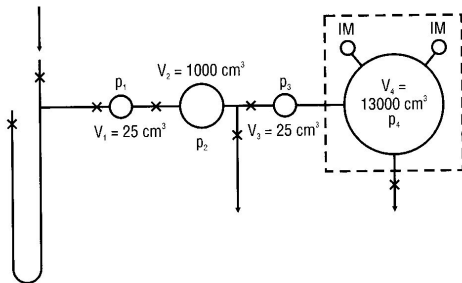


Kalibrace manometrů

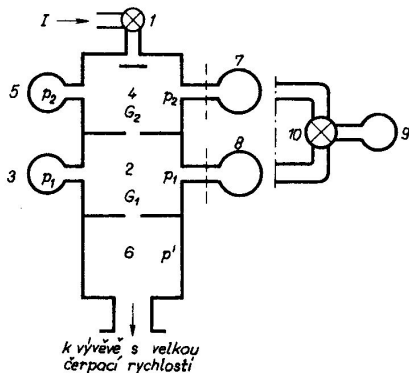
- Přímé porovnání
- Redukce tlaku
 - metody statické
 - metody dynamické
- Pomalý nárůst
- Molekulární proud

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

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

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

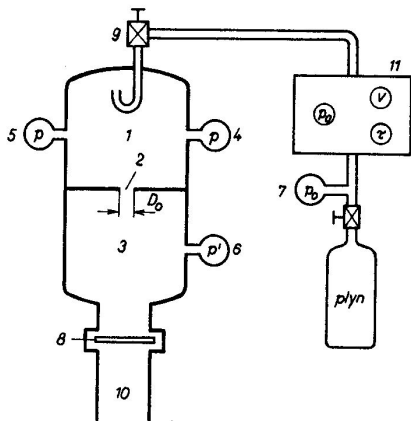
pro velkou čerpací rychlost $p' \ll p_1$

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

pro $G_2 \ll G_1$

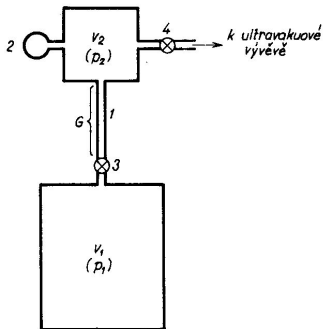
$$p_1 = \frac{G_2}{G_1} p_2$$

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

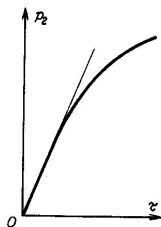


Obr. 5.93. Standardní metoda
cejkování vakuometrů v oboru
tlaků 10^{-1} až 10^{-5} Pa
1, 3 – komory; 2 – kalibrovaný
otvor; 4 – kalibrační (přesný)
vakuometr; 5, 6, 7 – vakuometry;
8 – regulační ventil (zátkovka);
9 – vpouštěcí ventil; 10 – difúzní
vývěva; 11 – volumetrické zařízení

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 $p_2 \ll p_1$

$$I = Gp_1$$

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

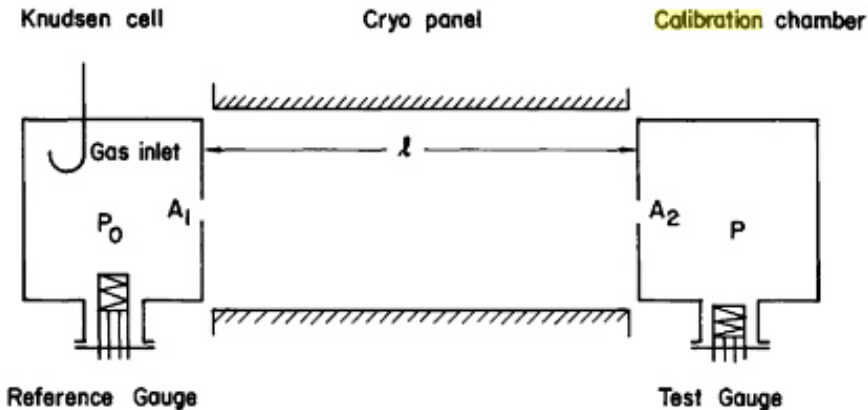
$$\frac{dp_2}{d\tau} = p_1 \frac{G}{V_2} = a$$

$$p_2 = p_0 + a\tau$$

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

$$p_2 = a\tau$$

Molekulární proudění



5

⁵A.Berman: Total Pressure Measurements in Vacuum Technology, Academic Press Inc. 1985

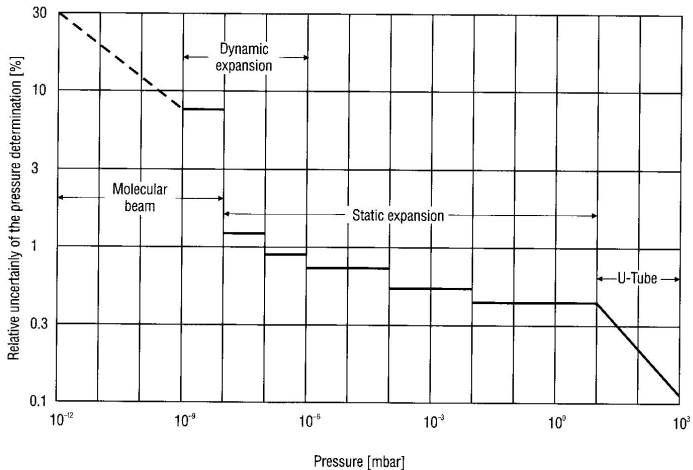
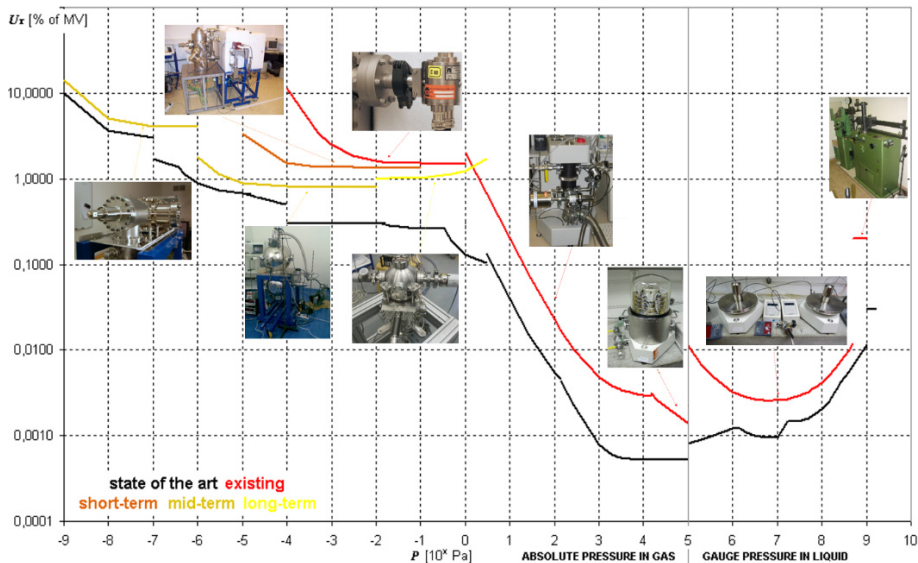


Fig. 3.17 Pressure scale of Federal Physical-Technical Institute (PTB), Berlin, (status as at August 1984) for inert gases, nitrogen and methane



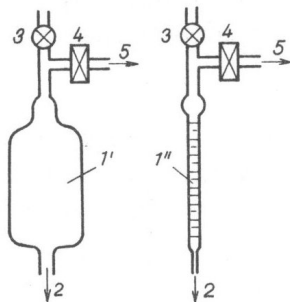
Měření proudu plynu

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

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

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

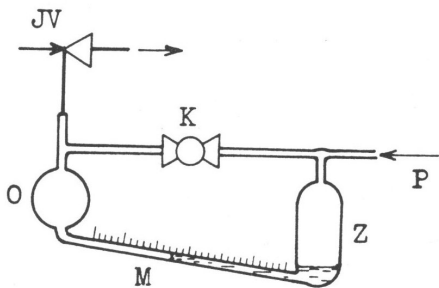
Plynová byreta

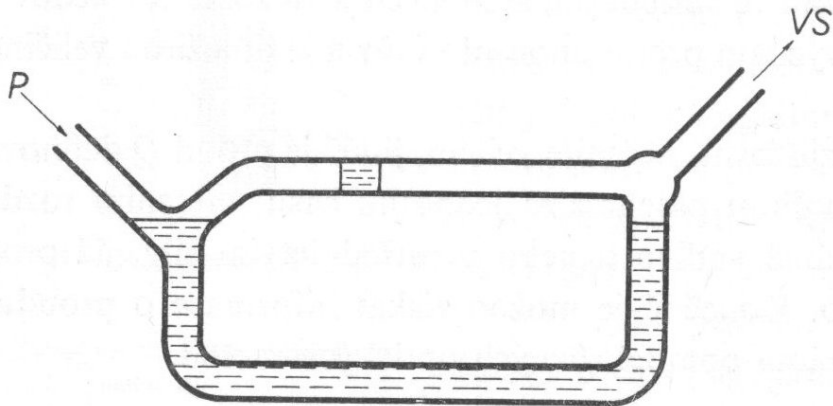


Obr. 5.94. Jednoduché zařízení na měření a přípravu určitého proudu plynu
1' – zásobník; *1''* – trubice; 2 – k nádobě s kapalinou; 3 – kohouty; 4 – vypouštěcí kohouty; 5 – k vakuové aparatuře

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.



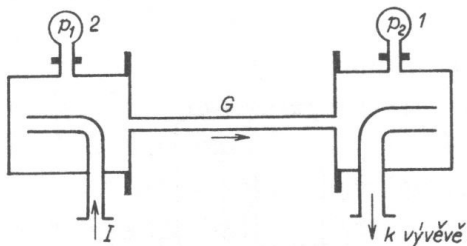


Obr. 7-43b. Měření objemu plynu cirkulující kapkou

P — vpouštěný plyn

VS — vakuový systém, do něž se vpouští plyn.

Měření pomocí vodivosti

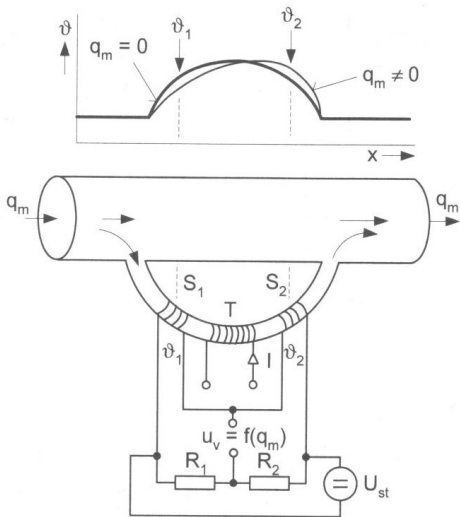


Obr. 5.95. Vakuové zařízení pro měření proudu plynu
 $1, 2$ – vakuometry; G – trubice se známou vodivostí

11

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

¹¹J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

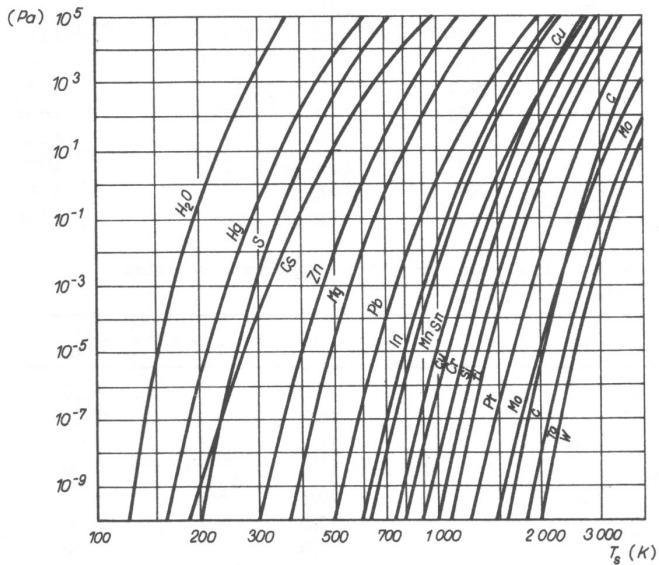


Vakuové tuky a tmely

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

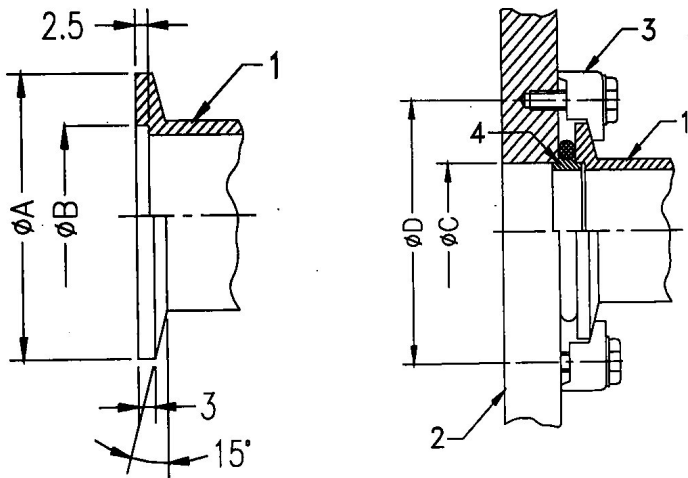
Čistota povrchů, odmašťování, vyčištěných dílů se dotýkat pouze v rukavicích.



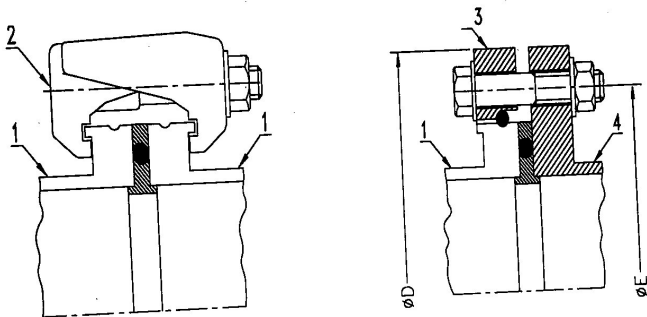
Rozebíratelné spoje

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

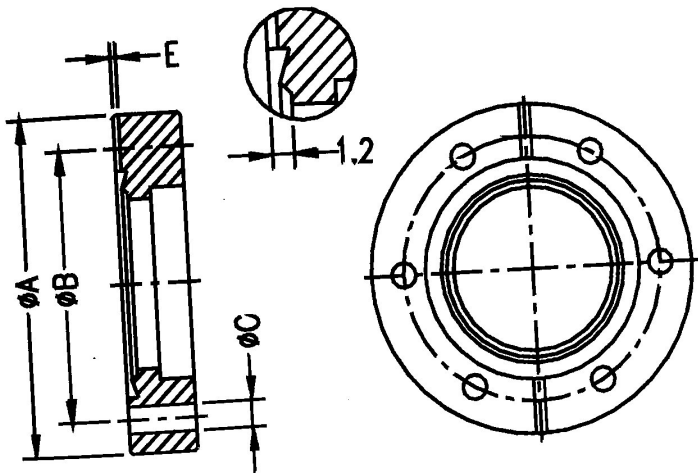
ISO-KF



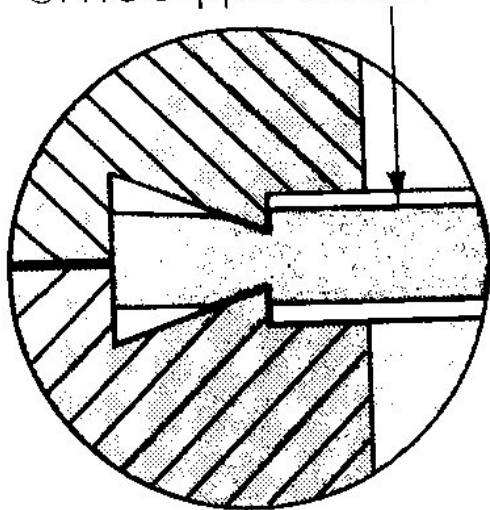
ISO-K, ISO-F



15

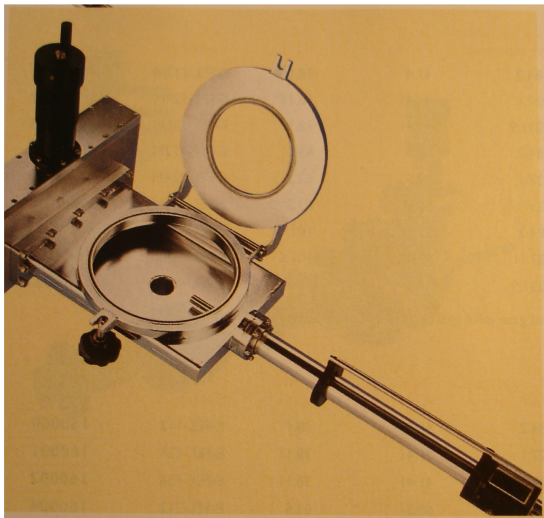


OFHC Copper Gasket



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

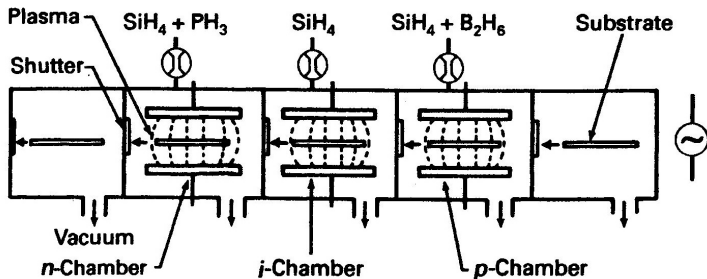
Load lock



18

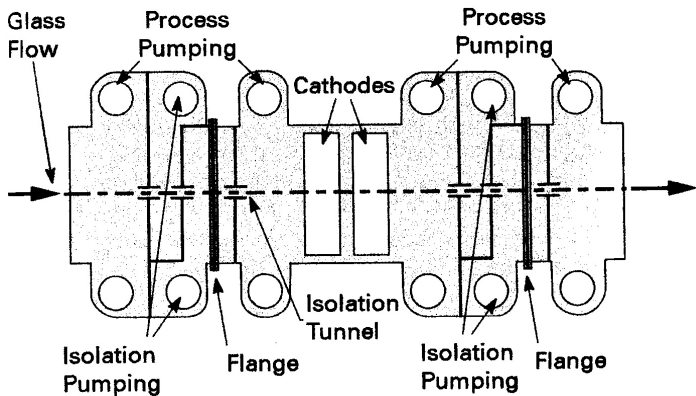
¹⁸firemní materiály firmy Caburn MDC

Výroba solárních článků

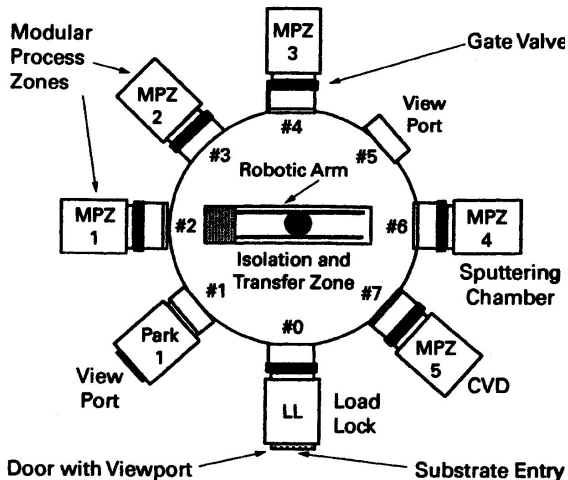


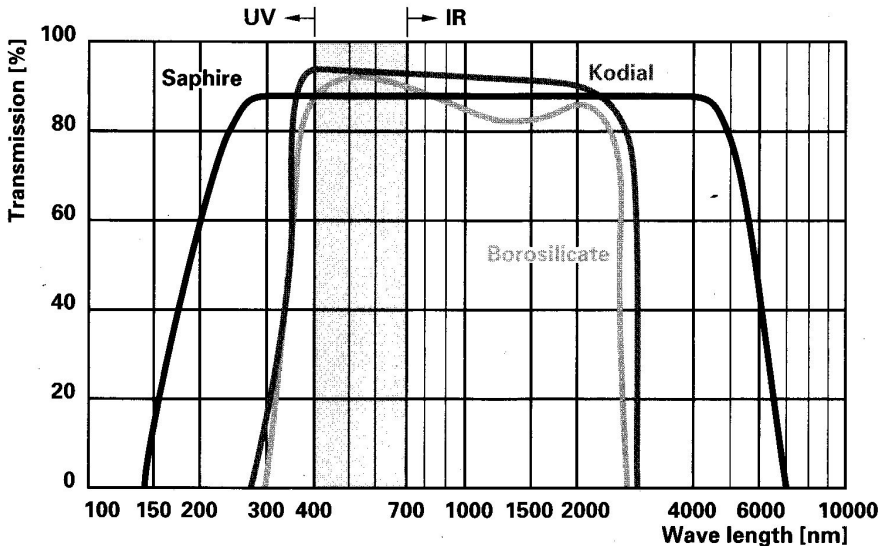
19

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
 - 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

Zkouška

test 10 otázek + 2 příklady, maximum 20 bodů

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