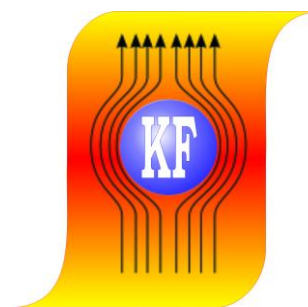
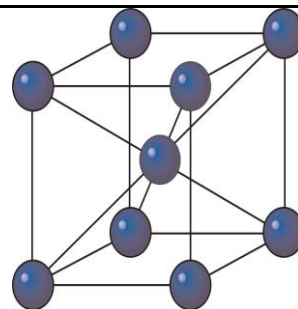


**KATEDRA FIZYKI**

**WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI  
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW  
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA**



**PRACOWNIA  
FIZYKI CIAŁA  
STAŁEGO**



**ĆWICZENIE NR FCS - 3**

**WYZNACZANIE STAŁEJ PLANCKA I PRACY  
WYJŚCIA ELEKTRONÓW Z FOTOKATODY ZA  
POMOCA FOTOKOMÓRKI**

Ćwiczenie FCS-3: Wyznaczanie stałej Plancka pracy wyjścia elektronów z fotokatody za pomocą fotokomórki

**I. Zagadnienia do opracowania**

1. Zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne.
2. Wzór Einsteina-Millikana, wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego na gruncie kwantowej teorii promieniowania elektromagnetycznego.
3. Komórka fotoelektryczna i jej zastosowanie.
4. Zasada wyznaczania stałej Plancka i pracy wyjścia elektronów z fotokatody przez pomiar napięcia hamowania.
5. Metoda regresji liniowej.

**II. Przebieg ćwiczenia**

1. Wyznaczanie charakterystyki prądowo-napięciowej fotokomórki:
  - a. Połączyć obwód według schematu 1.
  - b. Ustawić zakres woltomierza na 75 V a mikroamperomierza na 75  $\mu$ A.
  - c. Włączyć przycisk „mains” na zasilaczu D.C. Power Supply i ustawić napięcie 50 V wciskając wszystkie przyciski klawiszowe.
  - d. Oświetlić fotokomórkę lampką tak, aby prąd w obwodzie wynosił  $\sim 40 - 50 \mu$ A.
  - e. Nie zmieniając położenia fotokomórki i lampki zmierzyć zależność prądu w obwodzie fotokomórki od napięcia w przedziale od 0 – 50 V. W zakresie od 0 do 10 V napięcie zmieniać co 1 V, w pozostałym zakresie co 5 V. Dokładną wartość napięcia ustawić za pomocą przycisków klawiszowych oraz potencjometru regulacji płynnej  $0.1 \div 1$  V. Wyniki wpisać do tabeli 1.
  - f. Czynności d-e powtórzyć dla innej maksymalnej wartości prądu w obwodzie fotokomórki np.  $\sim 70 \mu$ A.
2. Wyznaczanie stałej Plancka i pracy wyjścia elektronów z fotokatody przez pomiar napięcia hamowania:
  - a. Wyzerować galwanometr zwierciadłowy. W tym celu zewrzeć blaszką metalową wyjścia galwanometru „+” i „-” (z tyłu galwanometru). Podłączyć końcówki przewodu oświetleniowego galwanometru „+”, „-” do odpowiednich gniazdek zasilacza. Napięcie ustawić w pozycję 12 V. Pokrętle na głównej płycie galwanometru ustawić plamkę świetlną na zerze.
  - b. Wyłączyć zasilacz i zdjąć blaszkę zwierającą.
  - c. Zestawić obwód według schematu 2.
  - d. Za pomocą potencjometrów skokowej regulacji napięcia na płycie czołowej zasilacza 5371 ustawić wartości po 6 V. Potencjometr regulacji płynnej ustawić w pozycji 0, a potencjometr regulacji prądu w pozycji maksymalnej. Przełącznik w pozycji x 0 1. Zwrócić uwagę, żeby środkowe zaciski „-” i „+” były połączone z zaciskiem  $\perp$ .
  - e. Przełącznik ustawienia ustawić w pozycji ustawienie „dokładne”.
  - f. Włączyć przełącznik „sieć”.
  - g. Za pomocą potencjometru regulacji napięcia hamowania  $U_h$  wyzerować galwanometr dla pozycji 1 przełącznika barw (światło czerwone). Ustawić zakres woltomierza na 3 V i wyzerować galwanometr ponownie. Czynność zerowania powtórzyć pięć razy przesuwając wcześniej plamkę świetlną w prawo lub w lewo. Wynik wpisać do tabeli 2.

Ćwiczenie FCS-3: Wyznaczanie stałej Plancka pracy wyjścia elektronów z fotokatody za pomocą fotokomórki

**UWAGA: Czynność zerowania galwanometru wykonywać delikatnie, bardzo powoli, tak aby plamka świetlna nie „biegała” po skali galwanometru i ustawiła się dokładnie na zerze.**

- h. Powtórzyć czynność g dla pozycji 2, 3, 4 przełącznika barw (światło żółte, zielone, niebieskie).

### III. Tabele pomiarowe

TABELA 1

Lp	$\Phi_1$		$\Phi_2$	
	$U_z$ [V]	$I_f$ [ $\mu$ A]	$U_z$ [V]	$I_f$ [ $\mu$ A]
1.	1			
2.	2			
.	3			
.	.			
.	.			
.	.			
.	10			
.	15			
.	20			
.	.			
.	.			
.	.			
.	50			

TABELA 2.

Rodzaj miernika	Woltomierz	Amperomierz
Klasa miernika K		
Zakres pomiarowy Z		
Wartość najmniejszej działki		
Błąd miernika $\frac{KZ}{100} + \frac{1}{2}$ działki		

TABELA 3

Pozycja przełącznika	Długość fali $\lambda$ [ $\times 10^{-9}$ m]	Częstotliwość fali $\nu$ [ $\times 10^{14}$ Hz]	Napięcie hamowania $U_h$ [V]				$U_{h\ sr}$ [V]
1	632,8						
2	557,0						
3	546,1						
4	435,8						

#### **IV. Opracowanie wyników pomiarów**

1. Na podstawie danych z tabeli 1 wykreślić charakterystyki prądowo - napięciowe fotokomórki oraz zaznaczyć na wykresach błędy  $\Delta U$  i  $\Delta I$ .
2. Korzystając z programu komputerowego „Regresja” obliczyć stałe  $a$  i  $b$  prostej  $y = ax+b$  oraz ich odchylenia standardowe  $\sigma_a$  i  $\sigma_b$  zaokrąglając wyniki zgodnie z normami. (Prawo Einsteina-Millikana można zapisać w postaci:

$$U_h = \frac{h}{e}v - \frac{A}{e}$$

3. Jest to zależność liniowa  $y = ax + b$ , w której  $y = U_h$ ,  $x = v$ ,  $a = \frac{h}{e}$  natomiast

$$b = -\frac{A}{e}.$$

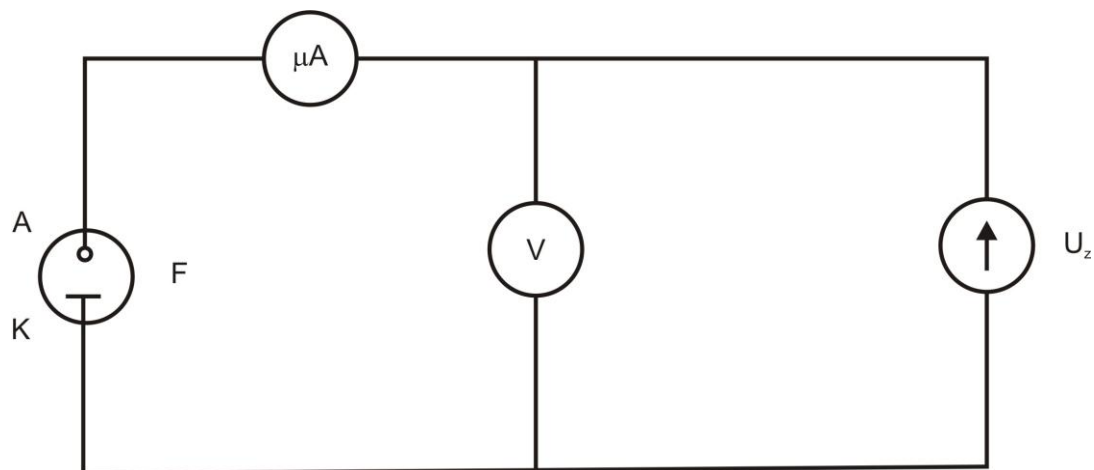
4. Obliczyć stałą Plancka  $h$  oraz pracę wyjścia elektronów  $A$ .
5. Obliczyć błąd stałej Plancka  $\sigma_h = e\sigma_a$  i błąd pracy wyjścia elektronów  $\sigma_A = e\sigma_b$ .
6. Obliczyć błąd względny stałej Plancka i pracy wyjścia elektronów.
7. Zapisać wartość stałej Plancka w postaci:  
 $h = (\text{wartość wyznaczona} \pm \sigma_h) \times 10^{-34} \text{ J s}$   
 $A = (\text{wartość wyznaczona} \pm \sigma_A) \text{ eV}$
8. Narysować prostą o równaniu  $y = ax + b$  oraz nanieść na wykres punkty doświadczalne z tabeli 2.
9. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.

#### **V. Literatura**

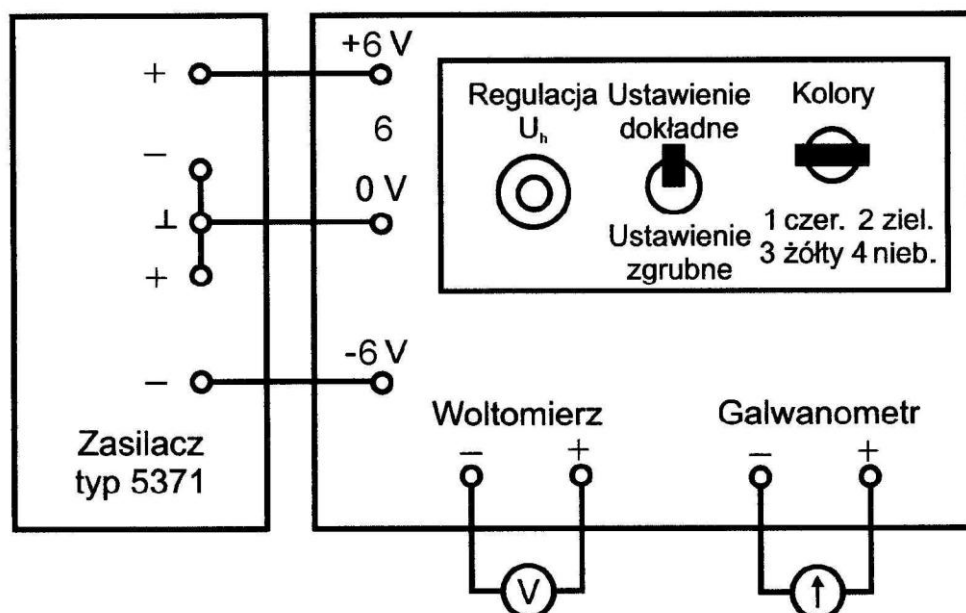
1. R. Resnick, D. Halliday „Fizyka” (tom 1)
2. T. Dryński „Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki”
3. R. Eisberg, R. Resnick „Fizyka kwantowa”
4. J. Lech „Opracowanie wyników pomiarów w pierwszej pracowni fizycznej”

## VI. Schematy pomiarowe

### SCHEMAT1



### SCHEMAT2



## Zasada sporządzania wykresów

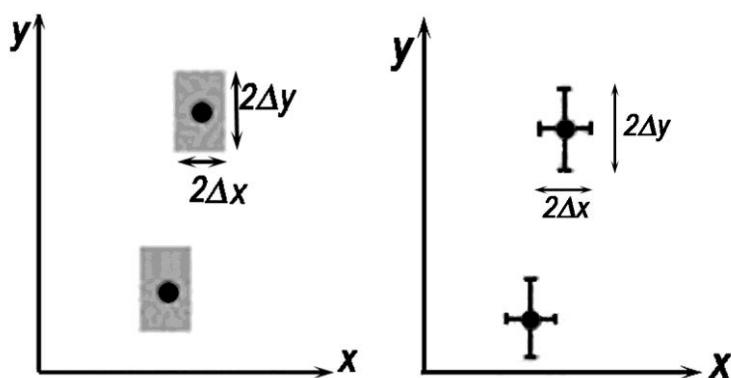
Prawidłowe opracowanie wyników pomiarów wymaga wykonania odpowiedniego wykresu. Podczas robienia wykresu należy kierować się następującymi zasadami:

1. Wykres wykonuje się na papierze milimetrowym. Na układzie współrzędnych definiujemy liniowe osie liczbowe w przedziałach zgodnych z przedziałami zmienności wartości  $X$  i  $Y$ ; oznacza to, że na każdej z osi odkładamy tylko taki zakres zmian mierzonej wielkości fizycznej, w którym zostały wykonane pomiary. Nie ma zatem obowiązku odkładania na osiach punktów zerowych, gdy nie było w ich okolicy punktów pomiarowych (chyba, że w dalszej analizie konieczne będzie odczytanie wartości  $Y$  dla  $X=0$ ). Skalę na osiach układu nanosimy zazwyczaj w postaci równooddalonych liczb. Ich wybór i gęstość na osi musi zapewniać jak największą prostotę i wygodę korzystania z nich. Na osiach wykresu muszą być umieszczone odkładane wielkości fizyczne i ich jednostki lub wymiary.

2. Punkty nanosimy na wykres tak, by były wyraźnie widoczne, zaznaczamy je kółkami, trójkątami, kwadracikami itp. Na rysunku należy zaznaczyć również niepewności pomiarowe w postaci prostokątów lub odcinków.

*Graficzne przedstawienie niepewności systematycznej:*

Założmy, że wartości  $x$  i  $y$  otrzymane z pomiarów są obarczone odpowiednio niepewnościami  $\Delta x$  i  $\Delta y$ . Oznacza to, że rzeczywiste wartości tych wielkości mieszczą się w przedziałach od  $x-\Delta x$  do  $x+\Delta x$  oraz od  $y-\Delta y$  do  $y+\Delta y$ . Na wykresie zależności  $Y(X)$  przedziały te wyznaczają wokół punktów  $(x,y)$  prostokąty o bokach  $2\Delta x$  i  $2\Delta y$ . Niepewności te można również zaznaczać wokół punktu pomiarowego  $(x,y)$  poprzez odcinki o długości  $2\Delta x$  i  $2\Delta y$  (rys.1)



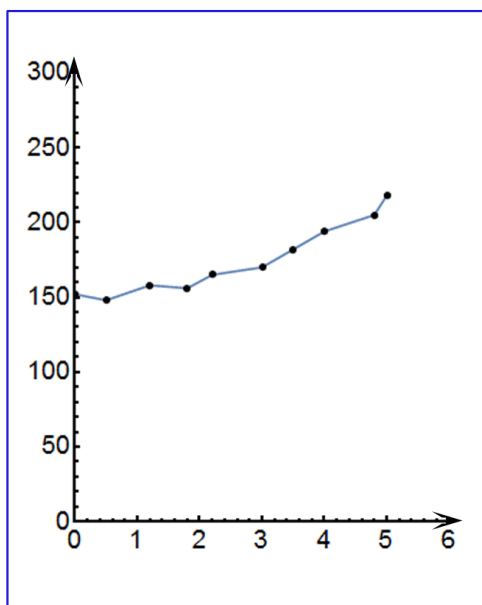
Rys.1 Zaznaczanie niepewności wokół punktów pomiarowych.

**Uwaga:** Jeżeli wartość zmiennej  $X$  jest dokładnie znana (czyli  $\Delta x=0$ ), to na wykresie zaznaczamy tylko niepewności na osi zmiennej zależnej (na osi  $y$ ).

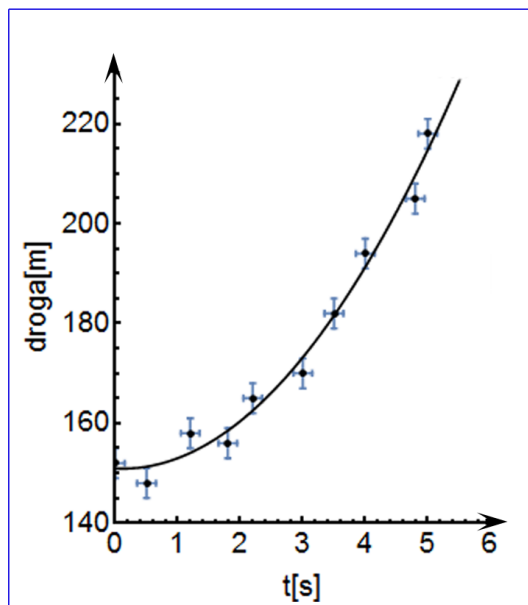
Ćwiczenie FCS-3: Wyznaczanie stałej Plancka pracy wyjścia elektronów z fotokatody za pomocą fotokomórki

3. Rozmiar wykresu nie jest dowolny i nie powinien wynikać z tego, że dysponujemy takim, a nie innym kawałkiem papieru (na rys.2 arkusz papieru milimetrowego zaznaczony jest kolorem niebieskim). Rozmiar powinien być określony przez niepewności pomiarowe tych wielkości, które odkłada się na osiach. Niepewność ta powinna w wybranej skali być odcinkiem o łatwo zauważalnej, znaczącej długości.
4. Następnie prowadzimy odpowiednią krzywą (nie może to być linia łamana!) tak, by przecinała w miarę możliwości punkty pomiarowe, ale nie należy dążyć do tego, aby przechodziła ona przez wszystkie punkty, ponieważ każdy z nich obarczony jest niepewnością. W przypadku dużych rozrzutów staramy się, by ilość punktów poniżej i powyżej krzywej była zbliżona- w ten sposób uśredniamy graficznie wyniki pomiarów. W przypadku zależności nieliniowych korzystamy z krzywek.
5. Każdy rysunek powinien być podpisany. Etykieta wykresu wyjaśnia, co rysunek zawiera, co reprezentują zaznaczone krzywe.

**PODSUMOWANIE:**



***zły wykres***



***dobry wykres***

Rys.2