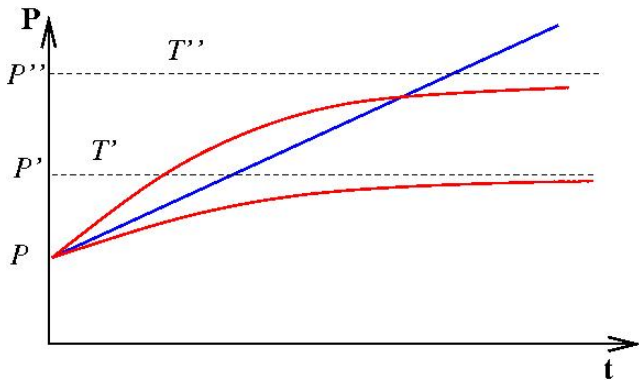


# Zjišťování netěsností vakuového systému

- skutečná netěsnost
- virtuální netěsnost(desorpce)



## *Typická místa netěsností:*

- v místech svarů
- v místech kovových vývodů přes sklo
- v elektrických a optických průchodkách
- ve ventilech, v zábrusech, ve spojích (KF, ISO - K, CF,...)
- u kovových částí - pórovitost materiálu

Netěsnost se lépe hledá u skleněných aparatur. Problém hledání netěsností ulehčuje prověrka jednotlivých dílů před montáží.

## Hledače netěsností

Zpravidla využívají měření parciálních tlaků zkušebních plynů

Zkušební plyn:

- plyn málo obsažený v atmosféře
- co nejmenší molekulová hmotnost (snadno proniká netěsností)

Nejčastěji se používá  $He$ ,  $H_2$ .

Hledače:

- vodíkový
- halogenový
- heliový

Na přesnost určení netěsnosti má vliv:

- množství zkušebního plynu přivedeného do systému
- poměr čerpací rychlosti systému a jeho objemu
- citlivost hledače netěsností
- vzájemná poloha netěsnosti a hledače

## Závislost na poměru čerpací rychlosti systému a jeho objemu

Proud plynu netěsností do aparatury za čas  $dt$  je dán  $I_N dt$ , množství odčerpaného plynu  $pSdt$ . Pak změna tlaku zkušebního plynu je dána rovnicí

$$Vdp = (I_N - Sp)dt$$

$$\frac{Vdp}{I_N - Sp} = dt$$

$$- \frac{V}{S} \ln(I_N - Sp) = t + konst$$

$$konst = - \frac{V}{S} \ln(I_N)$$

$$\ln\left(\frac{I_N - Sp}{I_N}\right) = -\frac{S}{V}t$$

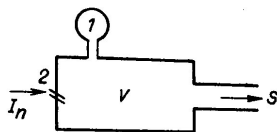
$$\frac{I_N - Sp}{I_N} = e^{-\frac{S}{V}t}$$

$$p = \frac{I_N}{S}[1 - e^{-\frac{S}{V}t}]$$

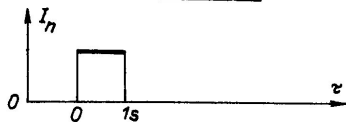
Jestliže v čase  $t_1$  přerušíme přítok zkušebního plynu začne tlak klesat

$$p = \frac{I_N}{S}[1 - e^{-\frac{S}{V}t_1}] e^{-\frac{S}{V}(t-t_1)}$$

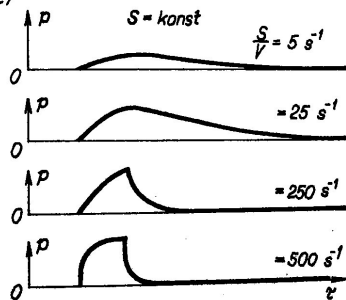
a)



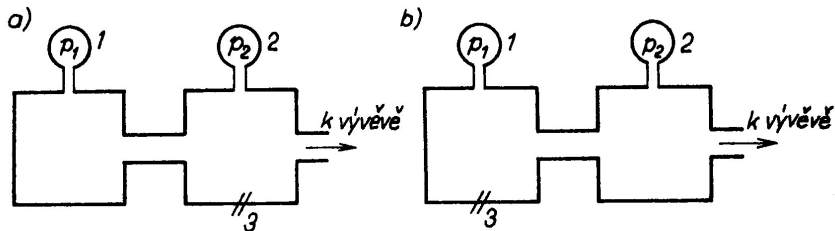
b)



c)



## Poloha hledače a netěsnosti

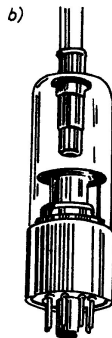
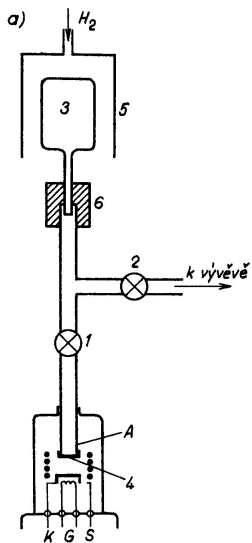




## Vodíkový hledač netěsností

- ionizační manometr s paladiovou přepážkou(1100 K)
- zkušební plyn -  $H_2$
- pracovní tlak -  $10^{-6} - 0.1$  Pa
- minimální netěsnost -  $10^{-8} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}$

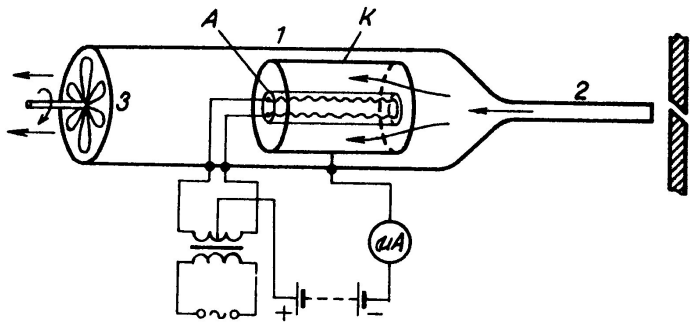
# Vodíkový hledač netěsností



## Halogenový hledač netěsností

- platinový válec(1200K) - emituje kladné ionty
- zvýšení emise v přítomnosti Cl
- zkušební plyn - freon
- pracovní tlak -  $10^{-4} - 10^5$  Pa
- minimální netěsnost -  $10^{-8} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}$
- může pracovat i metodou přetlaku

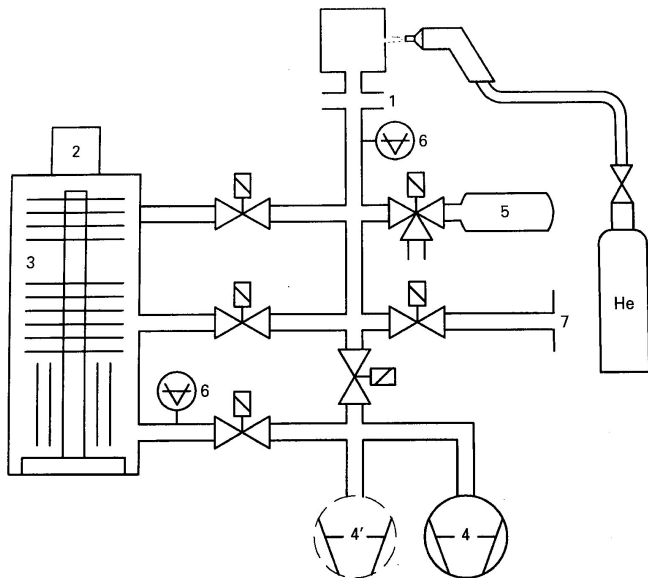
# Halogenový hledač netěsností



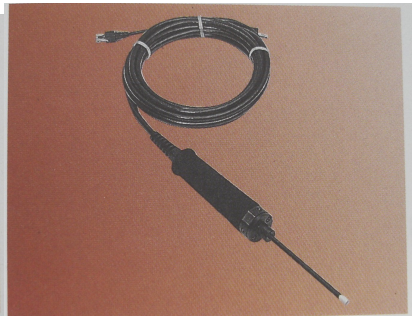
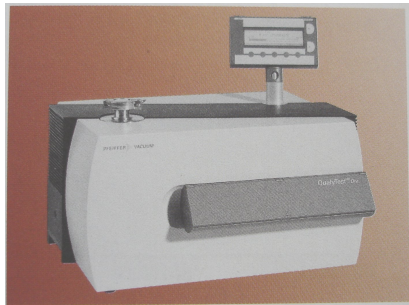
## *Heliový hledač netěsností*

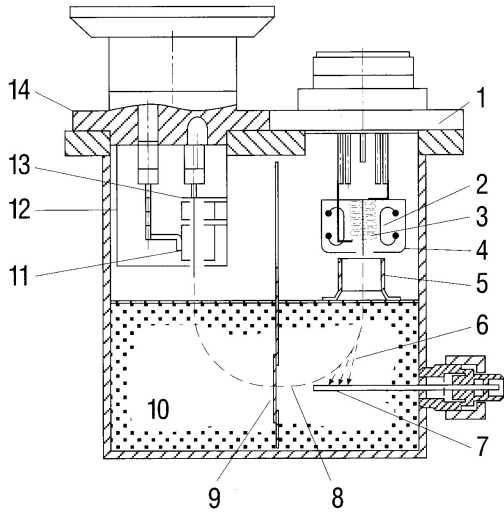
- hmotový spektrometr
- zkušební plyn - He
- pracovní tlak -  $< 10^{-2}$  Pa
- minimální netěsnost -  $10^{-13} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}$
- může pracovat i metodou přetlaku

# Heliový hledač netěsností



## Heliový hledač netěsností



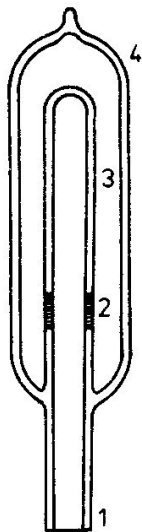
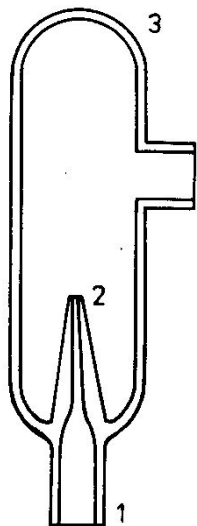


- |  |                                 |   |
|--|---------------------------------|---|
| 1 Ion source flange  | 5 Extractor                     | 10 Magnetic field                           |
| 2 Cathode<br>(2 cathodes, Ir + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 6 Ion traces for M > 4          | 11 Suppressor                               |
| 3 Anode  | 7 Total pressure electrode      | 12 Shielding of the ion trap                |
| 4 Shielding of the ion<br>source with discharge<br>orifice     | 8 Ion traces for M = 4          | 13 Ion trap                                 |
|  | 9 Intermediate orifice<br>plate | 14 Flange for ion trap with<br>preamplifier |



## *Kalibrovaná netěsnost*

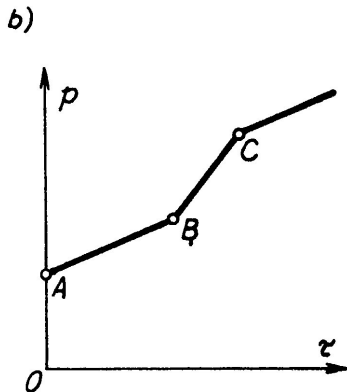
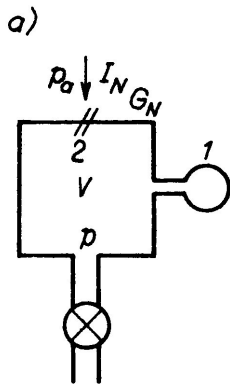
- vakuový prvek s definovanou vodivostí
- úzká skleněná kapilára
- difúzní netěsnost - křemenná přepážka - difúze He
- při proudu plynu  $10^{-8} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}$  a tlaku testovacího plynu v zásobníku 0,2 MPa, nastane pokles proudu plynu o 10% za 10 let



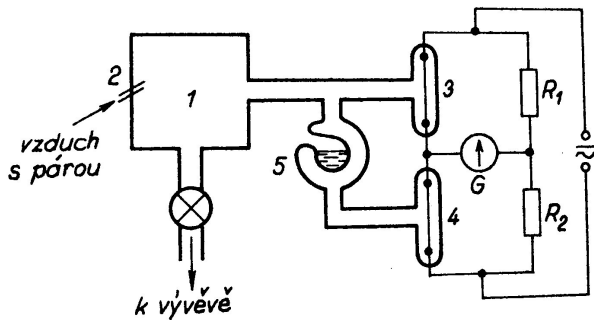
## *Jiné metody hledání netěsností*

- manometr
- diferenciální manometr
- bublinky ve vodě
- mýdlové bubliny
- u skleněných aparatur - Ruhmkorffův induktor, nebo Teslův transformátor

# Hledání netěsností pomocí manometru



# Hledání netěsností pomocí diferenciálního manometru



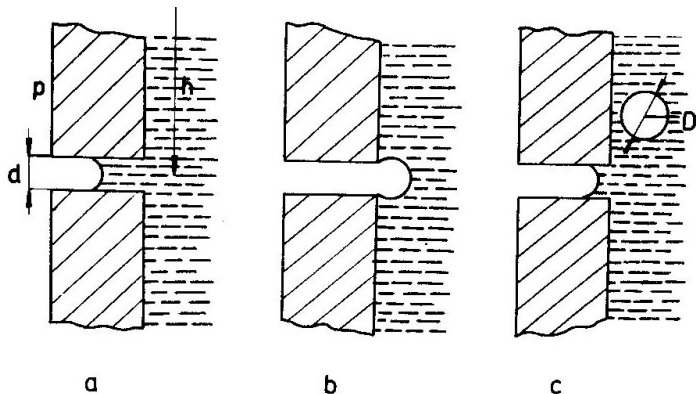
## *Manometr, diferenciální manometr*

- ionizační, nebo odporový manometr
- zkušební plyn -  $CO_2$ ,  $H_2$ , aceton, líh
- pracovní tlak - podle použitého manometru
- minimální netěsnost pro diferenciální zapojení ionizačních manometrů  $10^{-10} \text{ Pam}^3\text{s}^{-1}$

## *Ruhmkorffův induktor a Teslův transformátor*

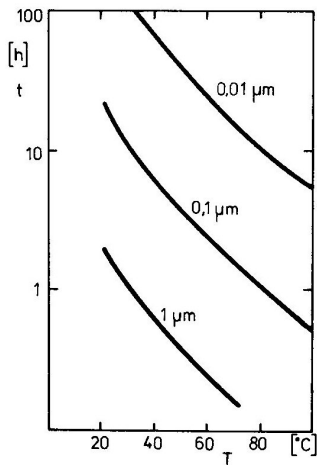
- princip - výboj v plynech
- pracovní tlak 1-100 Pa
- vhodná metoda pro skleněné aparatury
- Ruhmkorffův induktor - nízká frekvence ( $\sim 10^1 Hz$ ), vn transformátor (železné jádro)
- Teslův transformátor - vysoká frekvence ( $\sim 10^5 Hz$ ), vn transformátor se vzduchovým jádrem

Metoda bublinek, min.netěsnost  $D = 0.5 \text{ mm}$ ,  $t = 30 \text{ s}$





# Odpaření vody z netěsnosti s délkou 1 cm



*Tabulka:* Citlivost metod hledání netěsností

Metoda	tlak [ $Pa$ ]	min. netěsnost [ $Pa\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]
Teslův transformátor	1 – 100	$10^{-3} - 10^{-4}$
bublinky ve vodě	$2 \cdot 10^5$	$10^{-7}$
	$4 \cdot 10^5$	$10^{-8}$
	$9 \cdot 10^5$	$10^{-9}$
halogenový hledač	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-8}$
	$4 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-9}$
	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-9}$
He hledač	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-9}$

*Tabulka:* Citlivost metod hledání netěsností - podtlak

Metoda	tlak [Pa]	min. netěs. [ $Pa\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]
Odporový manometr	0.1 – 100	$10^{-6}$
ionizační manometr	$10^{-6}$ – 0.1	$10^{-7}$
ionizační manometr dif.zap.	$10^{-6}$ – 0.1	$10^{-10}$
ionizační manometr s paladiovou membránou	$10^{-6}$ – 0.1	$10^{-8}$
halogenový hledač	$10^{-4}$ – $10^5$	$10^{-8}$
He hledač	$< 10^{-2}$	$10^{-13}$