

## Úloha VI.E ... Dlouhá čára

8 bodů; průměr 6,58; řešilo 43 studentů

Mišo se zamýšlel nad tím, zda-li je lepší psát obyčejnou tužkou, nebo mikrotužkou. Radka mu řekla, že mikrotužka je daleko lepší, protože má větší „výdrž“.

Zkuste změřit, jak dlouhou čáru lze nakreslit jednou náplní do mikrotužky. Jelikož jste fyzici, věříme, že tuto informaci zjistíte bez nutnosti celou mikrotužku skutečně vypsát. Svoje měření opakujte, výsledky zprůměrujte a odhadněte chybu měření. V řešení pak udejte i tloušťku měřené náplně, stejně jako její typ (měkká, tvrdá apod.).



Aby sme zistili, akú dlhú čiaru napíšeme, naozaj nepotrebujeme spotrebovať celú tuhu. Namiesto toho si nakreslíme len „krátku“ čiaru a zistíme, koľko nám z náplne ubudlo. Z týchto údajov potom jednoducho dopočítame, koľko asi vydrží celá náplň.

Naša testovacia čiaru bola dlhá  $l_0 = 1$  m a bola rozdelená na menšie úseky tak, aby sa vošla na papier. Dĺžku tuhy sme zmerali pred a po nakreslení tejto čiary. Rozdiel dĺžok sme označili  $\Delta d$ . Ako si môžeme všimnúť, táto zmena dĺžky je naozaj malá. Preto sme na meranie dĺžky museli použiť dostatočne presné meradlo, a to „šubleru“<sup>1</sup> alebo iné presné meradlo. Obyčajné pravítko sa ukázalo ako nedostatočne presné.

Ak je pôvodná dĺžka tuhy  $d$ , tak z jednoduchej priamej úmery je výdrž celej tuhy  $l$  rovná

$$l = l_0 \frac{d}{\Delta d}.$$

### Nepresnosť merania

V priebehu experimentu sme merali len dve dĺžky. Metrovú čiaru sme merali pravítkom, takže nepresnosť určenia tejto dĺžky bola len niekoľko milimetrov. Oproti tomu úbytok tuhy sme merali posuvným meradlom, ktorého nepresnosť bola 0,025 mm. Táto malá nepresnosť je ale v porovnaní s nameranými hodnotami podstatná. To znamená, že percentuálna (relatívna) nepresnosť odhadu výdrže celej tuhy bude prakticky rovnaká ako relatívna nepresnosť merania  $\Delta d$ . Nie je ťažké si rozmyslieť, že pre nepresnosť odhadu výdrže tuhy (ozn.  $x$ ) bude platiť vzorec

$$\Delta x = l \frac{0,025 \text{ mm}}{\Delta d_{\text{priemerná}}}.$$

Z vypočítaných nepresností (viď tabuľka) vidíme, že metrová čiaru je v skutočnosti málo – zmena dĺžky tuhy sa ťažko meria, aj napriek tomu, že meriame dosť presne. Preto by bolo výhodnejšie, keby sme rysovali dlhšiu čiaru, alebo meranie opakovali viac ako trikrát. Na získanie presnejších hodnôt vieme ale použiť mierny trik. Keďže máme pre každú tuhu namerané 3 merania, vieme dopočítat zmenu dĺžky po nakreslení dvoj- alebo trojmetrovej čiary. Tým dostávame ďalšie údaje, ktoré by nám mohli pomôcť zlepšiť presnosť nášho merania.

### Záver

Ako vidíme z tabuľky, mäkké tuhy sa spotrebúvajú rýchlejšie ako tvrdé. Ďalší zaujímavý fakt, ktorý si bolo možné všimnúť je, že tuha sa intenzívnejšie spotrebúva pri tom, ako samotnú čiaru

<sup>1</sup>Šublera je známa aj pod názvom posuvné meradlo.

meranie	hrúbka náplne mm	typ	$\frac{\Delta d}{\text{mm}}$	$\frac{l}{\text{m}}$
1	0,5	HB	0,100	600
2	0,5	HB	0,150	400
3	0,5	HB	0,100	600
priemer			0,117	533
nepresnosť			21 %	114
1	0,6	HB	0,150	400
2	0,6	HB	0,100	600
3	0,6	HB	0,125	480
priemer			0,125	467
nepresnosť			20 %	93
1	0,7	HB	0,100	600
2	0,7	HB	0,100	600
3	0,7	HB	0,125	480
priemer			0,108	560
nepresnosť			23 %	130
1	0,5	2B	0,150	400
2	0,5	2B	0,200	300
3	0,5	2B	0,150	400
priemer			0,167	367
nepresnosť			15 %	55

Tabulka 1: Namerané hodnoty

začínáme kresliť. Takže, keby sme kreslili „nekonečnú“ čiaru, výdrž náplne by bola väčšia, ako keby sme kreslili dookola metrové čiary.

Nakoniec treba povedať, že typická náplň do mikrotužky vydrží zhruba 500 m.

### Poznámky k došlým riešeniam

S úlohou ste sa popasovali dobre. Obzvlášť by sme chceli pochváliť tých, ktorí meranie zobrali naozaj vážne a narysovali metre a metre čiary.

Jediná vec, s ktorou ste mali niektorí problém, bol práve rozumný odhad chyby merania. Ako vidíte, nie je na tom nič ťažké – ako sme ukázali v tomto vzoráku, chyba sa dá jednoducho vypočítať. Nám dokonca stačilo, keď ste chybu rozumne odhadli aj bez výpočtu. Treba si

zapamatat, že experiment nie je nikdy presný.

*Michal Červeňák*  
miso@vyfuk.mff.cuni.cz

*Patrik Švančara*  
patrik@vyfuk.mff.cuni.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.