Качественное исследование поглощения рентгеновских лучей

Физика > Современная физика > Природа рентгеновского излучение и его применение

Уровень сложности	Кол-во учеников	Время подготовки	Время выполнения
тяжелый	2	45+ Минут	45+ Минут

This content can also be found online at:

http://localhost:1337/c/615c94366277d6000377bf27

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

Общая информация

Описание

PHYWE

Экспериментальная установка

Большинство применений рентгеновских лучей основано на их способности проходить сквозь вещество. Поскольку эта способность зависит от плотности вещества, становится возможным получение изображений внутренних частей объектов и даже людей. Это находит широкое применение в таких областях, как медицина или безопасность.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE

Предварительные знания

Предварительные знания, необходимые для этого эксперимента, приведены в разделе "Теория".

Принцип

Рентгеновские лучи проникают сквозь объекты, непроницаемые для видимого света. Поглощение зависит от толщины и типа материала. Качественно эта зависимость демонстрируется на флуоресцентном экране с помощью различных абсорбционных образцов

Другая информация (2/2)

PHYWE

Обучение цель

Цель этого эксперимента - исследовать свойство рентгеновских лучей проникать в вещество.

Задачи

- Обратите внимание на пропускание рентгеновских лучей в зависимости от толщины вещества.
- Определите, как атомный номер элементов в веществе влияет на пропускание рентгеновских лучей.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Теория (1/3)

PHYWE

Рентгеновские лучи невидимы для человеческого глаза. Тем не менее, чтобы их можно было воспринимать, они "превращаются" в видимый свет с помощью флуоресценции и с помощью определенных материалов. Эти вещества поглощают рентгеновское излучение и переходят в возбужденное состояние. Когда они возвращаются в основное состояние, они частично излучают эту энергию. Потеря энергии приводит к изменению длины волны излучаемого света: длина волны увеличилась и теперь находится в видимом диапазоне. В настоящее время в качестве люминесцирующего вещества на экране используется в основном сульфид цинка. Рентгеновские лучи проникают в объекты, непроницаемые для видимого света. Видимый свет поглощается в гораздо меньшей степени. Поглощение зависит от толщины и типа вещества. Если раньше рентгеновские лучи использовались даже для того, чтобы проверить, хорошо ли сидит обувь, то теперь мы знаем о вредном воздействии этого излучения. В аэропортах его используют для досмотра багажа.

Когда рентгеновские лучи с интенсивностью $\mathrm{I_0}$ попадают в вещество толщиной d, интенсивность I прошедшего излучения в соответствии с законом поглощения имеет следующий вид:

$\mathrm{I} = \mathrm{I_0} e^{-\mu(\lambda,\mathrm{Z})\cdot \mathrm{d}}$ (1)

Теория (2/3)

PHYWE

I: Интенсивность излучения за поглотителем; $\mathrm{I_0}$: начальная интенсивность излучения

μ: линейный коэффициент поглощения; d: толщина материала

Уравнение (1) непосредственно показывает, что интенсивность излучения за поглотителем также зависит от толщины поглотителя. Линейный коэффициент поглощения $\mu[\mathrm{см}^{-1}]$ зависит от длины волны λ излучения, а также от атомного номера Z поглощающего вещества. Поскольку поглощение поглощающего вещества пропорционально, часто используется так называемый массовый коэффициент поглощения $\mu/\rho[\mathrm{см}^2/\mathrm{г}]$, где ρ - плотность поглотителя.

Теи не иенее, здесь можно исключить поглощение из-за образования пар, поскольку рентгеновские лучи не имеют необходимого уровня энергии. В результате коэффициент поглощения рентгеновского излучения состоит из двух частей:

$$\mu = \tau + \sigma$$

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Теория (3/3)

PHYWE

τ - коэффициент поглощения фотоэлектрического эффекта; σ - коэффициент рассеяния

В диапазоне длин волн, который используется для данного эксперимента, доминирует фотоэлектрический эффект ($\tau > \sigma$). Поглощение для этого случая может быть описано следующей эмпирической зависимостью:

$$\frac{\tau}{\rho} \approx \frac{\mu}{\rho} = \mathrm{k}(\lambda^3 \cdot \mathrm{Z}^3) \quad (2)$$

В соответствии с (2), поглощающая способность резко возрастает, когда длина волны λ увеличивается, а также когда увеличивается атомный номер Z поглотителя.

За ослабление отвечают следующие процессы:

- фотоэлектрический эффект
- рассеяние
- производство пар

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

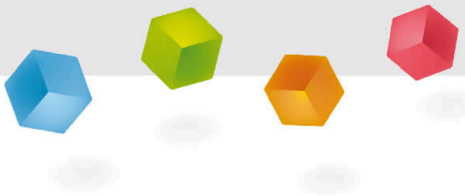
info@phywe.de
www.phywe.de

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	XR 4.0 X-ray Базовая рентгеновская установка, 35 кВ	09057-99	1
2	XR4 Съёмная рентгеновская трубка Plug-in Cu tube	09057-51	1
3	XR 4.0 X-ray Рентгеновское изображение, расширение	09155-88	1

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE



Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE

- Если в экспериментальной камере установлен гониометр, его следует убрать.
- Установите оптическую скамью и расположите флуоресцентный экран в держателе на оптической скамье как можно дальше вправо. Для стабильного расположения различных объектов перед флуоресцентным экраном рекомендуется использовать предметные столики.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Выполнение работы (1/4)

PHYWE

- **Для задачи 1** расположите алюминиевые образцы разной толщины рядом друг с другом перед экраном. Закройте и заприте дверь. Затем включите рентгеновское излучение. Наблюдайте результат на флуоресцентном экране. Можно также положить образцы друг на друга. Повторите это с пластинами из плексигласа.
- **Для задачи 2** очень интересно сравнение различных материалов, таких как акриловое стекло и минеральное стекло. Несколько раз меняйте местами материалы и наблюдайте за результатом.

Выполнение работы (2/4)

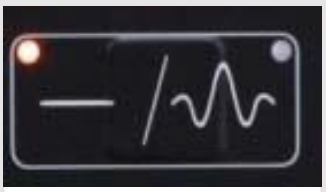
PHYWE

Расположите объект непосредственно перед флуоресцентным экраном или на расстоянии от него, прямо на пути луча. Если объект расположен на расстоянии от экрана, он будет увеличен, но в то же время потеряет резкость. Вы получите высококонтрастное изображение при максимальном анодном напряжении (35 кВ) и максимальном анодном токе (1,0 мА).

Теперь закройте дверь и действуйте следующим образом:

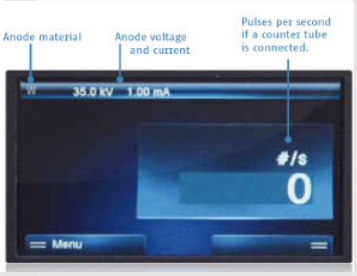
- Заблокируйте дверь с помощью кнопки 1.
- Активируйте рентгеновское излучение с помощью кнопки 2.

Кнопка 1



Кнопка 2

Затем на дисплее отображается:



PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Выполнение работы (3/4)

PHYWE

Регулировка анодного напряжения и тока:

- Нажмите кнопку под «Меню» (дисплей).

- В следующем окне выберите "Параметры рентгеновского снимка" (используйте клавиши со стрелками для выбора).

- Выберите параметр, который необходимо изменить.
- Подтвердите свой выбор нажатием "Enter".

- Измените текущее значение, которое отображается с помощью клавиш со стрелками.

- Подтвердите нажатием "Enter".
- Теперь будут отображены новые параметры.

Выполнение работы (4/4)

PHYWE

Фотосъемка цифровой камерой:

- Закрепите на оптической скамье камеру на скользящей опоре.
- Переключите камеру в ночной режим и отключите вспышку.
- Либо полностью затемните помещение, либо накройте устройство крышкой.
- Мы рекомендуем запускать камеру с таймером автоспуска, чтобы изображение не расплывалось во время работы с камерой.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

Оценка

Задание 1

PHYWE

Наблюдение пропускания рентгеновских лучей в зависимости от толщины вещества

Как показывают рисунки 1 и 2, поглощение сильно зависит от толщины вещества, что также следует из уравнения 1.

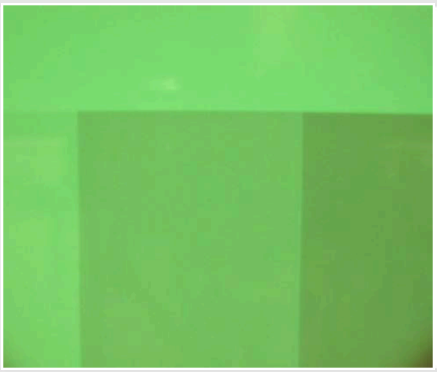


Рис. 1: Оргстекло, слева направо: d = 1 мм, 5 мм и 10 мм (вверху: без поглотителя)

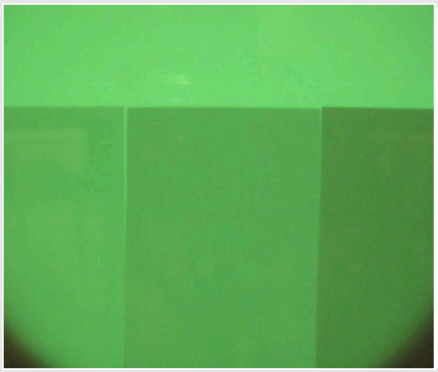


Рис. 2: Алюминий, слева направо: d= 0,3 мм, 0,5 мм и 1 мм.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Задание 2

PHYWE

Наблюдение пропускания рентгеновских лучей в зависимости от атомного номера

Акриловое стекло в сравнении с минеральным стеклом (рис. 3):

Поскольку плексиглас является органическим полимером, он состоит в основном из углерода (Z=6), водорода (Z=1) и кислорода (Z=8), то есть из элементов с низким атомным номером. Минеральное стекло содержит кремний (Z=14), который можно найти непосредственно под углеродом в периодической таблице элементов. Он имеет более высокий атомный номер, что приводит к значительно большему поглощению рентгеновских лучей в минеральном стекле.

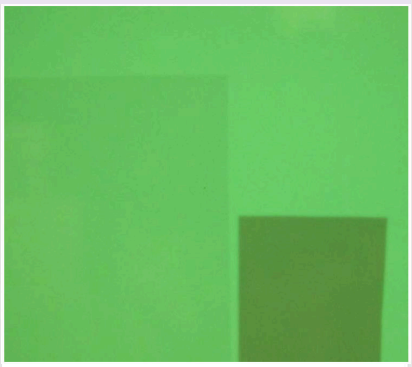


Рис. 3: Оргстекло (слева, d = 1 мм) и стекло (справа, d = 1 мм).

Задание 2 (часть 2)

PHYWE

Картон/алюминий в сравнении с железом (рис. 4)

В этом случае большое значение имеет разница между атомными номерами двух элементов (Al: Z = 13; Fe: Z = 26). Картон состоит в основном из органических материалов. По сравнению с металлами, элементы, которые в них участвуют, т.е. углерод (Z = 6), водород (Z = 1) и кислород (Z = 8), имеют очень низкие атомные номера.

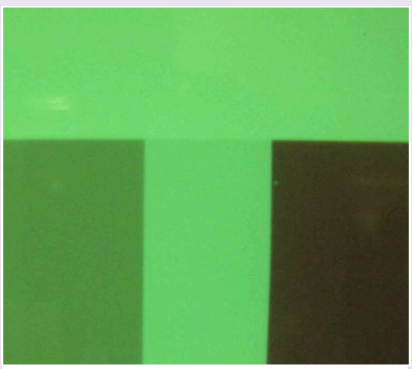


Рис. 5: Слева направо: алюминий, картон, железо (все: d = 1 мм).

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de