

Якісне дослідження поглинання рентгенівських променів



Physics

Modern Physics

Production & use of X-rays



Рівень складності

важко



Розмір групи

-



Час підготовки

45+ хвилини



Час виконання

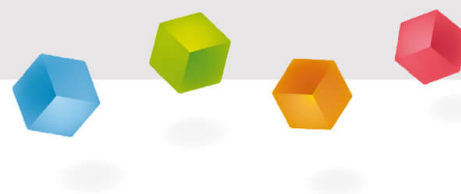
45+ хвилини

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/64e266945b9881000247c79c>

PHYWE

Загальна інформація



Опис

PHYWE



Експериментальна установка

Більшість застосувань рентгенівських променів ґрунтується на їхній здатності проходити крізь речовину. Оскільки ця здатність залежить від густини речовини, стає можливим отримання зображень внутрішніх частин об'єктів і навіть людей. Це знаходить широке застосування в таких галузях, як медицина або безпека.

Додаткова інформація (1/2)

PHYWE

Попередні

знання



Попередні знання, необхідні для цього експерименту, наведено в розділі "Теорія".

Науковий

принцип



Рентгенівські промені проникають в об'єкти, непроникні для видимого світла. Поглинання залежить від товщини і типу матеріалу. Ця залежність якісно демонструється на флуоресцентному екрані за допомогою зразків з різним коефіцієнтом поглинання.

Інша інформація (2/2)

PHYWE

Мета навчання



Мета цього експерименту - дослідити характеристики проходження рентгенівських променів через речовину.



Завдання

- Спостерігайте за пропусканням рентгенівських променів в залежності від товщини матеріалу.
- Визначте, як атомний номер елементів у матеріалі впливає на пропускання рентгенівських променів.

Теорія (1/3)

PHYWE

Рентгенівські промені невидимі для людського ока. Для того, щоб їх можна було сприймати, їх "перетворюють" на видиме світло за допомогою флуоресценції та певних матеріалів. Ці речовини поглинають рентгенівське випромінювання і переходять у збуджений стан. Коли вони повертаються в основний стан, вони частково випромінюють цю енергію. Втрата енергії призводить до зміни довжини хвилі випромінюваного світла: Довжина хвилі стає довшою і тепер знаходиться у видимому діапазоні. У наш час в якості люмінесцентної речовини на екрані використовується переважно сульфід цинку. Рентгенівські промені проникають в об'єкти, непроникні для видимого світла. Видиме світло поглинається в набагато меншій мірі. Поглинання залежить від товщини і типу матеріалу. Якщо раніше рентгенівське випромінювання використовували навіть для того, щоб перевірити, чи добре сидить взуття, то тепер ми знаємо про шкідливий вплив цього випромінювання. В аеропортах його використовують для перевірки багажу.

Коли рентгенівське випромінювання з інтенсивністю I_0 потрапляє на речовину товщиною d , інтенсивність випромінювання I , що проходить, відповідно до закону поглинання має такий вигляд:

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

Теорія (2/3)

PHYWE

I - інтенсивність випромінювання за поглиначем; I_0 - початкова інтенсивність випромінювання,
 μ - лінійний коефіцієнт поглинання; d - товщина матеріалу.

Рівняння (1) безпосередньо показує, що інтенсивність випромінювання за поглиначем також залежить від товщини поглинача. Лінійний коефіцієнт поглинання $\mu [\text{см}^{-1}]$ залежить від довжини хвилі λ випромінювання, а також від атомного номера Z поглинаючої речовини. Поглинальна здатність речовини різко зростає при збільшенні довжини хвилі або атомного номера поглинача. Оскільки поглинання поглинаючої речовини є пропорційним, часто використовують так званий масовий коефіцієнт поглинання $\mu/\rho [\text{см}^2/\text{г}]$, де ρ - густина поглинача.

Проте тут можна виключити поглинання внаслідок утворення пар, оскільки рентгенівське випромінювання не має необхідного енергетичного рівня. В результаті, коефіцієнт поглинання для рентгенівських променів складається з двох частин:

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

Теорія (3/3)

PHYWE

τ - коефіцієнт поглинання фотоелектричного ефекту; σ - коефіцієнт розсіювання

У діапазоні довжин хвиль, який використовується для цього експерименту, домінує фотоелектричний ефект ($\tau > \sigma$). Поглинання для цього випадку може бути описано такою емпіричною залежністю:

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

Відповідно до (2), поглинаюча здатність різко зростає, коли довжина хвилі λ збільшується, а також коли збільшується атомний номер Z поглинач.

За ослаблення відповідають такі процеси:

- фотоелектричний ефект
- розсіювання
- утворення пар

Обладнання

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	XR 4.0 X-ray Базова рентгенівська установка, 35 кВ	09057-99	1
2	XR 4.0 Знімна рентгенівська трубка Cu	09057-51	1
3	XR 4.0 X-ray Рентгенівське зображення, розширення	09155-88	1

PHYWE



Підготовка та виконання роботи

Підготовка

PHYWE

- Якщо в експериментальній камері встановлений гоніометр, його слід за можливості зняти.
- Встановіть оптичну лаву і розташуйте флуоресцентний екран у тримачі на оптичній лаві якомога далі вправо. Для стійкого розташування різних об'єктів перед флуоресцентним екраном рекомендується використовувати предметні столики.

Виконання роботи (1/4)

PHYWE

- **Для завдання 1** розташуйте зразки алюмінію різної товщини поруч один з одним перед екраном. Закрийте та зафіксуйте дверцята. Потім увімкніть рентгенівське випромінювання. Спостерігайте за результатом на флуоресцентному екрані. Ви також можете покласти зразки один на один. Повторіть цю процедуру з пластинами з плексигласу.
- **Для завдання 2** дуже цікавим є порівняння різних матеріалів, таких як акрилове та мінеральне скло. Поміняйте матеріали місцями і поспостерігайте за результатом.

Виконання роботи (2/4)

PHYWE

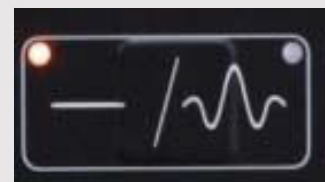
Розташуйте об'єкт безпосередньо перед флуоресцентним екраном або на відстані від нього, прямо на шляху променя. Якщо об'єкт розташовано на відстані від екрана, то його буде збільшено, і водночас він втратить різкість. Ви отримаєте висококонтрастне зображення за максимальної напруги на аноді (35 кВ) і максимальної сили струму на аноді (1,0 мА).

Тепер закрийте двері і дійте наступним чином:

- Заблокуйте двері за допомогою кнопки 1.
- Активуйте рентгенівське випромінювання за допомогою кнопки 2.

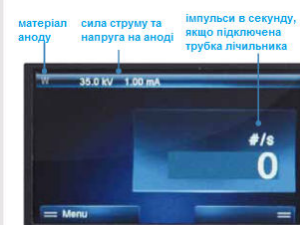


Кнопка 1



Кнопка 2

Потім на дисплеї відображається:



Виконання роботи (3/4)

PHYWE

Регулювання напруги і сили струму на аноді:

- Натисніть кнопку під "Меню" (дисплей).

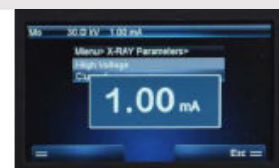


- У наступному вікні виберіть "Параметри рентгеновського зображення" (використовуйте клавіші зі стрілками для вибору).



- Виберіть параметр, який необхідно змінити.
- Підтвердіть свій вибір натисканням Enter.

- Змініть поточне значення, яке відображається за допомогою клавіш зі стрілками.



- Підтвердіть натисканням Enter.
- Тепер будуть відображені нові параметри.



Виконання роботи (4/4)

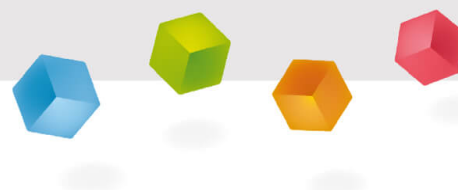
PHYWE

Фотозйомка цифровою камерою:

- Закріпіть камеру на ковзній опорі на оптичній лаві.
- Переведіть камеру в нічний режим і вимкніть спалах.
- Повністю затемніть приміщення або накрийте камеру кришкою.
- Ми рекомендуємо запускати камеру з таймером автоспуску, щоб зображення не розпливалося під час роботи з камерою.

PHYWE

Оцінка



Завдання 1

PHYWE

Спостереження за пропусканням рентгенівських променів залежно від товщини матеріалу

Як видно з рисунків 1 і 2, поглинання сильно залежить від товщини матеріалу, що також впливає з рівняння 1.

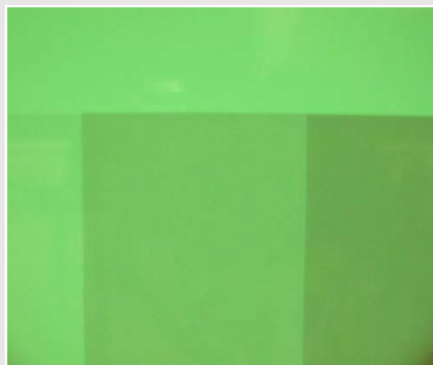


Рис. 1: Оргскло,
зліва направо:
 $d = 1$ мм, 5 мм і
10 мм (угорі: без
поглинача)



Рис. 2: Алюміній,
зліва направо: $d =$
0,3 мм, 0,5 мм і 1
мм.

Завдання 2

PHYWE

Спостереження за пропусканням рентгенівських променів в залежності від атомного номера

Акрилове скло порівняно з мінеральним склом (рис. 3):

Оскільки плексиглас є органічним полімером, він складається здебільшого з вуглецю ($Z=6$), водню ($Z=1$) і кисню ($Z=8$), тобто з елементів із низьким атомним номером. Мінеральне скло містить кремній ($Z=14$), який можна знайти безпосередньо під вуглецем у періодичній таблиці елементів. Він має вищий атомний номер, що призводить до значно більшого поглинання рентгенівських променів у мінеральному склі.



Рис. 3: Оргскло (ліворуч, $d = 1$ мм) і скло (праворуч, $d = 1$ мм).

Завдання 2 (частина 2)

PHYWE

Картон/алюміній порівняно із залізом (рис. 4)

У цьому випадку велике значення має різниця між атомними номерами двох елементів ($Al : Z = 13$; $Fe : Z = 26$). Картон складається переважно з органічних матеріалів. Порівняно з металами, елементи, які в них беруть участь, тобто вуглець ($Z = 6$), водень ($Z = 1$) і кисень ($Z = 8$), мають дуже низькі атомні номери.

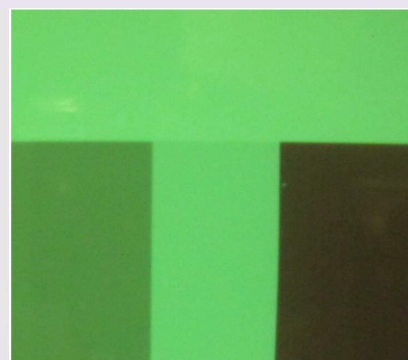


Рис. 5: Зліва направо: алюміній, картон, залізо (усі: $d = 1$ мм).