

**Ćwiczenie BCH5**

Wyznaczanie potencjału  
wzbudzenia atomów Hg i Ne  
w doświadczeniu Francka-  
Hertza

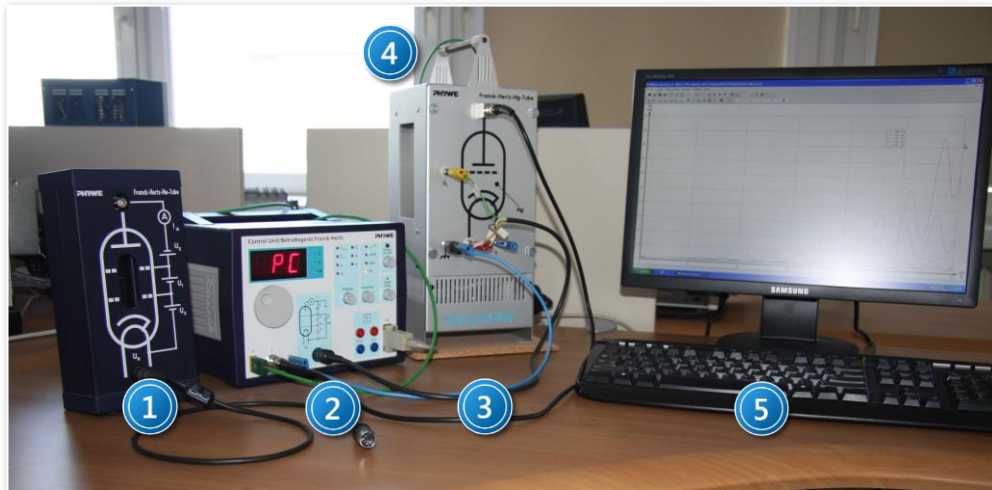


## I. Zagadnienia do opracowania.

1. Prawo Plancka.
2. Model atomu i postulaty kwantowe Bohra.
3. Energia elektronu w polu kulombowskim jądra.
4. Konfiguracje elektronowe w atomach.
5. Symbole termów spektralnych.
6. Struktura subtelna termów.
7. Konfiguracje elektronowe i poziomy energetyczne rtęci i neonu.
8. Zderzenia elektronów z atomami:
  - a) zderzenia sprężyste;
  - b) zderzenia niesprężyste;
  - c) średnia droga swobodna elektronów w gazie.
9. Doświadczenie Francka-Hertza w parach rtęci i lampie neonowej.

## II. Zadania doświadczalne.

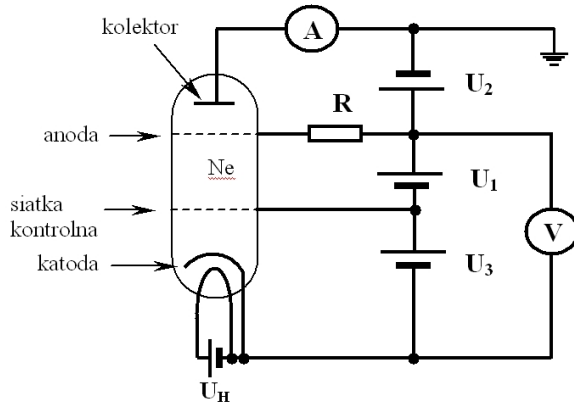
Zapoznać się z układem pomiarowym pokazanym na *Zdjęciu 1*, ze schematami podłączeń lamp Ne i Hg na *Rysunkach 2 i 3* oraz z opisem pracy z urządzeniem sterującym na stronach *Dodatków A i B*.



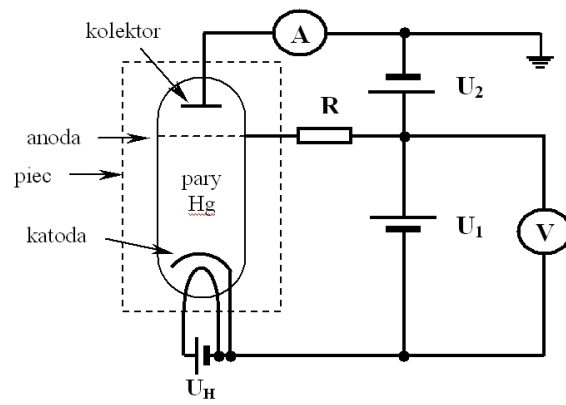
*Zdjęcie 1. Stanowisko pomiarowe doświadczenia Francka – Hertza: 1 i 3 – lampy Francka–Hertza odpowiednio dla Ne i Hg; 2 – urządzenie sterujące pomiarami; 4 – termopara; 5 – zestaw komputerowy.*

- Wykonać pomiary natężenia prądu anodowego  $I$  w zależności od napięcia przyspieszającego  $V$  dla obu lamp Francka-Hertza neonowej i rtęciowej – dla lampy Ne w temperaturze pokojowej ; dla lampy Hg dla zakresu  $175\text{ }^{\circ}\text{C} - 215\text{ }^{\circ}\text{C}$  co  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  .  
 W tym celu, korzystając ze schematów na *Rysunkach 2 i 3* podłączyć daną lampę do urządzenia sterującego.

Rysunek 2. Schemat układu z lampą Ne.



Rysunek 3. Schemat układu z lampą Hg.



Dalsze czynności wykonać ściśle według instrukcji pomiarowych w *Dodatkach A i B*.

- Opracować wyniki pomiarowe.

#### W przypadku lampy neonowej :

- wykonać wykresy zależności  $I = f(V)$  natężenia prądu anodowego od napięcia przyspieszającego;
- zinterpretować przebieg wykresu  $I = f(V)$ ;
- wyznaczyć potencjał wzbudzenia atomów Ne ;
- zinterpretować pojawianie się świejących warstw w lampie neonowej ( *Zdjęcie 5* ) ;
- zidentyfikować przejścia związane ze wzbudzeniem atomów Ne ( *Rysunek 6* ) ;
- obliczyć długość fali emitowanej wskutek przejść atomów Ne do stanu podstawowego ;
- obliczyć średnią drogę swobodną elektronów w neonie i ciśnienie w lampie Ne.

#### W przypadku lampy rtęciowej :

- wykonać wykres zbiorczy zależności  $I = f(V)$  natężenia prądu anodowego od napięcia przyspieszającego dla przyjętych temperatur par rtęci;
- wyznaczyć wielkości potencjałów wzbudzenia atomów rtęci w zadanej temperaturze;
- zidentyfikować przejście do stanu wzbudzonego Hg ( *Rysunek 7* ) ;
- obliczyć długość fali promieniowania emitowanego przez atomy Hg;
- na podstawie wykresu wykonanego w punkcie a) wyjaśnić zmiany wielkości natężenia prądu anodowego w przyjętym zakresie temperatur.

### III. Zestaw przyrządów.

1. Lampa Francka-Hertza z neonem.
2. Modułowe urządzenie sterujące pomiarami.
3. Lampa Francka – Hertza z parami rtęci w obudowie grzejnej.
4. Termopara Ni Cr-Ni.
5. Zestaw komputerowy.

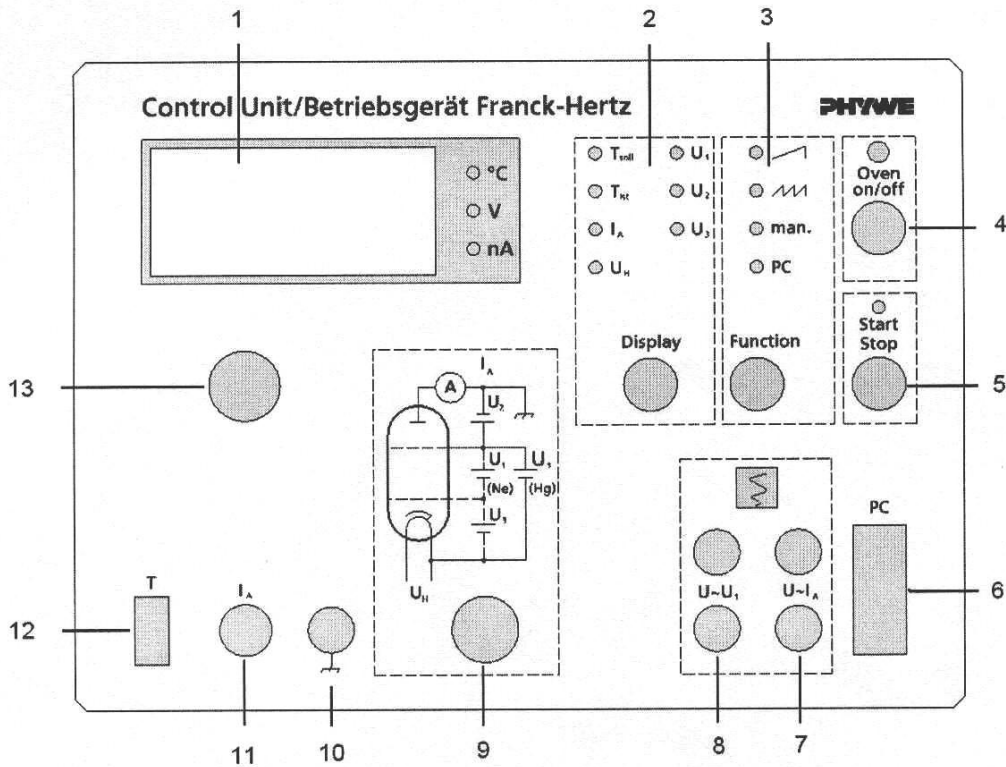
### IV. Literatura.

1. Z. Leś – „Wstęp do spektroskopii atomowej”, PWN, Warszawa 1969.
2. H. A. Enge, M. R. Wehr, J. A. Richards – „Wstęp do fizyki atomowej”, PWN, Warszawa 1983.
3. H. Haken, H. Chr. Wolf – „Atomy i kwanty. Wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej”, PWN, Warszawa 1998.
4. I. W. Sawieliew – „Wykłady z fizyki”, T.1. i 3., PWN, Warszawa 2002.
5. S. Frisz, A. Timoriewa – „Kurs fizyki”, T. 1. i 2., PWN, Warszawa 1964.
6. W. Świątkowski – „Doświadczenie Francka i Hertza: 85 lat później”, „Postępy Fizyki”, Tom 49, zeszyt 4, 1998.
7. M. M. Kash, G. C. Shields – “Using the Franck-Hertz Experiment to Illustrate Quantization”, J. Chem. Educ. 71, 466, 1994.
8. H. Haken, H. Ch. Wolf – “The Physics of Atoms and Quanta”, Springer, 2000.
9. V. Acosta, C.L. Cowan, B.J. Graham – “Essentials of Modern Physics”, Harper & Row, Publishers, New York 1973.
10. E. W. Mc Daniel – “Atomic Collisions – Electron & Photon Projectiles” , Wiley, N.Y. 1989.
11. A. P. Arya – “Fundamentals of Atomic Physics “, Allyn & Bacon Inc., Boston 1971.
12. H. A. Enge, M. R. Wehr, J. A. Richards – “Introduction to Atomic Physics”, Addison-Wesly, Reading-Mass, 1981.
13. P. Meystre – “Atom Optics”, Springer, Berlin-Heidelberg, 2001.

## Dodatek A

### Instrukcja obsługi układu doświadczalnego Francka-Hertza z lampą neonową

Zapoznać się z poniższym opisem elementów płyty czołowej modułowego urządzenia sterującego pomiarami na *Rysunku 4*.



Rysunek 4. Schemat płyty czołowej modułowego urządzenia sterującego w doświadczeniu Francka-Hertza:

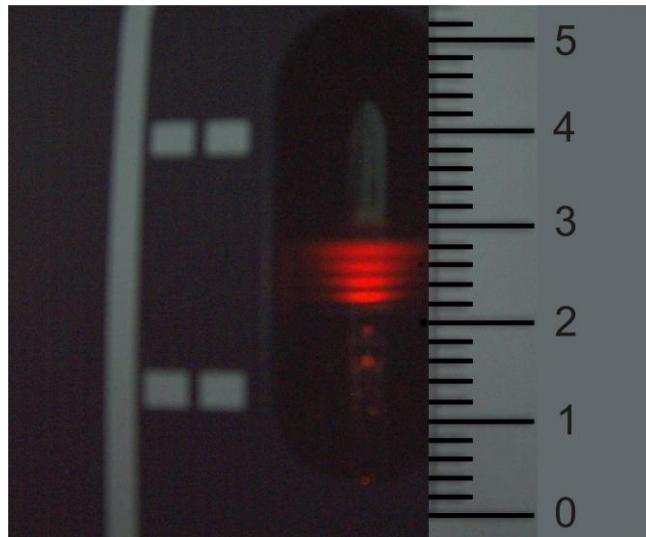
1. Cyfrowy wyświetlacz wybranych wartości  $T$ ,  $I_A$ ,  $U_H$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ;
2. Przełącznik wybranych wielkości pomiarowych
3. Przełącznik funkcyjny sposobu pomiaru;
4. Przełącznik uruchamiania / wyłączenia pieca grzejnego lampy Hg;
5. Przełącznik początku / końca pomiaru;
6. Gniazdo podłączenia komputera;
7. Wyjście analogowe Y (przy pracy z oscyloskopem i rejestratorem);
8. Wyjście analogowe X (przy pracy z oscyloskopem i rejestratorem);
9. Moduł zasilania  $U_H$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  wybranej lampy Francka-Hertza;
10. Uziemienie;
11. Wejście pomiarowe prądu anodowego;
12. Gniazdo dla termoelementu;
13. Potencjometr regulacji temperatury i napięć  $U_H$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ .

## Obserwacja świecenia neonu (przy manualnej obsłudze urządzenia).

1. Włączyć urządzenie sterujące doświadczeniem Francka-Hertza.
2. Przyciskiem „Function” wybrać opcję „manual”.
3. Przyciskiem „Display” wybrać kolejno tzn. ustawić potencjometrem następujące wartości napięć:

$$U_H = 8,0 \text{ [V]}, U_2 = 7,0 \text{ [V]}, U_3 = 2,2 \text{ [V]}, U_1 = 0 \text{ [V]}.$$

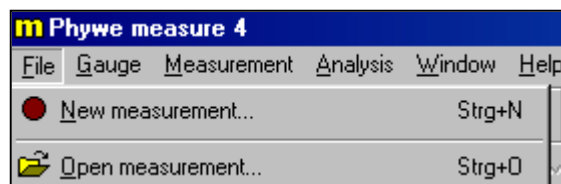
4. Wcisnąć przycisk „Start/Stop”. Potencjometrem zwiększać wartość napięcia  $U_1$  aż do maksymalnej wartości (99,9 [V]). Jednocześnie obserwować pojawianie się świecących warstw pomiędzy elektrodami lampy Ne (pokazuje to *Zdjęcie 5*).



*Zdjęcie 5. Świecące warstwy w lampie Ne.*

## Pomiary $I = f(V)$ dla lampy Ne (pomiary automatyczne).

1. Włączyć komputer.
2. Uruchomić program „measure”. Przyciskiem „Function” urządzenia sterującego doświadczeniem wybrać opcję „PC”.
3. W programie „Phywe measure 4” wybrać „New measurement” :



4. Ustawić parametry pomiaru :

**End Voltage  $U_1= 99,90$  [V]**

**Voltage  $U_2= 7,0$  [V]**

**Voltage  $U_3= 2,2$  [V]**

**Voltage  $U_H=8,0$  [V]**

**W okienku „Display” zaznaczyć  $U_1, U_2, I_A, U_3, U_H$ .**



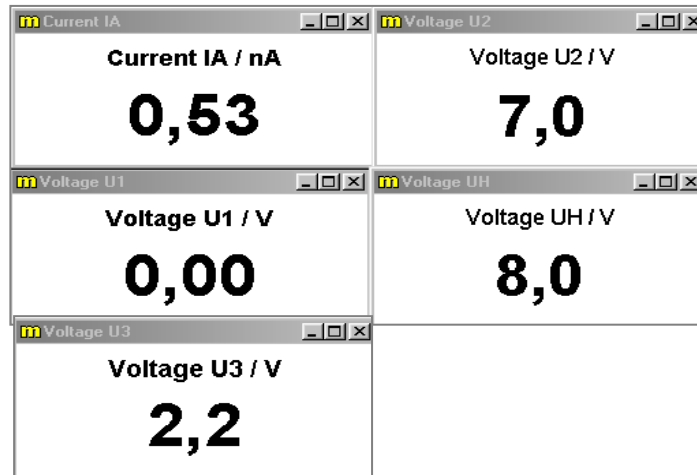
## UWAGA!

**Nie wolno przekraczać następujących wartości napięć:**

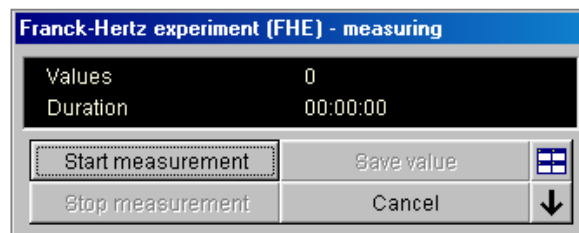
**$U_1 = 99,9$  [V];  $U_2 = 8$  [V];  $U_3 = 4$  [V];  $U_H = 9$  [V].**

**W okienku „Channels” zaznaczyć „Current  $I_A$ ”. Następnie nacisnąć przycisk „Continue”.**

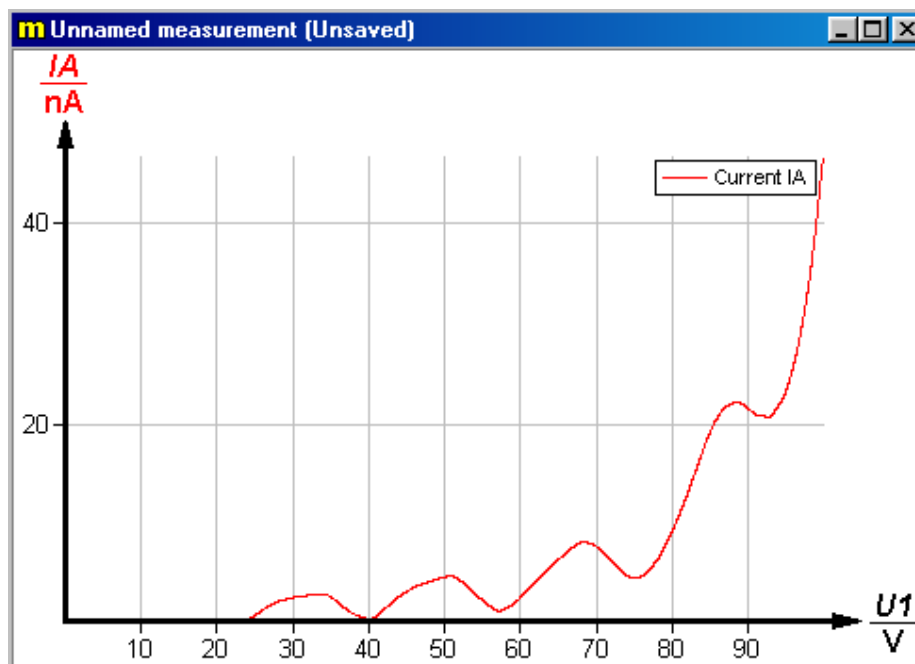
5. Pojawią się okienka pomiarowe z ustawionymi parametrami :



6. Nacisnąć przycisk „Start Measurement”.

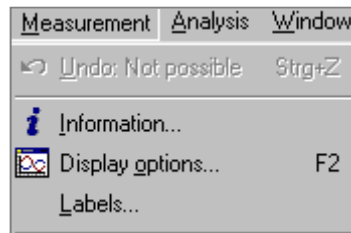


7. Po chwili program rozpocznie pomiar. Po wykonaniu pomiaru pojawi się wykres zależności  $I_A = f(U_1)$ .



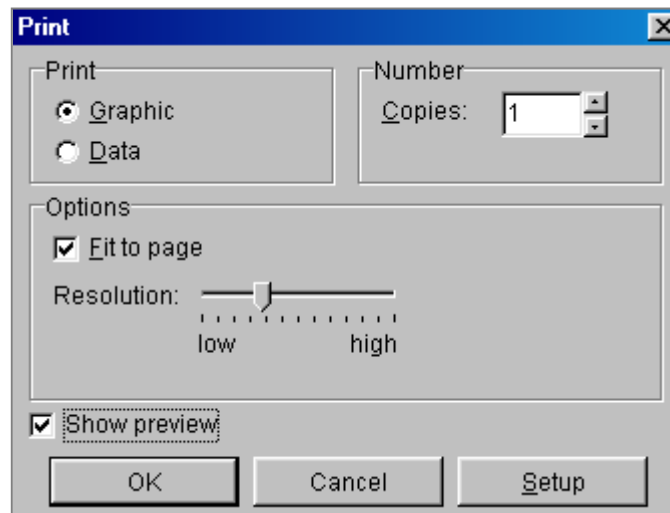


8. W interfejsie programu wybrać opcję „Measurement” > ”Information”



Wpisać odpowiednie opisy w wolne pola. Następnie przejść do „Display options” i ustawić wartości zakresowe na osiach x i y.

9. Po wykonaniu wszystkich czynności wydrukować wykres. Użyć funkcji „Print Measurement”. Zaznaczyć „Show preview” oraz w „Setup” wybrać orientację poziomą.



### UWAGA!

Przed wyłączeniem urządzenia sterującego pomiarem ustawić potencjometrem wartość  $U_H$  na 0 [V].

## Dodatek B

### Instrukcja obsługi układu doświadczalnego Francka-Hertza z lampą rtęciową

#### Pomiary $I = f(V)$ dla lampy Hg ( pomiary automatyczne) dla różnych temperatur.

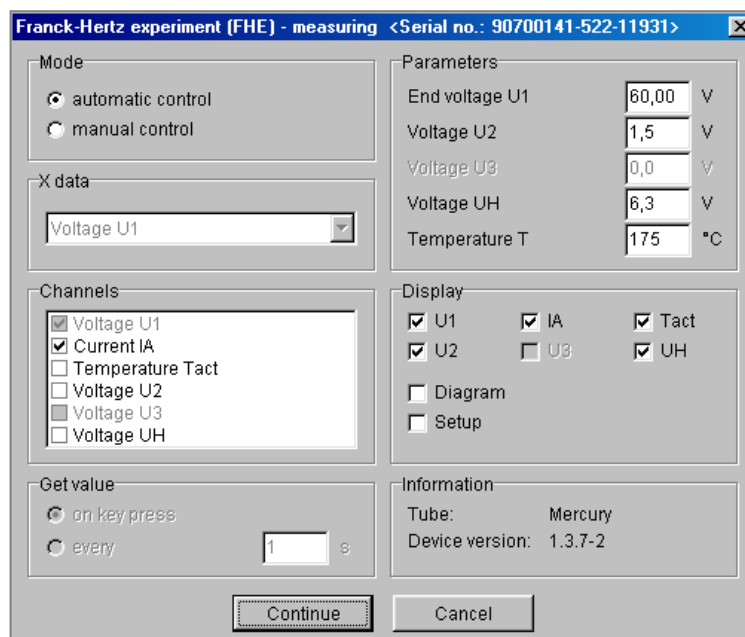
1. Zapoznać się z funkcjami elementów urządzenia sterującego na *Rysunku 4* .
2. Ustawić pokrętkę grzania piecyka w pozycji 10 (maksymalne grzanie).
3. Włączyć urządzenie sterujące doświadczeniem Francka-Hertza.
4. Naciskając przycisk „Display” wybrać „T<sub>nominal</sub>”. Potencjometrem ustawić temperaturę 220°C. Nacisnąć przycisk „Oven on/off”.
5. Przyciskiem „Display” wybrać odczyt „T<sub>act</sub>” i odczekać aż piec grzejny osiągnie temperaturę około 220°C.
6. Przyciskiem „Function” ustawić opcję „PC”
7. Włączyć komputer i uruchomić aplikację „measure”.
8. W interfejsie pomiarowym wybrać opcję „New Measurement”.
9. Wybrać automatyczną kontrolę pomiaru. Ustawić parametry pomiaru :

**End Voltage  $U_1=60,00$  [V]**

**Voltage  $U_2=1,5$  [V]**

**Voltage  $U_H=6,3$  [V]**

**Temperature  $T=175$ °C.**



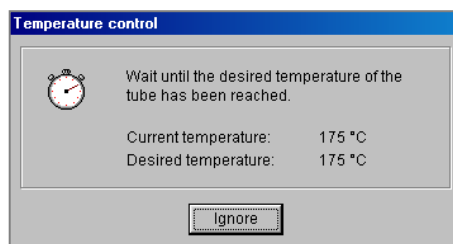


## UWAGA!

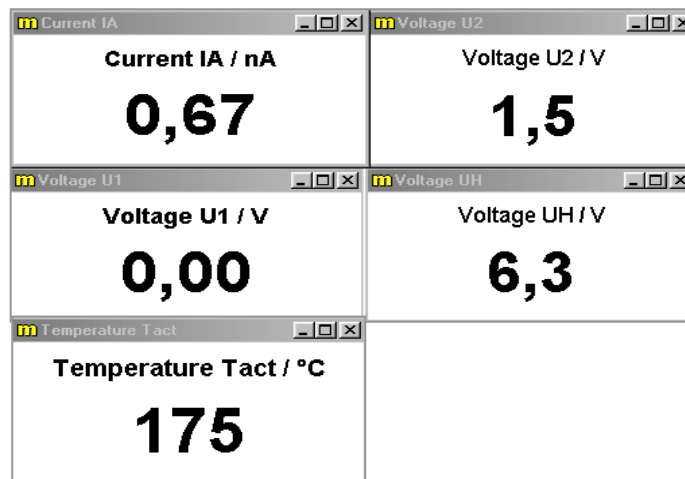
Nie wolno przekroczyć następujących wartości napięć:  $U_1 = 60$  [V];  $U_2 = 3$  [V];  $U_H = 7$  [V].

W okienku „Channels” zaznaczyć „Current  $I_A$ ”. Następnie nacisnąć przycisk „Continue”.

10. Odczekać aż do uzyskania wymaganej temperatury :

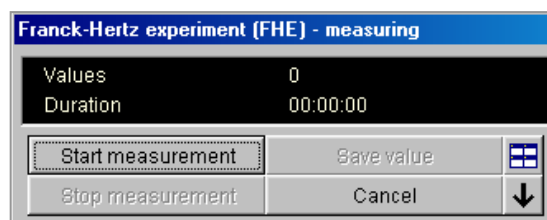


11. Pojawią się okienka pomiarowe z ustawionymi parametrami:

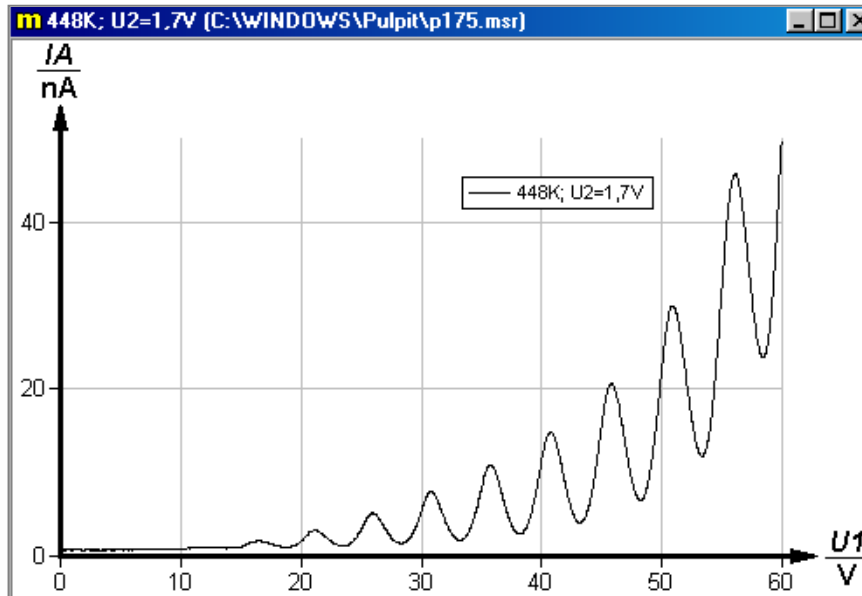


Przed rozpoczęciem pierwszego pomiaru odczekać około 20 minut.

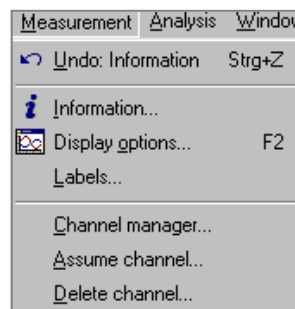
12. Nacisnąć przycisk „Start Measurement”.



13. Po chwili program rozpocznie pomiar. Po wykonaniu pomiaru pojawi się wykres zależności  $I_A = f(U_1)$ .

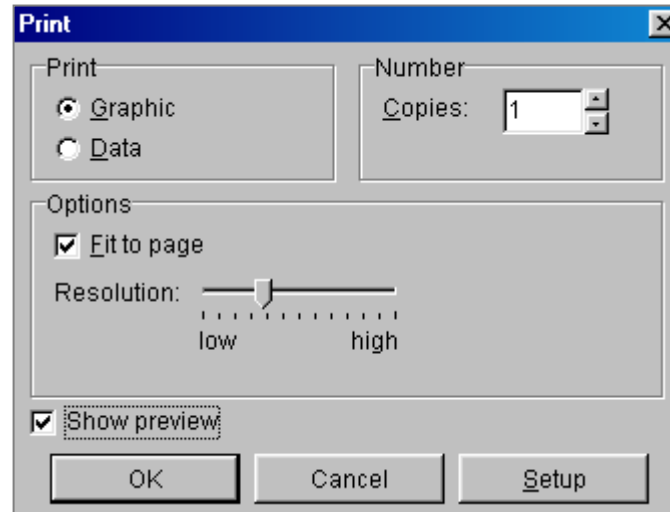


14. Zapisać pomiar do oddzielnego pliku (użyć funkcji „Save measurement as...”)
15. Powtórzyć pomiary dla kolejnych temperatur  $T = 185^{\circ}\text{C}$ ,  $195^{\circ}\text{C}$ ,  $205^{\circ}\text{C}$  oraz  $215^{\circ}\text{C}$  zapisując każdorazowo uzyskane wyniki jak w punkcie 13.
16. Przed każdym zapisem pomiaru należy odpowiednio opisać pomiar. Należy wybrać opcję „Information” i w zakładce „Channels” w okienku „Name” wpisać parametry danego pomiaru. W „Display options” ustawić obszar wykresu (oś x od 0 do 60 [V]; oś y od 0 do 50 [nA]) oraz dobrać indywidualny kolor dla każdego pomiaru. Procedury te należy powtórzyć dla każdego kolejnego pomiaru. Należy pamiętać o **niezamykaniu** okienek zapisanych pomiarów.
17. Po wykonaniu wszystkich wymaganych pomiarów wykonać wykres zbiorczy. W tym celu należy wybrać w zakładce „Measurement” funkcję „Assume channel”.



Dołączyć kolejno przebiegi pomiarowe.

18. Po wykonaniu wszystkich czynności wydrukować wykres. Użyć funkcji „Print Measurement”.  
Zaznaczyć „Show preview” oraz w „Setup” wybrać orientację poziomą.

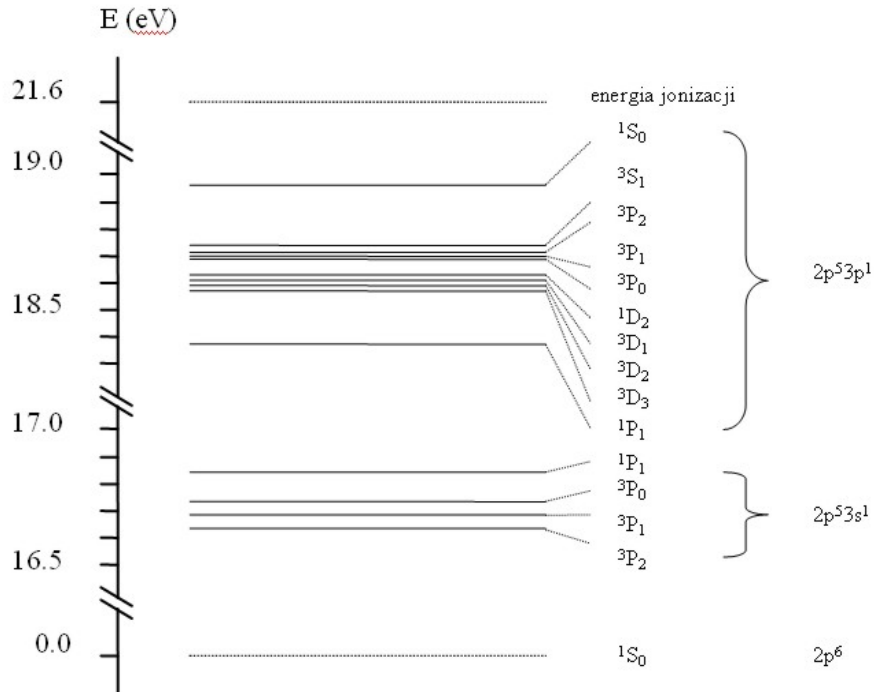


## UWAGA!

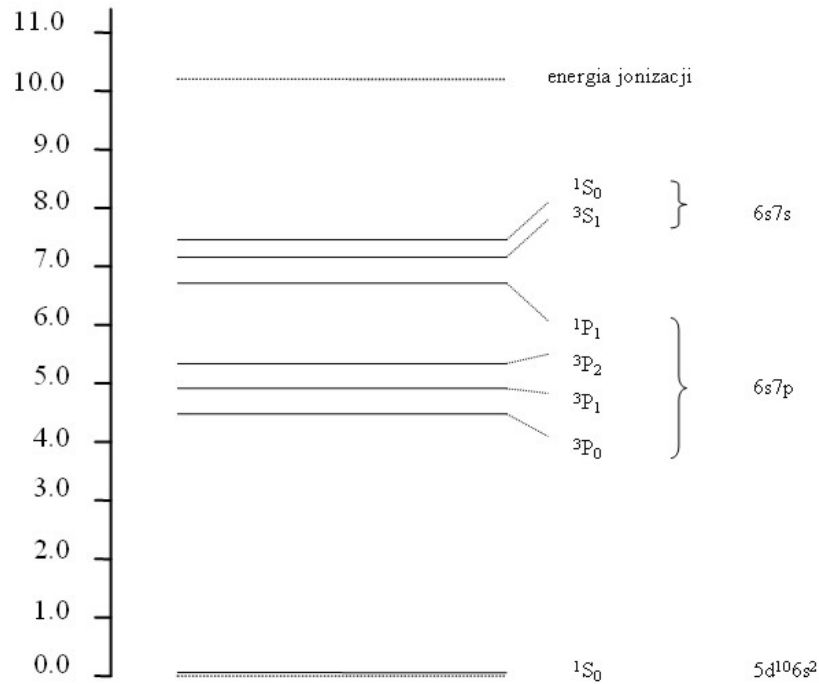
Przed wyłączeniem urządzenia sterującego pomiarem ustawić potencjometrem wartość  $U_H$  na 0 [V].

## Dodatek C

### Schematy pomocnicze do wykonania Zadań Doświadczalnych II



Rysunek 6. Schemat poziomów energetycznych atomu Ne.



Rysunek 7. Schemat poziomów energetycznych atomu Hg.