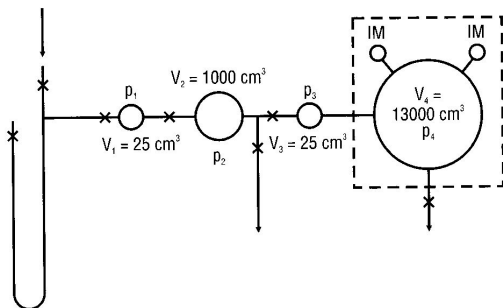


Kalibrace manometrů

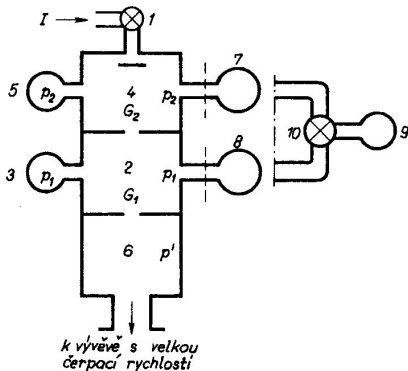
- Přímé porovnání
- Redukce tlaku
 - metody statické
 - metody dynamické
- Pomalý nárůst
- Molekulární proud

Statická expanze

$$p_n = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2} \cdot \frac{V_2}{V_2 + V_3} \cdots \frac{V_{n-1}}{V_{n-1} + V_n}$$



Dynamická expanze



Obr. 5.92. Aparatura pro kalibraci vakuometrů metodou s konstantním proudem. Místo dvou vakuometrů (7, 8) je možno použít jen jeden (9) s dvoucestným kohoutem (10);
1, 10 – kohouty; 2, 4, 6 – komory;
3, 5, 7, 8, 9 – vakuometry;
 G_1 , G_2 – vodivosti otvorů mezi příslušnými komorami

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

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

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

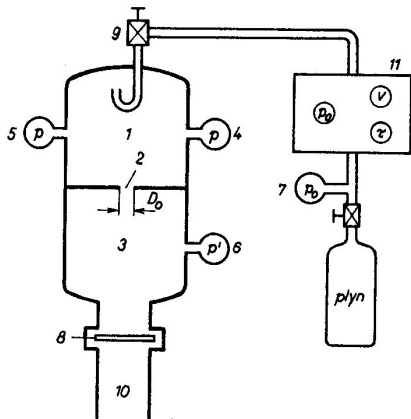
pro velkou čerpací rychlost $p' \ll p_1$

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

pro $G_2 \ll G_1$

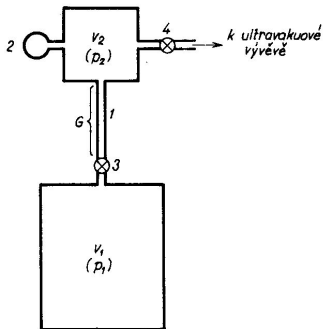
$$p_1 = \frac{G_2}{G_1} p_2$$

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



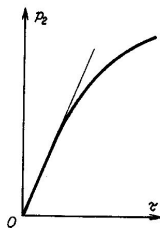
Obr. 5.93. Standardní metoda cejchování vakuometrů v oboru tlaků 10^{-1} až 10^{-5} Pa
 1, 3 – komory; 2 – kalibrovaný otvor; 4 – kalibrační (přesný) vakuometr; 5, 6, 7 – vakuometry; 8 – regulační ventil (záklopka); 9 – vypouštěcí ventil; 10 – difúzní vývěva; 11 – volumetrické zařízení

Pomalý vzrůst tlaku



Obr. 5.90. Aparatura pro kalibraci vakuometrů v oboru ultravakua metodou pomalého vzrůstu tlaku

1 – trubice se známou vodivostí G ;
2 – kalibrovaný vakuometr; 3, 4 – kohouty



Obr. 5.91. Změna tlaku v systému (o objemu V_2) během času τ

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

pro $p_2 \ll p_1$

$$I = Gp_1$$

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

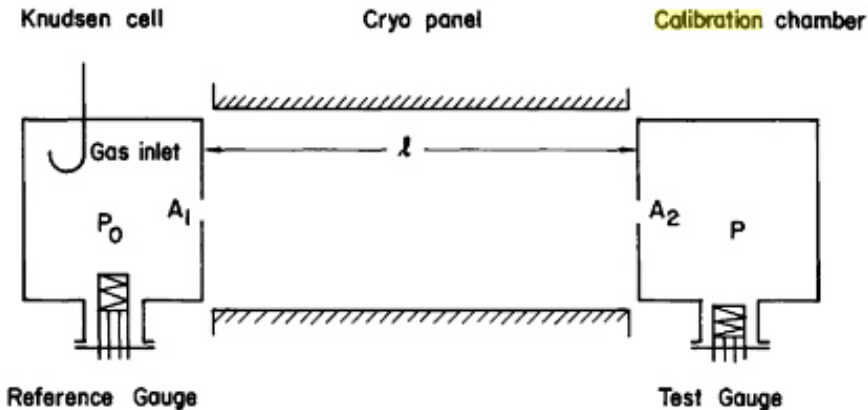
$$\frac{dp_2}{d\tau} = p_1 \frac{G}{V_2} = a$$

$$p_2 = p_0 + a\tau$$

pro $p_0 \sim 0 \text{ Pa}$

$$p_2 = a\tau$$

Molekulární proudění



A.Berman: Total Pressure Measurements in Vacuum Technology, Academic Press Inc. 1985

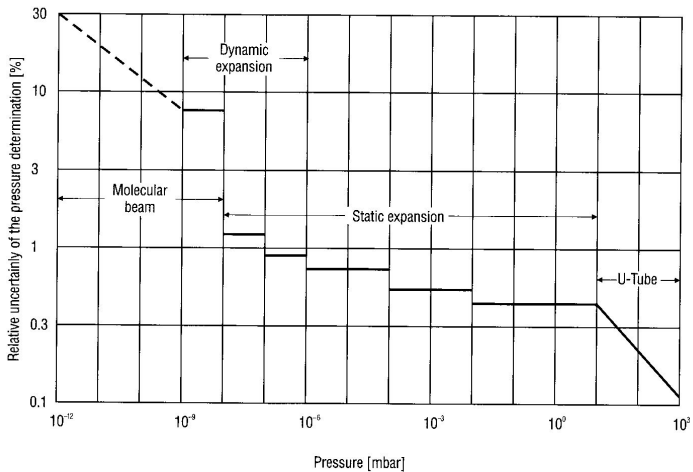
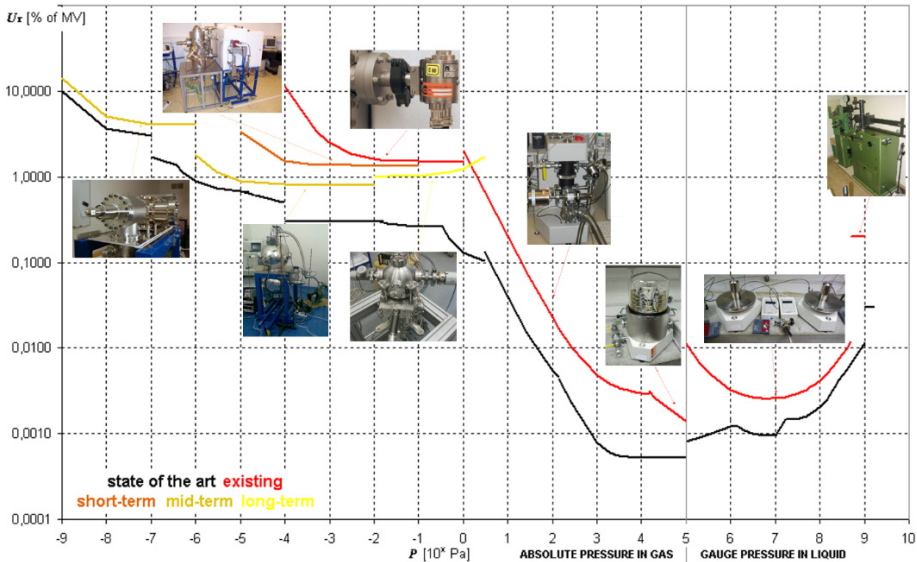


Fig. 3.17 Pressure scale of Federal Physical-Technical Institute (PTB), Berlin, (status as at August 1984) for inert gases, nitrogen and methane

firemní materiály firmy Pfeiffer



materiály ČMI

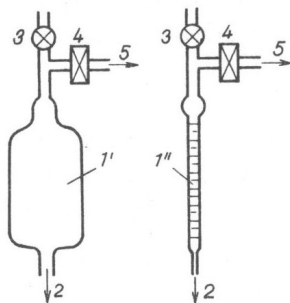
Měření proudu plynu

$$I = Sp \text{ [Pa m}^3\text{s}^{-1}\text{]}$$

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

- Pomocí průtokoměru (plovákový, elektronický)
- Pomocí prvku se známou vakuovou vodivostí
- Pomocí kalibrované byrety a pracovní kapaliny

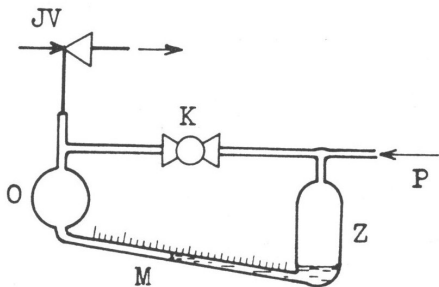
Plynová byreta



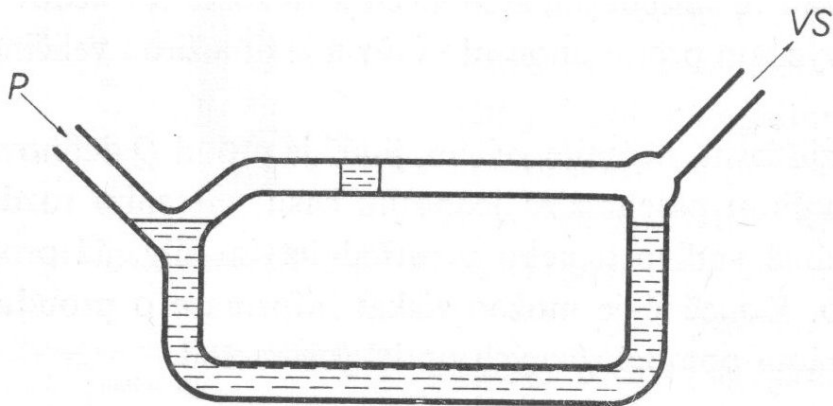
Obr. 5.94. Jednoduché zařízení na měření a přípravu určitého proudu plynu
 $1'$ – zásobník; $1''$ – trubice; 2 – k nádobě s kapalinou; 3 – kohouty; 4 – vypouštěcí kohouty; 5 – k vakuové aparatuře

Obr. 13: Plynová mikrobyreta:

M - měrná kapilára s dělením podle objemu; Z - zásobník kapaliny; O - ochranná nádobka; K - kohout (pro vyrovnání tlaků), P - přívod plynu; JV - jehlový ventil pro řízené napouštění plynu do vakua.



J.Král: Cvičení z vakuové techniky, ČVUT Praha 1996

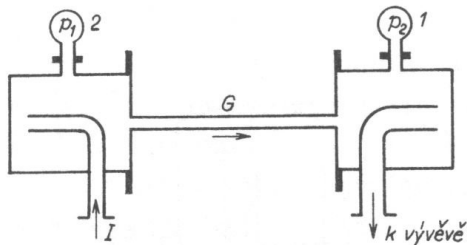


Obr. 7-43b. Měření objemu plynu cirkulující kapkou

P — vpouštěný plyn

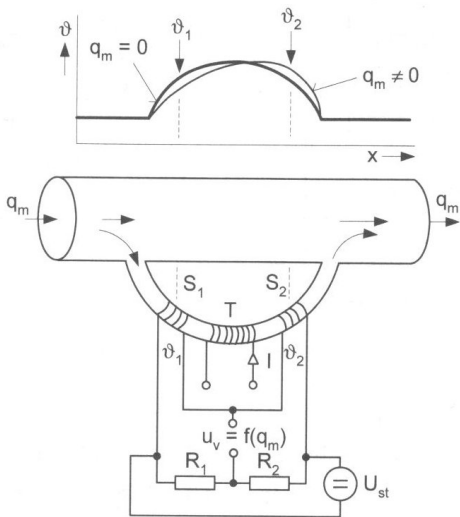
VS — vakuový systém, do něž se vpouští plyn.

Měření pomocí vodivosti



Obr. 5.95. Vakuové zařízení pro měření proudu plynu
 $I, 2$ – vakuometry; G – trubice se známou vodivostí

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



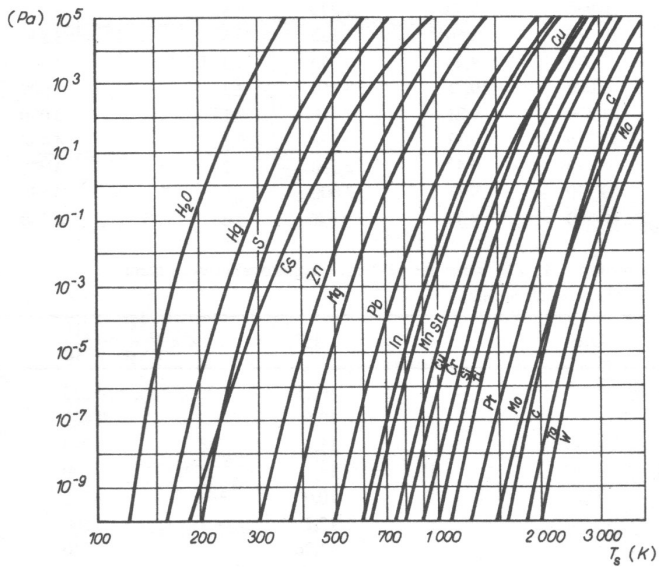
S.Ďad'o, L.Bejček, A. Platil: Měření průtoku a výšky hladiny, Ben, Praha 2005

Vakuové tuky a tmely

| Druh materiálu | užití | max T [°C] | P_p [Pa] při 25 °C |
|----------------|--------|------------|----------------------|
| maz L | zábrus | 30 | $10^{-5} - 10^{-7}$ |
| maz M | zábrus | 30 | $10^{-3} - 10^{-5}$ |
| maz N | kohout | 30 | $10^{-4} - 10^{-5}$ |
| maz T | zábrus | 110 | 10^{-5} |
| tmel Picein | spoje | 60 | $10^{-2} - 10^{-3}$ |

Vakuová hygiena

Čistota povrchů, odmašťování, vyčištěných dílů se dotýkat pouze v rukavicích.

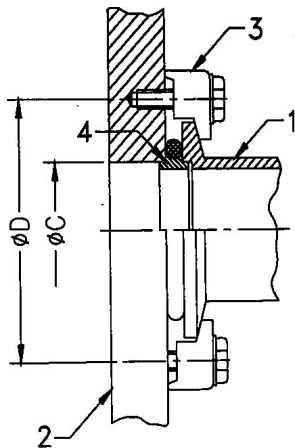
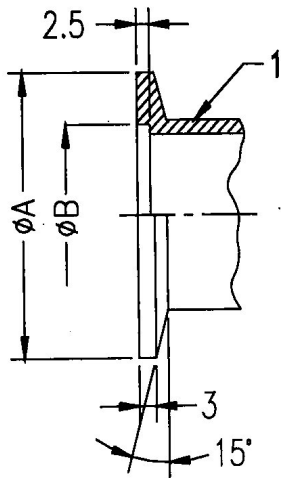


J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

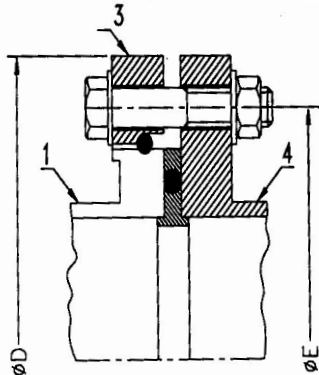
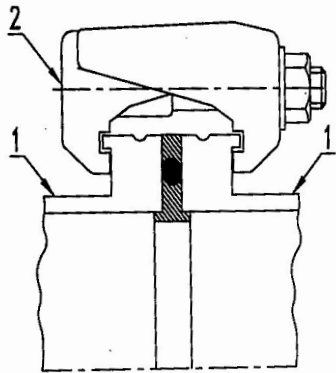
Rozebíratelné spoje

- ISO-KF (NW) - 10, 16, 25, 40, 50
- ISO-K - 63, 80, 100, 160, 200, 250, ...
- CF - 16, 25, 40, ... , 350

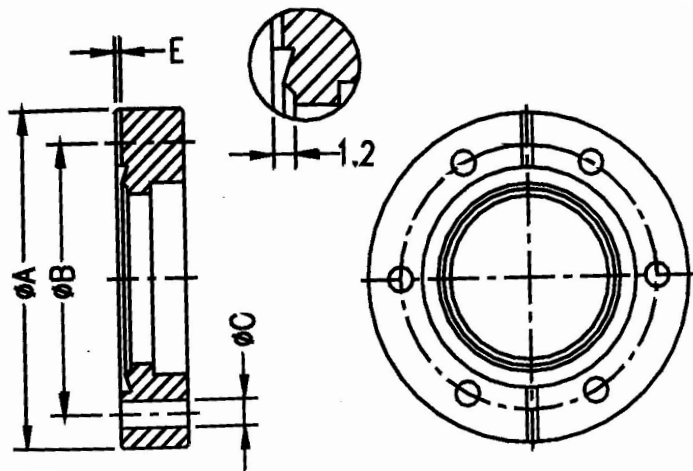
ISO-KF



ISO-K



firemní materiály firmy Pfeiffer



firemní materiály firmy Pfeiffer

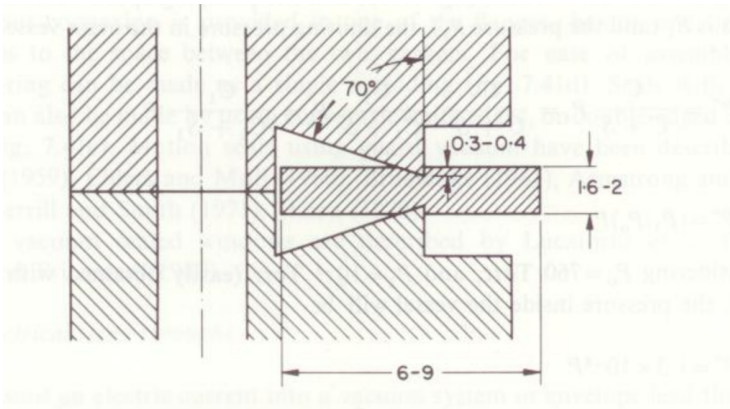
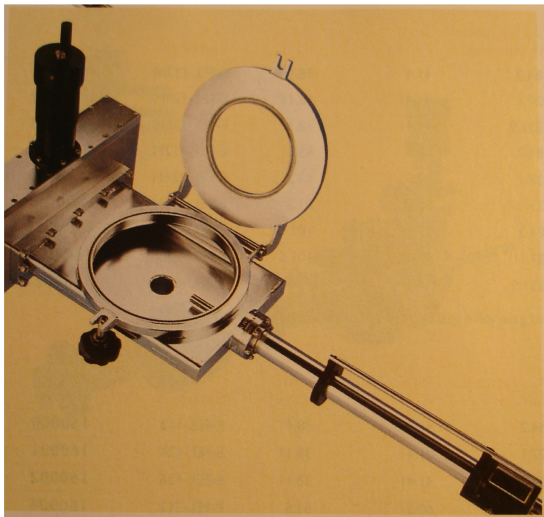


Fig. 7.39 The Conflat seal (Varian). After Wheeler and Carlson (1962).

A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990

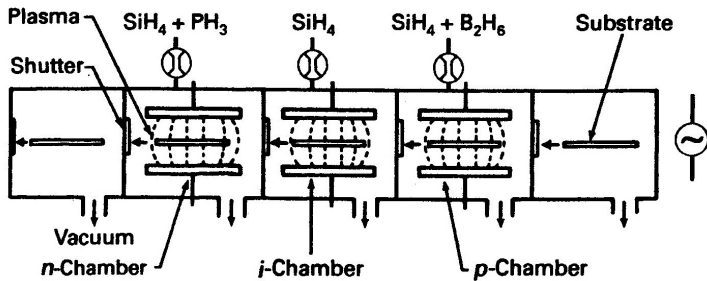
| těsnění | min. tep. [$^{\circ}\text{C}$] | max. tep. [$^{\circ}\text{C}$] |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| elastomer | | |
| FKM | -15 | 150 |
| NBR | -25 | 120 |
| silikon | -55 | 200 |
| kov | | |
| Cu | -196 | 200 |
| Cu + Ag | -196 | 450 |

Load lock



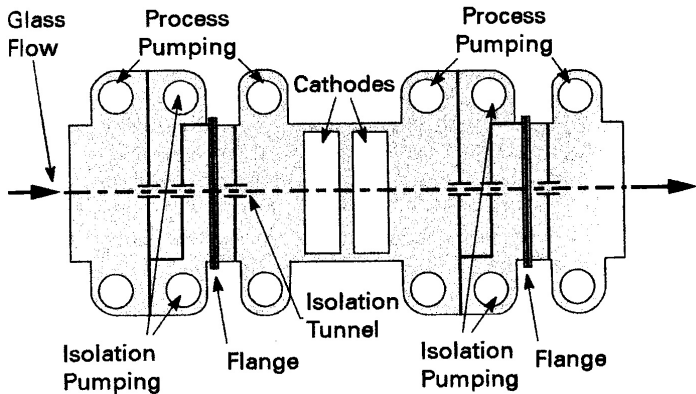
firemní materiály firmy Caburn MDC

Výroba solárních článků



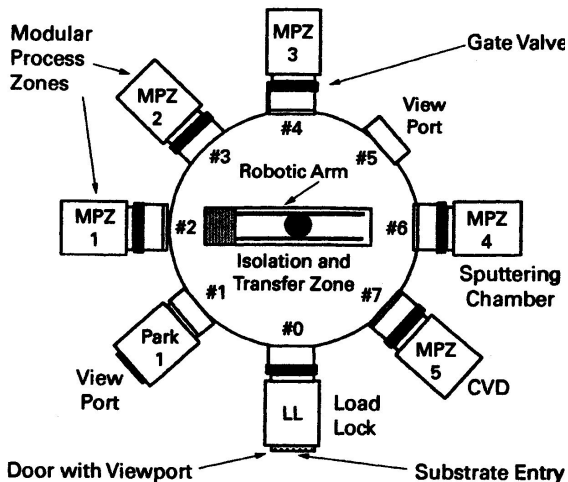
F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

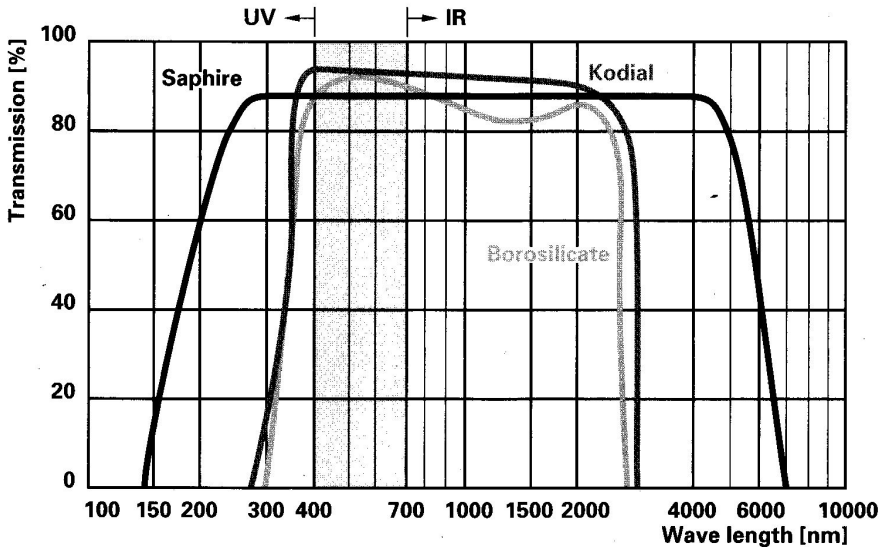
Pokovení skel



F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

Si - substráty

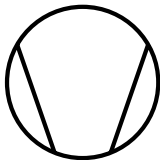




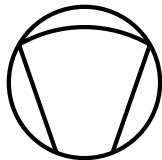
firemní materiály firmy Pfeiffer

Schémata

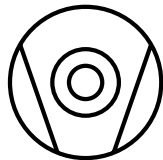
Vakuové značky norma DIN 28401



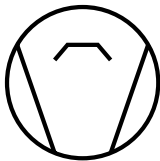
vývěva - obecný symbol



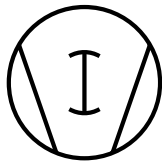
membránová vývěva



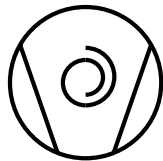
turbomolekulární vývěva



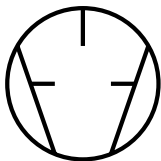
difuzní vývěva



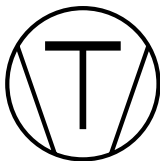
Rootsova vývěva



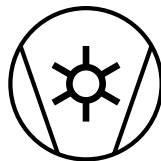
Scroll vývěva



rotační lopatková vývěva



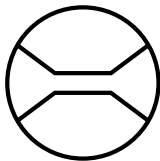
pístová vývěva



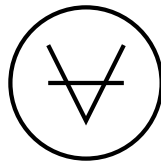
vodokružní vývěva



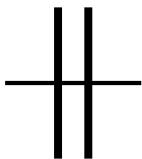
sublimační vývěva



průtokoměr



manometr



rozebíratelný spoj



flexibilní spoj



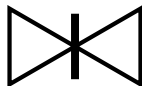
vymrazovačka



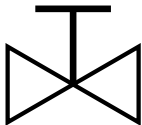
vakuová komora



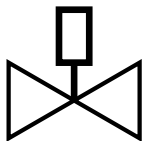
ventil - obecný symbol



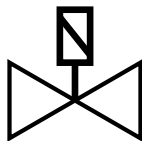
deskový ventil



ventil ovládaný ručně



pneumatický ventil



elektromagnetický ventil

Navazující přednášky:

Vakuová fyzika 2 - F6450

- Vázané plyny
- Sorpční vývěvy
 - kryogenní
 - zeolitové
 - sublimační
 - iontové
 - vypařované getry
 - nevypařované getry – NEG
- Měření ve vakuové fyzice
 - měření proudu plynu
 - měření tenze par plynu
- Konstrukční prvky vakuových zařízení - vhodné materiály, spoje,...

Praktikum z vakuové fyziky - F7541

1. Měření vodivosti vakuových spojů
2. Kalibrace Piraniho manometru
3. Graduace Peningova manometru
4. Měření parciálních tlaků
5. Měření čerpací rychlosti metodou konstantního tlaku
6. Napařování tenkých kovových vrstev
7. Kalibrace ionizačního manometru se žhavenou katodou
8. Čerpací efekt molekulového síta
9. Měření čerpací rychlosti turbomolekulární vývěvy
10. Seznámení s iontovou vývěvou