<table>
<tr><td colspan="4">Slezská univerzita v Opavě – Fyzikální ústav</td></tr>
<tr><td colspan="4">Fyzikální praktikum I – Mechanika</td></tr>
<tr><td>Jméno:
Petr Novák</td><td>Ročník, obor:
1, např. astrofyzika</td><td>Vyučující:
RNDr. Hynek Sekanina</td><td>Datum měření:
4. 10. 2022</td></tr>
<tr><td>Spolupracující:
Jan Novák</td><td rowspan="2" colspan="2">Název úlohy:

Měření plochy stolu</td><td>Datum odevzdání:
4. 10. 2022</td></tr>
<tr><td>Číslo úlohy: 1</td><td>Hodnocení:</td></tr>
</table>

Cíl úlohy

Cílem úlohy je měřením stanovit plochu pracovního stolu obdélníkového tvaru (čtvercový tvar tím není vyloučen).

Pokyny pro měření

Plochu stolu stanovte včetně určení kombinované nejistoty $\boldsymbol{u_C}$ *(v dříve používané terminologii bychom místo „nejistota měření" řekli „chyba měření")* měření.

K vlastnímu měření použijte vhodné měřidlo - použít můžete svinovací metr, skládací metr apod.

Teorie úlohy

Plocha $\boldsymbol{P}$ stolu tvaru obdélníka o rozměrech a, b je určena následujícím vztahem:

$$\boldsymbol{P} = \boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} \qquad (1)$$

Jednotkou plochy je v soustavě SI $\boldsymbol{m^2}$.

Měření obou rozměrů stolu budeme provádět v souladu se základními pravidly, tj. délku i šířku budeme měřit na různých místech stolu (nikoli tedy neustále měřit jednu jedinou hranu), každé jednotlivé měření provedeme tak, že napnuté měřidlo přiložíme náhodně na místo zvolené pro konkrétní měření a odečteme (na měřidlo se vždy díváme kolmo) počáteční hodnotu, např. a_1 , a konečnou hodnotu, např. a_2 , naměřenou hodnotu pak samozřejmě dostaneme jako rozdíl obou hodnot,
tj. $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a_2} - \boldsymbol{a_1}$. Analogicky rozměr $\boldsymbol{b}$.

Obecné pravidlo pro odečítání hodnot na měřidle (přístroji) říká, že odečítáme s přesností odpovídající jedné desetině nejmenšího dílku stupnice. Je-li tedy na použitém metru nejmenším dílkem *1 mm*, odhadujeme desetiny *mm*. Hodnoty tedy budeme odečítat na desetiny milimetru a s touto přesností je také, a to všechny, budeme zapisovat do tabulky. Můžeme tedy – např. v centimetrech – zapsat hodnotu *54,67 cm*, *54,60 cm*, ale nemůžeme zapsat *54,6 cm* – tam chybí na místě setin platná nula, ta nula tam zajišťuje právě to, že je tam nula a nikoli jiná cifra.

Provedeme 10 měření délky i šířky stolu, naměřené hodnoty zapisujeme do tabulky a hned na každém řádku dopočítáváme hodnoty délky a šířky stolu a také plochu $\boldsymbol{P}$ stolu. Ve sloupci $\boldsymbol{P}$ tedy máme 10 hodnot pro plochu stolu. Z těchto 10 hodnot spočteme střední (nebo také pravděpodobnou) hodnotu plochy stolu, tu označíme v souladu s tradicí jako $\overline{\boldsymbol{P}}$ a spočteme ji jako aritmetický průměr všech 10 hodnot $\boldsymbol{P_i}$, tj. dle vztahu: $\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{10} P_i}{10}$

Ještě připomenu, že pro počet platných cifer (nebo také přesnost určení) střední hodnoty $\bar{P}$ platí, že musí být buď stejný jako u každé hodnoty P_i nebo o jednu vyšší.

Potom v tabulce na každém řádku spočteme odchylku ΔP naměřené hodnoty P_i od pravděpodobné hodnoty $\bar{P}$. Odchylky ΔP nám poslouží k výpočtu standardní nejistoty u_A typu A, což je nejistota, kterou dostaneme při opakovaném měření téže veličiny, samozřejmě za stejných podmínek. Pro výpočet nejistoty u_A (n je počet měření, v našem případě 10) platí vztah:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2 P_i}{n(n-1)}}$$

Vlastní měření

Nyní proveďme vlastní měření, hodnoty zapisujme do tabulky:

n	$\frac{a_1}{cm}$	$\frac{a_2}{cm}$	$\frac{a_2-a_1}{cm}$	$\frac{b_1}{cm}$	$\frac{b_2}{cm}$	$\frac{b_2-b_1}{cm}$	$\frac{P}{cm^2}$	$\frac{\Delta P}{cm^2}$	$\frac{\Delta^2 P}{cm^2}$
1	10,15	121,28	111,13	7,05	77,12	70,07	7786,8791	18,6950	350
2	11,20	122,00	110,80	14,08	84,10	70,02	7758,2160	-9,9681	99
3	19,21	130,10	110,89	22,45	92,42	69,97	7758,9733	-9,2108	85
4	7,11	117,91	110,80	31,86	101,85	69,99	7754,8920	-13,2921	177
5	21,18	131,84	110,66	24,55	94,52	69,97	7742,8802	-25,3039	640
6	18,22	129,41	111,19	17,42	87,48	70,06	7789,9714	21,7873	475
7	24,10	134,85	110,75	23,56	93,54	69,98	7750,2850	-17,8991	320
8	32,14	143,51	111,37	5,12	75,10	69,98	7793,6726	25,4885	650
9	15,19	126,47	111,28	2,45	72,15	69,70	7756,2160	-11,9681	143
10	22,12	132,85	110,73	28,65	99,00	70,35	7789,8555	21,6714	470
							$\bar{P} =$ 7768,1841	$\Sigma\Delta P =$ 0,0000	$\Sigma\Delta^2 P =$ 3 408

Dosazením do vztahu pro nejistotu u_A bychom dostali číslo 6.15385, které v této podobě ovšem nemůžeme ponechat a musíme je podle platných pravidel zaokrouhlit na 1 platnou cifru, tj. na číslo 6.

Nejistota u_A pak je: $u_A = 6\ cm^2$ a celkový výsledek zatím pouze s nejistotou typu A bychom zapsali:

$$P = (7768 \pm 6)\, cm^2$$

Nyní ještě potřebujeme do výsledku zahrnout nejistotu u_B danou (či spíše způsobenou) použitým měřicím zařízením či měřidlem – vždyť žádné měřidlo ani přístroj nikdy nemůže dávat absolutně přesné hodnoty měřené veličiny. Na hodnotu standardní nejistoty typu u_B, jak se tato nejistota nazývá celým názvem, usuzujeme právě z použitého měřidla, přístroje či měřicí metody. Zejména u elektrických měřidel bývá tato nejistota přímo uvedena na přístroji nebo se dá z údajů týkajících se přesnosti měřidla dopočítat. Není-li nic uvedeno, musíme přesnost měřidla posoudit sami, a to nejčastěji cejchováním měřidla anebo odhadem. V našem případě náš metr cejchovat nebudeme (byla by to jiná celá úloha), takže přesnost svého měřidla („metru“) posoudíme a odhadneme sami – obvykle se má zato, že pro hodnotu této nejistoty můžeme zvolit hodnotu od 1/10 nejmenšího dílku stupnice měřidla až po hodnotu celého nejmenšího dílku stupnice měřidla, volba závisí na tom, jak ze zkušenosti měřidlo sami ohodnotíme. Nejsme-li si jisti, raději pro hodnotu nejistoty B volíme hodnotu vyšší. V případě mnou použitého svinovacího metru bych s ohledem na velikosti měřených stran stolu odhadl, že $\boldsymbol{u_B} = \mathbf{1}$ *mm.*

Zatím jsme stanovili dvě dílčí nejistoty měření, z nich uděláme celkovou výslednou **kombinovanou nejistu $\boldsymbol{u_c}$** , pro kterou z teorie (blíže viz předmět úvod do měření) plyne:

$$u_C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Všechny nejistoty, které jsme zatím uvedli, byly nejistoty **absolutní**, ty jsou vždy ve stejných jednotkách jako měřená veličina, které se týkají. Je však rozdíl, jestli se stejnou nejistotou $\boldsymbol{u_A}$ měříme plochu stolu (řádově metr čtvereční) nebo plochu stadionu (řádově desetitisíce metrů čtverečních), jistě usoudíme, že je-li nejistota stejná, je měření plochy stadionu mnohem přesnější. Právě z těchto důvodů, abychom nejistotu měření vztáhli k hodnotě či velikosti měřené veličiny, zavádíme **relativní nejistotu $\boldsymbol{u_r}$** měření jako podíl absolutní nejistoty a pravděpodobné (střední) hodnoty měřené veličiny vztahem:

$u_{r,C} = \dfrac{u_C}{\overline{X}}$, kde $\overline{X}$ je střední hodnota měřené veličiny X.

V praxi platí, že měření je v pořádku, je-li výsledná relativní kombinovaná (kombinovaná budeme dál u výsledku předpokládat automaticky) nejistota do **1%.**

A nyní již můžeme dokončit naši úlohu s měřením plochy stolu. Dle výše uvedeného volím $u_B = 1\ mm,$ což při ploše stolu řádově $1m \times 1m$ dává plošnou nejistou $1000\,mm^2 = 10\,cm^2$.

Potom $u_{C,P} = u_P = \sqrt{6^2 + 10^2}\ cm^2 \doteq 12\,cm^2,$ takže pro měřenou plochu stolu dostaneme celkový výsledek

$$\underline{P = (7768 \pm 10)\,cm^2.}$$

Výslednou nejistotu jsme opět zaokrouhlili na 1 platnou cifru (to je ta jednička).

Poznámka:

Teorie připouští, že ve výjimečných případech, tj. jsou-li pro to důvody, může být nejistota měření udávána s přesností na 2 platné cifry.

Závěr

Měřením svinovacím metrem jsme určili plochu měřeného stolu $\underline{P = (7768 \pm 10)\,cm^2.}$

*Každá úloha vždy obsahuje **závěr**, který shrnuje celé měření. Závěr úlohy vždy obsahuje hlavní výsledky a zhodnocení měření. Do závěru nepíšeme nic neříkající nebo samozřejmé věty, vyvarujme se vět typu: chyba (či nepřesný výsledek) je způsobena nepřesností měření apod.*

Jinak tento protokol prosím vypracujte každý/á samostatně ve Vámi zvoleném editoru, doporučuji protokoly psát v TeXu, já jsem se s tím pro Vás trápil ve Wordu, aby bylo zřejmé, že i v něm se dá protokol napsat. Tabulku jsem dělal v Excelu a vložil jako objekt. Pro psaní vzorců se dá použít Math Input Panel, který je součástí Wordu.

Hotový protokol mi každý/á zašlete e-mailem, klidně stačí během následujícího týdne.