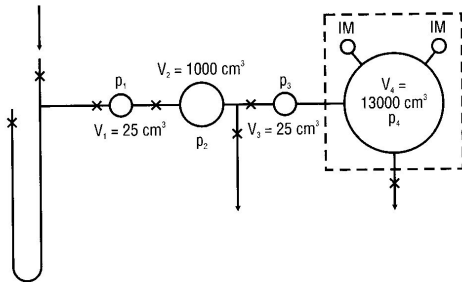


Kalibrace manometrů

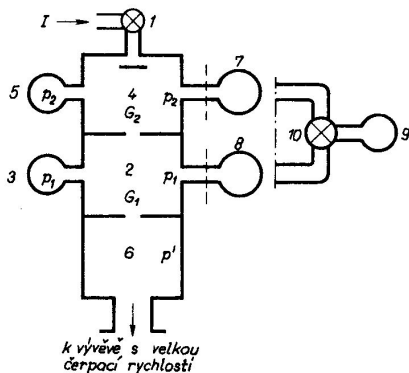
- Přímé porovnání
- Redukce tlaku
 - metody statické
 - metody dynamické
- Pomalý nárůst

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

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

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

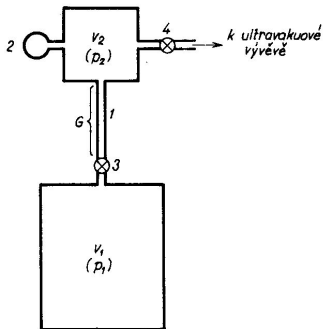
pro velkou čerpací rychlost $p' \ll p_1$

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

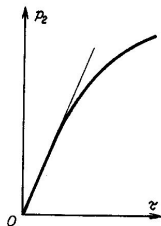
pro $G_2 \ll G_1$

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

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 $p_0 \sim 0 \text{ Pa}$

$$p_2 = a\tau$$

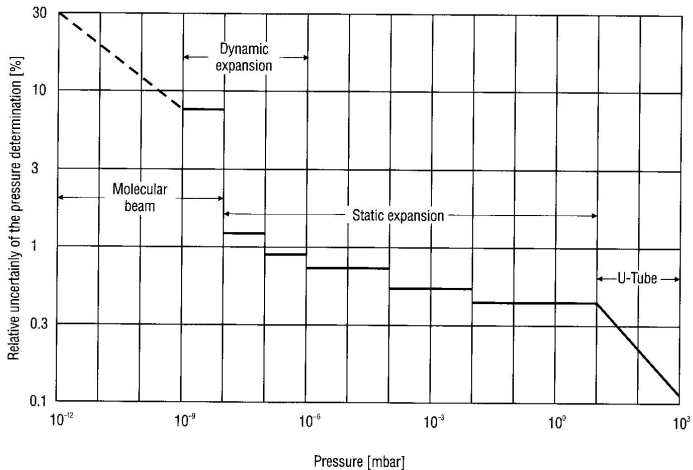


Fig. 3.17 Pressure scale of Federal Physical-Technical Institute (PTB), Berlin, (status as at August 1984) for inert gases, nitrogen and methane

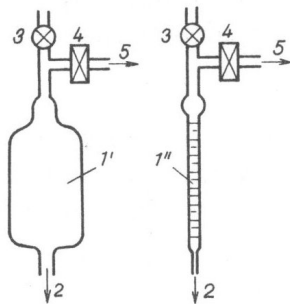
Měření proudu plynu

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

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

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

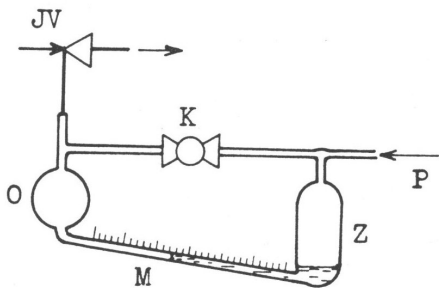
Plynová byreta

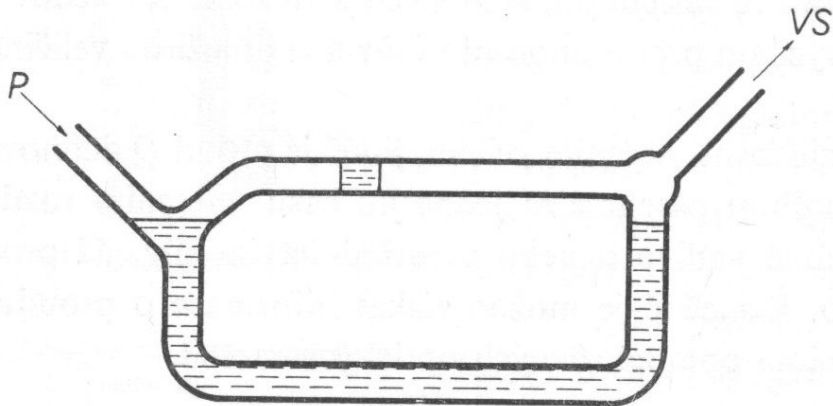


Obr. 5.94. Jednoduché zařízení na měření a přípravu určitého proudu plynu
1' – zásobník; *1''* – trubice; 2 – k nádobě s kapalinou; 3 – kohouty; 4 – vpouštěcí kohouty; 5 – k vakuové aparatuře

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.



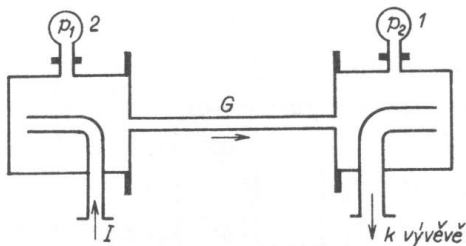


Obr. 7-43b. Měření objemu plynu cirkulující kapkou

P — vpouštěný plyn

VS — vakuový systém, do něž se vpouští plyn.

Měření pomocí vodivosti

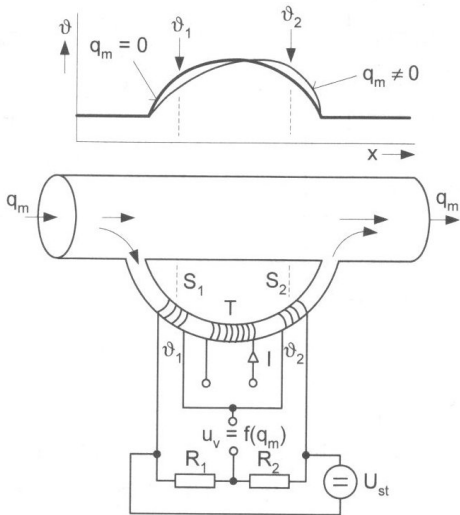


Obr. 5.95. Vakuové zařízení pro měření proudu plynu
 $1, 2$ – vakuometry; G – trubice se známou vodivostí

9

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

⁹J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

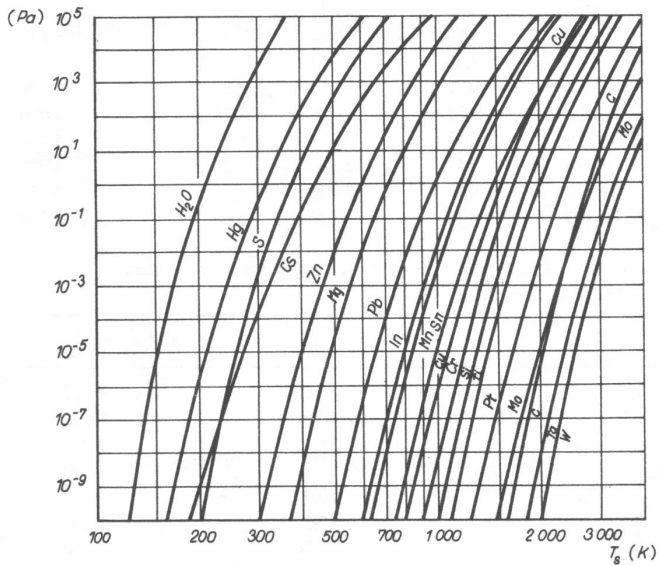


Vakuové tuky a tmely

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

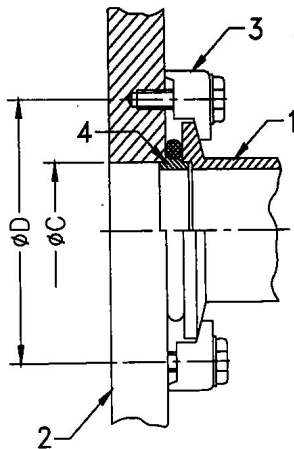
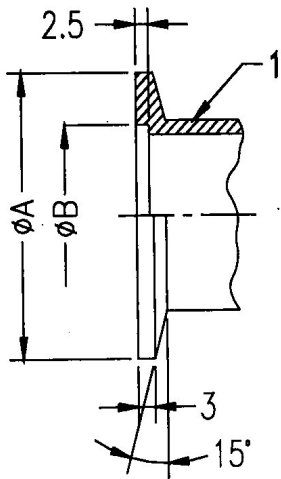
Čistota povrchů, odmašťování, vyčištěných dílů se dotýkat pouze v rukavicích.



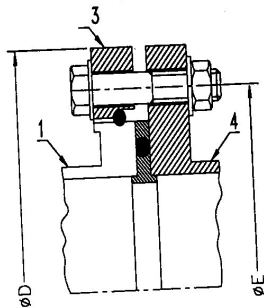
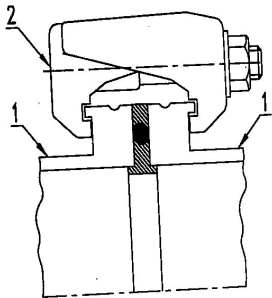
Rozebíratelné spoje

- zábrusy - zejména skleněné aparatury
- ISO-KF , (NW)
- ISO-K, ISO-F
- CF

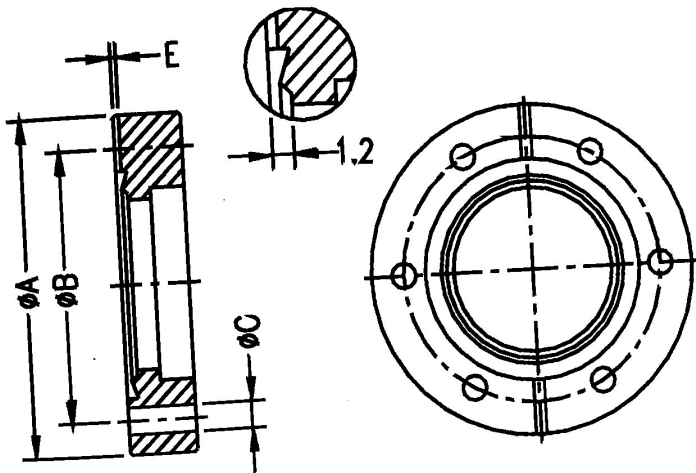
ISO-KF



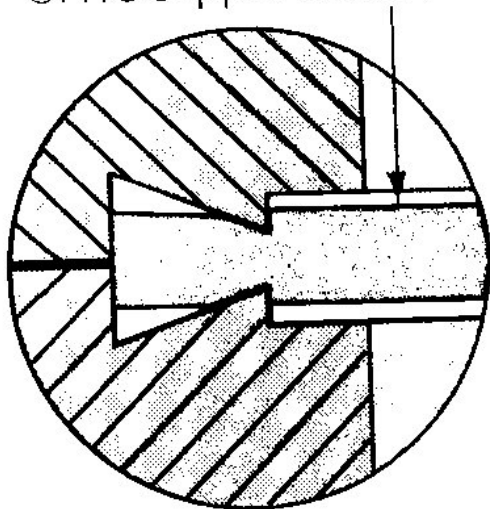
ISO-K, ISO-F



13



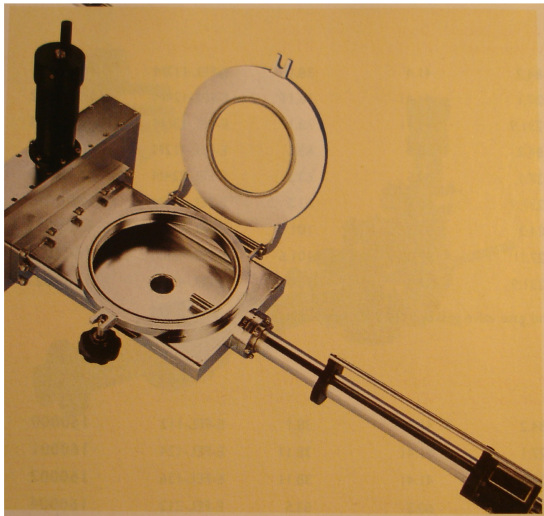
OFHC Copper Gasket



Sealants

	Temperature range	Reusable
Elastomer		
Neoprene (CR)	-40 to 100 °C	yes
Viton (FPM)	-15 to 150 °C	yes
Metals		
Indium	-196 to 60 °C	yes
Aluminum	-196 to 200 °C	no
Copper	-196 to 200 °C	no
Copper, silver-plated	-270 to 450 °C	no

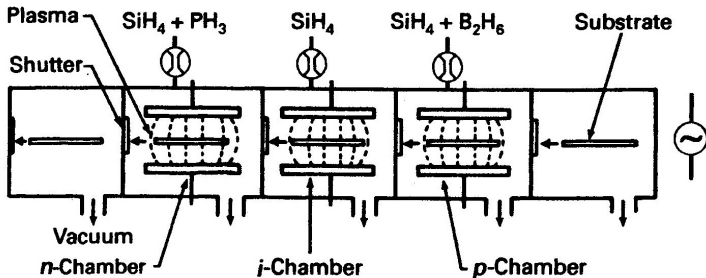
Load lock



17

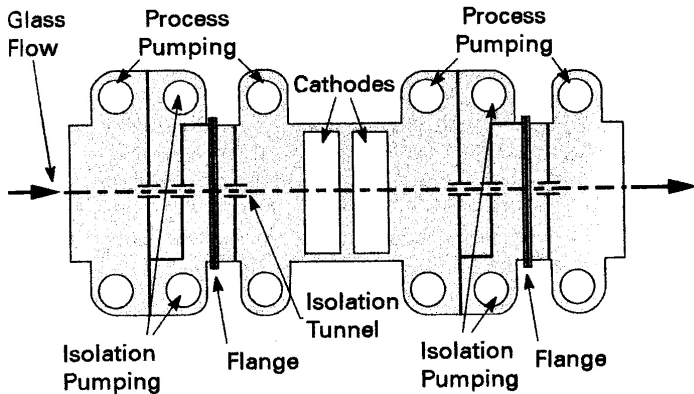
¹⁷firemní materiály firmy Caburn MDC

Výroba solárních článků

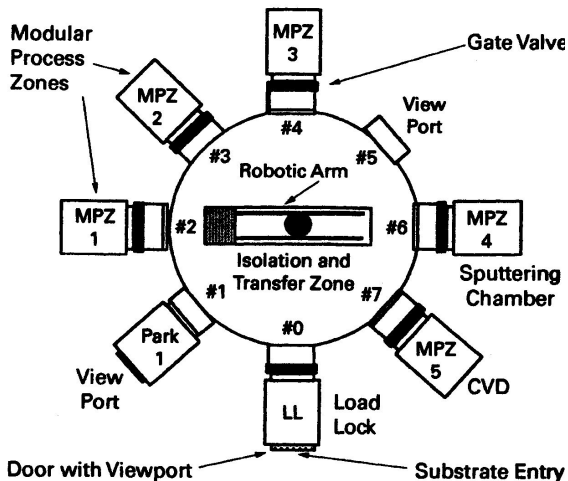


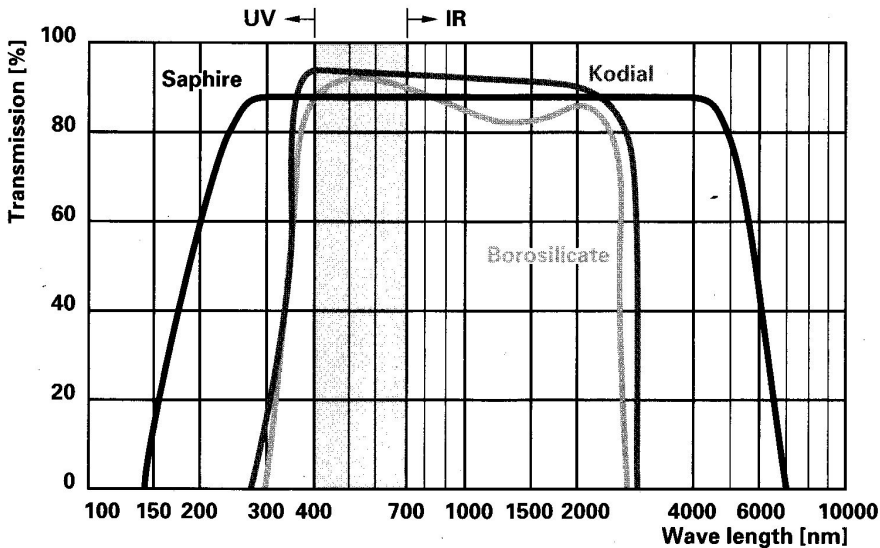
18

Pokovení skel



Si - substráty





Značky



Vacuum pump, general



Diaphragm in vacuum pump



Turbomolecular pump



Diffusion pump*)



Scroll pump*)



Shut-off device, general



Right angle valve



Cold trap, general



Vacuum measurement,
vacuum gauge head



Roots vacuum pump*)

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 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 Hmotový spektrometr
- 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

Zkouška

test 10 otázek + 2 příklady, maximum 20 bodu

A	18 - 20
B	15 - 17
C	12 - 14
D	9 - 11
E	6 - 8
F	0 - 5