

# Эксперимент Франка-Герца с неоновой трубкой



P2510315

Физика

Современная физика

Квантовая физика

Химия

Физическая химия

Структура атома и его свойства



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

лёгкий

1

10 Минут

10 Минут

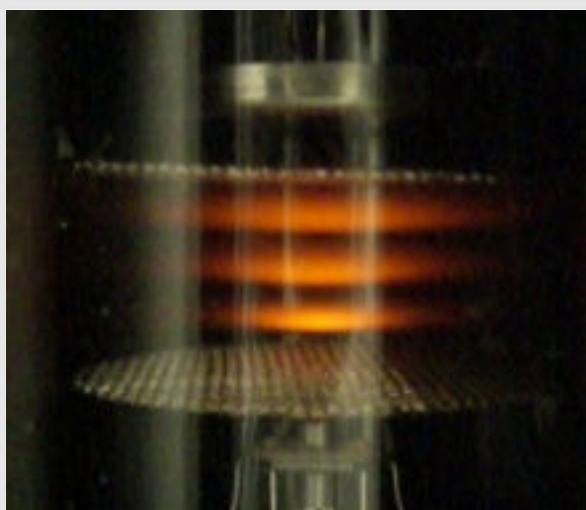
This content can also be found online at:


<http://localhost:1337/c/613f1ff6af649100034ea23e>

**PHYWE**

## Общая информация

### Описание

**PHYWE**

Эксперимент Франка-Герца с Неоном

Эксперимент Франка-Герца показывает поглощение кинетической энергии электронов атомами неона или атомами ртути в оригинальном эксперименте.

## Дополнительная информация (1/2)



### Предварительные знания



Предварительные знания, необходимые для этого эксперимента, содержатся в разделе теории.

### Принцип



Электроны ускоряются в трубке, заполненной газом неоном. Энергия возбуждения неона определяется по расстоянию между равноудаленными минимумами тока в переменном электрическом поле.

## Дополнительная информация (2/2)



### Цель обучения



Понимание квантов энергии с помощью эксперимента Франка-Герца с Неоном

### Задачи



1. Запишите силу обратного тока  $I$  в трубке Франка-Герца в зависимости от анодного напряжения  $U$ .
2. Определите энергию возбуждения  $E$  с учетом разницы минимумов или максимумов силы тока.

## Указания по технике безопасности

PHYWE

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов на уроках естествознания.

## Теория (1/5)

PHYWE

Нильс Бор представил планетарную модель атома в 1913 году: Изолированный атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого на электронных орбитах расположены электроны. Кроме того он утверждал, что электроны находятся на тех орbitах, для которых момент импульса равен целому кратному  $h/2\pi$ , т.е.  $n \cdot h/2\pi$  где  $n$  - целое число, а  $h$  - постоянная Планка.

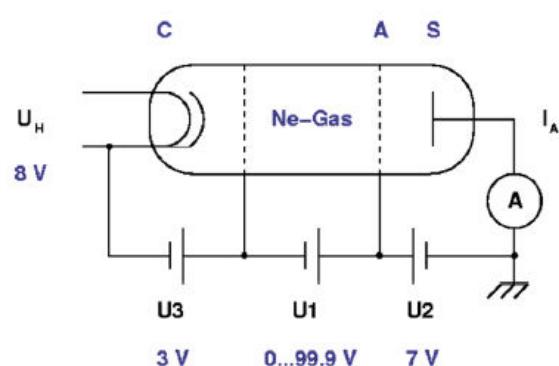
Боровская картина электронов в дискретных состояниях с переходами между этими состояниями, производящими излучение, частота которого определяется разностью энергий между состояниями, может быть выведена из квантовой механики, которая заменила классическую механику при работе со структурами столь малыми, как атомы.

Из модели Бора следует, что подобно тому, как электроны могут переходить из разрешенных более высоких энергетических состояний в более низкие, они могут возбуждаться в более высокие энергетические состояния, поглощая именно то количество энергии, которое представляет собой разницу между низшими и высшими состояниями.

## Теория (2/5)

Джеймс Франк и Густав Герц подтвердили, что это действительно так, в серии экспериментов, о которых было сообщено в 1913 году, в том же году, когда Бор представил свою модель. Франк и Герц использовали пучок ускоренных электронов для измерения энергии, необходимой для перевода электронов в основном состоянии газа атомов ртути в первое возбужденное состояние.

В данном эксперименте используется трубка, заполненная газом неоном. Электроны, испускаемые термоионным катодом, ускоряются между катодом С и анодом А в трубке, заполненной неоном, и рассеиваются при упругом столкновении с атомами неона.



Принцип измерения.

## Теория (3/5)

От анодного напряжения  $U_1$  16,8 В, однако кинетическая энергия электронов достаточна, чтобы перевести валентный электрон неона на первый уровень возбуждения в результате неупрого столкновения. Из-за сопутствующей потери энергии электрон больше не может пересечь противоположное поле между анодом А и противоэлектродом S: ток I минимален.

Если теперь еще больше увеличить анодное напряжение, то кинетическая энергия электрона снова становится достаточной для преодоления противодействующего поля: сила тока I увеличивается.

Когда  $U_1 = 2 \cdot 16,8$  В кинетическая энергия настолько высока, что два атома подряд могут быть возбуждены одним и тем же электроном: мы получаем второй минимум.

Эти минимумы, однако, не очень хорошо определены из-за начального теплового распределения скоростей электронов.

## Теория (4/5)



Напряжение  $U_1$  между анодом и катодом представлено

$$U_1 = U + (\Phi_A - \Phi_C)$$

где  $U$  - подаваемое напряжение, и  $\Phi_C$  напряжение работы выхода на аноде и катоде соответственно. Поскольку энергия возбуждения  $E$  определяется по разности напряжений на минимумах, работой выхода здесь можно пренебречь.

Согласно классической теории, энергетические уровни, на которые переходят атомы ртути, могут быть любыми. Согласно квантовой теории, однако, определенный энергетический уровень предназначен для определенного атома.

Кривая  $I/U_A$  была впервые объяснена на основе этого представления и, таким образом, представляет собой подтверждение квантовой теории. Возбужденный атом неона снова высвобождает поглощенную им энергию при испускании фотона.

## Теория (5/5)



Когда энергия возбуждения  $E$  равна 16,8 эВ, длина волны этого фотона составляет

$$\lambda = \frac{ch}{E}$$

где  $c = 2.9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$  и  $h = 4.136 \cdot 10^{-15} eV$

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Не-трубка Франка-Герца, с кожухом	09105-40	1
2	Блок питания для эксперимента Франка-Герца	09105-99	1
3	Соединительный шнур для Не-трубки Франка-Герца	09105-50	1
4	ПО для эксперимента Франка-Герца	14522-61	1
5	Преобразователь USB - RS232	14602-10	1
6	Кабель передачи данных, штекер/гнездо, 9-контакт.	14602-00	1
7	Кабель с защитным покрытием, BNC, l=750 мм	07542-11	1

## Дополнительное оборудование

PHYWE

Позиция	Материал	Количество
1	ПК	1

PHYWE



## Подготовка и выполнение работы

## Подготовка

PHYWE



Экспериментальная установка

Соберите установку как показано на рисунке.  
Подробности см. в инструкции по эксплуатации прибора 09105-99.

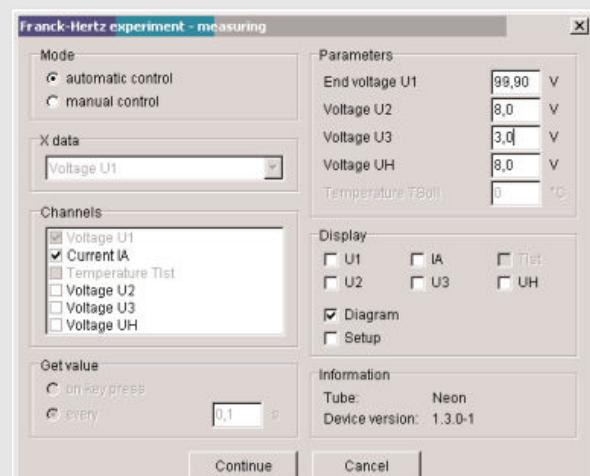
Подключите блок управления Franck-Hertz к порту компьютера COM1, COM2 или к порту USB

## Выполнение работы

PHYWE

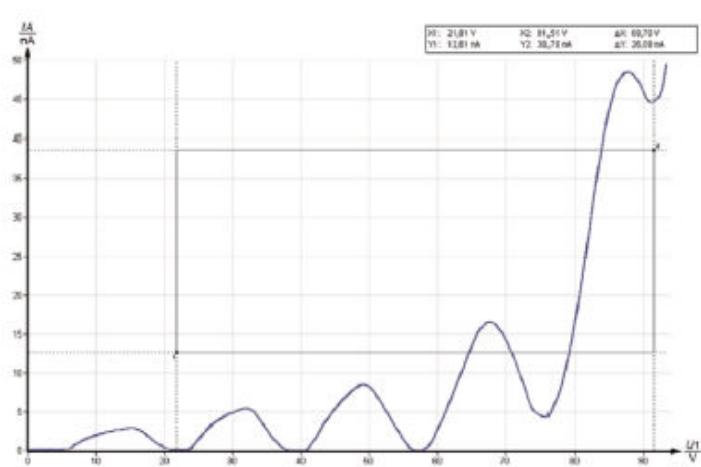
Запустите программное обеспечение и выберите Franck-Hertz Эксперимент. Появится окно "Франк-Герц-эксперимент". Оптимальные параметры различны для каждой Ne-трубки. Конкретные параметры для вашего прибора вы найдете на листе, который вложен в упаковку Ne-трубки. Установите данные параметры в программном обеспечении.

Выберите параметры для U1, U2, U3 и UH, указанные на этом листе, и убедитесь, что остальные параметры установлены, как показано на рис. 2. Нажмите кнопку продолжить.



Измерительные параметры.

## Оценка (1/2)



Пример кривой Франка-Герца, записанной с помощью Не-трубки.

График  $I/U_1$  показывает равноудаленные максимумы и минимумы.

Для нашей оценки мы определяем значения напряжения минимумов. Из разницы между этими значениями мы получаем энергию возбуждения  $E$  атома неона, взяв среднее значение. Оценивая измерения на рисунке, мы получили значение

$$E = (17.4 \pm 0.7) \text{ eV}$$

## Оценка (2/2)



Заполните пропуски:

В трубке, заполненной [redacted], электроны испускаются свечением из термоионного [redacted] и ускоряются к [redacted].

неоновым газом

уменьшаются

Если напряжение увеличивается медленно, измеренные значения тока сначала

аноду

[redacted] экспоненциально, до определенного напряжения, а затем

увеличиваются

[redacted] медленно. Значения тока [redacted] снова,

когда напряжение удваивается по сравнению с начальным напряжением (при катода

котором ток возрастает).

увеличиваются

[redacted]

катода

Проверьте

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 17: Сводный эксперимент

**0/6**

Общий балл

 0/6

Показать решения



Повторная попытка

**11/11**