$

Целью данной работы является проверка равенства: $\frac{kx^2}{2} = \frac{mS^2 g}{4H}$. С учётом равенства $kx = F_{\text{упр}}$, получается что: $\frac{F_{\text{упр}} x}{2} = \frac{mS^2 g}{4H}$.

2.2 Практическая часть

- Соберите установку (рис.4). На место падения шарика положите лист белой, а сверху лист копировальной бумаги.

- Соблюдая горизонтальность нити натяните пружину динамометра до значения 1Н. Отпустите шарик и по отметке на листе белой бумаги найти дальность его полёта. Повторите опыт три раза и найдите среднее расстояние

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3}.$$

- Измерьте деформацию пружины при силе упругости 1Н и вычислите потенциальную энергию пружины по формуле $E_n = \frac{kx^2}{2}$.

- Повторите опыт, задавая силу упругости 2Н и 3Н соответственно.

- Измерьте массу шарика и вычислите увеличение его кинетической энергии по формуле $E_k = \frac{mS^2g}{4H}$.

- Результаты занесите в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	$F_{\text{упр}},$ Н	$x,$ м	$E_n,$ Дж	$m,$ кг	$H,$ м	$S_{\text{ср}},$ м	$E_k,$ Дж

- По результатам работы сделайте выводы, т.е проверьте равенство

$$\frac{F_{\text{упр}}x}{2} = \frac{mS^2g}{4H}.$$

3 СРАВНЕНИЕ РАБОТЫ СИЛ УПРУГОСТИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТЕЛА

Цель: на опыте убедиться в справедливости теоремы о кинетической энергии, исследуя работу силы упругости.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой (2шт.), динамометр лабораторный, шарик на нити, линейка, весы с разновесами, лист белой и лист копировальной бумаги.

3.1 Основные теоретические положения

Теорема о кинетической энергии утверждает, что работа силы, приложенной к телу, равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = E_{к1} - E_{к2} = \Delta E_{к}$$

Для экспериментальной проверки этого утверждения можно воспользоваться установкой, изображенной на рисунке 5.

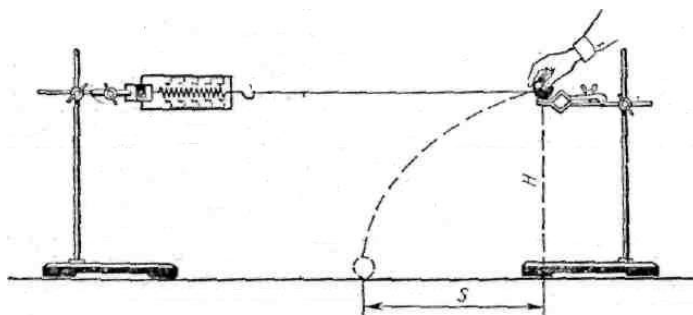


Рисунок 5

В лапке штатива закрепляют горизонтально динамометр. К его крючку привязывают шар на нити длиной 60—80 см. На другом штативе на такой же высоте, как и динамометр, закрепляют лапку. Установив шар на краю лапки, штатив вместе с шаром отодвигают от первого штатива на такое расстояние, чтобы на шар действовала сила упругости $F_{упр}$ со стороны пружины динамометра.

Затем шар отпускают. Под действием силы упругости шар приобретает скорость v , его кинетическая энергия изменяется от 0 до $\frac{mv^2}{2}$.

Т.е. изменение кинетической энергии определяется по формуле

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Для определения модуля скорости v шара, приобретенной под действием силы упругости $F_{упр}$, можно измерить дальность полета S шара при свободном падении с высоты H :

$$v = \frac{S}{t}, \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Отсюда модуль скорости v равен $v = \frac{S\sqrt{g}}{\sqrt{2H}}$, а изменение кинетической энергии равно $\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mS^2g}{4H}$.

Сила упругости во время действия на шар по закону Гука изменяется линейно от $F_{упр1} = 2H$ до $F_{упр2} = 0$, среднее значение силы упругости равно

$$F_{упр\text{ср}} = \frac{F_{упр1} + F_{упр2}}{2} = \frac{F_{упр1}}{2}$$

Измерив деформацию пружины динамометра x , можно вычислить работу силы упругости $A = F_{упр\text{ср}}x = \frac{1}{2}F_{упр1}x$.

Задача настоящей работы состоит в проверке равенства $A = \Delta E_k$, т.е.

$$\frac{1}{2}F_{упр1}x = \frac{mS^2g}{4H}$$

3.2 Практическая часть

- Соберите установку (рис.5). Для этого укрепите на одном штативе динамометр, а на другом лапку для шара на одинаковой высоте $H=40\text{см}$ от поверхности стола. Зацепите за крючок динамометра нить с привязанным шаром.

- Удерживая шар на лапке, отодвигайте штатив до тех пор, пока показание динамометра станет равным 2Н . Отпустите шар с лапки и заметьте место его падения на столе. Опыт повторите 2 - 3 раза и определите среднее значение дальности полета S шара.

- Измерьте массу шара с помощью весов и вычислите изменение кинетической энергии шара под действием силы упругости:

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mS^2g}{4H}$$

- Измерьте деформацию пружины динамометра x при силе упругости 2Н . Вычислите работу A силы упругости:

$$A = F_{\text{упр ср}} x = \frac{1}{2} F_{\text{упр1}} x$$

- Повторите опыт, задавав силу упругости 3Н .

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 3.

Таблица 3

№ опыта	m , кг	H , м	$S_{\text{ср}}$, м	ΔE_k , Дж	$F_{\text{упр ср}}$, Н	x , м	A , Дж

- Сравните полученные значения работы A силы упругости и изменения кинетической энергии ΔE_k шара. Сделайте вывод.

4 ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОГО СТОЛКНОВЕНИЙ ТЕЛ

Цель: на опыте убедиться в справедливости закона сохранения импульса.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, 2 стальных шарика разной массы на нитях, линейка, весы с разновесами.

4.1 Основные теоретические положения

Под столкновением (соударением) понимают любое кратковременное взаимодействие тел. В частном случае под столкновением понимается явление, когда при встрече тела непосредственно касаются друг друга.

В данной работе изучается центральное столкновение шаров. Столкновение называется центральным, если векторы скоростей шаров до удара направлены по прямой, проходящей через их центры.

В зависимости от упругих свойств тел столкновения могут протекать весьма различно. Выделяют два крайних случая: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

Абсолютно упругим называется такое столкновение, при котором механическая энергия сталкивающихся тел сохраняется.

Абсолютно неупругий удар характеризуется тем, что потенциальная энергия деформации не возникает. Кинетическая энергия тел полностью или частично превращается во внутреннюю энергию. После удара столкнувшиеся тела либо движутся с одинаковой скоростью, либо покоятся.

При упругом соударении выполняется закон сохранения импульса

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$$

где m_1 и m_2 – массы шаров,

v_1 и v_2 - скорости шаров до соударения,

v'_1 и v'_2 - скорости шаров после соударения.

Т.к. изначально второй шар покоится, то $v_2=0$ и выражение подлежащее проверке будет иметь вид

$$m_1v_1 = m_1v'_1 + m_2v'_2$$

4.2 Практическая часть

- Определите массу шаров m на весах и измерьте длину подвеса l (нити).
- Соберите установку (рис.6).

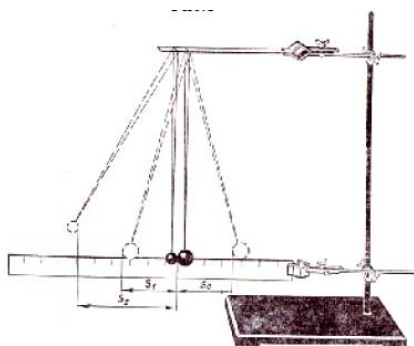


Рисунок 6

- Отведите большой шар на $S_0=5-7$ см в сторону и отпустите его, производя прямой удар по второму шару. Заметьте по линейке максимальные отклонения шаров после удара - S_1 и S_2 .

- Определите скорости шаров до и после удара из формулы $mgh = \frac{mv^2}{2}$

$$v = \sqrt{2gh}$$

где h - высота подъема шара ($h = \frac{S^2}{2l}$).

- Вычислите импульсы шаров до и после взаимодействия:

импульс первого шара до столкновения $p_1 = m_1v_1$;

импульс второго шара до столкновения $p_2 = m_2v_2 = 0$;

импульс первого шара после столкновения $p'_1 = m_1v'_1$;

импульс второго шара после столкновения $p'_2 = m_2v'_2$.

- Повторите опыт еще два раза.

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 4.

Таблица 4

№ опыта	m_1 , кг	m_2 , кг	l , м	S_0 , м	S_1 , м	S_2 , м	v_1 , м/с	v_2 , м/с	v'_1 , м/с	v'_2 , м/с	p_1 , $\frac{кг \cdot м}{с}$	p_2 , $\frac{кг \cdot м}{с}$	p'_1 , $\frac{кг \cdot м}{с}$	p'_2 , $\frac{кг \cdot м}{с}$

- Определите средние значения импульсов по формулам

$$p_{1cp} = \frac{p_{1опыт1} + p_{1опыт2} + p_{1опыт3}}{3},$$

$$p_{2cp} = \frac{p_{2опыт1} + p_{2опыт2} + p_{2опыт3}}{3},$$

$$p'_{1cp} = \frac{p'_{1опыт1} + p'_{1опыт2} + p'_{1опыт3}}{3},$$

$$p'_{2cp} = \frac{p'_{2опыт1} + p'_{2опыт2} + p'_{2опыт3}}{3}$$

- Проверьте справедливость закона сохранения импульса

$$p_{1cp} + p_{2cp} = p'_{1cp} + p'_{2cp}$$

- Сделайте вывод.

5 ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ

Цель: определить ускорение свободного падения при помощи математического маятника.

Оборудование: математический маятник, линейка, секундомер.

5.1 Основные теоретические положения

Колебания груза, подвешенного на нити, обладают замечательным свойством: период этих колебаний не зависит от массы груза и определяется только длиной нити - чем длиннее нить, тем больше период колебаний.

Кроме того, период свободных колебаний зависит от ускорения свободного падения: например, на Луне период колебаний того же маятника увеличится по сравнению с «земным» периодом примерно в 2,5 раза.

Модель нитяного маятника, когда массой нити, размером груза и трением можно пренебречь, называют математическим маятником.

Расчеты показывают, что период малых колебаний математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, где (l — длина нити, g — ускорение свободного падения в данном месте).

Поскольку период колебаний математического маятника зависит от значения ускорения свободного падения, с помощью маятника можно производить очень точные измерения значения g . Благодаря этому можно исследовать земные недра, оставаясь на поверхности: например, над рудными месторождениями значение g увеличивается, а над газовыми — уменьшается.

5.2 Практическая часть

- Установите штатив на краю стола и закрепите у верхнего конца штатива с помощью муфты кольцо. Подвесьте к нему шарик на нити, подобрав длину нити так, чтобы шарик висел на расстоянии не более 5см от пола.

- Измерьте расстояние l от точки подвеса до центра шарика.

- Отклоните шарик от положения равновесия на 5 - 10 см и отпустите его.

- Измерьте время t , в течение которого маятник совершает N полных колебаний (удобно взять $N = 40$).

- Вычислите период колебаний маятника $T = \frac{t}{N}$.

- Вычислите значение $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$.

- Не меняя условий эксперимента, повторите измерения и вычисления еще 4 раза.

- Определите среднее значение ускорения свободного падения

$$g_{cp} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5}{5}.$$

- Сравните полученное значение ускорения свободного падения с табличным ($g=9,8\text{м/с}^2$). Определите погрешность измерений $\delta = \frac{g_{табл} - g_{cp}}{g_{табл}} \cdot 100\%$.

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 5.

Таблица 5

№ опыта	l , м	t , с	T , с	g , м/с ²	g_{cp} , м/с ²	$g_{табл}$, м/с ²	δ , %

- Сделайте вывод.

6 ПРОВЕРКА УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ГАЗА

Цель: экспериментально проверить зависимость между объемом, давлением и температурой для данной массы газа.

Оборудование: прибор для изучения газовых законов, барометр, термометр, сосуды с холодной и горячей водой, испытуемый газ - воздух.

6.1 Основные теоретические положения

Состояние данной массы газа характеризуется тремя величинами (параметрами): объемом V , давлением p и термодинамической температурой T . В природе и технике, как правило, происходят изменения всех величин одновременно, но при этом соблюдается закономерность, выраженная уравнением состояния газа:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{pV}{T} \quad \text{при } m = \text{const}$$

Для данной массы газа произведение объема на давление, деленное на термодинамическую температуру, есть величина постоянная.

Проверить эту зависимость экспериментально можно, используя прибор для изучения газовых законов (рис.7).

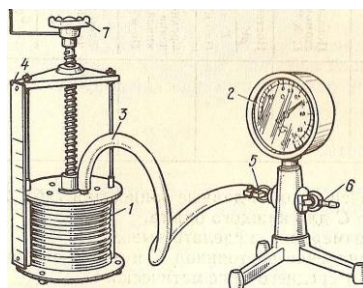


Рисунок 7

Прибор состоит из металлического гофрированного цилиндра переменного объема (сильфона) 1, манометра 2 и резинового шланга 3. Прикрепленная к сильфону демонстрационная шкала 4 позволяет измерять объем воздуха в ци-

линдре в условных единицах.

Внимание!

Цилиндр изготовлен из тонкой фольги, поэтому не следует допускать при работе резких движений сильфона, не следует слишком сжимать и растягивать его.

Цилиндр следует помещать в воду так, чтобы она покрыла его верхнюю крышку.

По шкале манометра определяется разность давлений воздуха атмосферного и находящегося в сильфоне.

Поскольку манометр измеряет давление газа в Паскалях (Па), а барометр - в мм.рт.ст., пересчитать единицы давления в паскалях (Па), учитывая, что $1 \text{ мм.рт.ст.} = 133 \text{ Па}$.

6.2 Практическая часть

- Определите цену деления шкалы манометра.
- Соберите установку по рисунку 7.
- Откройте у манометра краны 5 и 6, вращением винта 7 установите верхнюю крышку цилиндра против пятого деления демонстрационной шкалы, после чего кран 6 закройте.
- Снимите показания приборов и данные занесите в табл. 6.
- Перенесите сильфон в сосуд с холодной водой и с помощью винта измените объем воздуха. Через 2-3 мин наступит тепловое равновесие, т.е. температуры воды и воздуха (в сильфоне) станут одинаковыми.
- Снимите показания приборов и данные запишите в табл. 6.
- Повторите опыт с горячей водой и данные запишите в табл. 6.
- Вычислите постоянную C для каждого опыта.
- Сравните результаты измерений.
- Определите среднее значение постоянной C и найти относительную погрешность методом среднего арифметического.

Таблица 6

№ опыта	Показание барометра p_0 , Па	Показания манометра Δp_0 , Па	Давление воздуха в сиффоне p , Па	Объем воздуха V , м ³	Показания термометра T , К	Постоянная $\frac{pV}{T} = C$, Па · м ³ /К	Среднее значение постоянной C_{cp} , Па · м ³ /К	Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta C_{cp}}{C_{cp}} 100\%$

- Сделайте вывод.

7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Цель: научиться пользоваться психрометром, экспериментально определить точку росы и массу водяных паров в помещении.

Оборудование: психрометр, рулетка, психрометрическая таблица, таблица зависимости давления и плотности насыщенного пара от температуры.

7.1 Основные теоретические положения

В атмосфере земли всегда сохраняются водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютной влажностью воздуха ρ_a называется количество водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха (плотность водяных паров). Обычно эту величину выражают в г/м^3 .

Относительная влажность воздуха φ определяется отношением его абсолютной влажности ρ_a к влажности (плотности) паров, насыщающих воздух при данной температуре, ρ_n

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} \cdot 100\%$$

Определение относительной влажности воздуха производится обычно психрометрическим способом. Для применения данного способа необходимы психрометр (например, психрометр Августа) и психрометрические таблицы.

Психрометр Августа является удобным и точным прибором для определения влажности воздуха (рис.8).

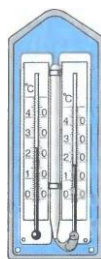


Рисунок 8

Он состоит из двух термометров, один из которых сухой, другой – влажный. Влажным термометр становится от того, что его конец обернут марлей, опущенной в воду.

Определение влажности основано на сравнении показаний сухого t_c и смоченного t_m термометров. Так как с поверхности резервуара смоченного термометра происходит испарение воды, то его температура будет ниже, чем сухого. Причем разность между показаниями термометров будет тем больше, чем меньше влажность воздуха, так как при малой влажности испарение происходит более интенсивно и показания влажного термометра будут меньшими. Снижение температуры смоченного термометра продолжается до тех пор, пока не наступит равновесие, при котором на испарение будет уходить столько тепла, сколько будет приходить из окружающей среды.

Чем больше разность показаний сухого и смоченного термометров, тем больше влажность воздуха.

7.2 Практическая часть

- Поместите психрометр в центре помещения.
- Определите температуру сухого термометра t_c и смоченного термометра t_m .
- Определите разность показаний термометров $\Delta t = t_c - t_m$.
- По психрометрической таблице определите относительную влажность воздуха.
- По таблице «Зависимость давления и плотности насыщенных паров от температуры» определите плотность насыщенных паров при температуре сухого термометра ρ_n .
- Определите абсолютную влажность воздуха

$$\rho_a = \frac{\rho_n \cdot \varphi}{100\%}$$

- Измерьте объем помещения.
- Определите массу водяных паров

$$m_{в.п.} = \rho_a \cdot V$$

- По таблице «Зависимость давления и плотности насыщенных паров от температуры» определите точку росы t_p .
- Поместите психрометр около окна и повторите эксперимент.
- Поместите психрометр около отопительного радиатора и еще раз повторите эксперимент.
- Определите средние значения относительной влажности воздуха, точки росы и массы водяных паров в помещении.

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3}{3}$$

$$t_{p\,cp} = \frac{t_{p1} + t_{p2} + t_{p3}}{3}$$

$$m_{в.п.\,cp} = \frac{m_{в.п.1} + m_{в.п.2} + m_{в.п.3}}{3}$$

- Данные наблюдений и вычислений занесите в таблицу 7.

Таблица 7

№ опыта	Место нахождения психрометра	t_c , °C	t_b , °C	Δt , °C	φ , %	$\rho_{нв}$, г/м ³	ρ_a , г/м ³	V , м ³	$m_{в.п.}$, г	t_p , °C	φ_{cp} , %	$m_{в.п.\,cp}$, г	$t_{p\,cp}$, °C

- Оцените достаточно ли влажен воздух в помещении (нормальная относительная влажность 40-60%).
- Сделайте вывод.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

Цель: определить коэффициент поверхностного натяжения воды.

Оборудование: бюретка с краном, весы лабораторные с разновесами, сосуд с водой, сосуд с мыльной водой, сосуд для сбора капель, линейка.

8.1 Основные теоретические положения

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости.

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости, стремясь уменьшить потенциальную энергию, сокращается. При этом совершается работа $A = \sigma \Delta S$, где σ - коэффициент пропорциональности (выражается в Дж/м² или Н/м), называемый поверхностным натяжением: $\sigma = A/\Delta S$, или $\sigma = F/l$, где F - сила поверхностного натяжения, l - длина границы поверхностного слоя жидкости.

Поверхностное натяжение можно определить различными методами, например методом отрыва капель.

Опыт осуществляют с бюреткой, в которой находится исследуемая жидкость. Открывают кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести ее $P = m_k g$ равна силе поверхностного натяжения, граница свободной поверхности - окружность шейки капли. Следовательно, $F = m_k g$; $l = \pi d_{ш \cdot k}$; $\sigma = m_k g / (\pi d_{ш \cdot k})$. Опыт показывает, что $d_{ш \cdot k} = 0,9 d_0$, где d_0 - диаметр канала узкого конца бюретки.

8.2 Практическая часть

- Соберите установку (рис.9) и наполните бюретку водой.

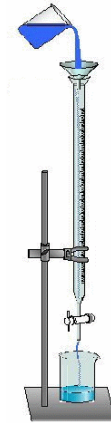


Рисунок 9

- Измерьте диаметр канала узкого конца бюретки d_0 (примерно 1-3мм).
- Определите диаметр шейки капли $d_{ш.к.}=0,9d_0$.
- Вычислите длину окружности узкого конца бюретки $l = \pi d_{ш.к.}$.
- Определите массу пустого сосуда для сбора капель m_c , взвесив его.
- Подставьте под бюретку сосуд, в котором была вода, и, плавно открывая кран, добейтесь медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2с).
- Под бюретку с отрегулированными каплями подставьте взвешенный сосуд и отсчитайте $N=100$ капель.
- Измерив массу сосуда с каплями $m_{ск}$, определите массу капель $m_k = m_{ск} - m_c$.
- Определите массу одной капли $m = m_k / N$.
- Повторите опыт с другим количеством капель ($N=200$ капель и $N=300$ капель).
- Определите среднее значение массы одной капли $m_{cp} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$.
- Определите вес одной капли $P = m_{cp} \cdot g$, где $g=9,8\text{м/с}^2$.
- Определите коэффициент поверхностного натяжение $\sigma = \frac{P}{l}$.
- Сравните полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения.

- Определите относительную погрешность $\delta = \frac{\sigma_{табл} - \sigma}{\sigma_{табл}} \cdot 100\%$ (при 20°C

$\sigma_{табл} = 0,073 \text{ Н/м}$).

- Результаты измерений и вычислений записать в табл.8.

Таблица 8

№ опыта	d_0 , М	$d_{ш.к.}$, М	l , М	m_c , КГ	N, ШТ	$m_{ск}$, КГ	m_k , КГ	m , КГ	m_{cp} , КГ	P, Н	σ , Н/М	δ , %

- Сделайте вывод.

9 ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПЛАВЛЕНИЯ ЛЬДА

Цель: определить удельную теплоту плавления льда.

Оборудование: калориметр, термометр, лабораторные весы с разновесами, стеклянный стакан, измерительный цилиндр, лед, вода.

9.1 Основные теоретические положения

Удельную теплоту плавления льда можно определить следующим способом. Если налить в стакан калориметра теплую воду массой m_1 и температурой t_1 и опустить в нее лед массой m_2 при температуре $t_3 = 0^\circ\text{C}$, то при расплавлении всего льда температура t_2 в калориметре определится следующим уравнением:

$$m_2\lambda + m_2c(t_2 - t_3) = m_1c(t_1 - t_2) + m_k c_k(t_4 - t_2)$$

где λ - удельная теплота плавления льда, c - теплоёмкость воды, m_k - масса калориметра, c_k - удельная теплоемкость вещества калориметра, t_4 - начальная температура калориметра.

Выполнение эксперимента и расчета можно упростить, если провести эксперимент таким образом, чтобы начальное t_4 и конечное t_2 значение температуры калориметра были одинаковыми. В этом случае уравнение теплового баланса принимает вид:

$$m_2\lambda + m_2c(t_2 - t_3) = m_1c(t_1 - t_2)$$

С учетом того, что $t_3 = 0^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда из этого уравнения равна:

$$\lambda = \frac{c(m_1(t_1 - t_2) - m_2 t_2)}{m_2}$$

9.2 Практическая часть

- Измерьте температуру воздуха в помещении t_2 .

- Приготовьте некоторое количество льда. Подержите лёд некоторое время при комнатной температуре, чтобы его температура стала 0°C . При этом часть льда должна растаять, а остальной лёд будет плавать в воде.

- Налейте $V_1=150\text{см}^3$ теплой воды в измерительный цилиндр. Температура теплой воды должна превышать комнатную температуру t_2 примерно на 40°C .

- Определите массу теплой воды с помощью весов.

- Вылейте теплую воду во внутренний стакан калориметра. Измерьте температуру t_1 , теплой воды в калориметре.

- Возьмите небольшой кусок льда и опустите в теплую воду в калориметре. Воду постоянно перемешивайте и следите за показаниями термометра. После полного расплавления первого куска льда положите в воду второй и так далее до тех пор, пока температура воды в калориметре не достигнет значения t_2 , равного температуре воздуха в комнате.

- Перелейте воду из стакана калориметра в измерительный цилиндр. По увеличению объема $\Delta V=V_2-V_1$ воды найдите массу m_2 , растаявшего льда

$$m_2 = \frac{\Delta V}{\rho_{\text{л}}} (\rho_{\text{л}}=1000\text{кг/м}^3).$$

- Вычислите удельную теплоту плавления льда $\lambda = \frac{c(m_1(t_1 - t_2) - m_2 t_2)}{m_2}$, где

$c=4190\text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$.

- Результат измерений и вычислений занесите в таблицу 9.

Таблица 9

№ опыта	$t_2,$ °C	$V_1,$ м ³	$m_1,$ кг	$t_1,$ °C	$\Delta V,$ м ³	$m_2,$ кг	$\lambda,$ Дж/кг	$\delta,$ %

- Определите погрешность измерений $\delta = \frac{\lambda_{табл} - \lambda}{\lambda_{табл}} \cdot 100\%$

($\lambda_{табл} = 0,334$ Дж/кг).

- Сделайте вывод.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

Цель: научиться собирать простейшие электрические цепи, пользоваться измерительными приборами, опытным путем находить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

Оборудование: источник электрической энергии, амперметр, вольтметр, реостат, ключ, соединительные провода.

10.1 Основные теоретические положения

Для получения электрического тока в проводнике необходимо создать и поддерживать на его концах разность потенциалов (напряжение). Для этого используют источник тока. Разность потенциалов на его полюсах образуется вследствие разделения зарядов. Работу по разделению зарядов выполняют сторонние (не электрического происхождения) силы.

При разомкнутой цепи энергия, затраченная в процессе работы сторонних сил, превращается в энергию источника тока. При замыкании электрической цепи запасенная в источнике тока энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней и внутренней частях цепи с сопротивлениями соответственно R и r .

Величина, численно равная работе, которую совершают сторонние силы при перемещении единичного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока E

$$E = IR + Ir$$

в СИ выражается в вольтах (В).

Электродвижущую силу и внутреннее сопротивление источника тока можно определить экспериментально.

10.2 Практическая часть

- Определите цену деления амперметра и вольтметра.
- Составьте электрическую цепь по схеме (рис.10).

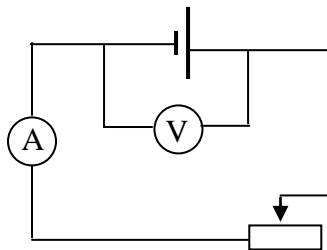


Рисунок 10

- После проверки собранной схемы преподавателем замкните ее ключом. Пользуясь реостатом, установите в цепи силу тока соответствующую нескольким делениям шкалы амперметра.
- Снимите показания амперметра и вольтметра.
- Снова замкните цепь и изменив сопротивление внешнего участка цепи (изменив положение движка реостата) снимите новые показания амперметра и вольтметра.
- Вычислите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, используя формулу закона Ома для полной цепи $E = U + Ir$.

Ввиду того, что в уравнении два неизвестных (ЭДС E и внутреннее сопротивление r) приходится использовать данные двух измерений, записав закон Ома дважды и решив систему уравнений

$$\begin{cases} E = U_1 + I_1 r \\ E = U_2 + I_2 r \end{cases}$$

Отсюда $r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$.

Тогда $E = \frac{I_2 U_1 - I_1 U_2}{I_2 - I_1}$.

- Повторите опыт еще для двух положений движков реостата и снова определите ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

- Определите среднее значение ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока $E_{cp} = \frac{E_1 + E_2}{2}$, $r_{cp} = \frac{r_1 + r_2}{2}$.

- Отключите внешнюю цепь от источника тока, оставив только вольтметр. Вольтметр при этом будет показывать ЭДС источника тока.

- Снимите показания вольтметра при разомкнутой цепи.

- Сравните измеренное $E_{раз}$ и рассчитанное E_{cp} значения ЭДС источника.

Определите погрешность измерений $\delta = \frac{E_{раз} - E_{cp}}{E_{раз}} \cdot 100\%$.

- Результаты наблюдений и вычислений занесите в таблицу 10.

Таблица 10

№ опыта	U , В	I , А	E , В	r , Ом	E_{cp} , В	r_{cp} , Ом	δ , %
1							
2							
Разомкнутая цепь	-	-		-	-	-	

- Сделайте вывод.

11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА

Цель: научиться экспериментально определять удельное сопротивление проводников.

Оборудование: источник постоянного тока, амперметр, вольтметр, соединительные провода, реостат, ключ, штангенциркуль.

11.1 Основные теоретические положения

Одной из важных характеристик проводника является удельное электрическое сопротивление ρ - физическая величина, равная отношению произведения сопротивления проводника на его площадь поперечного сечения к длине проводника. Для однородного цилиндрического проводника с сопротивлением R , длиной l , площадью поперечного сечения S

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

В СИ удельное сопротивление выражается в Ом·м.

Удельное сопротивление зависит от концентрации в проводнике свободных электронов и от расстояния между ионами кристаллической решетки, иначе говоря, от материала проводника.

В качестве исходного материала для эксперимента можно использовать обмотку реостата.

11.2 Практическая часть

- Определите длину проволоки реостата. Для этого измерьте диаметр керамического цилиндра реостата D , подсчитайте число витков на нем n . Длина проволоки определяется по формуле $l = \pi Dn$.

- Определите площадь поперечного сечения проволоки реостата. Для этого измерьте штангенциркулем длину обмотки реостата L и зная число витков n определите диаметр проволоки $d = \frac{L}{n}$ и площадь поперечного сечения

$$S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

- Соберите электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 11.

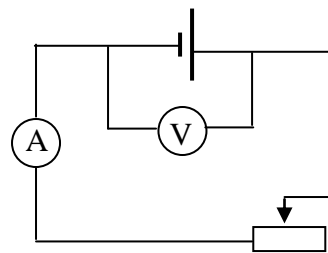


Рисунок 11

- После проверки преподавателем электрической цепи, замкните ее.

- Измерьте силу тока в реостате I и напряжение на нем U (реостат должен быть полностью введен в цепь).

- Определите сопротивление реостата, пользуясь законом Ома для участка цепи $I = \frac{U}{R}$.

- Данные наблюдений и вычислений занесите в таблицу 11.

Таблица 11

n , шт	D , м	l , м	L , м	d , м	S , м ²	I , А	U , В	R , Ом	ρ , Ом·м	$\rho_{\text{табл}}$, Ом·м	δ , %

- Определите погрешность измерений $\delta = \frac{\rho_{\text{табл}} - \rho}{\rho_{\text{табл}}} \cdot 100\%$ (для нихрома

$$\rho_{\text{табл}} = 110 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м})$$

12 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЛАМПОЙ НАКАЛИВАНИЯ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЕЕ ЗАЖИМАХ

Цель: экспериментально определить зависимость мощности, потребляемой лампой от напряжения на ее зажимах.

Оборудование: источник постоянного тока, амперметр, вольтметр, реостат, лампочка на подставке, соединительные провода.

12.1 Основные теоретические положения

Электрическая энергия, как и всякий другой вид энергии, проявляется также при совершении работы. На практике принято считать, что энергией обладает электрический ток внешней цепи. Обладая энергией, он совершает работу, которая сводится к преодолению сопротивления приемников (потребителей). Электрическая энергия при этом превращается во внутреннюю (тепловую). Для вычисления работы или потребляемой энергии пользуются формулой $A=IUt$.

Работа тока на участке цепи численно равна произведению напряжения U на концах этого участка на силу тока I и на время t , в течение которого совершалась работа.

Физическая величина, показывающая, какую работу совершает электрический ток за единицу времени, называется мощностью. Мощность электрического тока P численно равна отношению работы A ко времени t : $P=A/t=IU$.

Единица измерения мощности называется ваттом (Вт): $1\text{Вт}=1\text{В}\cdot 1\text{А}$.

Применяют также кратные единицы мощности:

1гектоватт = 1гВт = 100Вт,

1киловатт = 1кВт = 1000Вт,

1мегаватт = 1МВт = 1000000Вт.

Единица измерения работы называется джоулем (Дж):

$$1\text{Дж} = 1\text{В} \cdot 1\text{А} \cdot 1\text{с} = 1\text{Вт} \cdot 1\text{с}.$$

Применяют также и другие единицы работы:

$$1 \text{ гектоватт} \cdot \text{час} = 1\text{гВт} \cdot \text{ч} = 100\text{Вт} \cdot \text{ч} = 360000\text{Дж},$$

$$1 \text{ киловатт} \cdot \text{час} = 1\text{кВт} \cdot \text{ч} = 1000\text{Вт} \cdot \text{ч} = 3600000\text{Дж}.$$

Работу электрического тока измеряют счетчиком электрической энергии, мощность тока - ваттметром или с помощью амперметра и вольтметра.

Каждый приемник электрической энергии характеризуется не только номинальным напряжением, но и номинальной мощностью. Числовые значения этих величин всегда указывают на приемниках, а у сетевых ламп накаливания - на их баллонах.

12.2 Практическая часть

- Определите цену деления амперметра и вольтметра.
- Соберите электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 12.

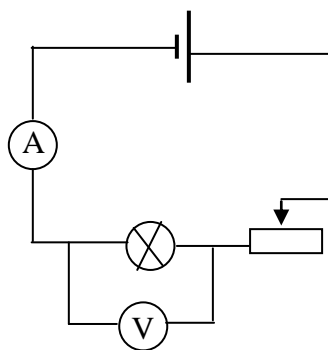


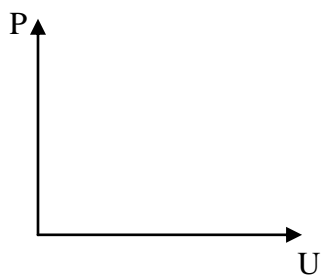
Рисунок 12

- После проверки цепи преподавателем, замкните ее и снимите показания амперметра и вольтметра.
- Определите мощность, потребляемую лампой по формуле $P = IU$.
- С помощью реостата уменьшите напряжение на зажимах лампы и еще раз снимите показания измерительных приборов, а также определите мощность.
- Повторите опыт еще 3 раза. Для каждого случая определите мощность.
- Данные наблюдений и вычислений занесите в таблицу 12.

Таблица 12

№ опыта	I, А	U, В	P, Вт

- По результатам эксперимента постройте график зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на ее зажимах.



- Сделайте вывод.

13 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА МЕДИ

Цель: экспериментально определить электрохимический эквивалент меди.

Оборудование: лабораторные весы с разновесами, амперметр, часы, вентилятор настольный или электроплитка, источник постоянного тока, реостат, ключ, медные пластины (2шт.), соединительные провода, электролитическая ванна с раствором медного купороса, наждачная бумага.

13.1 Основные теоретические положения

Процесс, при котором молекулы солей, кислот и щелочей при растворении в воде или других растворителях распадаются на заряженные частицы (ионы), называется электролитической диссоциацией; получившийся при этом раствор с положительными и отрицательными ионами называется электролитом.

Если в сосуд с электролитом поместить пластины (электроды), соединенные с зажимами источника тока (создать в электролите электрическое поле), то положительные ионы будут двигаться к катоду, а отрицательные - к аноду. У электродов происходят окислительно-восстановительные реакции, при этом на электродах выделяются вещества - продукты реакции.

Для электролиза справедлив закон Фарадея: масса выделившегося вещества на электроде прямо пропорциональна заряду Q , прошедшему через электролит: $m=kQ$, или $m=kIt$, где k - электрохимический эквивалент - количество вещества, выделенное при прохождении через электролит 1 Кл электричества. Для каждого вещества значение k есть постоянная величина.

Измерив силу тока в цепи, составленной по схеме, время его прохождения и массу выделившегося на катоде вещества, можно определить электрохимический эквивалент из первого закона Фарадея: $k=m/(It)$.

13.2 Практическая часть

Внимание!

Медные пластины со временем покрываются налетом оксида меди, который относится к ядовитым веществам, поэтому в процессе выполнения работы необходимо соблюдать предосторожность: бумагу, на которой очищается пластинка, следует аккуратно свернуть, нельзя сдувать со столов порошок, образовавшийся при очистке пластин. Пальцами касаться очищенных пластин нельзя. После эксперимента электроды, вынутые из раствора, необходимо тщательно промыть (3-5мин) в проточной воде.

Необходимо помнить, что большой ток в цепи не даст хороших результатов: налет меди на пластине может отслаиваться и выпадать в осадок.

- Тщательно очистите поверхность медной пластины наждачной бумагой и взвесьте эту пластину с максимально возможной точностью.

- Соберите электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 13. Взвешенную пластинку соедините с отрицательным полюсом источника электрической энергии.

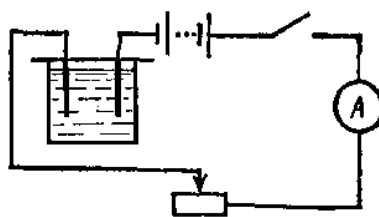


Рисунок 13

- После проверки цепи преподавателем заметьте время по часам с секундной стрелкой, замкните ключ. Быстро установите, реостатом силу тока 1-1,5А. Пользуясь реостатом, поддерживайте силу тока неизменной на протяжении всего опыта.

- Через 20-25мин цепь разомкните. Пластины, служившую в опыте катодом, выньте, осторожно ополосните водой, высушите перед вентилятором или электроплиткой, тщательно взвесьте и определите массу выделившейся меди.

- По результатам измерений определите электрохимический эквивалент

меди по формуле $k=m/(It)$.

- Сравните найденное значение электрохимического эквивалента меди с табличным ($k_{табл}=0,33 \cdot 10^{-6}$ кг/кл) и определите относительную погрешность измерения

$$\delta = \frac{k_{табл} - k}{k_{табл}} \cdot 100\% .$$

- Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 13.

Таблица 13

Масса катода до опыта m_1 , кг	Масса катода после опыта m_2 , кг	Масса меди, отложившейся на катоде, m , кг	Сила тока I , А	Время пропускания тока t , с	Электрохимический эквивалент, k , кг/Кл	Табличное значение электрохимического эквивалента $k_{таб}$, кг/Кл	Относительная погрешность δ , %

- Сделайте вывод.

14 СРАВНЕНИЕ СИЛЫ СВЕТА ДВУХ ИСТОЧНИКОВ ФОТОМЕТРОМ

Цель: экспериментально определить силу света лампы фотометрическим способом.

Оборудование: фотометр, лампы 25, 40 и 60Вт, эталонная лампа 6,3В, источник постоянного тока, соединительные провода, ширма, линейка.

14.1 Основные теоретические положения

Фотометрирование заключается в сравнении освещенности двух поверхностей, создаваемой исследуемыми источниками света.

Если два точечных источника с силами света I и I_1 создают одинаковую освещенность двух поверхностей, а расстояния между источниками света и освещаемыми поверхностями соответственно равны r и r_1 , то можно записать условие равенства освещенностей:

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

Данное равенство позволяет определить отношение сил света источников.

Для выполнения работы одна из ламп, помещенная справа от фотометра служит эталоном, силу света ее условно считают равной единице ($I_1 = 1$ Кд). Другая лампа, помещенная слева от фотометра, имеет неизвестную силу света.

Из вышеуказанного равенства можно вывести формулу для определения силы света второй лампы $I_2 = \frac{I_1 \cdot r_2^2}{r_1^2}$.

14.2 Практическая часть

- Расположите фотометр в середине рабочего стола, экраном к наблюдателю. По обеим сторонам фотометра на равных расстояниях поместите сравнимые источники света: справа от фотометра эталонную лампу (6,3В), а слева - исследуемую лампу (25Вт).

- Фотометр и обе лампы должны быть расположены на одной прямой, нити накала обеих ламп и середина экрана фотометра должны находиться на одной высоте над уровнем стола.

- Исследуемую лампу расположите вертикально.

- Включите лампы и закройте их ширмой от попадания солнечного света.

- Передвигайте фотометр или лампы до тех пор, пока освещенность обеих сторон экрана фотометра станет одинаковой.

- Измерьте расстояние от середины нитей накала ламп до середины экрана фотометра с точностью до миллиметра.

- Зная силу света эталонной лампы, вычислите силу света исследуемой

лампы
$$I_2 = \frac{I_1 \cdot r_2^2}{r_1^2}.$$

- Расположите исследуемую лампу горизонтально и повторите опыт.

- Определите среднее значение силы света исследуемой лампы

$$I_{2cp} = \frac{I_{2верт.} + I_{2гор.}}{2}$$

- Повторите опыт для остальных исследуемых ламп (40 и 60Вт).

- Данные наблюдений и вычислений занесите в таблицу 14.

Таблица 14

№ опыта	Мощность лампы Р, Вт	Положение лампы	r_1 , м	r_2 , м	I_1 , Кд	I_2 , Кд	$I_{2\text{ ср}}$, Кд
		вертикальное			1Кд		
		горизонтальное					
		вертикальное					
		горизонтальное					
		вертикальное					
		горизонтальное					

- Сделайте вывод.

15 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

Цель: на основании законов преломления света определить показатель преломления среды.

Оборудование: стеклянная пластинка с параллельными гранями, булавки, картон, линейка, транспортир.

15.1 Основные теоретические положения

При переходе света из одной среды в другую происходит преломление лучей – изменяется направление распространения света. Это явление объясняется тем, что в различных средах скорость света различна. Отношение скорости света в вакууме c к скорости света в данной среде v называется абсолютным показателем преломления этой среды

$$n = \frac{c}{v}$$

Согласно закону преломления света,

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

где α – угол падения,

β – угол преломления,

n_1, n_2 - показатели преломления сред.

Для вакуума $n=1$; для воздуха $n \approx 1$. При переходе светового луча из воздуха в стекло $n_1 = n_{\text{воздуха}} \approx 1$; $n_2 = n_{\text{стекла}}$.

Тогда

$$n_{\text{стекла}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

15.2 Практическая часть

- Вложите картонку внутрь двойного листа бумаги.
- Положите на лист стеклянную пластинку так, чтобы ее верхний край располагался посередине листа.
- Обведите пластинку по контуру, чтобы ее можно было вернуть на место, в случае, если она сдвинется.
- Две булавки воткните в лист так, как на рисунке расположены точки А и В (рис.14).

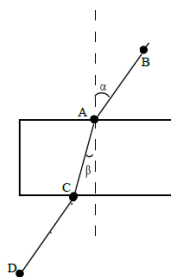


Рисунок 14

- Поднимите лист с пластинкой на уровень глаз (или наклонитесь к нему сами) и посмотрите на булавки через торец пластинки. Вы видите верхние и нижние части булавок в разных местах. Необходимо рассматривать только нижние части булавок, которые видны через стекло.
- Медленно поворачивая лист с пластинкой, найдите такое ее положение, при котором нижние части булавок совпадут.
- Воткните третью и четвертую булавки с другой стороны образца, так чтобы нижние части всех четырех булавок, казались расположенными на одной линии. На рисунке 14 это точки С и D.
- Выньте булавки из картона. Обозначьте точки расположения булавок буквами.
- Соедините точки А, В, С, D ломаной линией.
- Через точку А проведите перпендикуляр к пластине.
- Измерьте транспортиром угол падения α и угол преломления β .

- Определите показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$.

- Повторите опыт еще два раза, меняя угол наклона расположения булавок к параллельным граням пластины.

- Определите среднее значение показателя преломления стекла

$$n_{\text{ср}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}.$$

- Определите погрешность измерений $\delta = \frac{n_{\text{табл}} - n}{n_{\text{табл}}} \cdot 100\%$, $n_{\text{табл.}} = 1,6$.

- Результаты наблюдений и вычислений занесите в таблицу 15.

Таблица 15

№ опыта	α	β	n	$n_{\text{ср}}$	$\delta, \%$

- Сделайте вывод.

16 ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Цель: экспериментально определить длину волны света.

Оборудование: прибор для определения длины световой волны, подставка для прибора, дифракционная решетка, лампа накаливания в патроне со шнуром и вилкой (одна на группу).

16.1 Основные теоретические положения

Параллельный пучок света, проходя через дифракционную решетку, вследствие дифракции за решеткой, распространяется по всевозможным направлениям и интерферирует. На экране, установленном на пути интерферирующего света, можно наблюдать интерференционную картину. Максимумы света наблюдаются в точках экрана, для которых выполняется условие

$$\Delta = n\lambda$$

где Δ - разность хода волн; λ - длина световой волны; n - номер максимума.

Центральный максимум называют нулевым; для него $\Delta=0$. Слева и справа от него располагаются максимумы высших порядков.

Анализ формулы показывает, что положение световых максимумов зависит от длины волны монохроматического света: чем больше длина волны, тем дальше максимум от нулевого.

Белый свет по составу - сложный. Нулевой максимум для него - белая полоса, а максимумы высших порядков представляют собой набор семи цветных полос, совокупность которых называют спектром соответственно I; II... , порядка.

Условие возникновения максимума можно записать иначе:

$$n\lambda = d \cdot \sin \alpha$$

где d - период дифракционной решетки;

α - угол, под которым виден световой максимум (угол дифракции).

Так как углы дифракции, как правило, малы, то для них можно принять $\sin \alpha = \tan \alpha$.

Тогда

$$\lambda = \frac{d}{n} \tan \alpha$$

Получить дифракционный спектр можно, используя прибор для определения длины световой волны (рис. 15).

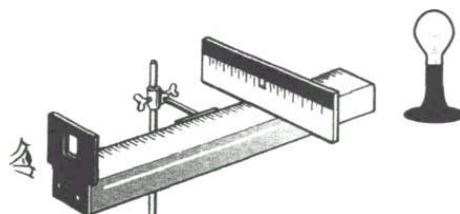


Рисунок 15

Прибор состоит из бруска со шкалой. Внизу бруска укреплен стержень. Его вставляют в отверстие подставки от подъемного столика. Брусок закрепляют под разными углами с помощью винта. Вдоль бруска в боковых пазах его может перемещаться ползунок с экраном. К концу бруска прикреплена рамка, в которую вставляют дифракционную решетку.

16.2 Практическая часть

- Соберите установку (рис.15).
- Установите на демонстрационном столе лампу и включите ее.
- Смотря через дифракционную решетку, направьте прибор на лампу так, чтобы через окно экрана прибора была видна нить лампы.
- Экран прибора установите на возможно большем расстоянии от ди-

фракционной решетки и получить на нем четкое изображение спектров I и II порядков.

- Измерите по шкале бруска установки расстояние b от экрана прибора до дифракционной решетки.

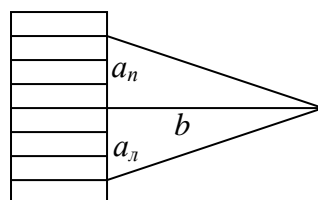


Рисунок 16

- Определите расстояние от нулевого деления (0) шкалы экрана до середины фиолетовой полосы как слева $a_{л}$, так и справа $a_{п}$ для спектров I порядка и вычислите среднее значение $a_{ср}$.

- Повторите опыт со спектром II порядка.

- Такие же измерения выполните и для красных полос дифракционного спектра.

- Вычислите длину волны фиолетового света для спектров I и II порядков, длину волны красного света I и II порядков $\lambda = \frac{d}{n} \operatorname{tg} \alpha$, где $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_{ср}}{b}$.

- Определите погрешность измерений $\delta_{\phi} = \frac{\lambda_{\phi.табл} - \lambda_{\phi}}{\lambda_{\phi.табл}} \cdot 100\%$,

$$\delta_{\phi} = \frac{\lambda_{кр.табл} - \lambda_{кр}}{\lambda_{кр.табл}} \cdot 100\% , \text{ где } \lambda_{\phi.табл} = 420 \cdot 10^{-9} \text{ м}, \lambda_{кр.табл} = 700 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

- Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 16.

Таблица 16

№ опыта	Период дифракционной решетки d , мм	Порядок спектра n	Расстояние от дифракционной решетки до экрана b , мм	Видимые границы спектра фиолетового света			Видимые границы спектра красного света			Длина световой волны		Погрешность измерений	
				Слева $a_{л}$, мм	Справа $a_{п}$, мм	Среднее $a_{ср}$, мм	Слева $a_{л}$, мм	Справа $a_{п}$, мм	Среднее $a_{ср}$, мм	Фиолетового излучения $\lambda_{ф}$, мм	Красного излучения $\lambda_{к}$, мм	$\delta_{ф}$, %	$\delta_{к}$, %
		I											
		II											

- Сделайте вывод.

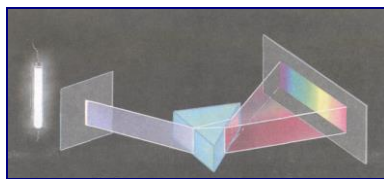
17 НАБЛЮДЕНИЕ СПЛОШНЫХ И ЛИНЕЙЧАТЫХ СПЕКТРОВ

Цель: изучить с помощью спектроскопа спектры испускания и поглощения газов и паров некоторых веществ.

Оборудование: спектроскоп, спектральные трубки (неон, криптон, аргон, водород), прибор для зажигания спектральных трубок, спиртовка, поваренная соль, светофильтры.

17.1 Основные теоретические положения

Дисперсия света – зависимость абсолютного показателя преломления вещества от частоты света. Вследствие дисперсии света узкий пучок белого света, проходя сквозь призму из стекла или другого прозрачного вещества, разлагается в дисперсионный спектр, образуя радужную полоску.



Спектр оптический – распределение по частотам (или длинам волн) интенсивности оптического излучения некоторого тела (спектр испускания) или интенсивности поглощения света при его прохождении через вещество (спектр поглощения). Различают спектры: линейчатые, состоящие из отдельных спектральных линий; полосатые, состоящие из групп (полос) близких спектральных линий; сплошные, соответствующие излучению или поглощению света в широком интервале частот.

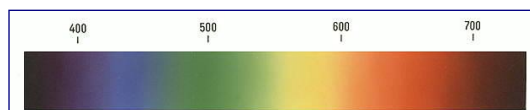


Рисунок 17 - Сплошной спектр

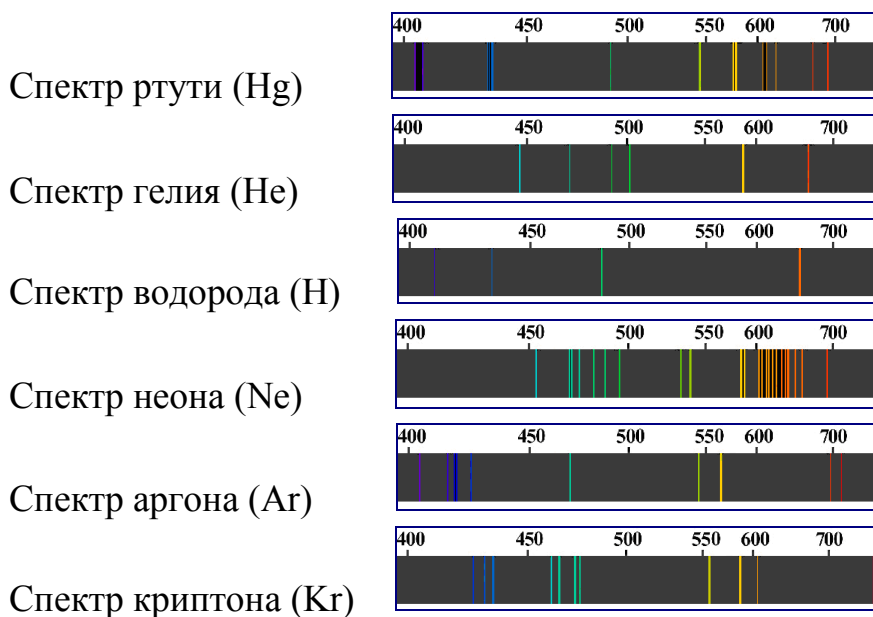


Рисунок 18 - Линейчатые спектры

Для наблюдения спектров пользуются спектроскопом (рис.19). Наиболее распространенный призматический спектроскоп состоит из двух труб, между которыми помещают трехгранную призму. В трубе *A*, называемой коллиматором, имеется узкая щель, ширину которой можно регулировать поворотом винта. Перед щелью помещается источник света, спектр которого необходимо исследовать. Щель располагается в фокальной плоскости линзы коллиматора, и поэтому световые лучи из коллиматора выходят в виде параллельного пучка. Пройдя через призму, световые лучи направляются в трубу *B*, через которую наблюдают спектр.

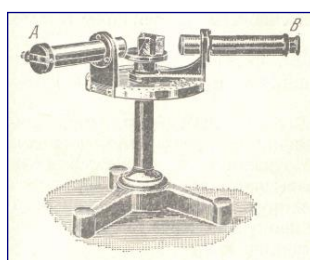


Рисунок 19

17.2 Практическая часть

Часть А - Наблюдение сплошного спектра.

- Зажгите спиртовку и поставьте ее на подставку.

- Расположите спиртовку так, чтобы ее пламя находилось напротив щели коллиматора.

- Проверьте параллельна ли щель коллиматора преломляющему ребру призмы спектроскопа.

- Рассмотрите полученный спектр, найдите в нем основные спектральные цвета.

- Зарисуйте наблюдаемый спектр.

- Сравните его со спектром дневного света.

Часть Б - Наблюдение линейчатых спектров.

- Зажгите спиртовку.

- Поставьте ее на подставку.

- Расположите спиртовку так, чтобы ее пламя находилось напротив щели коллиматора.

- Внесите в пламя спиртовки кристаллы поваренной соли.

- Рассмотрите полученный спектр, найдите в нем основные спектральные цвета.

- Зарисуйте наблюдаемый спектр.

Часть В - Наблюдение линейчатых спектров.

- Закрепите в специальном приборе для зажигания спектральных трубок трубку с неоном.

- Расположите трубку так, чтобы она находилась напротив щели коллиматора.

- Рассмотрите полученный спектр, найдите в нем основные спектральные цвета.

- Зарисуйте наблюдаемый спектр.

- Сравните его со спектром неона (рис. 18).

- Повторите опыт для спектральных трубок, содержащих другой газ.

Часть Г - Наблюдение спектров поглощения.

- Зажгите спиртовку.
- Поместите спиртовку так, чтобы ее пламя располагалось напротив щели коллиматора.
- Поместите между щелью коллиматора и спиртовкой светофильтр.
- Рассмотрите полученный спектр цветного стекла. Обратите внимание на характерные линии и полосы поглощения.
- Зарисуйте наблюдаемый спектр.
- Повторите опыт со светофильтрами другого цвета.

18 ИЗУЧЕНИЕ ТРЕКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Цель: по радиусу кривизны трека заряженной частицы определить вид частицы.

Оборудование: фотографии треков, лист прозрачной бумаги (калька), линейка, угольник.

18.1 Основные теоретические положения

Приборы для регистрации заряженных частиц называются детекторами. Существует два основных вида детекторов: дискретные (счетные и определяющие энергию частиц): счетчик Гейгера, ионизационная камера и др.; трековые (дающие возможность наблюдать и фотографировать следы (треки) частиц в рабочем объеме детектора): камера Вильсона, пузырьковая камера, толстослойные фотоэмульсии и др.

Широкое распространение получила камера Вильсона.

В камере используется способность частиц больших энергий ионизировать атомы газа. Камера Вильсона (рис. 20) представляет собой цилиндрический сосуд с поршнем 1. Верхняя часть цилиндра сделана из прозрачного материала, в камеру вводится небольшое количество воды или спирта, для чего снизу сосуд покрыт слоем влажного бархата или сукна 2. Внутри камеры образуется смесь насыщенных паров и воздуха. При быстром опускании поршня 1 смесь адиабатически расширяется, что сопровождается понижением ее температуры. За счет охлаждения пар становится пересыщенным.

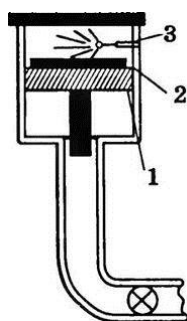


Рисунок 20

Если воздух очищен от пылинок, то конденсация пара в жидкость затруднена из-за отсутствия центров конденсации. Однако центрами конденсации могут служить и ионы. Поэтому если через камеру (впускают через окошко 3) пролетает заряженная частица, ионизирующая на своем пути молекулы, то на цепочке ионов происходит конденсация паров и траектория движения частицы внутри камеры благодаря осевшим маленьким капелькам жидкости становится видимой. Цепочка образовавшихся капель жидкости образует трек частицы. Тепловое движение молекул быстро размывает трек частиц, и траектории частиц видны отчетливо лишь около 0,1 с, что, однако, достаточно для фотографирования.

Вид трека на фотоснимке часто позволяет судить о природе частицы и величине ее энергии. Так, α - частицы оставляют сравнительно толстый сплошной след, протоны - более тонкий, а электроны - пунктирный (рис. 21). Появляющееся расщепление трека — «вилки» свидетельствует о происходящей реакции.

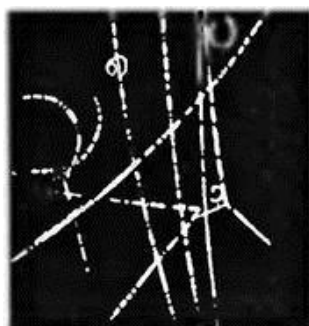


Рисунок 21

Чтобы подготовить камеру к действию и очистить ее от оставшихся ионов, внутри нее создают электрическое поле, притягивающее ионы к электродам, где они нейтрализуются.

Советские физики П. Л. Капица и Д. В. Скобельцын предложили размещать камеру в магнитном поле, под действием которого траектории частиц искривляются в ту или иную сторону в зависимости от знака заряда. По радиусу кривизны траектории и интенсивности треков определяют энергию и массу частицы (удельный заряд).

18.2 Практическая часть

- На фотографии представлены треки двух частиц в камере Вильсона, находящиеся в магнитном поле. Трек I принадлежит протону. Линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости фотографии. Начальные скорости обеих частиц одинаковы и перпендикулярны краю фотографии.

- Определите направление вектора индукции магнитного поля.

- Объясните, почему участки траектории частиц представляют собой дуги окружности.

- Объясните, в чем различие между двумя треками на фотографии. Какова причина этого различия.

- Наложите на фотографию лист прозрачной бумаги и осторожно переведите на него треки и правый угол фотографии.

- Определите радиус кривизны трека I на начальном участке (метод хорд) - R_1 .

- Определите радиус кривизны трека II на начальном участке (метод хорд) - R_2 .

- Пользуясь формулой $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$ сравните удельные заряды обеих частиц.

- Учитывая, что $q_I=1$, определите какой частице принадлежит трек II.