

Kalibrace manometrů

Nutná definovaná redukce tlaku.

Metody:

- **Statické**
 - **expanzní metoda**
 - **metoda pomalého vzrůstu tlaku**
- **Dynamické**
 - **metoda s konstantním proudem plynu**
 - **standardní metoda kalibrace**

Nedostatkem statických metod je vliv sorpce a desorpce plynů z povrchu vakuového systému.

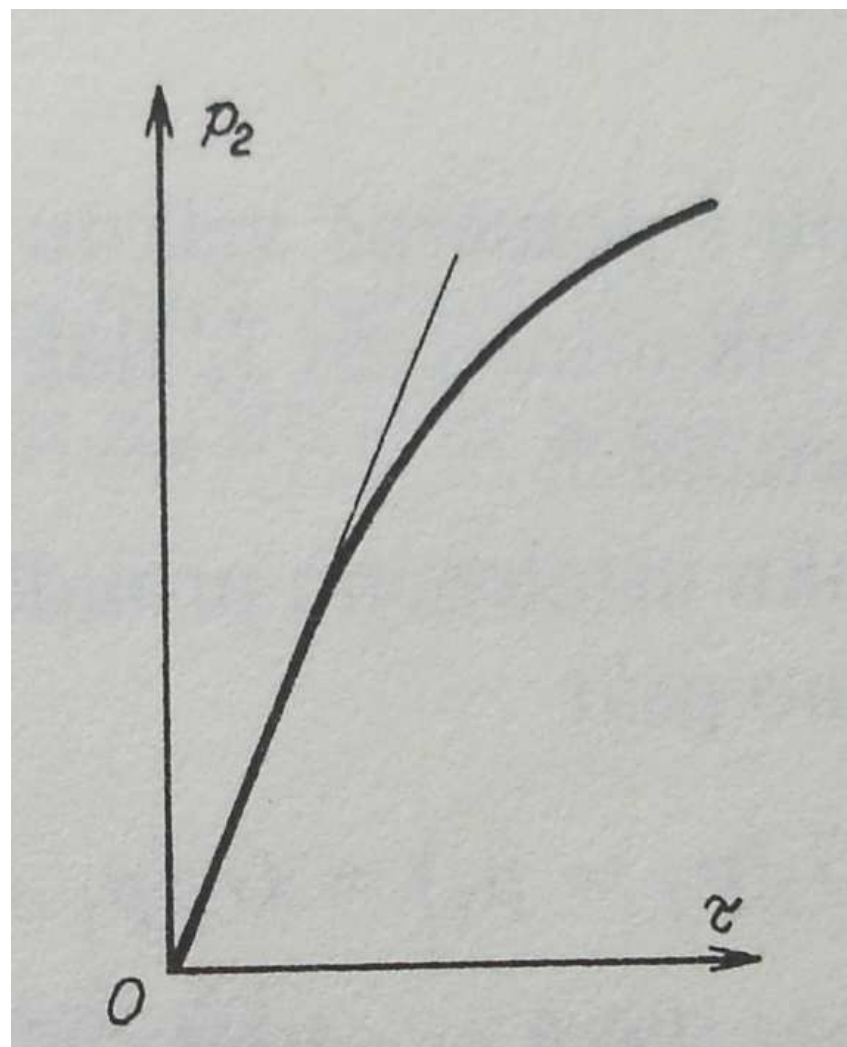
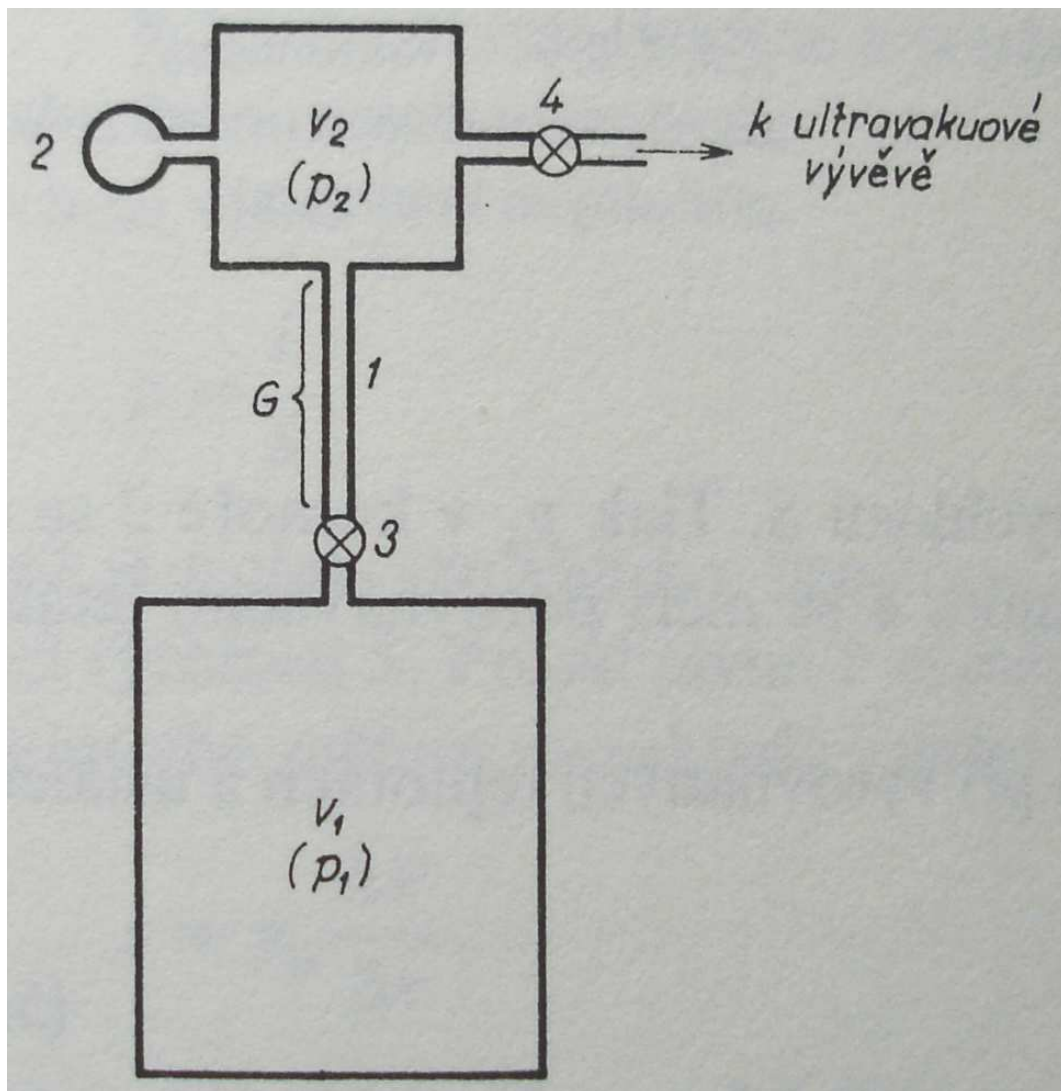
Expanzní metoda

$$p_2 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} p_1$$

pokud $V_1 \ll V_2$, pak

$$p_2 \approx \frac{V_1}{V_2} p_1, \quad p_2 \ll p_1$$

Metoda pomalého vzrůstu tlaku



$$I = G(p_1 - p_2)$$

pro $p_2 \ll p_1$, $p_1 \sim 10^{-1} Pa$

$$I = Gp_1$$

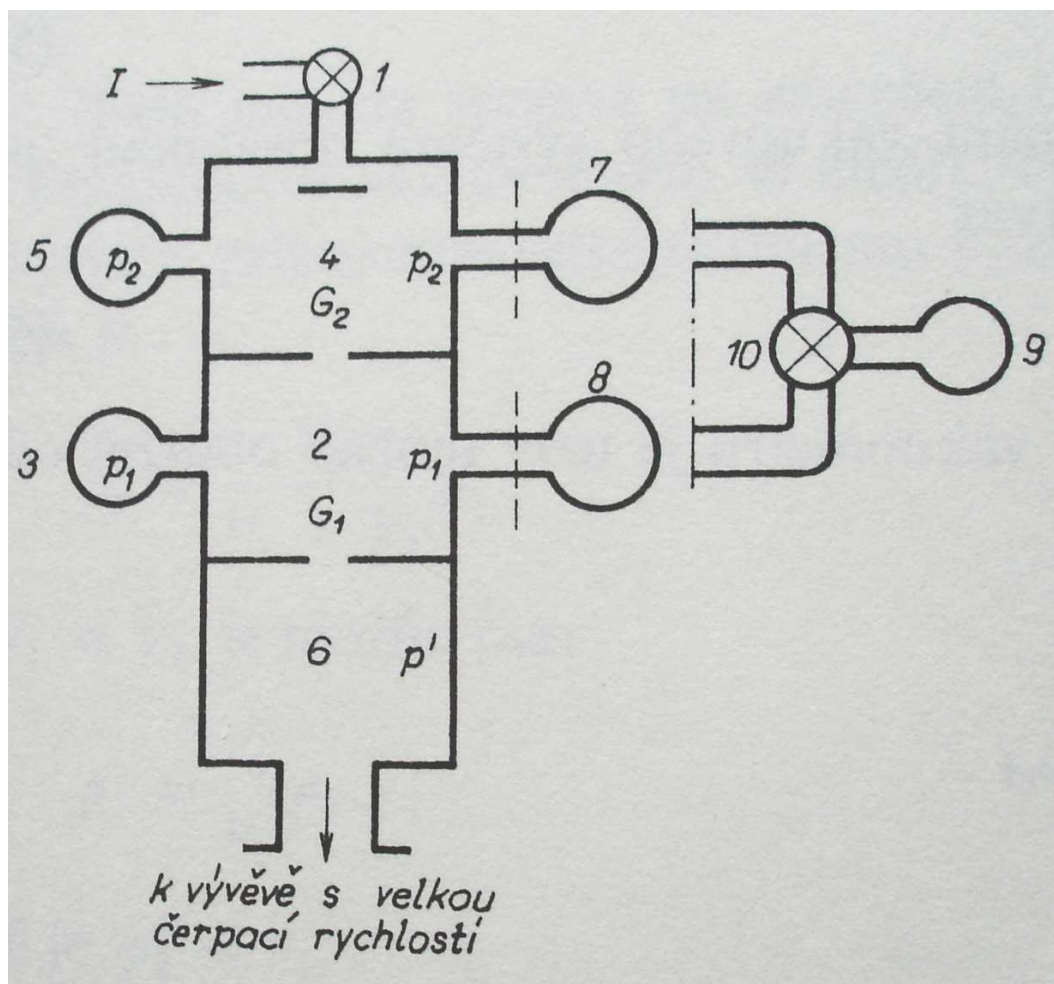
$$I = V_2 \frac{dp_2}{d\tau}$$

$$\frac{dp_2}{d\tau} = \frac{G}{V_2} p_1 = a$$

pokud je a konstantní pak $p_2 = p_0 + a\tau$, pokud $p_0 \approx 0$, pak

$$p_2 = a\tau$$

Metoda s konstantním proudem plynu



$$I = G_2(p_2 - p_1) = G_1(p_1 - p')$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{G_1}{G_2} - \frac{G_1 p'}{G_2 p_1} = 1 + \frac{G_1}{G_2} \left(1 - \frac{p'}{p_1}\right)$$

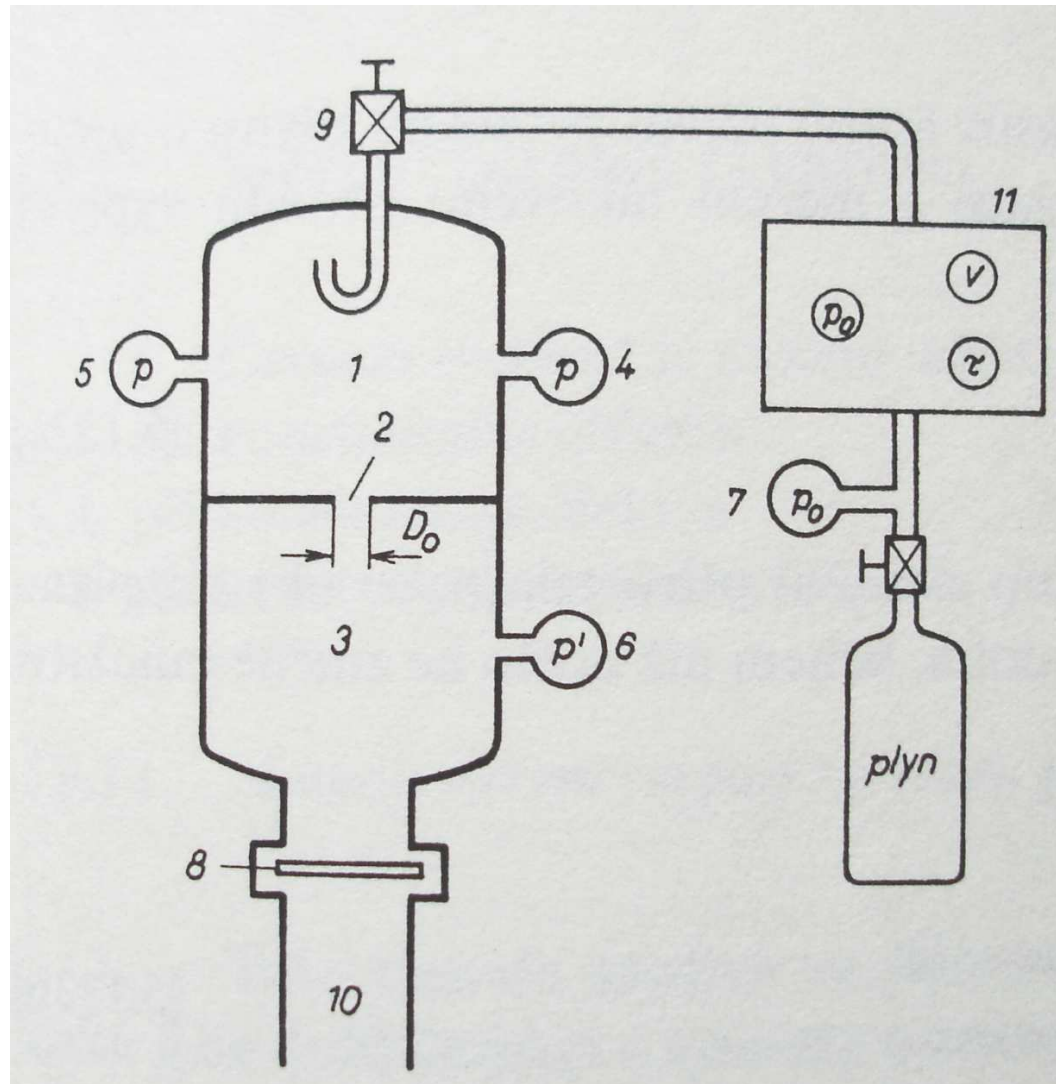
pokud S je velká, pak $p' \ll p_1$

$$\frac{p_2}{p_1} \approx 1 + \frac{G_1}{G_2}$$

$$p_1 = \frac{1}{1 + \frac{G_1}{G_2}} p_2$$

$$G_2 \ll G_1, p_1 \approx \frac{G_2}{G_1} p_2$$

Standartní metoda kalibrace vakuometrů v oboru tlaků $10^{-1} - 10^{-5} Pa$



Do kalibrační komory vpouštíme známý proud plynu a komoru čerpáme známou čerpací rychlostí. Pak platí

$$p = \frac{I}{S}$$

Mezi vývěvu a kalibrační komoru se zařazuje kruhová clona se známou vodivostí. Vodivost clony je řádově menší než čerpací rychlost (eliminace fluktuací čerpací rychlosti). Nutno zajistit izotermičnost měření. Je nutné udržet konstantní proud plynu I , konstantní čerpací rychlost vývěvy, molekulární režim proudění clonou.

$$p = I \left(\frac{1}{S} + \frac{1}{C} \right)$$

Měřicí rozsah $10^{-1} - 10^{-5} Pa$, v daném rozsahu nejpřesnější.

Vakuové napařování tenkých vrstev

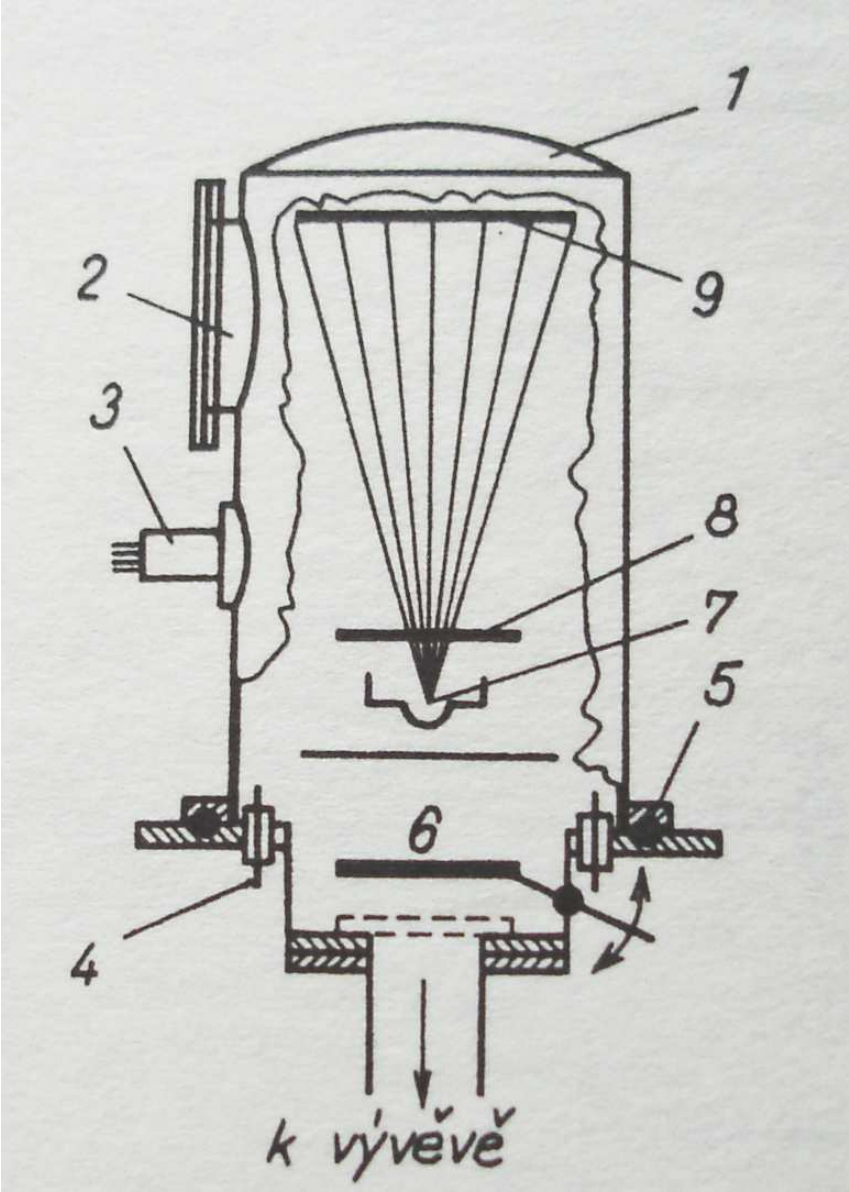
Nejčastěji kovové vrstvy (Al, Cu, Fe,...).

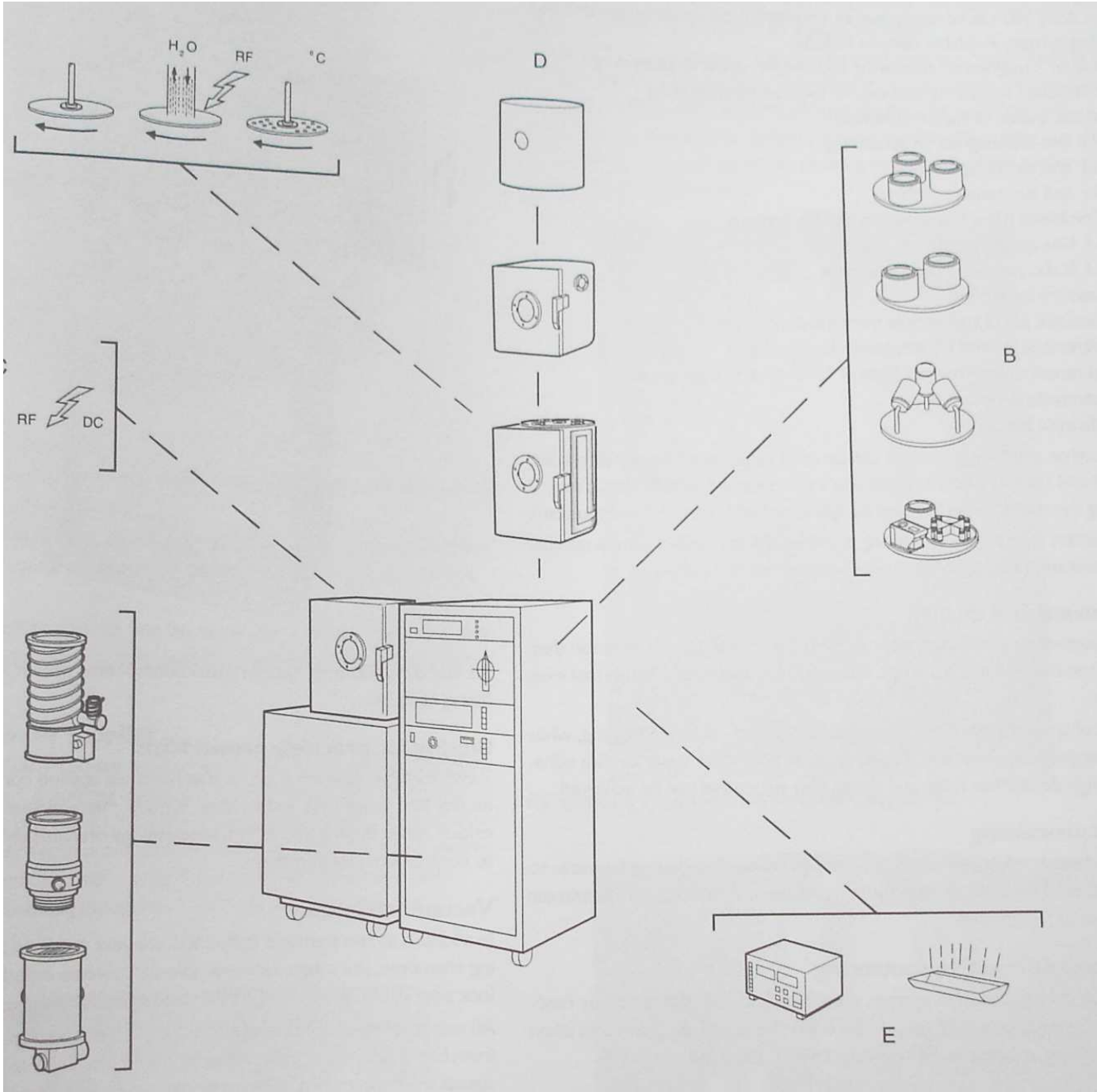
Ohřátí substrátu

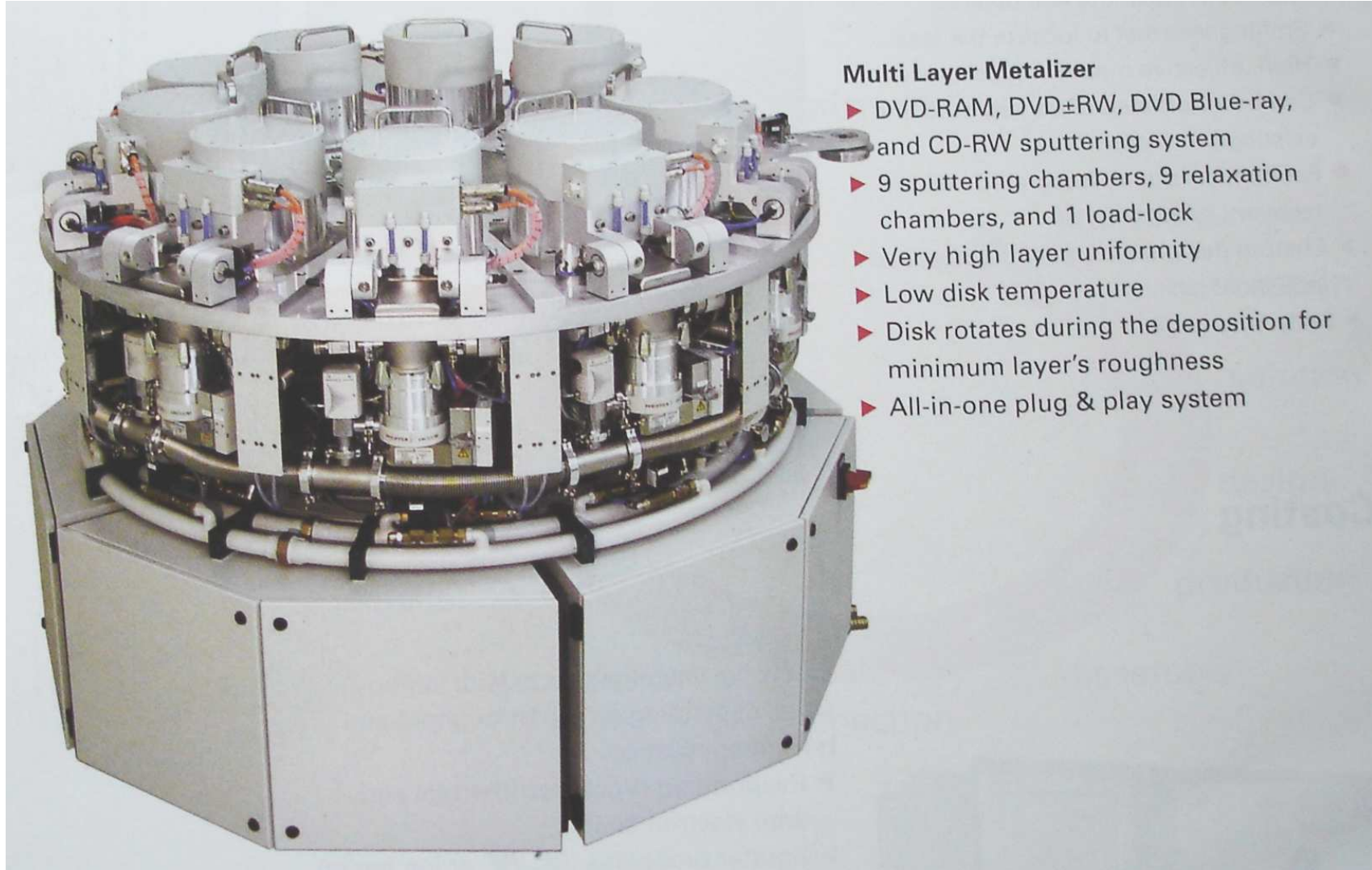
- průchodem el. proudu
- dopadem elektronů - elektronové dělo

Měření tloušťky vrstvy - pomocí krystalového oscilátoru.

Maximální pracovní tlak $\sim 10^{-2} Pa$



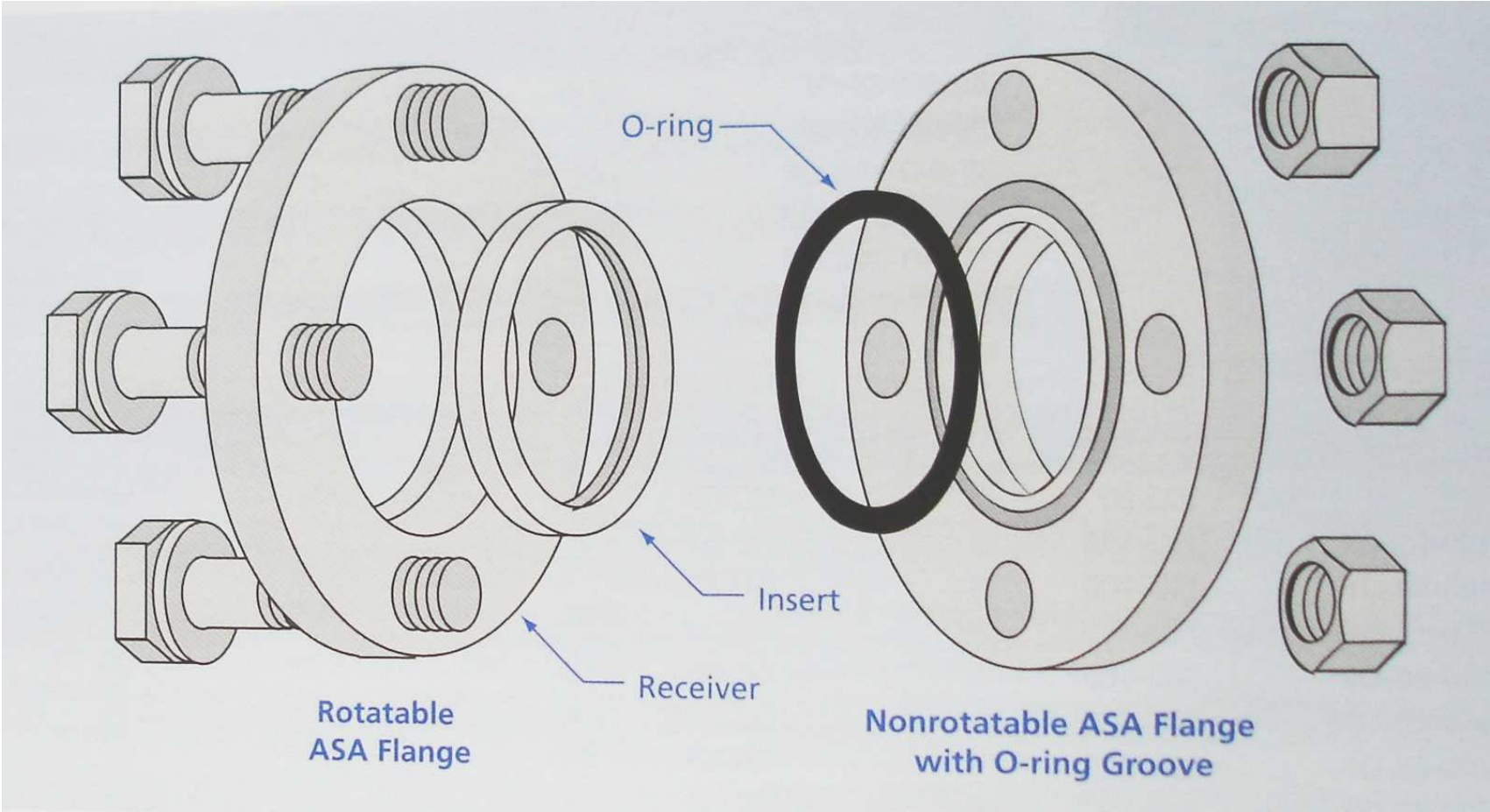




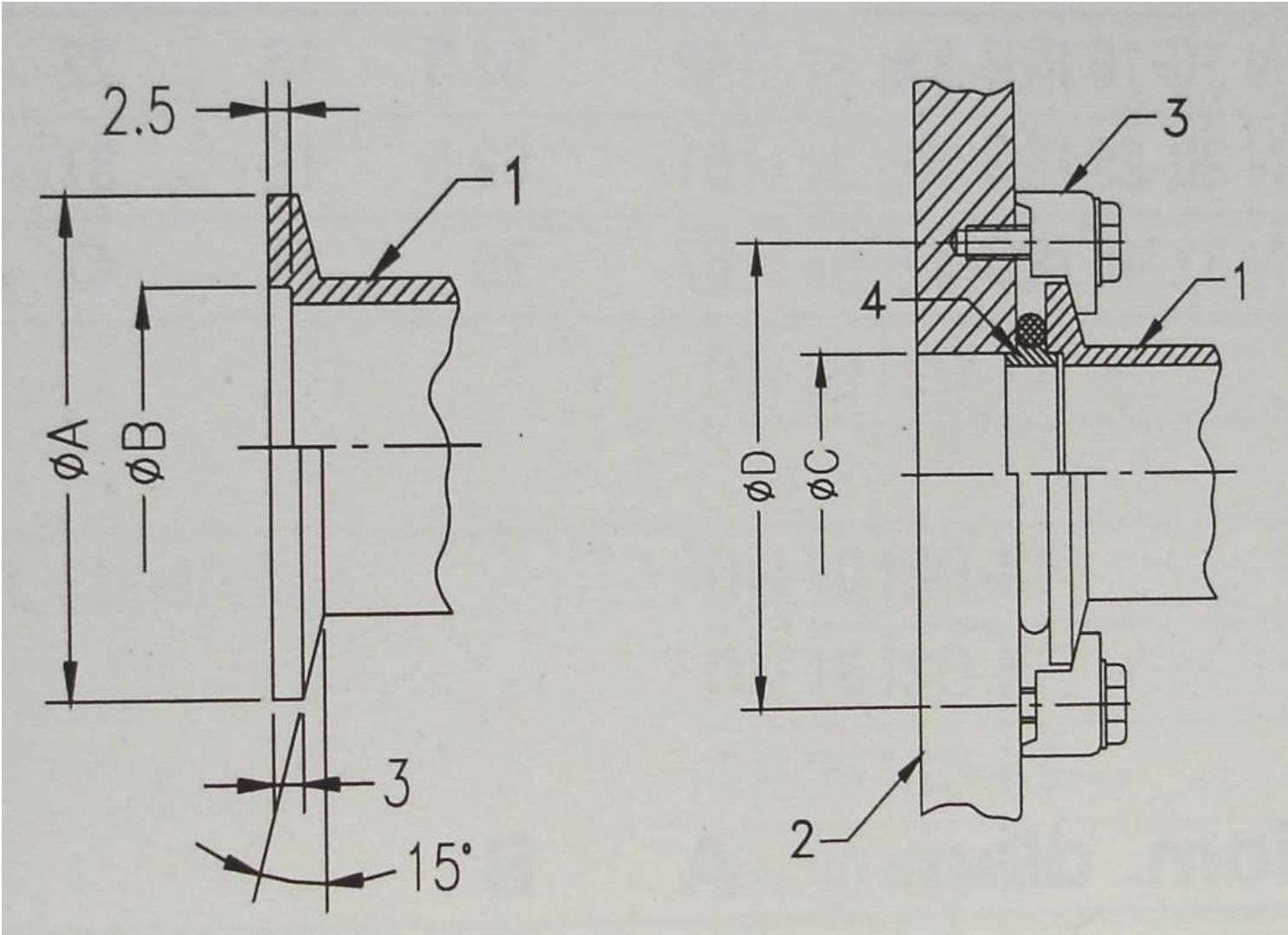
Standartní vakuové příruby

- **ASA**
- **ISO-KF (NW)**
- **ISO-K**
- **CF**

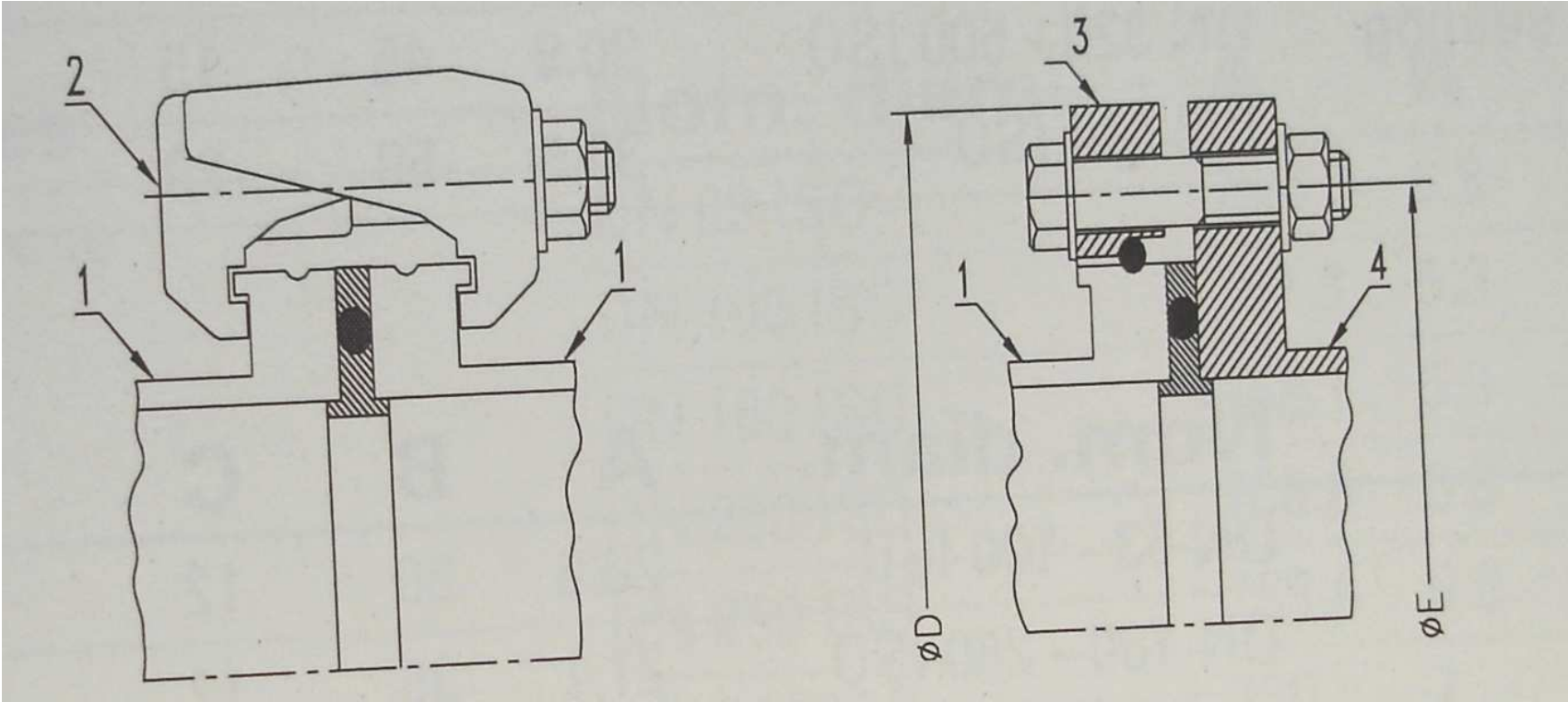
ASA



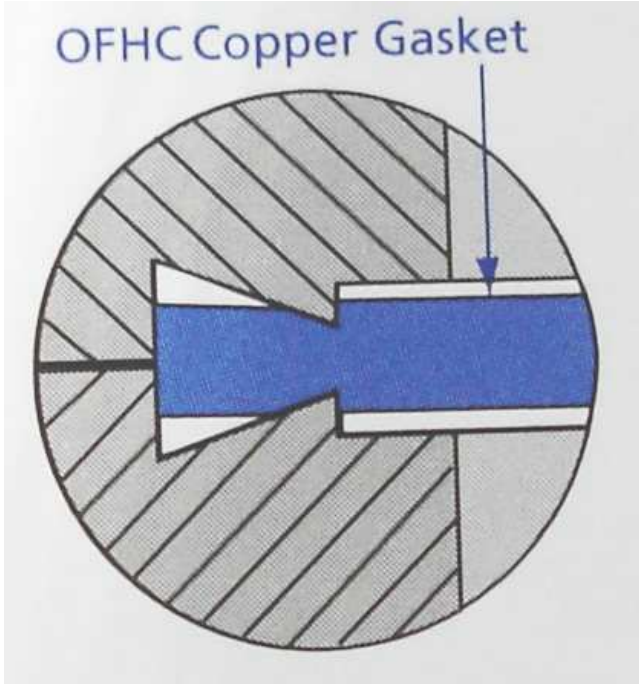
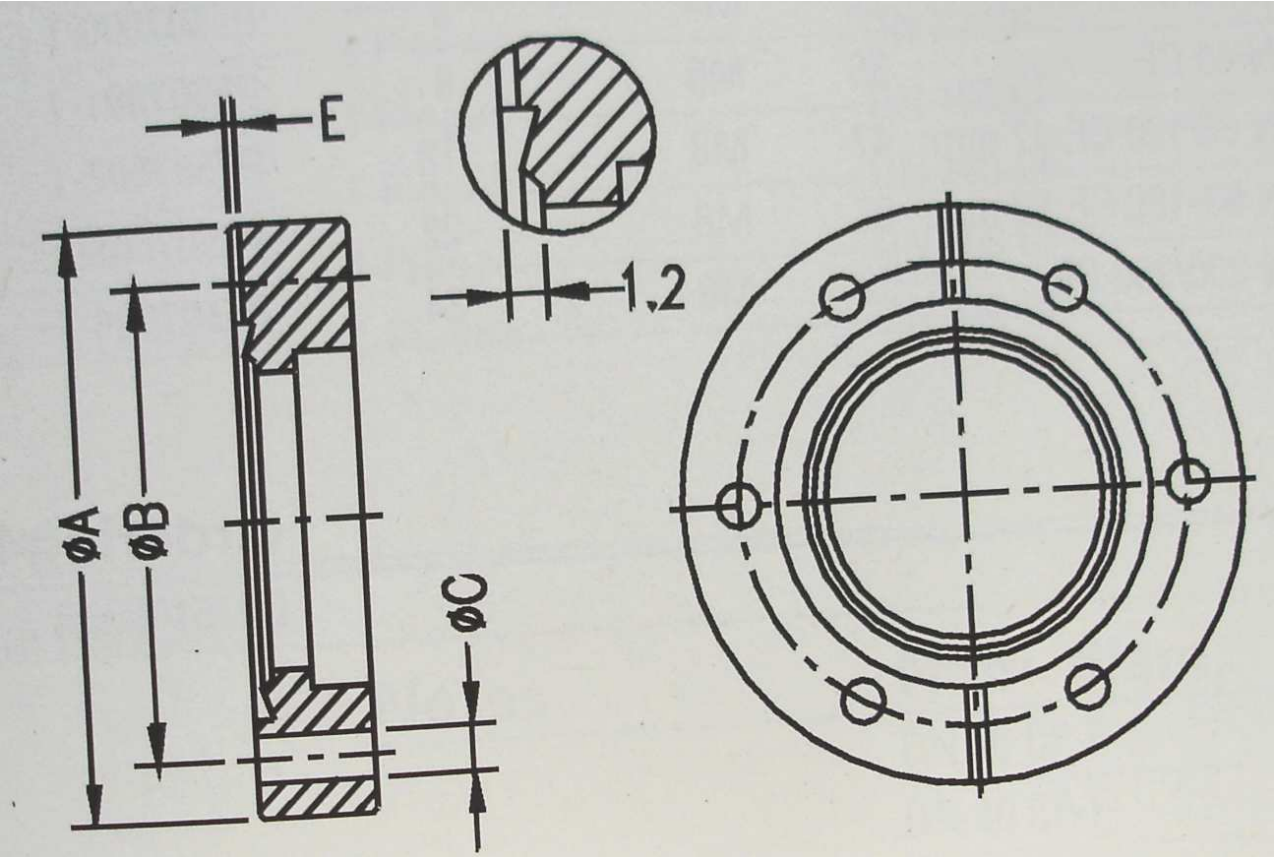
ISO-KF



ISO-K



CF



Rozdělení vakua

vakuum	tlak [mbar]	tlak [Pa]
nízké hrubé, technické	$10^3 - 10^0$	$10^5 - 10^2$
střední, jemné	$10^0 - 10^{-3}$	$10^2 - 10^{-1}$
vysoké	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{-1} - 10^{-5}$
ultra vysoké - UHV	$10^{-7} - 10^{-12}$	$10^{-5} - 10^{-10}$
extrémně vysoké - XHV	$< 10^{-12}$	$< 10^{-10}$

Navazující přednášky:

- **Vakuová fyzika 2 - F6450**
 - **Vázané plyny**
 - **Sorpční vývěvy**
 - * **kryogenní**
 - * **zeolitové**
 - * **sublimační**
 - * **iontové**
 - * **nevypařované getry -NEG**
 - **Měření ve vakuové fyzice**
 - * **měření proudu plynu**
 - * **měření tenze par**
 - **Konstrukční prvky vakuových zařízení - materiály, spoje,...**

- **Experimentální metody a speciální praktikum A 1 - F7541**

1. **Graduace ionizačního manometru**

- (a) Změřte závislost kolektorového proudu na emisním proudu při konstantním tlaku.
- (b) Změřte závislost kolektorového proudu na tlaku při konstantním emisním proudu.

2. **Měření vodivosti vakuových spoju**

- (a) Spočítejte teoretické hodnoty vodivosti daného spoje za předpokladu molekulárního, respektive laminárního proudění plynu.
- (b) Naměřte vodivost spoje G pro různé rozdíly tlaků a porovnejte ji s teoretickým výpočtem.

3. **Kalibrace Piraniho manometru**

- (a) Nakalibrujte Piraniho manometr pro dvě různé teploty pomocí McLeodova manometru.

4. Graduace Peningova manometru

- (a) Změřte závislost výbojového proudu Peningova manometru na napětí.**
- (b) Změřte závislost výbojového proudu Peningova manometru na proudu cívkou magnetu.**
- (c) Změřte kalibrační křivku Peningova manometru.**

5. Čerpací efekt molekulového síta

- (a) Určete velikosti objemů V_1 a V_2 částí vakuové aparatury pomocí plynové byrety.**
- (b) Sledujte tlak v čerpaném objemu v závislosti na teplotě.**
- (c) Sledujte vyeerpaný objem vztažený k atmosférickému tlaku v závislosti na čase čerpání.**

6. Hmotový spektrometr

- (a) Seznamte se s obsluhou hmotového spektrometru**
- (b) Zjistěte složení plynů ve vakuové aparatuře při různých tlacích tlaku**