

OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

I. Wymagania ogólne

1. Zestawy badawcze o przeznaczeniu dydaktycznym, o konstrukcji przystosowanej dla osób uczących się (studentów), tj.:
 - a) trwalej i maksymalnie odpornej na nieumiejętną obsługę;
 - b) zapewniającej maksymalne bezpieczeństwo pracy, przy czym w przypadku zestawów, w których wykorzystuje się lampy rentgenowskie, podczas ich normalnej pracy wartość mocy dawki promieniowania jonizującego w odległości 0,1 m od jakiegokolwiek dostępnej powierzchni tych urządzeń nie może przekraczać 1 mikrosiwerta na godzinę ($\mu\text{Sv/h}$) – w związku z wymogami zawartymi w §2.1, pkt.4 Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 marca 2021r. w sprawie przypadków, w których działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące nie wymaga zezwolenia, zgłoszenia albo powiadomienia, oraz przypadków, w których może być wykonywana na podstawie zgłoszenia albo powiadomienia (Dz. U. z 2021 r. poz. 796);
 - c) umożliwiającej zmianę parametrów przeprowadzanych pomiarów;
 - d) umożliwiającej uzyskanie jednoznacznych i powtarzalnych wyników pomiarów.
2. Celem zapewnienia pożądaných walorów dydaktycznych wykonywanych eksperymentów wymagane są, określone w wymaganiach szczegółowych: (i) metody badawcze określonych wielkości fizycznych (ii) podzespoły wchodzące w skład poszczególnych zestawów, (iii) istotne szczegóły konstrukcyjne.
3. Zestawy wyposażone w instrukcje ich prawidłowej eksploatacji oraz instrukcje przeprowadzania eksperymentów.

II. Wymagania szczegółowe

1. **Zestaw nr 1.** Kompletny zestaw do badania prawa Stefana-Boltzmannna.

A. Metoda badawcza.

Badanie promieniowania emitowanego przez funkcjonalny model ciała doskonale czarnego (CDC) poprzez pomiar napięcia wytwarzanego przez stos termoparowy (układ termopar we wspólnej obudowie – tzw. sonda Molla) na skutek padającego na stos promieniowania CDC – w celu określenia wartości sygnału z sondy Molla w funkcji temperatury CDC.

B. Podzespoły:

- a. Funkcjonalny model CDC, podgrzewany elektrycznie w sposób umożliwiający wzrost temperatury CDC w funkcji czasu, w zakresie od temperatury otoczenia (pokojowej) do co najmniej 400 K, a także spadek CDC w funkcji czasu, od końcowej temperatury podgrzania do temperatury otoczenia.
- b. Układ pomiaru temperatury CDC za pomocą oddzielnej sondy termoparowej, umożliwiający w funkcji czasu co najmniej odczyt temperatury CDC, bezpośrednio w stopniach Celsjusza, Fahrenheita lub kelwinach.
- c. Układ pomiaru napięcia generowanego przez sondę Molla, umożliwiający w funkcji czasu co najmniej odczyt wartości tego napięcia.
- d. System ekranu termicznego, oddzielającego sondę Molla i CDC, chłodzony wodą, której obieg w tym ekranie jest wymuszany układem pompowym, który jest zaopatrzony w rezerwuar wody chłodzącej.

C. Szczegóły konstrukcyjne:

- a. Model CDC skonstruowany z wykorzystaniem podgrzewanego elementu metalowego.
- b. Model CDC, sonda mierząca temperaturę CDC, ekran termiczny oraz sonda Molla mierząca promieniowanie CDC zamontowane w sposób zapewniający ich właściwą i

stabilną orientację względem siebie oraz łatwe ustawienie oraz pomiar ich wzajemnych odległości.

2. Zestaw nr 2. Kompletny zestaw do badania prawa Moseleya i wyznaczania stałej Rydberga.

A. Metoda badawcza

Demonstracja prawa Moseleya dwiema technikami: (i) na podstawie analizy widma charakterystycznego materiału anody lampy rentgenowskiej (RTG) oraz (ii) na podstawie analizy widm transmisji (lokalizacja krawędzi K absorpcji) promieniowania rentgenowskiego wybranych absorberów promieniowania. W obu przypadkach analiza widm przeprowadzana jest w eksperymencie dyfrakcyjnym promieniowania RTG, przeprowadzanym w konfiguracji Bragga. Określanie wartości stałej Rydberga następuje na podstawie analizy otrzymanej w doświadczeniu graficznej reprezentacji prawa Moseleya.

B. Podzespoły

- a. Układ pomiarowy składający się z: (i) lampy RTG, (ii) zespołu dyfrakcyjnego, tj. kolimatora promieniowania lampy, kryształu dyfrakcyjnego, goniometru, uchwytu na próbkę absorbera promieniowania oraz (iii) licznika promieniowania opuszczającego układ dyfrakcyjny (licznik Geigera-Muellera, G-M).
- b. Lampa RTG z anodą molibdenową (Mo).
- c. Próbki co najmniej trzech materiałów absorbujących promieniowanie RTG.
- d. Układ sterowania aparaturą pomiarową, akwizycji i obróbki danych pomiarowych.
- e. Niezbędne do eksploatacji zestawu oprogramowanie, przeznaczone dla systemu Windows.

C. Szczegóły konstrukcyjne

- a. Konstrukcja układu spełniająca odnośne normy bezpieczeństwa użytkowania, w tym ochrony przed promieniowaniem jonizującym.
- b. Konstrukcja umożliwiająca obserwację podczas pracy: lampy RTG oraz co najmniej zespołu dyfraktometrycznego.
- c. Konstrukcja zestawu umożliwiająca dostęp do podzespołów układu pomiarowego oraz wymianę próbki absorbera promieniowania RTG przez osobę wykonującą eksperyment lub przeprowadzenie pomiarów bez takiej próbki.

3. Zestaw nr 3. Kompletny zestaw do wyznaczania i kalibracji spektrum promieniowania rentgenowskiego.

A. Metoda badawcza

Analiza widma wywołanej promieniowaniem RTG fluorescencji próbki kalibracyjnej (targetu), wykonanej z metalu o znanym składzie. Rejestracja widma za pomocą detektora półprzewodnikowego. Analiza widma za pomocą analizatora wielokanałowego sprzężonego z komputerem klasy PC, w celu otrzymania wykresu poziomu sygnału z detektora w funkcji numeru kanału. Kalibracja energii w widmie poprzez identyfikację charakterystycznych linii w widmie targetu i przyporządkowanie numerów kanałów energiom tych linii.

B. Podzespoły

- a. Układ pomiarowy składający się z: (i) lampy RTG z anodą miedzianą (Cu), (ii) zespołu generującego i rejestrującego widmo fluorescencji próbki kalibracyjnej (targetu), tj. kolimatora promieniowania lampy, uchwytu na próbkę kalibracyjną, goniometru, półprzewodnikowego detektora promieniowania sprzężonego z wielokanałowym analizatorem widma.
- b. Lampa RTG z anodą miedzianą (Cu).
- c. Próbka (target kalibracyjny) co najmniej jednego metalu.

- d. Detektor energii promieniowania RTG z półprzewodnikowym sensorem typu PIN chłodzonym z wykorzystaniem efektu Peltiera.
- e. Układ sterowania aparaturą pomiarową, akwizycji i obróbki danych pomiarowych.
- f. Niezbędne do eksploatacji zestawu oprogramowanie, przeznaczone dla systemu Windows.

C. Szczegóły konstrukcyjne

- a. Konstrukcja układu spełniająca odnośne normy bezpieczeństwa użytkowania, w tym ochrony przed promieniowaniem jonizującym.
- b. Konstrukcja umożliwiająca obserwację podczas pracy: lampy RTG oraz co najmniej zespołu generującego i rejestrującego widmo fluorescencji.
- c. Konstrukcja zestawu umożliwiająca dostęp do podzespołów układu pomiarowego oraz instalację próbki kalibracyjnej przez osobę wykonującą eksperyment.