

Эксперимент Франка-Герца с неоновой трубкой



P2510315

Физика

Современная физика

Квантовая физика

Химия

Физическая химия

Структура атома и его свойства



Уровень сложности

легко



Размер группы

1



Время подготовки

10 Минут



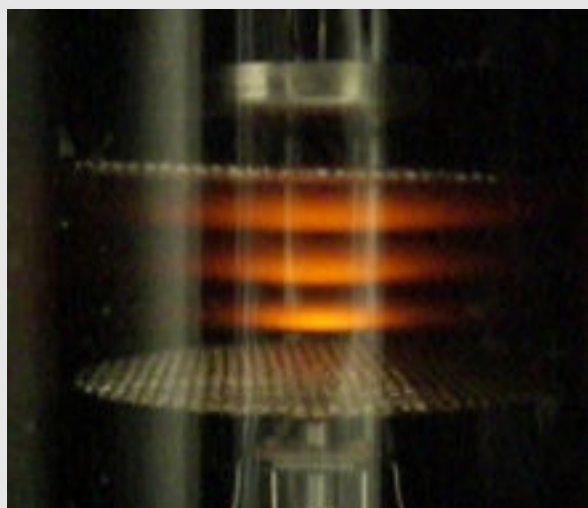
Время выполнения

10 Минут

PHYWE
excellence in science

Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science

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)

PHYWE
excellence in science

Предварительные знания



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

Принцип



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

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

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
excellence in science

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

Теория (1/5)

PHYWE
excellence in science

Нильс Бор представил планетарную модель атома в 1913 году: Изолированный атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого на электронных орбиталях расположены электроны. Кроме того он утверждал, что электроны находятся на тех орбитах, 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.

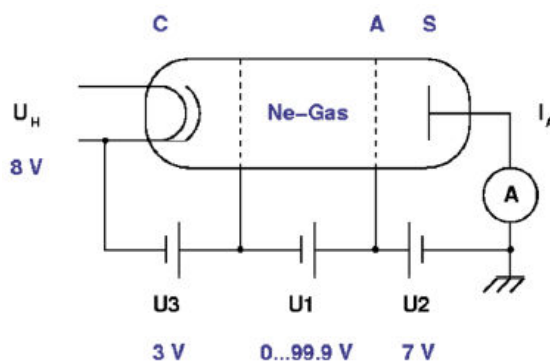
Из модели Бора следует, что подобно тому, как электроны могут переходить из разрешенных более высоких энергетических состояний в более низкие, они могут возбуждаться в более высокие энергетические состояния, поглощая именно то количество энергии, которое представляет собой разницу между низшими и высшими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

Теория (2/5)

PHYWE
excellence in science

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)

PHYWE
excellence in science

От анодного напряжения U_1 16,8 В, однако кинетическая энергия электронов достаточна, чтобы перевести валентный электрон неона на первый уровень возбуждения в результате неупругого столкновения. Из-за сопутствующей потери энергии электрон больше не может пересечь противоположное поле между анодом А и противозлектродом 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 Φ_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 No.	Количество
1	Ne-трубка Франка-Герца, с кожухом	09105-40	1
2	Блок питания для эксперимента Франка-Герца	09105-99	1
3	Соединительный шнур для Ne-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
excellence in science

Позиция	Материал	Количество
---------	----------	------------

1	ПК	1
---	----	---

PHYWE
excellence in science

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE
excellence in science



Экспериментальная установка

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

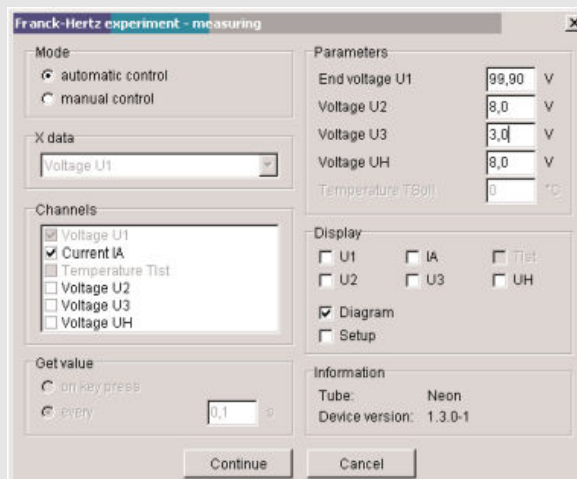
Подключите блок управления Franck-Hertz к порту компьютера COM1, COM2 или к порту USB

Выполнение работы

PHYWE
excellence in science

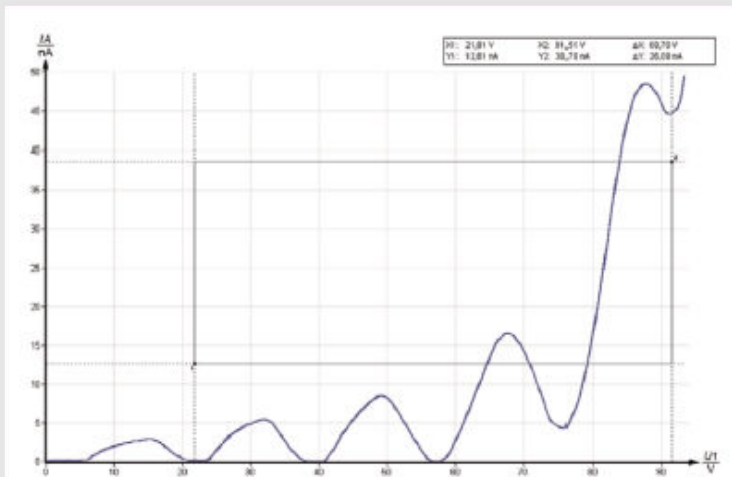
Запустите программное обеспечение и выберите Franck-Hertz Эксперимент. Появится окно "Франк-Герц-эксперимент". Оптимальные параметры различны для каждой Ne-трубки. Конкретные параметры для вашего прибора вы найдете на листе, который вложен в упаковку Ne-трубки.б установите данные параметры в програмном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

PHYWE
excellence in science

Пример кривой Франка-Герца, записанной с помощью Ne-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)

PHYWE
excellence in science

Заполните пропуски:

В трубке, заполненной _____, электроны испускаются свечением из термоионного _____ и ускоряются к _____.

Если напряжение увеличивается медленно, измеренные значения тока сначала _____ экспоненциально, до определенного напряжения, а затем _____ медленно. Значения тока _____ снова, когда напряжение удваивается по сравнению с начальным напряжением (при котором ток возрастает).

аноду

увеличиваются

уменьшаются

неоновым газом

катода

увеличиваются

✓ Проверьте

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 17: Сводный эксперимент

0/6

Общий балл

 Показать решения Повторная попытка