

## Ćwiczenie Nr 550

### Temat: Wyznaczanie energii wzbudzenia atomów rtęci w eksperymencie Francka-Hertza.

#### I. Zagadnienia teoretyczne:

1. Model Bohra atomów wodoropodobnych. Postulaty Bohra. Eksperyment Francka-Hertza, Budowa lampy elektronowej. Wzbudzenie i jonizacja atomów.
2. Zderzenia sprężyste i niesprężyste; Powstawanie widm emisyjnych i absorpcyjnych pierwiastków;

#### II. Literatura

1. Resnick, D. Halliday, Fizyka t. II, PWN, Warszawa, 1998.
2. S. Szczęniowski, Fizyka doświadczalna, cz. V. PWN 1973
3. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, część II. Praca zbiorowa pod redakcją I. Kruk i J. Typka
4. <http://labor.zut.edu.pl/fileadmin/INSTRUKCJE/550a.pdf>

#### III. Cel ćwiczenia:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie energii wzbudzenia odpowiadającej przejściu elektronów walencyjnych w atomie rtęci z poziomu podstawowego na pierwszy poziom wzbudzony oraz obliczenie długości fali promieniowania emitowanego w rezultacie powrotu do stanu podstawowego. Wyniki doświadczalne potwierdzają kwantową teorię budowy atomu i umożliwiają wyznaczenie stanów stacjonarnych w atomie rtęci. Podstawy teoretyczne przedstawione są w skrócie w oddzielnym opracowaniu. (Lit.4)

#### IV. Metoda pomiarowa

Układ pomiarowy składa się z lampy (specjalnie skonstruowana trioda) zamkniętej w obudowie umożliwiającej podgrzanie lampy do temperatury ponad  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jednostki kontrolnej umożliwiającej płynny wzrost napięcia przyspieszającego elektrony oraz komputera z oprogramowaniem umożliwiającym automatyczną rejestrację prądu anodowego i opracowanie uzyskanych wyników.

W lampie znajdują się pary rtęci pod bardzo niskim ciśnieniem. Duża część elektronów dążących do anody zderza się z atomami rtęci. Zderzenia te są sprężyste (bez utraty energii elektronów) lub niesprężyste (energia rozpedzonego elektronu zostaje przekazana elektronowi walencyjnemu atomu rtęci). Takie alternatywne zachowanie elektronów prowadzi do skokowych zmian natężenia prądu anodowego, gdyż elektrony zderzające się niesprężysto nie mają dość energii aby pokonać napięcie hamujące przyłożone między siatkę i anodę. Zmiany natężenia prądu anodowego następują periodycznie, gdyż elektrony, które straciły energię w zderzeniu są ponownie przyspieszane i za każdym razem mogą ulec ponownej kolizji z atomami rtęci. Mierząc różnicę napięć między kolejnymi minimami prądu anodowego możemy wyznaczyć energię wzbudzenia elektronu walencyjnego w atomie rtęci, a także obliczyć długość fali promieniowania emitowanego przez wzbudzone elektrony powracające na poziom podstawowy.

#### V. Przyrządy

1. Lampa, komputer, drukarka.

## VI. Wykonanie ćwiczenia:

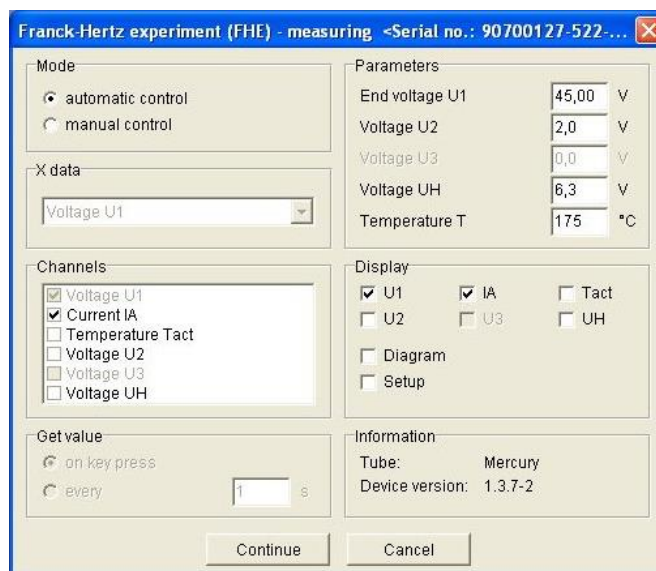
1. Uruchomić komputer, zalogować się na konto „student” i uruchomić program „MEASURE”.
2. Włączyć urządzenie kontrolne (Control Unit/ Betriebsgerat Franck-Hertz) wyłącznikiem na tylnej ścianie przyrządu.
3. Przełącznikiem „Function” ustawić tryb pracy „PC”.
4. Sprawdzić, czy czujnik pomiaru temperatury (zielony przewód) znajduje się w gnieździe na górnej ścianie obudowy komory Francka- Hertza.
5. Włączyć komorę Francka- Hertza ustawiając pokrętkiem z prawej strony szybkość grzania na 5-8jednostek.

**Uwaga: Komora będzie nagrzewała się do wysokiej temperatury. Zachować ostrożność!**

6. W menu programu Phywe measure 4 wybrać:
  - „File/New Measurement”(lub kliknąć na ikonkę w kształcie brązowego kółka).
7. Wprowadzić parametry startowe.

W tym celu:

- w sekcji „Parameters” ustawić:maksymalne napięcie przyspieszające  $U_1= 45V$
- napięcie hamujące  $U_2= 2V$
- napięcie żarzenia  $U_H= 6,3V$
- temperatura  $175\text{ }^{\circ}C$
- w sekcji „Display” zaznaczyć tylko  $U_1$  oraz  $IA$
- w sekcji „Mode” zaznaczyć „Automatic control”
- w sekcji „Channels” zaznaczyć „Current  $IA$ ”



8. Po zatwierdzeniu nastaw odczekać kilka minut, dopóki temperatura wewnątrz komory nie osiągnie zadanych  $175\text{ }^{\circ}C$ . Nie korzystać z opcji „Ignore”, program sam przejdzie do następnego etapu.
9. Gdy na ekranie pojawi się okienko „Franck-Hertz experiment (FHE)-measuring” rozpocząć pomiar  $I_A=f(U_1)$  klikając na „Start measurement”. Poczekać do zakończenia pomiaru.
10. W przypadku nieciągłych zmian prądu anody (wykres na ekranie powinien przedstawiać co najmniej 5 maksimumów, a na osi rzędnych wartości nie powinny przekraczać  $8\text{ nA}$ ) odczekać dodatkowe kilka minut celem ustabilizowania się temperatury i ciśnienia wewnątrz komory i powtórzyć pomiar powtarzając czynności opisane w punktach 6-9.



15. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć komorę Francka-Hertza (pokrętko z prawej strony przyrządu ustawić na zero), wyłączyć urządzenie kontrolne (wyłącznikiem na tylnej ścianie), zamknąć program (File/Exit) i wyłączyć komputer (Start/Zamknij system).

## V. Opracowanie wyników pomiarów.

1. Uzupełnić tabelę wyliczając różnice napięć  $\Delta U$  tak jak to opisano w punkcie 12. (Uwaga: tabela jest nadmiarowa i być może nie wszystkie komórki będą wypełnione)

2. Dla każdego napięcia  $U_1$  w tabeli (w celu porównania wyników poszczególnych pomiarów) obliczyć średnią wartość, odpowiednio  $\overline{\Delta U}_{45}$ ,  $\overline{\Delta U}_{35}$ ,  $\overline{\Delta U}_{55}$  z wszystkich  $\Delta U$ . Obliczyć średnią wartość wszystkich różnic  $\Delta U$ :

$$\overline{\Delta U} = \frac{\overline{\Delta U}_{45} + \overline{\Delta U}_{35} + \overline{\Delta U}_{55}}{3}$$

niepewność standardową tej średniej:

$$u(\overline{\Delta U}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\overline{\Delta U} - \Delta U_i)^2}{3 \cdot 2}}, \quad \text{gdzie } \Delta U_i \text{ oznacza kolejno: } \overline{\Delta U}_{45}, \overline{\Delta U}_{35}, \overline{\Delta U}_{55}.$$

3. Obliczyć średnią wartość energii wzbudzenia atomu rtęci w elektronowoltach (eV) i w dżulach:  $E$  [eV];  $E$  [J] =  $e \cdot \overline{\Delta U}$   $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$   
 oraz niepewności:  $u(E)$  [eV];  $u(E)$  [J] =  $e \cdot u(\overline{\Delta U})$

**(Uwaga: wartość energii i jej niepewność w eV jest liczbowo równa odpowiednio  $\overline{\Delta U}$  i  $u(\overline{\Delta U})$ )**

4. Obliczyć długość fali emitowanej przez atom rtęci przy powrocie elektronu walencyjnego do stanu podstawowego:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

E- energia wzbudzenia w dżulach;

$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$  - stała Plancka

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  - prędkość światła w próżni

Oraz jej niepewność:  $u(\lambda) = \lambda \cdot \frac{u(E)}{E}$

5. Uzupełnić Tabelę 2.