

Úloha č. 1

Úvodní úloha

Úkol měření:

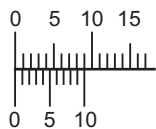
1. Změřte výšku a průměr zadaného válečku a vypočtete jeho objem. Určete nejistoty výšky, průměru a objemu válečku.
2. Zapojte posuvný odpor jako potenciometr se zatěžovacím odporem a proměřte závislost proudu a napětí na zátěži na poloze jezdce. Měření opakujte pro tři velikosti zatěžovacího odporu. Graficky zpracujte závislost napětí na zátěži na poloze jezdce, do jednoho grafu vynesete všechna tři měření. V případech, kdy $R_Z \neq \infty$, spočtete z naměřených dat velikost zatěžovacího odporu a zpracujte do grafu závislost vypočteného odporu na poloze jezdce i s nejistotou určení odporu.
3. Zapojte posuvný odpor jako reostat se zatěžovacím odporem a proměřte závislost napětí na zátěži na nastaveném proudu $U = f(I)$. Závislost zpracujte i graficky.

1 Teoretický úvod

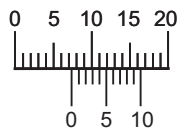
1.1 Měření délky

V laboratoři budeme k měření metrových, centimetrových resp. milimetrových vzdáleností používat skládacího nebo ocelového měřítka, posuvného měřítka a mikrometru. Přesnost čtení u skládacího metru je 1 mm, u ocelového měřítka můžeme v optimálních případech odhadovat půl až desetiny milimetru.

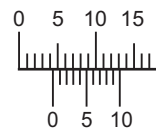
Pro přesnější čtení desetin a menších zlomků nejmenších dílků hlavní stupnice se používá pomocné stupnice - nonia. Nonius je posuvný podél hlavní stupnice a jeho nultá ryska zastupuje současně ukazatel. Obecně má nonius n dílků, které odpovídají $(n - 1)$ dílkům hlavní stupnice [někdy také $(2n - 1)$ dílkům], takže každý dílek nonia je o $\frac{1}{n}$ kratší, než nejmenší dílek (2 dílky) hlavní stupnice. Padne-li při měření nultá ryska mezi dvě rysky hlavní stupnice, zjistíme, která ryska nonia zleva se jako první kryje s ryskou hlavní stupnice. Protože je každý dílek nonia o jednu n -tinu kratší než dílek hlavní stupnice, je zřejmě počátek nonia posunut o tolik n -tin za nejbližší rysku hlavní stupnice, kolikátá ryska nonia se shoduje s hlavním dělením.



a) základní poloha



b) čtení 7,4

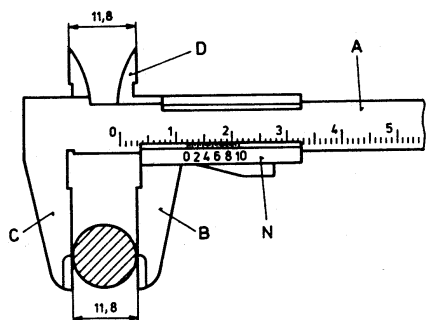


c) čtení 4,35

Obrázek 1: Čtení na stupnici s noniem

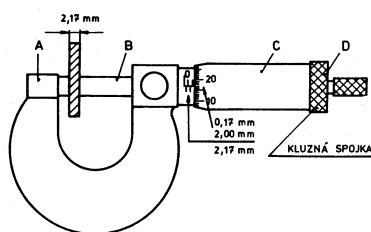
Na obr. 1 je znázorněn desetinný nonius ($n = 10$); obr. 1a představuje základní polohu, 10 dílků nonia = 9 dílků hlavní stupnice; obr. 1b ukazuje příklad čtení, kdy se shoduje 4. ryska nonia s ryskou hlavní stupnice a počátku nonia odpovídá na hlavní stupnici místo 7,4; obr. 1c znázorňuje případ, kdy se žádná ryska nonia nekryje s hlavním dělením, ale 3. a 4. ryska leží uvnitř téhož dílku hlavní stupnice, takže lze odhadnout, že při polovičním dělení hlavní i noniové stupnice by se kryla 7. ryska a počátek nonia je posunut o $\frac{7}{20} = 0,35$ hlavního dílku.

Jedním ze základních měřidel opatřených noniem je posuvné měřítko na obr. 2.



Obrázek 2: Posuvné měřítko

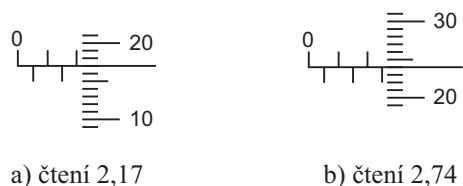
Skládá se z pevné části A a posuvné části B. Měřený předmět se vkládá mezi dvě ramena, z nichž jedno je spojeno s pevnou, druhé s posuvnou částí. Obě ramena jsou kolmá k hlavní stupnici, dělené na mm, umístěné na pevné části. Bývají upravena tak, aby jimi bylo možno měřit jak vnější (nástavce C), tak vnitřní (nástavce D) rozměry těles. S posuvným ramenem je spojen nonius N, nejčastěji desetinný, takže můžeme přesně číst desetiny mm a odhadovat 0,05 mm (obr. 1c). Naměřený údaj musí být zapsán s platnou cifrou, udávající setiny mm.



Obrázek 3: Mikrometr

Mikrometr na obr. 3 se skládá podobně jako posuvné měřítko z pevné a pohyblivé části. Pohyblivou část tvoří mikrometrický šroub B, procházející čelistí pevné části A. Otočný bubínek C, pevně spojený se šroubem, je na plášti opatřen stupnicí dělenou na 50 dílků. Pevná část mikrometru je opatřena půlmilimetrovým měřítkem. Měření se provádí tak, že se předmět přiloží k pevné části a otočným bubínkem točíme tak dlouho, až pohyblivá čelist dosedne na měřený předmět. Aby nedošlo k deformaci dotažením čelisti velkou silou, je hlavice šroubu D (vroubkovaná část bubínku) upravena jako kluzná spojka, která začne prokluzovat, jakmile je dosaženo žádoucího tlaku, a dál šroubem neotáčí. Tím je zaručeno, že šroub je dotažen vždy stejnou silou. Odečítání na mikrometru se provádí tak, že počet rysek na pevné

části ukazuje počet milimetrů a půlmilimetrů, dílky na otočném bubínku udávají setiny mm. Čtení naměřené hodnoty je patrné z obr. 4.

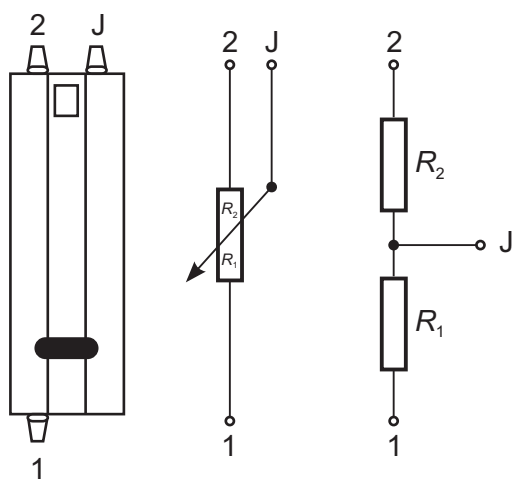


Obrázek 4: Čtení na stupnici mikrometru

1.2 Regulace napětí a proudu

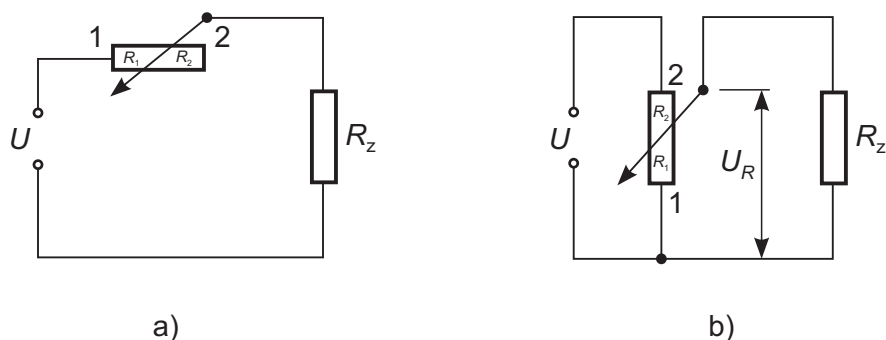
Napětí, proud a elektrický odpor jsou nejdůležitější elektrické fyzikální veličiny. Jednotkou napětí je volt (V), proudu ampér (A) a jednotkou odporu je ohm (Ω). Napětí se měří voltmetrem. Voltmetr má velký vnitřní odpor a zapojuje se paralelně k prvku, na němž chceme napětí měřit. Proud měříme ampérmetrem. Ampérmetr má malý vnitřní odpor a zapojuje se vždy sériově k prvku, jímž měřený proud teče. Výkon se měří wattmetrem. Wattmetr se připojuje proudovou cívku sériově a napěťovou cívku paralelně k prvku, jehož odebíraný výkon chceme měřit.

Napětí a proud regulujeme posuvným odporem.



Obrázek 5: Posuvný odpor

Posuvný odpor, znázorněný na obr. 5, je odporový drát, navinutý na keramický válec a vyvedený na koncové zdířky 1 a 2. Jezdec posuvného odporu rozděljuje vinutí na dvě části. Posouvá se po vinutí speciálním uhlíkovým nebo kovovým kontaktem a je připojen ke třetí zdířce, označené písmenem J nebo barevně odlišené. Posuvný odpor má na štítku vyznačen celkový odpor vinutí $R_p = R_1 + R_2$ a maximální proud, který smí vinutím procházet. Do elektrického obvodu ho můžeme zapojit jako regulátor proudu - reostat (obr. 6a), nebo jako dělič napětí - potenciometr (obr. 6b), a to jak střídavého, tak stejnosměrného proudu (pak je polarita jezdce na obr. 6b stejná jako polarita zdířky 2).



Obrázek 6: Posuvný odpor zapojený jako a) reostat a b) potenciometr

Na obr. 6 představuje R_Z odpor spotřebiče (prvku, zátěže), $R_1 + R_2 = R_p$ je celkový odpor vinutí posuvného odporu. V případě zapojení posuvného odporu jako reostatu (obr. 6a) je odpor R_1 (část posuvného odporu od zdíčky 1 k jezdcí) připojen sériově k odporu R_Z . Změnou velikosti odporu R_1 (od $R_1 = 0$: jezdec v poloze 1, do $R_1 = R_p$: jezdec v poloze 2) se posuvem jezdce mění i proud protékající spotřebičem podle Ohmova zákona: $I = \frac{U}{R_1 + R_Z}$ z maximální hodnoty $I_{\max} = \frac{U}{R_Z}$ pro $R_1 = 0$ do hodnoty $I_{\min} = \frac{U}{R_p + R_Z}$ pro $R_1 = R_p$. V odpovídajících mezích se mění i napětí a výkon na spotřebiči.

V případě zapojení posuvného odporu jako potenciometru (obr. 6b) je napětí na odporu R_Z rovno napětí na odporu R_1 . Zdíčky 1 a 2 jsou připojeny ke svorkám zdroje a regulované napětí U_R na spotřebiči, odebírané mezi jezdcem a zdíčkou 1, se posuvem jezdce může měnit od nuly ($R_1 = 0$) do svorkového napětí zdroje (pro $R_1 = R_p$).

2 Postup a zpracování měření

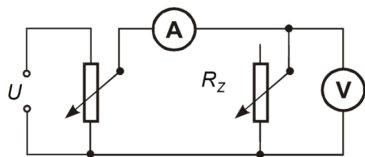
2.1 Určení objemu válečku

Změřte výšku válečku h posuvným měřítkem desetkrát a určete nejistoty měření; lze předpokládat, že nejistota typu A bude vůči nejistotě typu B zanedbatelná.

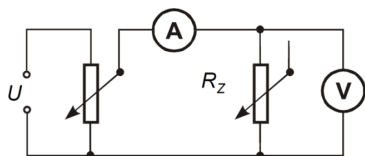
Změřte průměr válečku d mikrometrem desetkrát a zpracujte statisticky. Vyčíslete nejistoty typu A i B a spočtete kombinovanou nejistotu. Navrhněte tabulku pro záznam naměřených hodnot. Zapište hodnoty h a d s nejistotou. Vypočtete objem válečku $V = \pi r^2 h$, vypočtete nejistotu objemu u_V a zapište hodnotu objemu s kombinovanou nejistotou. Pozor na jednotky a zaokrouhlování.

2.2 Regulace napětí a proudu

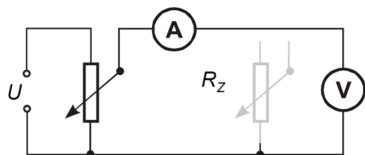
Zapojte posuvný odpor jako potenciometr, měřte závislost proudu a napětí na zátěži na poloze jezdce. Měření opakujte pro tři velikosti zatěžovacího odporu, viz obr. 11, obr. 12, obr. 13. Pro toto měření si délku potenciometru rozdělte na čtyři stejně dlouhé úseky, průběh se tedy měří v pěti bodech. Graficky zpracujte závislost napětí na zátěži na poloze jezdce, do jednoho grafu vynesete všechna tři měření.



Obrázek 7: Schéma zapojení měřicího obvodu pro potenciometr zatížený nastavitelným odporem podle polohy jezdce (pro $R_Z = 600\ \Omega$ je potřeba nastavit jezdec do poloviny dráhy)



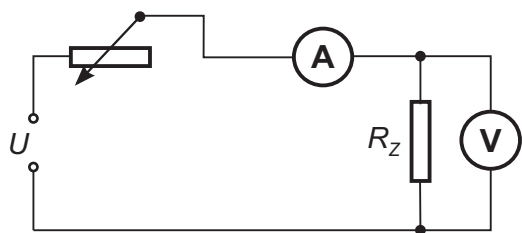
Obrázek 8: Schéma zapojení měřicího obvodu pro potenciometr zatížený maximálním nastavitelným odporem ($R_Z = 1200\ \Omega$)



Obrázek 9: Schéma zapojení měřicího obvodu pro nezatížený potenciometr ($R_Z = \infty$); zatěžovací odpor se odpojí

Z naměřených dat spočtete podle Ohmova zákona velikost zatěžovacího odporu pro případy kdy $R_Z \neq \infty$. Pro jedno nastavení R_Z zpracujte do grafu závislost vypočteného odporu na poloze jezdce potenciometru, při které byl měřen, a nejistotu typu B vypočtené hodnoty odporu.

Zapojte posuvný odpor jako reostat se zatěžovacím odporem (viz obr. 14). Proměřte závislost napětí na zátěži na nastaveném proudu $U = f(I)$. Závislost zpracujte i graficky. Vyjádřete nejistoty typu B a naměřený proud a napětí správně zapište i s nejistotami pro jedno z pěti měření.

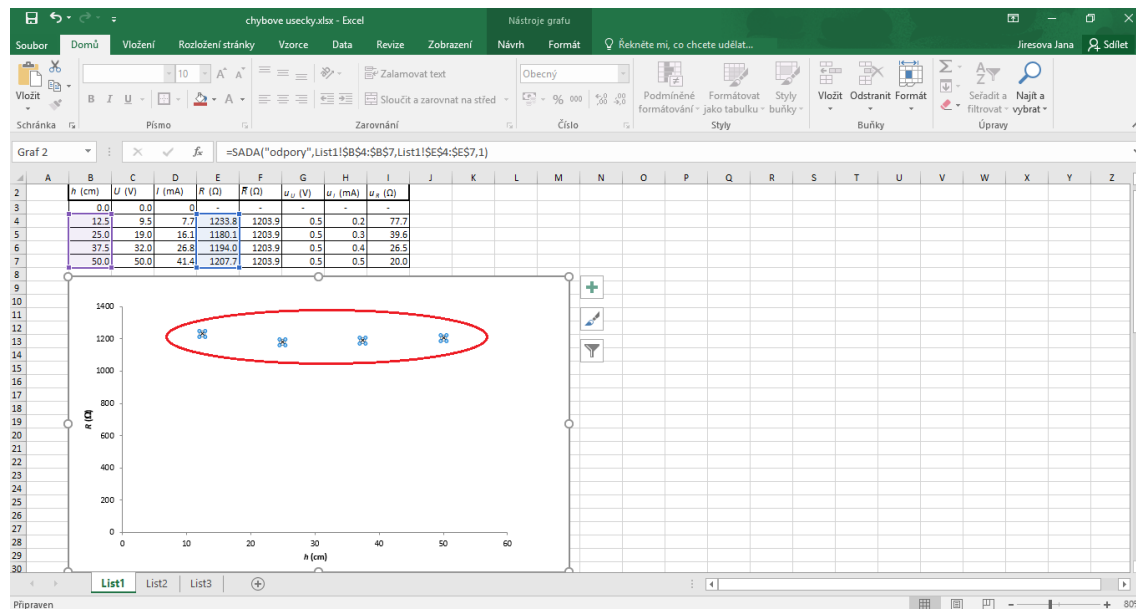


Obrázek 10: Schéma zapojení měřicího obvodu s reostatem

Jako napájecí zdroj použijte ve všech případech volitelné linky, svorky označené 1 a 2 (střídavé napětí 50 V).

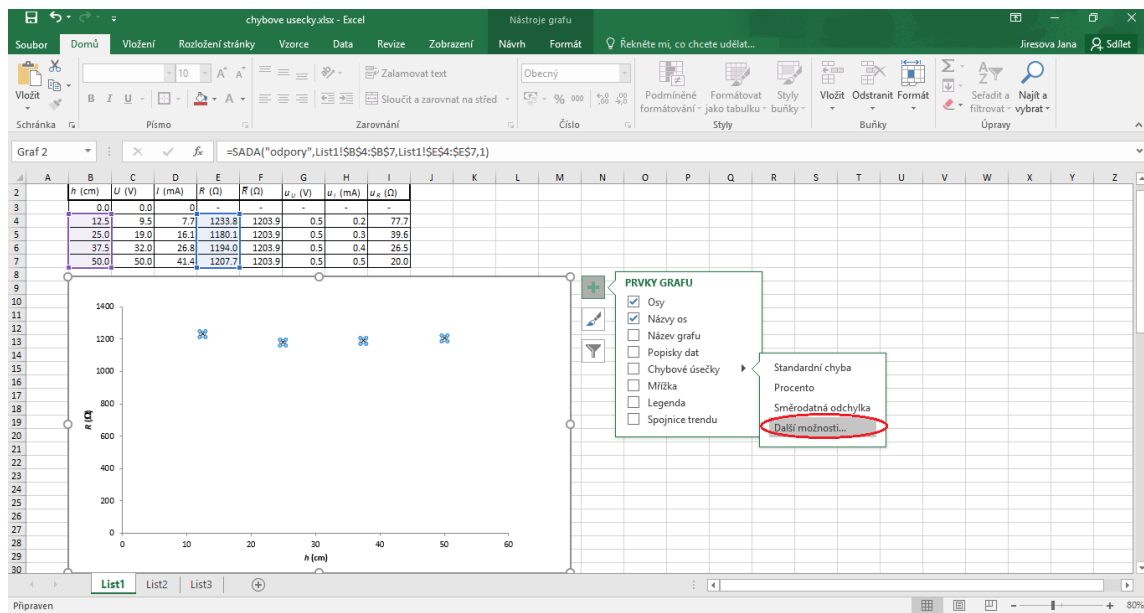
3 Tvorba grafu s chybovými úsečkami v MS Excel

Předpokládejme, že máme hotový graf závislosti vypočtených hodnot odporů R na poloze jezdce h (viz obr. 17).



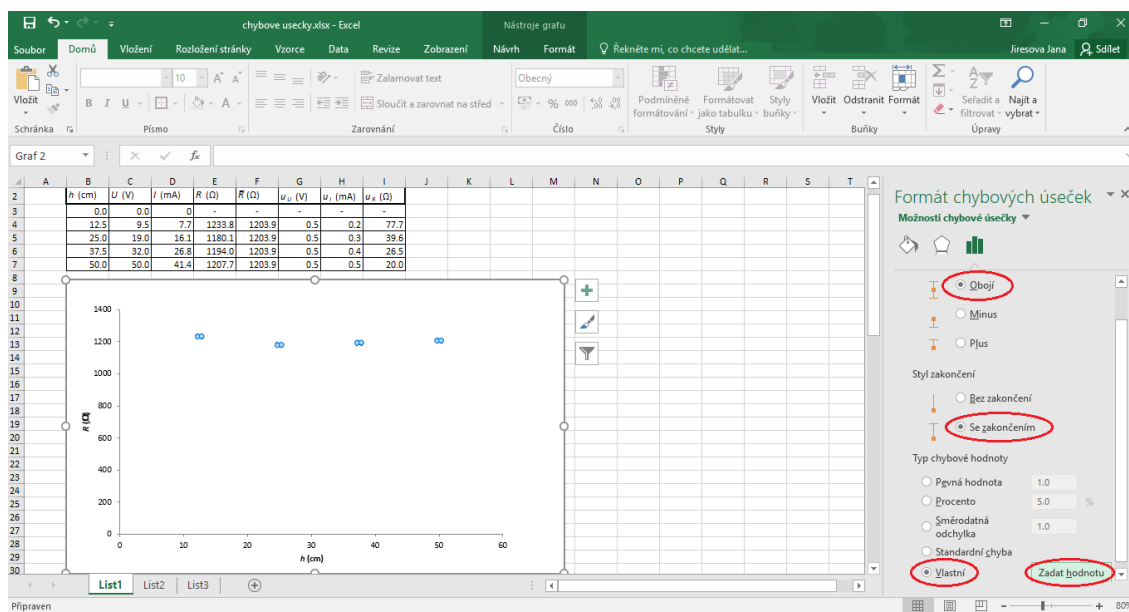
Obrázek 11: Graf závislosti odporu na poloze jezdce - krok 1

Klikneme na zobrazené body v grafu tak, aby byly zvýrazněny, viz obr. 17 (stačí kliknout na jeden bod a označí se všechny). V horním pravém rohu grafu klikneme na symbol $+$, otevře se menu PRVKY GRAFU, zde sjedeme kurzorem na položku CHYBOVÉ ÚSEČKY, klikneme na černou šipku vedle CHYBOVÉ ÚSEČKY a dále klikneme na položku DALŠÍ MOŽNOSTI..., viz obr. 18.



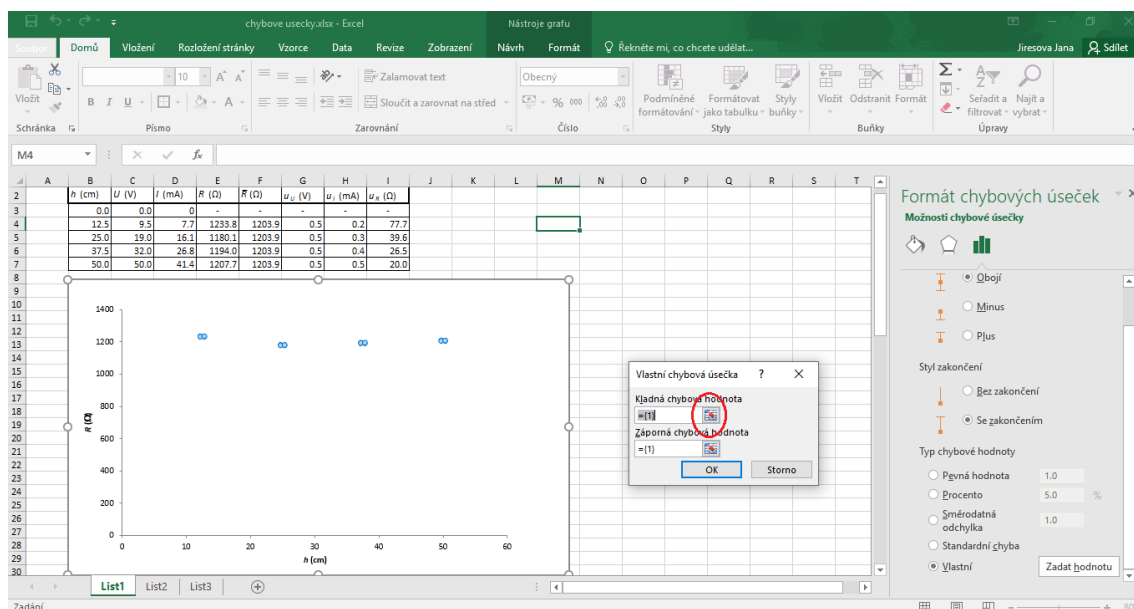
Obrázek 12: Graf závislosti odporu na poloze jezdce - krok 2

V pravé části okna se nám otevře menu FORMÁT CHYBOVÝCH ÚSEČEK. Zde zaklikneme OBOJÍ, SE ZAKONČENÍM, VLASTNÍ a klikneme na tlačítko ZADAT HODNOTU, viz obr. 19.



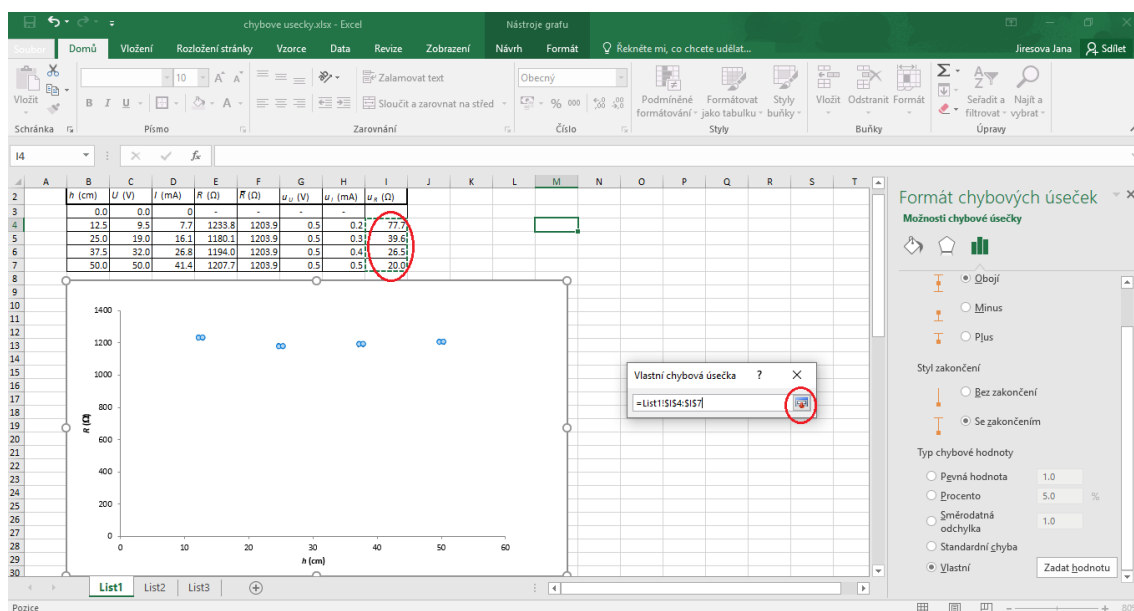
Obrázek 13: Graf závislosti odporu na poloze jezdce - krok 3

Otevře se okno VLASTNÍ CHYBOVÁ ÚSEČKA a zde klikneme na červenou šipku u položky Kladná chybová hodnota, viz obr. 20.



Obrázek 14: Graf závislosti odporu na poloze jezdce - krok 4

Označíme sloupce vypočtených nejistot odporu u_R , které musejí po řádcích odpovídat vynesným hodnotám polohy jezdce h a vypočteného odporu R (pro každou hodnotu polohy jezdce h a vypočteného odporu R musí být označena jedna hodnota nejistoty vypočteného odporu u_R). Klikneme zpět na červenou šipku v okně VLASTNÍ CHYBOVÁ ÚSEČKA, viz obr. 21.



Obrázek 15: Graf závislosti odporu na poloze jezdce - krok 5

Dále klikneme na červenou šipku ZÁPORNÁ CHYBOVÁ HODNOTA a analogicky vybereme stejný sloupeček vypočtených nejistot odporu u_R . Klikneme zpět na červenou šipku

v okně VLASTNÍ CHYBOVÁ ÚSEČKA. V okně VLASTNÍ CHYBOVÁ ÚSEČKA klikneme na OK. Dojde k vytvoření chybových úseček. Vodorovné chybové úsečky, které Excel automaticky vytvoří, odstraníme tak, že je nejprve označíme kliknutím myši a pak je odstraníme kliknutím na klávesu DELETE. Poté do grafu ještě přidáme průměrnou hodnotu z vypočtených odporů. Graf v tomto případě zvolte bez bodů, pouze jako čárový.

4 Přesnost výsledků

U mikrometru čteme přesně setiny mm a odhadujeme obvykle 0,5 dílku ($\Delta_{z_{\max}} = 0,005$ mm). Na posuvném měřítku čteme s přesností, která se odvíjí od dělení stupnice nonia. Nejistotu objemu válečku vypočteme podle

$$u_V = \bar{V} \sqrt{a^2 \left(\frac{u_d}{\bar{d}} \right)^2 + b^2 \left(\frac{u_h}{\bar{h}} \right)^2}, \quad (1)$$

kde za u_d dosadíme kombinovanou nejistotu průměru válečku, za u_h dosadíme nejistotu u_{Bh} výšky válečku, konstanty jsou rovny $a = 2$, $b = 1$.

Nejistoty napětí a proudu určete z třídy přesnosti v případě analogových elektrických přístrojů nebo z údajů v manuálu v případě číslicových přístrojů. Nejistotu odporu určete jako nejistotu nepřímo měřené veličiny

$$u_R = \frac{\bar{U}}{\bar{I}} \sqrt{\left(\frac{u_I}{\bar{I}} \right)^2 + \left(\frac{u_U}{\bar{U}} \right)^2}. \quad (2)$$