

# Определение длины и положения невидимого объекта



Физика

Современная физика

Природа рентгеновского излучения и его применение



Уровень сложности

твёрдый



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

**PHYWE**  
excellence in science

# Общая информация

## Описание

**PHYWE**  
excellence in science

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)

**PHYWE**  
excellence in science

### Предварительные

знания



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

### Принцип



В этом эксперименте на основе рентгеновского изображения учащиеся учатся определять длину и положение объекта. В качестве модели используется металлический штифт, встроенный в деревянный брусок. Этот эксперимент также является прекрасным подготовительным упражнением для демонстрации принципа работы компьютерной томографии.

## Дополнительная информация (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science



### Обучение

цель



### Задачи

Цель этого эксперимента - ознакомиться с методами радиоспектроскопии

1. Выполните рентгенографию модели имплантата в двух плоскостях, смещенных на  $90^\circ$  относительно друг друга. Сделайте снимок изображения на флуоресцентном экране.
2. Вычислите истинную длину встроенного металлического штифта с учетом коэффициента увеличения, который необходимо определить.
3. Определите пространственное положение металлического штифта.

## Теория (1/3)

На рисунке 1 показаны примеры фотографий модели имплантата.

На рис. 2 Произвольное наклонное положение металлического штифта длиной  $l$  в трехмерном пространстве.

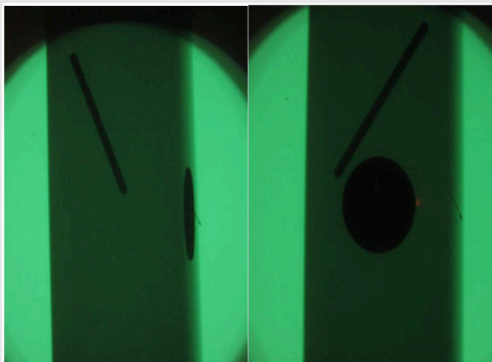
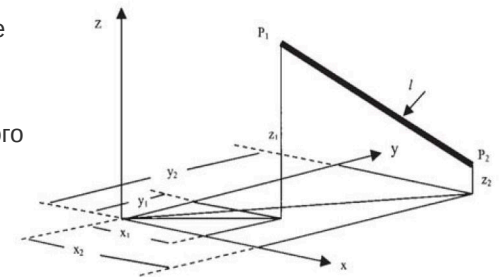


Рис. 1:  
 Фотографии модели имплантата; проекция в плоскости  $xz$  (слева) и в плоскости  $yz$  (справа)

Рис. 2:  
 Произвольное наклонное положение металлического штифта



## Теория (2/3)

Длина  $l$  штифта с его концами  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  и  $P_2(x_2, y_2, z_2)$  равна:

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = \sqrt{l_x^2 + l_y^2 + l_z^2} \quad (1)$$

Поскольку металлический штифт облучается коническим пучком рентгеновских лучей и находится на определенном расстоянии от плоскости пленки, он проецируется на плоскость пленки в увеличенном виде. Для определения степени увеличения модель имплантата оснащена металлическим эталонным диском диаметром  $d = 30$  мм. Если проекция диаметра диска на пленке  $d^*$ , то увеличение равно  $V = d^* / d$ . Отсюда, реальная длина металлического штифта составляет  $l_V = l / V$ .

## Теория (3/3)

На рисунке 3 показаны проекции металлического штифта для двух плоскостей модели имплантата, смещенных на  $90^\circ$  по отношению друг к другу. Для оценки в соответствии с рисунком 5 рекомендуется распечатать фотографию как можно большего размера и определить соответствующие длины с помощью штангенциркуля.

В качестве альтернативы можно использовать графическую программу.

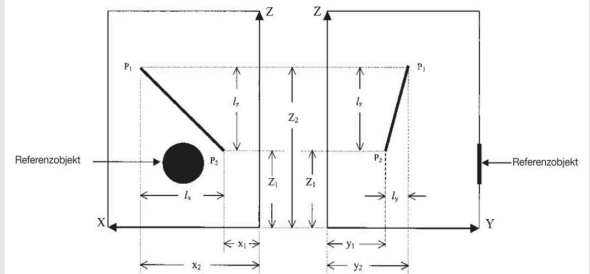


Рис. 3: Схематическое изображение проекции металлического штифта в плоскости  $xz$  (слева) и в плоскости  $yz$  (справа)

## Оборудование

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

**PHYWE**  
excellence in science

# Подготовка и выполнение работы

## Подготовка

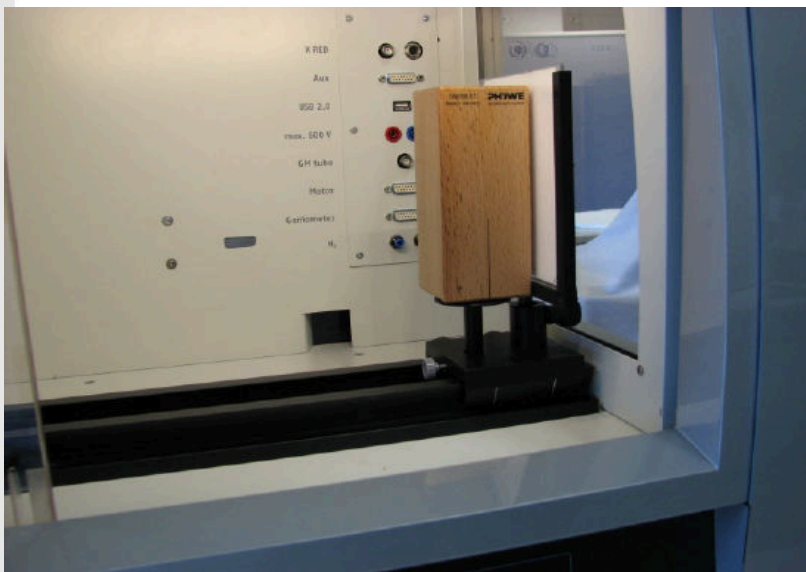
**PHYWE**  
excellence in science

Рис. 4: Экспериментальная установка

## Выполнение работы

**PHYWE**  
excellence in science

Поместите модель имплантата непосредственно перед флуоресцентным экраном так, чтобы оба они находились на оптической скамье как можно дальше справа. Расстояние между передней частью модели и выпускной трубкой рентгеновского съемного блока составляет примерно 30 см. Не используйте для облучения диафрагменную трубку.

- Установите напряжение  $U_A = 35$  кВ и анодный ток  $I_A = 1$  мА.
- Закрепите на оптической скамье камеру на скользящем креплении, затем выберите ночной режим и отключите вспышку.
- Полностью затемните помещение либо накройте устройство защитной крышкой.
- Для предотвращения дрожания камеры рекомендуется делать снимок с автоматическим спуском камеры (автоспуском).
- Затем поверните модель имплантата на  $90^\circ$  вокруг его продольной оси и повторите процедуру.

**PHYWE**  
excellence in science

## Оценка



## Примерные результаты

Оценка примера эксперимента дала следующие результаты:

$$l_x = 52.0 \text{ мм}, l_y = 35.0 \text{ мм}, l_z = 71.0 \text{ мм} \text{ и } V = 46,0/30,0 \text{ мм} = 1,533.$$

$$\text{Таким образом, } l_x^* = 33.9 \text{ мм}, l_y^* = 22.8 \text{ мм}, l_z^* = 46.3 \text{ мм}$$

Эти значения дают:  $l = 61,74 \text{ мм}$  и  $l_V = 60.06 \text{ мм}$  (фактическая длина металлического штифта (при изготовлении) составляет  $60,0 \text{ мм}$ ).

Исходя из длины проекции  $l_x, l_y, l_z$   $l$  на соответствующих осях, соответствующие углы рассчитываются следующим образом:

$$\cos(\alpha) = \frac{l_x}{l}; \cos(\beta) = \frac{l_y}{l}; \cos(\gamma) = \frac{l_z}{l} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 53.6^\circ; \beta = 67.7^\circ; \gamma = 39.6^\circ$$