

Úloha č. 1**Základy měření fyzikálních veličin**Úkoly měření:

1. Seznámení se s měřicími přístroji – posuvné měřítko, mikrometr, laboratorní váhy.
2. Opakovaně (10x) změřte rozměry dvou zadaných těles. Vypočítejte objemy.
3. Určete nejistoty rozměrů těles a jejich objemu.
4. Opakovaně určete hmotnosti těles s využitím laboratorních vah. Určete nejistotu hmotností.
5. S využitím znalosti hmotností a objemů těles určete jejich hustoty včetně nejistot.

Použité přístroje a pomůcky:

1. Posuvné měřítko opatřené noniem, mikrometr opatřený stupnicí, digitální posuvné měřítko, digitální mikrometr.
2. Laboratorní váhy.
3. Sada zkušebních těles různých velikostí a tvarů vyrobených z různých materiálů.

Základní pojmy, teoretický úvod:

V laboratořích fyziky budeme k měření délky těles používat dřevěné měřítko, posuvné měřítko a mikrometr. Přesnost čtení u dřevěného měřítka je 1 mm, v optimálním případě můžeme odhadnout délku s přesností na 0,5 mm.

Za předpokladu, že měříme menší tělesa a potřebujeme jejich délku určit s vyšší přesností, tak využijeme posuvné měřítko s noniem, popřípadě mikrometr.

Posuvné měřítko:

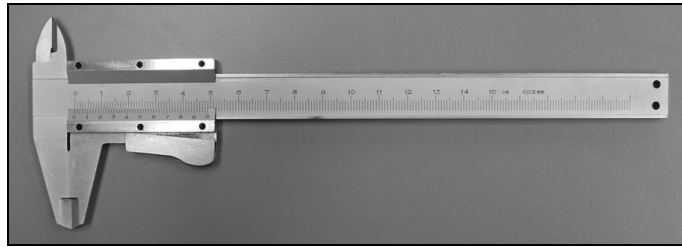
Pro přesnější měření těles s menšími rozměry budeme v laboratořích používat posuvné měřítko. Mechanické měřítko existuje ve dvou základních provedeních – s posuvným noniem nebo otočným ciferníkem.

Posuvné měřítko používané v laboratořích fyziky můžeme vidět na Obr. 1. Posuvné měřítko se skládá ze dvou částí - pevné a posuvné. Můžeme jím měřit jak vnitřní tak vnější rozměry těles a také hloubku. K měření vnějších rozměrů slouží větší ramena a měřený předmět se vkládá mezi ně. K měření vnitřních rozměrů se používají krátká ramena na opačné straně a měří se roztažením těchto ramen. K měření hloubky se používá výsuvná část vpravo na měřidle a používá se tak, že se měřítko hranou opře o okraj tělesa a vysune se posuvná část tak dlouho, až se hrot dotkne dna, následně se odečte hodnota na stupnici.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem  
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně



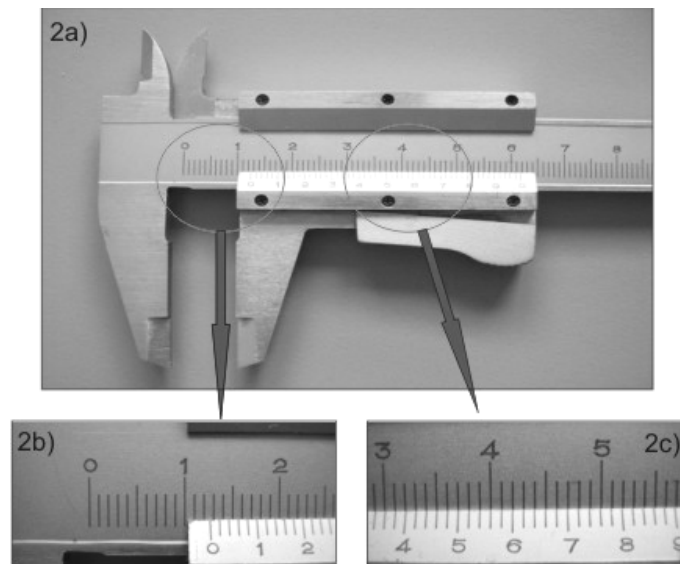
**Obr. 1:** Posuvné měřítko

Při měření vnějších rozměrů se předmět vkládá mezi dvě velké čelisti. Hlavní pevná část je opatřena stupnicí, zatímco druhá část čelistí je posuvná a na ní uveden nonius, viz. detail na Obr. 2. Hlavní stupnice je dělená na mm, nonius v našem případě má 50 dílků a tak jím můžeme měřit s přesností na 0,02 mm.

**Otázka zvědavého studenta:** „Co je to ten nonius?“

Nonius je pomocná stupnice používaná pro přesnější čtení desetín a menších zlomků nejmenších dílků stupnice. Jeho stupnice bývá obvykle rozdělena na 10 dílků – možnost odečítat přesně na jednu desetinu, 20 dílků – odečítáme s přesností na 5 setin, 50 dílků – měříme s přesností na 2 setiny nejmenšího dílku hlavní stupnice.

Jednotlivé dílky nonia jsou menší než dílky hlavní stupnice. U původních měřidel s noniem rozděleným na 10 dílků byla jejich délka taková, aby se kryl nultý a devátý dílek stupnice. (Název nonius je tedy odvozen od latinského slova devět).



**Obr. 2:** Posuvné měřítko, a) celkový pohled na čelisti, b) měření na hlavní stupnici, c) měření na noniu.



**Obr. 3:** Detail nonia.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem  
a státním rozpočtem České republiky

### ***Jak to tedy funguje?***

Využijeme detail posuvného měřítka na Obr. 2 a 3. Na posuvném měřítku byla náhodně nastavena délka a naším úkolem je určit jaká. V prvním kroku určíme počet celých mm, který nám ukáže nultá ryska nonia. V našem případě je to 12 mm. Další desetinná místa nám ukáže nonius. Zde záleží na tom, na kolik dílků je rozdělen. Posuvné měřítko na obrázku má nonius rozdělený na 50 dílků, tzn. nejmenší dílek, který jsme schopni určit je 0,02 mm. Pozorně prohlédneme celou stupnici nonia a zjistíme, kolikátá ryska nonia se jako první kryje s ryskou hlavní stupnice. Dle obrázku je to třetí ryska vpravo od hodnoty 6 na noniu, tedy 33 ryska od začátku. Její hodnota je tedy  $33 \cdot 0,02$  mm, což je 0,66 mm. Námi nastavené hodnota na posuvném měřítku je tedy 12,66 mm.

### **Mikrometr:**

V případě, že nám přesnost 0,02 mm nedostačuje a rozměry tělesa nejsou velké (do 25 mm), tak můžeme při měření využít mikrometr. Mikrometr používaný v laboratoři a zobrazený na Obr. 4 využívá přesný tzv. mikrometrický šroub se stoupáním 0,5 mm a čtecí hlavice nám umožňuje měřit s přesností na 0,01 mm.

Podobně jako posuvné měřítko se i mechanický mikrometr, který budeme používat pro měření rozměrů těles v předmětu Fyzika, skládá ze dvou hlavních částí – pevné a posuvné. Posuvná část se posouvá otáčením válcové části. Při otáčení můžeme využít buď jeho tenkou vroubkovanou část pro rychlý posun, nebo tlustou vroubkovanou část pro sevření měřeného předmětu. Tato otočná část s větším průměrem, tzv. bubínek, je opatřena kluznou spojkou, která začne prokluzovat v případě, že je těleso utaženo požadovanou silou pro měření. Tím je zaručeno dosažení stále stejného tlaku měřících ploch na předmět a relevantnosti měření. Na druhé straně je to také ochrana před poškozením měřeného předmětu a mikrometrického šroubu při dotažení velkým momentem. U digitálního mikrometru, také používaného v laboratořích fyziky, je kluzná spojka spojena s válcovou částí s menším průměrem.



**Obr. 4:** Mikrometr.

### ***Jak se s mikrometrem měří?***

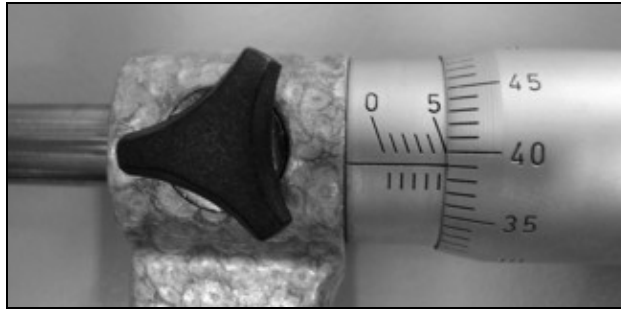
Mikrometr má dvě stupnice, vodorovnou a kolmou. Vodorovná se skládá ze dvou částí vzájemně posunutých o 0,5 mm. Druhá stupnice je kolmá k vodorovné a je umístěná po obvodu na otočné části mikrometru. Jedné otáčce šroubu odpovídá posun dotykových ploch o 0,5 mm.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem  
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Vrchní část vodorovné stupnice nám udává celé mm, spodní část pak poloviny mm. Délku tedy nejprve určujeme na vodorovné stupnici, tak, že určíme počet odkrytých mm. Pokud je odkryta ještě i ryska na spodní stupnici, tak připočítáme ještě 0,5 mm. V případě uvedeném na Obr. 5 jsou to 4 mm z horní stupnice plus 0,5 mm ze spodní, tedy 4,5 mm. Nyní si musíme všimnout otočné stupnice na bubínku. V zákrytu s vodorovnou stupnicí je 39 dílek, přičemž jeden dílek odpovídá hodnotě 0,01 mm. Tedy k našemu dílčímu výsledku musíme ještě připočítat  $39 \cdot 0,01$  mm, tedy 0,39 mm. Po součtu dílčích výsledku nám tedy vyjde skutečná délka a to  $4,50$  mm +  $0,39$  mm, což je 4,89 mm.



**Obr. 5:** Detail stupnic na mikrometru.

V laboratořích fyziky se také můžete setkat s digitální formou posuvných měřítka a mikrometrů. Jejich výhodou je snadné odečítání hodnot přímo na displeji. Při jejich používání nezapomeňte před vlastním měřením vynulovat hodnotu na displeji při sevřených čelistech. U mikrometru je to tlačítko Reset, u posuvného měřítka je to tlačítko Zero.

### Postupy měření a pokyny k úloze:

1. Změřte rozměry těles, pokud budou do 25 mm, změřte mikrometrem. Pokud budou větší, tak použijte posuvné měřítko. Každý rozměr změřte 10x, vypočítejte průměrnou hodnotu a její směrodatnou odchylku. Hodnoty zapište do tabulky včetně příslušných jednotek. Při měření využívejte mechanické přístroje. Nezapomeňte zakreslit a zakotovit měřené těleso. Měřené veličiny na tělese a jejich význam uveďte v legendě k obrázku.
2. Vypočítejte objem tělesa  $V$ . Určete nejistotu (chybu) objemu  $V$  z chyb jeho rozměrů.
3. Na laboratorních vahách změřte opakovaně (10x) hmotnost tělesa  $m$ . Pokud bude hodnota stále stejná, chybu vážení odhadněte dle přesnosti vah.
4. Vypočítejte hustotu těles  $\rho = m/V$ . Určete chybu hustoty  $\rho$  z chyb nezávisle proměnných  $m$  a  $V$ .
5. Výsledek zapište ve správném tvaru.

**Poznámka:** je-li možné odhadnout materiál tělesa, pokuste se srovnat svůj výsledek s tabulkovou hodnotou.

**Základní SI jednotky:**

Veličina	Název jednotky	Značka
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
elektrický proud	ampér	A
termodynamická teplota	kelvin	K
svítivost	kandela	cd
látkové množství	mol	mol

**Předpony SI soustavy:**

$10^n$	Předpona	Znak	Název	Násobek
$10^{24}$	yotta	Y	kvadrilion	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	zetta	Z	triliarda	1 000 000 000 000 000 000 000
$10^{18}$	exa	E	trilion	1 000 000 000 000 000 000
$10^{15}$	peta	P	bilarda	1 000 000 000 000 000
$10^{12}$	tera	T	bilion	1 000 000 000 000
$10^9$	giga	G	miliarda	1 000 000 000
$10^6$	mega	M	milion	1 000 000
$10^3$	kilo	k	tisíc	1 000
$10^2$	hekto	h	sto	100
$10^1$	deka	da	deset	10
$10^0$	-	-	jedna	1
$10^{-1}$	deci	d	desetina	0,1
$10^{-2}$	centi	c	setina	0,01
$10^{-3}$	mili	m	tisícina	0,001
$10^{-6}$	mikro	$\mu$	miliontina	0,000 001
$10^{-9}$	nano	n	miliardtina	0,000 000 001
$10^{-12}$	piko	p	biliontina	0,000 000 000 001
$10^{-15}$	femto	f	bilardtina	0,000 000 000 000 001
$10^{-18}$	atto	a	triliontina	0,000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	zepto	z	triliardtina	0,000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	yokto	y	kvadriliontina	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem  
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

**Řecká abeceda:**

Název	Malé	Velké	Latinsky
alfa	α	A	a
béta	β	B	b
gamma	γ	Γ	g
delta	δ	Δ	d
epsílon	ε	E	e
dzéta	ζ	Z	dz
éta	η	H	é
théta	θ	Θ	th
ióta	ι	I	i
kappa	κ	K	k
lambda	λ	Λ	l
mý	μ	M	m
ný	ν	N	n
ksí	ξ	Ξ	x
omíkon	ο	O	o
pí	π	Π	p
ró	ρ	P	r
sigma	σ	Σ	s
tau	τ	T	th
ypsílon	υ	Υ	y
fí	φ	Φ	f
chí	χ	X	ch
psí	ψ	Ψ	ps
ómega	ω	Ω	ó

**Poznámka:** v rámci laboratoří ze Základů fyziky se předpokládá bezchybná znalost výše uvedených tabulek kromě přeškrtnutých písmen řecké abecedy.