

Определение длины и положения невидимого объекта



Физика

Современная физика

Природа рентгеновского излучения 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/616ff5fec9832f0003285f0f>

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.

Дополнительная информация (1/2)



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 брускок. Этот эксперимент также является прекрасным подготовительным упражнением для демонстрации принципа работы компьютерной томографии.

Дополнительная информация (2/2)



Обучение



Цель этого эксперимента - ознакомиться с методами радиоспектроскопии

цель



1. Выполните рентгенографию модели имплантата в двух плоскостях, смещенных на 90° 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.

Задачи

Теория (1/3)

На рисунке 1 показаны примеры фотографий модели имплантата.

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

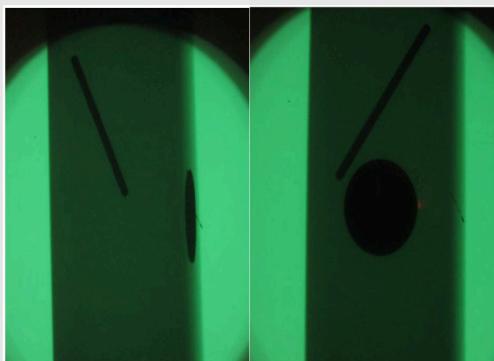
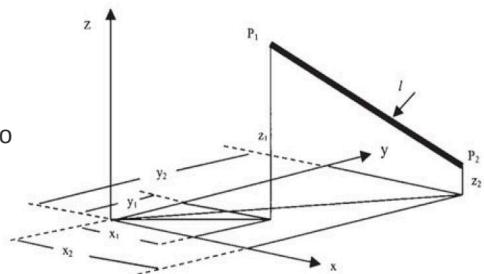


Рис. 1:
Фотографии
модели
имплантата;
проекция в
плоскости xz
(слева) и в
плоскости yz
(справа)

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° 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.

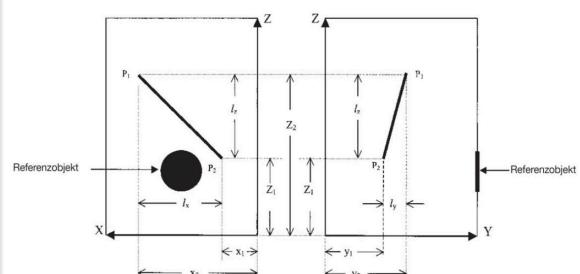


Рис. 3: Схематическое изображение проекции металлического штифта в плоскости xz (слева) и в плоскости yz (справа)

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	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

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE

Рис. 4: Экспериментальная установка

Выполнение работы

PHYWE

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° вокруг его продольной оси и повторите процедуру.

PHYWE



Оценка

Примерные результаты



Оценка примера эксперимента дала следующие результаты:

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

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

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

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

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