

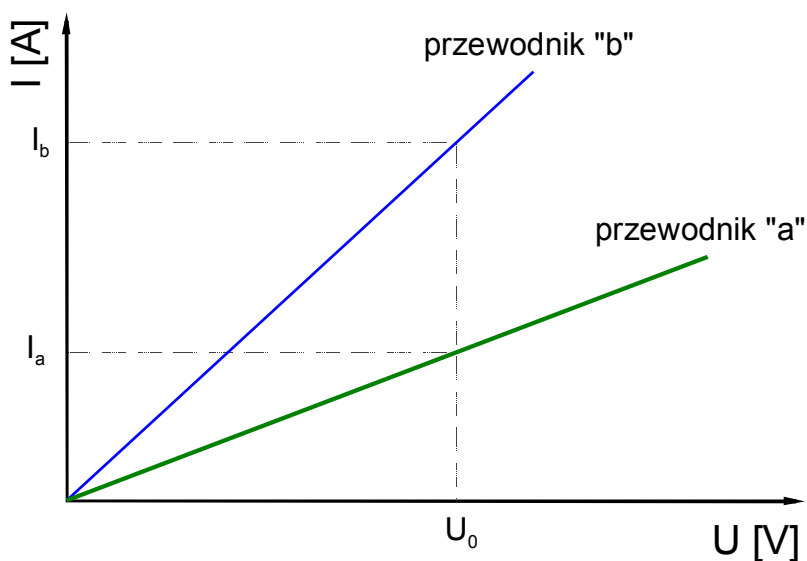
METODY POMIAROWE I OPRACOWANIA WYNIKÓW W LABORATORIUM FIZYKI

Prawo Ohma

Uporządkowany ruch elektronów nazywa się prądem elektrycznym. Poruszające się w przewodniku elektrony napotykają na pewien opór. W wyniku analizy różnicy potencjału na końcach badanego przewodnika przy pomiarze prądu płynącego przez niego stwierdzono, że natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do napięcia na końcach przewodnika (Rys.1), a więc stosunek napięcia do natężenia prądu jest stały.

$$\frac{U}{I} = \text{const.}$$

Powyższa zależność nosi nazwę **prawa Ohma**.



Rys. 1 Charakterystyka prądowo – napięciowa

Przy stałym napięciu w przewodniku „a” płynie mniejszy prąd niż w przewodniku „b”, przewodnik „a” charakteryzuje się większym oporem, a przewodnik „b” mniejszym.

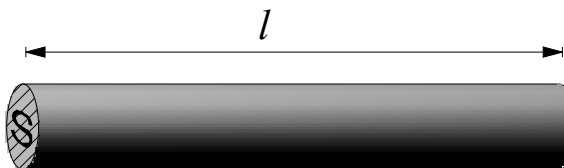
Oporem elektrycznym nazywamy więc stosunek napięcia do natężenia prądu.

$$R = \frac{U}{I}, \quad \left[\frac{V}{A} \right] = [\Omega]$$

Symbolem graficznym opornika (rezystancji odcinka przewodnika) jest: $\sim\sim\sim$.

Opór elektryczny jest stały dla każdego odcinka przewodnika. Zależy od jego rodzaju (ρ), długości (l) i pola przekroju (S).

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

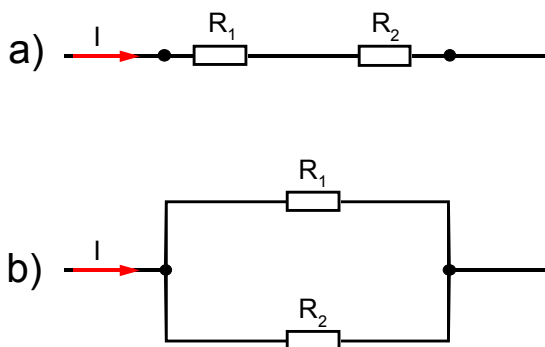


Opór właściwy ρ zależy od rodzaju materiału (Tab. 1) i jego temperatury.

Metal (stop)	Opór właściwy ρ [$\Omega \cdot m$]
Glin	$0,030 \cdot 10^{-6}$
Konstantan	$0,49 \cdot 10^{-4}$
Miedź	$0,017 \cdot 10^{-6}$
Mosiądz	$0,07 \cdot 10^{-4}$
Srebro	$0,016 \cdot 10^{-6}$
Stal	$0,20 \cdot 10^{-6}$
Żelazo	$0,098 \cdot 10^{-6}$

Tab.1 *Opory właściwe metali i stopów w temperaturze 18°C*

W obwodach elektrycznych często znajduje się więcej niż jeden opornik. Mogą być one połączone szeregowo (Rys. 2a) lub równolegle (Rys. 2b)

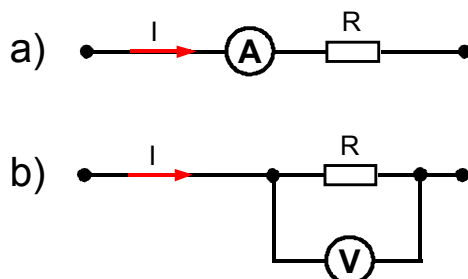


Rys. 2 *Połączenie a) szeregowo, b) równoległe.*

Urządzenia używane do pomiaru wielkości elektrycznych

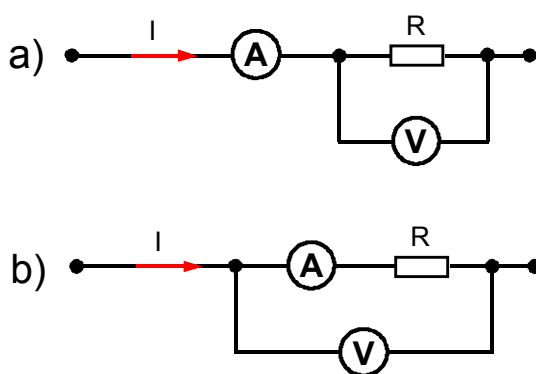
Do pomiaru płynącego prądu elektrycznego stosuje się amperomierz $\text{---}(\text{A})\text{---}$, który podłącza się do układu szeregowo (Rys. 3a). Amperomierz charakteryzuje się bardzo małym oporem wewnętrznym (R_A). W idealnym urządzeniu $R_A \rightarrow 0\Omega$, w rzeczywistości $R_A > 0\Omega$.

Do pomiaru różnicy potencjałów na końcach opornika (spadku napięcia na oporniku) stosuje się woltomierz $\text{---}(\text{V})\text{---}$, który podłącza się do układu równolegle (Rys. 3b). Idealny woltomierz charakteryzuje się bardzo dużym oporem wewnętrznym $R_V \rightarrow \infty \Omega$, a rzeczywisty $R_V < \infty \Omega$.



Rys. 3 Schemat połączenia a) szeregowego amperomierza i b) równoległego woltomierza

Przy projektowaniu układu służącego do pomiaru prądu i spadku napięcia na oporniku należy zastosować odpowiednie podłączenie przyrządów pomiarowych. Przy badanym małym oporze (Rys. 4a), porównywalnym z oporem wewnętrznym amperomierza, należy zdawać sobie sprawę, że spadki napięć na badanym oporze i oporze wewnętrznym amperomierza będą podobne. Stąd pomiar napięcia należy dokonywać jedynie na badanym oporze. Pomiar prądu płynącego przez obwód z powodu dużej oporności wewnętrznej woltomierza będzie praktycznie taki sam jak przez badany opornik. W przypadku badania dużego oporu (Rys. 4b), porównywalnego z oporem wewnętrznym woltomierza, spadek napięcia na oporze wewnętrznym amperomierza będzie dużo mniejszy niż na badanym oporze, natomiast prąd obwodu podzieli się na podobne płynące przez badany opornik i układ woltomierza.



Rys. 3 Układy pomiarowe przy badanym a) małym oporze, b) dużym oporze.

Każde urządzenie pomiarowe charakteryzuje się pewną niepewnością pomiaru, która jest określony przez klasę przyrządu. Niepewność pojedynczego pomiaru miernikiem wychyłowym określony jest przez klasę przyrządu wyrażoną w procentach pomnożoną przez aktualny zakres pomiarowy.

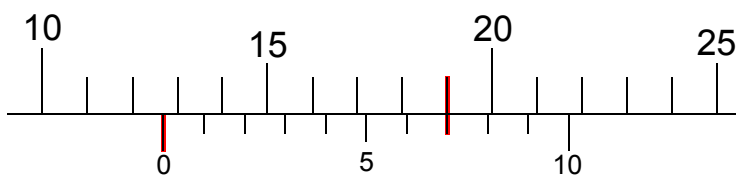
Wynika z tego, że wszystkie pomiary dokonane na jednym zakresie będą charakteryzować się jednakową niepewnością pomiarową. Niepewność pojedynczego pomiaru dokonanego miernikiem cyfrowym określony jest przez klasę przyrządu wyrażoną w procentach pomnożoną przez aktualny wynik pomiarowy i dodaną do liczby (podanej dla danego miernika) pomnożonej przez rząd ostatniej cyfry wyniku pomiarowego (patrz dodatek 3).

Stąd chcąc otrzymać wynik pomiaru o najmniejszej niepewności dokonujemy go na najczulszym dostępnym zakresie.

Zasada odczytu z mierników, noniusza i śruby mikrometrycznej

odczyt z noniusza

Górna skala wskazuje pomiar w jednostkach głównych, dolna zwana noniuszem reprezentuje najmniejszą działkę skali głównej podzieloną na określoną liczbę części. Dokładność przyrządu określa się jako stosunek wartości najmniejszej podziałki skali głównej do ilości działek noniusza.

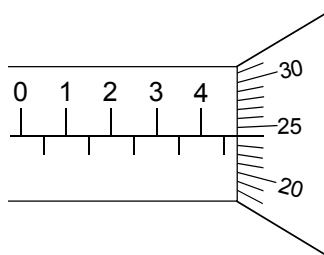


Na ilustracji powyżej przedstawiono skalę przyrządu pomiarowego o dokładności pomiaru 0,1 (najmniejsza działka skali głównej o wartości 1 podzielona przez ilość działek noniusza 10). Zerowa kreska noniusza wskazuje ilość całości, natomiast kreska noniusza będąca przedłużeniem jednej z kresk noniusza głównego to ułamkowe części najmniejszej działki na skali głównej.

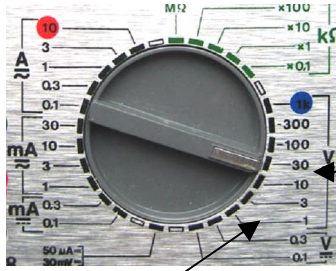
Stąd wynik pomiaru na ilustracji to: **12,7**.

odczyt ze skali śruby mikrometrycznej

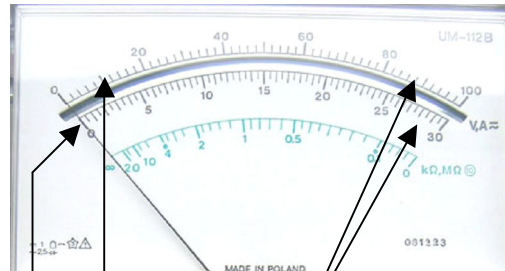
Zazwyczaj mikromierz zwany śrubą mikrometryczną oferuje pomiar z dokładnością do 0,01mm. Na skali głównej znajduje się skala podziału co 0,5mm. Pełne wartości mm - górne działki, dolne - połówki mm. Na skali umieszczonej na wrzecionie śruby mikrometrycznej umieszczono skalę podziału 0,5mm na 50 części. Pełny obrót wrzeciona odpowiada przesunięciu szczęk o 0,5mm.



Ilustracja przedstawia pomiar **4,74mm**. 4,5mm na skali głównej (4 pełne mm na działkach górnych i 0,5mm na dolnej) oraz 0,24mm na skali wrzeciona (działka wrzeciona przedłużająca oś skali głównej).

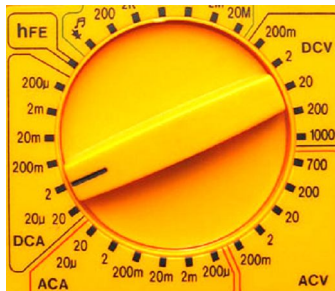
odczyt ze skali miernika wychyłowego

zakresy pomiarowe napięcia stałego
aktualny zakres pomiarowy



skale odczytu wartości mierzonych
górną w przypadku zakresów **0,1, 1, 10, 100**
dolną w przypadku zakresów **0,3, 3, 30, 300**

Niepewność pomiarowa na bieżącym zakresie 30V wynosi $1\% \cdot 30V = 0,3V$. Błąd każdego pomiaru na tym zakresie wynosi $\Delta U = 0,3V$.

odczyt z miernika cyfrowego

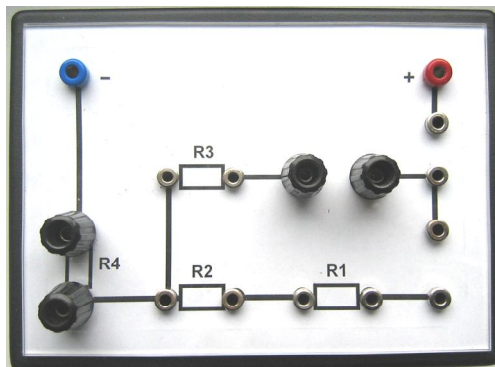
Zakres pomiarowy wynosi 2A. Wynik pomiaru: 0,800A

Niepewność pomiaru wynosi $1,2\% \cdot 0,800A + 1 \cdot 0,001A = 0,0096A + 0,001A = 0,0106A$.

Ostatecznie $\Delta I = 0,011A$.

W skład zestawu wchodzi:

- zasilacz regulowany prądu stałego
- 2 uniwersalne mierniki amperomierz i woltomierz
- 3 pary przewodów długich (czerwonych i czarnych)
- 2 przewody krótkie (jednobarwne)
- badany obwód elektryczny z 4 opornikami



- śruba mikrometryczna
- pręt metalowy

Przygotowanie do pomiarów, budowa układu pomiarowegoPomiary wielkości elektrycznych

1. Upewniamy się, że wszystkie potencjometry zasilacza (dodatek 1) są skrecone na minimum, zakresy mierników na maksymalne wartości (amperomierza na zakres 2A, woltomierza na 30V).
2. Po wyborze badanego opornika składamy układ pomiarowy, czerwone przewody wtykamy do gniazd o przewidzianym wyższym potencjale, czarne o niższym. W miarę potrzeby eliminujemy inne opory używając 1 z 2 krótkich przewodów, spinając nimi oba końce danego opornika.
3. Po sprawdzeniu poprawności obwodu przez asystenta podłączamy zasilanie.
4. Na oporniku R4 dokonujemy pomiaru prądów przy różnych spadkach napięć. Zmieniając napięcie zasilacza przeprowadzamy, co najmniej 10 pomiarów.
5. Na opornikach R1, R2 i R3 dokonujemy jednokrotnego pomiaru spadku napięcia i płynącego prądu.
6. Pamiętamy by przy zmierzonych wartościach wielkości elektrycznych zanotować zakresy, na których zostały dokonane pomiary.
7. Po zakończeniu pomiarów ustawiamy potencjometry zasilacza na minimum, a zakresy mierników na maksymalne.

Pomiary wielkości mechanicznych

1. Odblokowujemy śrubę mikrometryczną.
2. Sprawdzamy wskazanie zerowe przy zetkniętych szczękach śruby.
3. Dokonujemy 30 – 100 pomiarów średnicy pręta w różnych jego miejscach.

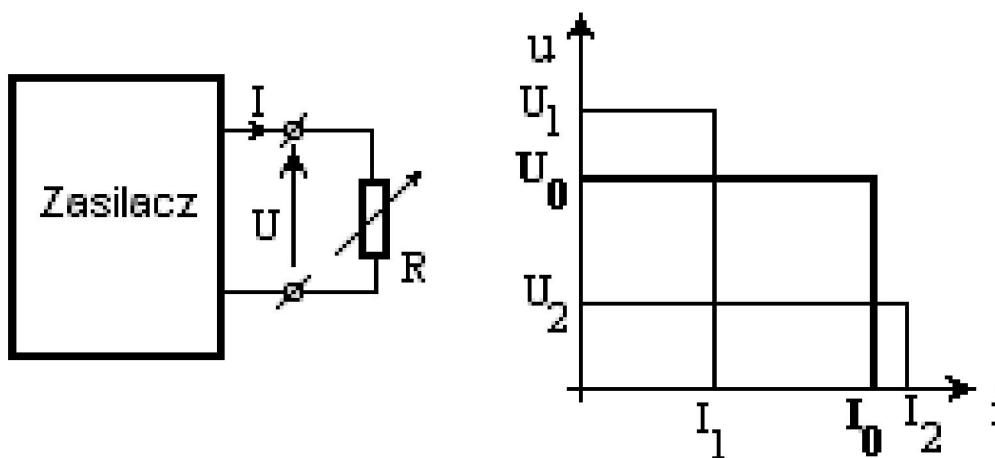
Opracowanie wyników pomiarowych

1. Rysujemy wykres charakterystyki prądowo napięciowej opornika R4. Zaznaczamy pola niepewności. Metodą najmniejszych kwadratów znajdujemy przepis funkcji liniowej najlepiej opisującą punkty wykresu. Podajemy wartość oporu i niepewność jego wyznaczenia. Następnie obliczamy wartość oporu na podstawie pojedynczego pomiaru. Porównujemy otrzymane wartości oporu i niepewności jego wyznaczenia.
2. Wyznaczamy wartości oporów badanych oporników R1, R2 i R3. Szacujemy złożone niepewności standardowe metodą propagacji niepewności.
3. Obliczamy średnicę badanego pręta i liczymy niepewność typu A (średnie odchylenie standardowe wartości średniej). Na wykresie przedstawiamy wyniki pomiarowe. Przedstawiamy końcowy wynik wraz z niepewnością całkowitą (niepewność typu A i niepewność typu B – działka) i podajemy jego interpretację.

Dodatek

ZASILACZ STABILIZOWANY

Dana jest następująca charakterystyka wyjściowa urządzenia zasilającego (wyjściowa - gdyż podaje związek między napięciem i prądem dla zacisków wyjściowych urządzenia):



Rys. D1

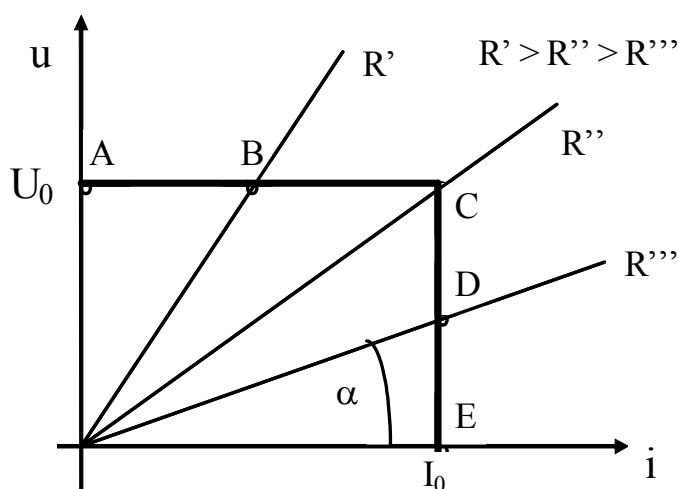
$$u = \text{const} = U_0 \quad \text{dla } i < I_0$$

$$i = \text{const} = I_0 \quad \text{przy } u < U_0$$

co oznacza, że napięcie wyjściowe jest stałe i równe U_0 przy prądach obciążenia nie przekraczających I_0 , zaś przy natężeniu prądu obciążenia $= I_0$ napięcie wyjściowe U gwałtownie spada od U_0 do zera (zasilacz zachowuje się jak idealne źródło prądowe).

Ze względów praktycznych pożądana jest oczywiście możliwość nastawiania wartości zarówno napięcia, jak i natężenia prądu. Natomiast przy już nastawionych wartościach U_0 , I_0 warunki pracy zasilacza zależą jedynie od oporności R układu obciążającego zasilacz.

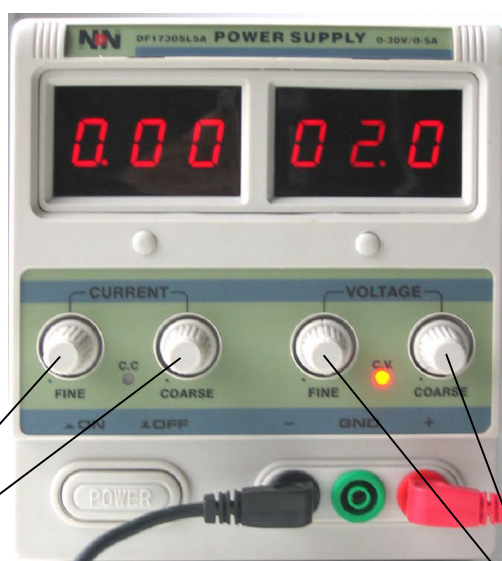
Analizę pracy zasilacza ułatwia konstrukcja geometryczna przedstawiona na **rys. D2**: obciążenie o oporności R reprezentuje prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych u , i , nachylona pod kątem α takim, że $R \approx \tan \alpha$.



Rys. D2

Gdy źródło zasilające jest nieobciążone, to jego napięcie wyjściowe wynosi U_0 (punkt A na rys. D2) i utrzymuje się przy tej wartości podczas zmniejszania oporności R do wartości R'' (oczywiście przy różnych wartościach R źródło dostarcza różnych prądów). W punkcie C, odpowiadającym charakterystycznej wartości R'' , natężenie prądu wynosi I_0 .

Przy dalszym zmniejszaniu oporności R , poniżej wartości R'' , natężenie prądu wyjściowego ma zawsze tę samą wartość, natomiast napięcie wyjściowe maleje i przy zwarcu zacisków urządzenia zasilającego (punkt E) osiąga zero woltów.



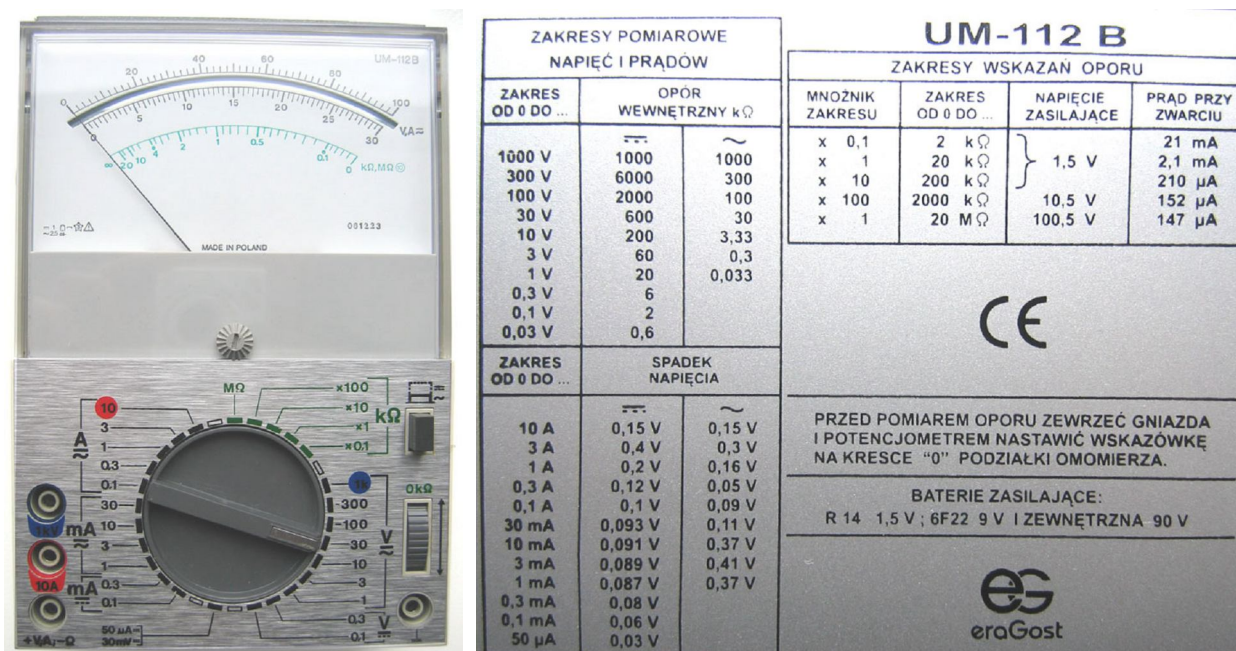
Regulacja prądu zasilacza

Regulacja napięcia zasilacza

FINE – precyzyjna, COARSE – zgrubne.

Miernik uniwersalny UM – 112B

Ze względu na konstrukcję przyrządu dopuszczalna jest jedynie pozioma pozycja pomiarowa urządzenia!



Cyfrowy miernik uniwersalny M – 3800



FUNKCJA	ZAKRES	KLASA	Rozdzielczość
napięcie stałe DC	200 mV	$\pm 0,3\% \text{ rdg}^1) \pm 1 \text{ dgt}^2)$	100 μV
	2 V		1 mV
	20 V		10 mV
	200 V		100 mV
	1000 V		1 V
napięcie zmienne AC	200 mV	$\pm 0,8\% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$	100 μV
	2 V		1 mV
	20 V		10 mV
prąd stały DC	200 V	$\pm 1,2\% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$	100 mV
	750 V		1 V
	200 μA		0,1 μA
	2 mA		1 μA
	20 mA		10 μA
prąd zmienny AC	200 mA	$\pm 1,2\% \text{ rdg} \pm 1 \text{ dgt}$	100 μA
	2 A		1 mA
	20 A		10 mA
	200 μA	$\pm 1,0\% \text{ rdg} \pm 3 \text{ dgt}$	0,1 μA
	2 mA		1 μA
	20 mA		10 μA
prąd zmienny AC	200 mA	$\pm 1,8\% \text{ rdg} \pm 5 \text{ dgt}$	100 μA
	2 A		1 mA
	20 A		10 mA