**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СТУПИНСКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**

**(национальный исследовательский университет)»**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Кафедра "Моделирование систем и информационные технологии"

**лабораторные работы**

по дисциплине

**«ФИЗИКА»**

чАСТЬ 1

Ступинский филиал МАИ

2017г.

Авторы

***Е.Н. Егоров, С.Б. Белова, М.С. Мамонова, С.П. Белов***

Лабораторные работы по дисциплине «Физика». Часть 1.**/** Е.Н. Егоров, С.Б. Белова, М.С. Мамонова, С.П. Белов – Ступинский филиал МАИ, 2017. - 40 с. с ил.

Приведено описание четырех лабораторных работ по дисциплине «Физика», часть 1, для направления подготовки «Менеджмент».

Выполняя лабораторные работы, студенты прорабатывают и закрепляют изучаемые темы, вычисляют конкретные физические величины.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**МЕХАНИКА.**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ТЕЛ ПРИ ПОМОЩИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА**

Цель работы

Освоение метода вычисления ускорения свободного падения при помощи математического маятника.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Математическим маятником называется тело, рассматриваемое как материальная точка, подвешенное на невесомой и нерастяжимой нити. Практически математическим маятником можно считать всякое тело, подвешенное на нити при выполнении следующих условий:

а) размеры тела малы по сравнению с размерами нити, на которое подвешено тело;

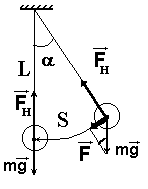
б) нить мало растяжима, а масса ее мала, так что возможным изменением длины нити по сравнению с ее размерами и массой, по сравнению с массой подвешенного к ней тела можно пренебречь.

Если математический маятник вывести из положения равновесия и затем отпустить, то он начнет колебаться; причем колебания будут гармоническими, если только угол отклонения α мал (не превышает 3°).

Известно, что если тело совершает гармоническое колебание, то действующая на него сила *F* пропорциональна смещению *S* тела от среднего положения.

(1.1)

Рис.1.1



где *m* - масса тела,

- круговая частота колебаний,

*T* - период колебаний.

Знак (-) указывает на то, что сила *F* всегда направлена к среднему положению. Сила *F* называется возвращающей силой.

На рис. 1.1 видно, что колебания ма­тематического маятника происходят под действием составляющей веса маятника *Р=m,* направленной перпендикулярно к нити маятника.

Следовательно, для математического маятника

т.к. угол *α* по условию мал, то

Заменяя в полученном выражении α отношением дуги *CC1=S* к *l* и принимая во внимание, что *F* всегда направлена к положению равновесия маятника, получаем окончательно

( 1.2 )

Из формул (1.1) и (1.2) следует

или

откуда для периода гармонических колебаний математического маятника *Т* получаем:

(1.3)

где *l -* длина математического маятника, т.е. расстояние от точки подвеса нити до центра тяжести тела, *g* - ускорение свободного падения тела.

Из формулы (1.3) видно, что для определения *F* при помощи математического маятника необходимо измерить период математического маятника *Т* и его длину *l.* Тогда *g* может быть вычислено по формуле:

Однако этот способ дает удовлетворительные результаты, если имеется возможность измерить с достаточной точностью величину *l,* а такая возможность имеется не всегда. Поэтому при определении ускорения свободного падения при помо­щи математического маятника поступают обычно следующим образом. Измеряют период колебаний маятника *T*, соответствующий длине *l1* при этом

(1.4)

затем длину маятника изменяют, делают ее равной *l*2 и снова изме­ряют период колебаний T2, очевидно

(1.5)

Из равенства (1.4) и (1.5) следует:

(1.6)

Таким образом, в этом случае задача определения *g* сводится к измерению *T1*, *T2* и *l1-l2* . Величина *l1-l2* более доступна для измерения, чем длина математического маятника, поэтому и значения при работе с маятником переменной длины оказываются более точными.

Используемый в данной работе математический маятник представляет собой стальной шарик А, подвешенный на тонкой нити, перекинутой через блок Б и прикрепленный одним концом к муфте М. Изменение длины маятника достигается путем перемещения муфты вдоль вертикальной стойки, а измерение величины *l1-l2* осуществляется при помощи зеркальной шкалы 3ш (рис.1.2).

Б1  Б2

М

Ш

3ш

Рис.1.2.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Перемещая муфту вдоль стойки, добиваются такого положения, чтобы шарик установился против нижней части зеркальной шкалы.
2. Расположив глаз таким образом» чтобы нижняя часть шарика совпала со своим отражением в зеркале, делают отсчет положения n1 шарика по шкале.
3. Сообщают маятнику колебания в плоскости, параллельной плоскости шкалы, следя за тем, чтобы шарик не пришел во вращение вокруг оси, направленной вдоль нити маятника. Максимальное отклонение шарика от положения равновесия не должно превышать 2-3 см.
4. В момент прохождения нити маятника положения равновесия, включают секундомер и измеряют время *t1*10-ти колебаний маятника. Результаты измерений заносят в таблицу.
5. Перемещают муфту вниз и устанавливают шарик против верхней части шкалы. Измеряют его положение по шкале – n2. После этого секундомером измеряют время 10-ти колебаний маятника – *t2* . Результаты измерений заносят в таблицу.
6. Вычисляют и заносят в таблицу периоды колебаний  *T1* и *T2*, по формуле , где N - число колебаний, t – время.
7. По значениям *T1* и *T2*, и измеренным положениям шарика *n1* и *n2* вычисляют ускорение свободного падения .

Повторяют все измерения п.п. 1-7 ещё четыре раза для 4-х различных вариантов положений шарика *n1* и *n2*. Результаты измерений заносят в таблицу 1.1. и находят среднее значение *средн.* для всех 5 измерений.

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ изм | Отсчет нижнего положения шара, *n1* | *t1* | *T1* | Отсчет верхнего положения шара, *n2* | *t2* | *T2* |  |
|  | м | С | с | м | с | С | м/с2 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.

2.Схема экспериментальной установки.

4.Таблица результатов измерений.

5.Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется математическим маятником?

2. Приведите формулы для определения периода колебаний математического маятника.

3. Напишите формулу для определения ускорение свободного падения тела с помощью математического маятника.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**МЕХАНИКА.**

**ИЗУЧЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ**

Цели работы

1. Измерение собственные частот поперечных колебаний струны.
2. Исследование формы колебаний струны.
3. Определение зависимости скорости распространения волн по струне от ее натяжения.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

В натянутой между двумя точками струне при возбуждении колебаний устанавливаются стоячие волны.

На рисунке 2.1 мгновенный профиль струны, определяющий отклонение ее элементов от положения равновесия, задан функцией *Y(x, t)*.

x

*Y(x,t)*

*α(x+dx)*

*T0*

*T0*

*α(x)*

*dx*

*x+dx*

x

Рис.2.1

При возбуждении поперечных колебаний струны на ней образуются стоячие волны вида

(2.1)

где An - амплитуда колебаний струны в центре пучностей,

частота, *l -* длина струны, *t* – время, *n* = 1,2,3…

Собственная частота колебаний струны определяется как

(2.2)

где T0 - натяжение струны;

d - диаметр струны;

ρ - плотность материала струны.

Скорость распространения поперечных колебаний по струне определяется как:

(2.3)

Самая низкая собственная частота колебаний струны называется основной частотой или основным тоном. Более высокие частоты, кратные основной, называются обертонами или гармониками.

На рис.2.2 представлены последовательные (через четверть периода) положения двух струн с установившимися стоячими волнами, частоты которых соответствуют основному тону (*n* = 1) и первому (n = 2) обертону.

t=0

t=¼T

t=½T

t=¾T

y1 (х, t)

х

y1 (х, t)

х

y1 (х, t)

х

y1 (х, t)

х

y2 (х, t)

х

y2 (х, t)

х

y2 (х, t)

х

y2 (х, t)

х

Рис.2.2

Профиль стоячей волны в любой момент времени представляет собой синусоиду. Частоты колебаний всех точек струны одинаковы и определяются выражением (2.2). В общем случае в струне могут установиться одновременно колеба­ния самых различных частот, но кратных основной частоте.

В данной работе собственные колебания струны исследуются методом резонанса. Явление резонанса состоит в следующе. Если частота вынуждающей силы, периодической во времени и приложенной к малому участку струны, становится равной одной из собственных частот струны, то в ней устанавливаются стоячие волны с заметной амплитудой колебаний. При этом необходимо, чтобы участок приложения вынуждающей силы совпадал с одной из пучностей соответствующей стоячей волны.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схема экспериментальной установки приведена на рис.2. 3.

генератор

1

2

3

4

Рис.2.3

1 - струна, 2 - постоянный магнит, 3 - блок, 4 - чашка с разновесами.

Струна натянута на некоторой высоте между стойками подставки. Один ее конец закреплен неподвижно, а к другому концу, перекинутому через блок, прикреплена чашка с разновесами, с помощью которых в струне создается натяжение.

От генератора электрических колебаний на струну подается переменное напряжение. Вдоль струны по подставке, на которой она закреплена, может свободно перемещаться постоянный магнит.

На участок струны с текущим по нему переменным током действует в поле постоянного магнита периодическая сила - сила Ампера. Частота изменения этой силы равна частоте переменного тока.

В том случае, когда частота генератора совпадает с одной из собственных частот колебаний струны, а положение полюсов магнита - с пучностью стоячей волны, соответствующей данной частоте, наблюдается явление резонанса: на струне устанавливается стоячая волна.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. На чашку поставить один из разновесов и определить натяжение струны

( учесть натяжение, создаваемое самой чашкой).

1. Измерить микрометром диаметр струны в различных участках и масштабной линейкой длину струны. Результаты измерений занести в таблицу 1.
2. По формуле (2.2) оценить частоту основного тона струны. Установить магнит посередине струны. Выбрать нужный диапазон частот генератора. Включить генератор, и, плавно изменяя его частоту в пределах выбранного диапазона, добиться устойчивых колебаний струны.

Частота резонанса фиксируется по лимбу генератора при наибольшей амплитуде колебаний струны.

1. Выполнить измерения п.3 , изменяя натяжение струны установкой разновесов в пределах 50-200 г.
2. По формуле (2.2) рассчитать частоты собственных колебаний струны при различных ее натяжениях и сопоставить их со значениями, полученными экспериментально (по лимбу генератора).
3. По экспериментальным и расчетным данным для собственных колебаний струны рассчитать скорость распространения поперечных колебаний для каждого натяжения струны, используя формулу (2.3).
4. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.2.
5. Построить экспериментальный и теоретический график скорости распространения поперечных колебаний в струне в зависимости от натяжения струны в одних и тех же координатах.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Вывод расчетной формулы для величины, определяемой в данной работе.
3. Схема экспериментальной установки, перечень измерительных приборов.
4. Таблицы результатов измерений.
5. Расчет искомой величины.
6. График скорости распространения поперечных волн в струне в зависимости от ее натяжения.
7. Выводы по работе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Длина струны *l = \_\_\_ м*

Диаметр струны d = *\_\_\_ м*

Плотность материала ρ = *\_\_\_ кг/м3*

Масса чашки m = *\_\_\_ кг*

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Натяжение  струны,  Т0  (н) | Номер гармо­ники,  n | Форма коле­баний | Собственная частота колебаний | | Скорость распределения поперечных колебаний | |
| Экспери­мент (Гц) | Расчет (Гц) | Экспери­мент (м /с) | Расчет (м /с) |
| T01 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| T02 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| T03 | 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Амплитуда, фаза, частота, период свободных гармонических колебаний. Вынужденные колебания. Резонанс.
2. Волна. Поперечные, продольные и стоячие волны.
3. Длина волны, скорость распространения волны.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Электродинамика. Определение электродвижущей силы элемента методом компенсации.**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с одним из методов измерения электродвижущей силы источника тока.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Электродвижущей силой (ЭДС) источника тока называют разность потенциалов на его полюсах в разомкнутом состоянии. Когда же источник тока замкнут, ЭДС равна отношению работы ***dA*** перемещения заряда по замкнутому контуру, содержащему этот источник тока, к величине переносимого заряда ***dQ*** :

(3.1)

***dA*** выражают в джоулях, **dQ** - в кулонах, то ЭДС - в вольтах.

Сила тока в цепи I определяется по закону Ома для замкнутой цепи:

(3.2)

где *r -* сопротивление источника тока

R - сопротивление внешних участков цепи.

Если сопротивление r источника тока значительно меньше внешнего сопро­тивления **R**, то **ε = I\*R**. На этом основано измерение ЭДС вольтметром, имеющим сопротивление значительно больше, чем внутреннее сопротивление источника тока.

Для измерения ЭДС применяют метод, основанный на сравнении ЭДС данного источника тока с ЭДС эталона. Для этой цели собирается установка, схема которой приведена на рис.3.1.

i1

i2

E

B

A

Г

i

Д1 Д Д2

Ex

Рис.3.1

Вспомогательный источник тока Е (ЭДС которого несколько больше измеряемого ЭДС) вызывает ток в однородной струне АВ реохорда, вдоль которого таким образом создается линейное падение потенциала. Испытуемый источник тока **Ех** присоединяется к точке А полюсом того же знака, что и Е; второй его полюс присоединяется к движку Д, перемещающемуся вдоль реохорда АВ. Очевидно, можно найти такое расположение движка на реохорде, чтобы разность потенциалов V между точками А и Д в точности равнялась ЭДС **Ех** испытуемого источника тока. Тогда в цепи АЕХГД тока не будет. Если сдвинуть движок от этой точки вправо, (к точке Д2), то разность потенциалов на участке АД1 будет больше, и вспомогательный источник Е вызывает ток не только по АВ, но и по АЕхГД1. Наоборот, если передвинуть движок влево (к точке Д1), то ЭДС Ех сможет преодолеть разность потенциалов на участке АД2, и вызванный ею в этом участке ток добавится к тому току, который вызывается вспомогательным источником тока Е. Таким образом, для измерения Ех необходимо найти точку Д на реохорде, при которой гальванометр Г покажет отсутствие тока в цепи испытуемого источника.

Допустим, при произвольном положении движка по цепи текут токи, показанные на рис.3.1. На основании закона Кирхгофа: для точки А

***i = i1 + i2***(3.3)

Для контура АЕВДА:

***ε*** *=* ***i1r*** *+* ***i1R1*** *+* ***i******(R – R1)***(3.4)

где **r** - сопротивление участка АЕВ

**R** - сопротивление струны реохорда АВ

**R1** - сопротивление струны реохорда АД

Для контура АДЕ**x**ГА:

***ε*** *=* ***i2 (r2 + R2)*** *+* ***i R1*** (3.5)

где R2 - сопротивление гальванометра

r2 - сопротивление участка АЕxД

Если ток в цепи АЕxД испытуемого элемента отсутствует (что достигается подбором положения движка на реохорде), то ЭДС испытуемого элемента будет компенсирована падением потенциала на участке АД реохорда, и тогда ***i2=0, i = i1.***

Формулы (3.4) и (3.5) перепишутся так:

*ε = i (R + r)* (3.6)

*ε = iR1* (3.7)

Разделив (3.6) и (3.7), найдем:

(3.8)

Включив вместо испытуемого элемента Ех нормальный элемент (эталон) Е0, подбираем новое движение движка реохорда, при котором гальванометр не обнаруживает наличие тока в его цепи. Тогда аналогично формуле (3.8) получим:

(3.9)

где R2 - сопротивление части струны реохорда от точки А до нового положения движка.

Разделив (3.8) на (3.9), получим: =

Считая струну реохорда однородной и одинакового сечения по всей длине L, мы можем принять, что сопротивление ее участков пропорционально длине, и тог­да формула (10) будет иметь вид:

= (3.10)

где L1 - расстояние АД при включении испытуемого элемента

L 2 - расстояние АД при включении эталонного элемента

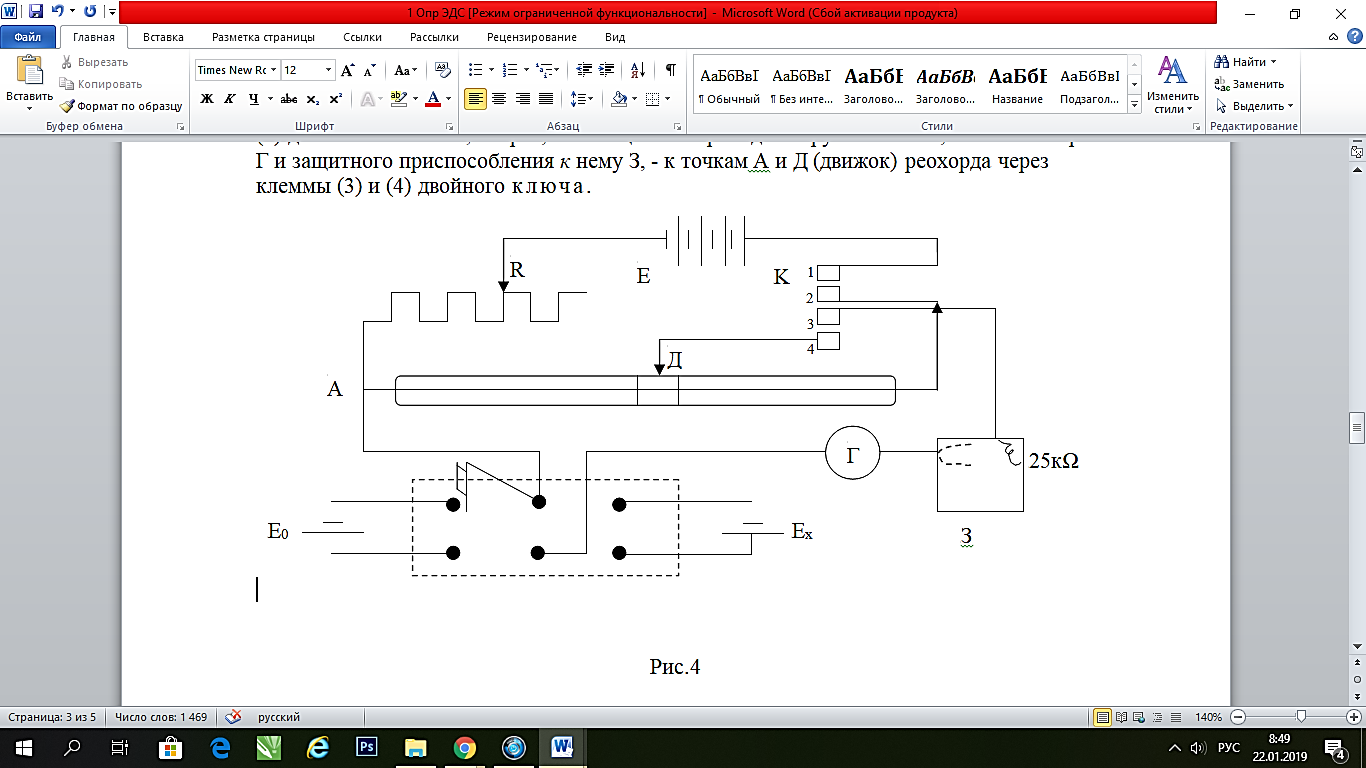
Отсюда искомая ЭДС:

*=*  (3.11)

Описанный выше метод определения ЭДС называется *компенсационным,* т.к. сравниваемые ЭДС в момент отсчета компенсируются падением напряжения на отдельных участках струны реохорда, питаемого вспомогательной батареей.

Описание установки

К реохорду AB параллельно подключаются две ветви: первая, состоящая из вспомогательного источника тока Е и реостата R, к точкам А и В через клеммы (1) и (2) двойного ключа К; вторая, состоящая из перекидного рубильника Р, гальванометра Г и защитного приспособления к нему З, - к точкам А и Д (движок) рео­хорда через клеммы (3) и (4) двойного ключа (рис.3.2.)

Рис.3.2

Применение перекидного рубильника, к клеммам которого присоединены испытуемый Ех и нормальный Е0 элементы, дают возможность быстрого включения то одного элемента, то другого. Необходимо следить, чтобы все источники тока (Е, Ео и Ех) подключались к точке А реохорда одноименными полюсами.

В качестве эталона Е0 берется нормальный элемент, ЭДС которого при 20°С равна 1,0183 и весьма мало изменяется от температуры и со временем (поляризация незначительна).

Положительным электродом в этом элементе служит ртуть, отрицательным - амальгама кадмия. Между ними помещается сульфат ртути (Hg2S04) и раствор сульфата кадмия (CdSО4) (рис.3.3). Вспомогательный источник тока должен иметь достаточно стабильную ЭДС, несколько большую, чем ЭДС испытуемого и нормального элементов (иначе с помощью вспомогательного источника тока компенсировать ЭДС этих элементов невозможно). Поэтому в качестве вспомогательного источника тока Е берется батарея аккумуляторов, отвечающих указанным условиям.

Наибольшая точность измерения получится, если компенсировать ЭДС испытуемого и эталонного источников, падением напряжения на возможно длинных участках струны реохорда. Поэтому в цепь вспомогательного источника тока включен реостат R, при помощи которого можно регулировать напряжение, подаваемое на реохорд.

Кроме того, реостат имеет назначение предупредить появление сильного тока, могущего вызвать поляризационные явления в элементах и заметно изменить ЭДС вспомогательной батареи аккумуляторов или вызвать нагревание проводников.

Для этой же цели служит и двойной ключ К, благодаря которому сначала (через клеммы 1 и 2) включаются вспомогательный источник тока, а затем, когда уже появился компенсирующий ток, включается (через клеммы 3 и 4) испытуемый элемент.

CdSO4 (насыщен. р-р)

Асбест

CdSO4

CdHg

HgSO4

+ Hg

-

Рис.3.3.

Защитное приспособление З служит для предохранения гальванометра от сильных токов. Во время работы ползунок переводят сначала на клемму 25kΩ и тогда последовательно с гальванометром включается сопротивление 25kΩ; затем положением движка реохорда добиваются нулевого положения стрелки гальванометра ползунок ставят на клемму 0; защитное сопротивление включается, и точность измерения повышается.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Соберите установку по схеме, указанной на рис.4, и после проверки собранной установки преподавателем или лаборантом включите перекидным ключом Р испытуемый элемент Ех.

При сборке схемы особое внимание обратить на следующие моменты:

* *Все источники тока Е, Ео, Ех должны присоединяться к точке А реохорда одноименными полюсами;*
* *Реостат должен быть введен полностью;*
* *Ползунок защитного приспособления 3 должен находиться на клемме 25kΩ*
* *Замыкать цепь нужно, по возможности, на очень которое время - во избежание заметных изменений ЭДС вследствие поляризационных явлений;*
* *Не касаться руками одновременно обеих клемм нормального элемента (т.к. это вызовет его замыкание).*

2. Переведите ключ защитного приспособления на клемму 25кΩ. На короткое время двойным ключом включите обе ветви (цепи вспомогательного и испытуемого элементов). Реостатом R при этом должен быть включен полностью.

3. Перемещение движка Д реохорда добейтесь нулевого положения стрелки галь­ванометра.

4. Переведите ключ защитного приспособления на клемму 0 и уточните положение движка Д, при котором ток гальванометра равен нулю.

5. Переведите ключ защитного приспособления на клемму 25кΩ.

6. Измерьте длину струны реохорда L1от точки А до точки Д.

7. Вместо испытуемого элемента ***Ек*** при помощи перекидного рубильника Р включите эталонный элемент Е0, найдите новое положение движка Д на реохорде, при котором ток через гальванометр равен нулю. Ползунок реостата R должен оставаться в том же положении, в котором он находился при включений испы­туемого элемента Ех.

8. Снова переведите ключ защитного приспособления на клемму 25кΩ.

9. Измерьте длину струны реохорда L2 от точки А до точки Д.

10. Вычислите ЭДС испытуемого элемента по формуле (3.11).

Измерения ЭДС проделайте 3 раза и за окончательный результат возьмите среднее значение.

Результаты измерений внесите в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№№ опытов* | *L1* | *L2* | ε 0 | ε x |
| *1* |  |  |  |  |
| *2* |  |  |  |  |
| *3* |  |  |  |  |
| *Среднее* |  |  |  |  |

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы. Основные формулы.
2. Схема экспериментальной установки, перечень измерительных приборов.
3. Таблицы результатов измерений.
4. Расчет искомой величины.
5. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение понятиям электродинамика, электрическое поле, электрический ток.
2. Приведите определение и формулу для расчета ЭДС.
3. Сформулируйте основные законы электродинамики.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ЭФФЕКТА ПРОЦЕССА**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение первого закона термодинамики.
2. Экспериментальное определение теплового эффекта процесса.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

**Первый закон термодинамики.** Первый закон (или начало) термодинамики является следствием закона сохранения энергии. Математическое выражение этого закона для процессов, связанных с бесконечно малыми изменениями в системе, имеет вид:

*q = dU + A*, (4.1)

где q – теплота, U – внутренняя энергия, A – работа. Это означает, что элементарное изменение внутренней энергии однозначно определяется конечным и начальным состояниями системы. Такие функции называют функциями состояния; к ним относятся внутренняя энергия U и энтальпия H, которая определяется следующим образом:

*H = U + PV.* (4.2)

Теплота и работа в общем виде не являются функциями состояния, они характеризуют не систему, а взаимодействие системы с окружающей средой.  является не полным дифференциалом, а частным, то есть бесконечно малым приращением. Однако в частных случаях теплота или работа могут быть равны изменению той или иной функции состояния:

*qv = Uv (V = const, T = const),* (4.3)

*qp = Hp (P = const, T = const),*  (4.4)

где Т – температура, V – объем, P – давление системы. Подстрочный индекс у теплоты qv(p) и функций состояния показывает условия протекания процесса.

Теплота считается положительной, если она подводится к системе; U – изменение внутренней энергии, определяется как разность между значениями внутренней энергии системы в конечном и начальном состояниях.

Выражения для зависимости теплоты от параметров состояния (P, V, T) при переходе из начального (индекс 1) в конечное (индекс 2) состояние системы для идеального газа в простейших процессах приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Выражения для теплоты идеального газа в различных процессах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Процесс** | **Теплота** | **Уравнение**  **состояния газа** |
| Изотермический | q = nRT*ln*(V2/V1) | PV = const |
| Изохорный | qv = nCv (T2 - T1)  qv = n CvdT | P/T = const |
| Изобарный | qp = nCp (T2 - T1)  qp = n CpdT | V/T = const |
| Адиабатный | 0 | PV = const,  TV   = const    Cp/Cv |

Сp – изобарная теплоемкость,

Сv – изохорная теплоемкость,

R – универсальная газовая постоянная.

**Тепловой эффект реакции.** Тепловой эффект реакции – это количество теплоты, которое выделяется или поглощается в результате реакции. Реакции, идущие с поглощением теплоты, называют эндотермическими (знак теплового эффекта реакции положительный), выделением – экзотермическими. (знак отрицательный).

Для большинства физико-химических расчетов необходимо знать тепловые эффекты процессов растворения, теплоемкости веществ, участвующих в процессе растворения, фазовых превращений и химических реакций. Эти величины можно измерить экспериментально. При температурах, близких к комнатой (20-500С), широко применяется калориметрический метод.

**Калориметрический метод.** При калориметрических опытах величина и знак теплового эффекта Q процесса определяются по изменению температуры калориметра Δt:

*Q=(mici) Δt=c**Δt,*  (4.5)

где *mi* - масса исследуемого вещества, калориметра и вспомогательных устройств (мешалка, ампулы, термометра); *ci*- удельные теплоемкости исследуемого вещества, калориметра и вспомогательных устройств; *c-* суммарная теплоемкость калориметрической системы. Уравнение (1) может быть записано

*Q=(К +m1 с1) Δt,*  (4.6)

где К - константа калориметра, т.е. теплоемкость частей калориметра и вспомогательных устройств, участвующих в теплообмене, Дж/К; c1 - теплоемкость содержимого калориметра; m1  - масса содержимого калориметра; Δt - изменение температуры процесса, протекающего в условиях отсутствия теплообмена калориметра с окружающей средой.

Калориметр с изотермической оболочкой (диатермический) позволяет учесть теплообмен его с окружающей средой, что дает возможность вычислить изменение температуры Δt, соответствующее опыту без теплообмена.

Теплоемкостью системы С называют производную *dQ/dT.* Теплоемкость газов и жидкостей зависит от температуры, а теплоемкость твердых веществ при средних и высоких температурах практически от нее не зависит. При расчетах часто используют среднюю теплоемкость.

Средней теплоемкостью однородного тела называют отношение подведенной теплоты к повышению температуры :

 (4.7)

Средняя теплоемкость  зависит от интервала температур (T2-T1). Зависимость между истинной и средней теплоемкостями выражается уравнением

= *CdT.* (4.8)

При ΔT ≤50 даже на совершенных калориметрах (при измерении с точностью 0.05%) не удается установить различия между истинной и средней теплоемкостью. Поэтому теплоемкость, определенную в результате изменения температуры калориметра на 2-30 , принимают за истинную и относят ее к температуре . Теплоемкость однородного тела зависит от его массы:

*С=cm или  = m,*  (4.9)

где  - удельная теплоемкость вещества; m - масса вещества. Если масса равна молекулярной или атомной массе, то теплоемкость будет соответственно молярной или атомной. Если во время опыта давление в калориметрической системе остается постоянным (в калориметрах открытого типа оно равно атмосферному), то тепловой эффект процесса при постоянном давлении будет Qp, а теплоемкость Сp.

Описание установки

Калориметрическая установка состоит из воздушного термостата и помещенного в нем калориметра. Термостат представляет собой бокс с застекленными стенками, в котором установлены нагреватель, вентилятор, термохимический и контактный термометры. Нагреватель выключается при помощи реле при достижении в боксе заданной температуры. Воздушная среда в боксе с постоянной температурой является изотермической оболочкой калориметра.

Простейшее калориметрическое устройство для определения величины теплового эффекта растворения соли приведено на рис.4.1. Для определения теплового эффекта растворения соли в калориметрический стакан (2) наливают воду, в тонкостенную ампулу (5) помещают соль. После выравнивания их температур ампулу разбивают и измеряют изменение температуры калориметра, вызванного растворением соли в воде.

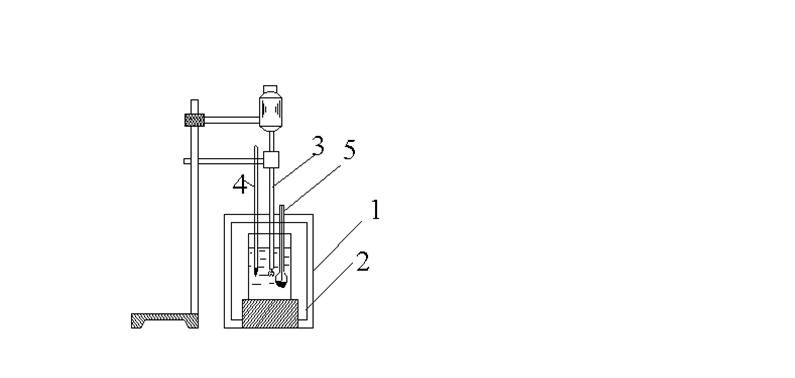


Рис.4.1. Устройство калориметра:

1. термоизолирующий стакан с крышкой;
2. стакан калориметра, установленный на термоизолирующую подставку;
3. мешалка;
4. термометр с ценой деления 0.1oС;
5. - ампула с вводимым веществом и стеклянной палочкой.

Интегральную удельную теплоту растворения определяют по формуле:

*q=Δt W*, (4.10)

где Δt - изменение температуры системы, вызванное прошедшим процессом, W - водяное число калориметра. По физическому смыслу W представляет собой количество граммов воды, теплоемкость которой равна теплоемкости калориметра, или количество тепла, требующееся для нагревания калориметра но 1оС.

Простейшими методами определения водяного числа калориметра являются следующие:

а) Расчетный метод - рассчитывают теплоемкость каждой части калориметра, перемножая ее вес (mi) на удельную теплоемкость материала, из которого она состоит (Сi):

*W=∑ mi Сi* (4.11)

б) Электрический метод - с помощью электронагревателя повышают на 1-1.5о температуру калориметрической системы. Определив при этом изменение температуры Δtэ и тепло, которое получила система в результате электронагрева

*qэ= 0.239 I E τ* , калории (4.12)

рассчитывают водяное число калориметра по формуле:

*W= qэ/Δtэ = 0.239 I E τ/Δtэо,* калории (4.13)

где I - сила тока, Е - падение напряжения на клеммах нагревателя, τ - время пропускания тока, Δ tэо - истинное изменение температуры калориметра.

в) Опытный метод - в калориметре осуществляется процесс, тепловой эффект которого q1 уже точно известен. Для этого определяют изменение температуры растворения соли Δt1 и рассчитывают водяное число калориметра по формуле:

(4.14)

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**1. Определение водяного числа калориметра опытным методом**

1) Мерной колбой точно отмеривают 200 мл дистиллированной воды и выливают ее в калориметрический стакан. На аналитических весах взвешивают пустую ампулу. Затем насыпают в нее 7-8 г тонко растертой соли КCl и снова взвешивают. Вес KCl определяют как разность этих весов.

В ампулу с солью вставляют стеклянную палочку.

2) Собирают калориметр согласно рис. 1.

3) Включают мешалку и через каждые 30 сек производят 10-15 отсчетов показаний термометра с точностью до 0.01оС.

При этом необходимо, чтобы не менее 6-8 отсчетов как в предварительном, так и в заключительном периодах соответствовало равномерному изменению температуры калориметра.

Показания термометра в течении всего процесса заносят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2.

Зависимость температуры системы от времени опыта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер опыта,  № | Время  τ, сек | Температура,  t, oC |
| 1 | 0 |  |
| 2 | 30 |  |
| 3 | 60 |  |
| 4 | 90 |  |
| 5 | 120 |  |
| и т.д. | и т.д. |  |

Не прекращая записи показаний термометра, разбивают палочкой дно ампулы и при непрерывном помешивании раствора производят 10-15 отсчетов показаний термометра. Нужно, по возможности, ускорить растворение соли путем дополнительного размешивания осадка при помощи стеклянной палочки.

3) На основании результатов опыта, записанных в таблицу, строят график в координатах температура-время (t-τ) и графическим методом определяют изменение температуры калориметра при растворении КCl (Δt1).

Типичный вид температурной кривой правильно поставленного калориметрического опыта при измерении экзотермического эффекта показан на рис.4.2. При графическом определении Δt на миллиметровой бумаге на оси абсцисс откладывается время в масштабе 1 мин -1см, на оси ординат - температуру, выбор масштаба которой зависит от величины Δt. При Δt≤1o 1o =10cм; Δt≥1o 1o =5cм. После того как на график нанесены все экспериментальные точки, получается кривая АBCD.

Участок АВ называется начальным периодом, ВС - главным, СD - конечным. Чтобы определить изменение температуры Δt, не искаженное теплообменом, происходящим в течение главного периода, продолжают АВ и CD до пересечения с вертикальной прямой EF.

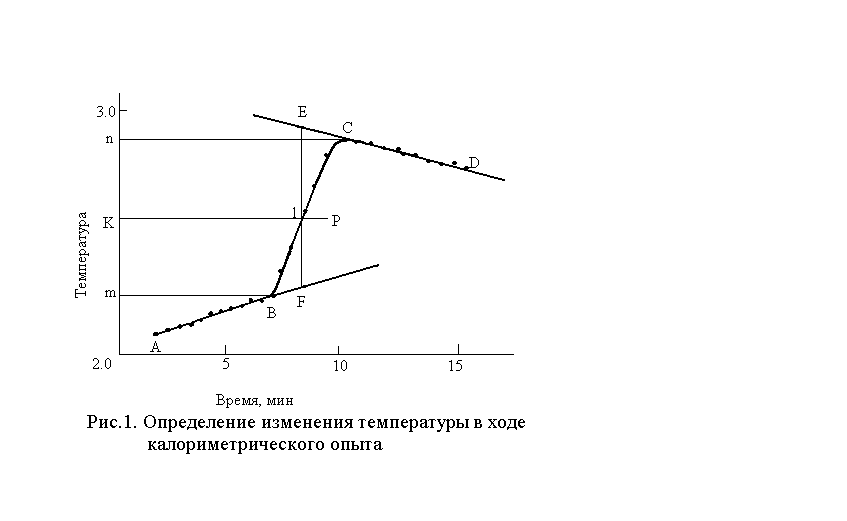
Для этого точки m и n, соответствующие начальной и конечной температурам главного периода, наносят на ось ординат. Через середину отрезка mn проводят линию КР. Пересечение этой линии с кривой ВС дает точку l, определяющую положение прямой EF. Отрезок EF и будет равен Δt, отрезок mn -Δt′.

Чем меньше температурный ход в начальном и конечном периодах, тем меньше потери теплоты за счет теплообмена и тем ближе Δt к Δt′. Характер линии ВС зависит от условий протекания теплового процесса (например, от размешивания), наклон линий АВ и ВС зависит от характера теплообмена с окружающей средой.

Таким образом, по виду кривой АВСD можно судить о качестве проведенного опыта.

Рис.4.2. Определение изменения температуры в ходе калориметрического опыта.

4) Для определения мольной теплоты растворения KCl сначала определяют моляльность раствора в данном опыте по формуле:



(4.15)

где *mKCl*- масса навески KCl,

*МKCl* - молекулярный вес KCl.

По таблице 4.3 находят соответствующую данной концентрации раствора мольную теплоту растворения KCl. Если моляльность раствора отличается от табличных данных, то соответствующую мольную теплоту растворения находят интерполяцией табличных данных.

Таблица 4.3

Зависимость мольной теплоты растворения соли от концентрации раствора

|  |  |
| --- | --- |
| Моляльность раствора,  С, моль/кг | Мольная теплота растворения,  Q, кал/моль |
| 0.01 | 4157 |
| 0.02 | 4168 |
| 0.05 | 4185 |
| 0.1 | 4195 |
| 0.2 | 4199 |
| 0.3 | 4194 |
| 0.4 | 4182 |
| 0.5 | 4166 |
| 1.0 | 4130 |
| 2.0 | 3995 |
| 3.0 | 3865 |
| 4.0 | 3765 |

5) Тепловой эффект растворения данной навески рассчитывают по формуле:

, кал (4.16)

6) Водяное число калориметра определяют по формуле:

, кал/град (4.17)

7) Разбирают установку; из калориметрического стакана выливают раствор KCl и промывают стакан, термометр и мешалку дистиллированной водой.

**2. Определение мольной теплоты растворения соли.**

1) В калориметрический стакан наливают точно 200 мл дистиллированной воды. На аналитических весах в ампуле взвешивают 0.1 моль тонко растертой соли, выданной преподавателем. Собирают снова установку и определяют, как описано выше, истинное изменение температуры калориметра, вызванное растворением исследуемой соли.

2) Тепловой эффект растворения навески исследуемой соли рассчитывают по формуле:

*q2=W\*Δt2*, кал (4.18)

3) Мольную теплоту растворения исследуемой соли определяют по формуле:

кал/моль, (4.19)

где *m2* –масса навески соли, г,

*M2* – молекулярный вес соли.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Схема экспериментальной установки.
3. Таблицы опытных данных (время-температура).
4. Графики определения изменения температуры установки
5. Расчет водяного числа калориметра и теплоты растворения соли.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сформулируйте первый закон термодинамики.
2. Приведите определение внутренней энергии, теплоты.
3. Дайте определение теплового эффекта реакции.
4. Опишите метод определения теплоты растворения соли с помощью калориметра. Водяное число калориметра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иродов, И. Е. Механика. Основные законы [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. - 12-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 309 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-2350-0.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=502566>

1. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы [Электронный ресурс] / И. Е. Иродов. - 9-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-2348-7.

Режим доступа: http://znanium.com/bookread.php?book=502562

1. Савельев И. В. Курс физики М.; Наука, 1989.Т2. 462с.
2. Лабораторный практикум по физике./Под ред. К.А. Барсукова и Ю.И. Уханова М.; Высшая школа, 1988. 350с.
3. Сквайрс Дж. Практическая физика, М.; Мир , 1971. 245с.
4. Стромберг А.Г., Д.П.Семченко. Физическая химия. /Под редакцией А.Г. Стромберга. М: Высшая школа, 2001.-528 с.
5. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А.. Физическая химия. М. Металлургия, 1987.-688 с.
6. Каретников Г.С., Козырева Н.А., Кудряшов И.В.и др./Под ред. И.В.Кудряшова. Практикум по физической химии: Уч.пособие для студентов химико-технол.спец.вузов. М.: Высш. шк., 1986. 495 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Механика. Определение ускорения свободного падения тел при помощи математического маятника……………………………………………………………....3

Лабораторная работа №2. Механика. Изучение поперечных колебаний струны…………………………………………………….9 Лабораторная работа №3. Электродинамика. Определение электродвижущей силы элемента методом компенсации……………………………………………………….…16

Лабораторная работа №4. Определение теплового эффекта процесса………………………………………………………………25

Список литературы………….…………………………..…..……….38

Егоров Евгений Николаевич

Белова Светлана Борисовна

Мамонова Марина Сергеевна

Белов Сергей Павлович

лабораторные работы

по дисциплине

«Физика»

часть 1

Ступинский филиал МАИ

2017