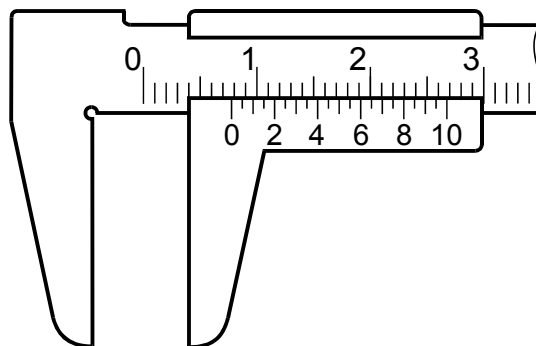


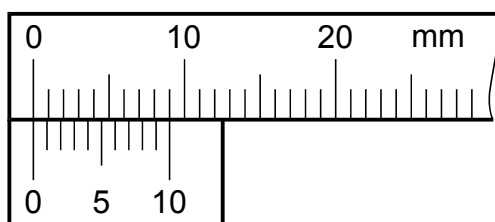
# PŘÍSTROJE UŽÍVANÉ VE FYZIKÁLNÍM PRAKTIKU

## Posuvné měřítko, nonius

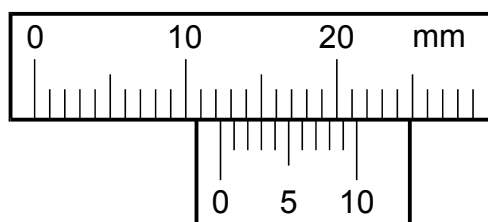
Pro měření délek s přesností 0,1 (popř. 0,05) mm se používá posuvného měřítka s noniem (obr. 1). Nonius je vedlejší stupnice, která se posouvá podél hlavní stupnice. Desetidílkový nonius je uspořádán tak, že devět dílků hlavní stupnice se kryje s deseti dílky nonia (obr. 2). To znamená, že každý dílek nonia je o  $1/10$  dílku hlavní stupnice kratší. Při milimetrovém dělení hlavní stupnice se tedy 10 dílků nonia shoduje s 9 mm hlavní stupnice a lze s jeho pomocí odečítat desetiny milimetru (popř. 0,05 mm u dvacetidílkového nonia). Postupujeme přitom tak, že na hlavní stupnici odečteme celé milimetry vzhledem k nule nonia. Počet desetin (popř. dvacetin) milimetru je pak dán dílkem nonia, jenž se přesně



Obr. 1 Posuvné měřítko s dvacetidílkovým noniem; poloha při 7,75 mm



nulová poloha



poloha při 12,3 mm

Obr. 2 Desetidílkový nonius

kryje s některým dílkem hlavní stupnice. Na obr. 2 je nonius v poloze 12,3 mm, takže se kryje dílek nonia číslo 3.

Princip nonia je používán i na úhломěrných stupnicích, typický případ je spektrometr používaný u úlohy „Ohyb světla optickou mřížkou“, kde je desetidílkový nonius umožňující odečítání na desetinu stupně.

## Měření času stopkami

Dnes se již používají výhradně stopky digitální. Jejich vlastní chyba, způsobená nepřesným chodem, je při krátkodobých měřeních naprosto zanedbatelná (jsou řízeny krystalem). Zanedbatelná je ovšem nepřesnost při spouštění nebo zastavování, způsobená reakční dobou obsluhy. Tato chyba se pohybuje kolem 0,2 s.

Přesnost odečítání doby trvání periodických jevů se proto zvyšuje tím, že se měří doba většího počtu period. Přitom je třeba věnovat pozornost tomu, aby počátek i konec měření padl co nejpřesněji do stejné fáze děje.

## Váhy a vážení

Při vážení srovnáváme momenty sil na obou stranách rovnoramenné páky, tzn. srovnáváme hmotnost váženého tělesa s hmotností známého tělesa.

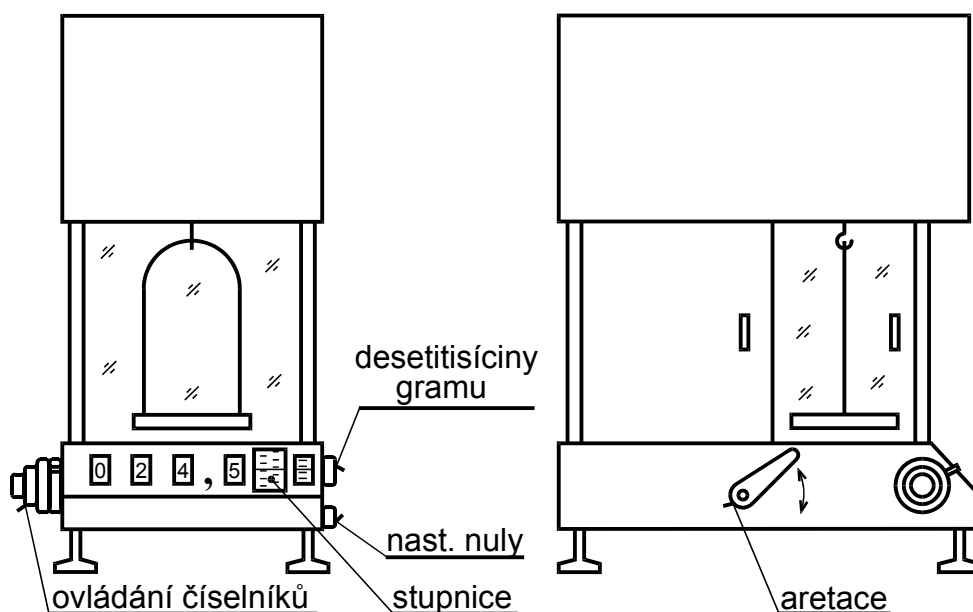
Pro jemná vážení používáme analytických vah, umožňujících měření s rozlišením až 0,00005 g. Hlavní součástí vah je vahadlo, což je rovnoramenná dvojitá páka uložená na břitech vyrobených z achátu nebo  $\text{SiO}_2$ . Na koncích vahadla jsou zavěšeny misky na podobných břitech. S vahadlem je spojena ručka se stupnicí, jež je promítána na matnici. Stupnice je dělena na 100 dílků, představujících tisícinu gramu. Na závěsech misek jsou tlumicí válce (většinou vzduchové), jež mají za úkol utlumit rychle kývání vahadla. Váhy jsou opatřeny aretací; břity se nadzdvihnou a misky podepřou, aby nedošlo při manipulaci s váženým předmětem k poškození křehkých břítů. Celý systém vah je uzavřen skleněnými stěnami na ochranu před prachem a prouděním vzduchu.

Ve váze je zabudován mechanismus, jenž umožňuje pomocí knoflíků spojených s číselníky automaticky klást na vahadlo měrná závaží. Tímto způsobem můžeme rychle a pohodlně nastavit protiváhu k váženému předmětu v řádu stovek, desítek, jednotek a desetín gramu, aniž bychom museli manipulovat ručně se závažími. Odečet dalších desetinných míst (setiny, tisícin a desetitisícin gramu) se provádí po ustálení výchylky vah na opticky promítané stupnici.

### Postup při vážení na analytických vahách WA33

Přečtěte si tento postup a požádejte asistenta o praktickou ukázkou!

- 1) Nastavíme na všech číselnících 000,0 g, nezatížené váhy odaretujeme a pře-svědčíme se, zda ukazují nulovou hmotnost. V opačném případě seřídíme nastavení nuly.
- 2) Vážený předmět zvážíme na jiné váze s přesností 0,1 g.

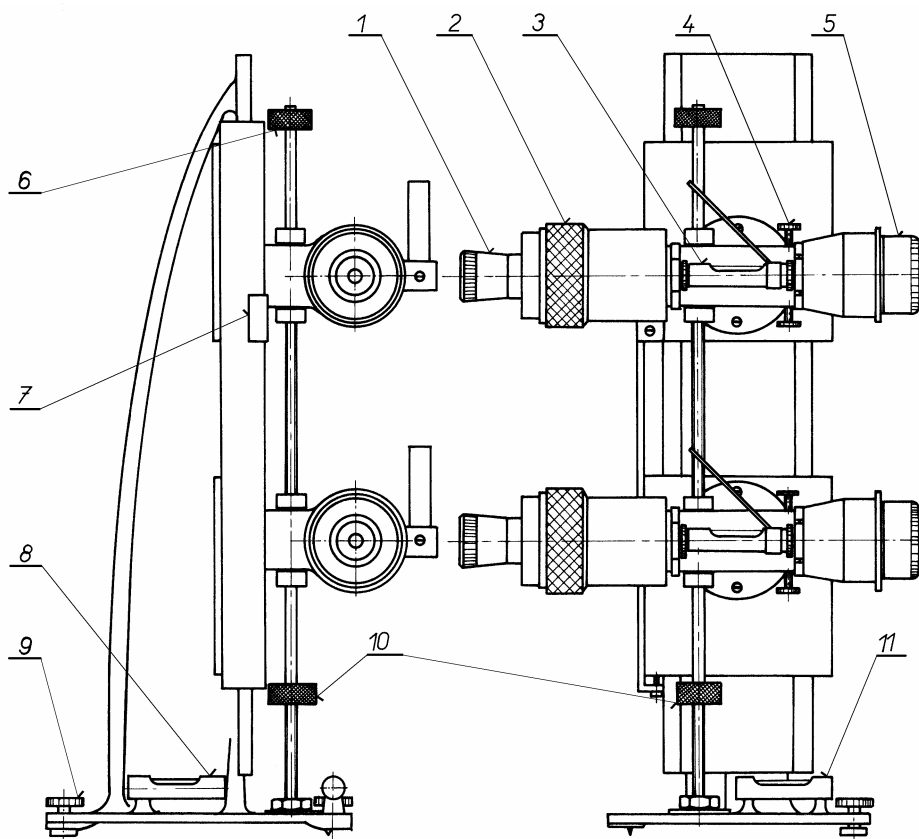


Obr. 3 Analytické váhy WA 33

- 3) V **zaaretovaném** stavu vložíme předmět na misku analytických vah, uzavřeme ochranný kryt, a na číselnicích nastavíme hmotnost zjištěnou v bodu 2)
- 4) Odaretujeme a vyčkáme až se výchylka ustálí. Pokud se stupnice vychýlí mimo pracovní rozsah (zmizí), je třeba přednastavenou hmotnost na číselnicích upravit tak, aby se stupnice vrátila do pracovního rozsahu. (je-li stupnice pod nulou – nutno snížit hmotnost, je-li nad 100 – nutno zvýšit hmotnost) Úpravu začínáme od nejnižších řádů – tj. desetin a jednotek gramů.
- 5) Po ustálení odečteme setiny a tisícinu gramu na stupnici, další desetinné místo odečteme pomocí dělicího mechanismu pro odečet desetitisícin.
- 6) Váhy zaaretujeme a vyjmeme měřený předmět.

### **Měření výšek katetometrem**

Katetometr (obr. 4) slouží k měření svislých vzdáleností. Skládá se ze dvou dalekohledů s vodorovnou optickou osou, jež jsou vedeny po svislé liště.



Obr. 4 Katetometr

- 1 – zaostřování nitkového kříže, 2 – ostření dalekohledu, 3 – libela dalekohledu, 4 – stavěcí šrouby, 5 – objektiv s krytkou, 6 – svislý posuv 1. dalekohledu, 7 – nonius, 8, 11 – libely katetometru, 9 – stavěcí šroub katetometru, 10 – svislý posuv 2. dalekohledu

dolním dalekohledu je vertikální měřítko s milimetrovým dělením. Proti němu se s druhým dalekohledem posouvá odečítací dvacetinný nonius. Při našich měřeních budeme využívat pouze horní dalekohled.

Před měřením musíme přístroj postavit do vzdálenosti  $100 \div 140$  cm od měřeného předmětu a podle libel **8** a **11** vyvážit do svislé polohy stavěcími šrouby **9**. Pak vyrovnáme optickou osu dalekohledu dvěma stavěcími šrouby **4** do vodorovné polohy podle libely na dalekohledu. Okulárem **1** zaostříme nitkový kříž a tubusem **2** zaostříme měřený předmět. Měřený předmět zaměřujeme posuvem dalekohledu vždy směrem zdola (z důvodu eliminace mechanických vůlí).

## ***Zdroje elektrické energie***

### **Zdroje stejnosměrného napětí**

Vyrábí se velké množství různých typů zdrojů malého i nízkého stejnosměrného napětí pro laboratorní účely. Většinou tyto zdroje ve své nejjednodušší formě obsahují následující prvky:

- Výstupní svorky červené (+) a modré (-) barvy
- Síťový vypínač (označený **SÍŤ** nebo **POWER**)
- Jedno nebo dvě panelová měřidla pro měření výstupního proudu a napětí. Je-li měřidlo pouze jedno, je přítomen v blízkosti přepínač pro volbu měřené veličiny (**U, Voltage** nebo **I, Current**)
- Regulační prvek pro nastavení výstupního napětí
- Regulační prvek pro nastavení omezení výstupního proudu. Dosáhne-li proud odebíraný z výstupních svorek hodnoty nastavené tímto prvkem, nedovolí zdroj jeho další zvyšování. Zdroj se pak chová jako zdroj proudu – udržuje v obvodu konstantní proud. Tato funkce působí jako ochrana před přetížením a zničením jak samotného zdroje, tak připojeného obvodu.

U prvků pro nastavení proudu a napětí jsou umístěny signalizační kontrolky (LED diody). Svítí-li kontrolka u prvku pro nastavení napětí, znamená to, že zdroj se chová jako běžný zdroj napětí. Zhasne-li tato a rozsvítí se kontrolka u prvku pro omezení výstupního proudu, došlo k omezení proudu na nastavenou velikost – tzn. zdroj přešel do režimu konstantního proudu.

### **Zdroje střídavého napětí**

Střídavé napětí o efektivní hodnotě 230 V, s kmitočtem 50 Hz lze získat přímo z elektrické sítě z normalizované zásuvky. Při manipulaci s takto napájenými obvody musíme být velmi opatrní. Asistent musí vždy zkontrolovat zapojení před připojením na síť. Jakékoliv úpravy a změny v zapojení se provádějí zásadně při odpojeném obvodu od sítě.

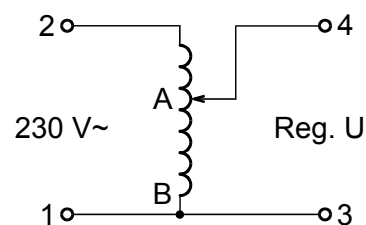
Podle normy je jeden pól zdroje síťového napětí uzeměn a tvoří tzv. nulovací vodič. Ten je připojen v zásuvce vždy na **pravou** zdířku. Druhý pól zdroje – fáze, je v zásuvce **vlevo**. Uzemňovací kolík je spojen s nulovacím vodičem buď v rozvaděči, nebo přímo v zásuvce. Dotyk s fází je životu nebezpečný!

### **Regulační autotransformátor**

Proměnné střídavé napětí od 0 V do 250 V získáme pomocí regulačního autotransformátoru. Transformátor lze zkonstruovat tak, že část primárního vinutí

slouží zároveň jako vinutí sekundární. Poměr velikosti primárního a sekundárního napětí je pak dán poměrem počtu závitů celého vinutí k počtu závitů části, z níž odebíráme napětí sekundární. Toto konstrukční uspořádání se nazývá autotransformátor. Nevýhodou je galvanické spojení primárního a sekundárního obvodu. Dolní konec vinutí **B** (obr. 5) tvoří zároveň vstupní i výstupní svorku.

Připojeme-li autotransformátor na síť, je nutno svorku 1 spojit s nulovacím vodičem a fázi přivést na svorku 2. Sekundární napětí odebíráme na svorkách 3 a 4. Velikost napětí je dána polohou odbočky **A** na vinutí. U regulačního autotransformátoru je provedena jako pohyblivý kontakt z uhlíku, jenž se posunuje po vinutí. To je navinuto v jedné vrstvě na toroidním železném jádru.



Obr. 5 Autotransformátor

Výhodou autotransformátoru i v dnešní době elektroniky zůstává jeho jednoduchost, vysoká účinnost a skutečnost, že není zdrojem elektromagnetického rušení. Nevýhodou je ovšem hmotnost.

### **Elektrické měřicí přístroje**

Přístroje pro měření elektrického napětí (voltmetry), proudu (ampérmetry) a odporu (ohmometry) se vyrábějí v mnoha provedeních a typech. Od jednoúčelových velmi přesných měřidel s jedním nebo několika rozsahy až k univerzálním mnohorozsahovým multimetrům pro běžná měření. Zásadně lze měřicí přístroje rozdělit na *analogové* (ručkové, mechanické) a *digitální* (s číslicovým displejem).

### **Analogové měřicí přístroje**




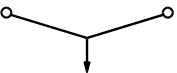


Od osmdesátých let jsou vytlačovány přístroji digitálními, ale pro některé své výhody mohou být stále užitečné. Jsou například odolné proti silnému elektromagnetickému rušení, nepotřebují napájecí zdroj (baterii), umožňují alespoň informativní měření při velkém kolísání měřené veličiny.

Ručkové měřicí přístroje mají různou konstrukci podle toho, k jakému účelu mají sloužit. Známe systém elektromagnetický (s vtahovaným jádrem), systém elektrodynamický (s pevnou a otočnou cívkou), tepelný, elektrostatický a systém s otočnou cívkou v magnetickém poli (deprézský) – který je nejčastěji používán. Tohoto systému je užíváno i pro konstrukci velmi citlivých zrcátkových galvanometrů.

Některé systémy mohou měřit pouze stejnosměrný proud či napětí. Opatříme-li je však usměrňovačem, mohou měřit též střední hodnoty střídavých proudů nebo napětí. Stupnice pak bývá cejchována v efektivních hodnotách pro sinusový průběh. Údaje o měřicím přístroji jsou umístěny většinou v pravém dolním rohu pod stupnicí ve formě značek (viz tabulky 1 až 5).

Třída přesnosti měřicího přístroje udává, kolik procent plné výchylky měřidla činí **maximální** možná chyba (za předpokladu, že jsou dodrženy podmínky měření předepsané výrobcem). Tato chyba je konstantní po celé stupnici (je nezávislá na výchylce, podobně jako chyba stopek je např. 0,2 s pro jakýkoliv

Tabulka 1

Měřicí systém	
elektrostatický	
elektrodynamický	
elektromagnetický	
tepelný	
s otočnou cívkou (deprézský)	
s otočnou cívkou a s usměrňovačem	

Tabulka 2

Označení třídy přesnosti (v %)					
0,1	0,2	0,5	1,-	1,5	2,5

Tabulka 3

Přístroj měří veličinu:	
stejnoseměrnou	—
střídavou	~
obojí	≈

Tabulka 4

Poloha stupnice:	
svislá	⊥
vodorovná	⌊

Tabulka 5

Zkušební izolační napětí	
500 V	
1 kV	
2 kV	

měřený časový interval) a závisí na principu, konstrukci a jakosti provedení přístroje. U vícerozsahových měřicích přístrojů udává plnou výchylku měřidla vždy použitý rozsah (což je údaj, na který je nastaven přepínač rozsahů). Absolutní maximální chybu přístroje pro konkrétní použitý rozsah tedy získáme jako jednu setinu ze součinu třídy přesnosti a použitého rozsahu. **Směrodatnou chybu**, pomocí které se většinou hodnotí přesnost měření, bereme pak jako **0,6 maximální chyby** (viz kap. „Chyby měření“, odst. B).

Měříme-li například voltmetrem na rozsahu 300 V o třídě přesnosti 1,5, pak maximální absolutní chyba  $\delta U = \pm 4,5$  V. Naměříme-li na tomto rozsahu napětí 15 V, měříme s chybou  $\pm 4,5$  V. Určíme-li si k tomuto výsledku relativní chybu  $\xi U$ , zjistíme, že dosahuje výše 30 %. To je ovšem značně nepřesné měření. Změříme-li však napětí 250 V, bude relativní chyba pouze 1,8 %. Z uvedeného příkladu je patrné, že je nutné používat takový rozsah, abychom četli měřenou hodnotu pokud možno v poslední třetině stupnice. (Tato poučka ostatně platí pro všechny měřicí přístroje.) Ke zjištění chyby měření je tedy nutné vždy znát třídu přesnosti přístroje a použitý rozsah!

Přístroje se vyrábějí obvykle ve třídách přesnosti 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5. Přístroje třídy 0,2 a přesnější jsou velmi choulostivé, vyžadují pečlivé zacházení a

většinou se proto používají jako cejchovní. K laboratornímu měření slouží přístroje třídy 0,5 příp. 1,-. Univerzální přístroje (Avomet apod.) jsou třídy přesnosti 1; 1,5; 2,5; přístroje rozvaděčové mají třídu 2,5.

### Konstanta přístroje

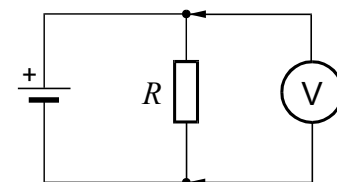
Pro pohodlný odečet naměřené hodnoty ze stupnice je vhodné si stanovit konstantu přístroje  $C$ . Je to velikost měřené veličiny odpovídající výchylce o 1 dílek. Stanovíme ji jako použitý rozsah  $R$  dělený celkovým počtem dílků stupnice  $N$ :

$$C = \frac{R}{N}$$

Vynásobením výchylky přístroje v dílkách konstantou přístroje dostaneme měřenou veličinu v příslušných jednotkách. Např. voltmetr s rozsahem 300 V a stupnicí dělenou na 60 dílků má konstantu  $C = 300/60 = 5$  V/dílek. Je-li pak výchylka např. 48 dílků, stanovíme měřené napětí jako  $C \cdot 48 = 5 \cdot 48 = 240$  V.

### Měření napětí

Jednotkou napětí je volt [V]. Napětí měříme voltmetrem připojeným paralelně k měřené části obvodu, aby bylo na svorkách voltmetru stejné napětí jako na této měřené části (viz obr. 6). Aby voltmetr příliš nezatežoval měřený obvod, musí být jeho vnitřní odpor mnohem větší než vnitřní odpor obvodu, v němž napětí měříme. Pak je proud procházející měřícím přístrojem zanedbatelný ve srovnání s proudy v měřeném obvodu. Není-li tato podmínka splněna, způsobí proud procházející voltmetrem pokles napětí v měřeném obvodu a naměřené hodnoty budou nesprávné. Proto při měření na vysokoohmových obvodech musíme použít elektrostatické voltmetry s velmi vysokým vstupním odporem.



Obr. 6 Zapojení voltmetru

Chceme-li rozšířit rozsah voltmetru  $n$ -krát, musíme s ním do série zapojit předřadný odpor  $R_P$ , který je  $(n - 1)$  krát větší než je vnitřní odpor voltmetru  $R_V$ :

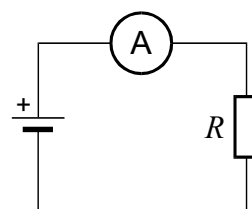
$$R_P = (n - 1) R_V .$$

### Měření proudu

Jednotkou proudu je ampér [A]. Proud měříme ampérmetrem, který zařazujeme sériově do obvodu (obr. 7), protože musí měřit proud procházející spotřebičem. Obvod bude vřazeným ampérmetrem ovlivněn tím méně, čím bude vnitřní odpor přístroje menší.

Rozsah ampérmetru se mění pomocí bočnicku; k  $n$ -násobnému zvětšení rozsahu je třeba připojit paralelně k ampérmetru odpor, tzv. bočník, o odporu  $(n - 1)$  krát menším než je vnitřní odpor ampérmetru  $R_A$ :

$$R_B = R_A / (n - 1)$$



Obr. 7 Zapojení ampérmetru

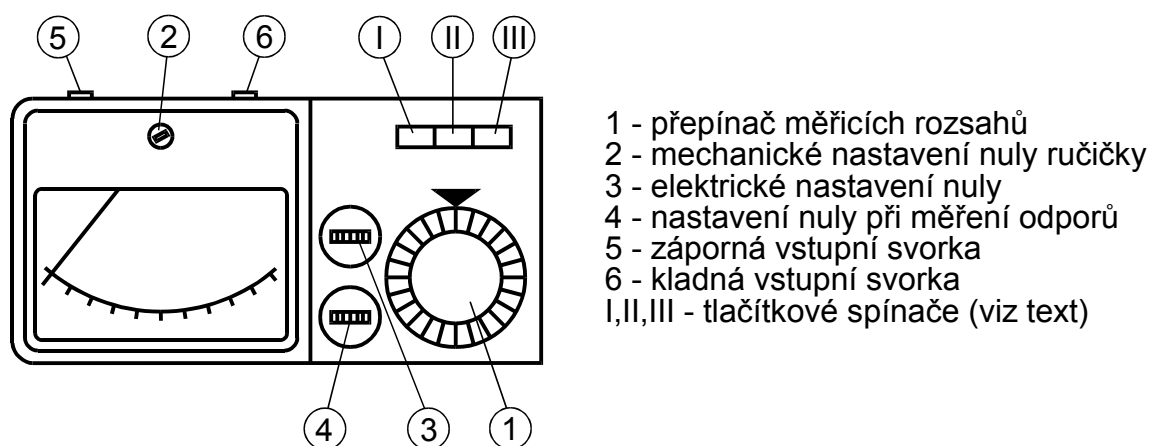
## Uni 11e

Jako příklad ručkového měřicího přístroje, jenž se stále v praxi používá, uvádíme přístroj **Uni 11e**.

Je vybaven elektronickým zesilovačem, který zajišťuje velmi vysoký vstupní odpor při měření napětí. Slouží k měření střídavých a stejnosměrných napětí a proudů, lze ho použít jako nulového indikátoru, k měření útlumu a zesílení nebo odporu. K provozu potřebuje dvě 9 V a jednu 1,5 V baterii.

### Postup měření s přístrojem Uni 11e

Zkontrolujeme mechanické nastavení nuly a případně provedeme korekci šroubem **2**. Přístroj zapneme tlačítkovým spínačem **I**.



Obr. 8 Měřicí přístroj Uni 11e

Provedeme kontrolu baterií a nastavení nuly elektronického zesilovače takto:

- 1) Přepínač **1** dáme do poloh „ $+\text{||}$ “ a „ $-\text{||}$ “. Ručička se při tom musí nacházet v sektoru označeném „ $-\text{||}$ “. V opačném případě je třeba vyměnit baterie.
- 2) Stiskneme spínač **III** a přepneme přepínač **1** do polohy bez označení.
- 3) Nastavíme potenciometrem **3** nulu. Přístroj je nyní připraven k měření.

Při měření stejnosměrného napětí, proudu a odporu ponecháme stisknut spínač **III** a přepínačem **1** zvolíme vhodný měřicí rozsah. Při měření střídavého napětí a proudu uvolníme spínač **III**. Přístroj měří pak střídavé napětí včetně stejnosměrné složky. Chceme-li měřit pouze čistě střídavou složku napětí nebo proudu, stiskneme tlačítko **II**. Pozn.: při vypnutém přístroji nesmí zůstat přepínač **1** na měřicím rozsahu odporů, protože by docházelo k vybíjení baterie 1,5 V.

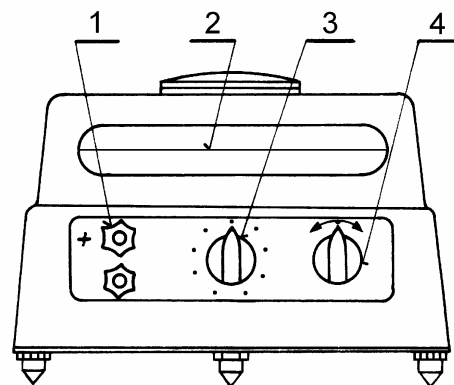
### Galvanoměr se světelnou značkou DG 20

je konstruován pro měření velmi malých proudů a napětí v elektrických obvodech. Od jiných přístrojů se liší hlavně tím, že má místo ručičky optickou indikaci pomocí světelné značky, která prosvětluje stupnici, a je proto mnohokrát citlivější než ručkové přístroje.



Citlivý zrcátkový galvanoměr tvoří deprezský systém v závěsovém uložení na tenkých kovových vláknech se zrcátkem. Pro charakterizaci citlivosti galvanoměru se zavádí konstanta galvanoměru, což je proud v ampérech, jenž způsobí výchylku o jeden dílek stupnice. Tato konstanta je u každého přístroje vyražena na štítku a její velikost je u našich galvanoměrů řádově  $10^{-9}$  A/dílek (zkontrolujte si údaj na štítku).

Přístroj (obr. 9) před měřením připojíme do sítě. Rozsvítí se žárovka, která na stupnici 2 vytvoří světelnou stopu. Přes zdířky 1 připojíme galvanoměr k měřenému obvodu. Zaaretovaný galvanoměr v poloze AR přepínačem 3 odaretujeme do polohy A (příp. V). Knoflíkem 4 nastavíme nulou na stupnici. Tato nulová korekce se provádí elektricky; proto je v galvanoměru baterie. Pak zvolíme příslušný rozsah s citlivostmi: nejmenší 1/1000, 1/100, 1/10 a 1/1, která je největší.



Obr. 9 Galvanoměr DG 20  
1 - zdířky, 2 - stupnice, 3 - aretace a přepínač citlivosti, 4 - regulace nuly

### Digitální měřicí přístroje

Měřicí přístroje s číslicovým výstupem vytlačily analogové přístroje z laboratoří díky vývoji integrovaných obvodů s vysokým stupněm integrace. Obsahují analogově-digitální převodník a číslicový displej – většinou z kapalných krystalů (LCD – Liquid crystal display). Poskytují především výhodu snadného odečítání (pokud ovšem měřená veličina nekolísá), jsou odolnější proti otřesům a mohou pracovat v jakékoliv poloze.

Podstatný rozdíl oproti analogovým přístrojům je při stanovení chyby měření. Zde je třeba se řídit předpisem výrobce pro konkrétní přístroj. Např. pro multimetr **PU 510** Metra Blansko je předpis uveden na zadní straně přístroje a při měření stejnosměrných napětí a proudů se **maximální** chyba stanoví jako:

$$0,5 \% \text{ rdg.} + 0,5 \% \text{ f.s.}$$

kde *rdg.* je měřená hodnota (reading)

*f.s.* je „plná výchylka“ (full scale) tj. použitý měřicí rozsah

Změříme-li například na rozsahu 20 V napětí 15,65 V, pak maximální chyba měření bude:

$$\delta U = 0,005 \times 15,65 + 0,005 \times 20 = 0,17825 \approx 0,18 \text{ V}$$

U multimetru **DT-380** ALCRON se např. pro střídavé napětí na rozsahu 2 V stanoví maximální chyba takto:

$$0,8 \% \text{ rdg.} + 3 \text{ Digits}$$

kde „3 Digits“ znamená 3 jednotky z posledního místa na displeji. Změříme-li tedy napětí 0,958 V na rozsahu 2 V, bude chyba:

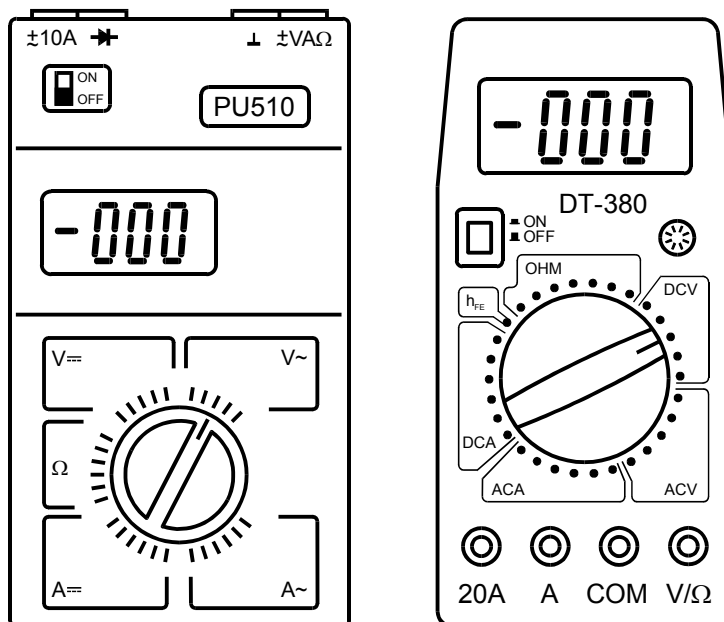
$$\delta U = 0,008 \cdot 0,958 + 0,003 = 0,010664 \approx 0,011 \text{ V}$$

Výpočet chyb pro všechny měřicí rozsahy je uveden v manuálu k přístroji. Pro určení **směrodatné chyby** platí to, co již bylo uvedeno výše u analogových měřicích přístrojů.

### Praktické pokyny pro měření s digitálními multimetry

POZOR: při zapojování do obvodu je nutno mít multimetr vždy zapnutý, abychom zpozorovali na displeji jeho případné přetížení a zabránili zničení. Přetížení (tj. měřená veličina překračuje nastavený rozsah) je indikováno rozsvícením jedničky na prvním místě displeje a zhasnutím ostatních číslic.

- Přístroj zapneme a provedeme, zda nesvítí značka indikující vybitou baterii. V tom případě je nutno baterii vyměnit, protože zobrazený údaj by byl chybný (vyšší než ve skutečnosti).



Obr. 10 Multimetry PU 510 a DT-380

- Přístroj připojíme do měřené obvodu. Pokud nevíme jaké nejvyšší napětí nebo proud se v obvodu může vyskytnout, zvolíme nejvyšší rozsah, který pak při měření postupně snižujeme.
- Běžné multimetry jsou vybaveny většinou čtyřmi zdírkami. Zdíčka označená symbolem „ $\perp$ “ nebo **COM** je společná a používá se při všech druzích měření. Zdíčka označená  $\pm V A \Omega$  resp.  $V / \Omega$  se používá při měření napětí, proudu a odporu, resp. napětí a odporu, a plní úlohu kladné svorky při stejnosměrných měřeních. Zdíčka označená **2A** se používá pro měření proudů do dvou ampér, zdíčka označená **10A** (popř. **20A**) je určena pro proudy nad dva ampéry.
- Přepínač rozsahů je rozdělen na sekce, kde význam symbolů je následující:

V=	popř. DCV	rozsahy pro měření stejnosměrného napětí
A=	popř. DCA	rozsahy pro měření stejnosměrného proudu
V~	popř. ACV	rozsahy pro měření střídavého napětí
A~	popř. ACA	rozsahy pro měření střídavého proudu
$\Omega$		rozsahy pro měření odporů
- Hodnoty rozsahů jsou (tam kde je to vhodné) značeny pomocí standardních předpon:  $\mu$  – mikro, m – mili, k – kilo, M – mega. Například hodnota 200m v sekci pro měření proudu znamená rozsah 200 mA a maximální hodnota, kterou je přístroj schopen zobrazit je 199,9 mA. Při měření je nutno si uvědomit polohu desetinné tečky na displeji (ta je rozhodující pro odečet). Většina multi-

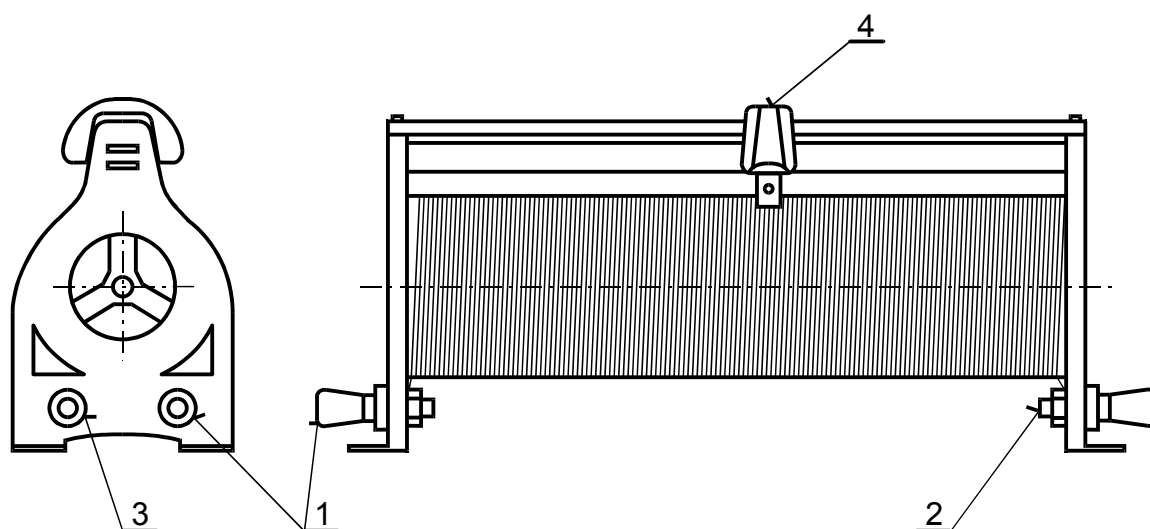
metrů také nezobrazuje na rozsazích 2V, 2A a 2mA nulu před desetinnou tečkou (např.  $-0,621$  V se zobrazí jako  $-.621$ ).

- Svítí-li na displeji před údajem znaménko minus, pak to znamená, že měřené napětí má na zdířce **V/Ω** záporný pól a kladný na zdířce **COM**. Podobně při měření proudu to znamená, že proud vtéká do přístroje zdířkou **COM** a vytéká zdířkou **2A**. Toto je důležité při zjišťování polarity napětí a proudů v obvodech.

### *Pomocná zařízení pro elektrická měření*

#### **Výkonový proměnný odpor**

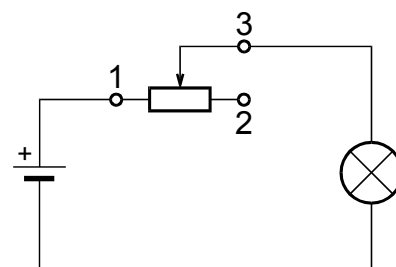
Používá se všude tam, kde chceme zařadit do elektrického obvodu měnitelný odpor, na němž může vznikat poměrně velká výkonová ztráta (až 500 W). Základem



Obr. 11 Výkonový proměnný odpor  
1,2 – konce vinutí, 3 – zdířka pro jezdec, 4 – posuvný jezdec

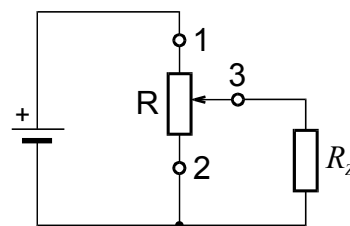
je keramický válec, na němž je navinut v jedné vrstvě odporový drát. Konce vinutí jsou (viz obr. 11) vyvedeny na svorky **1** a **2** (na skutečném odporu nejsou označeny). Po vinutí je možno posouvat pohyblivý kontakt **4** – tzv. jezdec, vyvedený na svorku **3** (bývá označena písmenem **J** nebo červenou zdířkou). Na kovovém krytu odporu je štítek, kde je uvedena hodnota odporu a maximální dovolený proud. Před zapojováním odporu do obvodu je nutno prověřit, zda proud nepřesáhne údaj na štítku!

Každý proměnný odpor lze zapojit buď jako reostat, nebo potenciometr. Příklad zapojení reostatu je na obr. 12. Pomocí tohoto zapojení lze měnit proud v obvodu. Pro připojení použijeme svorky 1 a 3 nebo 2 a 3.



Obr. 12 Proměnný odpor jako reostat

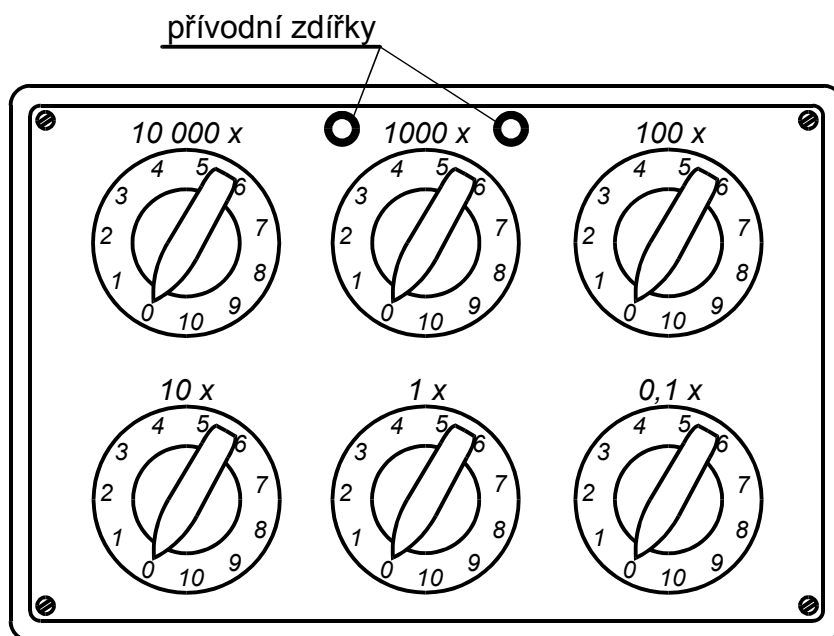
Chceme-li získat plynule regulovatelný zdroj napětí, zapojíme proměnný odpor jako potenciometr (obr. 13). Zapojení pracuje vlastně jako odporový dělič napětí. Závislost výstupního napětí na poloze jezdce je lineární pouze tehdy, je-li  $R_z \gg R$  (tj. potenciometr pracuje naprázdno). Čím více se blíží hodnota odporu zátěže  $R_z$  hodnotě odporu  $R$ , tím více je závislost nelineární. V praxi postačí volit poměr  $R_z/R > 5$ . Při volbě odporu potenciometru  $R$  ovšem musíme současně překontrolovat, zda je zdroj napětí schopen dodat potřebný proud do paralelní kombinace odporů  $R$  a  $R_z$  (nastane při vysunutí jezdce až ke svorce 1).



Obr. 13 Proměnný odpor jako potenciometr

### Odporová dekáda

je velmi přesný proměnný odpor, jehož hodnotu lze nastavit pomocí přepínačů (obr. 14). Je sestaven z několika skupin (dekád) přesných odporů. V každé skupině

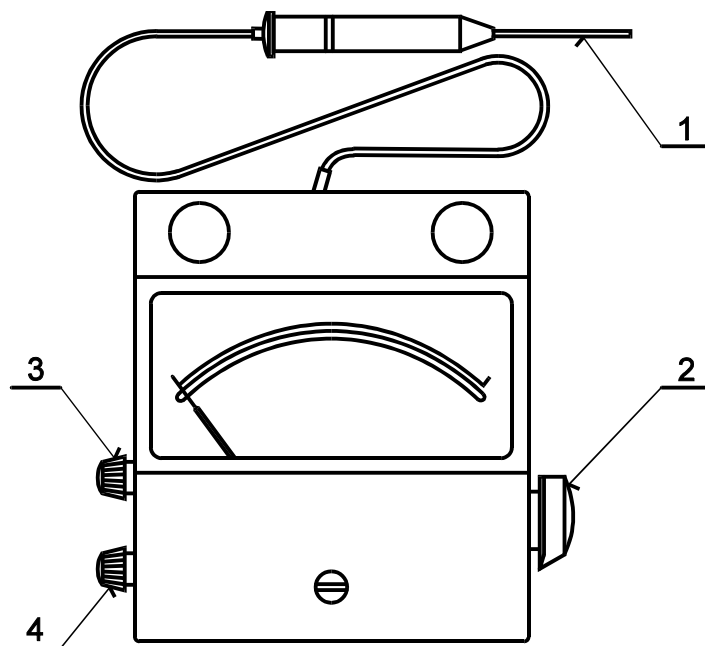


Obr. 14 Odporová dekáda

je zapojeno do série deset stejně velkých odporů, jež lze postupně zapojovat pomocí přepínače v krocích od 0 do 10. V jednotlivých skupinách lze takto nastavovat desetiny, jednotky, desítky, stovky, tisíce a desetitisíce ohmů. Výsledný odpor dekády je pak součtem odporů jednotlivých skupin. Zpravidla lze nastavit odpor po desetíně ohmu od  $0,1 \Omega$  do  $111\,111 \Omega$ . Maximální proud, který může procházet odpory jednotlivých skupin dekády, je uveden na štítku. Před připojením je tedy nutno určit, zda proud dekádou nepřekročí tuto hranici! Při nastavování hodnoty odporu na dekádě je logické postupovat odshora.

### Měření magnetické indukce Teslametem

Měřicí přístroj **Teslamet Metra** (obr. 15) je určen k měření magnetické indukce stejnosměrných homogenních i nehomogenních polí. Lze jím měřit i v malých



Obr. 15 Teslamet

1 – sonda, 2 – přepínač rozsahů, 3 – nastavení maxima, 4 – nastavení nuly

vzduchových mezerách kolem 1 mm pouhým zasunutím měřicí sondy do měřeného pole.

K měření je využito galvanomagnetického Hallova jevu. Protéká-li polovodičovou destičkou v podélném směru proud a prochází-li plochou destičky magnetický tok, vzniká na kontaktech připojených k bočním stěnám destičky potenciální rozdíl, tzv. Hallovo napětí, jehož velikost je úměrná magnetické indukci.

Hallovo napětí se měří ručkovým přístrojem. Zdrojem pomocného proudu jsou tři monočlánky o celkovém napětí 4,5 V. Měřené hodnoty odečítáme přímo na stupnici. Každý

rozsah má vlastní stupnici, cejchovanou v jednotkách Tesla. Vlastní čidlo sondy – germaniový výbrus – je umístěn na konci sondy. Je chráněn proti poškození fólií z nemagnetického materiálu.

Při regulaci pomocného proudu a nastavování nuly musí být sonda umístěna mimo magnetické pole. Přepínač **2** přepneme do polohy **MAX** a knoflíkem **3** nastavíme pomocný proud tak, aby byla výchylka měřidla na posledním dílku. Pak přepneme přepínač **2** na zvolený rozsah (0,2 – 0,5 – 2 T) a provedeme elektrické nastavení nuly pomocí knoflíku **4**.

Při měření je nutno vkládat sonda do měřeného pole tak, aby v proměřovaném místě byl právě konec sondy označený červenou barvou. Přesně pod značkou je totiž uloženo čidlo. Největší výchylku dostaneme tehdy, když je plocha čidla kolmá k magnetickým siločárám. Mírným pootáčením celou sondou najdeme tedy tuto kolmou polohu a odečteme výchylku.

Po skončení měření je nutno dát přepínač **2** zpět do polohy „**0**“. Se sondou je nutno zacházet šetrně a po každém měření ji ukládat do stínícího pouzdra. Není radno ji násilím vsunovat do malých mezer nebo ji jinak mechanicky namáhat.