|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| L a b o r a t o ř f y z i k y | | | |
| Zkrácený název práce: | Úvodní úloha | | Lab. skup: |
| Příjmení a jméno: | | Datum měření: | Turnus: |
|  | | Protokol odevzdán: | Asistent: |
|  | | Protokol k opravě: | Klasifikace: |
|  | | Protokol odevzdán: |

Název úlohy: Úvodní úloha – 1. část: Měření délky

# Úkol měření

Změřte výšku a průměr zadaného válečku a vypočtěte jeho objem. Určete nejistoty výšky, průměru a objemu válečku.

# Postup měření

1. K měření výšky válečku použijeme posuvné měřítko, které je vybaveno hlavní a vedlejší stupnicí (nonius). Měření provedeme desetkrát, spočteme průměrnou hodnotu a nejistotu pomocí vztahů (1) a (2).
2. K měření průměru použijeme mikrometr. Měření provedeme desetkrát, spočteme průměrnou hodnotu a nejistoty pomocí vztahů (3) až (6).
3. Určíme objem válečku a nejistoty měření dle vztahů (7) a (8).

# Použité vztahy:

Pro výpočet průměrné hodnoty výšky válečku použijeme vztah

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

kde *hi* jsou jednotlivé naměřené hodnoty a *n* je počet měření.

Při měření výšky válečku posuvným měřítkem můžeme zanedbat nejistotu typu A oproti nejistotě typu B. Nejistotu typu B určíme podle vztahu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

kde je maximální odchylka a se při uvažování rovnoměrného rozdělení pravděpodobnosti odchylek rovná .

Pro výpočet průměrné hodnoty průměru válečku použijeme vztah

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | , | (3) |

kde *di* jsou jednotlivé naměřené hodnoty a *n* je počet měření.

U opakovaného měření průměru válečku pomocí mikrometru určíme nejistoty typu A i B pomocí vztahů

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4) |
|  |  | (5) |

a kombinovanou nejistotu průměru určíme ze vztahu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (6) |

Objem válečku určíme ze vztahu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (7) |

kde a jsou průměrné hodnoty výšky a průměru válečku.

Nejistotu objemu válečku určíme podle vztahu

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (8) |

kde je stupeň mocniny průměru a je stupeň mocniny výšky ve vztahu (7) pro výpočet objemu.

# Použité pomůcky

doplňte chybějící údaje

posuvné měřítko s noniem, 1 dílek = mm,

mikrometr, 1 dílek = mm,

váleček

# Naměřená data a jejich zpracování

Tabulka 1 Změřené hodnoty výšky a průměru válečku

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| č. m | *h* (mm) | *d* (mm) | Δ*d* (mm) | (Δ*d*)2 (mm2) |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |
|  | mm | mm |  |  |

# Použité vztahy a příklady výpočtů:

Průměrnou hodnotu výšky válečku jsme určili ze vztahu (1)

nejistotu typu B výšky válečku ze vztahu (2)

Hodnotu výšky válečku s nejistotou zapíšeme ve tvaru

.

Průměrnou hodnotu průměru válečku určíme ze vztahu (3)

nejistotu typu A ze vztahu (4)

nejistotu typu B ze vztahu (5)

a kombinovanou nejistotu ze vztahu (6)

Hodnotu průměru válečku s nejistotou zapíšeme ve tvaru

.

Objem válečku určíme dosazením do vztahu (7)

a jeho nejistotu podle vztahu (8)

Hodnotu objemu válečku s nejistotou zapíšeme ve tvaru

.

V případě, že nelze dodržet pravidla o zaokrouhlení nejistoty objemu a o zápisu výsledného objemu s nejistotou, uveďte objem válečku a jeho nejistotu v cm3.

# Závěr

Uveďte naměřené rozměry a objem válečku i s nejistotami a diskutujte přesnost měření jednotlivými měřidly.

Název úlohy: Úvodní úloha – 2. část: Regulace napětí a proudu

# Úkoly měření

1. Zapojte posuvný rezistor jako potenciometr se zatěžovacím odporem a proměřte závislost proudu a napětí na zátěži na poloze jezdce. Měření opakujte pro tři velikosti zatěžovacího odporu. Graficky zpracujte závislost napětí na zátěži na poloze jezdce, do jednoho grafu vyneste všechna tři měření. V případech, kdy , spočtěte z naměřených dat hodnotu zatěžovacího odporu a zpracujte do grafu závislost vypočteného odporu na poloze jezdce i s nejistotou určení odporu.
2. Zapojte posuvný rezistor jako reostat se zatěžovacím odporem a proměřte závislost napětí na zátěži na nastaveném proudu . Závislost zpracujte i graficky.

# Postup měření

1. Zapojíme elektrický obvod podle Obr. 1. Změříme hodnoty elektrického proudu *I* a napětí *U* na zátěži *R*z v závislosti na poloze jezdce *h* posuvného rezistoru zapojeného jako potenciometr. Elektrický proud *I* změříme digitálním ampérmetrem (připojeným do série k *R*z) a napětí *U* analogovým voltmetrem (připojeným paralelně k *R*z). Měření provedeme pro pět různých poloh jezdce *h*. První měření odpovídá poloze jezdce *h* = 0 cm a následné čtyři polohy jsou rozloženy rovnoměrně mezi krajními polohami jezdce. Měření opakujeme dle dalších schémat uvedených v Obr. 2 a Obr. 3. Závislosti *U*(*h*) získané ze všech tří měření vyneseme do jednoho grafu.
2. Pro každou dvojici hodnot *U* a *I* vypočteme podle vztahů (9) až (14) velikost zatěžovacího odporu *R* s nejistotou *uR*. Nejistoty nepočítáme pro případ *R*z → ∞. Pro nastavení *R*z = 1200 Ω vyneseme závislost *R*(*h*) i s nejistotami (chybovými úsečkami) do grafu.
3. Zapojíme obvod podle Obr. 4. V tomto případě regulujeme elektrický proud *I* a napětí *U* na zátěži *R*z = 1200 Ω posuvným rezistorem zapojeným jako reostat. Měření provádíme opět pro pět poloh jezdce a graficky zpracujeme závislost *U*(*I*).
4. Pro každou naměřenou hodnotu *U* i *I* vypočteme nejistotu typu B dle vztahů (10) až (13). Pro jednu dvojici *U* a *I* zapíšeme výsledek s nejistotou ve správném tvaru.

# Schémata zapojení

****

Obr. 1 Schéma zapojení měřicího obvodu pro potenciometr zatížený posuvným odporem *R*z = 600 Ω



Obr. 2 Schéma zapojení měřicího obvodu pro potenciometr zatížený posuvným odporem *R*z = 1200 Ω



Obr. 3 Schéma zapojení měřicího obvodu s nezatíženým potenciometrem (odpor *R*z odpojen)



Obr. 4 Schéma zapojení měřicího obvodu s reostatem a zatěžovacím odporem *R*z = 1200 Ω

# Použité vztahy:

Hodnota odporu *R* je počítána z Ohmova zákona:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (9) |

kde *U* je změřené napětí na zátěžovém odporu *Rz* a *I* je změřený el. proud protékající zátěžovým odporem *R*z.

Chyba (přesnost) měření el. proudu digitálním ampérmetrem Δ*I* je dána:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (10) |

kde *I* je změřená hodnota elektrického proudu. Koeficienty A a B jsou dány použitým rozsahem ampérmetru a frekvencí elektrického proudu a jsou uvedeny v manuálu přístroje. Parametr dgt (digit) určuje nejmenší řád na displeji měřicího přístroje.

Z Δ*I* můžeme vypočítat nejistotu typu B měřeného el. proudu :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (11) |

kde je pro rovnoměrné rozdělení .

Chyba (přesnost) měření *U* analogovým voltmetrem je dána vztahem:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (12) |

kde TP je třída přesnosti a *MU* určuje měřicí rozsah voltmetru.

Z *ΔU* můžeme vypočítat nejistotu typu B změřeného napětí :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (13) |

Odpor je v našem úkolu nepřímo měřená veličina daná vztahem (9). Nejistotu odporu tedy spočítáme jako nejistotu nepřímo měřené veličiny dané podílem dvou přímo měřených veličin *U* a *I* ze vztahu:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (14) |

# Použité přístroje a pomůcky

(zkontrolujte a doplňte)

**Voltmetr** – analogový, typ METRA, třída přesnosti TP = , měřicí rozsah *M*U = V, použitá stupnice má dílků.

**Ampérmetr** – digitální, typ UNI-T, chyba (přesnost) změřené hodnoty udána v manuálu Δ*I* = % + dgt. Hodnota dgt je při rozsahu *M*I = 200 mA rovna mA. Při rozsahu *M*I = 200 μA je rovna μA.

**Ocelové svinovací měřítko** – 1 dílek ~ mm, chyba (přesnost) Δ*l* = mm.

**Posuvný rezistor 1200 Ω** – dva kusy.

**Zdroj střídavého napětí** o frekvenci 50 Hz, volitelné linky, svorky na panelu označené 1 a 2.

# Naměřená data a jejich zpracování

Tabulka 2 Změřené hodnoty *U*, *I* a vypočtené hodnoty odporu zátěže *R* v závislosti na poloze jezdce potenciometru *h*. Měření bylo realizované v elektrickém obvodu dle Obr. 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*z = 600 Ω | | | | | | | |
| č. m | *h* (cm) | *U* (V) | *I* (mA) | *R* (Ω) | *u*U (V) | *u*I(mA) | *u*R (Ω) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | **-** | **-** | **-** | **-** |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |

*R* byl vypočten dle vztahu (9), udává nejistotu *U* vypočtenou dle vztahu (12) a (13), popisuje nejistotu *I* vypočtenou dle vztahu (10) a (11) a je nejistota odporu *R* daná vztahem (14).

Tabulka 3 Změřené hodnoty *U*, *I* a vypočtené hodnoty *R* a jím příslušné nejistoty v závislosti na poloze jezdce potenciometru *h*. Měření bylo realizované v elektrickém obvodu dle Obr. 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*z = 1200 Ω | | | | | | | |
| č. m | *h* (cm) | *U* (V) | *I* (mA) | *R* (Ω) | *uU* (V) | *uI* (mA) | *uR* (Ω) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | **-** | **-** | **-** | **-** |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |

Tabulka 4 Změřené hodnoty *U*, *I* a vypočtené hodnoty *R* v závislosti na poloze jezdce potenciometru *h*. Měření bylo realizované v elektrickém obvodu dle Obr. 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*z → ∞ Ω | | | | |
| č. m | *h* (cm) | *U* (V) | *I* (µA) | *R* (kΩ) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | **-** |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |

Tabulka 5 Změřené hodnoty *U*, *I* a jim příslušné nejistoty v závislosti na poloze jezdce reostatu *h*. Měření bylo realizované v elektrickém obvodu dle Obr. 4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*z = 1200 Ω | | | | | |
| č. m | *h* (cm) | *U* (V) | *I* (mA) | *uU* (V) | *uI* (mA) |
| 1 | 0 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |

# Použité vztahy a příklady výpočtů:

Příklad výpočtu odporu zátěže *R* s nejistotou z dat naměřených při nastavení dle Obr. 2 (*R*z = 1200 Ω). Pro výpočet byly použity naměřené hodnoty *U* a *I* pro polohu jezdce *h* = cm (viz Tabulka 3). Ostatní výpočty provedené v tomto měření byly analogické.

Nejistota změřeného el. proudu *I* = mA byla vypočtena podle vztahů (10) a (11) (při aktuálním rozsahu ampérmetru byl 1 dgt = mA):

Hodnota naměřeného elektrického proudu s nejistotou je tedy

.

Nejistota měřeného napětí *U* = V byla vypočtena podle vztahů (12) a (13):

Hodnota naměřeného napětí s nejistotou je rovna

Odpor zátěže pro tuto dvojici *U* a *I* (při *h* = cm) vypočten dle (9) je roven:

Nejistota tohoto odporu je podle vztahu (14)

Zápis hodnoty odporu s nejistotou má tvar:

.

# Grafy

Vložte grafy požadovaných závislostí

Obr. 5 Graf závislosti *U* = f(*h*) pro tři různé zátěžové odpory

Obr. 6 Graf závislosti vypočteného odporu *R* s nejistotou (chybovými úsečkami) na poloze jezdce *h* pro hodnotu zatěžovacího odporu *R*z = 1200 Ω

Obr. 7 Graf závislosti *U*(*I*) měřené při zapojení dle Obr. 4

# Závěr

zkontrolujte a doplňte

V rámci úlohy jsme provedli měření závislosti napětí a elektrického proudu na poloze jezdce potenciometru pro tři různé hodnoty odporu zátěže v zapojení podle Obr. 1 až Obr. 3. Závislost *U*(*h*) jsme následně vynesli do grafu Obr. 5. Z grafu je patrno, že měření se zátěží *R*z → ∞ vykazuje, na rozdíl od zapojení se zátěží s konečnou hodnotou odporu, lineární závislost *U*(*h*).

Následně jsme z naměřených hodnot provedli výpočet odporu zátěže a jeho nejistoty. Pro vybrané měření při *R*z = 1200 Ω a nastavení jezdce potenciometru do polohy *h* = cm je napětí rovno *U* = ( ± ) V, elektrický proud *I* = ( ± ) mA a vypočtený odpor zátěže má hodnotu *R* = ( ± ) Ω. Vypočtená hodnota zátěže se v zapojení dle Obr. 1 a Obr. 2 v rámci nejistoty rovnala reálné hodnotě *R*z. Při nekonečné zátěži jsme však naměřili hodnotu odporu zátěže okolo kΩ, což odpovídá vnitřnímu odporu použitého voltmetru na rozsahu V (údaj o odporu pod stupnicí voltmetru 5 kΩ·V−1).

Na závěr jsme změřili závislost *U*(*I*) v obvodu s reostatem, sestaveném dle Obr. 4. Závislost *U*(*I*) jsme vynesli do grafu, který vykazuje lineární závislost, což je v souladu s Ohmovým zákonem. Pro každou hodnotu *U* a *I* jsme dopočetli nejistotu typu B a pro jednu dvojici elektrického proudu a napětí provedli zápis hodnot těchto veličin spolu s příslušnou nejistotou. Pro polohu jezdce *h* = cm měl tento zápis tvar *U* = ( ± ) V a *I* = ( ± ) mA. Z grafu (Obr. 7) je vidět, že reostatem, na rozdíl od potenciometru, nelze nastavovat el. proud od nulové hodnoty.