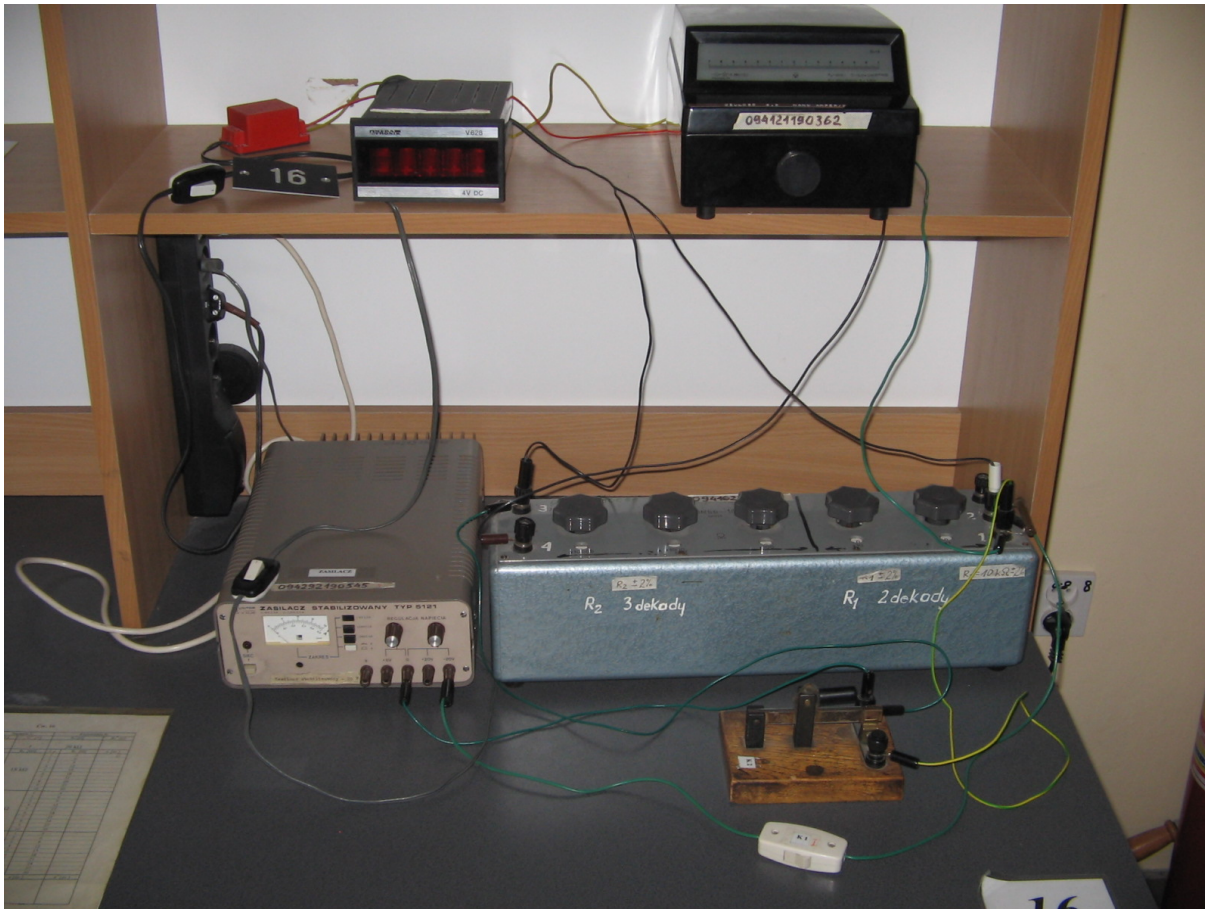


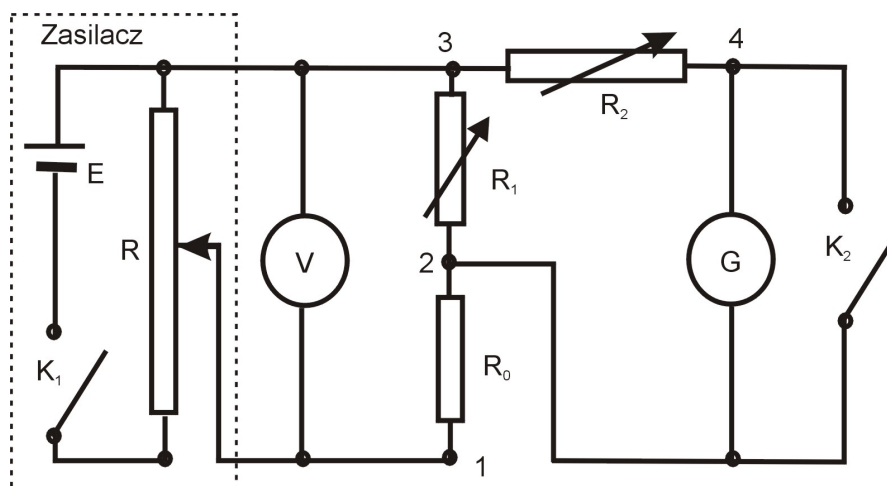
WYZNACZENIE CZUŁOŚCI GALWANOMETRU ZWIERCIADŁOWEGO



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego



Rys. 1. Schemat układu do badania czułości i rezystancji wewnętrznej galwanometru.

Jak wynika z Rys.1 zestaw pomiarowy składa się z:

- badanego galwanometru zwierciadłowego G,
- zasilacza lub rezystora suwakowego R włączonego jako dzielnik napięcia służący do regulacji różnicy potencjałów między końcami rezystorów R_0 i R_1 ,
- woltomierza V mierzącego tę różnicę potencjałów,
- dwóch kluczy K_1 , K_2
- trzech rezystorów R_0 , R_1 i R_2 .

Klucz K_2 służy do zwierania zacisków galwanometru w celu jego zabezpieczenia. Spełnia on ważną rolę w tłumieniu ruchów ramki i szybkim sprowadzeniu wychylenia plamki świetlnej do pozycji wyjściowej (zero na skali). Tłumienie ruchu wahadłowego ramki odbywa się przez zamknięcie klucza, sprowadzenie zaś plamki do zera skali przez zamknięcie klucza w momencie zbliżenia się plamki do zera. Wymagane jest, aby po zakończeniu pomiarów pozostawić galwanometr ze zwartymi zaciskami w celu uchronienia go przed przypadkowymi wstrząsami lub potrąceniami. Wystarczy w tym celu zamknąć klucz K_2 , ponieważ jego zaciski są na stałe połączone z zaciskami galwanometru.

Rezystor R_0 jest zwykłym rezystorem radiotechnicznym o wartości 10 k Ω , natomiast rezystory R_1 i R_2 stanowią rezystor dekadowy; R_1 - dwie dekady (1÷10 Ω , 10÷100 Ω), R_2 - trzy dekady (100÷1000 Ω , 1÷10 k Ω , 10÷100 k Ω). Wszystkie trzy rezystory zamontowane są w jednej obudowie i na stałe połączone w szereg. Końce tych rezystorów doprowadzone są do zacisków oznaczonych cyframi jak na schemacie.

3. Przeprowadzenie pomiarów

Po zapoznaniu się z przeznaczeniem poszczególnych przyrządów wchodzących w skład zestawu pomiarowego należy sprawdzić, czy obwód jest zmontowany według Rys.1. Po uzyskaniu pozwolenia od wykładowcy prowadzącego zajęcia można rozpocząć właściwe pomiary. Trzeba pamiętać, że klucz K_2 powinien być zamknięty. Należy otwierać go tylko na czas pomiaru. Przed rozpoczęciem pomiarów powinno się sprawdzić, czy plamka świetlna galwanometru zajmuje położenie zerowe. Jeżeli nie, to za pomocą przeznaczonego do tego celu pokrętła, prowadzić ją na "zero" skali. Pomiary składać się będą z dwóch zasadniczych części:

A. Wyznaczenie rezystancji wewnętrznej galwanometru

1. Pomiary przeprowadzić dla trzech wartości rezystancji R_2 z zakresu 18 – 28 k Ω , np. 18 k Ω , 20 k Ω , 22 k Ω .
2. Przy zamkniętym kluczu K_2 ustawić pokrętkami na rezystorze R_2 wybraną wartość rezystancji z zakresu 18 – 28 k Ω (będzie to wartość R'_2), a na rezystorze R_1 wartość 0.
3. Zamknąć klucz K_1 i za pomocą zasilacza ustalić wartość napięcia na 3 V (będzie to napięcie U').
4. Otworzyć klucz K_2 i na rezystorze R_1 dobrać taką rezystancję, aby plamka świetlna wychyliła się w przybliżeniu do połowy skali. Zapisać to położenie w ilości działek d.

5. Za pomocą zasilacza zmniejszyć napięcie U do wartości 1 V (będzie to napięcie U').
6. Nie zmieniając wartości rezystancji R_1 ustawić plamkę świetlną dokładnie w poprzednim położeniu, zmieniając tylko wartość rezystancji R_2 (otrzymana wartość R_2 będzie stanowiła rezystancję R''_2).
7. Sprowadzić rezystancję R_1 do zera i zamknąć klucz K_2 .

B. Wyznaczenie czułości galwanometru

8. Za pomocą lub zasilacza ustawić napięcie $U = 2$ V. Otworzyć klucz K_2 .
9. Wyznaczyć zależność wychylenia "d" plamki świetlnej od wartości rezystancji R_1 dla co najmniej 10 jego wartości (zwiększając rezystancję R_1 od 0 aż do pełnego wychylenia plamki).
Pomiary przeprowadzić dla trzech wartości rezystancji R_2 , takich samych jak w punkcie A.
10. Zanotować wartości dotyczące czułości i oporu wewnętrznego z obudowy galwanometru oraz oszacować niepewności pomiarowe.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Wykonanie Wykresu 1 – liniowość czułości galwanometru

Przedstawić graficznie zależność wychylenia plamki świetlnej „d” od rezystancji R_1 dla trzech wartości rezystancji R_2 . Nanieść na wykres punkty pomiarowe wraz z niepewnościami i stosując metodę aproksymacji Gaussa wyznaczyć parametry prostej $y = \bar{a}x + \bar{b}$, gdzie $x = R_1$, $y = d$:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

oraz

$$\sigma_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}$$

$$\sigma_{\bar{b}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}$$

$$\text{gdzie } \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{b} \sum_{i=1}^n y_i,$$

a także wyznaczyć współczynnik korelacji ($0 < R^2 < 1$), którego wartość bliska 1 świadczy o zgodności rozkładów punktów eksperymentalnych z wyznaczoną prostą.

Zgodnie z teorią wykres powinien być linią prostą co świadczy o tym, że czułość galwanometru nie zależy od natężenia prądu przepływającego przez galwanometr.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Wyznaczenie rezystancji galwanometru i jej niepewności

1. Wyznaczyć trzy wartości $R_g = \frac{U''R_2 - U'R_2''}{U'' - U'}$ dla trzech wartości rezystancji R_2 .
2. Niepewność złożoną bezwzględną $u_g(R_g)$ wyznaczyć z :

$$u_g(R_g) = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{(U')^2 + (U'')^2}{(U' - U'')^2} \left\{ \left[\frac{(R'_2 - R''_2)}{(U' - U'')} \Delta U \right]^2 + (\Delta R_2)^2 \right\}}$$

Wzór ten został wyprowadzony przy założeniu równości niepewności pomiarowych $\Delta U'' = \Delta U' = \Delta U$ oraz $\Delta R''_2 = \Delta R'_2 = \Delta R_2$.

3. Wyznaczyć $u_{c,r}(R_g) = \frac{u_g(R_g)}{R_g}$ niepewność złożoną względną wartości R_g .
4. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(R_g) = 2 \cdot u(R_g)$

Wyznaczenie prądu płynącego przez galwanometru i jego niepewności

5. Wyznaczyć trzy prądy płynące przez galwanometr $I_g = \frac{U \frac{R_1}{R_0}}{(R_2 + R_g)}$ dla wszystkich trzech wartości rezystancji R_2 .
6. Ponieważ ustalenie wartości prądu odbywa się w sposób pośredni jej niepewność złożoną względną możemy wyznaczyć ze wzoru:

$$u_{c,r}(I_g) = \sqrt{\frac{1}{3} \left(\frac{\Delta U}{U} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{\Delta R_0}{R_0} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{\Delta R_2}{R_g + R_2} \right)^2 + \left(\frac{u_g(R_g)}{R_g + R_2} \right)^2}$$

W wyrażeniu tym za ΔU można przyjąć dokładność odczytu wartości napięcia na skali woltomierza. Wartości rezystancji R_0 , R_1 i R_2 określone są z niepewnością względną 2%.

Wyznaczenie czułości galwanometru i jego niepewności

7. Wyznaczyć trzy czułość galwanometru w sposób uproszczony. W oparciu o wzór $C = \frac{I_g}{d}$ dla trzech wartości rezystancji R_2 , z Wykresu 1 określi (przy tej samej wartości rezystancji R_1) wychylenie plamki w ilości działek "d". Zaznaczyć tą operację na Wykresie 1.
8. Wyznaczyć niepewność złożoną względną czułości: $u_{c,r}(C) = \sqrt{\frac{1}{3} \left(\frac{\Delta d}{d} \right)^2 + u_{c,r}^2(I_g)}$

gdzie: Δd – niepewność maksymalna odczytu liczby działek na galwanometrze.

9. Wyznaczyć niepewność bezwzględną $u_c(C) = C \cdot u_{c,r}(C)$
10. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(C) = 2 \cdot u_c(C)$

Przygotowanie wyników do podsumowania

11. Zdecydować czy wyznaczyć średnią wartości rezystancji R_g jej niepewności (punkty 2-5) czy też kontynuować opracowanie dla trzech przypadków.
12. Zdecydować czy wyznaczyć średnią wartości prądu I_g i jego niepewności (punkty 6-7) czy też kontynuować opracowanie dla trzech przypadków.
13. Zdecydować czy wyznaczyć średnią wartości rezystancji R_g i jej niepewności (punkty 8-11) czy też kontynuować opracowanie dla trzech przypadków.

5. Podsumowanie (wariant podstawowy)

1. Zestawić wyznaczone wielkości wyznaczone z pomiarów $R_g, u(R_g), U(R_g), u_{r,c}(R_g)$ lub $C, u(C), U(C), u_{r,c}(C)$ oraz wartości odniesienia zgodnie z regułami ich prezentacji.

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

- która z niepewności pomiarowych wnosi największy wkład do niepewności złożonej;
- czy spełniona jest relacja $u(R_g) < 0,1$ lub $u(C) < 0,1$;
- czy spełniona jest relacja $|R_{g-teoria} - R_g| < U(R_g)$ lub $|C_{teoria} - C| < U(C)$;
- układ punktów pomiarowych na Wykresie 1 pod kątem występowania błędów: grubych, systematycznych i przypadkowych.

3. Wnioski z analizy rezultatów.

- Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych i ich przyczyn.
- Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.
- Wyjaśnić czy cel ćwiczenia został osiągnięty.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale

DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zadania dodatkowe do wyznaczenia i analizy:

- ☐ Wyznaczyć czułość galwanometru w oparciu o wykres i aproksymację punktów pomiarowych.

Zespół w składzie grupa

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych:

Zakresy czułość galwanometrów $C_1 = (1,01 \div 2,56) \cdot 10^{-9} \text{ [A/dz]}$ albo $C_2 = (2,15 \div 7,92) \cdot 10^{-9} \text{ [A/dz]}$

Rezystancja fabryczna galwanometru 3479 $[\Omega]$ albo 1200 $[\Omega]$,.....

3.2 Potwierdzić na stanowisku wartości parametrów i ich niepewności!

Rezystancja $R_0 = 10,0 \pm 0,2 \text{ [k}\Omega\text{]}$, niepewności $\Delta R_1 / R_1 = 2\%$; $\Delta R_2 = 0,4 \text{ k}\Omega$; $\Delta U / U = 2\%$

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania:

	Część A	R_2' [k Ω]	R_2'' [k Ω]	Część B-1	L.p.	R_1 [Ω]	d [działek]
Część A wyznaczenie rezystancji wewnętrznej	U' [V]	18		U [V]	1		
	3 V	19		2V	2		
	z niepewnością	20		z niepewnością	3		
	$\Delta U'$ [V]	21		ΔU [V]	4		
Część B Wyznaczenie czułości galwanometru		22			5		
	U'' [V]	23		R_2 [k Ω]	6		
	1 V	24			7		
	z niepewnością	25		z niepewnością	8		
	$\Delta U''$ [V]	26		ΔR_2 [k Ω]	9		
		27			10		
							(~koniec skali)
Część B-2	L.p.	R_1 [Ω]	d [działek]	Część B-3	L.p.	R_1 [Ω]	d [działek]
U [V]	1			U [V]	1		
2V	2			2V	2		
z niepewnością	3			z niepewnością	3		
ΔU [V]	4			ΔU [V]	4		
	5				5		
R_2 [k Ω]	6			R_2 [k Ω]	6		
	7				7		
z niepewnością	8			z niepewnością	8		
ΔR_2 [k Ω]	9			ΔR_2 [k Ω]	9		
	10				10		
			(~koniec skali)				(~koniec skali)