

# Использование контрастного вещества в модели кровеносного сосуда



Физика

Современная физика

Природа рентгеновского излучение и его применение



Уровень сложности

твёрдый



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут



# Общая информация

## Описание



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.

## Дополнительная информация (1/2)

### Предварительные



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

### Принцип



Когда модель кровеносного сосуда облучается рентгеновскими лучами, сами кровеносные сосуды сначала не видны. Только после введения контрастного вещества становятся видны кровеносные сосуды.

## Дополнительная информация (2/2)

### Обучение

#### цель



Цель этого эксперимента - наблюдать за поведением жидкостей внутри кровеносного сосуда.

### Задачи

Ведите 50% раствор йодида калия в модель кровеносного сосуда и наблюдайте на флуоресцентном экране базовой рентгеновской установки за течением введенного раствора в модели кровеносного сосуда.

## Теория (1/4)

В лучевой (рентгенологической) диагностике многие органы и ткани отличить друг от друга очень сложно. Поэтому, чтобы сделать видимыми на рентгеновском снимке, например, желудочно-кишечный тракт или кровеносные сосуды, используются контрастные вещества. При рентгенологических исследованиях кровеносных сосудов для этой цели используются концентрированные растворы йода. Они поглощают излучение в большей степени, чем окружающие ткани, в результате чего получаются высококонтрастные рентгеновские изображения.

Если рентгеновские лучи с интенсивностью  $I_0$  проникают в вещество толщиной слоя  $d$ , то, в соответствии с законом поглощения, интенсивность  $I$  излучения, проходящего через вещество, определяется выражением: (см. P2541105):

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

## Теория (2/4)

Поскольку поглощение пропорционально массе поглотителя, массовый коэффициент поглощения  $\mu / \rho$  (плотность  $\rho$  [г/см<sup>3</sup>]) часто используется вместо линейного коэффициента поглощения  $\mu$ .

За поглощение (абсорбцию) отвечают следующие процессы:

1. фотоэлектрический эффект
2. рассеяние (эффект Комптона)
3. образование пар

Для образования пар требуется определенная пороговая энергия, которая соответствует удвоенному количеству энергии покоя электронов ( $2E_0 = 2m_0c^2 = 1.02\text{МэВ}$ ). В результате коэффициент поглощения состоит только из двух компонентов:

$$\mu = \tau_{\text{фотоэффект}} + \sigma_{\text{эффект Комптона}}$$

## Теория (3/4)

Кроме того, к доступному диапазону энергии излучения относится следующее:  $\tau > \sigma$

Зависимость массового коэффициента поглощения от энергии первичного излучения и атомного номера поглотителя  $Z$  с достаточной точностью описывается следующим (эмпирическим) соотношением:

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

В соответствии с (2) поглощение резко возрастает с увеличением длины волны, а также с увеличением атомного номера поглотителя.

Поскольку йод имеет гораздо более высокий атомный номер ( $Z = 53$ ), чем элементы в органических тканях, он обладает очень высокой поглощающей способностью и очень хорошо подходит для использования в качестве контрастного вещества.

На рисунках 1а и 1б показано влияние контрастного вещества.

## Теория (4/4)



Рис. 1а:  
Модель  
кровеносного  
сосуда с  
контрастным  
веществом;  
заполнен  
наполовину

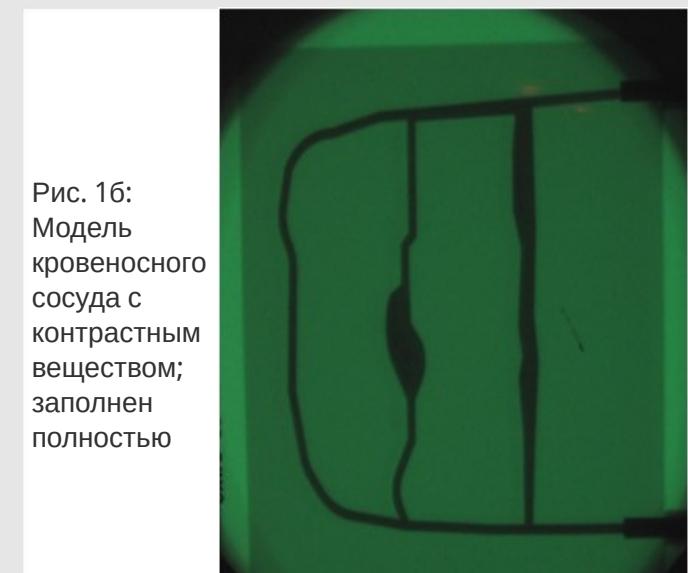


Рис. 1б:  
Модель  
кровеносного  
сосуда с  
контрастным  
веществом;  
заполнен  
полностью

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	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
4	Йодид калия, 50 г	30104-05	1



# Подготовка и выполнение работы

## Подготовка (1/4)

- Для приготовления контрастного вещества растворите 10 г йодида калия в 20 мл воды.
- Поместите модель кровеносного сосуда в небольшую безопасную ванночку, которая входит в комплект поставки. Затем поместите ванночку непосредственно перед флуоресцентным экраном, который необходимо расположить на оптической скамье как можно дальше вправо (рис. 2).



Рис. 2: Установка в экспериментальной камере

## Подготовка (2/4)

- Вывести трубы через рабочий канал наружу (рис. 3).
- Заполните один из двух шприцев контрастным веществом.



Рис.3: Трубы, проложенные через рабочий канал

## Подготовка (3/4)

- Подсоедините два шприца к концам трубок: убедитесь, что заполненный шприц подключен к нижнему входному отверстию модели (рис. 4).
- Установите рентгеновскую трубку на работу с ускоряющим напряжением  $U_A = 35$  кВ и анодным током  $I_A = 1$  мА.
- Облучение проводится без диафрагменной трубы: Напряжение на аноде  $U_A = 35$  кВ и анодный ток  $I_A = 1$  мА.
- Затемните экспериментальную комнату, чтобы на флуоресцентном экране можно было наблюдать поток контрастного вещества. Затем медленно введите контрастное вещество из заполненного шприца в модель кровеносного сосуда.



Рис. 4: Выполнение эксперимента.

## Подготовка (4/4)

Уменьшите анодный ток и / или напряжение, чтобы продемонстрировать влияние этих двух параметров на интенсивность света. Для сравнения также интересно заполнить модель кровеносного сосуда водой. Если Вы хотите задокументировать эффект контрастного вещества фотографическим способом, то необходимо следовать процедуре, описанной в P2542005. Перед извлечением модели из экспериментальной камеры необходимо удалить контрастное вещество из модели кровеносного сосуда:

- Снимите шприц, который подсоединен к нижнему входному отверстию модели кровеносного сосуда, и выведите свободный конец трубы в контейнер для хранения.
- Выдавите контрастное вещество с помощью другого шприца.
- Закройте свободные концы трубок пластиковыми пробками.

Только после этого можно протянуть трубы через рабочий канал и несколько раз с помощью шприца промыть водой модель кровеносного сосуда. Следите за тем, чтобы максимально удалить остатки воды из модели.

## Примечание

### Внимание!

Следите за тем, чтобы контрастное вещество не вытекало в экспериментальную камеру.

Для этого убедитесь, чтобы перед извлечением модели кровеносного сосуда из экспериментальной камеры, трубы были плотно соединены, а их концы закрыты пробками .