

**Министерство образования и науки Кыргызской Республики**

**Ошский государственный университет**

**Физико-технический факультет**

**Международный медицинский факультет**

**Кафедра экспериментальной и теоретической физики**

**Кафедра математики и естественных наук**

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ФИЗИКИ**

**Осконбаев Маралбек Чотоевич**

**Курбаналиев Абдыкерим Ырысбаевич**

**Алиева Чынара Мукашовна**

**Ош- 2022**

**УДК**

**ББК**

**Рекомендовано к печати Ученым Советом Ошского Государственного Университета**

**Рецензент: зав. кафедрой информационных технологий и управления ОшТУ, д. ф-м.н., профессор А.Сатыбаев**

**Редактор:**

**Осконбаев Маралбек Чотоевич**

**Курбаналиев Абдыкерим Ырысбаевич**

**Алиева Чынара Мукашовна**

**Виртуальная лаборатория по общему курсу физики**

**Учебник.- Ош “Билим” 2021. -70 с.**

**ISBN 978-9967-18-587-6**

**Учебник предназначена для студентов, преподавателей вузов, колледжей и учителей школ.**

**УДК: 53**

**ББК : 22.3**

**ISBN 978-9967-18-587-6**

**(С) Осконбаев М.Ч.,**

**Курбаналиев А. Ы.**

**Алиева Ч. М.**

**2022**

## Содержание

1. Введение.....	3
2. Движение снаряда.....	5
3. Момент инерции маховика.....	11
4. Передача тепла с излучением.....	18
5. Термопара-эффект Зеебека.....	26
6. Генератор Ван Де Граафа.....	31
7. Магнитометр отклонения.....	38
8. Ультразвуковой интерферометр.....	48
9. Спектрофотометр.....	57
10. Фотоэлектрический эффект.....	66
11. Спектры излучения.....	73
12. Определение длины волны света с помощью кольца Ньютона.....	79
13. Определение угла Брюстера.....	88
14. Дифракционная решетка.....	93
15. Температурный коэффициент сопротивления.....	103

## Введение

Этот лабораторный практикум является руководством по оказанию методической и теоретической помощи студентам, преподавателям высших учебных заведений, колледжей и учителям школ. Будет ли университет в условиях сегодняшнего кризиса? Будет ли школа? Нет экономических условий для оборудования физических классов и повышения наглядности обучения. Поэтому, используя современную виртуальную лабораторию «Amrita Vlab edu» в Индии, мы создали по две или три лаборатории на каждом из разделов общей физики и предлагаем их читателям на русском языке.

В разделах механики «Движение снаряда», «Момент инерции маховика», «Ультразвуковой интерферометр» в звуковых волнах, «Передача тепла с излучением», «Термопара - эффект Зеебека», «Электромагнетизм», «Генератор Ван де Граафа», в оптике, «Определение длины волны света с помощью кольца Ньютона», «Определение угла Брюстера», «Дифракционная решетка» и в квантовой физике, «Фотоэлектрический эффект», «Спектрофотометр» и «Спектр излучения».

Результаты некоторых виртуальных лабораторий отображаются на компьютере. Например, результаты виртуальной лаборатории под названием «Движение снаряда» показывают время полета снаряда, насколько высоко он поднялся над землей и как далеко приземлился. Также возможно вычислить вышеуказанные значения для каждой планеты, сравнить результаты движение снаряда в одинаковых условиях и показать его студентам в визуальном виде. Показано, что сила тяжести меняется в зависимости от ускорения свободного падения на разных планетах.

При нахождении момента инерции маховика с использованием данных, измеренных в виртуальной лаборатории в лабораторных условиях, таких как излучение и теплопередача, таблица под виртуальной лабораторией заполняется значениями соответствующих измеренных физических величин, в результате чего значения исследуемых физических величин.

Кроме того, если мы выполним математические вычисления, поместив значения полученных физических величин в формулы, приведенные в теории, мы получим результаты, соответствующие значениям, вычисленным компьютером. Это подтверждает точность виртуальной лаборатории.

При выполнении лабораторных работ в отделении электромагнетизма требуется сборка электрических схем, как показано на схеме. Если схема, показанная на схеме, не правильно собрана, виртуальная работа выполняться не будет.

В виртуальных лабораториях в разделах оптики и квантовой физики мы показываем измерения штангенциркулем и микрометром в механике, учим студентов точно определять нониус и микрометры, а затем проводим измерения. В оптике кольца Ньютона используются для определения длины волны света, для изучения дифракционной решетки, для точной калибровки телескопа, для точного отображения света соответствующего цвета на экране, для точного выполнения виртуальной лаборатории.

В лабораторной работе, называемой эффектом Зеебека, студентов учат строению термопары и тому, как ее изготовить. Используя четыре точки, нарисуйте график на специальной миллиметровой бумаге и откалибруйте термопары в соответствии с построенным графиком.

Виртуальные лаборатории состоят из теории, объяснения процедуры и виртуальной лаборатории, которая выполняет работу. Теория объясняет соответствующие физические явления и дает формулы, необходимые для расчета лабораторных работ. Особое внимание в виртуальной работе уделяется порядку работы виртуальной лаборатории. Если вы не выполните эту процедуру правильно и сделаете ошибку, виртуальная лаборатория не будет работать. В виртуальной лаборатории каждому студенту дается задание для выполнения самостоятельно. В конце есть контрольные вопросы.

В кыргызском языке есть хорошая поговорка «чем тысячу раз услышать, лучше один раз увидеть». Пословицы «глаза раскрывают красоту вселенной, слова раскрывают красоту человека», «взойдешь на высокую гору – откроются глаза, поговоришь с хорошим человеком – откроется сердце» как будто подчеркивают роль презентации в познании мира. Физика-это не сказка. И экспериментальный урок это место, где студенты в интеграции, как бы держась за руки, производят опыты во время изучения физики. Именно поэтому такой урок положительно оказывается на качестве обучения. Однако не все вузы и школы современно оснащены физическими приборами и экспериментальными установками.

У нас и в соседних странах нет заводов по производству новейших физических приборов и экспериментальных установок. Ближайший завод находится в РФ, Европе и других странах. Но покупка недостающих оборудования

требует больших финансовых затрат. И ученые решают эту проблему – создавая виртуальные лаборатории, они адаптируют их для студентов вузов, школьных учителей и учащихся. Поэтому создание и перепрофилирование виртуальных лабораторий является актуальным вопросом.

Создание и внедрение виртуальных лабораторий по-разному решаются зарубежными и отечественными учеными. Среди них можно назвать и доцента ОшГУ Ж.Эгембердиева [1-3], Л. Бокоеву [4], которые создали виртуальные лаборатории и тренажеры [5].

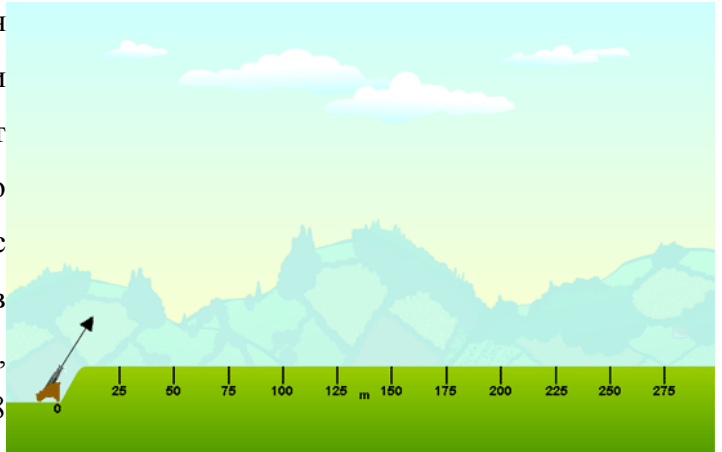
Мы надеемся, что если вы отправите критические замечания, указывающие на недостатки этих виртуальных лабораторий, на адрес электронной почты [o\\_manas@mail.ru](mailto:o_manas@mail.ru), они помогут улучшить качество нашей дальнейшей работы.

## Движение снаряда

**Цель:** Найти время полета, горизонтальную дальность и максимальную высоту снаряда для разной скорости, угла проекции, высоты пушки и окружающей среды.

### Теория

Движение снаряда определяется, как движение любого тела, брошенного с некоторой начальной скоростью, которое затем может двигаться только под действием силы тяжести, без применения в движении какого-либо двигателя или топлива. Путь, по которому летит снаряд, называется его траекторией. Снаряд движется с постоянной скоростью в горизонтальном направлении, испытывая постоянное ускорение  $9,8 \text{ м/с}^2$  вниз в вертикальном



направлении. Чтобы быть последовательными, мы определяем направление вверх как положительное. Следовательно, ускорение свободного падения  $-9,8 \text{ м/с}^2$ .

**Горизонтальное движение снаряда.** Скорость в горизонтальном направлении равна « $v_x$ », и эта скорость не меняется. Уравнение, которое предсказывает положение в любой момент в горизонтальном направлении, это,

$$x = v_x \cdot t$$

**Вертикальное движение снаряда.** Поскольку сила тяжести направлена вниз, вертикальная скорость постоянно изменяется. Уравнение, которое предсказывает вертикальную скорость в любой момент времени « $v_y$ » выглядит следующим образом:

$$v_y = v_{oy} + at$$

« $v_{oy}$ » - это исходная скорость в вертикальном или  $y$  - направлении. Чтобы вычислить положение по оси  $y$ , необходимо использовать формулу полного расстояния. « $y_o$ » представляет исходное положение по оси  $y$ .

$$y_f = y_o + v_{oy}t + \frac{1}{2}at^2$$

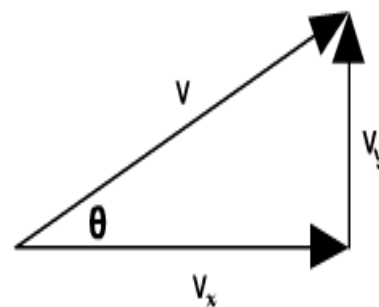
Ускорение снарядов у поверхности Земли составляет  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Мы не переписываем уравнение со знаком минус. Скорее, мы используем отрицательное значение ускорения при решении проблем. Когда снаряд запускается горизонтально, мяч

скатывается со стола, машина сбегает с края обрыва и т. д. Здесь исходная  $y$ -скорость равна нулю. Например, если снаряд падает на 10 метров, вы можете установить  $y_o = 0$  и  $y_f = -10$  м. Или вы можете установить  $y_o = 10$  м и  $y_f = 0$ .

Любой из них работает одинаково.

### **Скорость**

Чтобы определить общую скорость снаряда, мы объединяем горизонтальную скорость (« $v_x$ ») и вертикальную скорость (« $v_y$ »), используя теорему Пифагора,



$$v = (v_x^2 + v_y^2)^{\frac{1}{2}}$$

**На максимальной высоте.** В верхней части своего пути снаряд больше не летит вверх и еще не стартовал вниз. Его вертикальная скорость равна нулю ( $v_y = 0$ ). Единственная скорость, которую он имеет - это горизонтальная скорость  $v_x$ . Помните, что горизонтальная скорость остается постоянной на всем пути полета снаряда. Распространенное заблуждение возникает в верхней части дуги снаряда. На вопрос, какое ускорение снаряда в данный момент, многие люди отвечают «ноль». Если бы он был равен нулю, снаряд просто продолжал бы лететь по прямой. Однако гравитация все еще действует, притягивая его вниз и ускоряя к Земле. Таким образом, ускорение наверху по-прежнему составляет  $9,8 \text{ м/с}^2$ , как и всегда.

**Диапазон движения снаряда.** Для снаряда, который запускается под углом и возвращается на ту же высоту, мы можем определить дальность или расстояние, на которое он летит по горизонтали, используя довольно простое уравнение. Однако здесь мы сосредоточимся на результатах изучения этого уравнения, а не на его решении.

- Когда снаряд запускается под крутым углом, он проводит в воздухе больше времени, чем при запуске под небольшим углом.

- Когда снаряд запускается под небольшим углом, он летит быстрее в горизонтальном направлении, чем если бы он был запущен под большим углом.

Идеальное сочетание времени в воздухе и горизонтальной скорости происходит при  $45^\circ$ . Таким образом, максимальная дальность или дальность достигается, когда снаряд запускается под этим углом. Это касается прыгунов в длину и футбольных мячей, которые являются двумя хорошими примерами. Однако, если снаряд запускается в точке выше, чем место приземления, идеальное расстояние не достигается под углом  $45^\circ$ . Спросите у своего инструктора объяснений. Если вы подсчитаете дальность полета снаряда,



выпущенного под углом  $30^{\circ}$ , вы обнаружите, что оно такое же, как и у снаряда, выпущенного под углом  $60^{\circ}$ . То же самое для  $40^{\circ}$  и  $50^{\circ}$ . График зависимости дальности от угла симметричен относительно максимума  $45^{\circ}$ .

Уравнения, используемые для определения различных параметров, показаны ниже:

Время полета, 
$$T = \frac{2u \sin \theta}{g}$$

Максимальная высота, 
$$H = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

Горизонтальный диапазон, 
$$R = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$$

Если корпус выступает с высоты «h» над уровнем земли, необходимо учитывать дополнительную высоту «h» и соответствующим образом изменять уравнения.

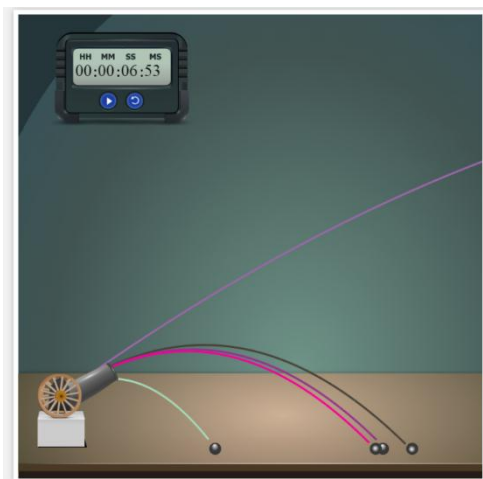
### Приложения

Сложная форма применения снаряда в современной жизни - это ракета.

- Спортсмены широко используют снаряды, особенно метание копья, толкание ядра, метание диска и молота и т. д.
- Снаряды также используются в стрельбе из лука и стрельбе.

### Процедура

Выберите тип среды справа от симулятора. Гравитация меняется в зависимости от окружающей среды. Выберите скорость, угол проекции и высоту пушки с помощью



ползунка соответственно. После нажатия кнопки огня пользователь может просмотреть движение снаряда, а также время полета, максимальную высоту и дальность полета снаряда.

Переменная область:

Поле со списком «Выбрать среду» помогает вам выбрать тип среды, в которой должна выполняться симуляция. По мере изменения окружающей среды изменяется и сила тяжести.

1. Ползунок «Скорость» помогает вам фиксировать скорость снаряда.

2. Ползунок «Угол проекции» помогает фиксировать угол проекции снаряда.

Область измерения:

«Время» показывает время полета снаряда.

1. «Высота» показывает максимальную высоту, которую достиг снаряд.

2. «Дальность» показывает максимальное расстояние, на которое переместился снаряд.

### Задания

1. Кирпич бросается вверх с вершины здания под углом  $25^{\circ}$  к горизонтали и с начальной скоростью  $15 \text{ м/с}$ . Если кирпич летит  $3 \text{ с}$ , какова высота здания?
2. Пожарный в  $50 \text{ м}$  от горящего здания направил струю воды из пожарного рукава с уровня земли под углом  $30^{\circ}$  к горизонту. Если скорость потока, выходящего из шланга, составляет  $40 \text{ м/с}$ , на какой высоте поток воды попадет в здание?
3. Камень выбрасывается со скоростью  $5 \text{ м/с}$  под углом  $50^{\circ}$  к вертикали.
  - Есть ли другой угол проецирования в плоскости  $xy$  с таким же диапазоном?
  - Рассчитайте дальность полета снаряда.
  - Нарисуйте траекторию полета снаряда.
  - Что происходит со временем полета и горизонтальным диапазоном, если движение совершается при Луне?
4. Мальчик хочет бросить мяч через окно своего дома другу через улицу шириной  $80 \text{ метров}$ . Окно дома мальчика находится на  $10 \text{ м}$  ниже окна дома его друга. Как ему бросить мяч?
5. Докажите, что при угле возвышения  $60^{\circ}$  ружье будет стрелять в три раза выше, чем при  $30^{\circ}$ , но охватывает тот же горизонтальный диапазон.

### Тест

#### Вопрос 1

Тело брошено под углом  $30^{\circ}$  к горизонту со скоростью  $72 \text{ км/ч}$ . Найдите проекцию начальной скорости на ось  $Ox$  (Ответ округлить до целых).

#### Варианты ответов

- $v_x = 19 \text{ м/с}$
- $v_x = 15 \text{ м/с}$
- $v_x = 17 \text{ м/с}$

#### Вопрос 2

Тело брошено под углом  $30^{\circ}$  к горизонту со скоростью  $72 \text{ км/ч}$ . Найдите проекцию скорости на ось  $Oy$ .

#### Варианты ответов

- $v_y = 10 \text{ м/с}$
- $v_y = 12 \text{ м/с}$
- $v_y = 72 \text{ м/с}$

#### Вопрос 3

Снаряд вылетел из дальнобойной пушки с начальной скоростью  $10 \text{ м/с}$  под углом  $30^{\circ}$  к горизонту. Сколько времени снаряд будет находиться в воздухе?

#### **Варианты ответов**

- 2с
- 1с
- 10с

#### **Вопрос 4**

Снаряд вылетел из дальнобойной пушки с начальной скоростью 36 км/ч под углом  $30^\circ$  к горизонту. На каком расстоянии от пушки он упадет на землю?(Ответ округлите до целых)

#### **Варианты ответов**

- 9 м
- 8 м
- 10 м

#### **Вопрос 5**

Снаряд, вылетевший из орудия под углом к горизонту, находился в полете 6 с. Какой наибольшей высоты достиг снаряд?

#### **Варианты ответов**

- 180 м
- 45 м
- 12 м

#### **Вопрос 6**

Мальчик бросил горизонтально мяч со скоростью 20 м/с из окна, находящегося на высоте 20 м. Сколько времени летел мяч до земли ?

#### **Варианты ответов**

- 1 с
- 4 с
- 2 с

#### **Вопрос 7**

Мальчик бросил горизонтально мяч из окна, находящегося на высоте 20 м. С какой скоростью он был брошен, если он упал на расстоянии 20 м от основания дома?

#### **Варианты ответов**

- 36 км/ч
- 10 км/ч
- 20 км/ч

#### **Вопрос 8**

«Снаряд» пружинного пистолета при выстреле вертикально вверх поднимается на высоту 20 см. Какой будет дальность полета «снаряда», если пистолет установить на высоте 45 см и выстрелить горизонтально? Скорость снаряда в обоих случаях считать одинаковой.

#### **Варианты ответов**

- 60 см
- 12 см
- 90 см

### Вопрос 9

Дальность полета тела, брошенного горизонтально со скоростью 10 м/с, равна высоте бросания. С какой высоты было брошено тело?

### Варианты ответов

- 30 м
- 20 м
- 10 м

### Вопрос 10

Мальчик ныряет в воду с крутого берега высотой 5 м, имея после разбега скорость 6 м/с, направленную горизонтально. Каковы модуль скорости мальчика при достижении им поверхности воды?

- 6 м/с
- 12 м/с
- 11,5 м/с

### Контрольные вопросы

1. Ответьте на следующие вопросы: Для движения снаряда по ровной поверхности при незначительном сопротивлении воздуха (начальный угол не равен ни  $0^0$ , ни  $90^0$ ):

а) Скорость когда-либо равна нулю?

б) Когда скорость минимальна? Максимум?

в) Может ли скорость когда-либо быть такой же, как начальная скорость в момент времени, отличный от  $t=0$ ?

г) Может ли скорость когда-либо быть такой же, как начальная скорость, в другое время, кроме как при  $t=0$ ?

2. Ответьте на следующие вопросы: Для движения снаряда по ровной поверхности при незначительном сопротивлении воздуха (начальный угол не равен ни  $0^0$ , ни  $90^0$ ):

а) Ускорение когда-либо равно нулю?

б) Происходит ли ускорение когда-либо в том же направлении, что и составляющая скорости?

в) Является ли ускорение когда-либо противоположным по направлению компоненту скорости?

3. При фиксированной начальной скорости дальность полета снаряда определяется углом, под которым он выстреливается. Для всех, кроме максимального, есть два угла, которые дают одинаковый диапазон. Учитывая факторы, которые могут повлиять на способность лучника поражать цель, такие как ветер, объясните, почему предпочтительнее меньший

угол (ближе к горизонтали). Когда лучнику будет необходимо использовать больший угол? Почему игрок в футбольном матче использует более высокую траекторию?

4. Во время демонстрации лекции профессор кладет две монеты на край стола. Затем она стряхивает одну из монет горизонтально со стола, одновременно подталкивая другую через край. Опишите последующее движение двух монет, в частности обсудите, упали ли они на пол одновременно.

### Момент инерции маховика

**Цель:** Определить момент инерции маховика.

**Аппарат:** Маховик, подвеска для груза, гири с прорезями, секундомер, метровая шкала.

#### Теория

Маховик состоит из тяжелого круглого диска / массивного колеса с мощной осью, выступающей с обеих сторон. Ось установлена на шарикоподшипниках на двух неподвижных опорах. На оси есть небольшой колышек. Один конец шнура свободно наматывается на колышек, а другой конец несет грузоподъемник.

Пусть « $m$ » будет массой подвески груза и подвесных колец (сборка груза). Когда масса « $m$ » опускается на высоту « $h$ », потеря потенциальной энергии равна

$$P_{loss} = mgh$$

Результирующая кинетическая энергия во вращающемся маховике в сборе (маховик и ось) составляет

$$K_{flywheel} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

где,  $I$  - момент инерции маховика в сборе,  $\omega$ -угловая скорость в момент касания груза сборкой земли.

Прирост кинетической энергии в узле нисходящего груза составляет,

$$K_{flywheel} = \frac{1}{2} I v^2$$

где,  $v$  - скорость в момент касания груза сборкой земли.

Работа, проделанная для преодоления трения подшипников, поддерживающих маховик в сборе, является



$$W_{friction} = nW_f$$

где,  $n$  - количество раз, когда шнур наматывается на ось,  $W_f$  - работа, выполненная для преодоления момента трения при однократном полном вращении узла маховика

Следовательно, из закона сохранения энергии получаем

$$P_{loss} = K_{flywheel} + K_{weight} + W_{friction} \quad (1)$$

Подставляя значения, получаем

$$mgh = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2 + nW_f \quad (2)$$

Теперь кинетическая энергия маховика в сборе расходуется на вращение  $N$  раз против того же момента трения. Следовательно

$$NW_f = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad \text{а также} \quad W_f = \frac{1}{2N}I\omega^2$$

Если  $r$  - радиус оси, то скорость  $v$  весового узла связана с  $\omega$  уравнением

$$v = \omega r$$

Подставляя значения  $v$  и  $W_f$ , получаем:

$$mgh = \frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mr^2\omega^2 + \frac{n}{N} \times \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3)$$

Теперь решая приведенное выше уравнение для  $I$

$$I = \frac{Nm}{N+n} \left( \frac{2gh}{\omega^2} - r^2 \right) \quad (4)$$

где,  $I$  - момент инерции маховика в сборе

$N$  - число оборотов маховика до его остановки

$m$  - масса колец

$n$  - количество витков струны на оси

$g$  - Ускорение под действием силы тяжести окружающей среды.

$h$  - высота груза в сборе от земли.

$r$  - радиус оси.

Теперь мы начинаем подсчитывать количество оборотов  $N$  до остановки маховика, а также отмечаем продолжительность времени  $t$  для  $N$  оборотов. Поэтому мы можем рассчитать среднюю угловую скорость  $\omega_{average}$  в радианах в секунду.

$$\omega_{average} = \frac{2\pi N}{t}$$

Поскольку мы предполагаем, что торсионное трение  $W_f$  остается постоянным во времени, а угловая скорость просто вдвое больше средней угловой скорости

$$\omega = \frac{2\pi N}{t} \quad (5)$$

## Приложения

Маховики могут использоваться для накопления энергии и для генерации очень мощных импульсов электроэнергии для экспериментов, где получение энергии из электрической сети общего пользования вызовет недопустимые всплески. Небольшой мотор может разгонять маховик между импульсами.

При использовании маховиков в движущихся транспортных средствах необходимо учитывать явление прецессии. Однако в одном современном приложении импульсное колесо представляет собой тип маховика, полезного в операциях наведения спутников, в которых маховики используются для наведения инструментов спутника в правильном направлении без использования ракет-двигателей. Маховики используются в пробивных и клепальных машинах. В двигателях внутреннего сгорания маховик представляет собой тяжелое колесо, установленное на коленчатом валу. Основная функция маховика - поддерживать почти постоянную угловую скорость коленчатого вала.

### **Порядок выполнения виртуальной лаборатории:**

Выберите любую желаемую среду, щелкнув поле со списком.

1. Отрегулируйте ползунки так, чтобы они соответствовали размеру маховика.
2. Нажмите «Отпустить маховик», чтобы начать эксперимент.
3. Количество оборотов ( $N$ ) маховика после соскальзывания петли с штифта указано на боковой стороне оси.
4. Время, необходимое маховику для остановки, фиксируется по секундомеру.
5. Повторите эксперимент для разных значений переменных.

### **Порядок выполнения реальной лаборатории**

Длина шнура тщательно регулируется, так что, когда грузоподъемник просто касается земли, петля соскальзывает с колышка.

1. Подходящий груз помещается в подвеску для грузов.
2. На ободке сделана отметка мелом так, чтобы она была напротив указателя, когда подвеска груза касается земли.
3. Другой конец шнура свободно наматывается на колышек, удерживая весовую подвеску только на земле.
4. Маховику дают соответствующее число оборотов ( $n$ ), так что шнур наматывается вокруг оси без перекрытия.
5. Измеряется высота ( $h$ ) подвески груза от земли.
6. Маховик отпущен.
7. Подвеска груза опускается, и маховик вращается.
8. Шнур соскальзывает с колышка, когда весовая подвеска касается земли. К этому времени маховик совершит  $n$  оборотов.

9. Секундомер запускается, когда весовая подвеска касается земли.
10. Время, необходимое маховику до остановки, определяется как  $t$  секунд.
11. Подсчитывается количество оборотов ( $N$ ), сделанных маховиком за этот интервал.
12. Эксперимент повторяют, меняя значения  $n$  и  $m$ .
13. По этим значениям рассчитывается момент инерции маховика по формуле

$$I = \frac{Nm}{N+n} \left[ \frac{2gh}{\omega^2} - r^2 \right]$$

### Наблюдения

Масса, подвешенного груза ( $m$ ) $\times 10^{-3}$ кг	Высота над землей ( $h$ ) $\times 10^{-2}$ м	Количество измерений		Время для $N$ измерений ( $t$ ), с	Средний угол $\omega = 4\pi N/t$	Момент инерции маховика (кг*м <sup>2</sup> )

Среднее значение момента инерции,  $I = \dots\dots\dots$  кг/м<sup>2</sup>

### Результат

Момент инерции маховика =  $\dots\dots\dots$  кг/м<sup>2</sup>

### Задания

1. Рассчитайте среднюю угловую скорость  $\omega$  маховика в земле с массой маховика 40 кг, диаметром 10 см и массой колец 500 г, диаметром оси 3,6 см, № аккорда 7.
2. Рассчитайте момент инерции маховика в Сатурне с массой маховика 36,5 кг, диаметром 10 см и массой колец 200 г, диаметром оси 3 см, нет. аккорда 10.
3. Рассчитайте момент инерции маховика на Луне с массой маховика 31,5 кг, диаметром 10 см и массой колец 800 г, диаметром оси 2,4 см, нет. хорды 5 и, следовательно, найти ее КЕ
4. Рассчитайте момент инерции маховика на Юпитере с массой маховика 11,5 кг, диаметром 10 см и массой колец 100 г, диаметром оси 2,8 см, нет. аккорда 6.
5. Рассчитайте момент инерции маховика в Уране с массой маховика 23,5 кг, диаметром 10 см и массой колец 1000 г, диаметром оси 3,6 см, нет. хорды 5 и, следовательно, найти его кинетическую энергию.

### Тест

1. Энергия хранится в маховике в виде ...
  - а) тепловой энергии
  - б) солнечной энергия

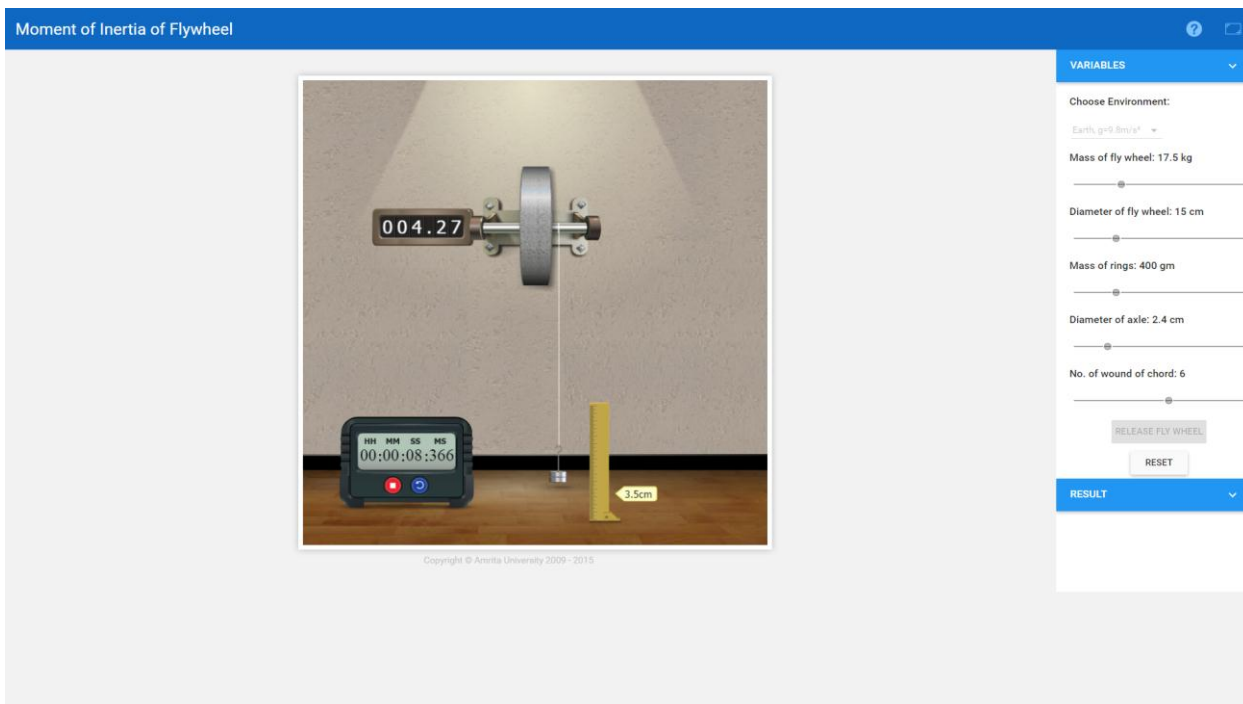


- в) кинетической энергия
  - г) потенциальной энергия
2. В транспортных средствах маховик расположен между ...
- а) двигателем и сцеплением
  - б) муфтой сцепления и карданным валом
  - в) карданным валом и дифференциалом
  - г) перед двигателем
3. Ниже приведены примеры, которое из них являются функциями маховика
- а) для хранения и высвобождения энергии, когда это необходимо во время рабочего цикла
  - б) для уменьшения амплитуды колебаний скорости
  - в) для снижения мощности двигателя
  - г) все вышеперечисленное
4. Маховик используется в ...
- а) пробивном прессе
  - б) сверлильный станок
  - в) поверхностный шлифовальный станок
  - г) фрезерный станок
5. Маховик, как правило, изготавливается из ...
- а) чугуна
  - б) высокопрочной стали
  - в) керамики
  - г) все вышеперечисленное
6. Разъемный маховик выполнен для того, чтобы ...
- а) избежать охлаждающих нагрузок
  - б) минимизировать большие центробежные силы
  - в) уменьшить вес
  - г) все вышеперечисленное
7. Когда крутящий момент, требуемый машиной, превышает крутящий момент, подаваемый двигателем, маховик ...
- а) ускоренный
  - б) отсталый
  - в) вращающийся с постоянной скоростью
  - д) любой из вышеперечисленных
8. Разница максимальной и минимальной скоростей во время цикла называется ...
- а) колебанием скорости

- б) максимальным колебанием скорости
  - в) коэффициентом колебания скорости
  - г) ничего из вышеперечисленного
9. Отношение максимального колебания скорости к средней скорости называется ...
- а) колебанием скорости
  - б) максимальным колебанием скорости
  - в) коэффициентом колебания скорости
  - г) ничего из вышеперечисленного
10. Обратная величина коэффициента колебания скорости называется
- а) колебанием скорости
  - б) коэффициентом устойчивости
  - с) максимальным колебанием скорости
  - г) ничего из вышеперечисленного

#### **Контрольные вопросы**

2. Имеет ли маховик высокий момент инерции?
3. Почему мы вычисляем момент инерции маховика?
4. Каков момент инерции маховика, вращающегося вокруг своего диаметра?
5. Почему маховик останавливается через некоторое время?
6. Почему масса маховика сосредоточена на ободе?
7. Как долго маховики могут накапливать энергию?
8. Увеличивает ли маховик крутящий момент?
9. Почему маховик используется в двигателях внутреннего сгорания?
10. Что такое принцип маховика?



## Передача тепла с излучением

**Цель:** Сравнить теплопередачу между различными поверхностями материала и поверхностью черного тела за счет излучения. Найти коэффициент излучения различных поверхностей материала.

**Аппарат:** Прибор для измерения коэффициента излучения: экспериментальная установка



Рис.1 Поперечное сечение излучательного устройства

состоит из двух круглых алюминиевых пластин одинакового размера, снабженных змеевиками нагревателя в нижней части рис. Он находится в закрытом помещении, чтобы обеспечить естественную конвекцию. Подвод тепла к нагревателям регулируется двумя регуляторами и измеряется амперметром и вольтметром. Каждая пластина имеет три термопары; отсюда берется средняя температура. В корпусе находится одна термопара для считывания температуры в камере. Одна пластина затемняется слоем эмалевой черной краски для образования

идеализированной черной поверхности, тогда как другая пластина является испытательной пластиной. Температуры пластин измеряются с помощью термопар.

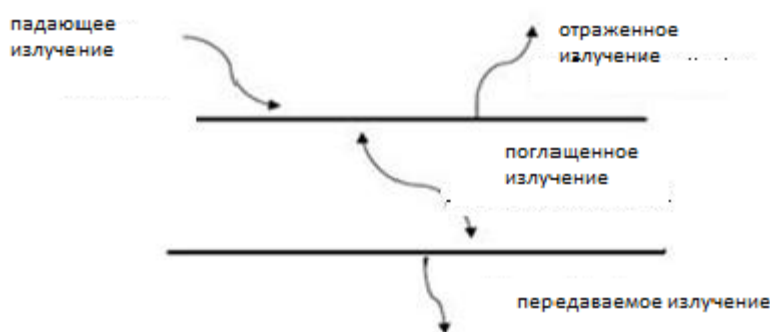
### Теория

В излучении энергия переносится электромагнитными волнами, излучаемыми каждым объектом. В общем, радиация - явление объемное. Это связано с тем, что электроны, атомы и молекулы всех твердых тел, жидкостей и газов с температурой выше абсолютного нуля находятся в постоянном движении, и, следовательно, энергия постоянно излучается, поглощается и передается по всему объему вещества.

Излучение с поверхности распространяется во всех возможных направлениях. Тело при температуре выше абсолютного нуля испускает излучение во всех направлениях в широком диапазоне длин волн. Количество излучения от поверхности тела при данной температуре и на данной длине волны зависит от материала тела и характера его поверхности. Создана концепция идеализированной поверхности, являющейся идеальным излучателем и поглотителем излучения. Эта идеальная поверхность известна как черное тело.

Черное тело или идеальный излучатель - это тело, которое испускает и поглощает при любой температуре максимально возможное излучение на любой заданной длине волны. Черное тело имеет следующие особенности

1. При определенной температуре и длине волны черное тело излучает больше энергии излучения, чем реальное.
2. Он поглощает все падающее излучение независимо от длины волны и направления.
3. Он излучает энергию излучения равномерно во всех направлениях. То есть черное тело является диффузным излучателем, термин «диффузный» означает независимый от направления.



В зависимости от типа поверхности отраженное излучение бывает зеркальным или диффузным. Гладкая и полированная поверхность более зеркальная, а шероховатая - более размытая.

Доля падающей энергии, поглощаемая поверхностью, называется поглощающей способностью. Для черного тела он равен единице.

На самом деле черного тела не существует в природе, поскольку его характеристики аппроксимируются отверстием в коробке, заполненной материалом с

высокой поглощающей способностью. Спектр излучения такого черного тела был впервые полностью описан Максом Планком.

Излучательная способность поверхности определяется как отношение излучения, испускаемого поверхностью, к излучению, испускаемому черным телом при той же температуре.

Если образец заменен черным телом с такой же температурой и температурой в условиях теплового равновесия, излучательная способность тела равна поглощающей способности.

**Связь между поглощающей способностью и излучательной способностью:**

Рассмотрим две плоские бесконечные пластины, поверхность А и поверхность В, обе излучающие излучение навстречу друг другу. Предполагается, что поверхность В является идеальным излучателем,  $\epsilon_B = 1$ .

Поверхность А будет излучать в соответствии с законом Больцмана Стефана как

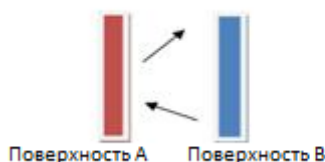
$$E_A = \epsilon_A \sigma T_A^4 \quad (1)$$

и будет получать излучение как

$$G_A = \alpha_A \sigma T_B^4 \quad (2)$$

Чистый тепловой поток от поверхности А будет

$$Q = \epsilon_A \sigma T_A^4 - \alpha_A \sigma T_B^4 \quad (3)$$



Теперь предположим, что две поверхности имеют одинаковую температуру, тогда  $\epsilon_A = \alpha_A$ . Излучательная способность поверхности будет зависеть от материала, из которого она состоит. Излучение, испускаемое на единицу площади в единицу времени с поверхности тела, называется его излучательной способностью. Отношение излучательной способности тела к излучательной способности черного тела называется излучательной способностью. Тепло, выделяемое черным телом на единицу площади,

$$Q_b = \epsilon_b \sigma (T_b^4 - T_c^4) \quad (4)$$

Тепло, выделяемое испытательной пластиной на единицу площади,

$$Q_p = \epsilon_p \sigma (T_p^4 - T_c^4) \quad (5)$$

$\epsilon_b$  - коэффициент излучения черной пластины.

$\epsilon_p$  - коэффициент излучения испытательной пластины

$\sigma$  Константа Стефана-Больцмана =  $5,67 \times 10^{-8}$  Вт м<sup>-2</sup> К<sup>-4</sup>

$T_b$  - температура черного тела в Кельвинах

$T_c$  - температура камеры в Кельвинах

$T_p$  - температура испытательной пластины в Кельвинах

$Q_b = Q_p$  поскольку входная мощность двух пластин одинакова, и теплотери при кондукции также одинаковы.

Излучательная способность, 
$$\varepsilon_p = \varepsilon_b \frac{T_b^4 - T_c^4}{T_p^4 - T_c^4} \quad (6)$$

### **За работой**

На тестовую пластину и черную пластину подается одинаковая мощность. После достижения установившейся температуры для черной пластины она непрерывно испускает излучение, и это излучение полностью поглощается испытательной пластиной. Но его излучение немного меньше, чем у черного тела, потому что коэффициент излучения зависит от природы материала.

### **Приложения**

1. В лазерах
2. Микроволновые печи
3. Солярии
4. Мобильные телефоны
5. Аппараты МРТ в магнитном поле
6. Промышленные обогреватели.

### **Процедура:**

#### **Переменная область:**

**Выберите материал** - его можно использовать для выбора пластины для образца.

1. **Диаметр образца** - используется для изменения диаметра образца в сантиметрах.
2. **Толщина образца** - используется для изменения толщины образца в сантиметрах.
3. **Температура камеры** - используется для изменения температуры в откачанной камере в градусах Цельсия.

#### **Область измерения:**

**Белые ручки в симуляторе** - эту ручку можно вращать, щелкая правой кнопкой мыши боковые стрелки и тем самым регулируя напряжение и соответствующий ток, который задается как входная мощность.

**Переключатель настройки** - используется для поворота либо черной пластины (BP), либо тестовой пластины (TP) и, таким образом, может изменять соответствующие напряжение и ток для обеих пластин.

**Примечание:** мощность должна подаваться на обе пластины, которые должны быть одинаковыми.

**Кнопка включения питания** - с помощью этой кнопки мы можем включить питание после завершения всех начальных настроек.

**Индикатор температуры в симуляторе** - после достижения устойчивого состояния температуры (20 минут по таймеру). Отрегулируйте ручку, щелкая боковые стрелки на индикаторе, таким образом, температура от  $T_1$  до  $T_7$  на термопарах может быть отмечена в градусах Цельсия.

### Процедура моделирования

1. Выберите конкретный материал для моделирования.
2. Зафиксируйте значение диаметра и толщины пластины.
3. Температура задается камере с помощью ползунка «Температура камеры».
4. Используя переключатель настройки и белую ручку, зафиксируйте напряжение и соответствующий ток для черной пластины и испытательной пластины.
5. Отметьте значение температуры  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_7$  с помощью индикатора температуры.
6. Рассчитайте значение коэффициента излучения для данной испытательной пластины с помощью уравнений.

### Порядок действий в реальной лаборатории

Используя прибор для измерения коэффициента излучения, мощность дается для проведения эксперимента с помощью вольтметра и амперметра. После достижения установившегося состояния (2 часа) каждые полчаса с помощью секундомера отображается температура на индикаторе температуры. Используя метод проб и ошибок, отмечают  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_6$  и  $T_7$ . Рассчитайте значение излучательной способности для данной испытательной пластины, используя уравнения.

### Наблюдения и расчеты:

Вольтметр (V)	Амперметр (A)	Температура а черного тела (K)			Средняя температура ( $T_b$ ) K	Температура испытательно й пластины (K)			Средняя температура испытательно й пластины ( $T_p$ ) K	Температура а камеры ( $T_4$ ) K
		$T_1$	$T_2$	$T_3$		$T_5$	$T_6$	$T_7$		

Тепло, излучаемое черным телом,

$$Q_b = \varepsilon_b \sigma (T_b^4 - T_c^4) \text{ W}$$

Тепло, излучаемое испытательной пластиной,

$$Q_p = \varepsilon_p \sigma (T_p^4 - T_c^4) \text{ W}$$

$\varepsilon_b$  - коэффициент излучения черной пластины и равен 1

$\varepsilon_p$  - излучательная способность испытательной пластины

$\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт м}^{-2} \text{ К}^{-4}$

$$T_b = \frac{(T_1 + T_2 + T_3)}{3} = \dots\dots\dots \text{K}$$

$$T_p = \frac{(T_5 + T_6 + T_7)}{3} = \dots\dots\dots \text{K}$$

$$T_c = \dots\dots\dots \text{K}$$

$Q_b = Q_p$ , поскольку подводимая мощность к двум пластинам одинакова, и теплотери за счет кондукции также одинаковы.

Излучательная способность пластины с образцом,

$$\varepsilon_p = \varepsilon_b \frac{T_b^4 - T_c^4}{T_p^4 - T_c^4}$$

## Результат

Коэффициент излучения поверхности испытательной пластины равен ... .

### Задания

1. Алюминиевая пластина диаметром 0,05 м и толщиной 0,01 м нагревается с помощью катушек, обеспечивая источник питания 20 Вт. Зафиксируйте значение температуры камеры на  $-20^0 \text{ C}$ . Сравните значение его излучательной способности с черным телом при комнатной температуре, когда к нему приложена такая же мощность. ( $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт м}^{-2} \text{ К}^{-4}$ )
2. Рассчитайте коэффициент излучения латунной пластины радиусом 0,03м и толщиной 0,03м при температуре камеры  $50^0 \text{ C}$ . Блок питания 33Вт подается как на черную пластину, так и на тестовую пластину.
3. Что происходит с величиной излучательной способности при увеличении начальной мощности с 33Вт до 48Вт, подаваемой на железную пластину? Диаметр и толщина железной пластины составляют 0,1 м и 0,05м, а температура в камере составляет  $20^0 \text{ C}$ .
4. Медная пластина радиусом 0,04м и толщиной 0,06м нагревается мощностью 65Вт. Температура камеры составляет  $40^0 \text{ C}$ . Рассчитайте коэффициент излучения пластины.



5. Как диаметр металлической пластины зависит от коэффициента излучения? При увеличении диаметра стального листа с 0,05м до 0,1м обеспечивается мощность 84Вт. Толщина пластины 0,08м, температура в камере 80<sup>0</sup>С.

### Тест

1. Тепловую энергию Солнца получает Земля, используя свою.....
  - а) проводимость
  - б) конвекцию
  - в) излучение
  - г) ни один из этих
2. Какова излучательная способность идеального черного тела?
  - а) 0
  - б) 1
  - в) 2
  - г) 3
3. Тело при высокой температуре ТК излучает тепло со скоростью, пропорциональной ....
  - а) T
  - б) T<sup>2</sup>
  - в) T<sup>3</sup>
  - г) T<sup>4</sup>
4. Черное тело, температура которого составляет 500<sup>0</sup>, излучает энергию, пропорциональную ....
  - а) 500
  - б) 500<sup>2</sup>
  - в) 500<sup>3</sup>
  - г) 500<sup>4</sup>
5. Какова излучательная способность белого тела?
  - а) 0
  - б) 1
  - в) 2
  - г) 3
6. Какой из процессов является быстрым процессом?
  - а) проводимость
  - б) конвекция
  - в) излучение

г) ни один из этих

7. Какова поглощающая способность абсолютно черного тела?

а) ноль

б) один

в) бесконечность

г) постоянная

8. Закон Кирхгоффа, связан с ...

а) проводимостью

б) конвекцией

в) излучением

г) ни один из этих

9. Передача тепла излучением материка зависит от ....

а) природы тела

б) его температуры

в) поверхности тела

г) все эти

10. Непрозрачное тело ....

а) поглощает все излучение

б) отражает все излучение

в) передает все излучение

г) некоторые из них восстанавливаются, а некоторые поглощаются

11. Лед очень закрыт для

а) черного тела

б) белое тело

в) серое тело

г) красное тело

12. Радиация имеет место

а) через вакуум

б) через молекулярный импульс

в) с помощью любого средства

г) ни один из этих

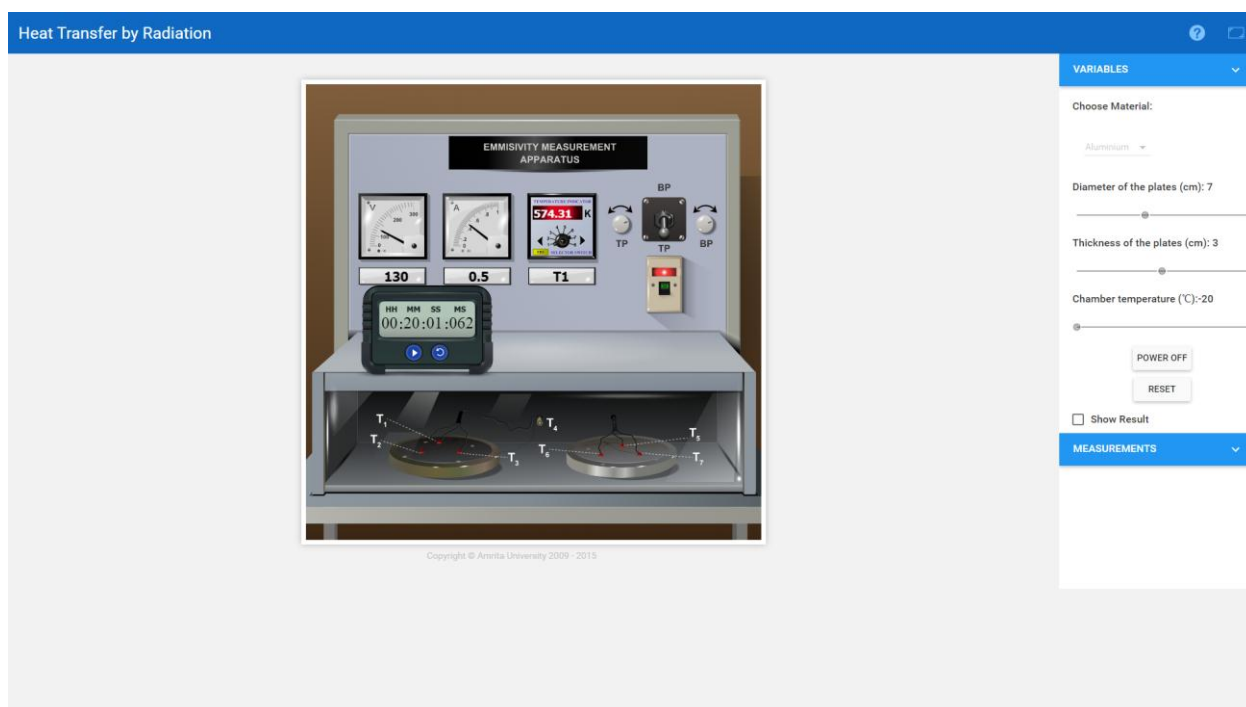
### **Контрольные вопросы**

1. Как вы предотвращаете передачу тепла от излучения?

2. Каковы факторы, управляющие излучением тепла?

3. Как излучение используется в теплопередаче?

4. Какие 2 вещи обеспечивают радиационную теплопередачу?
5. Как контролируется теплопередача?
6. Как вы можете предотвратить передачу тепла?
7. Каков пример радиационной теплопередачи?
8. Как излучение нагревает атмосферу?
9. Как излучение влияет на различные поверхности Земли?
10. Как излучение используется в нашей повседневной жизни?
11. Какое оборудование вызывает излучение теплопередачи?
12. Какие поверхности являются лучшими поглотителями излучения?
13. В чем разница между излучением и тепловым излучением?
14. Как работает тепловое излучение?
15. Как протекают три основных процесса теплопередачи?



## Термопара-эффект Зеебека

**Цель:** Проверить связь между термо ЭДС термопары и разницей температур между двумя горячими спаями.

### Теория

Преобразование разности температур в электрический ток и наоборот называется термоэлектрическим эффектом. В 1981 году Томас Иоганн Зеебек обнаружил, что схема с двумя разнородными металлами с разными температурными переходами будет отклонять

магнит компаса. Он понял, что существует индуцированный электрический ток, который по закону Ампера отклоняет магнит. Также электрический потенциал или напряжение из-за разницы температур могут управлять электрическим током в замкнутой цепи.

Для измерения этого напряжения необходимо использовать второй материал проводника, который генерирует другое напряжение при том же температурном градиенте. В противном случае, если для измерения используется тот же материал, напряжение, генерируемое измерительным проводником, просто нейтрализует напряжение первого проводника. Затем можно измерить разность напряжений, создаваемую двумя материалами, и связать с соответствующим градиентом температуры. Таким образом, ясно, что, исходя из принципа Зеебека; термопары могут измерять только разницу температур, и для получения абсолютных показаний требуется известная эталонная температура.

Его принцип гласит, что

$$V = a(T_h - T_c)$$

$V$  - разность напряжений между двумя разнородными металлами

$a$  - коэффициент Зеебека

$T_h - T_c$  - разность температур между горячим и холодным спаем.

В цепи термопары задействованы три основных эффекта: эффекты **Зеебека**, **Пельтье** и **Томсона**.

Эффект Зеебека описывает напряжение или электродвижущую силу (ЭДС), вызванную разностью температур (градиентом) вдоль провода. Изменение ЭДС материала относительно изменения температуры называется **коэффициентом Зеебека** или термоэлектрической чувствительностью. Этот коэффициент обычно нелинейно зависит от температуры.

**Эффект Пельтье** описывает разницу температур, создаваемую ЭДС, и является обратным эффектом Зеебека. Наконец, **эффект Томсона** связывает обратимый тепловой градиент и ЭДС в однородном проводнике. Термопары генерируют напряжение холостого хода, называемое напряжением Зеебека, которое пропорционально разнице температур между горячим и опорным спаями:

$$E = \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2$$

Поскольку напряжение термопары зависит от разницы температур между спаями, необходимо знать как напряжение, так и температуру эталонного спая, чтобы определить температуру горячего спая. Следовательно, система измерения термопар должна либо измерять температуру холодного спая, либо контролировать ее, чтобы поддерживать ее на фиксированной известной температуре.

## Выполнение моделирования

Пользователь должен выбрать тип термопары из выпадающего списка «Выбрать тип термопары».

1. Установите ползунок температуры на определенную температуру.
2. Генерируемую ЭДС можно увидеть через вольтметр.
3. График зависимости температуры от ЭДС может быть проанализирован.

### Переменная область:

**Выберите термопару:** Пользователь может выбрать различные виды термопары с этим списком.

1. **Ползунок горячей температуры:** этот ползунок используется для изменения температуры горячего спая.
2. **Ползунок эталонной температуры  $t$ :** этот ползунок используется для изменения эталонной температуры.

## Задания

1. Рассчитайте значение горячей ЭДС при использовании платино-родиевой термопары. Установите горячую температуру на  $231^{\circ}\text{C}$  и эталонную температуру на  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. Нарисуйте график, соединяющий термоэдс и разницу температур между двумя спаями при использовании платино-родиевой термопары. Установите горячую температуру на  $884^{\circ}\text{C}$  и эталонную температуру на  $40^{\circ}\text{C}$ .
3. Построив график, найдите связь между термо ЭДС и температурой горячего спая а) термопары из железа и константана, б) термопары из меди и константана, когда горячая температура на стыке составляет  $300^{\circ}\text{C}$ , а эталонная температура –  $80^{\circ}\text{C}$ .
4. Рассчитайте значение горячей ЭДС при использовании термопары Chromel-Alumel. Установите горячую температуру на  $100^{\circ}\text{C}$  и эталонную температуру на  $250^{\circ}\text{C}$ .
5. Нарисуйте график, связывающий термо ЭДС и разницу температур между двумя спаями при использовании термопары хромель-константан. Установите горячую температуру на  $500^{\circ}\text{C}$  и эталонную температуру на  $100^{\circ}\text{C}$ .

## Тест

1. Соединение/стык двух разнородных металлов называется \_\_\_\_\_.  
а) точка отсчета  
б) паяное соединение  
в) термопара  
г) все правильно

2. Первый переход термопары называется \_\_\_\_\_.
- а) горячий
  - б) зондирование
  - в) холодный
  - г) а и б являются правильными
3. \_\_\_\_\_ произведено в термопаре из-за разницы температур перехода.
- а) ЭДС
  - б) текущий
  - в) сопротивление
  - г) а и б являются правильными
4. Какие характеристики нашли в материалах термопары.
- а) контролировать воздействие на окружающую среду
  - б) контролировать колебания температуры
  - в) более чувствительный для измерения точного значения
  - г) все правильно
5. Диапазон температур материалов термопары составляет \_\_\_\_\_.
- а)  $0^{\circ}\text{C} \rightarrow 190^{\circ}\text{C}$
  - б)  $0^{\circ}\text{C} \rightarrow 270^{\circ}\text{C}$
  - в)  $270^{\circ}\text{C} \rightarrow 2700^{\circ}\text{C}$
  - г)  $270^{\circ}\text{C} \rightarrow 370^{\circ}\text{C}$
6. \_\_\_\_\_ сплавы используются при температуре более  $1400^{\circ}\text{C}$ .
- а) платина
  - б) железо
  - в) платиновый Иридий
  - д) а&с являются правильными
7. Последовательные и параллельные группы термопар называются \_\_\_\_\_.
- а) константан
  - б) термодинамика
  - в) термопилы
  - г) ни один из них не является правильным
8. Как защитить металлы термопары от процесса окисления?
- а) заключенный внутри труб
  - б) соедините промежуточный металл
  - в) поддерживать комнатную температуру
  - г) все правильно

9. Термопары используются в реле для \_\_\_\_\_ энергосистемы.

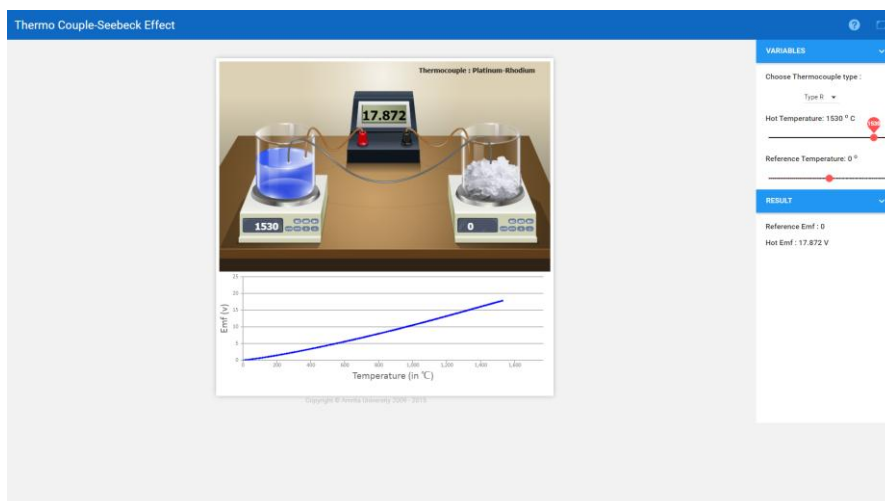
- а) защита
- б) техническое обслуживание
- в) ремонт
- г) все правильно

10. \_\_\_\_\_ термопары размера используются для измерения внутренней температуры человеческого тела в медицинской работе.

- а) небольшой
- б) большой
- в) средний
- г) нормальный

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое термопара?
2. Что такое простуда (ссылка) Соединение для термопар?
3. Какие характеристики были обнаружены в материалах термопары?
4. Показывают ли вам термопары температуру?
5. Почему в термопаре генерируется напряжение?
6. Что такое горячий и холодный переход в термопаре?
7. Почему в термопарах используются два разных металла?
8. Является ли термопара переменным или постоянным током?
9. Является ли термопара аналоговой или цифровой?
10. Как выбираются два металла в термопаре?
11. Какое напряжение вырабатывает термопара?
12. Является ли термопара резистором?
13. Что такое эффект Зеебека в термопаре?



## Генератор Ван Де Граафа

**Теория:** Американский физик доктор Роберт Джемисон Ван де Грааф изобрел генератор Ван де Граафа в 1931 году. Устройство способно генерировать чрезвычайно высокие напряжения - до 20 миллионов вольт. Ван де Грааф изобрел генератор для обеспечения высокой энергии, необходимой для ускорителей ранних частиц. Эти ускорители известны как сокрушители атомов, потому что они ускоряют субатомные частицы до очень высоких скоростей, а затем «разбивают» их о целевые атомы. В результате столкновения создаются другие субатомные частицы и излучения высокой энергии, такие как рентгеновские лучи. Способность создавать столкновения высоких энергий является основой физики элементарных частиц и ядерной физики.





### Работа генератора основана на двух принципах:

Разрядное действие острых наконечников, т. е. электрический разряд, происходит легко в воздухе или газах на заостренных проводниках.

1. Если заряженный проводник приводится во внутренний контакт с полым проводником, весь его заряд переносится на поверхность полого проводника, независимо от того, насколько высок потенциал последнего.

### Теория

Если у нас есть большая проводящая сферическая оболочка радиуса «R», на которую мы помещаем заряд Q, он равномерно распространяется по всей сфере. Поле вне сферы - это просто точечный заряд Q в центре, в то время как поле внутри сферы исчезает. Таким образом, потенциал снаружи - это потенциал точечного заряда, а внутри он постоянный.

Потенциал внутри проводящей сферы =  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$

Теперь предположим, что мы вводим маленькую сферу радиуса «r», несущую заряд q, в большую и помещаем ее в центр. Потенциал, связанный с этим новым зарядом, имеет следующие значения.

Потенциал из-за небольшой сферы радиуса r, несущей заряд  $q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$

Потенциал на поверхности большого радиуса R shell of =  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$ .

Принимая во внимание оба заряда q и Q, для полного потенциала V и разности потенциалов мы имеем

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q}{R} + \frac{q}{R} \right)$$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{Q}{R} + \frac{q}{r} \right)$$

$$V(r) - V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$$

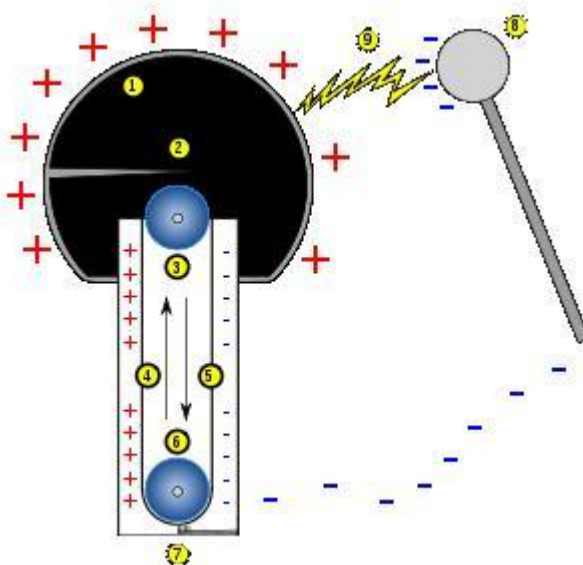
Теперь предположим, что q положительно. Мы видим, что независимо от количества заряда Q, который мог накопиться на большей сфере, он всегда находится под более высоким потенциалом: разность  $V(r) - V(R)$  положительна. Потенциал, обусловленный Q, постоянен до радиуса R и, таким образом, компенсируется разницей.

Это означает, что если мы соединим большую и меньшую сферу проволокой, заряд q на первой сразу же перетечет на материю, даже если заряд Q может быть довольно

большим. Естественная тенденция к перемещению положительного заряда в более низкий потенциал. Таким образом, при условии, что мы каким-то образом можем ввести маленькую заряженную сферу в большую, мы можем таким образом накапливать все большее и большее количество заряда на последней. Потенциал внешней сферы также будет расти, по крайней мере, пока не достигнет поля пробоя воздуха.

### Построение:

Он состоит из большого металлического шара, установленного на высоких изоляционных опорах. Бесконечный ремень *b*, сделанный из изоляционного материала, такого как резина, проходит через вертикальные шкивы P1 и P2. Шкив P2 находится в центре металлической сферы, а шкив P1 вертикально ниже P2. Лента приводится в движение электродвигателем M. B1 и B2 - это две металлические щетки, называемые сборными гребнями.



Положительный вывод источника высокого напряжения (НТ) подключен к гребенке В1. Из-за процесса, называемого действием точек, на заостренных концах гребня накапливаются заряды, поле увеличивается и ионизирует воздух возле них. Положительные заряды в воздухе отталкиваются и оседают на ленте из-за коронного разряда. Заряды переносятся ремнем вверх по мере его движения. Когда положительно заряженная часть ремня оказывается перед щеткой В2, в результате того же процесса действия точек и коронного разряда возникает, и металлическая сфера приобретает положительный заряд. Положительные заряды равномерно распределены по поверхности сферы. Благодаря действию точек отрицательных зарядов, переносимых газом перед гребенкой В2, положительный заряд ремня нейтрализуется. Незаряженная часть ремня возвращается вниз и собирает положительный заряд с В1, который, в свою очередь, собирает В2. Процесс переноса заряда повторяется. По мере того, как сфере сообщается все больше и больше положительных зарядов, ее положительный потенциал продолжает расти, пока не будет достигнут поверхностный максимум. Если потенциал превышает это значение, изоляционные свойства воздуха нарушаются, и сфера разряжается. Распад воздуха происходит в закрытой стальной камере, заполненной азотом под высоким давлением.

## Выполнение моделирования:

### Помощь:

#### Выключатель

**Turn On / Off:** Используется для включения / выключения генератора Ван де Граафа.

**Dissect / Cover:** эта кнопка используется для просмотра внутренней части генератора Ван де Граафа.

#### Слайдер

**Изменить** длину: используется для изменения длины двух сфер.

Включите генератор Van De Graaff с помощью переключателя **Turn On**. Измените длину и соблюдайте время разряда на определенном расстоянии.

## Задания

1. Нарисуйте аккуратную помеченную схему генератора Ван де Граафа.
2. Обсудите принцип, устройство и работу генератора Ван де Граафа.
3. Обсудите использование генератора Ван де Граафа.
4. Изоляторы высоковольтной опоры, используемые для подвешивания электрических кабелей, представляют собой либо стеклянные, либо фарфоровые диски, либо композитные изоляторы с использованием силиконового каучука или каучука EPDM, почему они выбраны в виде дисков?
5. Обсудите, что произойдет, если мужчина коснется генератора Ван де Граафа. Рассмотрим все возможные ситуации, например, заряд сферы слишком высокий или низкий, и человек стоит на изолированной платформе или проводящей платформе, касаясь сферы и т. д.

## Тест

- 1) Предположим, что генератор Ван де Граафа создает отрицательный статический заряд, и заземленный проводник расположен достаточно близко к нему, так что  $7,0 \text{ мкКл}$  отрицательного заряда дуги к проводнику. Вычислите количество переданных электронов.
  - а)  $4,38 \times 10^{13}$
  - б)  $7,0$
  - в)  $1,12 \times 10^{-18}$
  - г)  $43,8$
- 2) Металлическая сфера электрически изолирована и заряжена. Если  $50$  электронов добавляются в сферу для придания заряда, сколько Кулонов добавляется в сферу?
  - а)  $-8,0 \times 10^{18} \text{ Кл}$

б)  $-8,0 \times 10^{20}$  Кл

в) -80 Кл

г) -50 Кл

3) Астероид приобрел чистый отрицательный заряд 126 Кл в результате многолетней бомбардировки солнечным ветром и в настоящее время находится в равновесии, при котором он выбрасывает электроны с той же скоростью, с какой он их приобретает. Сколько у него электронов больше, чем протонов?

а)  $7,88 \times 10^{20}$

б) 788

в) 756

г)  $1,26 \times 10^{17}$

4) Астероид массой 58 000 кг, несущий отрицательный заряд 15,0 мк еВ, находится в 180 м от второго астероида массой 52 000 кг, несущего отрицательный заряд 11,0 мк еВ. Какова суммарная сила, которую астероиды оказывают друг на друга? ( $G = 6,673 \times 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup> и  $k = 9,0 \times 10^9$  Н\*м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.)

а) 0,000040 Н

б) 0,0062 Н

в) 570 000 Н

г) 510 000 Н

5) Два электрона проходят на расстоянии 20,0 мм друг от друга. Какова электрическая сила отталкивания, которую они оказывают друг на друга? (Значение  $k$  равно  $9,0 \times 10^9$  Н\*м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.)

а)  $5,8 \times 10^{-25}$  Н

б)  $2,3 \times 10^{10}$  Н

в) 2,3 Н

г)  $5,8 \times 10^{-27}$  Н

6) Протон расположен при  $x = 1,0$  нм,  $y = 0,0$  нм, а электрон расположен при  $x = 0,0$  нм,  $y = 4,0$  нм. Найдите притягательную кулоновскую силу между ними. (Значение  $k$  равно  $9,0 \times 10^9$  Н\*м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.)

а)  $1,4 \times 10^{-11}$  Н

б)  $5,3 \times 10^{-18}$  Н

в)  $5,3 \times 10^8$  Н

г)  $5,9 \times 10^{-15}$  Н

7) Два одинаковых заряда одинаковой величины находятся на расстоянии 1,0 мм друг от друга. Если сила отталкивания, которую они оказывают друг на друга, равна 5,0 Н, какова

величина каждого заряда? (Константа пропорциональности для кулоновской силы составляет  $9,0 \times 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$ .)

а)  $2,4 \times 10^{-2}$  Кл

б)  $2,4 \times 10^{-8}$  Кл

в)  $4,5 \times 10^4$  Кл

г)  $2,4 \times 10^{-5}$  Кл

8) Три заряда магнитудой  $3,0 \times 10^{-4}$  Кл каждый расположены при  $x = 1,0$  м,  $y = 0,0$  м, при  $x = 0,0$  м,  $y = 0,0$  м и при  $x = -1,0$  м,  $y = 0,0$  м. Тот, что посередине, отрицательный, в то время как два других - положительные. Какова суммарная кулоновская сила, оказываемая ими на отрицательный заряд  $3,0 \times 10^{-5}$  Кл, расположенный при  $x = 0,0$  м,  $y = 2,0$  м? (Значение  $k$  равно  $9,0 \times 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$ .)

а) 87 Н притягивающий

б) 87 Н отталкивающий

в) 120 Н притягивающий

г) 120 Н отталкивающий

9) Небольшая стеклянная бусина была заряжена до 1,9 нКл. Какова сила электрического поля в 2,0 см от центра шарика?

а)  $4,3 \times 10^4$  Н/Кл

б)  $8,5 \times 10^2$  Н/Кл

в)  $8,1 \times 10^{-5}$  Н/Кл

г)  $8,5 \times 10^{-7}$  Н/Кл

10) Электрическое поле в 2,8 см от небольшого объекта указывает на объект с напряженностью 180 000 Н/Кл. Каков заряд объекта?

а) -16 нКл

б) +16 нКл

с) -17 нКл

г) +17 нКл

11) В чем польза генератора Ван де Граафа?

а) Генератор Ван де Граафа используется для создания большого количества тока

б) Генератор Ван де Граафа используется для создания небольшого напряжения

в) Генератор Ван де Граафа используется для создания большого количества статического электричества

г) Генератор Ван де Граафа используется для создания небольшого сопротивления

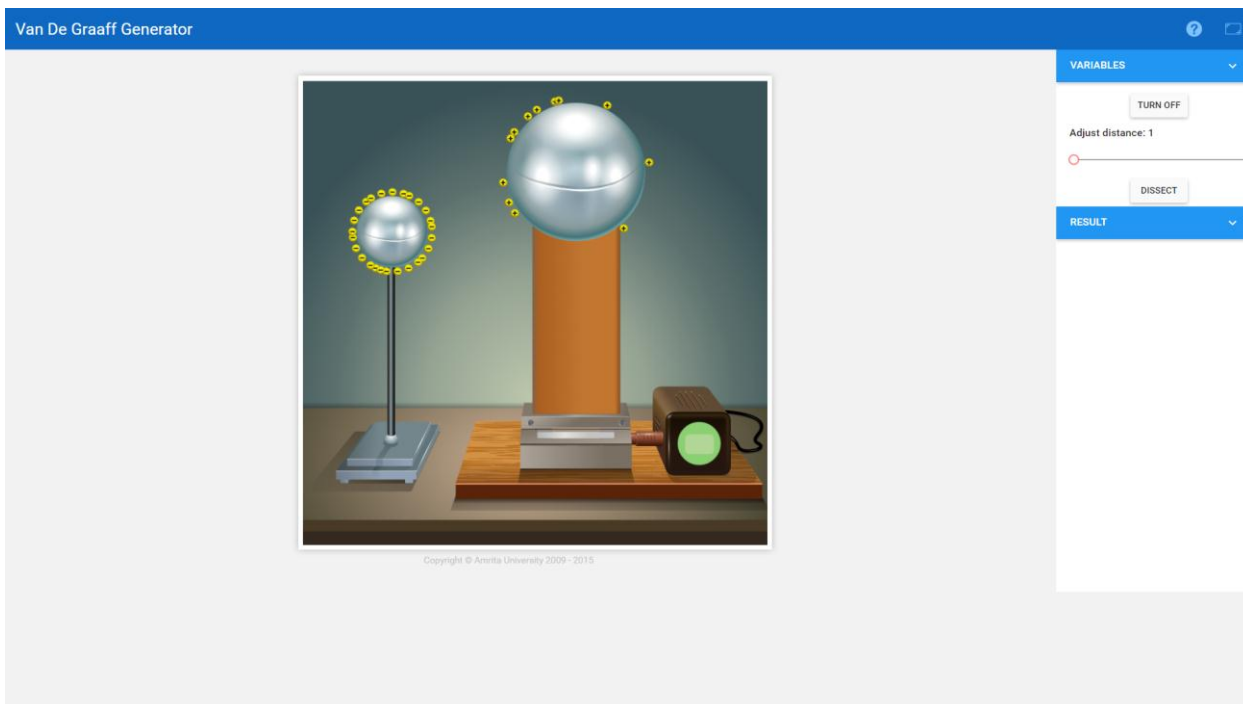
12) Найдите истинное утверждение.

а) Генератор Ван де Граафа производит большое напряжение и меньший ток

- б) Генераторы Ван де Граафа производят большое сопротивление и меньшее напряжение
  - в) Генераторы Ван де Граафа вырабатывают большой ток и большое сопротивление
  - г) Генераторы Ван де Граафа вырабатывают большой ток и меньшее напряжение
13. Каков порядок разности потенциалов, создаваемой генератором Ван де Граафа?
- а) Разность потенциалов порядка сотен
  - б) Разность потенциалов порядка нескольких миллионов вольт
  - в) Разность потенциалов порядка тысяч
  - г) Разность потенциалов порядка десятков
- 14) Когда и кем был изобретен генератор Ван де Граафа?
- а) 1944 год, Робин Ван де Грааф
  - б) 1932, Роберт Ван де Грааф в
  - в) 1933, Робин Ван де Грааф
  - г) 1933, Роберт Ван де Грааф

#### **Контрольные вопросы**

1. Каковы ограничения генератора Ван де Граафа?
2. Как вы используете генератор Ван де Граафа?
3. Что такое генератор Ван де Граафа и его принцип работы?
4. Можете ли вы прикоснуться к генератору Ван дер Граафа?
5. Каковы основные части Van de Graaff и какова польза от каждой части?
6. В чем преимущества генератора Ван де Граафа?
7. Как работает Ван дер Грааф?
8. Что делает палочка, соединенная с землей, когда она соприкасается с куполом генератора Ван де Граафа?
9. Безопасен ли генератор Ван дер Граафа?
10. Почему у вас волосы встают дыбом, когда вы прикасаетесь к генератору Ван де Граафа?
11. Почему генераторы Ван де Граафа шокируют вас?
12. Каков порядок разности потенциалов, создаваемой генератором Ван де Граафа?
13. Кто изобрел Ван де Граафа?
14. Как отрицательно заряженный объект, такой как глобус генератора Ван дер Граафа, может привести к тому, что объект станет положительно заряженным?



## Магнитометр отклонения

**Цель:** Определение магнитного дипольного момента ( $m$ ) стержневого магнита и горизонтальной напряженности ( $B_H$ ) магнитного поля Земли с помощью отклоняющего магнитометра.

**Аппарат:** Магнитометр отклонения, вибрационный магнитометр коробчатого типа, таймер, стержневой магнит. Магнитометр отклонения состоит из большого компаса с небольшой магнитной стрелкой, повернутой в центре круговой шкалы, так что стрелка может свободно вращаться в горизонтальной плоскости. Перпендикулярно магнитной стрелке жестко закреплена большая алюминиевая указка. Круговая шкала градуирована в градусах. Показания (0-0) и (90-90) нанесены на концах двух перпендикулярных диаметров. Коробка с компасом находится в центре деревянной доски длиной один метр. На деревянной доске нанесена миллиметровая шкала по оси. Ноль этой шкалы находится в центре коробки компаса.

Вибрационный магнитометр коробчатого типа представляет собой коробку прямоугольной формы со стеклянными стенками. Сверху установлена вертикальная труба, а наверху подвешено волокно без скручивания, несущее легкую алюминиевую скобу в коробке внизу. Стержневой магнит может быть помещен в эту скобу горизонтально. Внизу коробки находятся два регулировочных винта.

## Теория

Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли,  $B_H$ , представляет собой составляющую магнитного поля Земли вдоль горизонтальной плоскости, вектор нормали которой проходит через центр Земли.  $B_H$  измеряется в Тесла, Тл.

Магнитный дипольный момент  $m$  магнитного диполя - это свойство диполя, которое стремится направить диполь параллельно внешнему магнитному полю.  $m$  измеряется в Ампер-квадратных метрах ( $A \cdot m^2$ ) или, что эквивалентно, в Джоулях на Тесла (Дж / Тл).

**Касательный закон.** Рассмотрим стержневого магнита с магнитным моментом  $m$ , подвешенный в горизонтальном направлении в области, где существуют два перпендикулярных горизонтальных магнитных полей, а внешнее поле  $B$  и горизонтальную составляющую поля Земли  $B_H$ . Если внешнее магнитное поле  $B$  не присутствует, то магнитный стержень будет совпадать с  $B_H$ . Из-за поля  $B$ , магнит испытывает крутящий момент  $T_D$ , называемый отклоняющим крутящим моментом, который стремится отклонить его от его исходной ориентации параллельно  $B_H$ . Если  $\theta$  - угол между стержневым магнитом и  $B_H$ , величина отклоняющего момента будет,

$$\tau_D = mB \cos \theta$$

Магнитный стержень испытывает крутящий момент,  $m_R$ , обусловленное поле  $B_H$ , которая стремится восстановить его исходную ориентацию параллельно  $B_H$ . Этот крутящий момент известен как восстанавливающий крутящий момент, и он имеет величину.

$$\tau_R = mB_H \sin \theta$$

Подвешенный магнит находится в равновесии, когда,

$$\tau_R = \tau_D$$

$$mB_H \sin \theta = mB \cos \theta$$

$$B = B_H \tan \theta \quad (1)$$

Вышеупомянутое соотношение, называемое законом касания, дает равновесную ориентацию магнита, подвешенного в области с двумя взаимно перпендикулярными полями.

### Вибрационный магнитометр

Уравнение движения стержневого магнита, подвешенного горизонтально в магнитном поле Земли, имеет вид

$$I\ddot{\theta} + mB_H \sin \theta = 0$$

Таким образом, его период колебаний при малых  $\theta$  приблизительно равен.



$$T = 2\pi\sqrt{I/mB_H} \quad (2)$$

где  $I$  = момент инерции магнита относительно оси колебаний

$m$  = магнитный момент магнита

$B_H$  = горизонтальная напряженность магнитного поля Земли.

Для прямоугольного стержневого магнита

$$I = M \frac{L^2 + b^2}{12} \quad (3)$$

где,  $M$  = масса магнита

$L$  = длина магнита (самый длинный горизонтальный размер)

$b$  = ширина магнита (самый короткий горизонтальный размер)

Уравнение возведения в квадрат (2)

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{mB_H} \quad (4)$$

что дает нам,

$$mB_H = 2\pi^2 \frac{I}{T^2} \quad (5)$$

Таким образом, измеряя период  $T$  вибрации (колебаний) и вычисляя момент инерции  $I$  стержневого магнита, с помощью вибрационного магнитометра определяют  $mB_H$ . Назовем это значение  $x$ .

## Принцип работы

### Позиция Тан-А

В положении Тан А (рис. 1) перед размещением магнита блок компаса поворачивается так, чтобы линия (0-0) была параллельна плечу магнитометра. Затем поворачивают магнитометр в целом, пока стрелка не покажет (0-0). Наконец, стержневой магнит (тот же, который ранее был подвешен в вибромагнетометре) помещается горизонтально, параллельно рычагу отклоняющего магнитометра, на расстоянии  $d$ , выбранном таким образом, чтобы отклонение алюминиевого указателя составляло от  $30^0$  до  $60^0$ .

Магнит - диполь. Предположим, что, аналогично электрическому диполю, есть два магнитных полюса  $P$  (хотя на самом деле ни один магнитный полюс не может существовать), один положительный и один отрицательный, разделенные расстоянием  $L=2l$ , причем положительный полюс обозначен буквой  $N$ , а отрицательный полюс маркированы  $S$ . По аналогии с законом Кулона для каждого полюса было бы поле.

$$B = \frac{\mu_0 P}{4\pi r^2}$$

и магнитный дипольный момент.

$$m = PL = 2Pl$$

$$B = \frac{\mu_0 P}{4\pi} \left[ \frac{1}{(d-l)^2} - \frac{1}{(d+l)^2} \right] = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2md}{(d^2 - l^2)^2}$$

где  $l=L/2$  - полудлина магнита

$m =$  магнитный момент магнита  
 $4\pi \times 10^{-7} \text{ ТМА}^{-1}$  - магнитная проницаемость свободного пространства, а  
 $\theta$  = отклонение алюминиевой стрелки.

Следовательно, по касательному закону в состоянии равновесия

$$B_H \tan \theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2md}{(d^2 - l^2)^2} \quad (6)$$

Решая для  $m / B_H$ , получаем:

$$\frac{m}{B_H} = 10^7 \frac{(d^2 - l^2)^2}{2d} \times \tan \theta \quad (7)$$

Назовем это значение  $y$ .

### Положение Тан-В

В этом положении (рис. 2) перед размещением магнита только корпус компаса поворачивается так, чтобы линия (90-90) была параллельна плечу магнитометра. Затем магнитометр в целом поворачивают так, чтобы стрелка показывала (0-0). Наконец, магнит помещают горизонтально, перпендикулярно плечу магнитометра, на расстояниях  $d$ , выбранных таким образом, чтобы отклонение алюминиевой стрелки составляло от  $30^\circ$  до  $60^\circ$ .

Из рис.5, в точке С,

$$B = B_N \sin \alpha + B_S \sin \alpha = \frac{2\mu_0 P}{4\pi} \left( \frac{1}{(d^2 + l^2)} \frac{l}{(d^2 + l^2)^{1/2}} \right)$$

Таким образом, поле, создаваемое стержневым магнитом в центре компаса, равно

$$B = B_N \tan \theta = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{m}{(d^2 + l^2)^{3/2}}$$

что приводит к,

$$\frac{m}{B_H} = \frac{4\pi}{\mu_0} (d^2 + l^2)^{3/2} \tan \theta \quad (8)$$

Уравнение (8) дает нам второе значение  $y$ , которое мы усредняем с первым из уравнения (7).

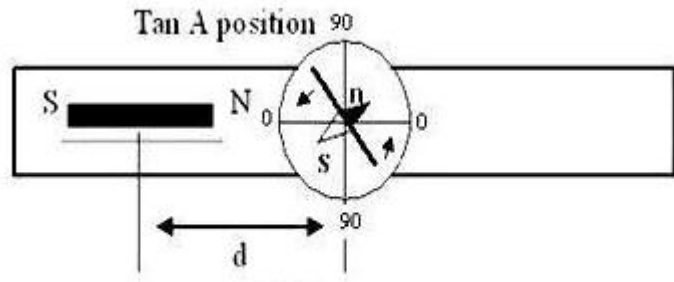


Рисунок 1.

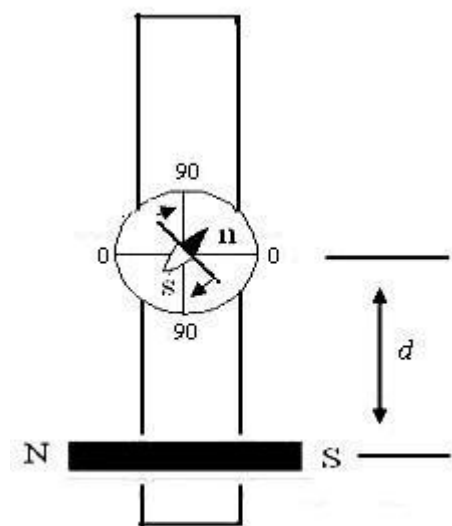


Рисунок 2.

Теперь, используя (5), (7) и (8) можно вычислить  $m$  и  $B_H$ .

$$mB_H = x \quad (9)$$

$$\frac{m}{B_H} = y \quad (10)$$

Следовательно, магнитный момент стержневого магнита равен

$$m = \sqrt{xy} \quad (11)$$

А горизонтальная составляющая магнитного поля Земли равна,

$$B_H = \sqrt{x/y} \quad (12)$$

### Желто-коричневая позиция С

В этом положении (рис. 4) стержневой магнит расположен *вертикально*, в отличие от положений Тап А и Тап В, где он расположен горизонтально. Нижний конец стержневого магнита расположен на расстоянии  $d$  от центра компаса, выбранном таким образом, чтобы отклонение алюминиевого указателя составляло от  $30^\circ$  до  $60^\circ$ . На рис. 7 горизонтальная составляющая поля от стержневого магнита в центре компаса равна

$$B_{hbar} = B_N - B_s \cos\beta = \frac{\mu_0 P}{4\pi} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{1}{(d^2 + L^2)} \frac{d}{(d^2 + L^2)^{1/2}} \right)$$

что сводится к

$$B = \frac{\mu_0 P}{4\pi} \left( \frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d^2 + L^2)^{3/2}} \right) \quad (13)$$

где,  $P$  - сила полюса в амперметрах ( $A \cdot m$ ), а  $L$  - длина

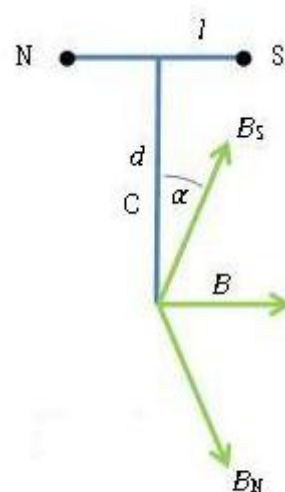


Рисунок 3.

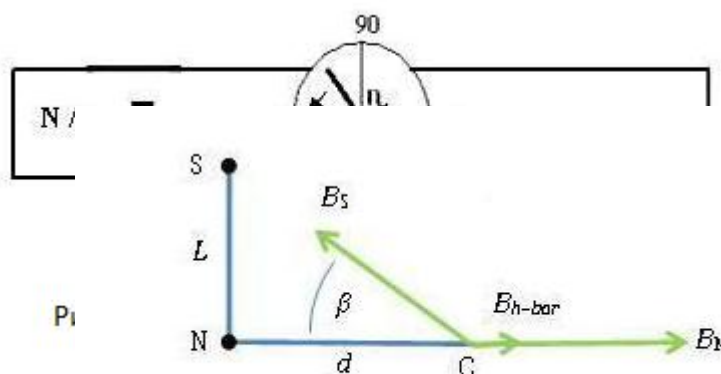


Рисунок 5.

стержневого магнита в метрах. В уравнении (1) горизонтальная составляющая поля от стержневого магнита  $B_H \text{ bar}$  соответствует внешнему полю  $B$ , поэтому мы имеем. Подставляя это в (13) и решая для силы полюса  $P$  стержневого магнита,

$$P = \frac{4\pi B_H \tan\theta}{\mu_0 \left( \frac{1}{d^2} - \frac{d}{(d^2 + L^2)^{3/2}} \right)} \quad (14)$$

### Задания

1. Вычислите момент инерции, когда магнит размером 3 см \* 1 см используется для расчета периода времени вибрационного магнитометра. Кроме того, рассчитайте значение  $mB_H$ ?
2. Используйте стержневой магнит размером 5 см на 2 см, чтобы рассчитать момент стержневого магнита и горизонтальную напряженность магнитного поля Земли. Рассчитайте значения  $mB_H$  с помощью вибрационного магнитометра и  $m / B_H$  с помощью магнитометра отклонения в положении  $\text{Tan } A$ .
3. Вычислите и сравните значение  $m / B_H$  для стержневого магнита 4 см X<sup>2</sup> см, используя магнитометр отклонения в положениях  $\text{Tan } A$ ,  $\text{Tan } B$  и  $\text{Tan } C$ , и, следовательно, рассчитайте горизонтальную напряженность магнитного поля.
4. Определите напряженность магнитного поля Земли при использовании магнита размером 6 см на 3 см.
5. Используйте стержневой магнит размером 7 см на 2 см, чтобы рассчитать момент стержневого магнита и горизонтальную напряженность магнитного поля Земли. Рассчитайте значения  $mB_H$  с помощью вибрационного магнитометра и  $m / B_H$  с помощью магнитометра отклонения в положении  $\text{Tan } B$ .

### Тест

- 1) Радиус катушки касательного гальванометра, который имеет 10 поворотов, составляет 0,1 м. Ток, необходимый для создания отклонения на  $60^\circ$  ( $B_H = 4 \times 10^{-5} \text{ T}$ ), составляет
  - а) 3 А
  - б) 1.1 А
  - в) 2.1 А
  - г) 1,5 А
- 2) Период колебаний магнита в вибрационном магнитометре составляет 2 секунды. Период колебаний магнита, магнитный момент которого в четыре раза больше, чем у первого магнита, составляет ...

- а) 1 сек
  - б) 4 сек.
  - в) 8 сек.
  - г) 0,5 сек.
- 3) В касательном гальванометре ток 0,1 А вызывает отклонение  $30^{\circ}$ . Ток, необходимый для создания отклонения  $60^{\circ}$ , составляет ...
- а) 0,2 А
  - б) 0,3 А
  - в) 0,4 А
  - г) 0,5 А
- 4) Стержневой магнит колеблется в магнитном поле земли с периодом времени Т. Если его масса увеличится в четыре раза, то его период времени составит ...
- а) 4 Т
  - б) 2 Т
  - в) Т
  - г) Т/2
- 5) Какое из следующих утверждений не является истинным
- а) При снятии показаний касательного гальванометра плоскость катушки должна быть установлена под прямым углом к магнитному меридиану Земли
  - б) В касательном гальванометре используется короткий магнит, так как длинный магнит был бы тяжелым и не мог бы легко перемещаться
  - в) Измерения с помощью касательного гальванометра будут более точными, когда отклонение составляет около  $45^{\circ}$
  - г) Касательный гальванометр нельзя использовать в полярной области
- 6) Чувствительность касательного гальванометра увеличивается, если а
- а) Число оборотов уменьшается
  - б) Количество ходов увеличивается
  - в) Увеличение поля
  - г) Ничего из вышеперечисленного
- 7) Магнитная игла, подвешенная на шелковой нити, вибрирует в магнитном поле земли. Если температура иглы повышается на  $500^{\circ}$  С, то
- а) Период времени уменьшается
  - б) Период времени остается неизменным
  - в) Период времени увеличивается
  - г) Игла перестает вибрировать

- 8) Перед использованием касательного гальванометра его катушка устанавливается в
- а) Магнитный меридиан (или вертикально с севера на юг)
  - б) Перпендикулярно магнитному меридиану
  - в) Под углом  $45^{\circ}$  к магнитному меридиану
  - г) Он не требует никаких настроек
- 9) Период колебаний магнита в вибрационном магнитометре составляет 1,5 секунды. Период времени колебания другого магнита, аналогичного по размеру, форме и массе, но имеющего магнитный момент на одну четвертую больше, чем у первого магнита, колеблющегося в том же месте, составит а
- а) 0,75 сек.
  - б) 1,5 сек.
  - в) 3 сек.
  - г) 6 сек.
- 10) Для измерения чего из нижеперечисленного используется тангенциальный гальванометр
- а) Взимать плату
  - б) Угол
  - в) Текущий
  - г) Магнитная интенсивность
- 11) Напряженность магнитного поля, в котором колеблется магнит вибрационного магнитометра, увеличивается в 4 раза по сравнению с его первоначальным значением. Частота колебаний тогда стала бы
- а) Вдвое больше его первоначальной стоимости
  - б) В четыре раза больше его первоначальной стоимости
  - в) Половина его первоначальной стоимости
  - г) Одна четвертая его первоначальной стоимости
- 12) Качание простого маятника заменяется магнитом. Колебания устанавливаются по длине магнита. Добавляется медная катушка, так что один полюс магнита входит в катушку и выходит из нее. Катушка закорочена. Тогда что из следующего произойдет
- а) Период уменьшается
  - б) Период не меняется
  - в) Колебания затухают
  - г) Увеличение амплитуды
- 13) Какое из следующих утверждений верно в отношении магнитных моментов атомов разных элементов?

- а) Все они обладают магнитным моментом
  - б) Ни у кого нет магнитного момента
  - в) Все они приобретают магнитный момент под действием внешнего магнитного поля и в том же направлении, что и поле
  - г) Ни одно из приведенных выше утверждений не является точным
- 14) Тангенциальный гальванометр используется для измерения
- а) Постоянные токи
  - б) Импульсы тока
  - в) Магнитные моменты стержневых магнитов
  - г) Магнитное поле Земли
- 15) Магнитная стрелка, подвешенная горизонтально на непряженом шелковом волокне, колеблется в горизонтальной плоскости из-за восстанавливающей силы, возникающей главным образом из
- а) Кручение шелкового волокна
  - б) Сила тяжести
  - в) Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли
  - г) Все вышеперечисленные факторы
- 16) В методе суммы и разности в вибрационном магнитометре период времени больше, если а
- а) Одинаковые полюса обоих магнитов находятся на одних и тех же сторонах
  - б) Противоположные полюса обоих магнитов находятся на одних и тех же сторонах
  - в) Оба магнита перпендикулярны друг другу
  - г) Ничего нельзя сказать
- 17) Сохраняя разные полюса двух магнитов одинаковой силы и длины с одной и той же стороны, их период времени будет
- а) Ноль
  - б) Одна секунда
  - в) Бесконечность
  - г) Любое значение
- 18) Период времени свободно подвешенного магнита не зависит от
- а) Длина магнита
  - б) Сила полюса магнита
  - в) Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли
  - г) Длина подвесной нити
- 19) Вибрационный магнитометр перед использованием следует установить

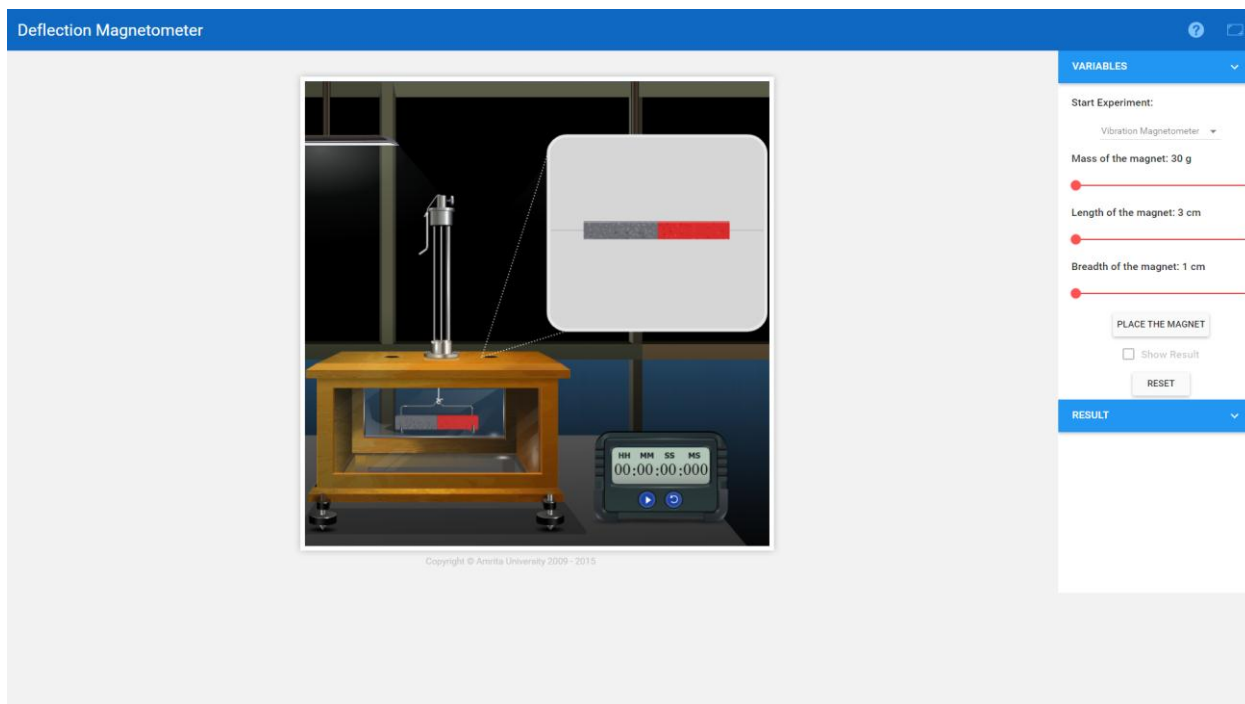
- а) В магнитном меридиане
- б) В географическом меридиане
- в) Перпендикулярно магнитному меридиану
- г) В любом положении

20) Два коротких магнита, имеющих магнитные моменты в соотношении 27:8, при размещении на противоположных сторонах отклоняющего магнитометра, не производят отклонения. Если расстояние более слабого магнита составляет 0,12 м от центра магнитометра отклонения, расстояние более сильного магнита от центра составляет а

- а) 0,06 м
- б) 0,08 м в
- в) 0,12 м
- г) 0,18 м

### Контрольные вопросы

1. Объясните отклонение магнитометра. Как вы будете сравнивать магнитные моменты двух магнитов с его помощью?
2. Угол, который вы измерили магнитометром отклонения, относится к компоненту магнитного поля земли или магнитному полю, создаваемому катушкой с током?
3. Провод массой 100г длиной 1м и током 5А уравнивается в воздухе магнитным полем В, затем найдите значение В?



### Ультразвуковой интерферометр

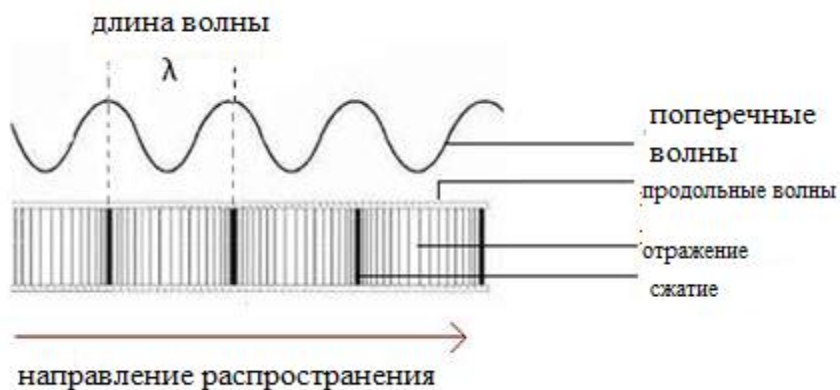


**Цель:** Рассчитать скорость ультразвука в различных жидких средах.  
Рассчитать адиабатическую сжимаемость данной жидкости.

**Аппарат:** Ультразвуковой интерферометр, образцы жидкостей, высокочастотный генератор и т. д.

### Теория

Ультразвуковой интерферометр - это простое устройство, которое дает точные и последовательные данные, с помощью которых можно определить скорость ультразвукового звука в жидкой среде.



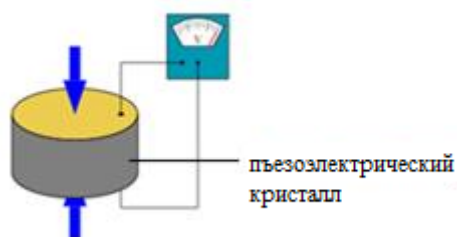
### Ультразвук:

Ультразвуковой звук относится к звуковому давлению с частотой, превышающей слышимый человеком диапазон (от 20 Гц до 20 кГц). Когда ультразвуковая волна распространяется через среду, молекулы в этой среде колеблются на очень коротком расстоянии в направлении, параллельном продольной волне. Во время этой вибрации между молекулами передается импульс. Это заставляет волну проходить через среду.

**Генерация ультразвука:** Ультразвук можно производить разными методами. К наиболее распространенным методам относятся:

- Механический метод: при этом производятся ультразвуковые частоты до 100 кГц. Но этот метод используется редко из-за ограниченного частотного диапазона.
- Пьезоэлектрический генератор: это наиболее распространенный метод, используемый для производства ультразвука. Когда механическое давление прикладывается к противоположным граням определенных кристаллов, которые соответствующим образом разрезаны, возникают электрические поля. Точно так же, когда эти кристаллы подвергаются воздействию электрического поля, они сжимаются или расширяются в зависимости от направления поля. Таким образом, правильно ориентированное быстрое переменное электрическое поле заставляет пьезоэлектрический кристалл механически

вибрировать. Эта вибрация, самая большая, когда кристалл находится в резонансе, используется для создания продольной волны, т. е. звуковой волны.



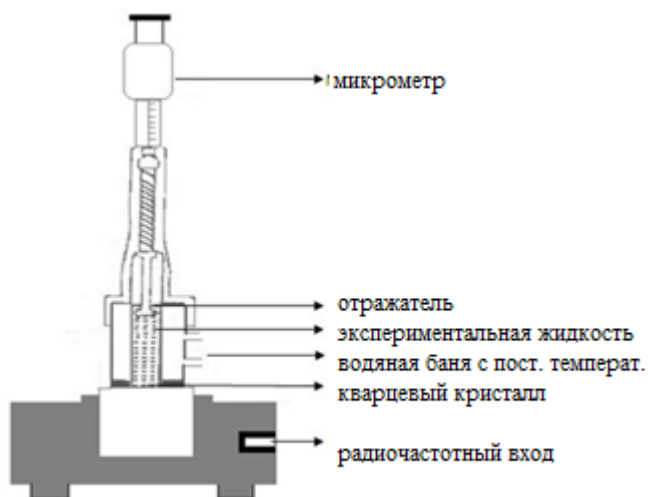
- Генератор магнитострикции: в этом методе метод магнитострикции используется для производства ультразвука. Этим методом можно получить частоты в диапазоне от 8000 Гц до 20 000 Гц.

### Ультразвуковой интерферометр:

Принципиальная схема ультразвукового интерферометра представлена на рисунке.

В ультразвуковом интерферометре ультразвуковые волны создаются пьезоэлектрическим методом. В интерферометре с фиксированной частотой и переменной траекторией измеряется длина волны звука в экспериментальной жидкой среде, и по ней можно рассчитать его скорость в этой среде. Аппарат состоит из ультразвуковой ячейки, которая представляет собой латунную ячейку с двойными стенками и хромированными поверхностями вместимостью 10мл. Двойная стенка позволяет воде циркулировать вокруг экспериментальной среды, чтобы поддерживать ее при известной постоянной температуре.

Шкала микрометра отмечена в единицах 0,01мм и имеет общую длину 25мм. Ультразвуковые волны известной частоты создаются кристаллом кварца, который закреплен на дне ячейки. Параллельно кварцевой пластине расположена подвижная металлическая пластина, которая отражает волны. Волны мешают их отражениям, и если расстояние между пластинами точно кратно полуволнам звука, в жидкой среде возникают стоячие волны. В этих условиях возникает акустический резонанс. Резонансные волны имеют максимальную амплитуду, вызывая соответствующий максимум анодного тока пьезоэлектрического генератора.



Если мы увеличим или уменьшим расстояние ровно на половину длины волны ( $\lambda / 2$ ) или целое число, кратное одной половине длины волны, анодный ток снова станет

максимальным. Если  $d$  - расстояние между последовательными соседними максимумами анодного тока, то

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

Мы имеем, скорость ( $v$ ) волны связана с ее длиной волны ( $\lambda$ ) соотношением,

$$v = \lambda f$$

где  $f$  - частота волны.

Потом,

$$v = \lambda f = 2df$$

Скорость ультразвука в основном определяется сжимаемостью материала среды. Для среды с высокой сжимаемостью скорость будет меньше. Адиабатическая сжимаемость жидкости - это мера относительного изменения объема жидкости в ответ на изменение давления. Сжимаемость является обратной величиной модуля объемного сжатия и обычно обозначается греческим словом бета ( $\beta$ ). Адиабатическая сжимаемость материала образца может быть рассчитана с помощью уравнения

$$\beta = \frac{1}{\rho v^2}$$

где  $\rho$  - плотность материала среды, а  $v$  - скорость звуковой волны через эту среду.

#### **Порядок выполнения реальной лаборатории:**

- Вставьте кристалл кварца в гнездо на основании и плотно зажмите его с помощью винта, имеющегося на одной стороне прибора.
- Отвинтите колпачок ячейки с накаткой и снимите ее. Заполните среднюю часть экспериментальной жидкостью и плотно закрутите крышку с накаткой.
- Затем подключите высокочастотный генератор к ячейке.
- На инструменте есть две ручки - «Adj» и «Gain». С помощью «Adj» регулируется положение стрелки на амперметре. Ручка «Gain» используется для увеличения чувствительности инструмента.
- Увеличивайте настройку микрометра до тех пор, пока анодный ток в амперметре не станет максимальным.
- Запишите показания микрометра.
- Продолжайте увеличивать настройку микрометра, отмечая показания на каждом максимуме. Подсчитайте любое количество максимумов и назовите его  $n$ . Вычтите значение первого максимума из значения последнего максимума. Это сделает измерение точным, и мы можем сказать, что  $d = D / (n-1)$ .

- Запишите это значение как,

$$D = \frac{(n - 1)\lambda}{2}$$

- Затем вычислите скорость волны в среде как,

$$v = \lambda f = \frac{2Df}{(n - 1)}$$

- Зная плотность среды, адиабатическую сжимаемость можно рассчитать с помощью уравнения

$$\beta = \frac{1}{\rho v^2}$$

### Порядок выполнения тренажера:

- В поле со списком «**Выбрать среду**» выберите желаемую экспериментальную жидкость.
- С помощью ползунка «**Частота волны**» установите частоту используемого ультразвукового звука. Более низкая частота дает более длинную волну, которую легче точно измерить.
- Включите генератор частоты с помощью кнопки **Power on**.
- Затем отрегулируйте ручки GAIN и ADJ так, чтобы значение ADJ было больше, чем значение GAIN.
- При этой настройке микрометра амперметр покажет максимум. Не записывайте показания микрометра на этом максимуме. Это может быть неточно, потому что первый максимум должен быть равен нулю, а микрометр не может быть установлен на ноль.
- В симуляторе предусмотрены стрелки вправо и влево для увеличения или уменьшения расстояния в микрометре. Увеличивайте настройку микрометра до тех пор, пока анодный ток в амперметре не покажет новый максимум. (Если после первых нескольких щелчков щелкнуть и удерживать стрелку, значение микрометра будет постоянно увеличиваться. При однократном щелчке оно увеличивается на небольшой шаг.) Запишите показание микрометра на новом максимуме.
- Остановитесь, когда вы записали показания микрометра для 10 или более максимумов.
- Рассчитывается расстояние между соседними максимумами. Из уравнений можно вычислить скорость звуковых волн в среде, а также вычислить адиабатическую сжимаемость жидкости.

- А Show **Поперечное сечение** предусмотрена кнопка, чтобы увидеть поперечное сечение интерферометра ячейки. При необходимости график можно отобразить с помощью кнопки **Показать график**.

- Кнопка **Показать результат** отображает результат после проведения эксперимента.

**Наблюдения:**

Наименьшее количество микрометра: ..... мм

Частота используемого ультразвука (f): ..... Гц

n = ....., D = ..... мм.

v = ..... мс<sup>-1</sup>.

**Результат:**

Скорость ультразвуковой волны в данной жидкой среде = ..... мс<sup>-1</sup>.

Адиабатическая сжимаемость данной жидкой среды = ..... м<sup>2</sup> Н<sup>-1</sup>.

№	Микрометр (мм)	Ток анода (μA)

**Задания**

1. Найдите скорость ультразвуковой волны 2МГц через воду с помощью ультразвукового интерферометра.
2. Звуковая волна с частотой 2МГц распространяется через среду ацетона. Вычислите скорость, с которой распространяется волна, а также найдите адиабатическую сжимаемость ацетона.
3. Используя ультразвуковой интерферометр устройства, рассчитайте адиабатическую сжимаемость воды, касторового масла и глицерина. Сравните результаты и прокомментируйте.
4. Рассчитайте скорость распространения волн давления 2МГц в керосиновой среде. Также рассчитайте адиабатическую сжимаемость керосина.
5. С помощью ультразвукового интерферометра рассчитайте плотность касторового масла. Учитывая, что адиабатическая сжимаемость среды составляет  $4,813 \times 10^{-10} \text{ м}^2 / \text{Н}$ .

**Тест**

1. Выберите правильный ответ из следующих ...
  - а) скорость звуковых волн постоянна в вакууме
  - б) скорость звуковых волн в плотной среде больше, чем в редкой среде
  - в) скорость звуковых волн в редкой среде больше, чем в плотной среде

- г) скорость звука в любой среде не зависит от температуры
2. Каков частотный диапазон звука, доступный для прослушивания человеком?
- а) от 20 кГц до 20 МГц
  - б) от 20 Гц до 20 МГц
  - в) от 20 Гц до 20 кГц
  - г) от 20 кГц до 20 ГГц
3. Что верно в отношении скорости звука в вакууме?
- а) скорость звука в вакууме является постоянной величиной
  - б) скорость звука в вакууме переменна
  - в) скорость звука равна скорости света в вакууме
  - г) звук не может распространяться в вакууме
4. Когда звук распространяется по воздуху, частицы воздуха \_\_\_\_\_.
- а) вибрируют вдоль направления распространения волны
  - б) вибрируют, но не в каком-либо фиксированном направлении
  - в) вибрируют перпендикулярно направлению распространения волны
  - г) не вибрируют
5. Звуковые волны не проходят через ...
- а) твердые вещества
  - б) жидкости
  - в) газы
  - г) вакуум
6. Звуковые волны являются
- а) поперечными
  - б) продольными
  - в) частично продольными и частично поперечными
  - г) иногда продольными, а иногда поперечными
7. Частота, которая не слышна человеческому уху, является
- а) 50 Гц
  - б) 500 Гц
  - в) 5000 Гц
  - г) 50000 Гц
8. Скорость звука в среде зависит от ...
- а) свойства среды
  - б) амплитуды
  - в) частоты

г) длины волны

9. Что из перечисленного останется неизменным, когда звуковая волна распространяется в воздухе или в воде?

а) амплитуда

б) длина волны

в) частота

г) скорость

10. Звуковые и световые волны ...

а) имеют одинаковую длину волны в вакууме

б) подчиняются законам отражения

в) распространяются в виде продольных волн

г) распространяются в вакууме

11. Какая из следующих величин передается при распространении волны?

а) скорость

б) масса

в) течение

г) Энергия

12. Соотношение между скоростью волны "v", частотой "f" и длиной волны "l" равно \_\_\_\_

а)  $v = f/\lambda$

б)  $v = \lambda/f$

в)  $v = f \lambda$

г)  $v = 1/\lambda f$

13. Источник звука посылает волны частотой 400 Гц. Он производит волны длиной волны 2,5 м. Скорость звуковых волн равна

а) 100 м/с

б) 1000 м/с

в) 10000 м/с

г) 3000 км/с

14. Какое из следующих свойств показывают звуковые волны

а) отражение

б) преломление

в) дифракция

г) все вышеперечисленное

15. Звуковые волны не проявляют какого из следующих свойств?

а) вмешательство

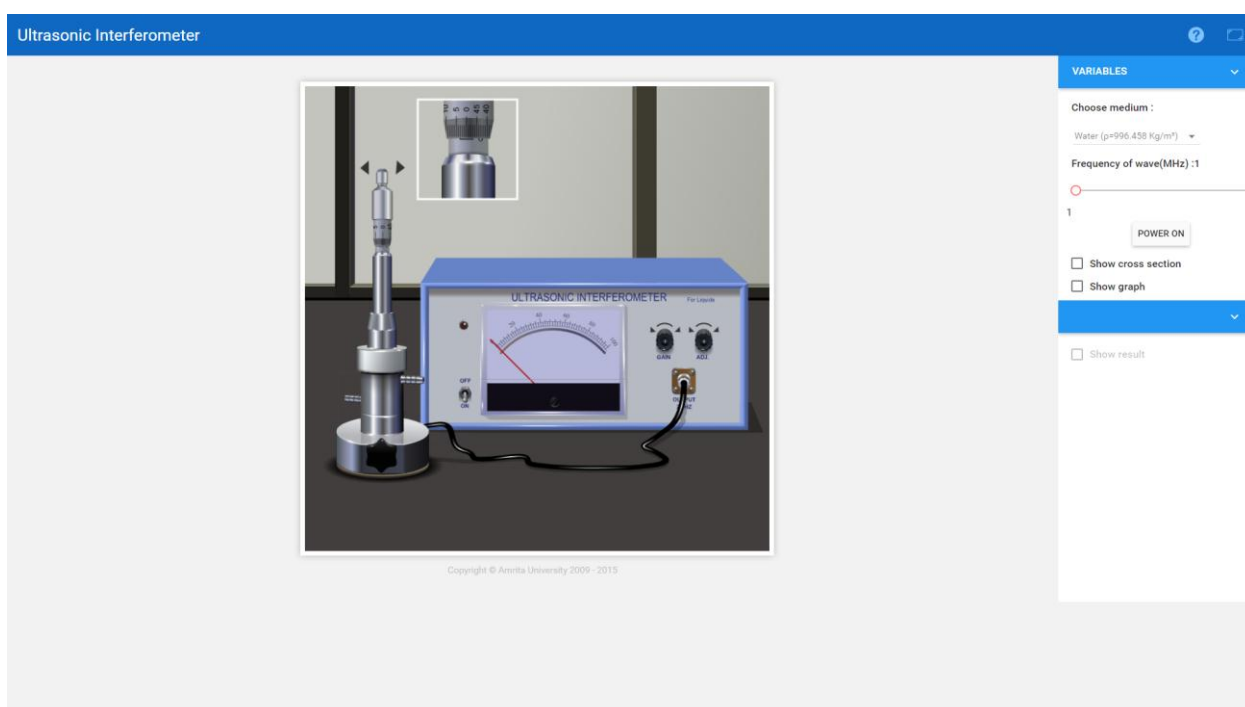
- б) дифракция
  - в) поляризация
  - г) преломление
16. Число колебаний частиц среды, через которые проходит звуковая волна за одну секунду, известно как
- а) скорость волны
  - б) частота
  - в) период
  - г) одна волна
17. Время, необходимое частице в среде, через которую проходит звуковая волна, для завершения одной вибрации, равно
- а) периоду времени
  - б) частоте
  - в) амплитуде
  - г) длине волны
18. Расстояние, пройденное звуковой волной за один период времени, составляет \_\_\_\_\_
- а) длина волны
  - б) амплитуда
  - в) скорость
  - г) интенсивность
19. Максимальное смещение частицы среды, через которую проходит звук, составляет
- а) длина волны
  - б) амплитуда
  - в) скорость
  - г) перемещение
20. Длина волны звука это ...
- а) расстояние, пройденное звуковой волной во время одной вибрации частицы
  - б) расстояние между двумя соседними сжатиями
  - в) расстояние между двумя соседними разрежениями
  - г) все вышеперечисленное

### **Контрольные вопросы**

1. Как вы делаете ультразвуковой интерферометр?
2. Каков основной принцип работы ультразвукового интерферометра?
3. Какая жидкость используется в ультразвуковом интерферометре?



4. Можем ли мы использовать эксперимент с ультразвуковым интерферометром для твердых тел?
5. Каково усиление ультразвукового интерферометра?
6. Каковы методы получения ультразвука?
7. Что производит ультразвуковой звук?
8. Какое наименьшее количество ультразвукового интерферометра?
9. Какая величина измеряется в эксперименте с ультразвуковым интерферометром?
10. Как ультразвук обнаруживает дефекты в металле?
11. Что вызывает акустическую решетку?



## Спектрофотометр

- Цели:**
1. Измерение оптической плотности образца на разных длинах волн.
  2. Узнать неизвестную концентрацию образца.
  3. Проверка закона Бера-Ламберта.

### Теория

Спектрофотометр - это фотометр, который может измерять интенсивность света в зависимости от его длины волны. Однолучевой и двухлучевой - два основных класса спектрофотометров. Линейный диапазон поглощения и измерение ширины спектральной полосы являются важными характеристиками спектрофотометров.

В однолучевых спектрофотометрах весь свет проходит через образец. Чтобы измерить интенсивность падающего света, образец должен быть удален, чтобы весь свет

мог пройти через него. Этот тип спектрометра обычно дешевле и менее сложен. Однолучевые приборы оптически проще и компактнее, цинк может иметь больший динамический диапазон.

В двухлучевом спектрофотометре, прежде чем он достигнет образца, источник света разделяется на два отдельных луча. Один луч проходит через образец, а второй используется в качестве эталона. Это дает преимущество, поскольку считывание эталона и считывание образца могут выполняться одновременно.

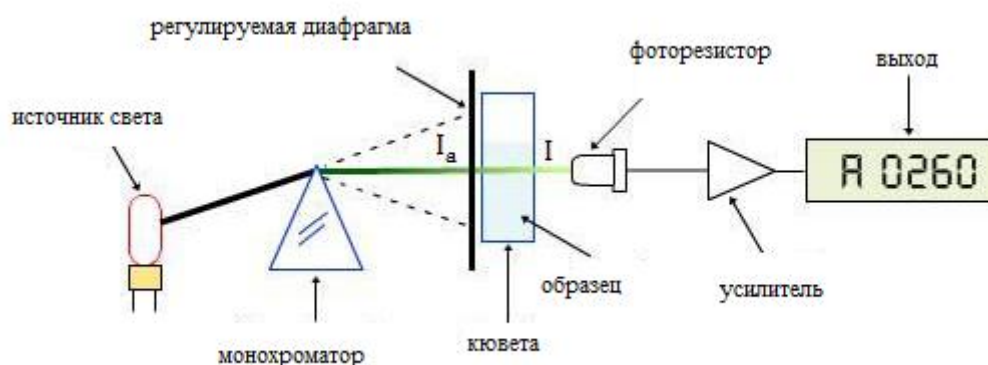
При измерениях пропускания спектрофотометр количественно сравнивает количество света, проходящего через эталонный и тестовый образец. Что касается коэффициента отражения, он сравнивает количество света, отражающегося от растворов исследуемого и эталонного образцов.

Многие спектрофотометры необходимо откалибровать до того, как они начнут анализировать образец, а процедура калибровки спектрофотометра известна как «обнуление». Калибровка выполняется с использованием эталонного вещества, а абсорбционная способность всех других веществ измеряется относительно эталонного вещества. % пропускания (количество света, прошедшего через вещество по отношению к исходному веществу) отображается на спектрофотометре.

Основная последовательность событий в спектрофотометрии следующая:

1. Источник света светит через монохроматор.
2. Выбирается выходная длина волны и направляется луч на образец.
3. Часть монохроматического света проходит через образец на фотодетектор.

#### Однолучевой спектрофотометр:



Спектрофотометрия имеет дело с видимым светом, ближним УФ и ближним ИК. Для более быстрого получения спектральной информации в ИК-спектрофотометрах, которые используют метод преобразования Фурье и называются инфракрасным преобразованием Фурье (FTIR).

#### Различные типы спектрофотометров:

**А. Оди́нарный луч:** в этом типе весь свет проходит через образец. Чтобы измерить интенсивность падающего света, образец должен быть удален, чтобы весь свет мог пройти через него. Этот тип спектрометра обычно дешевле и менее сложен.

**В. Двойной луч:** в этом типе, прежде чем он достигнет образца, источник света разделяется на два отдельных луча. Из них один проходит через образец, а второй используется для справки. Это дает преимущество, поскольку считывание эталона и считывание образца могут выполняться одновременно.

**В. Видимый свет (400-700 нм):** спектрофотометры видимого диапазона могут использовать лампы накаливания, галогены, светодиоды или комбинацию этих источников, и эти спектрофотометры различаются по точности. Пластиковые и стеклянные кюветы могут использоваться для спектроскопии видимого света.

**Д. Ультрафиолетовый свет:** УФ-спектроскопия используется для жидкостей и даже твердых тел. Для размещения образцов используются кюветы, только сделанные из кварца.

**Е. Инфракрасный свет:** ИК-спектроскопия помогает изучать различные структуры молекул и их колебания. Различные химические структуры колеблются по-разному из-за изменения энергии, связанной с каждой длиной волны. Например, средняя и ближняя (более высокая энергия) инфракрасная область имеет тенденцию вызывать вращательные колебания и гармонические колебания соответственно.

**Beer-Lamberts L +  $\alpha$ aw:**

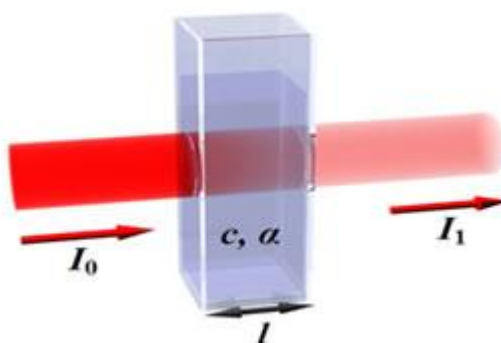


Диаграмма поглощения Бера-Ламберта пучка света при его прохождении через кювету шириной  $l$ .

Закон Бера-Ламберта - это линейная зависимость между поглощающей способностью и концентрацией поглощающего образца, т. е. существует логарифмическое соотношение между пропусканием света через вещество ( $T$ ) и произведением коэффициента поглощения вещества ( $\alpha$ ) на расстояние, пройденное светом через материал (длина

пути  $l$ ). Коэффициент поглощения - это произведение молярной поглощающей способности, концентрации материала или поперечного сечения поглощения,  $\sigma$  и (числовой) плотности,

где,  $\epsilon$ - молярная поглощающая способность поглотителя,  $c$ - это концентрация поглощающих частиц в материале и  $N$  - это плотность (количество) адсорберов.

Для жидкостей эти отношения обычно записываются как:

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-al} = 10^{-\epsilon lc}$$

Тогда как для газов эти отношения записываются как:

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha'lt} = e^{-\sigma lN}$$

где,  $I_0$  - интенсивность падающего света

$I$  - интенсивность проходящего света

$\sigma$  - сечение поглощения света отдельной частицей

$N$  - плотность поглощающих частиц

Пропускание (или коэффициент пропускания) жидкостей с точки зрения оптической плотности определяется как:

$$A = -\log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Связь между оптической плотностью ( $A$ ) и коэффициентом пропускания ( $\%T$ ) также является количественной, и ее можно записать как:

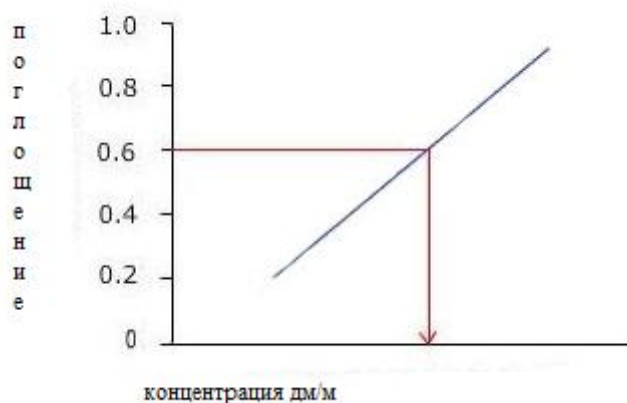
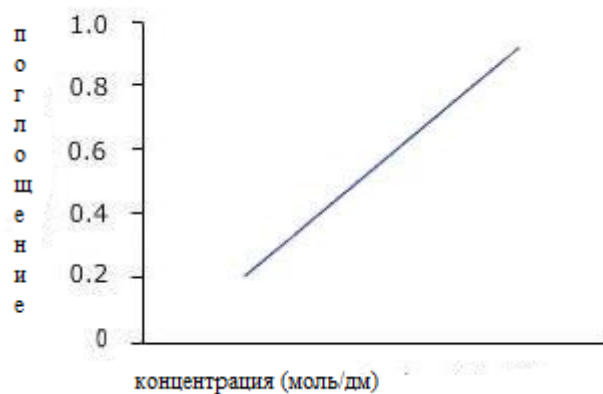
$$A = -\log(\%T/100)$$

Процент пропускания  $\frac{I}{I_0} \times 100$

В то время как для газов это обычно определяется как:

$$A' = -\ln \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Вышеприведенное уравнение показывает, что оптическая плотность становится линейной зависимой от концентрации в соответствии с:



$$A = \epsilon lc = \alpha l$$

а также

$$A' = \sigma lN = \alpha' l$$

Таким образом, поглощение измеряется, если длина пути и молярная поглощающая способность известны и концентрация вещества может быть вычислена.

Согласно закону Бера-Ламберта, поглощение пропорционально концентрации, так что в разбавленных растворах график зависимости концентрации от поглощения будет прямолинейным, но закон не работает для растворов с более высокой концентрацией, и поэтому вы можете получить кривую под те обстоятельства.

### **Применение спектрофотометра**

1. Он непосредственно используется для измерения интенсивности света на разных длинах волн.
2. Используется для определения неизвестной концентрации раствора.
3. Спектрометры могут использоваться для определения константы равновесия реакции с участием ионов.

### **Необходимые материалы**

1. Спектрофотометр
2. Кювета
3. Пустой раствор

### **Реагенты**

1. Хлорид кобальта (II)
2. Ион гексааквакобальта (II)
3. Ферроцен
4. Кристально-фиолетовый
5. Роза бенгальская
6. Кумарин

### **Процедура**

#### **Определение молярного коэффициента поглощения:**

1. Выберите пустую кювету и поместите ее в спектрофотометр. Закройте крышку.
2. Нажмите кнопку 0 ABS 100% T, прибор теперь показывает 0,00000 A.

3. Выберите раствор с известной концентрацией и измерьте оптическую плотность в диапазоне длин волн от 350 до 700 нм.
4. Запишите длину волны при максимальном значении поглощения.
5. Рассчитайте значение молярного коэффициента поглощения, используя уравнение  $\epsilon = A/cl$ .

### Определение неизвестной концентрации:

Установите длину волны на значение, соответствующее максимальному поглощению (указанному выше).

1. Поместите кювету с тем же раствором, но с неизвестной концентрацией.
2. Считайте оптическую плотность для этой длины волны.
3. Рассчитайте концентрацию с помощью уравнения, молярность =  $A/\epsilon l$
4. Введите рассчитанное значение концентрации в данное поле. (Примечание: следует ввести значение с точностью до четырех знаков после запятой)
5. Повторите ту же процедуру для второго раствора.

### Наблюдения и расчеты:

Концентрация ( $c$ ) раствора = ..... М

Поглощение ( $A$ ) известной конц. решение = ..... А

Длина кюветы ( $l$ ) = ..... см

Длина волны ( $\lambda$ ) при максимальном значении поглощения = ..... нм

Молярный коэффициент поглощения, ( $\epsilon$ ) = ..... М<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>

Поглощение ( $A$ ) данного раствора = ..... А

Следовательно, концентрация ( $c$ ) = ..... М

### Результат:

Концентрация данного раствора = ..... М

### Что следует помнить при проведении эксперимента в реальной лаборатории:

1. Всегда надевайте лабораторный халат и перчатки, когда находитесь в лаборатории. Когда вы войдете в лабораторию, включите вытяжной вентилятор и убедитесь, что все химические вещества и реагенты, необходимые для эксперимента, доступны. Если их нет, приготовьте реагенты, используя компоненты для приготовления реагентов.
2. Обязательно промойте все ваше рабочее оборудование с помощью хромовой кислоты и дистиллированной воды и убедитесь, что во всем оборудовании нет капель воды во время проведения эксперимента.
3. Перед выполнением измерений обязательно откалибруйте электронные весы.
4. Убедитесь, что спектрофотометр работает правильно.

5. Убедитесь, что вы обращаетесь с кюветой с папиросной бумагой. Никогда не прикасайтесь к ней рукой.
6. Перед размещением спектрофотометра протрите кювету папиросной бумагой.
7. Вымойте всю стеклянную посуду дистиллированной водой с мылом. После завершения эксперимента закройте флаконы с реактивами. Перед тем, как покинуть лабораторию, выключите свет и вытяжной вентилятор.
8. Выбросьте использованные перчатки в мусорное ведро.

### Задания

Молярный коэффициент экстинкции раствора концентрации 0,04 М и толщины 10,5 см составляет  $80,08 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ . Найдите значение оптической плотности.

1. Абсорбция раствора составляет 0,83. Рассчитайте коэффициент пропускания в%.
2. Когда через раствор пропускают длину волны 250 нм, интенсивность света снижается до 20% от исходного значения. Тогда абсорбция определяется как \_\_\_\_\_.
3. Поглощение 1 мм раствора образца с концентрацией 0,03 М составляет \_\_\_\_\_. (Учитывая, что молярный коэффициент поглощения составляет  $10 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ )
4. Неизвестный раствор показал оптическую плотность 5.000 и молярный коэффициент поглощения  $\epsilon = 160 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$  (толщина,  $l = 2 \text{ см}$ ). Рассчитайте концентрацию раствора.

### Тест

1. Спектр, состоящий из отдельных резко очерченных цветных линий, отделенных друг от друга широкими темными промежуткам, называется
  - а) спектром поглощения
  - б) полосатым
  - в) линейчатым
  - г) сплошным
2. Непрерывные спектры дают тела, находящиеся
  - а) только твердые тела, находящиеся при очень больших температурах
  - б) в газообразном молекулярном состоянии, в котором молекулы не связаны или слабо связаны друг с другом
  - в) в газообразном атомарном состоянии, в котором атомы практически не взаимодействуют друг с другом
  - г) в твердом или жидком состоянии, а также газы под высоким давлением
3. Спектральный анализ – это
  - а) определение агрегатного состояния вещества по его спектру

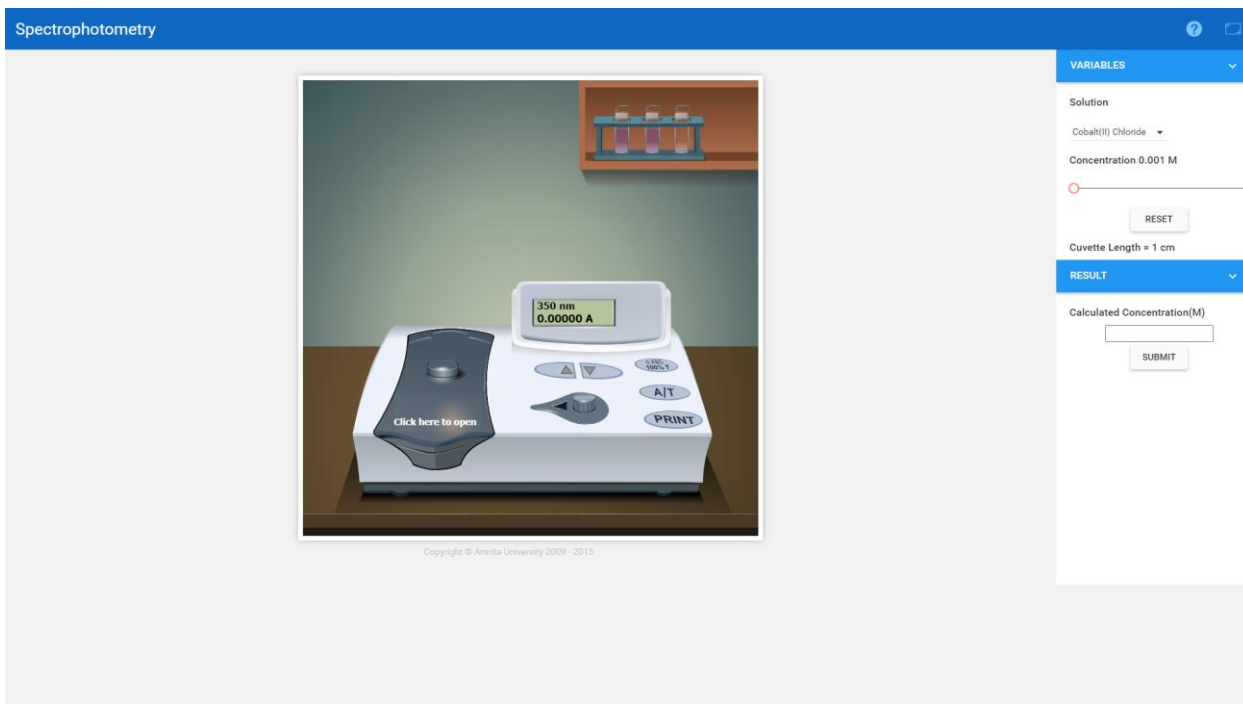
- б) метод определения химического состава вещества по его спектру
  - в) анализ свойства призмы или дифракционной решетки
  - г) метод определения вида излучения по типу спектра
4. Спектр поглощения – это
- а) светлые линии на темном фоне непрерывного спектра излучения
  - б) темные линии на светлом фоне непрерывного спектра излучения
  - в) светлые линии на темном фоне линейчатого спектра
  - г) темные линии на светлом фоне линейчатого спектра излучения
5. Линейчатые спектры дают все вещества, находящиеся
- а) в газообразном атомарном и молекулярном состояниях
  - б) в твердом или жидком состоянии, а также газы под высоким давлением
  - в) в газообразном атомарном состоянии, в котором атомы практически не взаимодействуют друг с другом
  - г) в газообразном молекулярном состоянии, в котором молекулы не связаны или слабо связаны друг с другом
6. Полосатые спектры излучают вещества, находящиеся
- а) в газообразном атомарном состоянии, в котором атомы практически не взаимодействуют друг с другом
  - б) только твердые тела, находящиеся при очень больших температурах
  - в) в газообразном молекулярном состоянии, в котором молекулы не связаны или слабо связаны друг с другом
  - г) в твердом или жидком состоянии, а также газы под высоким давлением
6. Спектры поглощения бывают ...
- а) непрерывные и полосатые
  - б) непрерывные и линейчатые
  - в) непрерывные, линейчатые и полосатые
  - г) линейчатые и полосатые
7. Раскаленный металл дает ...
- а) непрерывный спектр
  - б) линейчатый спектр
  - в) полосатый спектр
  - г) спектр поглощения
8. Бомбардировкой вещества частицами вызывается ....
- а) электролюминесценция
  - б) катодолуминесценция



- в) фотолюминесценция
- 9. Спектральный анализ проводят по ...
  - а) спектрам поглощения
  - б) полосатым спектрам испускания
  - в) линейчатым спектрам испускания
  - г) сплошным спектрам
- 10. Спектральный анализ не позволяет найти ...
  - а) температуру небесного тела
  - б) химический состав тела
  - в) размер небесного тела
  - г) давление внутри звезды

### **Контрольные вопросы**

1. Что вы можете проанализировать с помощью спектрофотометрии?
2. Каковы три основных компонента спектрофотометра?
3. Как вы можете повысить точность спектрофотометра?
4. Что такое принцип спектрофотометра?
5. Каковы ограничения спектрофотометрии?
6. Какие меры предосторожности следует принимать при использовании спектрофотометра?
7. Какой свет используется в спектрофотометре?
8. Почему важен спектрофотометр?
9. Почему поглощение не имеет единиц измерения?
10. Кто изобрел спектрофотометр?



## Фотоэлектрический эффект

### Цель:

1. Понять явление фотоэлектрического эффекта в целом.
2. Изобразить кинетическую энергию фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего излучения.
3. Чтобы определить постоянную Планка из графика зависимости кинетической энергии от частоты.
4. Построить график, связывающий фототок и приложенный потенциал.
5. Для определения тормозящего потенциала по графику зависимости фототока от приложенного потенциала.

### Теория

Во время своих экспериментов с электромагнитным излучением (чтобы продемонстрировать, что свет состоит из электромагнитных волн), Герц заметил искру между двумя металлическими шарами, когда на них падала высокочастотная радиация. Это называется фотоэлектрическим эффектом. Фотоэлектрический эффект - это испускание электронов, когда электромагнитные излучения достаточной частоты падают на определенные металлические поверхности. Мы называем испускаемые электроны фотоэлектронами, а ток, который они составляют, - фототоком. Явление было впервые обнаружено Генрихом Герцем в 1880 году и объяснено Альбертом Эйнштейном в 1905 году с использованием квантовой теории света Макса Планка. Как первый эксперимент,

продемонстрировавший квантовую теорию уровней энергии, эксперимент с фотоэлектрическим эффектом имеет большое историческое значение.

**Важными наблюдениями фотоэлектрического эффекта, которые требуют квантовой теории для его объяснения, являются:**

1. Фотоэлектрический эффект - мгновенное явление. Нет временной задержки между падением света и испусканием фотоэлектронов.
2. Количество испускаемых фотоэлектронов пропорционально интенсивности падающего света. Кроме того, энергия испускаемых фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света.
3. Энергия испускаемых фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте падающего света.

Базовая экспериментальная установка, объясняющая фотоэлектрический эффект, приведена ниже.

Было замечено, что для электронов должна быть минимальная энергия.

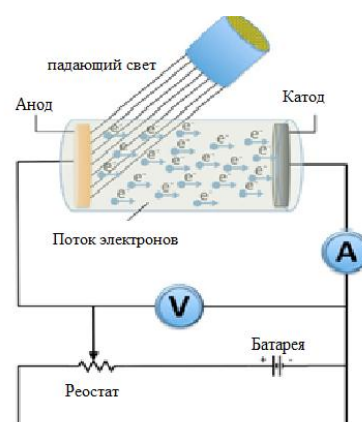
ускользнуть с определенной металлической поверхности и называется работой выхода  $W$  для этого

металл. Работа выхода может быть выражена в терминах частоты как,

$$W = h\nu_0 \quad (1)$$

где  $h$  - постоянная Планка, а

$\nu_0$ - пороговая частота (минимальная частота фотоэлектрического эффекта).



Металл	Работа выхода (eV)
Платина (Pt)	6,4
Серебро (Ag)	4,7
Натрий (Na)	2,3
Калий (K)	2,2
Цезий (Cs)	1,9

Работа выхода для некоторых металлов указана в таблице.

Согласно Эйнштейну, фотоэлектрический эффект должен подчиняться уравнению

$$h\nu = KE_{max} + W \quad (2)$$

Из приведенного выше выражения

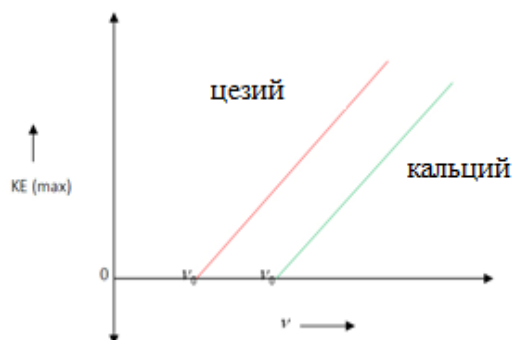
$$KE_{max} = h\nu - h\nu_0$$

$$KE_{max} = h(\nu - \nu_0) \quad (3)$$

Это говорит о том, что график, связывающий максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов « $KE_{max}$ » и частоту падающего излучения  $\nu$ , будет прямой линией с наклоном  $h$  и  $\nu_0$  пересечением по оси  $\nu$  = рабочая функция.

### График, связывающий $KE_{max}$ и частоту:

График зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего излучения

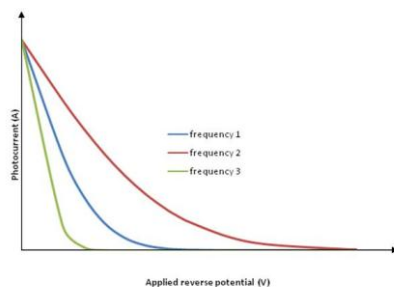


Теперь, если мы увеличиваем обратный потенциал, фототок постепенно уменьшается и становится равным нулю при определенном обратном потенциале. Этот минимальный приложенный обратный потенциал называется **останавливающим потенциалом**  $V_0$ . Следовательно, максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов может быть записана как,

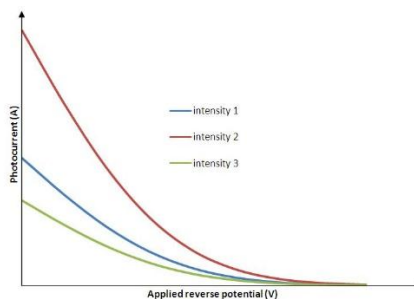
$$KE_{max} = eV_0 \quad (4)$$

### График, связывающий фототок и приложенный обратный потенциал:

Для постоянной интенсивности и разных частот



Для постоянной частоты и разной интенсивности



Для выполнения моделирования:

1. Выберите материал для исследования фотоэффекта.

2. Выберите площадь материала, длину волны, интенсивность падающего света.
3. Включите источник света.
4. Измерьте обратный ток для различных обратных напряжений.
5. Постройте график вольт-амперной характеристики и определите пороговое напряжение.
6. Повторите эксперимент, варьируя интенсивность падающего света для конкретной длины волны.
7. Повторите эксперимент, варьируя длину волны для определенной интенсивности падающего света.

#### Задание.

1. Определите минимальную частоту, необходимую для возникновения фотоэлектрического эффекта электромагнитного излучения при падении на металлическую цинковую поверхность.
2. Определите материал мишени, если пороговая частота электромагнитного излучения составляет  $5,5 \times 10^{15}$  Гц в конкретной фотоэлектрической экспериментальной установке.
3. Определите максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, испускаемых металлической поверхностью цинка, если частота падения составляет  $3 \times 10^{15}$  Гц.
4. Каким может быть тормозной потенциал фотоэлектронов, если в качестве материала мишени используется платина, а частота падения составляет  $2 \times 10^{15}$  Гц?
5. Каким должен быть минимальный приложенный потенциал для полного прекращения фототока в эксперименте, если материал мишени - медь, а частота падающего излучения составляет  $2,7 \times 10^{15}$  Гц.

#### Тест

- 1) Фотоэлектрический эффект был объяснен ...
  - а) Эйнштейном
  - б) Фарадеем
  - в) Ньютоном
  - г) Герцем
- 2) В фотоэлектрическом эксперименте для падающего излучения  $4000 \text{ \AA}$  разность потенциалов для остановки выброса составляет 2 В. Если падающий свет изменить на  $3000 \text{ \AA}$ , то потенциал, необходимый для прекращения выброса электронов, будет равен
  - а) 2 В
  - б) Менее 2 В
  - в) Ноль
  - г) Более 2 В

- 3) Свет с длиной волны  $4000 \text{ \AA}$  падает на поверхность натрия, для которой пороговая длина волны фотоэлектронов составляет  $5420 \text{ \AA}$ . Рабочая функция натрия заключается в
- а) 5 эВ
  - б) 3 эВ
  - в) 2,29 эВ
  - г) 0,57 эВ
- 4) Фотоэлемент - это устройство для ...
- а) Хранения фотоны
  - б) Измерять интенсивность света
  - в) Преобразование энергии фотонов в механическую энергию
  - г) Хранить электрическую энергию для замены аккумуляторных батарей
- 5) Потенциал остановки фотоэлектронов зависит от
- а) Частота падающего света и природа материала катода
  - б) Интенсивность падающего света
  - в) Частота падающего света
  - г) Природа материала катода
- 6) Каково значение максимальной кинетической энергии, приобретаемой электроном за счет излучения с длиной волны  $100 \text{ нм}$ ?
- а) 12 эВ
  - б) 6,2 эВ в
  - в) 100 эВ
  - г) 300 эВ
- 7) Значение останавливающего потенциала составляет 0,6 В, когда источник света находится на расстоянии 20 см. Когда источник находится на расстоянии 40 см, потенциал остановки будет
- а) 0,6 В
  - б) 0,3 В
  - в) 1,2 В
  - г) 2,4 В
- 8) Если функция работы для определенного металла составляет  $3,2 \times 10^{-19}$  Джоулей и он освещается светом частотой  $8 \times 10^{14}$  Гц. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов будет равна ( $h = 6,63 \times 10^{-34}$  Джс).
- а)  $2,1 \times 10^{-19}$  Дж
  - б)  $8,5 \times 10^{-19}$  Дж в
  - в)  $5,3 \times 10^{-19}$  Дж

г)  $3,2 \times 10^{-19}$  Дж

9) Фотоэлемент получает свет от источника, расположенного на расстоянии 1 м. Если один и тот же источник должен быть размещен на расстоянии 2 м, то выброшенный электрон

а) Двигается с энергией в одну четвертую от начальной энергии

б) Двигается с одним четвертым импульсом по сравнению с начальным импульсом

в) Будет вдвое меньше

г) Будет составлять одну четвертую по численности

10) Минимальная энергия, необходимая для удаления электрона, называется

а) Останавливающий потенциал

б) Кинетическая энергия

в) Рабочая функция

г) Ни один из этих

### Контрольные вопросы

1. Как вы решаете проблемы с фотоэлектрическим эффектом?

2. Каковы условия для фотоэлектрического эффекта?

3. Почему возникает фотоэлектрический эффект?

4. Кто решил проблему фотоэлектрического эффекта?

5. Как фотоны выбрасывают электроны?

6. Какова пороговая частота для фотоэлектрического эффекта?

7. Как фотоэлектрический эффект зависит от атомного номера?

8. Какой переход вызывает фотоэлектрический эффект?

9. Что такое останавливающий потенциал в фотоэлектрическом эффекте?

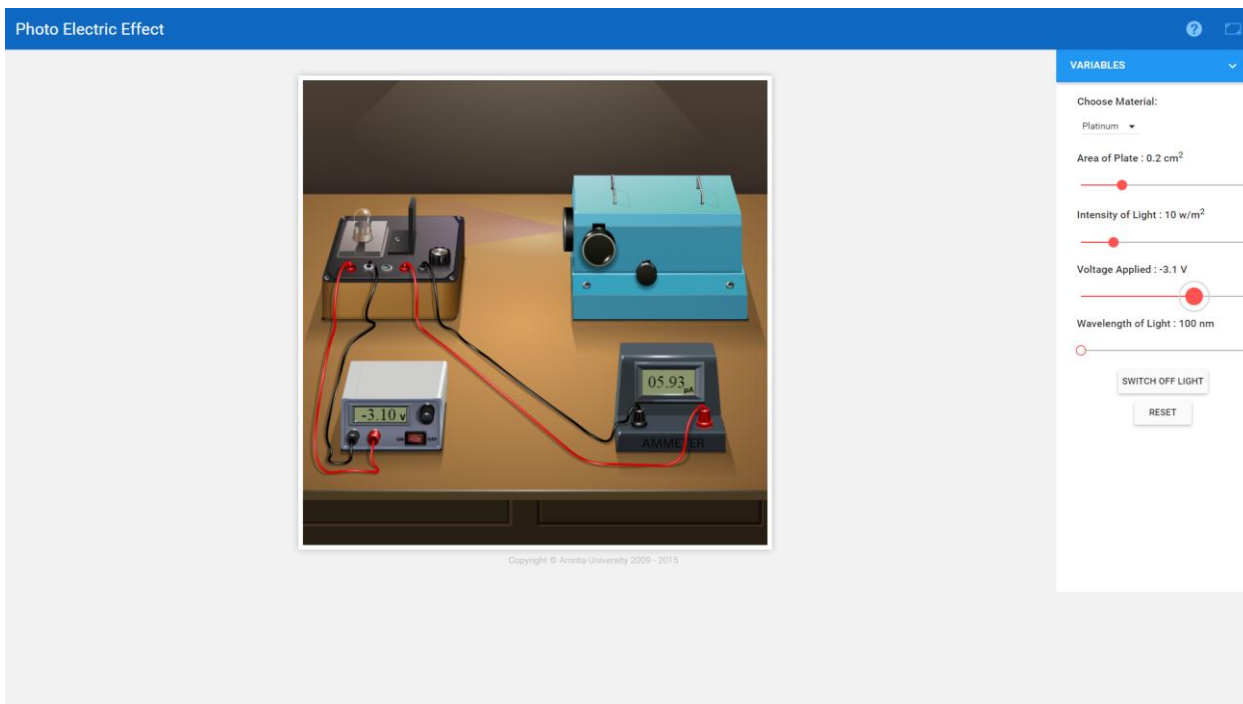
10. Что выбивается, когда световые фотоны ударяются о металлические поверхности?

11. Можно ли использовать микроволны в эксперименте по фотоэффекту?

12. Может ли фотоэлектрический эффект возникать в жидкостях?

13. Как напряжение влияет на фотоэлектрический эффект?

14. Почему фотоэлектрический эффект доказывает, что свет является частицей?



## Спектры излучения

**Цель:** Изучить спектры излучения паров водорода, неона и ртути.

**Аппарат:** Спектрометр, дифракционная решетка, ртутная лампа, водородная лампа, неоновая лампа и т. д.

### Теория

Когда атом или ион в веществе возбуждены, они испускают излучения определенной частоты. Эти излучения видны в виде спектров. В основном есть несколько типов спектров,

- Получена непрерывная спектрально-непрерывная полоса цветов.
- Спектры поглощения - темные линии на светлом фоне.
- Спектры излучения - яркие линии на темном фоне.

В этом эксперименте для исследования спектров используется оптический спектрометр с дифракционной решеткой.

Дифракционная решетка обеспечивает самый простой и точный метод измерения длины волны света. Он состоит из очень большого количества равноудаленных узких параллельных прямоугольных щелей одинаковой ширины, разделенных равными непрозрачными участками. Линейки ширины непрозрачны для света, а пространство между любыми двумя последовательными линиями прозрачно и действует как параллельные щели. Количество линеек на см решетки, используемой в видимой области, варьируется от 5000 до 12000 линий на мм.



Щели решетки вызывают дифракцию, и дифрагированный свет мешает, создавая интерференционные картины. Полная конструктивная интерференция возникает, когда разность фаз или ходов равна некоторому целому числу длины волны. В общем, уравнение решетки для конструктивных максимумов:

$$\sin \theta = Nm \lambda$$

где,  $m$  называется порядком спектра,  $\lambda$  - длиной волны,  $N$  - количеством линий на см и  $\theta$  - углом дифракции, измеренным по отношению к направлению света, падающего на решетку.

**Аппарат.** Спектрометр - это инструмент, который используется для измерения интенсивности и других свойств света. Направление всех лучей должно быть одинаковым, и для этого анализируемый свет должен проходить через решетку как параллельный луч.



Основные части спектрометра:

**Коллиматор:** Коллиматор используется для получения параллельных лучей. Он состоит из регулируемой щели и выпуклой линзы.

**Стол для призм:** стол для призм имеет круглую форму и снабжен тремя регулировочными винтами. Центральная горизонтальная полка для установки призмы или решетки.

**Стол Vernier:** Стол Vernier также имеет круглую форму и может вращаться вокруг вертикальной оси. К столу нониуса прикреплены два нониуса, которые перемещаются по круговой шкале при вращении стола нониуса. Стол нониус и, следовательно, нониус могут быть закреплены в любом положении с помощью радиального винта.

**Телескоп:** линза объектива, которая фокусируется на падающих параллельных лучах в плоскости, так что реальное изображение можно наблюдать с помощью окуляра. Перекрестье расположено в фокальной плоскости линзы объектива. Телескоп прикреплен к круговой шкале и может вращаться вокруг вертикальной оси через центр шкалы.

**Регулировка телескопа** - Телескоп настраивается путем взгляда на удаленный объект, пока пересекающие его провода не окажутся в резком фокусе.

**Регулировка коллиматора** - Щель приоткрывается и освещается натриевой лампой. Телескоп приводится в соответствие с коллиматором. Изображение щели наблюдается в телескоп и совмещается с вертикальной поперечной проволокой. Прорезь делается очень узкой.

**Регулировка призматического стола** - призматический стол выравнивается спиртовым уровнем или оптическим методом. В оптическом методе регулировочные винты призматического стола регулируются до тех пор, пока изображение щели не будет разделено пополам горизонтальной поперечной проволокой.

В этом эксперименте мы моделируем положение решетки при нормальном падении и дальнейшие расчеты. За подробностями обращайтесь к эксперименту с дифракционной решеткой в лаборатории оптики.

## **Процедура**

### **Для моделирования**

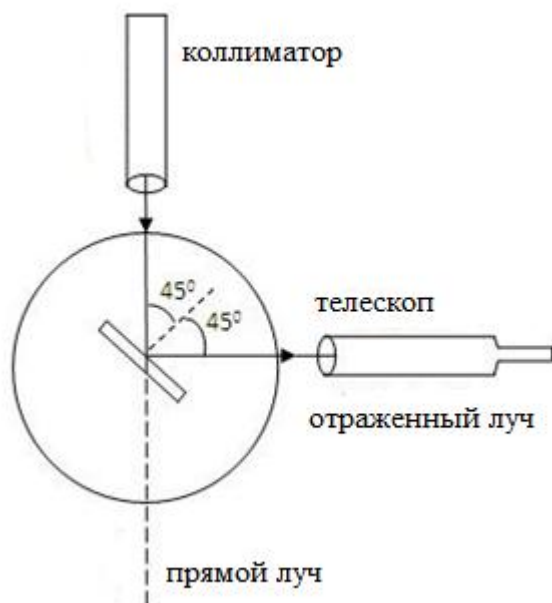
1. Переместите ползунок «Калибровка телескопа» и нажмите кнопку «ПУСК».
2. Щелкните поле со списком, чтобы выбрать лампу.
3. Нажмите "Включить свет".
4. Нониус устанавливается на  $0^0$ , а зрительная труба на  $90^0$ , нажимая на ползунки обоих.
5. Нажмите кнопку «Разместить решетку».
6. Поверните телескоп влево. Совместите вертикальную поперечную проволоку с зеленой линией на выкройке.
7. Обратите внимание на показания нониуса 1 и нониуса 2.
8. Телескоп перемещается в правую часть прямого изображения и вертикальный провод совмещается с зеленой линией рисунка.
9. Обратите внимание на показания нониуса 1 и нониуса 2.
10. Нажмите на ползунок под Точным углом, чтобы получить более точные показания.
11. Берется разница между двумя показаниями на одном и том же нониусе.
12. Среднее значение этой разницы дает  $2\Theta$ , что в два раза больше угла дифракции. Отсюда значение  $\Theta$  получается для зеленой линии.
13. Если предположить, что длина волны зеленой линии 546 нм, то нет. Количество линий на мм рассчитывается по формуле  $N = \text{Sin}\Theta / m\lambda$ , где  $m$  - порядок.

### **Для настоящей лаборатории**

#### **Установка решетки в положение нормального падения.**

1. Стол Нониус фиксируется после внесения предварительных настроек.

2. Осветите щель ртутной лампой и сделайте щель узкой.



3. Совместите телескоп с коллиматором. Совместите прорезь прямого изображения с вертикальной поперечной проволокой.

4. Запишите любое из показаний нониуса.

5. Поверните зрительную трубу точно на  $90^\circ$ , а затем зажмите ее.

6. Поместите решетку над призматическим столом так, чтобы линейчатая поверхность была обращена к коллиматору и перпендикулярно линии,

соединяющей два регулировочных винта призматического стола.

7. Разожмите нониус и поверните его, пока отраженное изображение не совпадет с вертикальной поперечной проволокой.

8. Таблица призм теперь зафиксирована, и показания Вернье записаны.

9. Стол с нониусом разжимается и поворачивается точно на  $45^\circ$  в нужном направлении, так что поверхность решетки становится перпендикулярной коллиматору.

10. Стол Вернье теперь зажат.

### Стандартизация решетки

1. Переместите телескоп, чтобы наблюдать прямое изображение. По обе стороны от прямого изображения видны дифракционные картины.

2. Поверните телескоп влево. Совместите вертикальную поперечную проволоку с зеленой линией на выкройке.

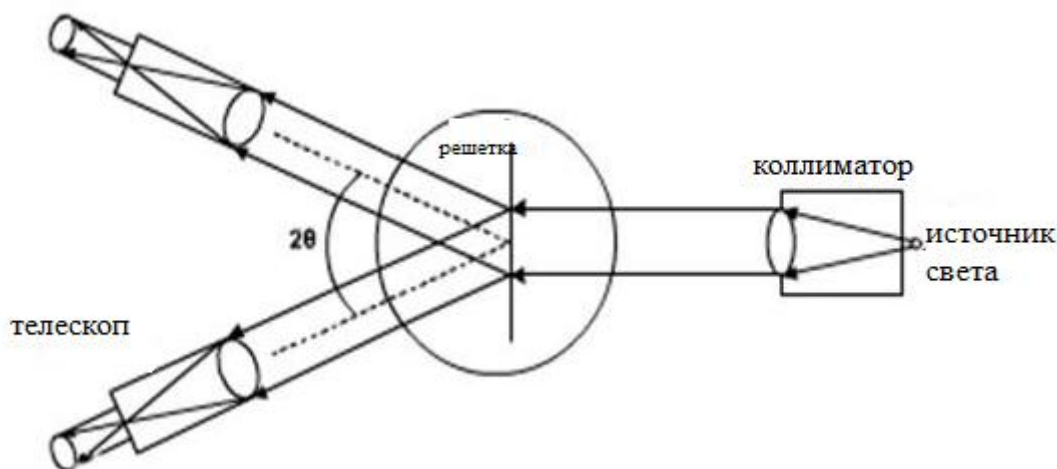
3. Обратите внимание на показания нониуса 1 и нониуса 2.

4. Телескоп перемещается в правую часть прямого изображения и вертикальный провод совмещается с зеленой линией рисунка.

5. Обратите внимание на показания нониуса 1 и нониуса 2.

6. Берется разница между двумя показаниями на одном и том же нониусе.

7. Среднее значение этой разницы дает  $2\Theta$ , что в два раза больше угла дифракции. Отсюда значение  $\Theta$  получается для зеленой линии.



8. Если предположить, что длина волны зеленой линии 546 нм, то нет. Количество линий на мм рассчитывается по формуле  $N = \sin\Theta / m\lambda$ , где  $m$  - порядок.

**Для определения длины волны других линий**

Повторите ту же процедуру, что и выше, для других линий и вычислите длину волны, используя уравнение,  $\lambda = \sin\Theta / Nm$ .

**Наблюдения**

Цвет спектральной линии	Считывание различных изображений				Разница ( $2\theta$ )		Среднее ( $\theta$ )	Длина волны ( $\lambda$ )
	Левый		Правый		Ver 1	Ver 2		
	Ver1	Ver2	Ver1	Ver2				
Зеленый								
Фиолетовый								
Синий								
Желтый								
Красный								

**Полученные результаты**

Длины волн выступающих линий спектра ртути указаны в нанометрах в столбце таблицы.

Количество решеток на метр = ..... / м

### Задания

1. Узнайте длины волн спектральных линий ...
  - а) спектра ртути
  - б) спектра водорода
  - в) неоновый спектр
2. Узнать количество линий на метр решетки по зеленому свету в спектре ртути?
3. Узнать количество линий на метр решетки, используя красный свет в водородном спектре?
4. Какая польза от дифракционной решетки?
5. В чем разница между решеткой пропускания и решеткой отражения?

### Тест

1. Анализ электромагнитного излучения, рассеянного, поглощенного или испускаемого молекулой, называется \_\_\_\_\_
  - а) калейдоскопия
  - б) астрономия
  - в) спектроскопия
  - г) анатомия
2. Энергетический уровень с более низкой энергией называется \_\_\_\_\_
  - а) уровень энергии основного состояния
  - б) энергетический уровень начального состояния
  - в) энергетический уровень возбужденного состояния
  - г) все упомянутые
3. Спектр поглощения получается, когда электрон в атоме претерпевает переход от \_\_\_\_\_
  - а) от более высокого уровня энергии к более низкому
  - б) понизить энергетический уровень до более низкого
  - с) промежуточные уровни
  - г) все упомянутые
4. Энергия фотона определяется \_\_\_\_\_
  - а)  $h\nu$
  - б)  $\nu/c$

в)  $1/h\nu$

г)  $h\nu$

5. Выберите неверное утверждение из следующего параметра.

а) Спектр излучения возникает, когда электрон в атоме переходит из возбужденного состояния в основное состояние

б) В спектре излучения происходит переход с излучением фотона энергии  $h\nu$

в) В спектре излучения происходит переход с поглощением фотона энергии  $h\nu$

г) Все упомянутые

6. Спектры можно в широком смысле разделить на две категории. Они являются

\_\_\_\_\_

а) атомные и молекулярные спектры

б) атомный и электронный спектры

в) молекулярные и электронные спектры

г) ни один из упомянутых

7. В атомной спектроскопии используются только электронные переходы.

а) Истина

б) Ложь

8. Выберите правильное утверждение из следующих вариантов.

а) молекулярные спектры возникают в результате перехода электрона между уровнями молекулярной энергии

б) при молекулярных переходах происходят электронные, вращательные и вибрационные переходы

в) молекулярные спектры сложнее, чем атомные спектры

г) все упомянутое

9. Необходимым условием для спектра поглощения является то, что \_\_\_\_\_

а)  $h\nu$  должен быть больше, чем разница в энергии

б)  $h\nu$  должен быть меньше, чем разница в энергии

в)  $h\nu$  должен быть равен разности энергий

г) ни один из упомянутых

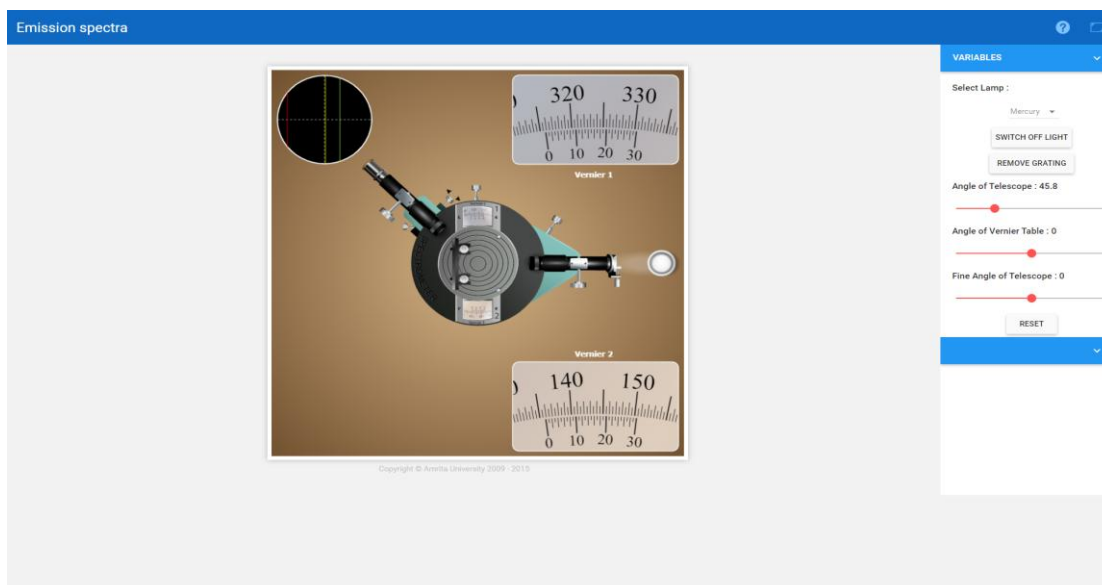
10. Спектроскопия имеет дело с переходом, который претерпевает молекула при поглощении подходящих излучений, определяемых правилами квантово-механического отбора.

а) Истина

б) Ложь

## Контрольные вопросы

1. Что влияет на спектр излучения?
2. Как вы анализируете спектры излучения?
3. От чего зависит спектр излучения?
4. Каковы 3 типа спектральных излучений?
5. Что вызывает появление линий в спектре излучения?
6. Почему спектры излучения различны для разных элементов?
7. В чем разница между спектрами излучения и спектрами поглощения?
8. Как спектры излучения свидетельствуют об электронных оболочках?
9. Что заставляет газ испускать спектр излучения?
10. Как создаются спектры излучения?
11. Что происходит со светом, отсутствующим в спектре поглощения?
12. Почему спектр излучения имеет черный фон и цветные линии?

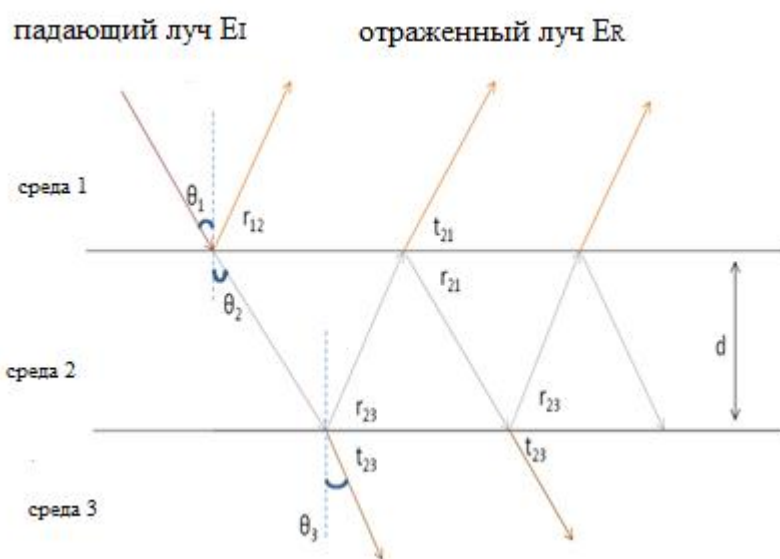


## Определение длины волны света с помощью кольца Ньютона.

### Цель:

1. Пересмотреть концепцию интерференции световых волн в целом и тонкопленочной интерференции в частности.
2. Установить и наблюдать кольца Ньютона.
3. Определить длину волны данного источника.

**Интерференция тонкой пленки:** Пленка называется тонкой, если ее толщина составляет порядка одной длины волны видимого света, которая принята равной 550 нм. Когда свет падает на такую пленку, небольшая часть отражается от верхней поверхности, а большая часть проходит внутрь пленки. Снова небольшая часть прошедшего компонента отражается обратно в пленку нижней поверхностью, а остальная часть выходит из пленки. Эти отраженные лучи объединяются, создавая помехи. И передаваемые лучи тоже мешают. Этот тип интерференции, имеющей место в тонких пленках, называется



интерференцией путем деления амплитуды.

$\theta_1$  угол падения на среде 1 до средней 2 границы.

$\theta_2$  угол преломления в среде 1 до 2 средней границы.

$\theta_3$  угол преломления в среде 2 до средней 3 границы.

$r_{12}$  отраженный свет

от среды 1 до границы среды 2.

$r_{23}$  отраженный свет от среды 2 до границы среды 1.

$r_{21}$  отраженный свет от границы среды 2 до среды 3.

$t_{21}$  проходящий свет от среды 2 до границы среды 1.

$t_{23}$  проходящий свет от среды 2 до границы среды 3.

$d$  толщина пленки.

На приведенном выше рисунке лучи  $r_{12}$  и  $t_{21}$  интерферируют и приводят к конструктивной или деструктивной интерференции в зависимости от их разности путей, представленной как,

$$2\mu_2 d \cos r_{12} = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ конструктивное вмешательство}$$

$$2\mu_2 d \cos r_{12} = m\lambda \text{ деструктивное вмешательство}$$

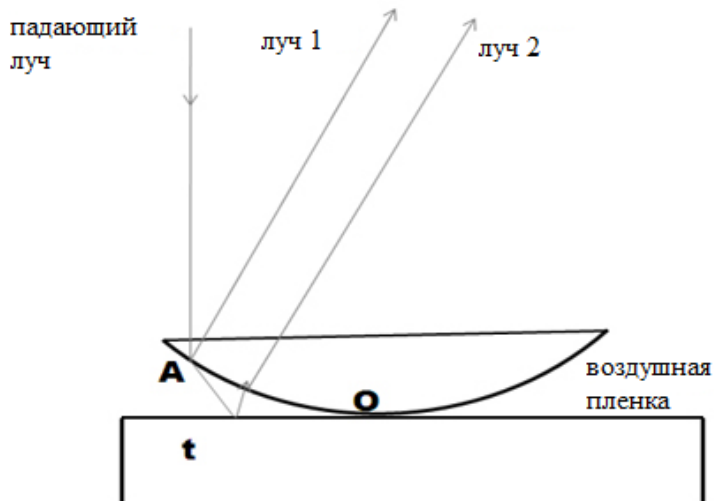
где,  $\mu_2$  - показатель преломления среды 2 и  $m = 0, 1, 2, \dots$  - порядок интерференции.

Проходящий свет от  $t_{23}$  также может создавать помехи и приводить к конструктивным или деструктивным помехам.



## Интерференция тонких пленок с пленками различной толщины (кольца Ньютона):

Кольца представляют собой бахрому одинаковой толщины. Они наблюдаются при отражении света от плоско-выпуклой линзы с большим фокусным расстоянием, соприкасающейся с плоской стеклянной пластиной. Между пластиной и линзой образуется



тонкая воздушная пленка. Толщина воздушной пленки изменяется от нуля в точке контакта до некоторого значения  $t$ . Если система линзовых пластин освещена монохроматическим светом, обычно падающим на нее, в отраженном свете наблюдаются концентрические яркие и темные интерференционные кольца. Эти круглые полосы были открыты Ньютоном и называются кольцами Ньютона.

Луч АВ, падающий нормально на систему, частично отражается от нижней криволинейной поверхности линзы (Луч 1), а часть прошедшего луча частично отражается (Луч 2) от верхней поверхности плоской стеклянной пластины. Лучи 1 и 2 получены из одного и того же падающего луча путем деления амплитуды и, следовательно, являются когерентными. Луч 2 претерпевает фазовое изменение  $\pi$  при отражении, так как он отражается от границы воздух-стекло.

Условия конструктивного и деструктивного вмешательства задаются как; для нормального падения  $\cos r = 1$  и для воздушной пленки  $\mu = 1$ .

$$2t = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ конструктивное вмешательство}$$

$$2t = m\lambda \text{ деструктивное вмешательство}$$

1. **Центральное темное пятно:** в точке контакта линзы со стеклянной пластиной толщина воздушной пленки очень мала по сравнению с длиной волны света, поэтому разница в пути между мешающими волнами равна нулю. Следовательно, мешающие волны в центре противоположны по фазе и интерферируют деструктивно. Таким образом образуется темное пятно.

2. **Круглые полосы одинаковой толщины:** каждый максимум или минимум является геометрическим местом постоянной толщины пленки. Поскольку

геометрическое место точек одинаковой толщины попадает на круг с центром в точке соприкосновения, полосы являются круговыми.

3. **Бахрома локализована:** хотя система освещена параллельным лучом света, отраженные лучи не параллельны. Они сталкиваются ближе к верхней поверхности воздушной пленки и, кажется, расходятся оттуда, если смотреть сверху. Полосы видны около верхней поверхности пленки и, следовательно, считаются локализованными в пленке.

4. **Радиусы  $m$ -м темных колец:**  $r_m = \sqrt{m\lambda R}$ .

5. **Радиусы  $m$ -м яркого кольца:**  $r_m = \sqrt{(2m + 1)R \frac{\lambda}{2}}$ .

6. Радиус темного кольца пропорциональна радиусу кривизны линзы соотношением,  $r_m \propto \sqrt{R}$ .

Кольца сближаются по мере увеличения порядка (увеличения  $m$ ), поскольку диаметр не увеличивается в той же пропорции.

В проходящем свете кольцевая система точно дополняет отраженную кольцевую систему, поэтому центральное пятно становится ярким.

7. Под белым светом мы получаем цветные полосы.

8. Длину волны монохроматического света можно определить как  $\lambda = \frac{D_{m+p}^2 - D_m^2}{4\rho R}$

где  $D_{m+p}$  - диаметр  $(m + p)$ -го темного кольца, а  $D_m$  - диаметр  $m$ -го темного кольца.

### **Выполнение настоящей лаборатории**

После экспериментальной установки стеклянная пластина наклоняется под углом  $45^\circ$  к горизонтали. Эта стеклянная пластина отражает свет от источника, вертикально загружается и падает нормально на выпуклую линзу. Кольца Ньютона можно увидеть с помощью длиннофокусного микроскопа, сфокусированного на воздушном фильтре. Поперечная проволока микроскопа выполнена по касательной к 20-му кольцу слева от центра. Отмечаются показания основной шкалы и шкалы нониуса микроскопа. Поперечного провода регулируется, чтобы быть касательной к 18-й, 16-й, 14-й и т. д. слева и 2, 4, 6 и т. д. справа, и показания снимаются каждый раз. Отсюда определяется диаметр кольца, который является разницей между показаниями слева и справа. Находим квадрат диаметра и, следовательно,  $D_n^2$  и  $D^2_{n+m}$ . Затем длина волны рассчитывается по формуле.

### **Выполнение моделирования:**

Моделирование виртуализирует эксперимент с кольцами Ньютона. Пользователь может увидеть эффект колец Ньютона, образовавшихся при изменении среды. Выберите любой тип носителя. Различный рисунок колец можно увидеть, изменив радиус кривизны линзы и длину волны источника света.

**Составные части:**

Кнопка «Пуск», источник света, фильтр, микроскоп, линза, среда и стеклянная пластина.

**Помощь:**

**Вариабельный регион:**

1. Поле со списком «Выбрать среду» помогает выбрать тип среды, которую необходимо выполнять при моделировании.
2. Ползунок Radius Slider позволяет изменять радиус кривизны линзы.
3. Ползунок длины волны помогает изменить длину волны используемого света.

**Область измерения:**

1. Кнопка запуска поможет воспроизвести симуляцию.
2. Изменение колец можно увидеть при изменении среды, длины волны света или радиуса линзы.

**Процедура:**

1. Щелкните по кнопке «загорится».
2. Выберите линзу желаемого радиуса.
3. Отрегулируйте положение микроскопа, чтобы увидеть кольца Ньютона.
4. Сфокусируйте микроскоп, чтобы четко рассмотреть кольца.
5. Закрепите переключку на 20-м кольце справа или слева от центрального темного кольца и снимите показания.
6. Переместите переключку и снимите показания 18-го, 16-го ..... 2-го кольца.
7. Вы должны снять показания колец по обе стороны от центрального темного кольца.
8. Введите показания в табличный столбец.
9. Рассчитайте длину волны источника по указанной формуле.

**Наблюдения:**

**Чтобы найти наименьшее количество**

Одно главное деление шкалы = ..... см

Количество дивизий на Вернье = .....

LC = Одно деление основной шкалы / Количество делений на нониусе =  
.....

Размер кольца	Микроскопическое чтение (см)		Диаметр D (см)	$D^2$ (см <sup>2</sup> )	$D^2_{m+p} - D^2_m$ (см <sup>2</sup> )
	Оставил	Верно			

**Расчет:**

Среднее значение  $D^2_{m+p} - D^2_m = \dots\dots\dots \text{см}^2$

Длина волны света  $\lambda = (D^2_{m+p} - D^2_m) / 4pR = \dots\dots\dots \text{нм}$

**Результат:**

Длина волны света от данного источника составляет =  $\dots\dots\dots \text{нм}$ .

**Задания**

- В эксперименте с кольцом Ньютона радиус 8-го яркого кольца составил 1,95мм с линзой с радиусом 75см. Рассчитать длину волны используемого света?
- Плоско-выпуклая линза радиусом 3м размещается на оптически плоской стеклянной пластине и освещается неоновым светом. Диаметр 8-го темного кольца в отраженной системе составляет 7,2мм. Рассчитать длину волны используемого света?
- Тонкая равновыпуклая линза с фокусным расстоянием 4м и показателем преломления 1,5 помещена на оптически плоскую стеклянную пластину. При использовании света с длиной волны 546нм кольца Ньютона обычно видны при отражении. Каков диаметр пятого яркого кольца?
- Кольца Ньютона наблюдаются, удерживая сферическую поверхность радиусом 100 см на плоской стеклянной пластине. Используемая длина волны света составляет 5880 А<sup>0</sup>. Если диаметр 15-го яркого кольца 0,60 см, то диаметр 5-го кольца?
- Монохроматический свет с длиной волны 648 нм падает на плосковыпуклую линзу, расположенную на пластине. Кольца Ньютона видны при взгляде сверху. (а) Радиус кольца 6 яркости составляет 0,78 см. Какой радиус кривизны линзы? б) изменить свет на более длинную волну; 6-е кольцо будет в том же положении?

**Тест**

1. Что из нижеперечисленного не показывает никакой интерференционной картины?
- а) мыльный пузырь
  - б) чрезмерно тонкая пленка
  - в) толстая пленка
  - г) клиновидная пленка
2. Основным принципом, используемым при вмешательстве, является \_\_\_\_\_
- а) принцип неопределенности Гейзенберга
  - б) принцип суперпозиции
  - в) квантовая механика
  - г) принцип Ферми
3. Когда две волны одинаковой амплитуды конструктивно складываются, интенсивность становится \_\_\_\_\_
- а) двойной
  - б) половина
  - в) четыре раза
  - г) одна четвертая
4. Форма полос, наблюдаемых при интерференции, является \_\_\_\_\_
- а) прямой
  - б) круговой
  - в) гиперболический
  - г) эллиптический
5. Если бы вместо монохроматического света для интерференции света использовался белый свет, каково было бы изменение в наблюдении?
- а) рисунок не будет виден
  - б) форма рисунка изменится с гиперболической на круговую
  - в) будут наблюдаться цветные полосы с белой яркой каймой в центре
  - г) яркие и темные полосы изменят свое положение
6. Граница нулевого порядка может быть идентифицирована с помощью \_\_\_\_\_
- а) белый свет
  - б) желтый свет
  - в) ахроматический свет
  - г) монохроматический свет
7. Интерференция наблюдается только тогда, когда разность фаз между двумя волнами равна нулю.
- а) истина

б) ложь

8. Форма рисунка зависит от \_\_\_\_\_

- а) расстояния между щелями
- б) расстояния между щелями и экраном
- в) длины волны света
- г) формы щели

9. На пути света помещается тонкий лист с показателем преломления 1,5 и толщиной 1 см. Какова наблюдаемая разница в пути?

- а) 0,003 м
- б) 0,004 м
- в) 0,005 м
- г) 0,006 м

10. Согласно закону Стокса, выражение для максимумов равно:  $2\mu t \cos \theta =$  \_\_\_\_\_

- а)  $n\lambda$
- б)  $2n\lambda$
- в)  $(2n + 1) \lambda/2$
- г)  $(n + 1) \lambda/2$

11. Интерференционная картина мыльного пузыря непрерывно меняется.

- а) истина
- б) ложь

12. Когда тонкая пластинка с показателем преломления 1,5 помещается на пути одного из интерферирующих лучей интерферометра Майкельсона, наблюдается сдвиг на 30 полос. Если толщина пластины составляет 0,018 мм, длина волны используемого света равна \_\_\_\_\_

- а) 4000 Å
- б) 5000 Å
- в) 6000 Å
- г) 7000 Å

13. Тонкий слой бесцветного масла наносится на воду в контейнере ( $\mu = 1,4$ ). Если свет с длиной волны 640 нм отсутствует в отраженном свете, какова минимальная толщина слоя масла?

- а) 179,6 нм
- б) 198,3 нм
- в) 207,6 нм
- г) 214,3 нм

14. В эксперименте с кольцом Ньютона диаметр 10-го кольца изменяется от 1,40 до 1,23 см, когда жидкость вводится между линзой и стеклянной пластиной. Каков показатель преломления жидкости?

- а) 1.05
- б) 1.15
- в) 1,25
- г) 1.35

### Контрольные вопросы

1. Какова длина волны света, используемая в кольцевом эксперименте Ньютона?
2. Почему кольца становятся ближе по мере увеличения порядка колец?
3. Как создается интерференция света в кольцевом эксперименте Ньютона?
4. Что такое  $R$  в кольцевом эксперименте Ньютона?
5. Почему центральная бахрома темная в кольце Ньютона?
6. Где образуются полосы?
7. От каких факторов зависит диаметр кольца Ньютона?
8. Почему в настройке колец Ньютона зеркало светоделиителя удерживается на 45°?
9. Как определяется длина волны монохроматического источника?
10. Почему в кольце Ньютона используется только натриевый свет?

Newton's Rings-Wavelength of light

VARIABLES

Select Medium: Air

Light Source: Sodium

LIGHT OFF

Radius Of Lens: 65 cm

Microscope Position

Microscope Focus: 7.5 cm

RESET

Copyright © Ananta University 2009 - 2015

almaty13.ru • 1 week  
Лидеры полупроводящего рынка  
Самые кассовые фильмы 2020 года

## Определение угла Брюстера

**Цель:** Проверить закон Брюстера и найти угол Брюстера.

### Теория

Обычный источник света состоит из очень большого числа случайно ориентированных атомных излучателей. Они излучают поляризованный wavetrains в течение примерно  $10^{-8}$  с. Эти цепочки волн объединяются в единую результирующую поляризованную волну, которая сохраняется в течение короткого времени, не более  $10^{-8}$  с. Поскольку естественный свет состоит из большого количества быстро меняющейся последовательности различных состояний поляризации, его называют неполяризованным или случайно поляризованным светом.

Естественный свет можно выразить двумя произвольными некогерентными ортогональными линейно поляризованными волнами одинаковой амплитуды. На рисунке (а) показан естественный свет со случайной поляризацией, а на рисунке (б) показано расщепление при 50% горизонтальном и 50% вертикальном состояниях.

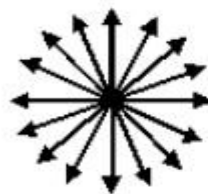


рисунок (а)

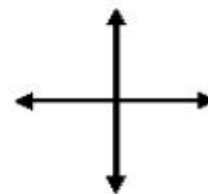


рисунок (б)

Говорят, что свет является плоскополяризованным светом, если все колебания ограничены одной плоскостью. Представьте себе неполяризованный свет, падающий на прозрачную поверхность. Если угол падения равен определенному углу падения, создаваемый отраженный свет будет полностью плоско поляризованным. Этот конкретный угол называют углом Брюстера или углом поляризационного  $\theta_B$ .

Сэр Дэвид Брюстер в 1892 году обнаружил, что максимальная поляризация отраженного луча возникает, когда отраженный луч перпендикулярен преломленному лучу. Это называется законом Брюстера.

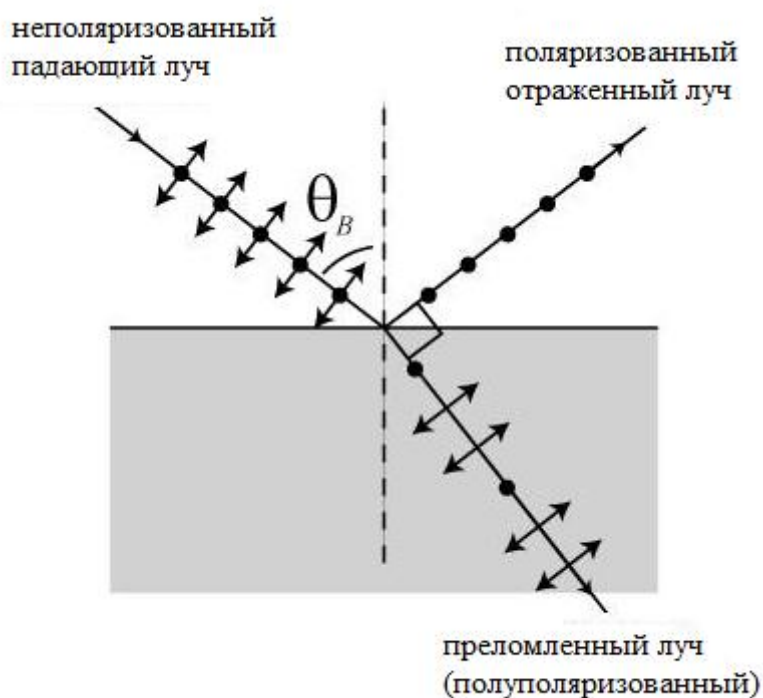
$$r = 90^\circ - \theta_B$$

**Уравнение Брюстера:**



$$\tan\theta_B = \frac{\mu_2}{\mu_1}$$

где  $\mu_2$  - показатель преломления отражающей поверхности, а  $\mu_1$  - показатель преломления окружающей среды. Произведенный таким образом преломленный луч будет частично поляризован. При изменении показателя преломления угол поляризации различается, но не зависит от длины волны используемого света.



#### Выполнение моделирования:

Перетащите компоненты с правой панели и правильно разместите их на скамейке для оптики.

**Старт:** эта кнопка позволяет пользователю начать эксперимент.

**Вид сбоку / вид сверху:** с его помощью можно увидеть различные виды экспериментальной установки.

**Выбрать свет:** с помощью этого поля со списком можно выбрать разные лазеры.

**Выбрать среду:** среду с другим показателем преломления можно выбрать с помощью этого поля со списком.

**Выберите материал:** с помощью этого комбинированного списка можно выбрать различные материалы.

**Включение света:** пользователь может включить / выключить лазерный источник с помощью этой кнопки.

**Угол поляризатора:** с помощью этого ползунка можно изменить угол поляризатора от нуля до 360 градусов.

**Угол падения:** этот ползунок помогает изменять угол падения, который может варьироваться от нуля до 360 градусов.

**Сброс:** с помощью этой кнопки можно сбросить экспериментальную схему.

#### Задания

- Вычислите угол падения лазерного красного света, при котором отраженный свет имеет плоскую поляризацию. Пусть мы используем материал коронного стекла в среде гелия.
- Рассчитайте угол Брюстера для зеленого света, падающего на поверхность топаза, когда угол поляризатора составляет 155 градусов.
- Синий свет падает на бесцветное стекло в среде воздуха. Если угол поляризатора составляет 205 градусов, рассчитайте угол Брюстера.
- Используя зеленый лазерный луч, изучите изменение угла Брюстера для различных материалов с различным показателем преломления с воздухом в качестве среды.
- Голубой лазерный луч падает на поверхность топаза. Получите изменение угла Брюстера с другой средой.

### Тест

1. Угол Брюстера допустим для какого типа поляризации?
  - а) перпендикулярный
  - б) параллельный
  - в) поляризованный
  - г) Р поляризованный
2. Показатель преломления материала с диэлектрической проницаемостью 16 определяется как ...
  - а) 16
  - б) 256
  - в) 4
  - г) 8
3. Коэффициент отражения при распространении волны, когда она передается с углом Брюстера, равен ...
  - а) 0
  - б) 1
  - в) -1
  - г) бесконечность
4. Коэффициент передачи волны, распространяющейся под углом Брюстера, равен ...
  - а) 0
  - б) 1
  - в) -1
  - г) бесконечность

5. Циркулярно поляризованная волна, передаваемая под углом Брюстера, будет приниматься как линейно поляризованная волна.
- а) Истина
  - б) Ложь
6. Эллиптически поляризованная волна, переданная под углом Брюстера, будет принята как эллиптически поляризованная волна.
- а) Истина
  - б) Ложь
7. Найдите угол Брюстера волны, передаваемой из среды с диэлектрической проницаемостью 4 в среду с диэлектрической проницаемостью 2.
- а) 35,26
  - б) 53,62
  - в) 26,35
  - г) 62,53
8. Найдите отношение показателя преломления среды 2 к показателю преломления среды 1, когда угол Брюстера равен 60 градусам.
- а) 0,707
  - б) 1,5
  - в) 0,866
  - г) 1.732
9. Угол Брюстера - это угол ...
- а) падения
  - б) отражения
  - в) преломления
  - д) передачи
10. Угол Брюстера - это угол, под которым ...
- а) на первой среде отражения не происходит
  - б) коэффициент отражения равен нулю
  - в) волна преломляется в направлении источника
  - г) а и б
  - д) а и в
11. Система прямого радиочастотного импульса помогает в расчете ...
- а) импульсной характеристики в частотной области
  - б) импульсной характеристики в фазовой области
  - с) задержка питания канала

- г) все вышеперечисленное
12. Принятый сигнал от многолучевого канала выражается как ...
- а) Свертка передаваемого сигнала и импульсной характеристики
  - б) Добавление передаваемого сигнала и импульсной характеристики
  - в) Вычитание переданного сигнала и импульсной характеристики
  - г) Все вышеперечисленное
  - д) Ничего из вышеперечисленного
13. Импульсная характеристика многолучевого канала определяется тем фактом, что
- а) Мобильный радиоканал может быть смоделирован как линейный фильтр
  - б) Импульсная характеристика изменяется во времени
  - в) а и б
  - г) Ничего из вышеперечисленного
14. Последствия маломасштабного многолучевого распространения заключаются в следующем
- 1. Изменения в силе сигнала
  - 2. Случайная частотная модуляция
  - 3. Временная дисперсия
- а) 1 и 2 верны
  - б) 1 и 3 верны
  - в) 2 и 3 верны
  - г) Все три верны

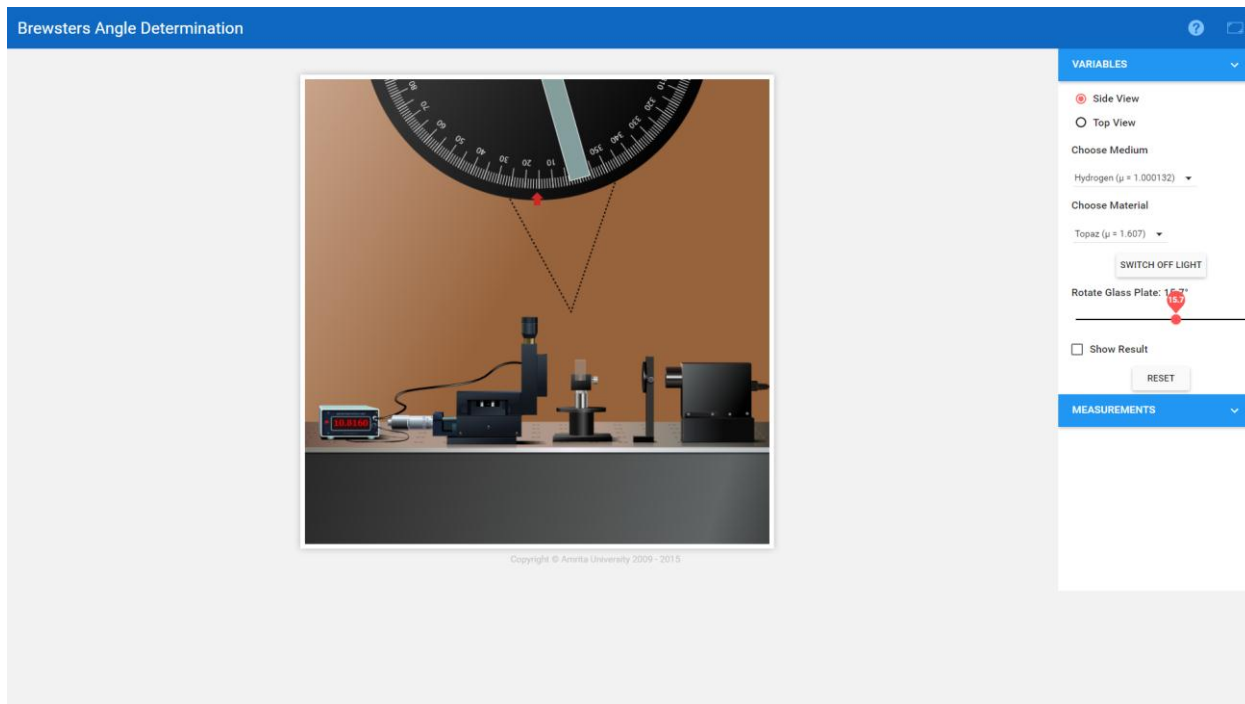
#### **Контрольные вопросы**

- 2. Как вы находите угол Брюстера?
- 3. Как вы находите поляризацию угла?
- 4. Каковы условия для Брюстеров и критических углов?
- 5. Что происходит под углом Брюстера?
- 6. Зависит ли угол Брюстера от длины волны?
- 7. Как мы можем найти угол Брюстера для света, падающего на предметное стекло?
- 8. Какова связь между критическим углом и углом поляризации?
- 9. Как вы вычисляете поляризацию?
- 10. Сколько существует типов поляризации?
- 11. Что такое закон Брюстера, который дает его применение?
- 12. Что такое угол Брюстера в электромагнитной теории?
- 13. Когда свет падает под углом Брюстера?
- 14. Что такое закон Брюстера?

15. Что такое производное отношение угла Брюстера?

16. Как угол Брюстера для прозрачной среды изменяется в зависимости от частоты света?

17. Почему угол Брюстера возникает при параллельной поляризации?



## Дифракционная решетка

### Цель:

1. Определить количество линий на миллиметр решетки по зеленой линии спектра ртути.
2. Рассчитать длину волны других выступающих линий ртути методом нормального падения.

**Аппарат:** Спектрометр, элемент дифракционной решетки и лампа на парах ртути.

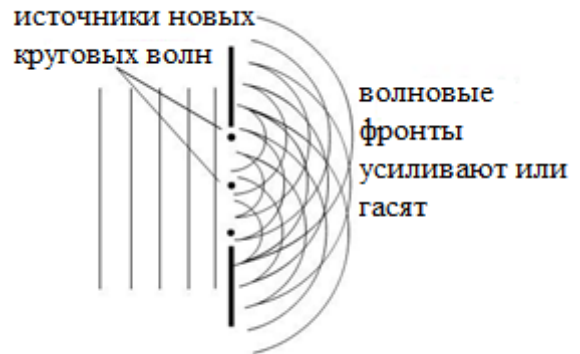
### Теория

Когда волновой поезд сталкивается с препятствием, луч света изгибается по углам и краям его, что вызывает распространение световых волн в геометрическую тень препятствия. Это явление называется дифракцией.

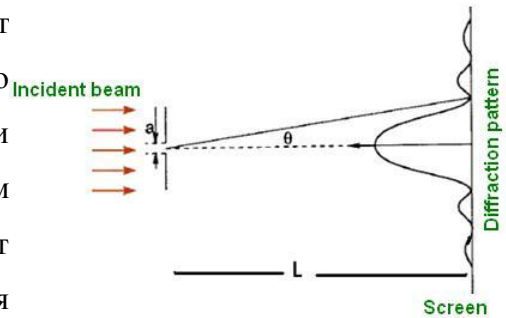
### Дифракция на одной щели:

Когда волны проходят через зазор, ширина которого примерно равна длине волны, они распространяются в область за зазором. Гюйгенс считал каждую точку на фронте волны источником вторичного возмущения, которое формирует полукруглый вейвлет. Дифракция возникает из-за наложения таких вторичных вейвлетов. Вторичные вейвлеты распространяются и перекрывают друг друга, интерферируя друг с другом, образуя рисунок максимальной и минимальной интенсивности. Рисунок, сформированный

на экране, состоит из широкой центральной светлой полосы с темными полосами по бокам. Темные полосы возникают, когда свет из верхней половины щели разрушительно мешает свету из нижней половины.



Рассмотрим щель шириной «а». Пусть под углом  $\theta$  разность хода между верхом и низом щели равна длине волны. Это вызывает деструктивную интерференцию, потому что разница в пути между вершиной и серединой щели составляет половину длины волны. Под этим углом весь свет из верхней половины щели будет погашен светом из нижней половины, образуя темную полосу.



$$\therefore \Delta S = a \sin \theta \quad (1)$$

Минимум интенсивности будет иметь место, если эта разница в длине пути представляет собой целое число длин волн.

$$a * \sin(\theta) = n\lambda \quad (2)$$

где,  $n$ - порядок каждого минимума

$\lambda$ - длина волны,

$a$  - расстояние между щелями

$\theta$  - угол, при котором возникает деструктивная интерференция.

Интенсивность определяется выражением,

$$I = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{N\delta}{2}\right)}{\left(\frac{\delta}{2}\right)^2} \quad (3)$$

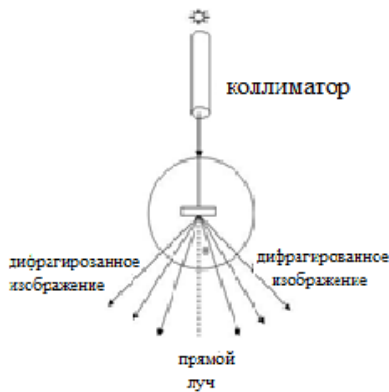
где  $\delta$  - полный фазовый угол, он может быть связан с углом отклонения,

$$\delta = \frac{2\pi a \sin(\theta)}{\lambda} \quad (4)$$

$I_0$  является интенсивностью максимального

$\lambda$  является длиной волны света и ширина щели.

Дифракционная решетка - это оптический компонент, имеющий периодическую структуру, которая может разделять и преломлять свет от нескольких лучей, движущихся в разных направлениях. Это зависит от шага решетки и длины волны падающего света.



При нормальной заболеваемости

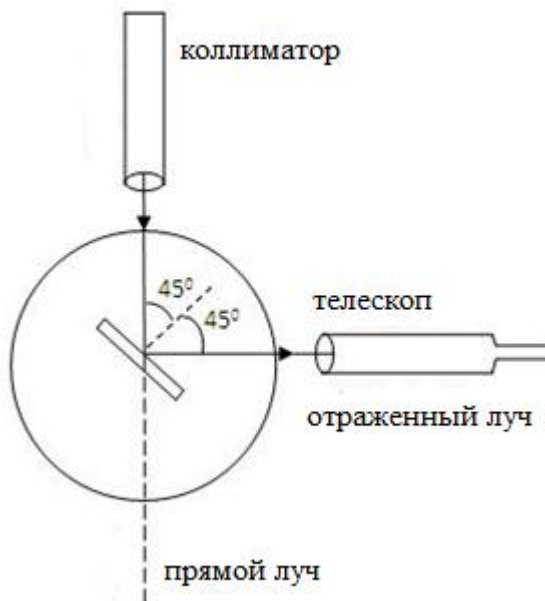
$$\sin\theta = Nn\lambda \quad (5)$$

где,  $N$  - количество линий на единицу длины решетки

$n$  - порядок спектра

$\lambda$  - длина волны света.

$\theta$  - угол дифракции.



## Процедура

### Порядок действий в реальной

### лаборатории

Произведены предварительные настройки спектрометра. Решетка настроена на нормальное падение. Прорезь освещена вавриком из паров ртути. Телескоп приводится в соответствие с коллиматором, и прямое изображение щели совмещается с вертикальным поперечным проводом. Отмечаются показания одного нониуса. Нониусный стол надежно закреплен. Теперь телескоп повернут ровно на  $90^0$  и зафиксирован в этом положении. Решетка устанавливается на призматическом столе вертикально линейчатой поверхностью к коллиматору. Столик с нониусом отпускают и медленно вращают, пока

отраженное изображение не совпадет с вертикальной поперечной проволокой. Регулировочные винты отрегулированы так, чтобы изображение находилось в центре поля зрения телескопа. Стол призмы зафиксирован, и после точной настройки тангенциальным винтом, отмечаются показания нониуса. Теперь угол падения  $45^{\circ}$ . Затем нониусный стол освобождается и поворачивается точно на  $45^{\circ}$  в нужном направлении, так что поверхность решетки становится перпендикулярной падающему свету. Нониусный стол в этом положении прочно зажат.

Затем телескоп отпускают и приводят к прямому изображению. По обе стороны от прямого изображения видны дифракционные спектры. Телескоп медленно поворачивают влево так, чтобы вертикальная поперечная проволока совпадала с фиолетовыми линиями первого порядка. Снимаются показания нониуса. Затем вертикальная поперечная проволока совмещается с другими линиями слева, и в каждом случае снимаются показания нониуса. Затем телескоп перемещают вправо, и аналогично снимаются показания различных линий. Для каждой строки определяется разница между показаниями слева и справа на одном нониусе. Среднее значение этой разницы дает  $2\theta$  - вдвое больший угол дифракции. Таким образом определяется угол дифракции  $\theta$  для каждой спектральной линии. Длина волны зеленой линии  $546,1 \times 10^{-9}$  м. Подсчитывается количество линий на метр (N) решетки. Используя это значение N, вычисляются длины волн других заметных линий в этом спектре.

#### **Порядок действий на тренажере:**

Моделирование виртуализирует эксперимент со спектром Меркурия. Пользователь может использовать решетчатый спектрометр для измерения длин волн желтых, зеленых, фиолетовых и красных линий в видимом спектре Меркурия.

#### **Составные части**

Спектрометр, решетка и ртутная лампа.

#### **Переменная область:**

**Ползунок калибровки телескопа:** этот ползунок помогает пользователю изменять фокусировку телескопа.

1. **Кнопка «Пуск»:** помогает пользователю начать эксперимент после настройки фокуса телескопа. Кнопка «Пуск» может быть активирована только при правильной фокусировке телескопа.
2. **Кнопка переключения света:** помогает пользователю включить или выключить лампу.
3. **Кнопка переключения решетки:** помогает пользователю установить или удалить решетку.



4. **Ползунок угла телескопа:** этот ползунок помогает пользователю изменять угол телескопа.
5. **Ползунок угла нониуса:** этот ползунок помогает пользователю изменять угол нониуса.
6. **Ползунок угла телескопа:** помогает вносить незначительные изменения в угол телескопа.
7. **Кнопка калибровки телескопа:** помогает пользователю при необходимости откалибровать телескоп после начала эксперимента.

### Процедура моделирования

Чтобы стандартизировать решетку:

- Поверните телескоп, чтобы получить изображение щели.
- Поверните телескоп в обе стороны, чтобы увидеть зеленые линии. Обратите внимание на показания обоих верньеров.
- Рассчитайте разницу в показаниях, чтобы получить угол дифракции. Затем из уравнения можно рассчитать количество линий на единицу длины решетки.

### Для расчета длины волны разных линий

- Получите прямое изображение.
- Телескоп перемещают так, чтобы поперечная проволока совпадала с каждой линией спектра.
- Запишите показания верньеров и рассчитайте угол дифракции.
- Затем рассчитайте длину волны каждого цвета.

### Наблюдения и расчеты

#### Стандартизация оборудования

Зеленый ( $\lambda$ , нм)	Левый		Правый		Разница ( $2\theta$ )		Среднее $\theta$	$N = \sin\theta/n\lambda$
	Ver I	Ver II	Ver I	Ver II	Ver I	Ver II		

Для зеленого света  $\lambda = 546,1$  нм

Определение длины волны для заметных линий

Цвет	Левый		Правый		Разница ( $2\theta$ )		Среднее $\theta$	$\lambda = \sin\theta/nN$
	Ver I	Ver II	Ver I	Ver II	Ver I	Ver II		
Желтый I								
Желтый II								
Голубовато-зеленый								
Фиолетовый I								
Фиолетовый II								

### Полученные результаты

Длина волны Желтого I = ..... нм

Длина волны Желтого II = ..... нм

Длина волны Сине-зеленого = ..... нм

Длина волны Фиолетового I = ..... нм

Длина волны Фиолетового II = ..... нм

### Задания

- Рассчитайте количество линий на единицу длины данной решетки с помощью симулятора.
- Используя зеленый свет в качестве стандарта, вычислите количество линий на единицу длины решетки и, следовательно, получите длину волны красной линии спектра.
- Найдите угол дифракции красной линии для спектра первого порядка спектра ртути.
- Сравните длину волны красной и фиолетовой линий спектра ртути с помощью дифракционной решетки.
- Получите длину волны всех выступающих линий спектра ртути с помощью дифракционной решетки.

### Тест

1. Монохроматический свет с длиной волны 590 нм падает нормально на плоскую дифракционную решетку, имеющую  $4 \times 10^5$  линий  $\text{м}^{-1}$ . Создается интерференционная картина. Какой высший порядок виден в этой интерференционной картине?

- а) 2
- б) 3
- в) 4
- г) 5

2. Свет с длиной волны  $\lambda$  падает нормально на дифракционную решетку с разделением щелей  $4\lambda$ .

Каков угол между максимумом второго порядка и максимумом третьего порядка?

- а)  $14,5^\circ$
- б)  $18,6^\circ$
- в)  $48,6^\circ$
- г)  $71,4^\circ$

3. Монохроматический свет с длиной волны 490 нм обычно падает на дифракционную решетку, имеющую  $6 \times 10^5$  линий на метр.

Какое из следующих утверждений является правильным?

- а) Первый порядок наблюдается при угле дифракции  $17^\circ$ .
- б) Второй порядок наблюдается при угле дифракции  $34^\circ$ .
- в) Третий и более высокие порядки не производятся.
- г) Решетка с большим количеством линий на метр может привести к большому количеству заказов.

4. Свет с длиной волны  $\lambda$  обычно падает на дифракционную решетку, для которой соседние линии находятся на расстоянии  $3\lambda$  друг от друга. Каков угол между максимумом второго порядка и прямым положением?

- а)  $9,6^\circ$
- б)  $20^\circ$
- в)  $42^\circ$
- г) Не существует максимума второго порядка.

5. Источник света излучает свет, представляющий собой смесь двух длин волн,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ .

Когда свет падает на дифракционную решетку, обнаруживается, что свет пятого порядка длины волны  $\lambda_1$  возникает под тем же углом, что и свет четвертого порядка длины волны  $\lambda_2$ .

Если  $\lambda_1$  равно 480 нм, то что такое  $\lambda_2$ ?

- а) 400 нм
- б) 480 нм
- в) 600 нм
- г) 750 нм

7. Дифракционная картина формируется при пропускании монохроматического света через одну щель. Если ширина одной щели уменьшена, что из следующего верно?

Ширина центрального максимума Интенсивность центрального максимума

- а) неизменное снижение

б) увеличивает увеличивает

в) увеличивается уменьшается

г) уменьшается уменьшается

8. Свет с длиной волны  $\lambda$  проходит через дифракционную решетку с расстоянием между щелями  $d$ . На экране наблюдается ряд линий (узор бахромы).

Каков угол  $\alpha$  между двумя линиями первого порядка?

а)  $\sin^{-1}(\lambda/2d)$

б)  $\sin^{-1}(\lambda/d)$

в)  $2\sin^{-1}(\lambda/2d)$

г)  $2\sin^{-1}(\lambda/d)$

9. Эксперимент с дифракционной решеткой проводится с использованием желтого света с длиной волны 600 нм.

Решетка имеет щелевое разделение 2,00 мкм.

Каково угловое расстояние ( $\theta_2 - \theta_1$ ) между максимумами первого и второго порядка желтого света?

а)  $17,5^\circ$

б)  $19,4^\circ$

в)  $36,9^\circ$

г)  $54,3^\circ$

10. Волна дифрагирует, проходя через отверстие в барьере.

Величина дифракции, которой подвергается волна, зависит как от:

а) амплитуда и частота падающей волны.

б) длина волны и амплитуда падающей волны.

в) длина волны падающей волны и размер отверстия.

г) амплитуда падающей волны и размер отверстия.

11. Что из нижеперечисленного свидетельствует о том, что свет имеет волновую природу?

а) Излучение света при переходе на энергетический уровень в атоме водорода.

б) Дифракция света, проходящего через узкое отверстие.

в) Поглощение ультрафиолетового излучения при фотоэлектрическом эффекте.

г) Отражение света от зеркала

12. Какие изменения наблюдаются в дифракционной картине, если весь аппарат погружен в воду?

а) Длина волны света увеличивается

б) Ширина центрального максимума увеличивается

в) Ширина центрального максимума уменьшается

г) Частота света уменьшается

13. Как изменится дифракционная картина, если вместо монохроматического света используется белый свет?

а) Шаблон больше не будет виден

б) Форма рисунка изменится с гиперболической на круговую

в) Цветной узор будет наблюдаться с белой яркой бахромой в центре

г) Яркие и темные полосы изменят свое положение

14. Если расстояние Френеля равно  $a$ , то каким должно быть расстояние экрана от щели,  $d$ , такое, чтобы лучевая оптика больше не действовала?

а)  $d > a$

б)  $d < a$

в)  $d = a$

г) Нет связи между  $d$  и  $a$

15. Звуковые волны не могут быть дифрагированы.

а) Истинный

б) Ложные

16. Для какого эксперимента наблюдается следующая закономерность?

а) Интерферометр Фабри-Перо

б) Двухщелевая дифракция Фраунгофера

в) Однощелевая дифракция Фраунгофера

г) Дифракция Френеля

17. Каково будет угловое расстояние полосы первого порядка от центрального максимума, когда свет с длиной волны 500 нм дифрагирует на щели шириной 0,5 мм?

а) 2,1 минуты

б) 3,4 минуты

в) 4,8 минуты

г) 5,6 минуты

18. Дифракционная картина получается с прямым краем с использованием света с длиной волны 5500 Å. Расстояние между краем и источником составляет 15 см, в то время как расстояние между краем и окуляром составляет 3 м. Каково положение первого максимума?

а) 1,01 см

б) 2,03 см

в) 0,46 см

г) 1,56 см

19. Экран помещается на расстоянии 2 м от объектива для получения дифракционной картины в фокальной плоскости объектива в эксперименте с дифракцией с одной щелью. Какова будет ширина щели, если первый минимум лежит на 5 мм по обе стороны от центрального максимума, когда на щель падают плоские световые волны с длиной волны 4000 Å?

- а) 0,16 мм
- б) 0,26 мм
- в) 0,36 мм
- г) 0,46 мм

20. Рентгеновская кристаллография использует какую характеристику света?

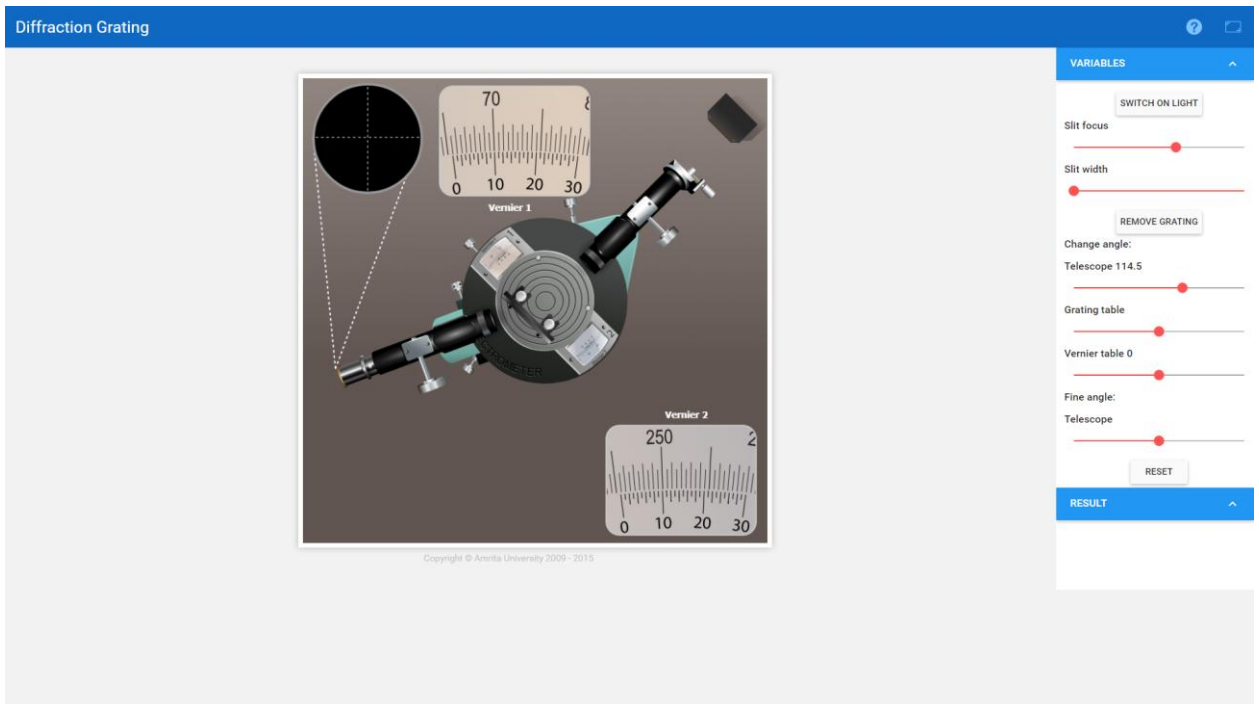
- а) Поляризация
- б) Помехи
- в) Дифракция
- г) Согласованность

21. Наблюдая дифракционную картину, говорят, что два изображения просто разрешены, когда \_\_\_\_\_

- а) Центральные максимумы одного изображения совпадают с центральными максимумами другого
- б) Центральные максимумы одного не совпадают с центральными максимумами другого
- в) Центральные максимумы одного изображения совпадают с первым минимумом другого
- г) Центральные максимумы одного изображения не совпадают с первым минимумом другого

### **Контрольные вопросы**

1. Что влияет на дифракционную решетку?
2. Какой тип дифракции возникает в дифракционной решетке?
3. Что можно использовать в качестве дифракционной решетки?
4. Как изготавливается дифракционная решетка?
5. Какова разрешающая способность решетки?
6. Что происходит, когда вы увеличиваете количество щелей в дифракционной решетке?
7. Какой цвет смещается больше всего в дифракционной решетке?
8. Как дифракционная решетка создает спектр излучения?
9. Почему предпочтительны дифракционные решетки с большим количеством линий?
10. Почему предпочтительны дифракционные решетки с большим количеством линий?
11. Почему используется дифракционная решетка?



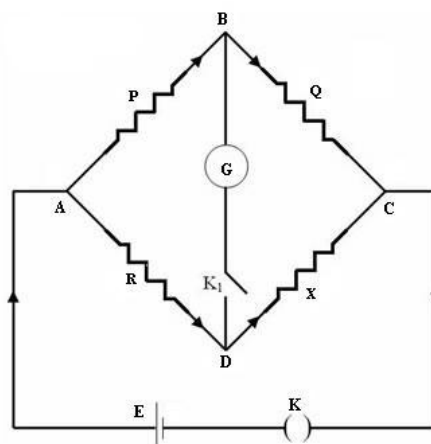
## Температурный коэффициент сопротивления

**Цель:** Найти температурный коэффициент сопротивления данной катушки.

**Аппарат:** мост Кэри-Фостера, неизвестный низкий резистор, блок сопротивлений, свинцовый аккумулятор, жокей, односторонний ключ, гальванометр, соединительные провода и т. д.

### Теория

Фостерский мост Кэри в основном аналогичен метровому мосту, который состоит из четырех сопротивлений  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  и  $X$ , которые соединены друг с другом, как показано на рисунке 1.

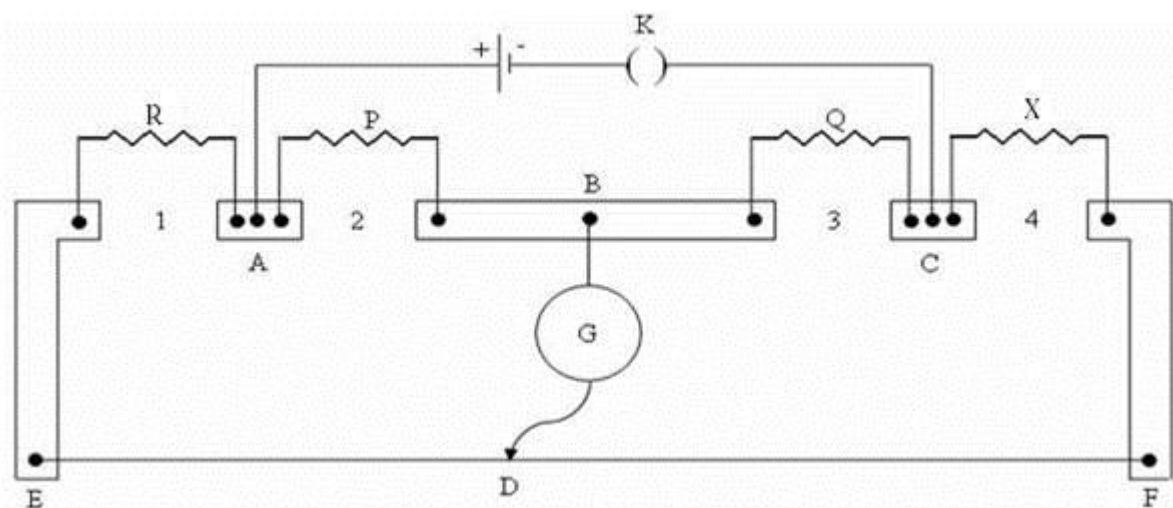


### Рисунок 1: Мост Уитстона

В этой схеме  $G$  - гальванометр,  $E$  - свинцовый аккумулятор, а  $K_1$  и  $K$  - ключ гальванометра и ключ аккумулятора соответственно. Если значения сопротивлений настроены так, чтобы через гальванометр не протекал ток, и если известно какое-либо из трех сопротивлений  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  и  $X$ , неизвестное сопротивление можно определить с помощью соотношения

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

Приемный мост Кэри используется для измерения разницы между двумя почти равными сопротивлениями. Зная значение одного из них, можно рассчитать другое. В этом мосту концевые сопротивления исключаются в расчетах. Это является преимуществом, и, следовательно, его можно удобно использовать для измерения заданного сопротивления.



Пусть  $P$  и  $Q$  - равные сопротивления, включенные во внутренние промежутки 2 и 3, стандартное сопротивление  $R$  подключено в промежутке 1, а неизвестное сопротивление  $X$  подключено в промежутке 4. Пусть  $l_1$  будет балансирующей длиной  $ED$ , измеренной от конца  $E$ . По принципу точильного камня

$$\frac{P}{Q} = \frac{R+a+l_1\rho}{X+b+(100-l_1)\rho} \quad (1)$$

где,  $a$  и  $b$  - концевые поправки на концах  $E$  и  $F$ ,  $\rho$  - сопротивление на единицу длины перемычки.

Если эксперимент повторить с заменой  $X$  и  $R$ , и если  $l_2$  - это балансирующая длина, измеренная от конца  $E$ ,



$$\frac{P}{Q} = \frac{X+a+l_2\rho}{R+b+(100-l_2)\rho} \quad (2)$$

Из уравнения (1) и (2)

$$X = R + \rho(l_1 - l_2) \quad (3)$$

Пусть  $l_1$  и  $l_2$  - длины балансировки, когда вышеупомянутый эксперимент проводится со стандартным сопротивлением  $r$  (скажем, 0,1) вместо  $R$  и толстой медной полосой с нулевым сопротивлением вместо  $X$

Из уравнения (3),

$$0 = r + \rho(l'_1 - l'_2)$$

$$\text{или же } \rho = \frac{r}{l'_1 - l'_2}$$

Если  $X_1$  и  $X_2$  - сопротивление катушки при температурах  $t_1$  °C и  $t_2$  °C, температурный коэффициент сопротивлений определяется уравнением,

$$\alpha = \frac{X_2 - X_1}{X_1 t_2 - X_2 t_1}$$

Кроме того, если  $X_0$  и  $X_{100}$  - это сопротивление катушки при 0° C и 100° C,

$$\alpha = \frac{X_{100} - X_0}{X_0 \times 100}$$

## Порядок выполнения моделирования

### Калибровка моста Кэри Фостерса

1. Перетащите «резистор» в промежуток 2 и 3 моста Кэри.
2. Перетащите Fractional resistor в зазор 1.
3. Перетащите батарею на место между двумя «резисторами».
4. Перетащите медную полоску в зазор 4.
5. Нажмите кнопку продолжения вверх.
6. Щелкните и снимите отметку с сопротивления, которое необходимо ввести в «Резистор».
7. Кнопка включения питания для запуска и выключения для остановки эксперимента.
8. Измените положение жокея, чтобы получить балансировочную длину  $l'_1$ .
9. Кнопка обратного подключения для замены медной ленты частичным резистором.
10. Переместите жокей, чтобы получить балансировочную длину  $l'_2$ .
11. Сопротивление на см переключки находится по формуле

$$\rho = \frac{r}{l'_1 - l'_2}$$

12. Повторите эксперимент для разных значений сопротивления.

### Чтобы найти температурный коэффициент сопротивления

1. Повторите шаги 1-3.
2. Перетащите «Неизвестное сопротивление 1» в промежуток 4 моста.
3. Введите сопротивление и переместите жокей, чтобы получить балансирующую длину  $l_1$ .
4. Кнопка реверса для замены неизвестного сопротивления 1 на дробный резистор.
5. Переместите жокей, чтобы получить балансирующую длину  $l_2$ .
6. Неизвестное значение сопротивления находится по формуле

$$X = R + \rho(l_1 - l_2)$$

7. Повторите эксперимент для различных температур  $t_1, t_2, \dots$ . И отметьте соответствующие сопротивления  $X_1, X_2, \dots$ .
8. Температурный коэффициент сопротивления находится по формуле

$$\alpha = \frac{X_2 - X_1}{X_1 t_2 - X_2 t_1}$$

9. Повторите эксперимент для неизвестного сопротивления 2.
10. График построен между значениями  $X$  и  $t$ , который дает прямую линию с наклоном

### Задания

1. Провода из манганина используются в коробках сопротивлений. Почему?
2. Углеродный резистор имеет цветные полосы с последовательностью желтого, фиолетового, коричневого и золотого цветов. Какой номинал резистора?
3. Медный провод длиной 10 м имеет сопротивление 2 Ом на метр при  $20^{\circ}$  С. Найдите его сопротивление при  $50^{\circ}$  С. Температурный коэффициент сопротивления =  $3,8 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ} \text{C}^{-1}$
4. Серебряный провод имеет сопротивление 2,1 Ом при  $27,5^{\circ}$  С и 2,7 Ом при  $100^{\circ}$  С. Определите температурный коэффициент сопротивления.
5. Найдите сопротивление неизвестного провода 2 в симуляторе при  $75^{\circ}$  С.

### Тест

1. Низкое сопротивление может быть точно измерено с помощью ...

- а) моста Кельвина  
 б) Мост из пшеничного камня  
 в) Мост Вейна  
 г) Ничего из вышеперечисленного.
2. Нагревательный элемент горячей плиты на электрической плите потребляет 12 ампер от сети 240 В. Сколько киловатт-часов энергии будет потреблено за один час и 15 минут
- а) 1.2  
 б) 3.2  
 в) 6,0  
 г) 7.2.
3. Температурный коэффициент сопротивления выражается в единицах а
- а) Ом/Ом оС  
 б) mhos/ом оС  
 в) mhos/oC  
 г) ом/oC.
4. Если  $R_1$  - сопротивление катушки из меди при  $t^0$  С, а  $R_T$  - сопротивление при  $T^0$  С, а также температурный коэффициент сопротивления меди на градус центрифуги при  $0^0$  С составляет  $1/234,45$ , то  $R_t/R_T$
- а)  $(1+t)/(1+T)$   
 б)  $(1+234,45 t) / (1+234,45 T)$   
 в)  $(234,45 + t) / (234,45 + T)$   
 г)  $(234,45 + t^2) / (234,45 + T^2)$ .
5. Удельное сопротивление обычно выражается в терминах а
- а) mho  
 б) ом/oC  
 в) ом/см-квадрат  
 г) ом/см-куб.
6. Какой материал, как ожидается, будет иметь наименьшее удельное сопротивление?
- а) Медь  
 б) Ведущий  
 в) Ртуть  
 г) Цинк.
7. Шунтирующая обмотка двигателя имеет сопротивление 85 Ом при  $22^0$  С. Когда двигатель работает при полной нагрузке, его сопротивление увеличивается до 100 Ом.

- Температурный коэффициент сопротивления обмотки на  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 0,004. Повышение температуры обмотки будет почти
- а)  $20^{\circ}\text{C}$
  - б)  $50^{\circ}\text{C}$
  - в)  $70^{\circ}\text{C}$
  - г)  $100^{\circ}\text{C}$ .
8. Температурный коэффициент сопротивления определяется как
- а) увеличение сопротивления на градус по Цельсию
  - б) снижение сопротивления на градус по Цельсию
  - в) отношение увеличения сопротивления на градус Цельсия к сопротивлению при  $0^{\circ}\text{C}$
  - г) отношение увеличения сопротивления на градус Цельсия к скорости повышения сопротивления при  $0^{\circ}\text{C}$ .
9. Две катушки, соединенные последовательно, имеют сопротивление 600 Ом и 300 Ом и температурные коэффициенты 0,1% и 0,4% соответственно. Сопротивление комбинации при  $50^{\circ}\text{C}$  будет
- а) 1050 ом
  - б) 1001 ом в
  - в) 1600 ом
  - г) 990 ом.
10. Лампа накаливания мощностью 100 Вт, 200 В имеет рабочую температуру  $2000^{\circ}\text{C}$ . Материал нити накала имеет температурный коэффициент сопротивления 0,005 при  $0^{\circ}\text{C}$  на ОС. Ток, принимаемый лампой в момент переключения при питании 200 В с температурой нити накала  $20^{\circ}\text{C}$ , составит а
- а) 1 А
  - б) 3 А
  - в) 5 А
  - г) 10А.
11. Погружной стержень нагревает ведро воды за 15 минут. Для того, чтобы вода закипела через 10 минут
- а) длина нагревательного элемента стержня должна быть увеличена
  - б) длина нагревательного элемента стержня должна быть уменьшена
  - в) напряжение питания должно быть уменьшено
  - г) следует использовать нагревательный элемент большего диаметра.

### Контрольные вопросы

1. Как вы находите температурный коэффициент сопротивления?

2. Как температурный коэффициент влияет на сопротивление?
3. Что такое температурный коэффициент сопротивления, объясните?
4. Что подразумевается под температурным коэффициентом сопротивления, выведите выражение для сопротивления при различных температурах?
5. Почему сопротивление увеличивается с повышением температуры?
6. Как температура влияет на ток и напряжение?
7. Как изменяется сопротивление с температурой?
8. Какой из следующих металлов имеет самый низкий температурный коэффициент сопротивления?
9. Имеет ли температура отрицательный коэффициент?
10. Почему металлы обладают положительным температурным коэффициентом сопротивления?
11. Почему большинство резисторов имеют положительный температурный коэффициент?
12. Какой из следующих материалов имеет температурный коэффициент сопротивления, очень близкий к нулю?
13. Что вы подразумеваете под температурным коэффициентом сопротивления материала?

Temperature Coefficient of Resistance

Copyright © Ananta University 2009 - 2015

WhatsApp Image...jpeg    WhatsApp Image...jpeg    Показать все

### Литература

1. Эгембердиев Ж. Калбекова М “Физикалык практикум. Компьютердик моделдердин жардамында аткарылуучу лабораториялык иштер. – Ош. – 2009. -129 б. Молекулалык физика”.
2. Эгембердиев Ж. Кожобекова П., Мамасадыкова Ж. Физикалык практикум. - Ош. - 2008. - 146 б.
3. Эгембердиев Ж., Оморалиева З. Физикалык практикум. Электромагнетизм. - Ош. -2012. -141 б.
4. Бокоева Л. Виртуальные лаборатории по физике. - С- петербург. – 2012.
5. [http.sunspire.ru](http://sunspire.ru)
6. Боярский К.К., Монахов В.В., Евстингнеев Л.А.. Виртуальная лаборатория по физике в WWWди 10-11классов. - СПб. - 1998. -75 с.