



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

Laboratorní práce č. 2

Fyzikální veličiny a jednotky, přímá a nepřímá metoda měření

Pro potřeby projektu MAN zpracoval: Mgr. Libor Lepík

Praktická část:

1. Fyzikální veličiny a jednotky

Příprava:

Fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které jsou měřitelné, charakterizujeme fyzikálními veličinami. V České republice se používají zákonné měřicí jednotky vycházející z Mezinárodní soustavy jednotek SI. Za zákonné jednotky se považují jednotky základní, odvozené, násobky a díly jednotek, vedlejší jednotky. Skalární fyzikální veličina je určena číselnou hodnotou a jednotkou. Vektorová fyzikální veličina je určena číselnou hodnotou, jednotkou a směrem.

Otázky a úkoly:

- 1) Doplňte do tabulky základní jednotky, jejich značky, jednotky a značky jednotek:

Základní veličina	Značka veličiny	Základní jednotka	Značka jednotky
délka			
hmotnost			
čas			
elektrický proud			
termodynamická teplota			
látkové množství			
svítivost			

- 2) Doplňte tabulku fyzikálních veličin, které znáte ze základní školy:

Fyzikální veličina	Značka veličiny	Jednotka veličiny	Značka jednotky	Fyzikální vztah
dráha				
rychlost				
čas				
hustota				
objem				
hmotnost				
tlak				
síla				
plocha				

3) Doplňte tabulku a rozhodněte, zda je daná fyzikální veličina skalár nebo vektor:

Fyzikální veličina	Značka veličiny	skalár - vektor
dráha		
rychlost		
čas		
hustota		
objem		
hmotnost		
tlak		
síla		
plocha		
gravitační síla		
hydrostatický tlak		
tlaková síla		
moment síly		
práce		
výkon		
perioda		
frekvence		
teplo		
skupenské teplo tání		
elektrický proud		
napětí		
elektrický odpor		
elektrický náboj		
kapacita		
vlnová délka		
polohová energie		
pohybová energie		
elektrická energie		

4) Vyberte si fyzikální veličinu, která má jednotku pojmenovanou po významném fyzikovi, a napište, čím byl daný fyzik přínosem pro náš svět. Jednotka: ampér, kelvin, watt, hertz, newton, pascal, joule, coulomb, volt, farad, ohm, siemens, weber, tesla, henry, becquerel, gray, Celsiův stupeň ad. Informace o fyzikovi můžete získat z knih nebo z internetu (nezapomeňte ověřit pravdivost informací).

5) Doplňte chybějící údaje:

2 pN =	N	6 kJ =	J	2 TW =	W
3 nm =	m	1 MV =	V	60 μA =	A
6 min =	s	4 h =	min	7 GJ =	J
0,3 t =	kg	200 g =	kg	18 s =	min
400 l =	m ³	45 mHz =	Hz	5 m/s =	km/h

2. Měření hustoty tělesa, odchylky měření

Úvod

Často se dostáváme do situace, kdy určitou veličinu neměříme přímo měřicím přístrojem, ale vypočítáváme ji pomocí jiných, již změřených veličin.

Chceme např. určit obsah obdélníkové stěny kvádru, jehož hrany jsme změřili. K dispozici máme výsledky měření rozměrů stěny, např.:

$$a = (46,4 \pm 0,2) \text{ mm} \qquad \delta a = 0,43 \%$$

$$b = (72,1 \pm 0,3) \text{ mm} \qquad \delta b = 0,42 \%$$

Víme, že plošný obsah obdélníku určíme jako součin jeho stran, tedy podle vzorce $P = ab$. Jak však stanovíme odchylku takto vypočtené hodnoty?

Nejprve určíme střední hodnotu plošného obsahu jako součin středních hodnot změřených stran, tedy

$$\bar{P} = \bar{a} \cdot \bar{b} = 46,6 \text{ mm} \cdot 72,1 \text{ mm} \doteq 3\,345 \text{ mm}^2.$$

Tuto hodnotu musíme zaokrouhlit podle hodnoty průměrné odchylky ΔP , kterou teprve určíme.

Při násobení nejdříve vypočítáme relativní odchylku δP jako **součet** relativních odchylek změřených veličin, tedy v našem případě $\delta P = \delta a + \delta b = 0,43 \% + 0,42 \% = 0,85 \%$.

Ze vztahu pro relativní odchylku $\delta P = \Delta P / \bar{P} \cdot 100 \%$ pak určíme hodnotu průměrné odchylky ΔP , kterou zaokrouhlíme, jak jsme již uvedli, na jednu platnou číslici. Dostaneme

$$\Delta P = \frac{1}{100} \delta P \cdot \bar{P} = \frac{1}{100} \cdot 0,85 \cdot 3\,345 \text{ mm}^2 \doteq 30 \text{ mm}^2.$$

Po zaokrouhlení střední hodnoty podle průměrné odchylky napíšeme konečný výsledek

$$P = (3\,350 \pm 30) \text{ mm}^2, \delta P = 0,85 \%.$$

Obsah zvolené stěny kvádru je $(3\,350 \pm 30) \text{ mm}^2$. Tento výsledek je dostatečně přesný, neboť hodnota relativní odchylky je menší než 1 %.

V uvedeném příkladu, kde šlo o **násobení** naměřených veličin, jsme určovali průměrnou odchylku vypočítávané veličiny pomocí **součtu relativních odchylek** veličin změřených. Podobně postupujeme také v případech, kdy jde o **dělení** změřených veličin.

Jednodušší je postup, máme-li změřené **sčítat** nebo **odečítat**. Zde můžeme průměrnou odchylku vypočítávané veličiny určit přímo z **průměrných odchylek** změřených veličin (nemusíme tedy předem počítat jejich relativní odchylky).

Při výpočtu fyzikální veličiny pomocí veličin změřených postupujeme takto:

1. Určíme střední hodnotu veličiny pomocí středních hodnot změřených veličin.
2. Vypočítáme průměrnou odchylku vypočítané veličiny buď přímo z průměrných odchylek změřených veličin (tak je tomu při sčítání a odčítání veličin), nebo pomocí jejich relativních odchylek (při dalších početních operacích).
3. Průměrnou odchylku zaokrouhlíme na jednu platnou číslici.
4. Podle průměrné odchylky zaokrouhlíme střední hodnotu vypočítané veličiny.
5. Určíme relativní odchylku vypočítané veličiny.
6. Výsledek zapíšeme ve známém tvaru.

Otázky a úkoly:

6) Doplňte tabulku:

Početní operace	Střední hodnota	Stanovení průměrné odchylky
$a + b$		
$a - b$		
$a \cdot b$		
a / b		
a^2		
\sqrt{a}		

MĚŘENÍ HUSTOTY PEVNÉ LÁTKY

Pomůcky: těleso tvaru válečku, digitální váha, posuvné měřidlo, odměrný válec s vodou

Hustota ρ je definována vztahem: $\rho = \frac{m}{V}$,

kde m je hmotnost tělesa, V jeho objem. Z tohoto vztahu vyjdeme při měření hustoty homogenního tělesa.

Úkol:

Změřte hustotu látky, z níž je zhotoven homogenní rotační váleček. Jeho hmotnost určete vážením na digitální váze, objem výpočtem z délkových rozměrů.

Postup měření:

Váleček zvážíme na digitální váze. Zapište výsledek: $m = (... \pm ...) \text{ g}$, $\delta m = ... \%$.

Objem válečku V výšce h a poloměru r je dán vztahem

$$V = \pi r^2 h.$$

Výšku h změříme posuvným měřidlem. Měření zapisujeme do tabulky předem připravené. Zapišeme výsledek měření: $h = (... \pm ...) \text{ cm}$, $\delta h = \dots\%$. Průměr d změříme měřidlem. Výsledek měření zapišeme ve tvaru $d = (... \pm ...) \text{ cm}$, $\delta d = \dots\%$. Poloměr válečku $r = d/2$, relativní odchylka $\delta r = \delta d/2$.

Nyní vypočteme objem V válečku a relativní a průměrnou odchylku vypočteného objemu. Relativní odchylka je dána vztahem $\delta V = \delta h + 2\delta r$, a průměrná odchylka $\Delta V = \bar{V} \cdot \delta V$. Objem je tedy

$$V = (... \pm ...) \text{ mm}^3 = (... \pm ...) \text{ cm}^3.$$

Nyní vypočteme hustotu válečku $\bar{\rho}$. Relativní odchylka hustoty je $\delta \rho = \delta m + \delta V$, průměrná odchylka $\Delta \rho = \bar{\rho} \cdot \delta \rho$. Výsledek měření zapišeme ve tvaru

$$\rho = (... \pm ...) \text{ g.cm}^{-3} = (... \pm ...) \text{ kg.m}^{-3}.$$

Jestliže víme, z jaké látky je váleček zhotoven, porovnáme výsledek měření s hodnotou uvedenou v MFChT, v opačném případě se pomocí MFChT pokusíme určit, o jakou látku jde.

Pro kontrolu výsledku určíme přibližnou hodnotu objemu válečku tak, že jej ponoříme do odměrného válce s vodou. Připomeňme, že u tělesa nepravidelného tvaru nelze určit objem výpočtem a je nutné buď určit objem pomocí odměrného válce, nebo k měření hustoty použít jinou měřicí metodu.

Praktický úkol 1:

Určete hustotu materiálu, ze kterého je vyroben váleček.

Praktický úkol 2:

Určete hustotu materiálu, ze kterého je vyrobena kulička.

Vědomostní část:

Určili jsme hmotnost koule $m = (2100 \pm 2) \text{ kg}$. Opakovaně jsme změřili průměr koule. Použili jsme tyto pomůcky: koule, metr, váha. Průměr koule jsme změřili desetkrát a naměřené hodnoty jsme zapsali do tabulky.

Tabulka s naměřenými hodnotami:

Číslo měření: i	$\frac{d_i}{\text{mm}}$	$\frac{\Delta d_i = \bar{d} - d_i}{\text{mm}}$
1.	708	
2.	705	
3.	709	
4.	708	
5.	710	
6.	709	
7.	708	
8.	707	
9.	706	
10.	711	
Součet absolutních hodnot:		
Aritmetický průměr:		

Otázky a úkoly:

- 7) Vypočítejte průměr koule, průměrnou odchylku, relativní odchylku:
 - 8) Vypočítejte objem koule, průměrnou odchylku, relativní odchylku:
 - 9) Vypočítejte hustotu koule, průměrnou odchylku, relativní odchylku:
 - 10) Určete pomocí tabulek materiál, z kterého je koule vyrobena:
-