

PREDMET

Vákuová technika

MENO

Yan Nitran

SKOLA

SPŠE P Y

TRIEDA

III D

ROK

1945/46

Všeobecné vlastnosti plynov.

3. IX. 45

Plyny sú podobne ako krapaliny tekuté; to znamená, že k zne-
ne ich tvaru nie je potrebná takmer žiadna energia. V kľude
v nich pôsobí podobne ako v krapalinách tlak kolmý
v tlačenej ploche, za pohybu v nich pôsobí viskozita.
Od krapalín sa však líšia značnou stlačiteľnosťou,
popríklad rozpínavosťou, ktorá spôsobuje, že plyny vyplň-
jú celý priestor nádoby, v ktorej sú uzavreté a nemajú
voľný povrch. V plynov sa dá ľahko merať nielen ich
tvar (ako v krapalín), ale aj ich ~~potreb~~ objem.

Všetko, čo sme si s tekutinami, platí rovnako pre ply-
ny ako aj pre krapaliny; ide teda o rovnomerné šire-
nie tlaku, o zákon hydrostatického tlaku vzhľadom na
závažnosť a o Archimedeov zákon.

Hydrostatický tlak vzniká v nádobe vzhľadom na závažnosť,
okrem vlastného napätia plynov. Hydrostatický tlak
je pri malých rozmeroch nádoby proti tlaku (napätiu)
plynov celkom nepatrný. Preto k nemu spravidla nemu-
síme prihliadať a tlak uzavretého plynu môžeme po-
raťovať iba za rovnaký.

Vákuum je plynné prostredie, v ktorom je hustota častíc
menšia ako v normálnej atmosfére. Vákuum merrame v
jednotkách tlaku, pretože existovanie množstva resp.

4. IX. 45

plynu r objemu l pri tlaku 1 torr . $1 \text{ Nm}^{-2} = 0,0075 \text{ torr}$
 Množstvo plynu, pretekajúce r jednotke času $Q = q/t$
 sandára r newtonmetroch za sekundu $[\text{Nm s}^{-1}]$ alebo
 r torrlitroch za sekundu $[\text{torr l s}^{-1}]$.

Jednotky teplotného rozdielu.

$[\text{deg}, ^\circ\text{C}, ^\circ\text{K}]$ - teplotný stupeň

Absolútna teplota Θ . Stupnica začína absolútnou nulou $= -273,15^\circ\text{C}$

Celziova stupnica $0^\circ\text{C} = 273,15^\circ\text{K}$

$$\Theta = 273,15 + t$$

Θ - absolútna teplota
 t - udaje o teplote podľa Celziovj stupnice.

Zákon Boyle-Mariottov

Ak sa zmení objem plynu za stálej teploty, zmení sa zároveň jeho tlak P

$$P = \frac{\text{konštanta}}{V}$$

$$P \cdot V = \text{konšt.}$$

hustota - (merná hmota) plynu s

Množstvo plynu M

$$M = s \cdot V = s_0 \cdot V_0$$

$$P \cdot V = P_0 \cdot V_0$$

$$\frac{s}{P} = \frac{s_0}{P_0}$$

$$s = s_0 \frac{P}{P_0}$$

Špecifická hmota plynu.

Pri tlaku P je množstvo plynu r kg

$$M = s \cdot V$$

s - špecifická hmotnosť ρ kg/m^3

V - objem ρ jednotkách objemu $-\text{m}^3$

Ak sa zmení objem plynu z pôvodného objemu V na iný objem V_0 , zmení sa aj špecifická hmotnosť na s_0 (napr. ak je $V < V_0$, tak $s > s_0$.)

Množstvo plynu sa však nezmenilo.

$$M = s \cdot V = s_0 \cdot V_0 \quad \#$$

Podľa Boyle-Mariottovho zákona platí

$$P \cdot V = P_0 \cdot V_0 \quad \#$$

Podelením týchto rovníc dostaneme

$$\frac{s}{P} = \frac{s_0}{P_0} \quad s_0 = \frac{s}{P} \cdot P_0$$

Dokážeme pomocou Boyle-Mariottovho zákona, že hustota plynu pri konštantnej hmotnosti je priamoúmerná tlaku (pri konštantnej hmotnosti).

Gay-Lussacov zákon

Všetky plyny pri rovnakom zvýšení teploty rozširujú rovnako nezávisle na oblasti tlaku, v ktorej zmena prebieha.

Dosadením a úpravou

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$

$$V = V_0 \cdot \left(1 + \frac{1}{\alpha_0} \Delta \vartheta^n\right)$$

$$V = V_0 \cdot \left(1 + \frac{\vartheta - \vartheta_0}{\alpha_0}\right)$$

$$V = V_0 \cdot \left(1 + \frac{\vartheta}{\alpha_0} - \frac{\vartheta_0}{\alpha_0}\right)$$

$$V = V_0 \cdot \frac{\vartheta}{\alpha_0} = \frac{V_0}{\alpha_0} \cdot \vartheta$$

$$\vartheta = \vartheta_0 + \vartheta^n$$

$$\vartheta^n = \vartheta - \vartheta_0$$

$$V = V_0 \cdot \frac{\vartheta}{\alpha_0} = \frac{V_0}{\alpha_0} \cdot \vartheta$$

Sme došli k inej forme G.L. zákona. Je to tiež rovnica, priamky, ktorá hovorí, že závislosť zmeny objemu V na zmeny teploty je lineárna.

Avogadro zákon

11. IX. 45

Rovnaké objemy rôznych plynov alebo pár obsahujú rovnaký počet molekúl (pri rovnakej teplote a rovnakom tlaku).

Kilomól ľahky obsahuje vždy ten istý počet molekúl vyjadrený

Avogadrovým číslom

$$n = 6,025 \cdot 10^{26} \text{ [kmol}^{-1}\text{]}$$

kilomól krehokuhlíkov plyn má za toho istého tlaku a tej istej teploty rovnaký objem

$$V_A = 22,41 \text{ [m}^3\text{/kmol]}$$

grammolekula je molekulová hmotnosť vyjadrená v gramoch

kilomól je molekulová hmotnosť vyjadrená v kilogramoch

Daltonov zákon

15. IX. 45

a.) 1. počiatočný stav plynu A

$$V_1, P$$

V_1 - konšt

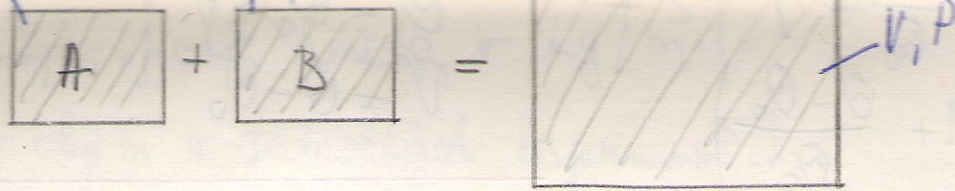
- " - " - B

$$V_2, P$$

d. amiešaný plyn A a B

$$V = V_1 + V_2$$

$$P$$



b.) 1. počiatkový stav $A: v_1, P_1$ $v = \text{konštant}$
 $B: v_2, P_2$ $- || -$
 C $- || -$
 \vdots $- || -$

d.) zmiešame $A, B, C \dots$ do V
 $P = P_A + P_B + P_C \dots$

$$P_A \cdot V = P_1 \cdot v_1 = P_A = \frac{n_1 \cdot v_1}{V}$$

$$P_B = \frac{v_2 \cdot P_2}{V}$$

paradokly tlak - čiastkový, aložkový

Stará rovnica ideálneho plynu

22.11.75

A. Vychodai stav.

$$P_0 = 1013 \text{ torr}$$

$$t_0 = 0^\circ \text{C}$$

$$T_0 = 273,16^\circ \text{K}$$

$$V_0 =$$

B. Podľa Boyle-Mariottovho zákona

zmenou P_0 na P zmení sa V_0 na

$$\textcircled{A} P_0 \cdot V_0 = P \cdot V^* = \text{konštant, pri } t_0 = 0^\circ \text{C}$$

C. V_0 sa zmení na teplotu t

$$V = V^* (1 + \beta t) \text{ pri } P = \text{konštant}$$

Z rovnice $\textcircled{A} \Rightarrow V^* = \frac{P_0 \cdot V_0}{P}$ dosadením dostaneme novú rovn.

$$V = \frac{P_0 \cdot V_0}{P} (1 + \beta t)$$

$$\underline{P \cdot V} = P_0 \cdot V_0 (1 + \beta t)$$

Keďže rovnica vystupujú všetky veličiny P, V, β, t . Je to stavová rovnica ideálneho plynu. Pri normálnom plyne neplatí vždy celkom presne, čím má plyn menšiu hustotu je platnosť lepšia.

$$P.V = P_0.V_0(1 + \beta \cdot \Delta T)$$

$$P.V = P_0.V_0 \left[1 + \frac{\beta}{\alpha} - \frac{\beta \cdot \Delta T}{\alpha} \right]$$

$$D) P.V = P_0.V_0 \left[1 + \frac{1}{\alpha} (\Theta - \Theta_0) \right]$$

Upravenou dostaneme $P.V = \frac{P_0.V_0}{\alpha} \cdot \Theta$ - konštantný iný tvar stavovej rovnice

rovnice

$$\alpha = \frac{P_0.V_0}{\Theta_0}$$

R - Reynoldsovo číslo ktoré je pre každý plyn iné.

Pre 1 kilomol plynu

$$R = 8,314 \cdot 10^3 \text{ [joule, deg}^{-1}, \text{kmol}^{-1}]$$

$$P.V = R \cdot \Theta$$

Kinetická teória plynov.

Mechanická energia je schopnosť telesa vykonávať prácu
polohová energia tiažová - teleso vydržiavané nad zemou
energia pružnosti - pero r hodinkách
pohybová - kinetická energia $W_k = \frac{1}{2} m v^2$

tepelná energia

atomová -

Potenciálna energia - $W_p = mgh$

jednotkou energie je 1 kpm = 9,8 J

Hybnosť hmoty sa rovná časovému násobku sily.

$$H = m \cdot v$$

Súčasť sily F a času t, za ktorý sila účinkovala, sa nazýva Impulz sily $I = F \cdot t$

$$F = m \cdot a$$

$$F \cdot t = m \cdot v$$

$$I = H$$

Výpočet tlaku plynov.

1. Navoziť molekuly plynu N
2. Objem V $[m^3]$

3 $N/V = n$ = množstvo molekúl v jednotkovom objeme

29. IX. 1945

Energia,
hybnosť
impulz

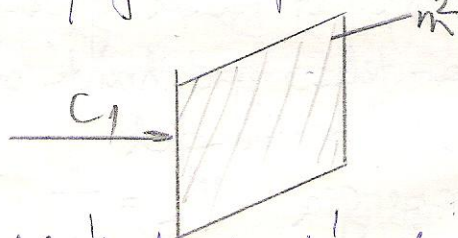
4. Molekuly majú rôzne rýchlosti $c_1, c_2, c_3, \dots \rightarrow 0$
5. Každá rýchlosť má v jednotke objemu určité množstvo

kuľ ... $n_1 \dots c_1$
 $n_2 \dots c_2$ atď

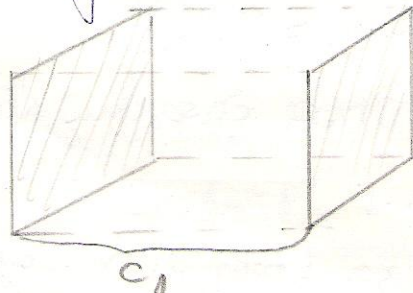
6. Aké množstvo molekúl leží určitým smerom.

Tri základné smery v priestore x, y, z a keď 6 možných pohybov, ak sledujeme koľko molekúl sa pohybuje v jednom smere, zoberieme len molekuly ktoré majú smer presne kolmo k týmto smerom, ale aj tie ktoré majú zložku rýchlosti v tomto smere, že v určitom smere sa pohybuje $1/6$ celkového množstva n k.j. $1/6 n_1$ molekúl

7. Za 1 sekundu prejde cez jednotkovú plochu



množstvo molekúl obsiahnuté v kvádri nad touto jednotkovou plochou, ktorý má výšku číselne rovnú rýchlosti molekúl



$$\text{keď } \frac{1}{6} n_1 c_1$$

alebo môžeme hovoriť, že $1/6 n_1 c_1$ narazí za 1 sekundu na plochu 1 m^2 nádoby

8. Každá molekula má hmotnosť $m \cdot c_1$.

9. To nás viedlo (prvé) k tomu, že zmena smeru molekuly má hmotnosť $m \cdot c_1$, takže celková zmena hmotnosti jednej molekuly je $2 m \cdot c_1$

10. Všetky molekuly plyn sa 1 sekundu majú rovnú hybnosť

$$\frac{1}{6} n_1 c_1 \cdot 2 \cdot m c_1 = \frac{1}{3} n_1 \cdot m_1 \cdot c_1^2$$

11. Podobné účinky vyvolávajú aj ostatné molekuly s inými rýchlosťami. Celkový tlak nárazov všetkých molekúl je potom súčtom tlakov od molekúl s rôznymi rýchlosťami teda

$$\frac{1}{3} n_1 m c_1^2 + \frac{1}{3} n_2 m c_2^2 + \dots = \frac{1}{3} m (n_1 c_1^2 + n_2 c_2^2 + \dots) = \frac{1}{3} \sum n_i c_i^2$$

ako účinnu narybnosť tlakom $P = \frac{1}{3} m \sum_{i=1}^{\infty} n_i c_i^2$

12. úprava $\sum n_i = n$

$$P = \frac{1}{3} n m \bar{c}^2$$

\bar{c} - efektívna rýchlosť - štvorá

Vidíme, že tlak plynu je tým vyšší, čím majú molekuly vyššiu hmotnosť, čím ich je viac v 1 m³ a čím majú vyššiu efektívnu rýchlosť.

ak použijeme vo výraze špecifickú hmotnosť $s = m \cdot n =$

Môžeme vzťah napísať takto

$$P = \frac{1}{3} s \bar{c}^2 = \frac{1}{3} \frac{M c^2}{V}$$

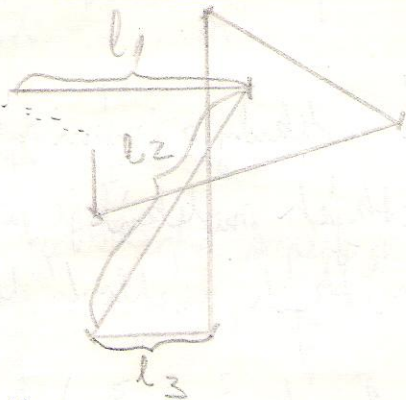
Vidíme, že tlak je priamo úmerný hmotnosti s resp.

priamo úmerný množstvu plynu M a nepriamo úmerný objemu

V v ktorom sa plyn nachádza.

9.1.1945

Stredná voľná dráha molekuly.



l_1, l_2 voľné dráhy molekúl

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^k l_i}{k} \quad k - \text{počet zraŕok (dráh)} \quad [l/\text{sec}]$$

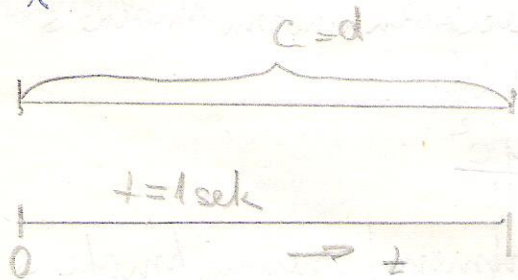
Voľná dráha molekuly je vzdialenosť, ktorú molekula prejde medzi dvomi po sebe nasledujúcimi zraŕkami, voľné dráha sa neustále menia.

Stredná voľná dráha \bar{l} je priemerná hodnota voľných dráh

1. Priemerná rýchlosť molekúl je c [m/s] $c = \frac{d}{t}$

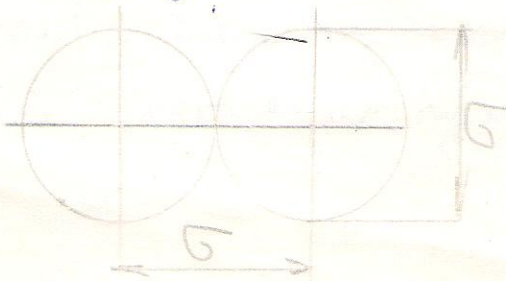
2. Priemerná vzdialenosť medzi zraŕkami je \bar{l}

3. Je zjavné, že množstvo zraŕok za 1 sekundu x , bude $\frac{c}{\bar{l}} = x$



4. Priemer molekuly je σ

5a) Množime koľko zraŕok uskutoční jedna molekula za sekundu k zraŕke dôjde vždy, keď sa priblíži k druhej molekule na vzdialenosť σ .



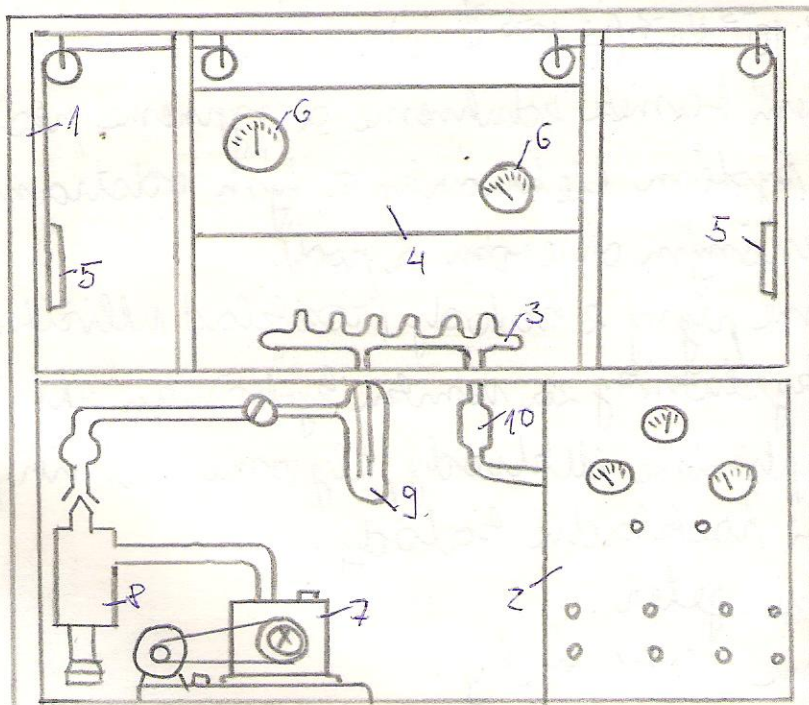
peči. Miesto byp. fluorovodíkový sa dá použiť aj byp. chromsírový.
 horúce časti čistíme lihom sodným alebo draselným, vy-
 myjeme vodou a potom ešte destilovanou vodou, vysušíme
 ich teplým vzduchom. Nyní čistíme trichloretylénom,
 potom metylalkoholom a acetonom.

b.) Čistenie použítých častí:

1. vypláchneme ich kyselinou fluorovodíkovou (alebo chrom-
 sírovou s malým množstvom byp. sodný.)
2. vypláchneme byp. destilovanou vodou
3. vysušíme

Príklady rákmoných zariadení.

A. Čerpači stojan.



Služi k čerpaniu elektrónok v malých serióch, teda
 zvlášť elektrónok špeciálnych.

Ukladá sa zo železného rámu (1), ďalej z panela (2)
 s meracími prístrojmi a ovládacími tlačidlami. V hornej
 časti je riadnica (3) na ktorú sa natavujú elektrónky a
 rýpnová alebo el. pec (4), ktorá je zaväzená na ráme nad
 čerpačom riadnicou a nypášená potvrdzovacími (5).

Teplota v peci sa kontroluje termoelektrickými článkami (6). Vákuový systém sa skladá z olejový rotačný nýmer (7), ortuťový difúzný nýmer (8) a vidlice. Medzi difúznou nýmerou a vidlicou je zaradená nýmerová mrazovacia (9), k vidlici je pripojená mierka (10) vákuometra (Piraniho, ionizačného, Penningovho).

Postup práce.

1. Montujeme elektrónky na vidlicu,
2. Zapojíme rotačný nýmer.
3. Zapojíme difúznou nýmeru, pustíme chladiacu vodu,
4. Zapálime pec a spustíme ju na vidlicu, zahriatím na 350 až 400°C odplyneme bariery elektrónok,
5. Odčerpáme atmosférický vzduch, ak vákuometer ukáže tlak asi $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-5} \text{ Torr}$)
6. Po odplynení bariery zchladíme a vypneme pec,
7. Vyhrejeme systém elektrónky a tým odstránime plyn (vysokofrekvenčným ohrevom a pod),
8. Odstránime plyn z katódy (rozklad silicitanov - pomena na kyslíčniky za vzniku kysličníku silicítového).
9. znova odplyneme elektródy, aby sme uvolnili plyn, pohltenej pri rozklade katódy.
10. odparíme geter.
11. odstavíme elektrónky.

Čerpači automat.

Sú tri typy čerpačích automatov:

1. Typ s difúznymi nýmerami, otáčajúci sa s každou pozíciou a so spoločným predvákuom, pripojeným pomocou zábrusu. Zábrus sú dve dokonale zabrusené plochy, vzájomne otočné. Doba posunu 10 až 15 s.

2. Typ s rotačnými alebo s rotačnými a digitálnymi myse-
rami, používajú sa rotačné dvojstupňové myšerky, spoje-
né niekedy ešte s digitálnymi myšerami, ktoré sú uložené
mimo otáčajúce sa rám. Zábrus musí byť upravený
na vysoké ráknum. Každá rotačná myšerka odier-
páva niekoľko pozícií, podľa spojených.

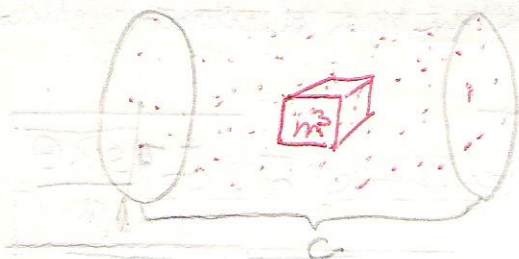
3. Typ bez zábrusu - digitálne a rotačné myšerky sú uložené
na rotujúcom ráme pod každou pozíciou.

5.4)

To isté by sa dalo, keby ostatné molekuly boli hmotné body a pohybujúce molekuly by mali polomer σ .



6. Aká bude veľkosť objemu, ktorý preletí molekula s polomerom σ za jednu sekundu.



$\pi\sigma^2$ - objem za sekundu

$\pi\sigma^2 \cdot c$ - objem valca

Objem bude valec s výškou c , ktorú molekula za 1 sekundu preletí

7. Keď označíme počet molekúl v jednotke m^3 , n , tak počet zá-
čok molekuly za 1 sek bude $n \cdot \pi\sigma^2 \cdot c$

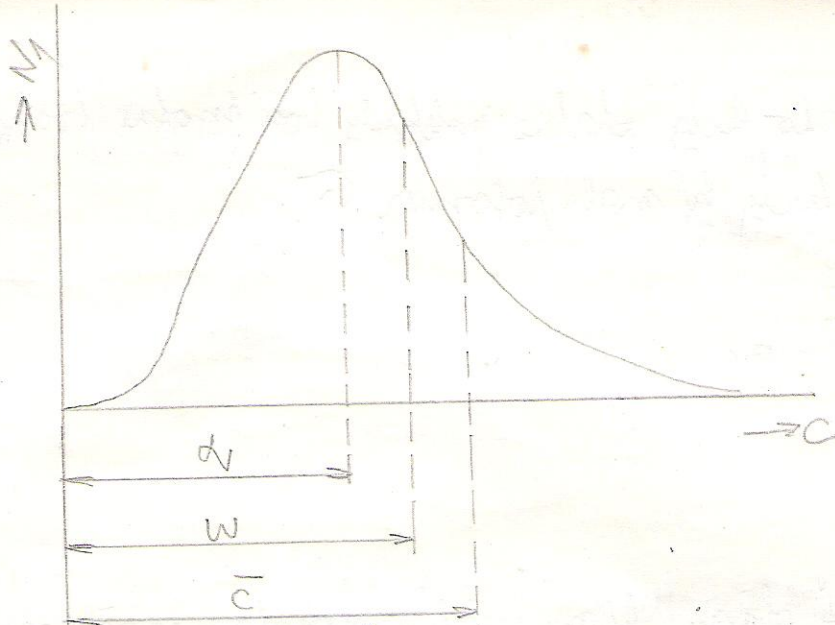
8. $\frac{\bar{c}}{n} = n \cdot \pi\sigma^2 \cdot c$ $\lambda = \frac{1}{n \pi\sigma^2}$ - platí, ak sa pohybujú len 1 molekula a ostatné stoja

Stredná voľná dráha je tým menšia čím je väčšia hustota a priemer molekúl. Vidíme, že vzorec nezávisí od teploty, rýchlosti atď.

$$\lambda = \frac{1}{n \pi \sigma^2 \sqrt{2}}$$

Maxwellov zákon o rozložení rýchlostí.

Rýchlosť molekúl v plyne majú nielen rôzne smery, ale tiež rôzne veľkosti.



Z krivky je vidieť, že len málo molekúl má rýchlosť veľmi malú alebo veľmi veľkú. Najviac molekúl má strednú rýchlosť len a niečo menšiu alebo väčšiu.

- stredná kvadratická rýchlosť (efektívna) \bar{c} $\bar{c} = \sqrt{\frac{3R\Theta}{\mu}}$

- stredná aritmetická rýchlosť w $w = \sqrt{\frac{8}{3\pi}} \bar{c} = \sqrt{\frac{8R\Theta}{5\mu}}$

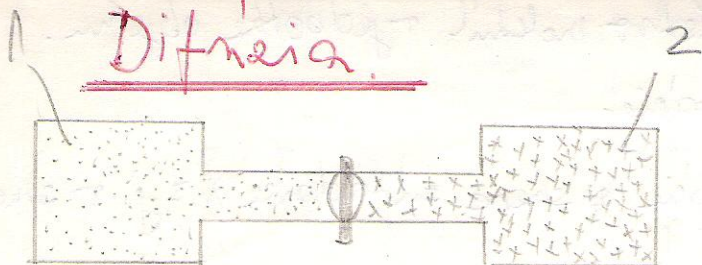
- najpravdepodobnejšia rýchlosť d $d = \sqrt{\frac{2}{3}} \bar{c} = \sqrt{\frac{2R\Theta}{\mu}}$

- N_1 - počet molekúl, ktoré sa pohybujú danou rýchlosťou.

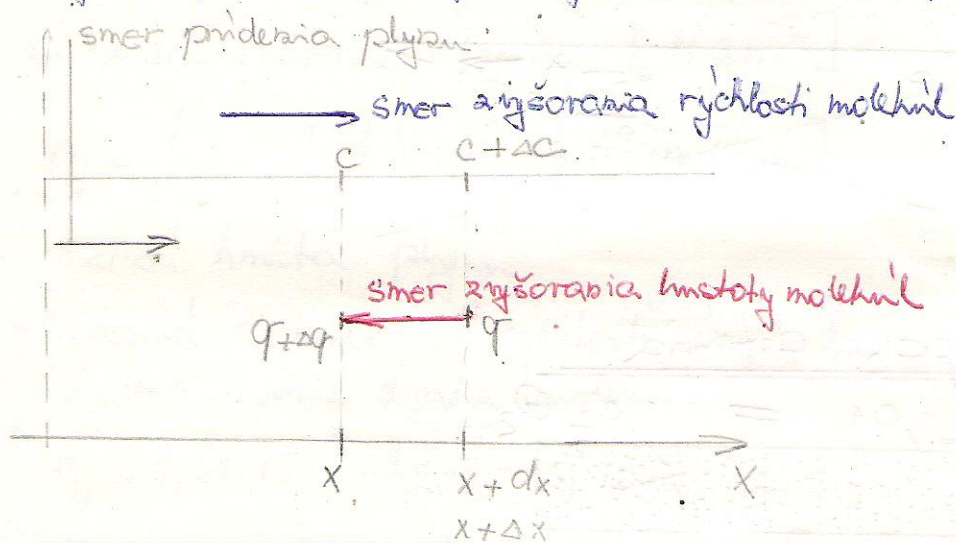
Brownsot molekularny pohyb.

Častice častice tuhých látok suspendované v plynoch sa vyznačujú náhodným a neuporiadanim pohybom. Ak na túto častice molekula kapealiny alebo plynu vyznačená rýchlosťou môže suspendovaná častice dosiahnuť takú rýchlosť že jej možno pozorovať mikroskopom. Pohyb takejto častice sa od pohybu neriditeľných molekúl len nepatrnými rýchlosťami a krátkymi voľnými dráhami, čo je spôsobené veľkou hmotou a veľkým priemerom častice.

Difúzia



Obidvo nádobkách je rovnaký tlak ale rôzne plyny. Po otvorení kohútika sa plyny začnú navzájom premiešavať, hoci boli pôvodne látky v odličných nádobkách od rovnakej. Čudovanie keď tak dlho, až sa parciálne tlaky plynov v odličných nádobkách vyrovnajú. Tomuto javu hovoríme difúzia.



$$\frac{\partial q}{\partial t} = -D \frac{\partial c}{\partial x}$$

17. X. 1945

q " značí množstvo plynov v kilogramoch.

Δq je zmena množstva plynov v kilogramoch

$\frac{\partial q}{\partial t}$ je časová zmena množstva plynov t.j. počet kilogramov prídacích za jednotku času. Tento výraz nazývame

difúzny tok.

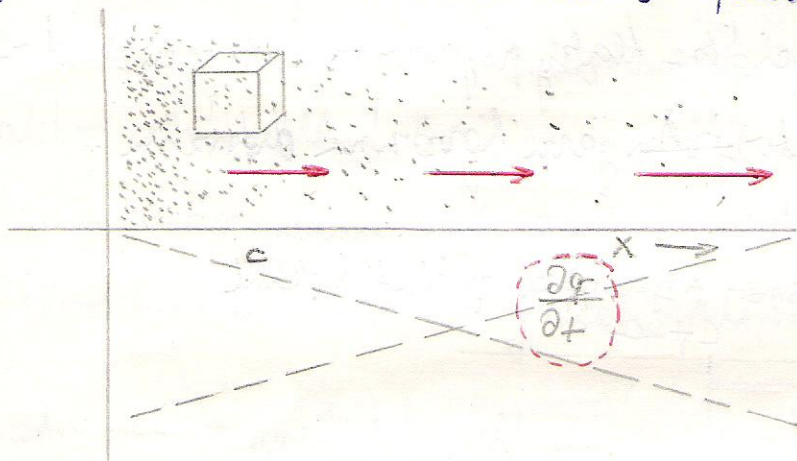
"D" = koeficient difúzie

c - koncentrácia t.j. množstvo molekúl v jednotke objemu.

" $\frac{dc}{dx}$ " - je zmena koncentrácie

$\frac{dc}{dx}$ - je zmena koncentrácie v smere súradnice x t.j. v smere prúdenia plynu.

Rovnica ktorú je hustota difúzneho toku, teda množstvo diacich molekúl za čas sa zvyšuje v opačnom ~~smere~~ smere je väčšia koncentrácia. Koeficientom úmernosti je D



Teplotná difúzia

① $\Theta_1 \quad c_1 = c_2 \quad \Theta_2$



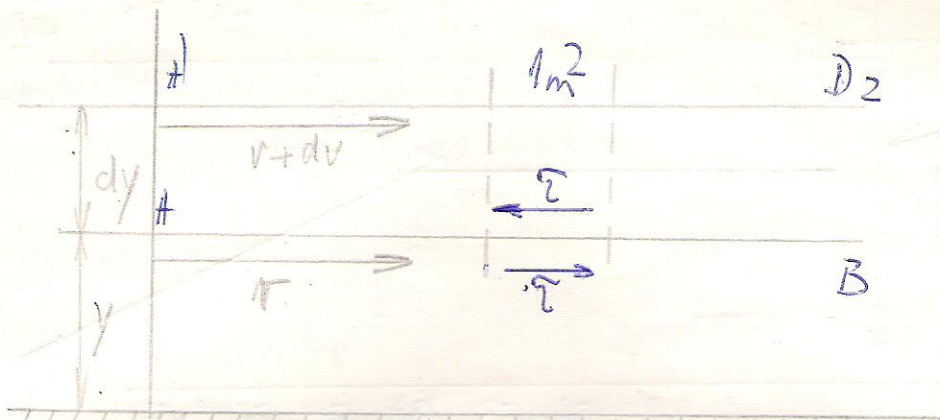
② $\Theta_1 \quad c_2 > c_1 \quad \Theta_2$



21.1.45

Viskozita plynu (viskozita)

Skutočne plyny sú však tekutiny len nedokonalé. Ak sa pohybujú susedné vrstvy rôznymi rýchlosťami, snažia sa rýchlejšia vrstva plynu zrýchliť vrstvu pomalšiu a naopak keď sa vrstva pomalšia zrýchľuje. Preto je podmienený vnútorným trením a viskozitou plynu.



viskozita plynu. D_2 - stena, AB - stykova plocha, D_2 rovina blizka stykovej ploche.

viskozitnym kmenom vznikaju stykove napätie τ

$$\tau = \eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

η - súčiniteľ viskozity [Ns m⁻²]

$$\eta = \frac{1}{3} \rho w \lambda \quad [\text{Ns m}^{-2}, \text{kg m}^{-3}, \text{m s}^{-1}, \text{m}]$$

ρ - hustota plynu

w - stredná aritmetická rýchlosť molekúl

λ - stredná voľná dráha molekúl

$$\eta = 1,81 \cdot 10^{-26} \frac{\sqrt{\mu \Theta}}{\sigma^2} \quad [\text{Ns m}^{-2}, \text{kg}, \text{deg}, \text{m}]$$

Vidíme, že viskozita plynu vzrastá s teplotou.

Skutočnosť, že viskozita vzrastá rýchlejšie podľa vzťahu:

$$\eta = A \frac{\sqrt{\Theta}}{1 + \frac{C}{\Theta}}$$

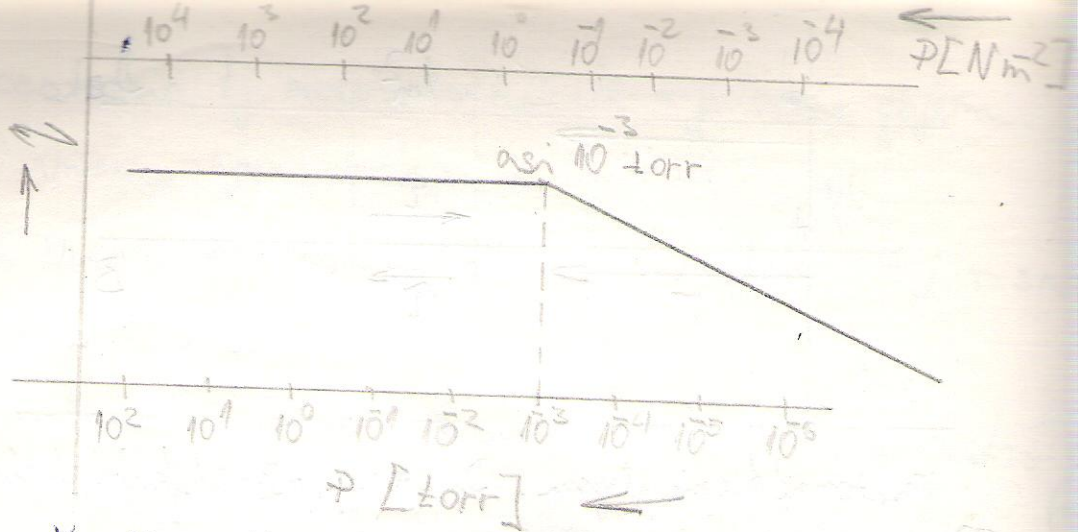
A - kladná konštanta

C - konštanta, ktorá má pre každý plyn určitú hodnotu

Pri normálnych tlakoch viskozita závisí od tlaku

plynu. Až pri vyššom tlaku viskozita pri emenzijnom

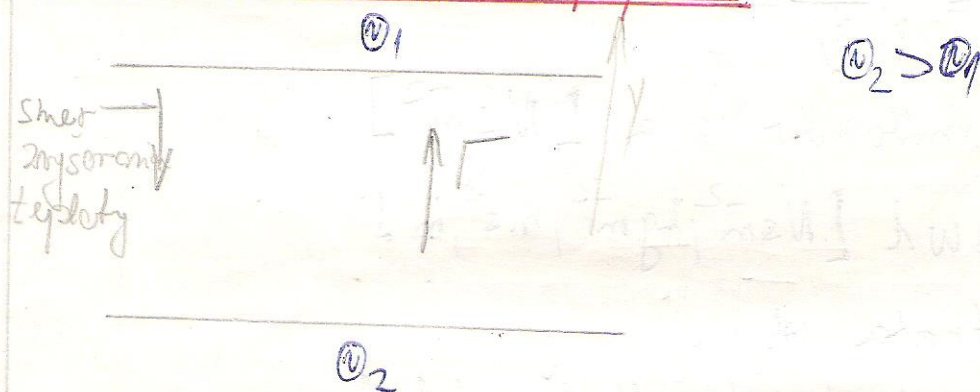
sa tlaku zmení (lineárne)



Závislost součinitele viskozity na tlaku.

23. 1. 95

Teplotná vodivosť plynov.



Teplotný tok Γ je úmerný teplotnému spádu na jednotku

$$\Gamma = -k \frac{d\theta}{dy}$$

Molekuly plynu pri nárastoch na teplejšom doske získavajú väčšiu tepelnú energiu, ktorú ďalšími nárazmi odovzdávajú ďalším molekulám, čím sa energia prenáša až na chladnejšiu dosku s nižšou teplotou θ_1 . Taktak hovorí, že hustota tepelného prúdu Γ (gamma) je narastajúca v opačnom smere ako teplota, t.j. keďže teplota sa mení s y : zvyšuje v smere $-y$, hustota tepelného prúdu narastá v smere $+y$. Čím je väčšia zmena teploty na vzdialenosti dy , tým je väčší tepelný prúd.

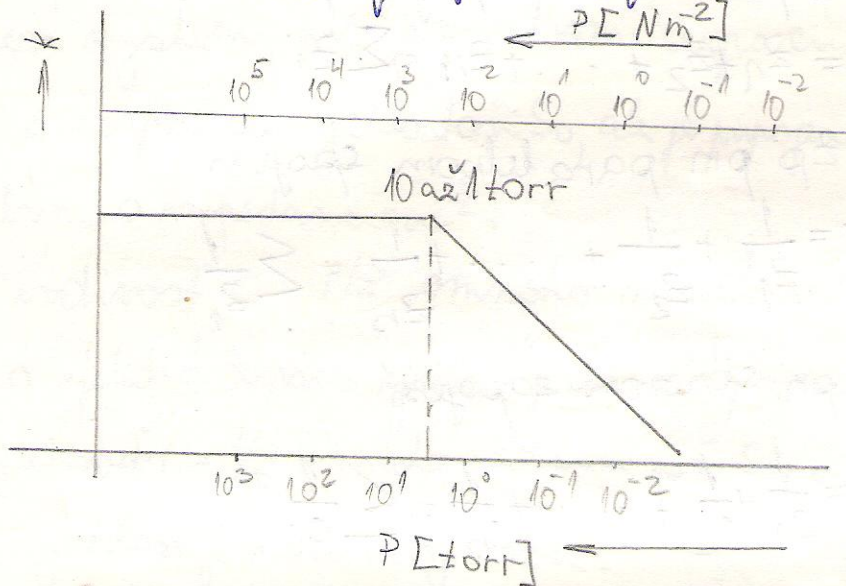
k - súčiniteľ tepelnej vodivosti plynov.

$$k = \eta \cdot c_v$$

c_v = merné teplo

$$k = \frac{1}{3} s \cdot w \lambda c_v$$

$$k = \eta \cdot c_v = D_s c_v$$

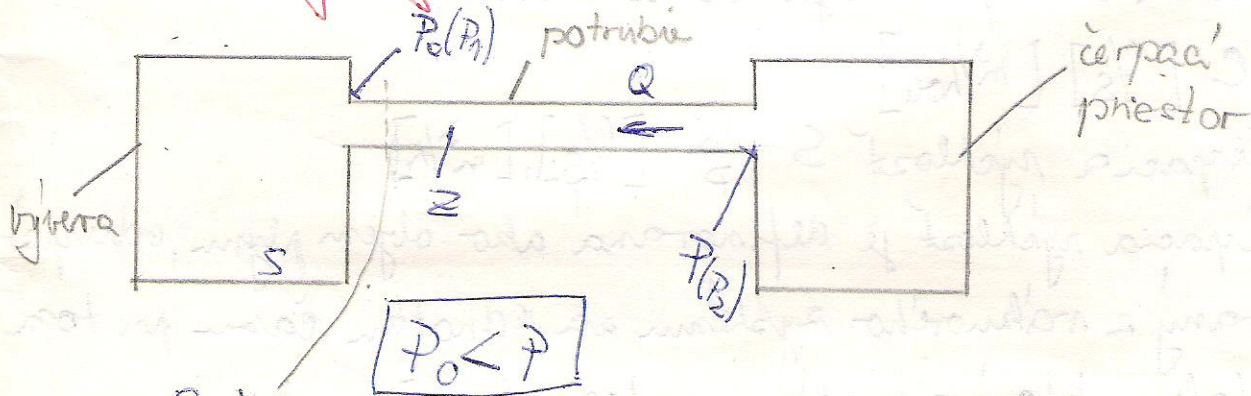


závislosť súčiniteľa tepelnej vodivosti plynu na tlaku

Čerpači odpor

24. X. 45

Vákuový systém



$$Q = v \cdot P$$

$$Q = k \cdot n' \cdot \omega$$

$$\lambda = \frac{P_2 - P_1}{Q}$$

$Q = v \cdot P$ - množstvo plynu, ktoré preteká za jednotku času vákuovým obvodom

$$Q = k \cdot n' \cdot \omega$$

k - Boltzmannova konštanta

n' - počet molekúl ležiacich ľubovoľným priestorom v - jednotke času

$$z = \frac{P_2 - P_1}{Q}$$

z - čírací odpor (impedancia)

číracia vodivosť C

$$C = \frac{1}{z} = \frac{Q}{P_2 - P_1}$$

Impedancia z_s pri s'riovom spojení potrubí

$$z_s = z_1 + z_2 + \dots + z_n = \sum z_i$$

Impedancia z_p pri paralelnom spojení

$$\frac{1}{z_p} = \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} + \dots + \frac{1}{z_n} = \sum \frac{1}{z_i}$$

vodivosť c_s pri s'riovom zapojení

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \dots + \frac{1}{c_n} = \sum \frac{1}{c_i}$$

Vodivosť c_p pri paralelnom spojení

$$c_p = c_1 + c_2 + \dots + c_n = \sum c_i$$

30. X. 1945

Číracia vodivosť je množstvo plynu odčíravané cez prierez odčíravané jednotku času

$$C \text{ [l/s] [m}^3/\text{hod]}$$

$$\text{číracia rýchlosť } S = \frac{Q}{P} \text{ [l/s], [m}^3/\text{h}]$$

Číracia rýchlosť je definovaná ako objem plynu, odčíravaný z vakua systému za jednotku času pri tlaku, ktorý v systéme v danom okamihu je.

$$\frac{1}{s} = \frac{P}{Q}$$

Ak $z \neq Q = P - P_0$ potom platí:

$$\frac{1}{S} = \frac{Z \cdot Q + P_0}{Q} = Z + \frac{P_0}{Q}$$

$$\frac{1}{S} = Z + \frac{1}{S_0} = \frac{1}{C} + \frac{1}{S_0}$$

Tato rovnice je důležitý vztah, podle kterého navrhujeme vakuumové systémy, určuje efektivní čerpací rychlost S vzhledem k čerpací rychlosti S_0 , až je připojena na nádobu potrubím s impedancí Z .

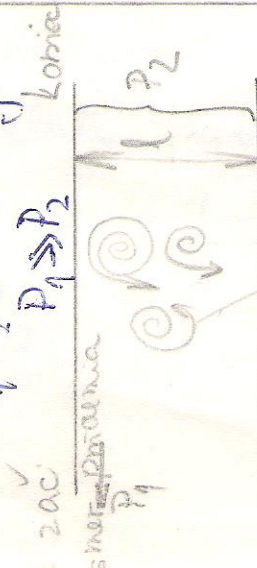
Až je hodnota $C = 1/Z$ mnohem menší než S_0 , potom $S \approx C$ a výsledná čerpací rychlost je dána odporem spojovacího potrubia.

Až je hodnota $C = 1/Z$ mnohem větší než S_0 , je $S \approx S_0$ a čerpací rychlost je určena vývěrem.

Druhy proudění plynů:

Turbulencie

$P_1 - P_2$ veľmi veľký
 $P_1 \gg P_2$

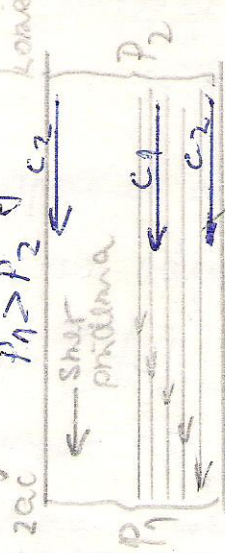


$\lambda \ll l$
 existencia
 níkor

S-velhá

Viskózne = laminárne

$P_1 - P_2$ je veľký
 $P_1 > P_2$



existencia
 prúdění

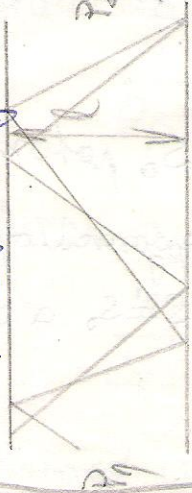
P_1, P_2 sú nízke

$C_1 > C_2 \Leftarrow$ existencia veľkých

$\lambda < l$ - zrovnateľná

Molekulárne

$P_1 - P_2$ je malý



$\lambda > l$ - prevažujú veľkéhy
 molekuly por. zloženiami

η je zanedbateľná

Efúzne

$P_1 - P_2$ je zanedbateľná malá



$P_1 \approx P_2$

S je veľmi malá

$\lambda \gg L$

$\eta = 0$

Rozhranie

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\eta}$$

Viskozne prúdenie vo valcovej trubke.

6.XI.1945

Viskozne prúdenie nastáva, ak je priemer voľná dráha molekúl plynu aspoň o dva rády väčšia než priemer trubky

$$\lambda \ll \frac{D}{100}$$

$$P \cdot D \geq 5 \cdot 10^{-1} \text{ Torr cm}$$

Wacuc pre čerpaciu rýchlosť je z Knudsenovho vzorca, ak v ňom ponecháme iba prvý člen:

$$C = \frac{1}{8} \cdot \frac{D^4}{L} \cdot P \quad [l/s]$$

D - priemer trubky [cm]

P - stredný tlak plynu v trubke [Torr]

L - dĺžka trubky [cm]

η - súčiniteľ smykového trenia plynu.

$$C = 183 \cdot \frac{D^4}{L} \cdot P \quad \text{- platí až za a dozodíme}$$

hodnotu 0,128 a η pre vzduch

Čerpacia rýchlosť plynov vzhľadom na čerpaciu rýchlosť vzduchu

$$\text{pre vodík } C_{H_2} = 2,1 C_{\text{vzduch}}$$

$$\text{pre hélium } C_{He} = 0,93 C_{\text{vzduch}}$$

$$\text{pre neon } C_{Ne} = 0,58 C_{\text{vzduch}}$$

$$\text{pre vodnú paru } C_{H_2O} = 1,9 C_{\text{vzduch}}$$

$$V' = 183 \frac{P_1 - P_2}{L} D^4 \quad [l/s; \text{Torr, cm, cm}]$$

P_1, P_2 - tlak na začiatku a na konci trubky.

V' je objem plynu pretekajúceho v jednotke času sprostred dĺžky trubky, kde je tlak P.

Molekulárne prúdenie vo ráhrovej trubke s ľubovoľným prierezom.

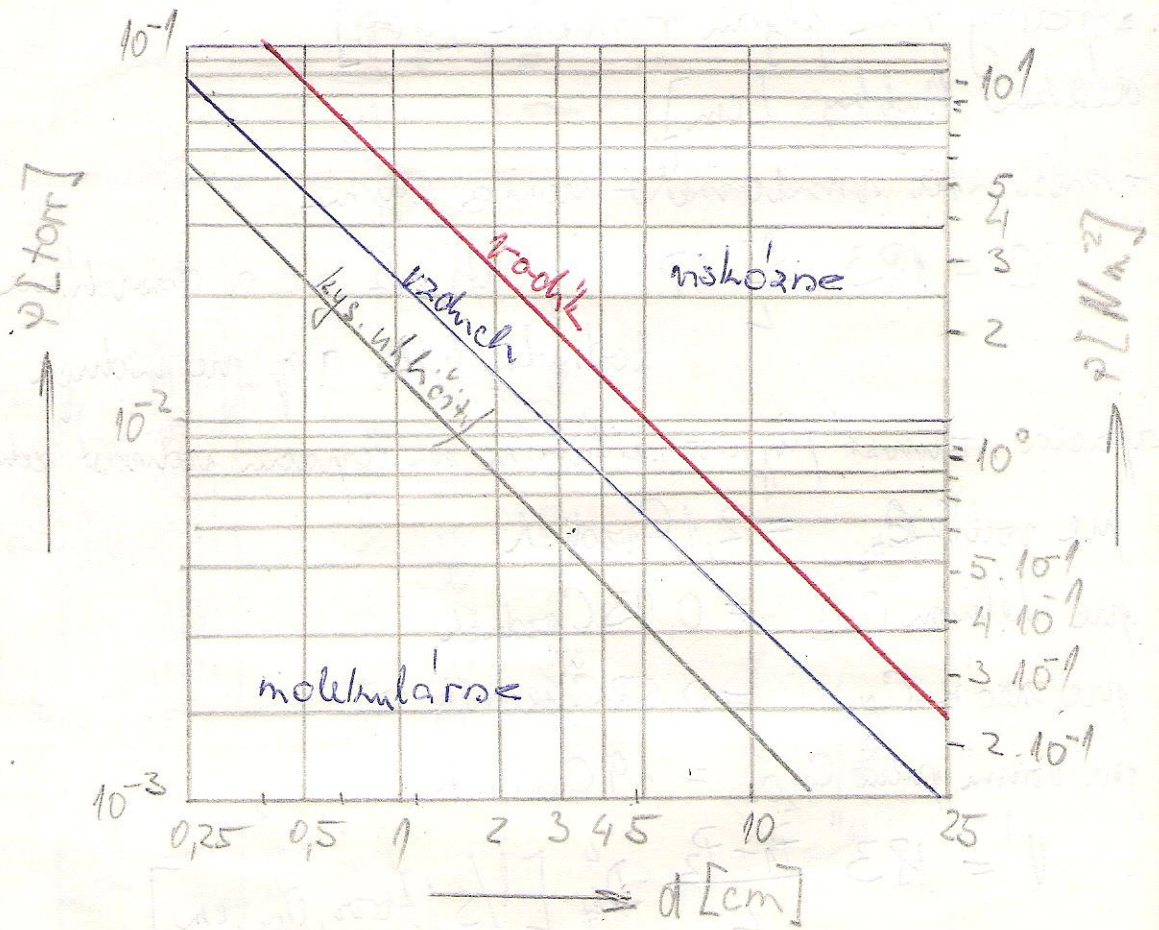
Molekulárne prúdenie nastáva v trubke, ak je stredná voľná dráha molekúl aspoň väčšia než priemer trubky

$$\lambda > 3D$$

$$pD < 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ torr cm} \approx 10^{-2} \text{ N m}^{-1}$$

Množstvo molekúl, ktoré oborom s prierezom A vyteká v jednotke času z nádoby, v ktorej je tlak P_1 , je

$$Q_1 = \sqrt{\frac{k \cdot T}{2\pi m}} \cdot P_1 \cdot A$$

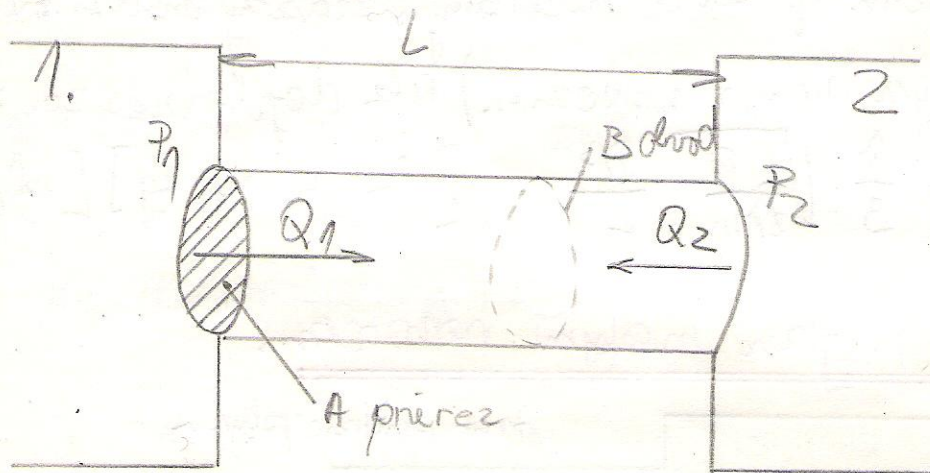


Určovanie vodivosti potrubia.

19. XI. 45

- ① Množstvo plynu ktoré prejde potrubím je dané výrazom

$$Q = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} \cdot P_1 \cdot A \quad A - \text{prierez potrubia.}$$



- ② Množstvo molekúl prenikajúcich potrubím sa však znižuje o molekuly odrazené od vnútorného povrchu potrubia späť.

$$Q = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} \cdot P_1 \cdot \frac{A^2}{B \cdot L} \quad B - \text{objekt}$$

③

$$Q_1 = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} \cdot P_1 \cdot \frac{A^2}{B \cdot L}$$

$$Q_2 = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} \cdot P_2 \cdot \frac{A^2}{B \cdot L}$$

- ④ Výsledné množstvo Q je dané rozdielom Q_1 a Q_2

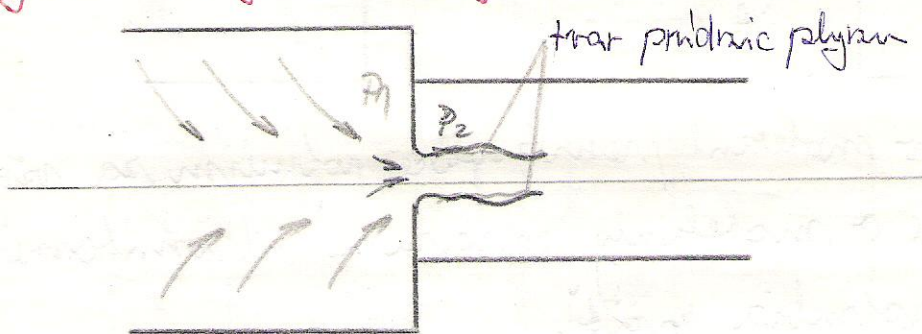
$$Q_2 - Q_1 = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} (P_2 - P_1) \cdot \frac{A^2}{B \cdot L}$$

⑤

$$C = \frac{Q}{P_2 - P_1} = \sqrt{\frac{k \Theta}{2 \pi m}} \cdot \frac{A^2}{B \cdot L}$$

Vidíme, že vodivost v oblasti molekulového puz-
 nie nie je závislá na tlaku, lebo prešľachujú z-
 by molekúl so stenami, a teda ten rozmery puz-
 nie je jeho vodivost. Z toho istého dôvodu nie je
 závislá ani η , lebo neexistujú zrážky medzi mole-
 kulami, (plyn nemá viskozitu) ak doplníme za A ,
 tak $C = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \cdot \frac{D^3}{L} \quad [^\circ K, m, m, kg] [m^3/s]$

Tytok plynu malým otvorom.



Impedancia a vodivost otvoru s prierezom A je daná
 vzťahom

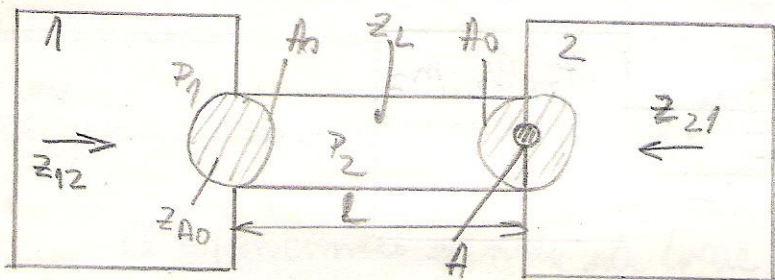
$$\frac{1}{Z} = C = \frac{Q}{P_1 - P_2} = 20 \frac{A}{1-r} [l/s] \dots \text{pre } r \ll 1$$

$$C = 20A [l/s] \dots \text{pre } r \ll 1$$

r je pomer tlakov P_2/P_1

Výtok plynu velkým otvorem

24. XI. 45



$$z_{12} = z_{A0} + z_L + z$$

$$z_{21} = z_A + z_L$$

$$z_{12} = z_{21}$$

$$z_{A0} + z_L + z = z_A + z_L$$

$$z_{A0} + z = z_A$$

$$z = z_A - z_{A0}$$

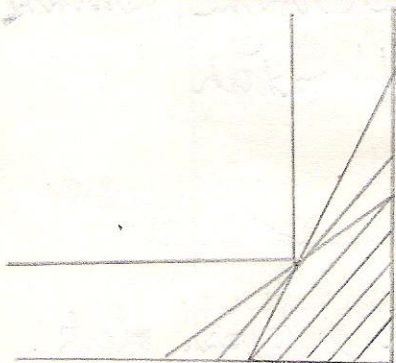
$$z = z_A \left(1 - \frac{z_{A0}}{z_A}\right)$$

$$z = z_A \left(1 - \frac{A}{A_0}\right)$$

$$c = \frac{1}{2} = C_A \cdot \frac{1}{1 - \frac{A}{A_0}} = C_A \cdot \frac{A_0}{A_0 - A}$$

Potruba s nekruhovým prierezom a odbočky (kolena)

Kyprišky.
26. XI. 45



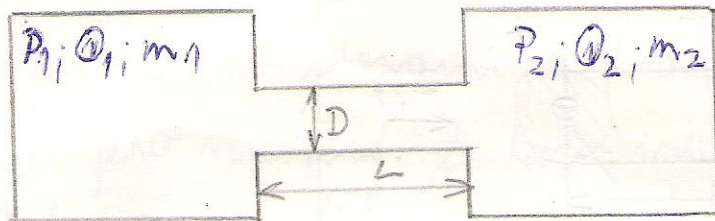
Prúhy molekúl sa podľa obr. zhrstajú v oboch kolena a tým sa v tomto prostredí stredná molárna dĺžka molekúl skracuje, počítame dĺžku kolena a niečo väčšiu než je skutočná osová dĺžka

$$L_{ef} > L_{osová} \quad | \quad L_{osová} < L_{ef} < L_{osová} + 1,33D$$

$$L_{osová} < L_{ef} < L_{osová} + 1,33nD$$

n - počet ohybov - n polokružní

Efúzne prúdenie.



Molekuly plynu z prvej nádoby prechádzajú podtlakom nádoby druhej a naopak zase molekuly plynu z druhej nádoby prechádzajú do nádoby prvej. Môžu nastať 3 prípady:

1. V oboch nádobách je rovnaký plyn ($m_1 = m_2$) a rovnaká teplota ($T_1 = T_2$). Množstvo je $P_2 - P_1$. Todiže pre vzduch pri teplote 20°C

$$C = 11,6 A \quad [l/s; \text{cm}^2]$$

2. V oboch nádobách je rovnaký plyn ($m_1 = m_2$) a rovnaký tlak ($P_1 = P_2$), len teploty sú rôzne.

$$\frac{P_2}{P_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$$

3. Ak sú rovnaké tlaky ($P_1 = P_2$) aj teploty ($T_1 = T_2$) ak sú rôzne plyny v oboch nádobách rôzne, vzniká pri rovnováhe rozdiel tlakov. Platí vzťah

$$\frac{P_1}{P_2} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$$

tlak v nádobe s ľahším plynom je vyšší tlak

Prepočítanie výsledkov platných pre vzduch pri 20°C a iné plyny a iné teploty.

Najväčšia rozcov pre vodivosť má tento tvar:

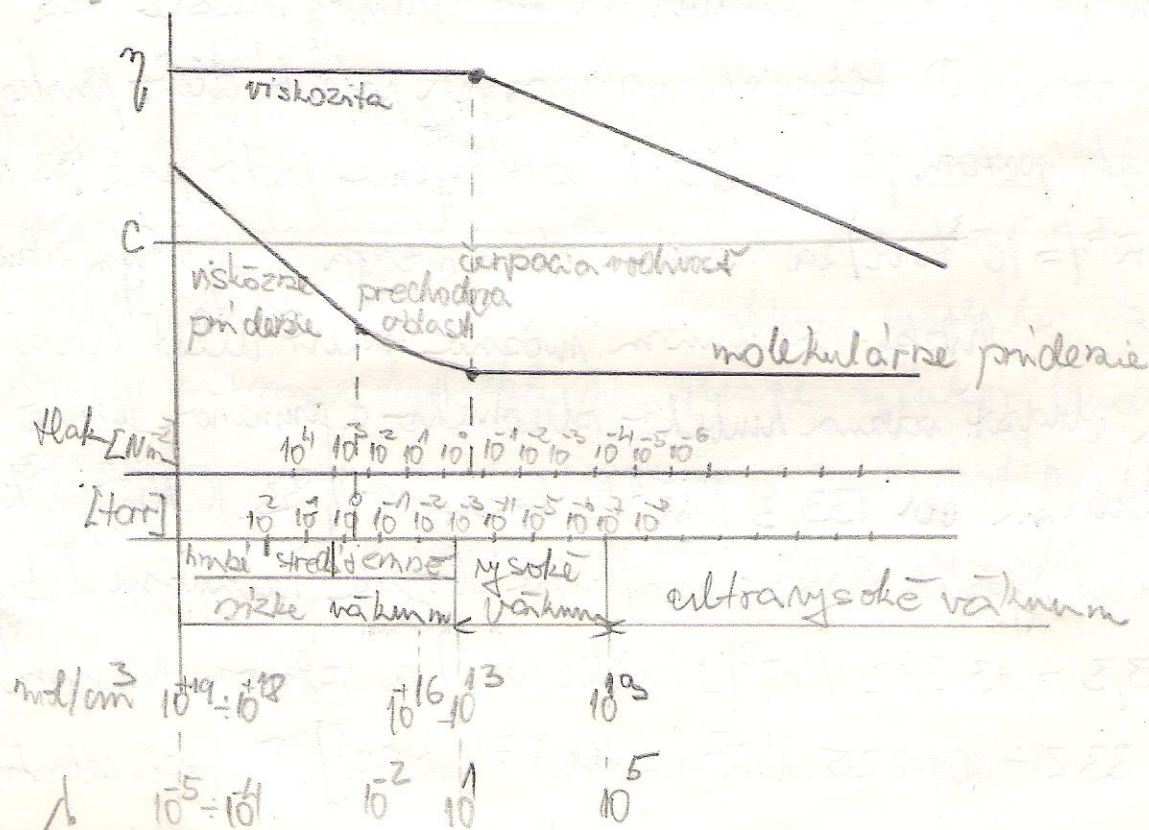
$$C = (\text{koeficient závislý na kvare}) \sqrt{\frac{2\pi kT}{m}}$$

Obečný vzťah $C_{\text{plyn}} : C_{\text{vzduch}} = \sqrt{\rho_{\text{vzduch}}} : \sqrt{\rho_{\text{plyn}}}$

Je daná priemerná vlnná dĺžka λ_{θ_0, P_0} pre určitú teplotu θ_0 [°C] a určitú tlak P_0 , má byť určená priemerná vlnná dĺžka $\lambda_{\theta, P}$ pre inú teplotu a inú tlak P

$$\lambda_{\theta, P} = \frac{P_0}{P} \cdot \frac{273 + \theta}{273 + \theta_0} \cdot \lambda_{\theta_0, P_0}$$

Vákuum, jeho delenie a charakteristika jednotlivých oblastí!



závislosti na tlaku při této fyz. veličiny.

a.) změna viskozity

b.) velikost střední volné dráhy

c.) změna druhu proudění plynu.

Změna viskozity a změna druhu proudění ukazují, že tlakem asi $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ nastávají zásadní změny vlastností plynu. Viskozita je až do uvedené hodnoty téměř konstantní; potom začne lineárně klesat s tlakem. Macpaks, čerpacia vodivost polukrystalů, která při tlaku až do hodnoty $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ v oblasti tlakových měřičů zůstává (oblast molekulárního proudění), se mění v oblasti tlakových měřičů, protože mění druh proudění. Střední volná dráha λ s klesajícím tlakem narůstá a při tlaku asi $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ nadobývá má hodnoty větší, než při rozměry D běžných vákuových potrubí a nebo při ní platí potom, že $\lambda/D > 1$. Votřezujeme proto tlak $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ za hranici mezi mělym a vysokým

nízkým vákuem měřiče dělit dle na oblast vákua kulového, plochého a jemného. Jemné vákuum od $133,3 \text{ Nm}^{-2} (= 1 \text{ torr})$ do $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ oblast vysokých tlakových měřičů obvykle vákuom od $133,3 - 13332 \text{ Nm}^{-2} (= 1 \text{ až } 100 \text{ torr})$ a vákuom hrubý $[13332 - 101325 \text{ Nm}^{-2} (= 100 - 760 \text{ torr})]$. V těchto oblastech se vyskytuje viskózní proudění.

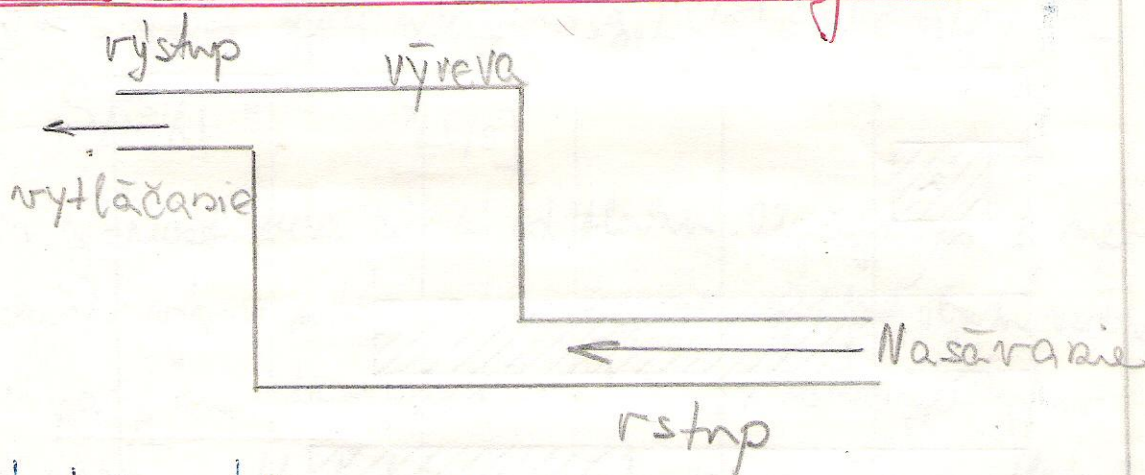
Vysoký vákuum je oblasť charakterizovaná molekulárnym púdením v rozsahu tlakov $1,33 \cdot 10^{-1} : 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-3} : 10^{-4} \text{ Torr}$).

Oblasť s tlakom pod $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-4} \text{ Torr}$) nazývame ultravysokým vákuom.

Výrevy

8.11. 1945

Charakteristické vlastnosti výrev.



Medzný výstupný tlak alebo minimálna hodnota predvakua je tlak, pokiaľ ktorému môže výreva pracovať. Čím nižší tlak chceme dosiahnuť na strane vysokého vákuu, tým nižší musí byť tlak na strane nízkeho (predvakua). Priestorové a rotačné výrevy pracujú priamo proti vzduchu a difúznym výrev závisí medzný tlak na druhu čerpaného plynu alebo pary.

2. medzný tlak

Je to najnižší tlak, ktorý môžeme dosiahnuť v uzavretej nádobe, pripojenej k výreve. Závisí predovšetkým

závislosti na tlaku při této fyz. veličiny.

a.) změna viskozity

b.) velikost střední volné dráhy

c.) změna druhu proudění plynu.

Změna viskozity a změna druhu proudění ukazují, že tlakem asi $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ nastávají zásadní změny vlastností plynu. Viskozita je až do uvedeného tlaku téměř konstantní, potom začne lineárně klesat s tlakem. Macpake, čípací vodivost polukrystalů, která při tlaku až do hodnoty $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ v oblasti tlakových měřících stálek (oblasti molekulárního proudění) se mění v oblasti tlakových měřících, protože mění druh proudění. Střední volná dráha λ s klesajícím tlakem narůstá a při tlaku asi $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ nabývá na hodnoty větší, než při rozměry D běžných vákuových potrubí nebo pístů. Platí potom, že $\lambda/D > 1$. Torazujeme proto tlak $1,33 \cdot 10^3 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ za hranici mezi nízkým a vysokým vákuem. V nízkém vákuu můžeme ještě dále dělit tlak na oblasti vákua kmitového, středního a jemného. Jemné vákuum od $133,3 \text{ Nm}^{-2} (= 1 \text{ torr})$ do $1,33 \cdot 10^1 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$ oblast vysokých tlakových měřících obvykle vákuoměrů od $133,3 \div 13332 \text{ Nm}^{-2} (= 1 \text{ až } 100 \text{ torr})$ a vákuoměrů kmitových od $13332 \div 101325 \text{ Nm}^{-2} (= 100 \div 760 \text{ torr})$. V obou oblastech se vyskytuje viskózní proudění.

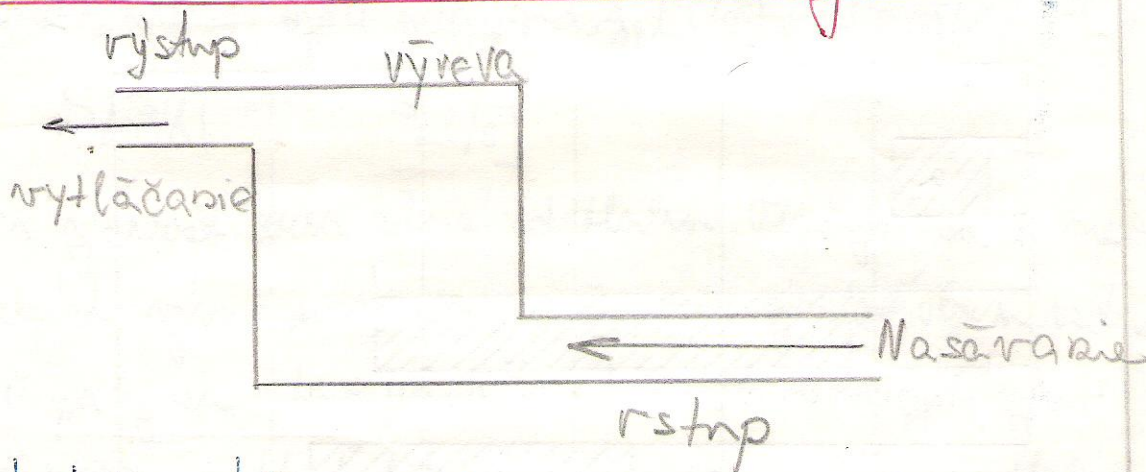
Vysoké vákuum je oblasť charakterizovaná molekulárnym
nyným tlakom v rozsahu tlakov $1,33 \cdot 10^{-1} : 1,33 \cdot 10^{-5}$
 Nm^{-2} ($\approx 10^{-3} : 10^{-4}$ Torr).

Oblasť s tlakom pod $1,33 \cdot 10^{-5} \text{Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-4}$ Torr) nazý-
vame ultravysoké vákuum.

Výrely.

8. III. 1945

Charakteristické vlastnosti výer.



Medný výstupný tlak alebo minimálna hodnota predváku
je tlak, proti ktorému môže výera pracovať. Čím niž-
ší tlak chceme dosiahnuť na strane vysokého vákuu,
tým nižší musí byť tlak na strane nízkovej (predvákuu).
Priestorové a rotačné výery pracujú priamo proti vzduchu
a difúznym výer sa vŕia medný tlak na druhu čerpa-
ného plynu alebo pary.

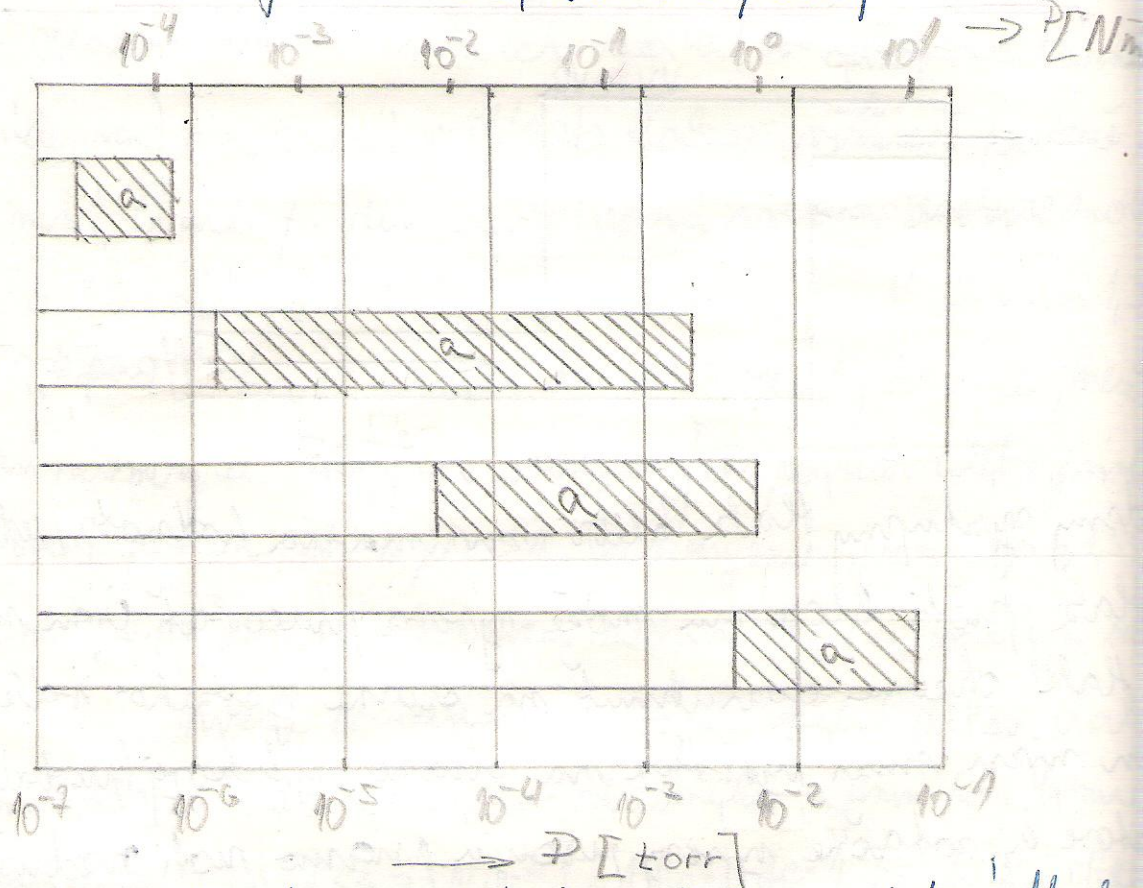
2. medný tlak.

Je to najnižší tlak, ktorý môžeme dosiahnuť v
navrelej nádobe, pripojenej k výere. Závisí predovšetkým

na hodnote medznej výšupnej tlaku (predvakua).
 Medzný tlak môže byť obmedzený tiež prítomnosťou
 adsorbovaných plynov alebo pár v časťiach výberu
 alebo pripojených aparátov a nečistotami.

Medzný tlak u rotačných a difúzných výberov, so
 tiež na tlaku pár pohonných látok. Týmto lát-
 kmi u rotačných olejových výberov oleje, u difúzných
 výberov ortuť alebo tzv. difúzne oleje.

Na obr. je znázornené, ako sa u rôznych výberov med-
 zný tlak skladá z tlakov nekondenzujúcich plynov, ktoré
 zostali (ako je vzduch, vodík a pod.)



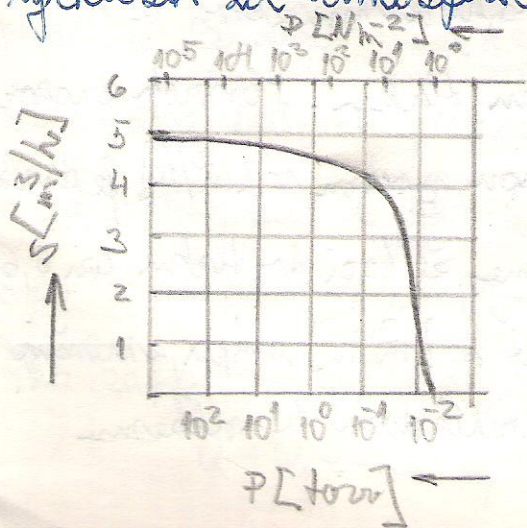
a - tlak kondenzovateľných pár. b - ostatný tlak
 nekondenzovateľných plynov; 1 - jednosťupňová rotačná olejová
 výberová; 2 - dvojsťupňová rotačná výberová; 3 - difúzna
 čerá výberová; 4 - difúzna olejová výberová.

3. Kompresný pomer Pomer výstupného mediálneho tlaku (predávkova) a vstupného mediálneho tlaku nazývame kompresným pomerom γ . U rotačných výber býva v rozmedzí $10^4 - 10^6$ a difúzičných výber $10^5 - 10^7$ jeho hodnota závisí podstatne na druhu čerpaného plynu.

4. Čerpacia rýchlosť výberu - S je definovaná ako objem plynu, odčerpávaný z vakuového systému za jednotku času pri tom tlaku, ktorý púbe v systéme je. Je to teda objem plynu V' ktorý za jednotku času prechádza siskim výberom: $S = V'$ pri tlaku P , vyjadrený v $[l/s]$. Pretože množstvo plynu je $Q = P \cdot V'$, je $S = Q/P$. Čerpacia rýchlosť býva udávaná v $[l/s]$ alebo v $[m^3/hod]$.

$$S_{[m^3/h]} = 3,6 \cdot S_{[l/s]}$$

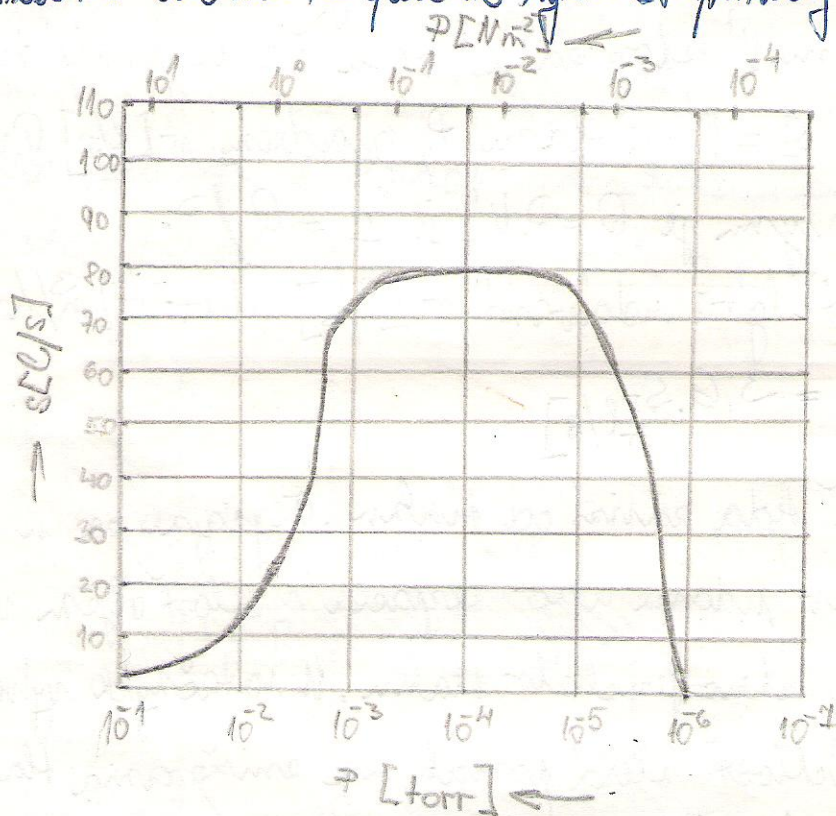
Čerpacia rýchlosť teda závisí od tlaku. Obvyčajne sa u mechanických výber udáva ako čerpacia rýchlosť objemu vzduchu, čerpaný za atmosférického tlaku. U rotačných výber táto čerpacia rýchlosť klesá pomaly za znížovania tlaku, pod 13 Nm^{-2} ($= 10^{-1} \text{ torr}$) však klesá rýchlejšie a pod 133 Nm^{-2} ($= 10^{-2} \text{ torr}$) je už nepatrným zlomkom čerpacej rýchlosti za atmosférického tlaku.



Závislosť čerpacej rýchlosti na tlaku u rotačných výber.

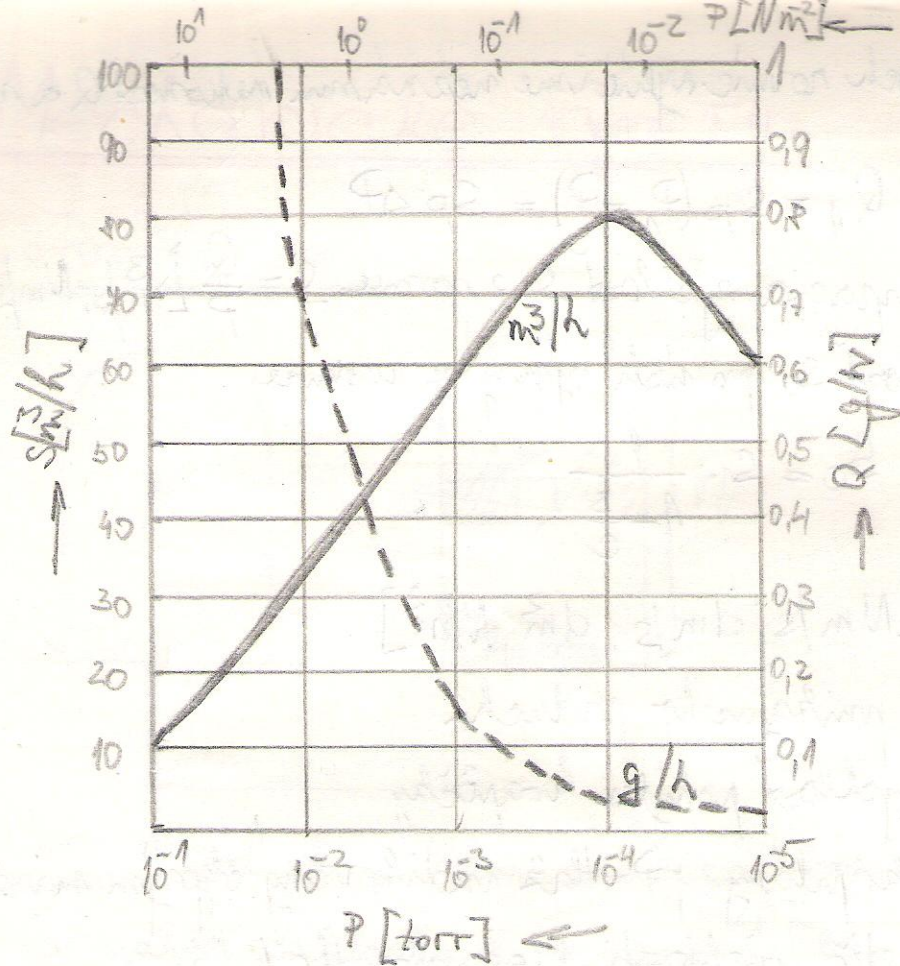
Pretože difúzna rýchlosť nemá pri atmosférickom tlaku žiadnu závislosť (potrebujeme predvákuum), odčerpacia rýchlosť difúznej rýbovej obvykle objem plynu odčerpávaného pri tlaku $1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-4} \text{ torr}$).

Pri vyššom tlaku sa približuje čerpacia rýchlosť difúznej rýbovej čerpacej rýchlosti rýbovej, ktorá jej vyhovára predvákuum; pri nižšom tlaku čerpacia rýchlosť pomaly klesá.



Závislosť čerpacej rýchlosti na tlaku u difúznych rýbov:

Musíme si však uvedomiť, že aj keď objem odčerpávaného vzduchu sú ten istý, vyššie váhové množstvá a to vzhľadom k nižšiemu pracovnému tlaku. Pretože rovnaký objem odčerpávaný difúznou rýbovou v [m^3/h] je odčerpávané množstvo w [g/h]. Vidíme, že keď do tlaku $1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ torr}$) čerpacia rýchlosť v [m^3/h] stúpa, zmeriame na odčerpávané váhové množstvo, vzhľadom k vyššiemu zvidneniu, veľmi rýchlo.



Množstvo plynu odčerpávané difúziou v závislosti na tlaku.

$$Q = S_p \cdot P - Q_0 = S_p \cdot P \left(1 - \frac{Q_0}{S_p \cdot P}\right)$$

S_p - základná čerpacia rýchlosť výtvaru pri vyšších tlakoch

P_0 - medzný tlak výtvaru

S_0 - efektívna čerpacia rýchlosť pri (nízkom) tlaku P .

Q_0 - množstvo plynu, ktoré vniká do výtvaru nelesnosťou.

Meranie čerpacej rýchlosti

Metóda podľa známej nelesnosti - výtvarom pripojíme k vna-
ruľnému zariadeniu a čerpáme tak dlho, až sa tlak ustáli
na nejakej hodnote P . Množstvo plynu, ktoré výtvar odčerpáva
v jednotke času, je $Q = P \cdot S = S_p (P - P_0)$

S_p - základná čerpacia rýchlosť výtvaru, ktorú chceme určiť.

Tlak v zariadení sa po pripojení nelesnosti ustáli na hodnote $P_1 > P_0$

$$Q + Q_1 = S_p (P_1 - P_0)$$

Odčítaním oboch rovníc vyčíslime rozdielnu metnosť Q a tlak P_0

$$Q_1 = S_p (P_1 - P) = S_p \Delta P$$

skutočná čípacia rýchlosť S z rovnice $S = \frac{Q}{P} [m^3/s; N/m^2]$

čípacia rýchlosť S_0 pri nuli výbery z rovnice

$$S_0 = S \cdot \frac{1}{1 - \frac{S}{c}}$$

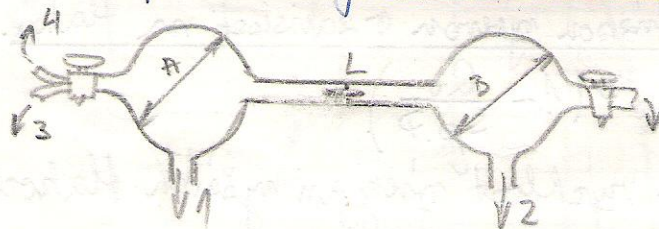
$$Q = v \cdot A \cdot P [Nm/s; dm/s; dm^2, N/m^2]$$

Q - množstvo vnikajúceho vzduchu

v - statická rýchlosť pohybu kvapôčky

A - prierez kapiláry; P - tlak indikovaný olejovým manometrom

Metóda podľa rýchlosti klesania tlaku.



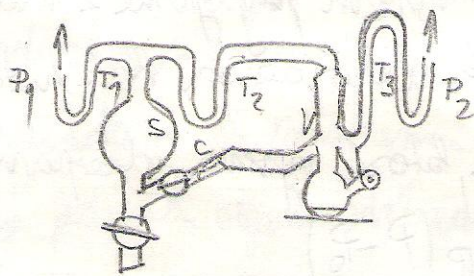
L - meraná dĺžka; 1, 2 -

4 - manometrom; 3 - prípoj
nádobu s plynom; 4 - prípoj
reze

Gaedekova rovnica $S_p = \alpha, \beta \cdot \frac{V}{t} \cdot \log \frac{P_1}{P_2}$ - hodnota sledm

čípaciu rýchlosť v časovom intervale t , ak poznáme čer
objem a môžeme zmerať tlaky pri začiatku i na konci obd

Cirkulačná metóda.



L - meraná dĺžka; T_1, T_2, T_3 - nymazované

C - kalibrovaná dĺžka

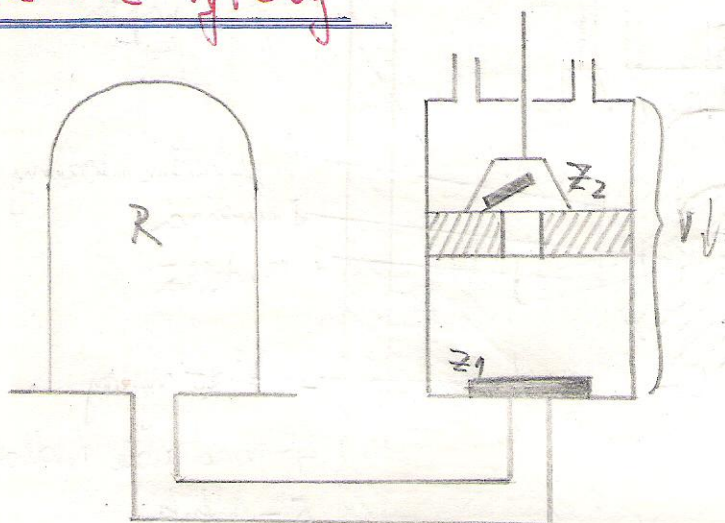
Ak je P_1 tlak v čípanej nádobe a P_2 tlak pred kalibrovanou metnosťou, teda pri kľude systému je čípacia rýchlosť daná vzťahom

$$S P_2 = C (P_1 - P_2)$$

Mechanické výtery.

19. 1. 46

Přestové výtery



Při nasávání vzduchu z recipientu R se otevře zátkovka z_1 . Píst jde nahoru, zátkovka z_2 je zavřena. Tlak v recipientu klesne z atmosférického tlaku P_{atm} na hodnotu P_1 dle vztahu

$$P_1(R+V) = P_{atm} R$$

teda

$$P_1 = \frac{R}{R+V} \cdot P_{atm} = k \cdot P_{atm}$$

$$k = \frac{R}{R+V}$$

k je poměr zředění při jednom schvitu výtery. Při rychlé přestavě dolů je zavřena zátkovka z_1 a otevřená zátkovka z_2 . Vzduch z válce výtery je vytlačován von.

Tři druhy schvítí tlak $P_2(R+V) = P_1 \cdot R$

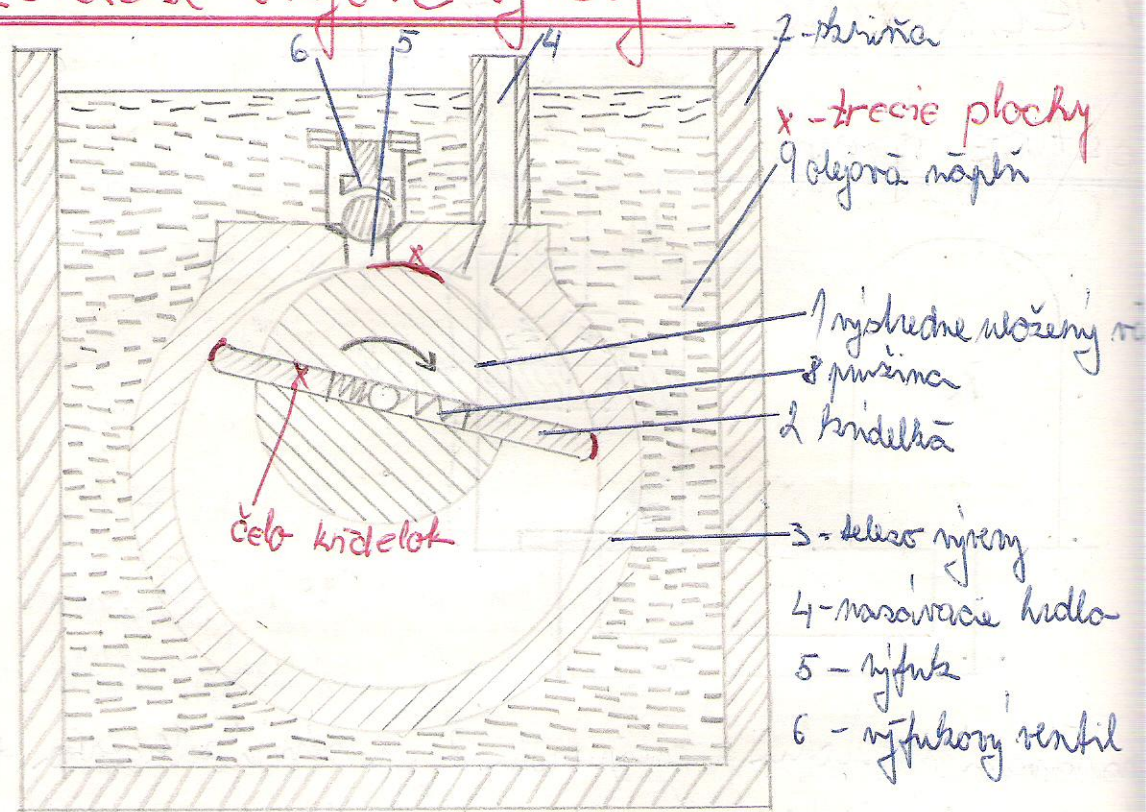
$$P_2 = \frac{R}{R+V} \cdot P_1 = \left(\frac{R}{R+V}\right)^2 P_{atm} = k^2 \cdot P_{atm}$$

a obecně po n -tém schvitu

$$P_n = k^n \cdot P_{atm}$$

Ideální přestová výtera by tedy zředovala plyn podle geometrické postřihnosti a dalo by se tak dosáhnout libovolného vztahu. Vplynem mírného přestoru to však není možné.

Rotáčnĕ olejovĕ nřteny.



funkcia oleja

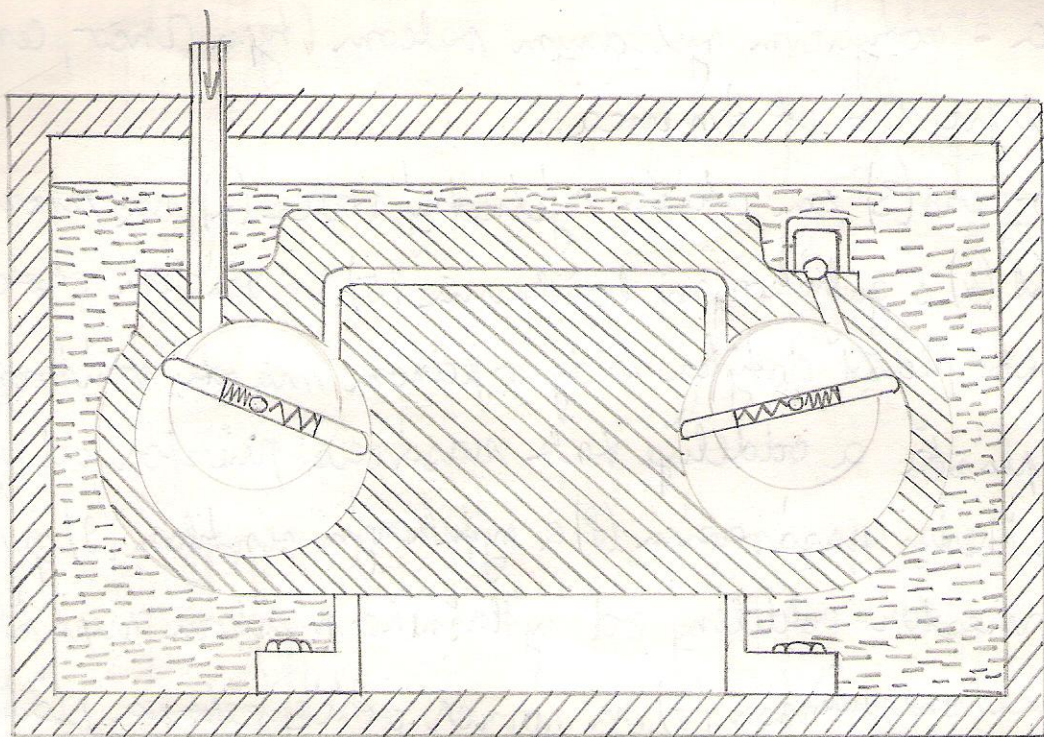
1. Tesnenie dotýkajúcich sa povrchov pohybujúcich sa proti sebe (olejovĕ film)

2. Mazanie

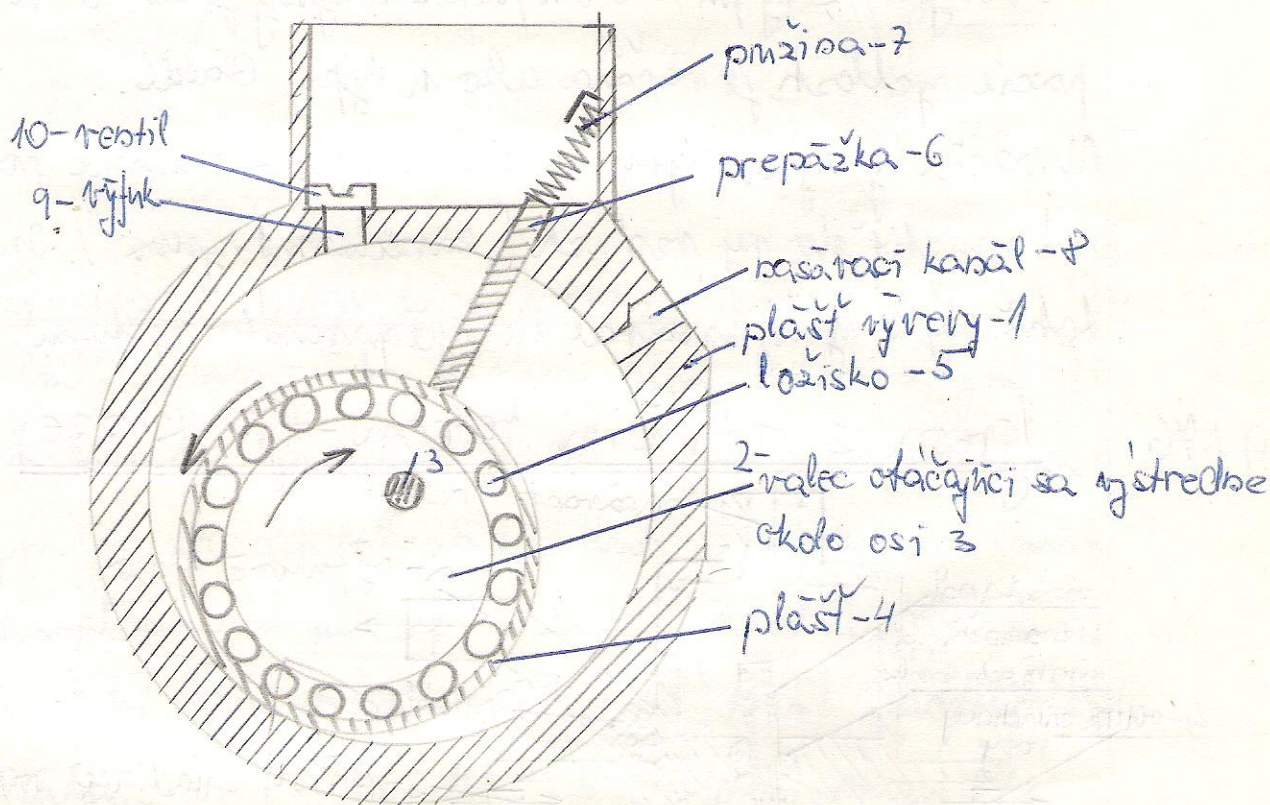
3. Chladenie - odvodenie tepla, ktoré vzniká trením a kolíziou

4. Vyplavovanie ťelových pilín a špŕn

Princíp nřteny s rotujúcimi křidelkami (typ Gaede) je v tom, že silou přsta při nasávaní a vytláčení plynu nahradí dvojdiřtický (křidelka), tvornice přpřřřky v drážke otáčajřiceho na valcovřeho tubna, ulořenřho nřstředne smřtři dutřho valcovřeho plářř nřteny. Při jedny otáčce nřteny nastřva 1,2 otáč pracovřeho cyklu, přtořže dutř křidelko je zruřřte za dobu, keď přvř křidelko přebřka nenřcimne od nřfukovřeho otvoru k nasávaciemu otvoru. Třčřina třchto nřten pracuje při nřstřch 300 ÷ 500 ot/min. Nedřný tlak křřři ako 10^2 torr.



Dvojštupňová
 rotačná výhrev.
 Medsený flask
 10^{-3} Torr až
 10^{-5} Torr



Výhrev s rotujúcim vstredným valcom (typ Cenco)

Výhody Cenco

1. Menšie krmacie plochy
2. Menšie trenie (menšie dilatácie, nižšie teplo, lepšie krmivo)
3. Menší mŕtvý priestor

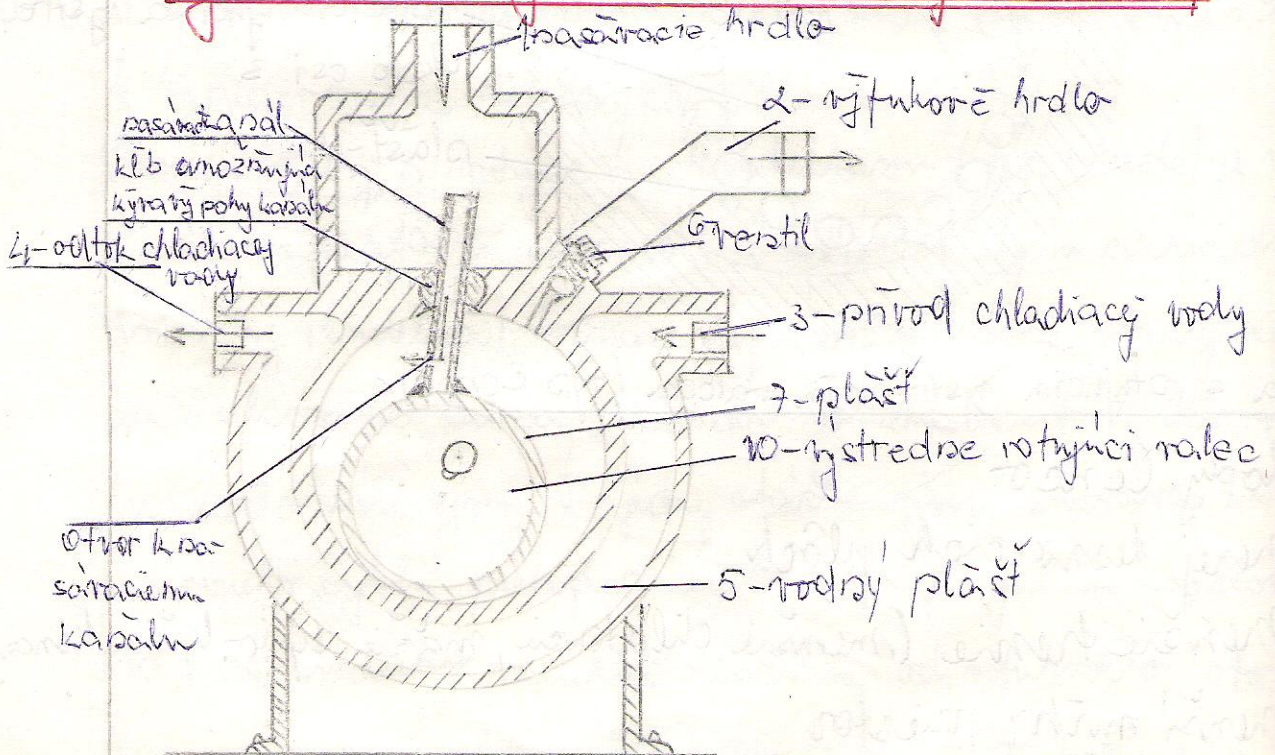
Výhřeva s rotujícím vřstředním valcem (typu Cenco; Cent Scientific Co. of America).

Okolo osi (3) se otáčí vřstřední valec (2) na kterém je plášť (4) s guličkovými ložiskami (5). Při otáčení okolo se tento plášť dotýká vždy v jednom místě vnější stěny pláště a odděluje tak nasávací prostor od výdešního. Mezi nasávacím (8) a výfukovým ventilem (9) je nasávací prostor oddělený od výfukového prostoru nepřížky (6), tlakovou pumou (7) na povrch otáčejícího se pláště. Mederní tlak v tomto předem výhřevy je až 10^{-3} torr, a práce rychlosti je větší ako u typu Gaede.

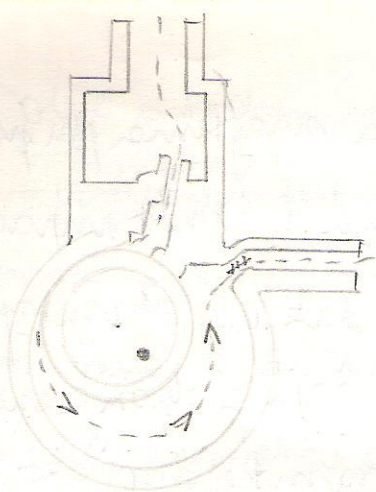
U väčšiny výhřev typu Gaede a Cenco musíme po začatí vypustit do výhřevy vzduch („zavzdušnit výhřev“). Inak by totiž olej z výhřevy nasával do výčerpávacieho systému.

29.1.46

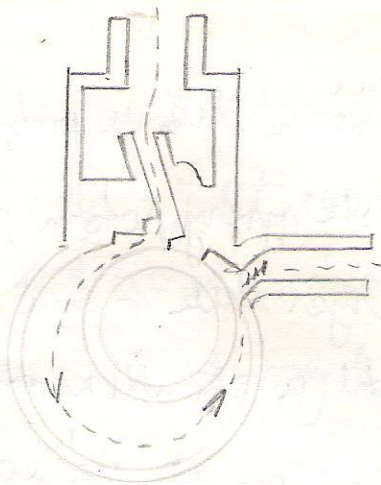
Výhřeva s rotujícím valcom - typ Kinsey



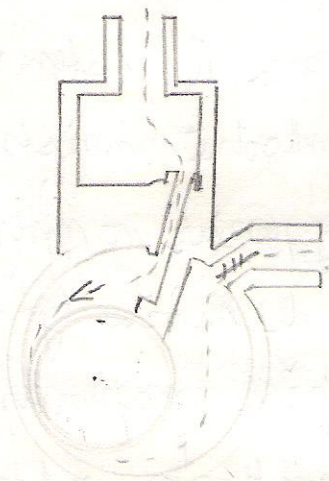
a)



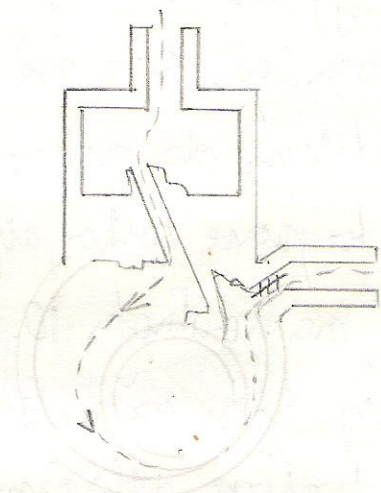
d)



b)



c)



Štyri fázy činnosti výrevy typu Kirseey.

Tý systém je podobný ako u výrevy typu Cenco, s tým rozdielom, že u nej funkciu puzáčky medzi nasávacím a vytláčajúcim priestorom vykonáva dutý výstupok, pevne nasadený na plochu rotujúceho valca. Dociahnúť vákuum je veľmi dobré, lepšie než $0,13 \text{ N m}^{-2}$ ($= 10^{-3}$ torr). Kvasťušinové výrevy dosahujú až $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ N m}^{-2}$ ($= 10^{-5}$ torr), majú tiež emaciu čerpaciu rýchlosť, a preto sú vhodné pre čerpanie veľkých priestorov. (vákuové peci).

Úprava rotačných výrev pre čerpanie veľkého množstva kondenzovatelných pár.

Veľké rotačné výrevy pracujú s veľkým kompresným pomerom (10^4 až 10^6). Preto sú tiež vhodné odčerpávanie pary silne

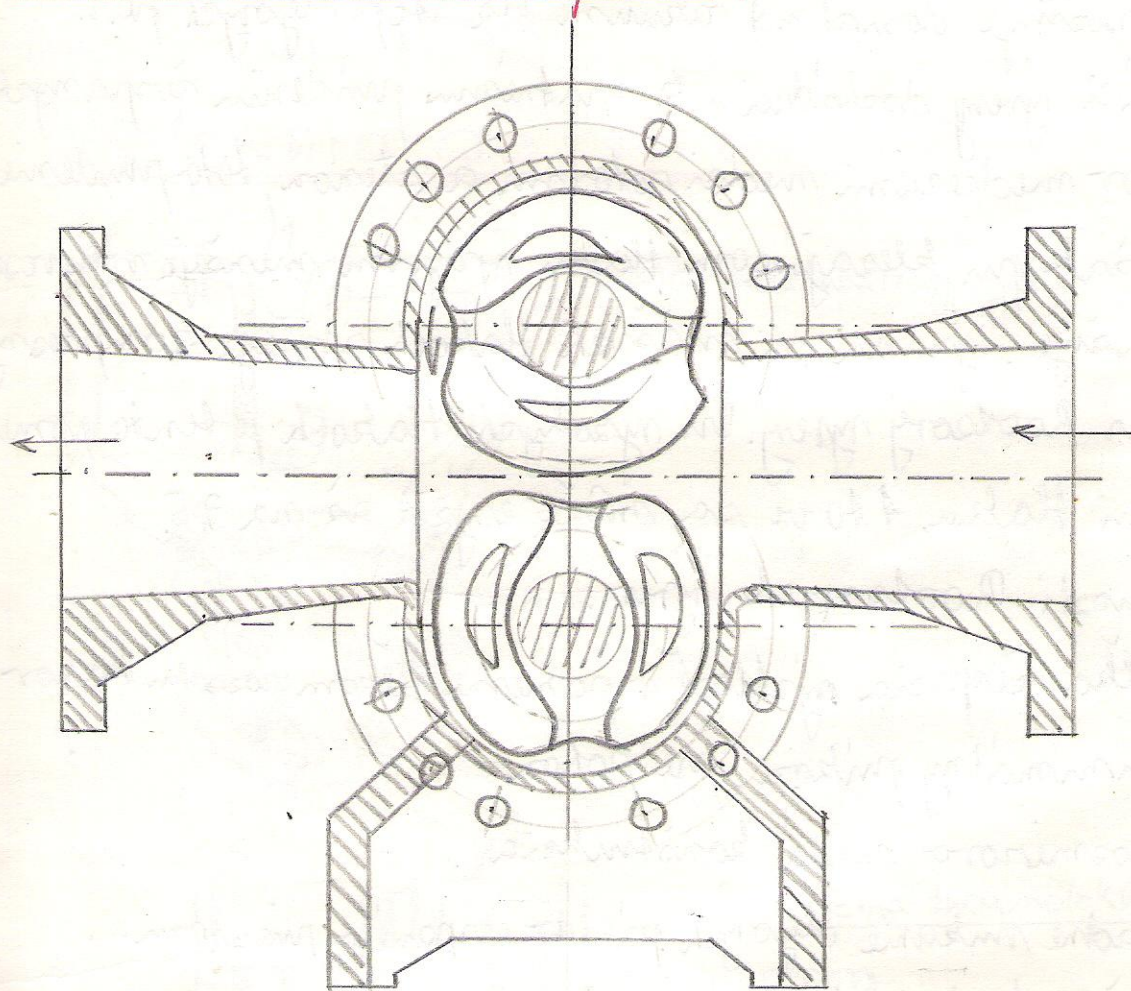
stlačení. Ak je prekročena hodnota nasýtenia pri pracovnej teplote výhrevy, potom pary skondenzujú. V tomto prípade nesprávny tlak v pracovnom priestore výhrevy tak, aby otvoril výfukový ventil a skondenzované pary sa miešajú s olejom a vzniká koš. To sa dá jednoducho zabrániť: Vhodiť ako pracovný priestor rotujúcim kladkom oddeliť od nasávacích otvorov a skôr než začne kompresia, je spustené do ext. ventílom do pracovného priestoru vhodné množstvo vzduchu a to práve toľko, aby sa kompresný pomer vo výhreve zmenil na hodnotu 10. V takomto prípade môžu byť čerpané pary, ktoré už nekondenzujú spoločne s napusteným vzduchom stlačení a vyfukovaním výfukovým ventílom a parciálny tlak pár však nesmie pri čerpaní prekročiť takú hodnotu, aby pri kompresnom pomere 10 nastala kondenzácia. V praxi to znamená, že môžeme čerpať napr. vodné pary až do tlaku $4000 \div 9333 \text{ N/m}^2 (= 30 \div 70 \text{ bar})$

Oleje pre rotačné výhrevy.

Hlavné požadované vlastnosti olejov pre rotačné výhrevy sú vhodná viskozita a dostatočne nízky tlak nasýtených par. Viskozita - má byť dostatočne veľká aby bolo existencie viskozity vo výhreve aj pri teplote $50 \div 60^\circ\text{C}$, na ktorú sa výhrevy zvyčajne pri dlhotrajivom čerpaní. Najvhodnejšie oleje, ktoré majú viskozitu podľa Englera pri 50°C od 5 do 15. Prchlosť a teda aj tlak nasýtených par je tým menšia, čím je bod vzplanutia vyšší. Pre rotačné výhrevy nesmieme

ponžit oleje s bodom vzplanutia nižším než 200°C . Bežné oleje pre rotačné výrepy majú tlak pár $5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-3}$ torr. Olej musí mať minimálnu schopnosť tvoriť s vodou emulziu, musí byť odolný proti oxidácii a pasívnym k plynom, ktoré výrepa odčerpáva.

Rootsore výrepy.



Majú uplatnenie v oblasti tlakov $1333 \pm 0,13 \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-3} = 10^{-3}$ torr) a to zvlášť pri čerpaní veľkého množstva plynu. Doziakm čerpaním rýchlosť rotore 10 000 až 100 000 m^3/h .

V týchto výrepy sa proti sebe otáčajú dva rotory, ktoré majú v priereze tvar osmičiek. Vhodným prevodom je doziakmá taká synchronizácia, že medzi oboma rotormi je stále udržiavaná vzdialenosť desiatim milimetra,

takže nedochádza ani medzi rotorami navzájom, ani medzi rotorom a stenou k treniu. Preto môže byť pracovať pri značných rýchlostiach otáčania (2000-3000 ot/min.).

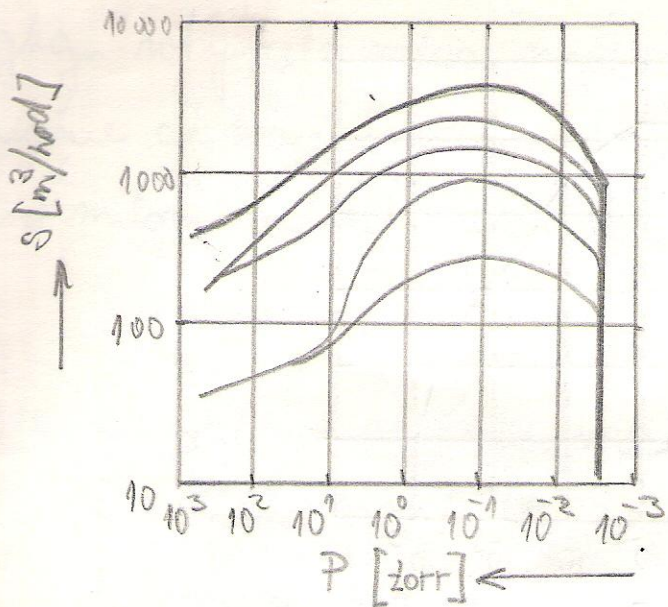
Značné rýchlosti otáčania umožňujú veľké čerpacie rýchlosti pri malých rozmeroch, neúniknosť oleja v pracovnom priestore umožňuje dosiahnuť vakuum bez stopy olejových pár.

Keď pracujú výtery dochádza i k spätnému prúdeniu čerpaného plynu medzerami medzi rotorom a stenou, toto prúdenie sa však pri klesajúcom tlaku plynom menšuje ročne ešte menšie. Išlo sa pri nižších tlakoch zvyšuje kompresný pomer Rootsových výterov. Pri vysokých tlakoch je tento pomer 3, pri tlaku 4 torr sa môže zvýšiť až na 7,5.

Výhody Rootsových výterov:

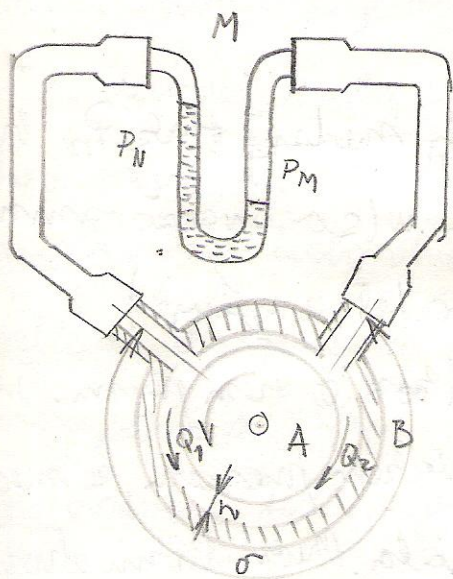
1. Veľká čerpacia rýchlosť v pomerne veľkom rozsahu tlakov
2. Minimálny výkon pre pohon
3. Rozmerovo malá konštrukcia
4. Ľahké vnikanie olejových pár do čerpaného priestoru
5. Kludný chod bez otrások.
6. Najväčšia obaluka a údržba.

Práve Rootsovi výtery sa vyrábajú s čerpacími rýchlosťami od 100 = 10 000 m³/hod L pri tlaku 1,33 N/m² (= 10⁻² torr) a ich pracovná oblasť siaha až do tlakov 1,33 až 1 N/m² (= 10⁻² = 10⁻³ torr). Troskú sa najmä v metalurgii



Príbeh závislosti čerpacej rýchlosti na tlaku u rôznych rotačných výprav.

Molekulárne výčrepy.



Princíp molekulárnej výčrepy.

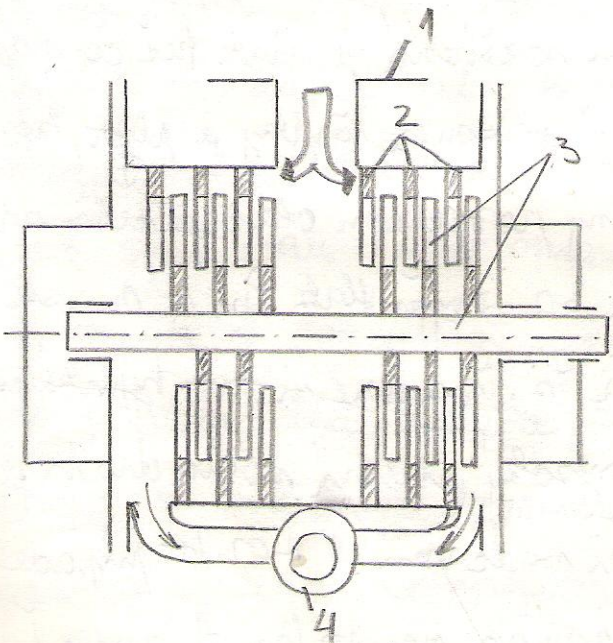
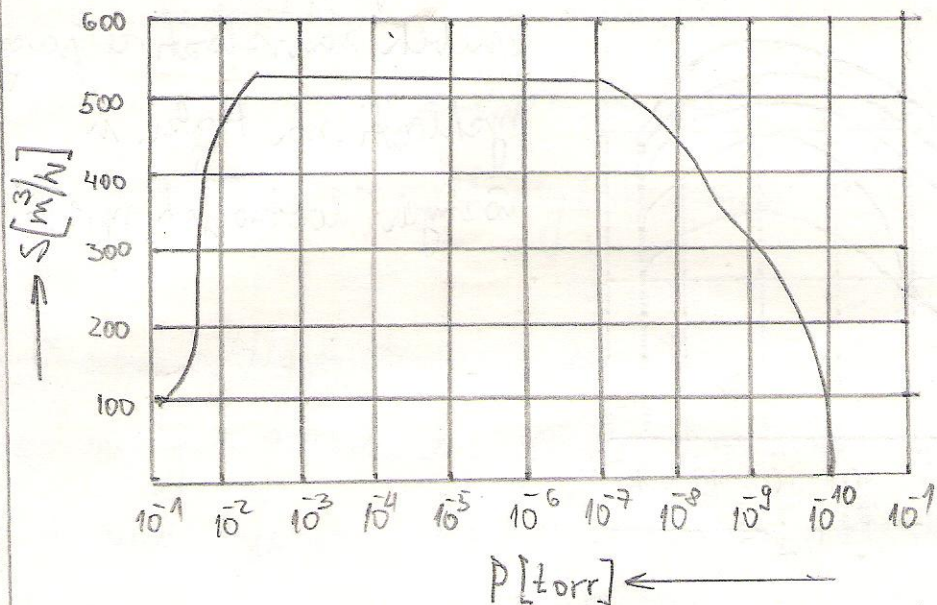


Schéma turbomolekulárnej výčrepy

- 1. - prímba pre pripoj k čerpacej izeme priestoru
- 2. - stator
- 3. - rotor s kriadelom
- 4. - prímba pre pripoj predvákuu



Priebeh závislosti čerpacej rýchlosti na tlaku u turbomolekulárnej čerpadla

$$P_n = P_m \cdot \frac{4C - WQ}{4C + WQ}$$

Tento vzťah hovorí, že dosiahnuteľný medaný tlak P_n bude tým menší čím bude väčšie W (so zväčšovaním čitateľ sa znižuje a menovateľ zvyšuje)

Podstatou molekulárnej výživy je zákon o troch plynoch. V tomto prípade dva valce B sa otáčajú okolo valca A takého priemeru, že medzera medzi oboma valcami je veľmi malá. Medzi dvoma otvoreniami n a m je medzera trochu rozšírená, je však tiež čo najmenšia. Pri rýchlom otáčaní valca A v smere šípky je plyn, ktorý pri istom otvorení n sľahávaný povrchom otáčajúceho sa valca v smere od n k m . Tým sa zvýši tlak P_m v mieste m a zníži sa v mieste n na P_0 . Keďže máme dva typické prípady: 1. Tlak plynu je značne vysoký, stredná voľná dráha je menšia ako rozmer medzery medzi valcami. V tomto prípade bude mať vrstva plynu, dotýkajúca sa valca A, rýchlosť rovnú rýchlosti otáčania valca. Vrstvy, ktoré sa priamo nachádzajú medzi valcami, budú mať rýchlosť nulovú.

tykajú rotujúceho valca, majú rýchlosti postupne menšie a menšie až konečná vrstva, dotykajúca sa valca B bude mať nulovú rýchlosť. Platí, že

$$P_m - P_n = \frac{6\eta \cdot \omega \cdot l}{h^2}$$

kde ω - rýchlosť otáčania valca

l - dĺžka kanálu (t.j. na radiálnosti od n k m)

h - výška štrbiny

d. Tlak plynu je značne malý (vysoké vákuum); stredná volná dráha molekúl je väčšia než výška štrbiny h . Plyn sa už nedelí na vrstvy s rôznymi rýchlosťami, ale molekuly, ktoré narážajú na povrch otáčajúceho sa valca, sú ním odrádzané do ľubovoľného smeru. Plyn, že valec má určitú rýchlosť otáčania ω v smere od n k m , udeliť týmto molekulám zložku rýchlosti rovnakej smyslu. Všetok plyn dostane teda určitú strednú rýchlosť pohybu od n k m , ktorá sa rovná polovici rýchlosti otáčania valca (druhá strana, t.j. vonkajší valec je nehybný a molekuly ktoré naň narážajú nedostanú zložku rýchlosti v smere otáčania). Plyn sa zvýši tlak P_m v mieste m a emíci sa tlak P_n v mieste n , čo vyvolá v plynu slabú kúču opačným smerom. Rovnováha nastane, keď množstvo plynu, dopraveného z miesta n do miesta m , je rovnaké ako množstvo pretekajúce oplyvom rozdielu tlakov z miesta m do miesta n . Objem plynu, dopravený z miesta n do miesta m , je rovný

$$V = \frac{\omega}{2} \cdot q$$

q - je prierea štkbing.

$$\frac{P_m}{P_n} = \frac{4C + wq}{4C - wq}$$

$$P_n = P_m \cdot \frac{4C - wq}{4C + wq}$$

Tento vzťah hovorí, že dosiahnutý medzný tlak P_n bude tým menší, čím bude väčšie w . Preto dosahuje u niektorých molekulárnych výterov rýchlosť otáčania i 10 000 - 12 000 ot/min. Musíme si však uvedomiť, že výter ako druh musí pracovať s predvákuom, aby roľná dĺžka bola dostatočne dlhá, na hodnote predvákuu závisí medzný tlak. Dosiahiteľné vákuum býva až $1,33 \cdot 10^{-5}$ ($= 10^{-7}$ torr). Čerpacia rýchlosť je tiež pomerne značná a l/s pri tlaku 10^{-3} torr.

Turbomolekulárna výter - je charakterizovaná úpravou rotora a statora. Na statore i na rotore sú dielavo upravené kotvice tak, že pri otáčaní je vo výterovom priestore od strednej k obom stranám výter, kde je menšia výfuková prietok. Tšdialenosť jednotlivých kotvic je 1 mm (omnoho väčšia oproti 0,03 mm u predchádzajúcej konštrukcie). Rýchlosť otáčania rotora - 16 000 ot/min. Medzný tlak je až $1,33 \cdot 10^{-7}$ Nm^{-2} ($= 10^{-9}$ torr). Najväčší kompresný pomer je pre vzduch až $5 \cdot 10^7$, pre iné plyny je značne menší, napr. pre vodík len 250. Molekulárne výtery sú vhodné tam, kde požadujeme vákuum do niekoľkých desiatok Pa, kde však nie je vo väčšom množstve odčerpávaný vodík.

Paroprúdové výrezy:

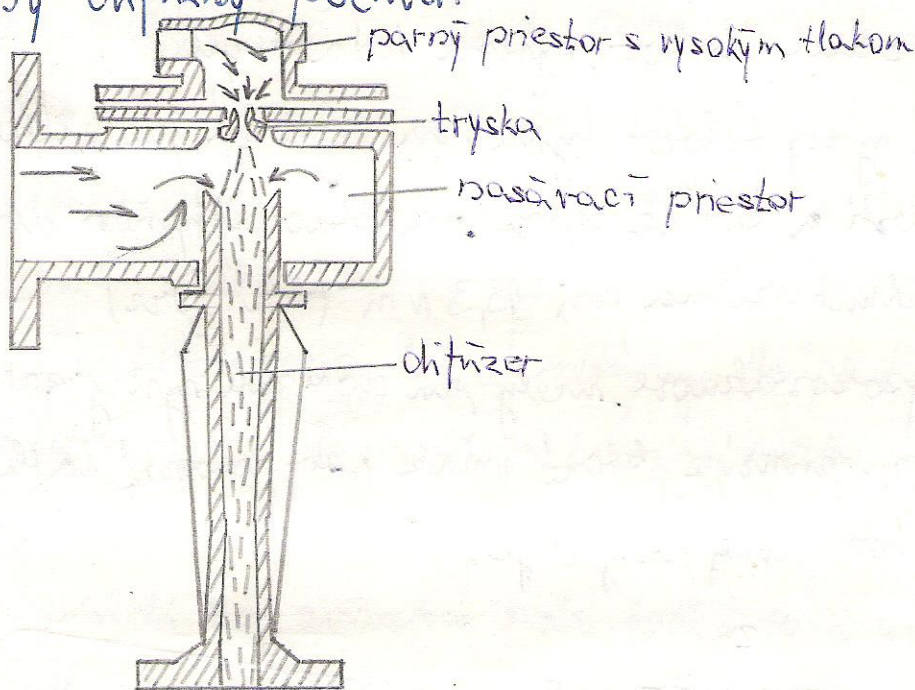
11. 1976

Princípy činnosti tryskových a difúzných výrezer.

Činnosť difúzných výrezer je založená na dvoch zákl. javoch

1. jav parnej trysky

2. vlastný difúzný pochod.

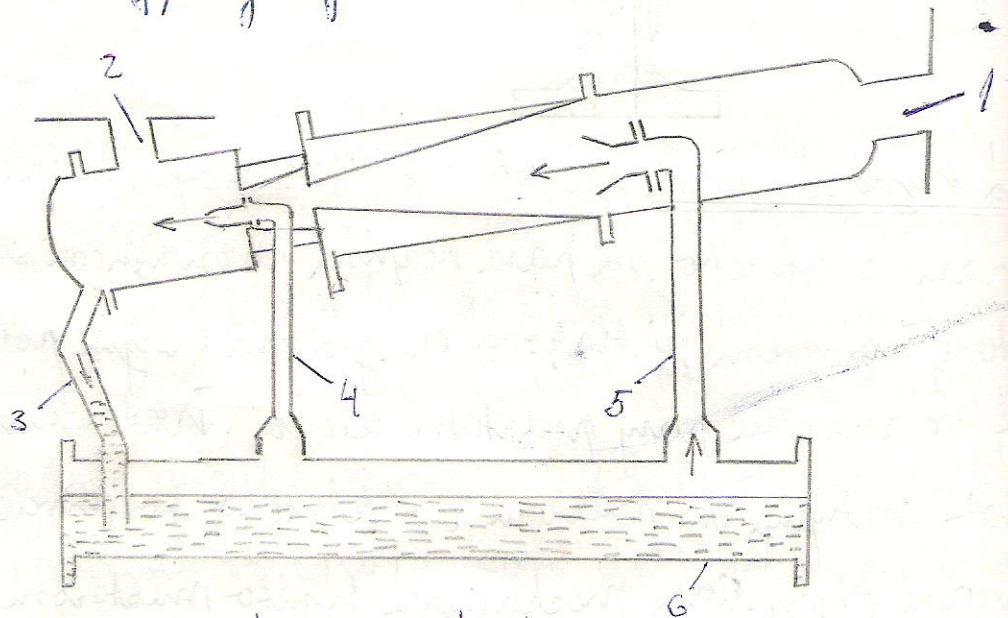


Parná trysková výreza sa skladá zo vstupného priestoru pre paru a ktorého sa para rozvíja rozvíjajúcou sa tryskou, v ktorej sa mení jej tlaková energia na energiu pohybovú. Tlak vo vrážku parity podstatne klesá. Preto nasávací výrezer vstupuje do priestoru, do ktorého sa privádzajú odsávané plyny. Paru prechádzajú týmto priestorom s veľmi značnými molekularnými rýchlosťami, má však pomerne malý tlak, nižší než okolité plyny. Plyny s vyšším tlakom vstupujú preto do vrážku parity a molekuly plynu dostávajú splynom rozšok s molekulami parity rýchlosť v smere pohybu parity. Z priestoru, v ktorom sa plyny nasávajú,

púchli vzárok do difúziem, ktorý sa najskôr zúžuje
 ku koncu, sa zase rozširuje. V zúžujúcej sa časti
 para čast svojou rýchlosťou a nadobída opäť väčšiu tlak.
 Tým dochádza k tomu, že aj plyn sa stlačí na vyššiu
 tlak, takže v miestach nasávaní a v vyššom z difúziem
 je rozdiel tlakov; prvá teda čerpa.

Práve prvý tohoto typu sa stavajú pre veľké čerpanie
 rýchlosti a keď sa zapoja niekoľko stupňov do série, možno
 dosiahnuť tlak asi $13,3 \text{ N m}^{-2}$ ($= 10^1 \text{ torr}$)

Pre vysokorýchlostné účely sú dôležité prvky satčenie na
 nájom princípe, ktoré však ako pohonné látky používajú
 miesto vodnej pary oleje.

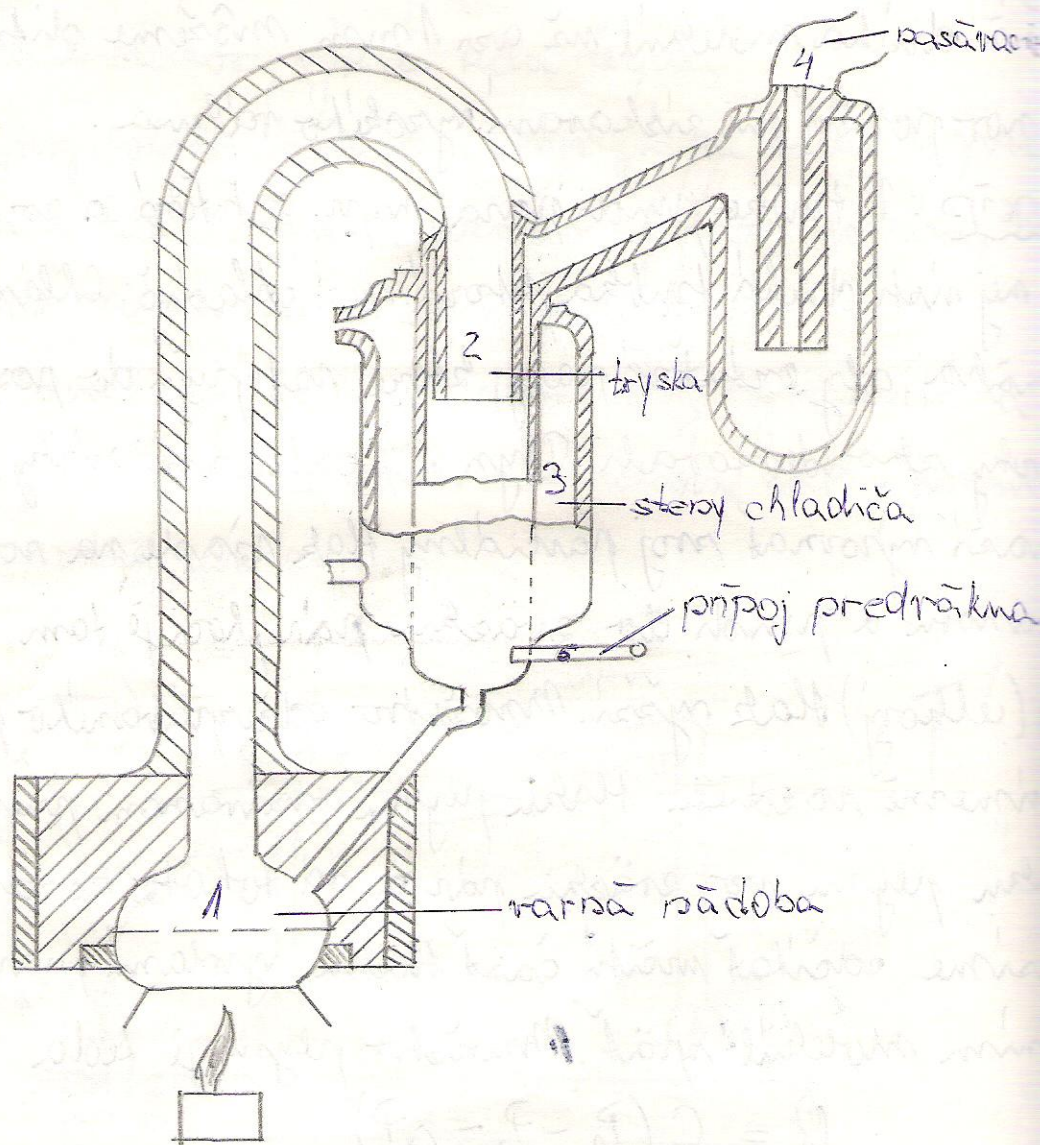


Dvojstupňová olejová trysková prvka.

1.-nasávacie hrdlo; 2.-pripoj predčerpka; 3.- spätný tok oleja
 4.-prívod pary k 1. stupňu; 5.-prívod pary k 2. stupňu; 6.-voda

V difúznej prvke sa uplatňuje ďalší pochod a to do-
 zia plynov do púchli ortuťových alebo olejových pár. Po
 kinetického kórie plynov nie je vzájomná difúzia ply

do kondenzačného priestoru, kde pary kondenzujú, z neho sa však molekuly plynu nemôžu vrátiť späť. Tu teda o zrojenie princípu difúzie o princípe vysokovakuovej kondenzačnej rúrky Langmuirovej.



Ortuť sa ochrúva v tanke (1) plynom horákom alebo varičom. Ortuťové pary vychádzajú z trysky (2) a kondenzujú na stenách chladiča (3). Náštržok (4) je spojený s výpranou nádobou, náštržok (5) s predvákuom. Aby do viditeľného vakuuma nevniklo na hodnote predvákuu, nebuď dynamický tlak plynu ortuťových pár menší než tlak

predvákua. Zachovaním týchto podmienok zmenšime možnosť prenikania molekúl vzduchu (difúzií) z predvákua do čerpaného priestoru. Hodnota dynamického tlaku púdu pri závisí predovšetkým na teplote vo varnej baste výberu. Langmuir vytvoril tiež difúziu ortuťovú výberu kovov, d. 1. 11. 46 ktorým princíp je rovnaký. Hlavnou nevýhodou difúzie Langmuirovej ortuťovej jednotstupňovej výberu (t.j. výberu, ktorá má len jednu škrabku alebo trysku) je to, že pohybuje pomerne veľmi dobre predvákuaním, má teda slu predvákuačnou prevnosť. Okrem toho má hodnota tohoto predvákua vplyv na končnú hodnotu vysokého vákuua, teda na medený tlak.

Na funkciu výberu má vplyv tiež konštrukcia trysky. Veľmi dôležitou hodnotou pre konštrukciu výberu je tzv. Hoor rýchlostný súčiniteľ. Je to skutočne akýsi výber pre účinnosť výberu. Vieme totiž, že ideálnou výberou by bol nekonečne veľký priestor s dokonalým vákuom. Keby sme takýto priestor spojili s priestorom, ktorý chceme čerpať, prídilo by každým l^2 otvoru, ktorým by sme tieto dva priestory spojili, 11,6 l/s čo je hodnota tzv. ideálnej čerpacej rýchlosti. Ak máme výber s rovnakým priestorom medzi hornou tryskou a chladiacim valcom, nedozriahame takej čerpacej rýchlosti ako v prvom prípade.

$$\text{Hoor- súčiniteľ} = \frac{\text{skutočná čerpacia rýchlosť}}{\text{ideálna čerpacia rýchlosť}}$$

Pre najlepšie výbery dosahujeme hodnoty 0,4.

Roztriedenie difúzných výber:

A. Ortuťové

B. Olejové.

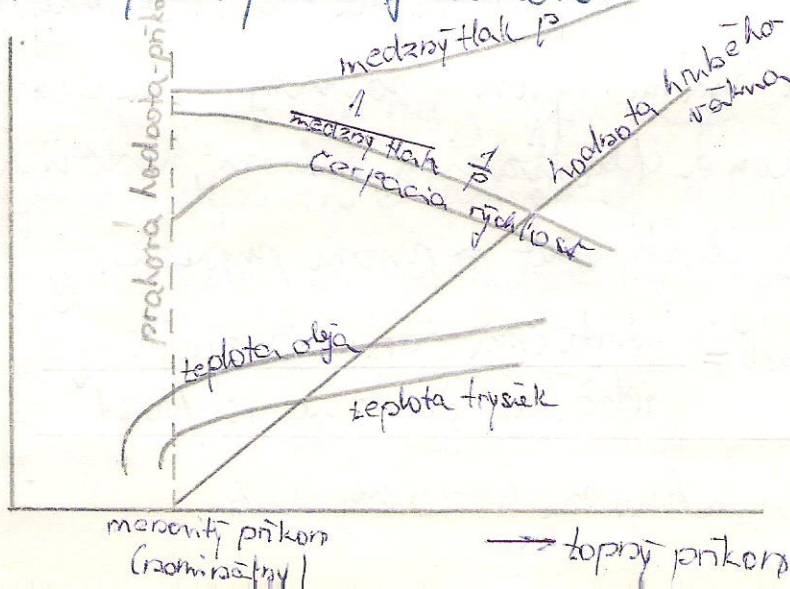
1. Sklenené - v laboratóriách - malé úspacie rýchlosť

2. Kovové - v prevádzke - vyhoda - veľká mechanická odolnosť a tepelná odolnosť, ktorá dovoľuje pracovať vyšších teplot než u výber sklenených.

Metoda - z čomu sa vo výberu od volí najp

Tepelné pomery u difúzných výberoch.

Veľkým charakteristickým rysom veľčiny difúzných výberov súvisia na dvoch veličinách, t.j. na topnom pítrome a hodnote predhrievania. Ak zvýšime topný pítrom výber ohrieva sa v topnej nádobe pomocná kvapalina, ktorá začne pri určitej teplote vyparovať. Vyparujúce pary musia najprv ohriať systém výberu na takú teplotu, a až na studenom systéme nevráti sa pomocná kvapalina v kvapalke. Až potom výber začína pracovať. Výber začína pracovať pri určitej minimálnej topnom pítrome, tzv. pracovnej hodnote.



nie je vhodné zvýšovať teplotný pútkon v domnienke, že zlepši-
me funkciu výtery. Jediné, čo tým získame, je, že difúzna
výtera pracuje proti vyššiemu tlakom, t.j. že zlepšime jej pred-
vážajúcu mocnosť.

Priaz nie je vhodné výteru prechladzovať. Znížujeme tým hos-
podárnosť výtery, pretože sa kondenzovaná polovná kva-
palina ochladí viac, než je pre funkciu výtery kľúč a slytá-
ne odvedené teplo musíme kwapalime opäť dodávať vo varnej
mádobě.

Ortuťové difúzne výtery.

Hlavné vlastnosti - číracon látkou je ortuť. Výhody:
Ortuť sa nerozpúšťa ani inak s ňou nereagujú
plyny, ktoré čerpa. Pri náhlom vniknutí vzduchu do
systému (implozií) sú ortuťové dif. výtery okamžite zase
schopné ďalšej prevádzky (nemastava oxidácia, ktorá
by zhoršovala účnosť výtery).

Ortuť je homogénna, jej bod varu je ľahko presne určený
a konečne, že nemeni behom prevádzky stroja sťahovanie.
Ortuť sa ľahko rýchle zmeniť teplotný pútkon (pudiat) a rýchle
meniť teplotu.

Nevýhody: tlak jej pár je dosť nllký, pri izbovej teplote asi
 $0,27 \text{ Nm}^{-2} (= 2 \cdot 10^{-3} \text{ torr})$. Pomerne vysoké skvapensacie teplo
premeny ortuti na pariu (asi 327 kJ na 1 kg pri 20°C), čo vy-
žaduje značný teplotný pútkon. Paru ortuti a ortuť parujúca
sú jedovaté.

Konstrukcia ortuťových difúzných výreč.

Najširšia kovová vrstva s ortuťou amalgámy, hlavne meď, zinok, hliník atď. Ortuť napáda tieto kovy: železo, molfrám, molybdén a tantal.

Dvojstupňová výreč - ortuťová difúzna - čerpacou rýchlosťou asi $0,5 \text{ l/s}$ pri použití symetricky sa dosiahne medzný tlak až $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-7} \text{ torr})$

Pre čerpanie na čerpacích stojanoch sa používajú ortuťové difúzne výreče s väčšou čerpacou rýchlosťou, asi 10 až 20 l/s

Bežná jednoštupňová výreč by pohľovala predvákuumom $13,3 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-1} \text{ torr})$. Chceme však aby medzný tlak nezávisel na predvákuu. Preto stavíme viacštupňové výreče.

Dvojštupňová výreč, ktorá dáva rovnaký medzný tlak, potrebuje predvákuum len 1333 až $2000 \text{ Nm}^{-2} (10-15 \text{ torr})$

výreč trojštupňová asi $2666 \text{ Nm}^{-2} (= 20 \text{ torr})$, štvorštupňová už len $5333 \text{ Nm}^{-2} (= 40 \text{ torr})$

LP. II. 46

Olejové difúzne výreče.

Vlastnosti olejov ako pohonných látok pre výreče.

Od difúzných olejov požadujeme zvlášť tieto vlastnosti:

1. musí umožňovať vysokú čerpaciu rýchlosť v celom rozsahu tlakov, predovšetkým však pri vyšších tlakoch, aby výreč mala dostatočnú predvákuovú pevnosť;
2. musí mať nízky tlak pár, aby bolo možné dosiahnuť nízky medzný tlak;

3. musí byť podľa možnosti odolný proti tepelnému rozkladu a oxidácii.

Oleje do difúzičných rybov.

Konzirujú sa tri druhy difúzičných olejov:

1. oleje minerálneho pôvodu, tzv. apiesony,
2. estery kyseliny sebacinovej alebo flakovej,
3. oleje silikonové.

1. Oleje minerálne (apiesony - z gréčtiny t.j. bez tlakov)

obsahujú zmesi niekoľkých vyšších uhľovodíkov, ktoré majú nízky tlak nasýtených pár. Pri rybov azostného oleja pri difúzičnej rybovi nadieme zariadenom: olej má piliš ľahký, ale dobre nasytený. Tomu vyhovuje napr. ľahký kurlinový olej alebo lekársky olej vazelínový.

U týchto olejov možno dosiahnuť tlak až $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-7}$ torr). Špeciálne difúzičné oleje dosahujú tlak pár až pod $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-8}$ torr). Takto však oxidujú. Nesmie sa teda dostať vzduch do rozobratej rybovi. Minerálne oleje majú aj dostatočnú odolnosť proti tepelnému rozkladu a oxidácii. Prátkodobé zavzdušnenie teplej rybovi, pokiaľ netrvá dlhšie než asi jednu minútu, znesú dobré oleje až šťokrát. Dochádza však pítom k rozkladu a k odčerpávaním ľahkých frakcií predvákuovou rybovou a tým k nbytku oleja vo rybovi.

Iné oleje: Diffelen firmy Leybold, Diffoil firmy Balzers, TESLA ROŽŇOV výroba hodifol.

2. Estery kyseliny sebacinovej a ftalovej.

dibutylftalát \rightarrow tlakom pár asi $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-5}$ torr)

dibutylsebakát \rightarrow tlakom pár asi $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-6}$ torr)

dihexylhexylftalát \rightarrow tlakom pár asi $2,67 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ (2.10⁻⁵ torr)

mazyvaný "Octoil"

dihexylhexylsebakát \rightarrow tlakom pár asi $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-8}$ torr)

mazyvaný "Octoil S" - veľmi vhodný

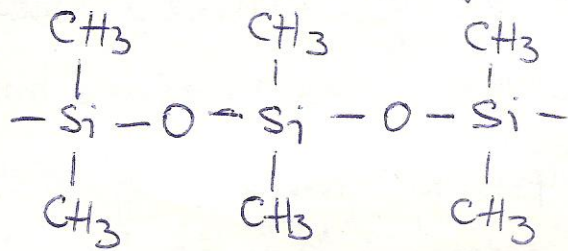
Dipnava týchto olejov je ťažká, sú veľmi náchylné k oxidácii

Oleje obidvoch týchto skupín majú aj značné nevýhody. Majú značne vyššiu hygroskopickosť a zle rozpúšťajú plyny a pary než ortuť. Olej sa rozkladá implexiou vzduchu do rozdrvenej výbery a keď vtedy ak sa odsávajú voľné pary, chloridové alebo fluoridové zlučovníky a pod. čo sa v ortuti nevykryje.

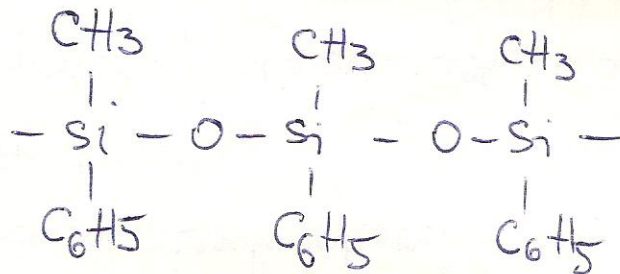
3. Silikónové oleje.

Služobiny používané ako pechové látky pri difúziách výberu majú mať za normálnej teploty nízky tlak, malé výparné teplo, musia byť chem. stále i za vysokých teplôt a pri svojom rozklade nesmú vytvárať splodiny, ktoré by funkciu výberu zhoršovali. Tieto vlastnosti spĺňajú v značnej miere tzv. silikóny. Sú to makromolekulárne látky, ktorých kostru tvoria reťazce zložené z atómov kremika a kyslíka, pričom na atómy kremika sú viazané organické radikály. Väzba Si-O je veľmi pevná. V difúziách sa uplatňujú silikónové oleje, ktorými sú z

chemického tladiška najčastejšie polydimethylsiloxany
 $[(CH_3)_2SiO]_n$ alebo polymethylfenylsiloxany $[CH_3C_6H_5SiO]_n$



alebo



Stlak pár pri teplote miestnosti je $1,33 \cdot 10^5$ až $1,33 \cdot 10^6 \text{ N m}^{-2}$
($\approx 10^{-7}$ až 10^{-8} torr).

Ak je bod vzplanutia vyšší než 40°C predpokladáme, že olej nemožno doiahnuť vákuom rádnu $1,33 \cdot 10^5 \text{ N m}^{-2}$ ($\approx 10^{-7}$ torr) bez nymazovania.

Porovnanie difúzičných rýchlostí olejových a ortuťových.

A olejových difúzičných rýchlostí máme značné množstvo olejových pár, ale s tlakom pomerne malým než u rýchlostí ortuťových. Preto majú aj vyšší značný prierez, stovím prídajú veľké množstvo olejových pár. Aj čerpacia rýchlosť olejových rýchlostí je teda väčšia.

Najväčšou ťažkosťou je, že oleje nesnesú preliatie, dochádza pri ňom k emícii (štrakovaniu oleja). Pre minerálne oleje musí byť pracovná teplota v rozhraní $230^\circ \div 300^\circ\text{C}$, aj menej. Musíme teda zabrániť funkčným obriatim oleja v rýbove.

Aby sa úplný rozklad oleja uskázal čo najmenší, volá sa často vhodná konštrukcia dna nádoby. Pri stromy sa volá materiál s dobrou tepelnou vodivosťou, čo je možné aj keď olej nereaguje s určitými kovmi, ale ortuť s nimi tvorí zmes.

Výhodou olejových difúzičných výber je malý tepelný príkon porovnaní s výberami ortuťovými. Je to dané menším skvapalňujúcim výparným teplotou olejov + porovnaním s ortuťou.

Ďalším dôvodom je aj chladenie olejových difúzičných výberov priamym spôsobom než chladenie ortuťových výberov. Tie sa chladia púšťaním vzduchu.

Pri používaní olejových difúzičných výberov odpadajú tiež výparné oleje, ktoré sa musia používať u ortuťových výberov, pretože pár olejov je nízky. Pre zabezpečenie dostatočnej kondenzácie olejových párov sa do istých výberov zabudovávajú tzv. lapače vo forme clony, ktoré tiež majú zväčšiť ochladzovanie a znemožňujú tiež priamou dráhu molekúl oleja do černej plochy.

Metódy olejových difúzičných výberov: potrebujú omnoho lepšie predvákuum než výbery ortuťové a to 13,3 až 1,33 Nm ($= 10^{-1}$ až 10^{-2} torr)

Typy olejových difúzičných výberov:

1. Výbery, ktoré dosahujú nízke medzné tlaky a majú veľkú čerpaciu rýchlosť; potrebujú ovšem pomerne vysoké predvákuum. Boli vynikajúce pomocné oleje difúzičné (booster), ktoré pracujú s omnoho vyššou teplotou oleja a vyššou tlakom olejových párov, a preto potrebujú len

podstatne koršie predvákuum [rádove $133 \text{ Nm}^{-2} (= 1 \text{ torr})$].
Medozahynú mizky medsky tlak a zaradujeme ich pred vy-
sokorákuové difúzne výbery.

Malé olejové difúzne výbery byvajú niekoľkostupňové a
pohybujú predvákuum asi $13,3 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-1} \text{ torr})$.

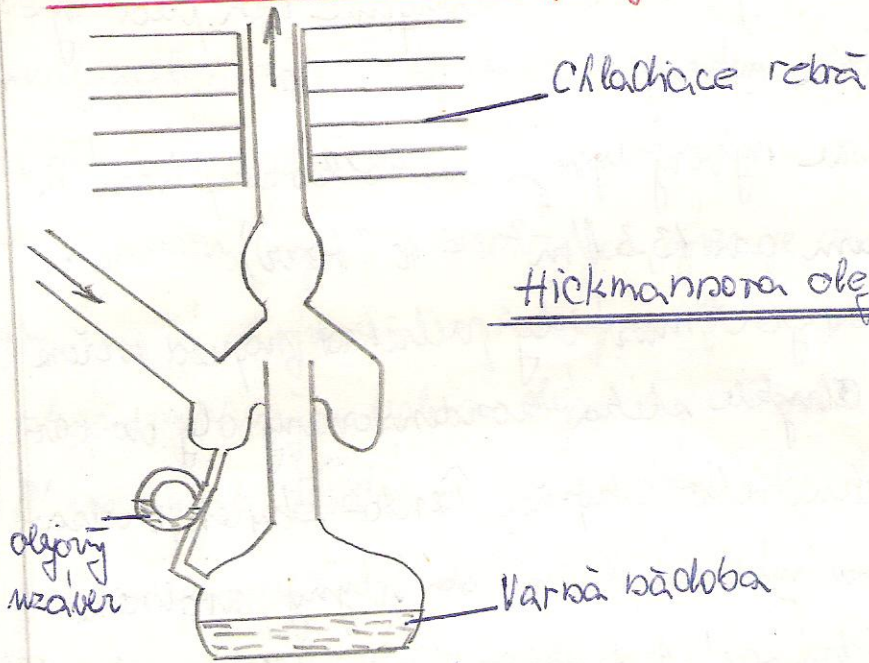
Frakčné výbery, v ktorých musí olej prebehnúť napred urče-
nú obkruhú v výbere. Skrytke sľehá kondenzovaný olej do var-
nej nádoby predvákuového stupňa. Tento stupeň je odsá-
vaný priamo rotačnou výberou, takže sa plyny, uvolnené
pri vyššej teplote, odsávajú. V tejto vanej nádobe sa tiež
odparí frakcia oleja s najnižším bodom varu, t.j. s
najväčším tlakom pár. Odplynený olej prechádza potom
do vanej nádoby ďalšieho stupňa, ktorý je tak sa so-
boraný dobrým odplyneným olejom a môže dosiahnuť
lepšie vákuum. Medsky tlak frakčných výber trojstú-
ňových je bez vymasovania rádove $1,33 \cdot 10^6 \text{ Nm}^{-2} (= 10^{-4} \text{ torr})$
dosahujeme teda tieto typy olejových difúznych výber:

1. malé výbery, jednostupňové a viacstupňové
2. frakčné výbery
3. veľké výbery vysokorákuové s veľkou čerpacou rých-
losťou, ale s dobrým pohybným predvákuom.
4. pomocné výbery (booster), pracujúce proti predvákuum
 67 až $133 \text{ Nm}^{-2} (= 0,5$ až $1 \text{ torr})$

Vodľa materiálu, a ktorého sú vyrobené, máme výbery
sklenené a kovové.

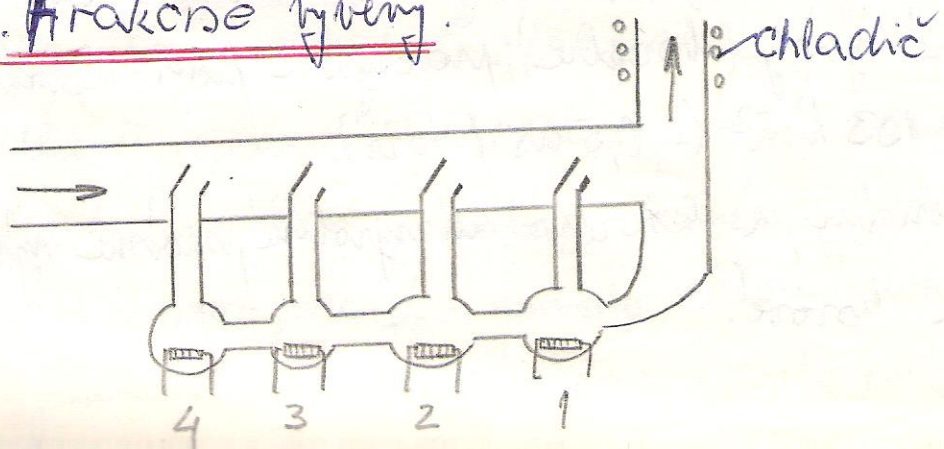
Konstrukcia olejnych difuznych ryhov

1. Malé ryho

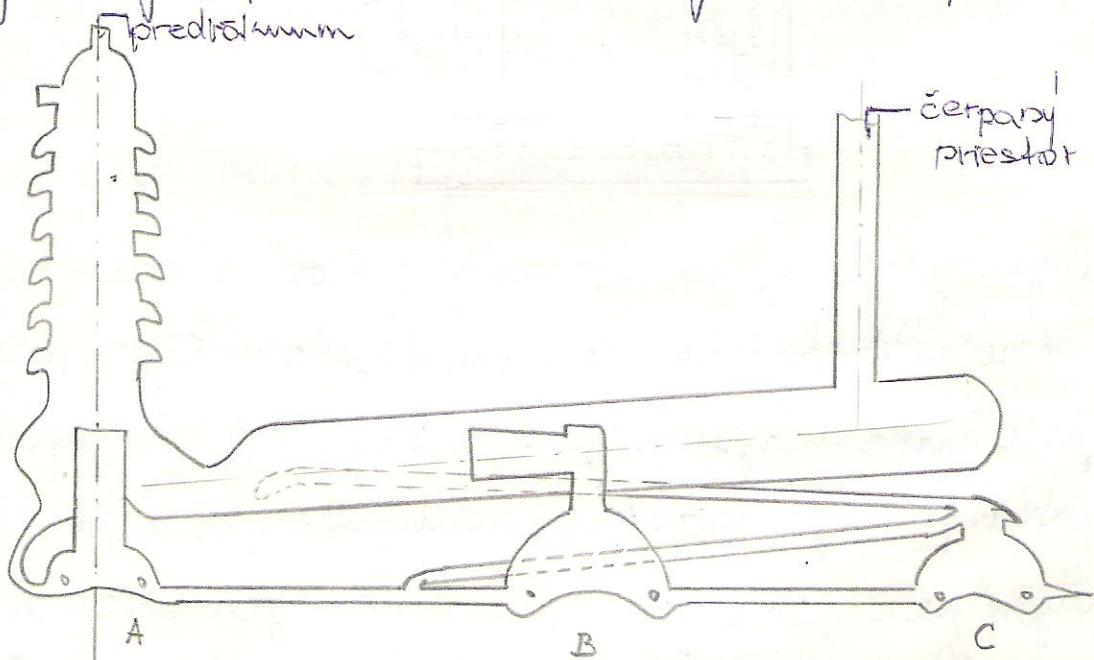


Hickmanova olejová difúzna rýha

Parý oleja stúpajú výtupnou trubicou, ktorá končí v
kryšle. Tam difunduje do olejových pár vedúch, pričom
jví z čerpaného priestoru trubkou (na ľavej strane obrázku
smere šípky). Parý oleja aj s molekulárnymi vedúcimi sa
jú v trubke (v smere šípky), na ktorú je pripojené predvaku
a kondenzujú na jej chladených stenách. Zhondensovaný
olej sľeká po stenách trubky a odpadnou trubicou spa
do varnej nádoby. Odpadnej trubke je olejový uzáver,
je nadväzovanou nádobou a odpadnou trubicou rozdiel tlaku
Medzery tlak je rádove $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ N m}^{-2}$ ($\approx 10^{-6}$ torri) pri
porej rýchlosti 9,5 l/s. Predvákuum je asi $13,3 \text{ N m}^{-2}$ ($\approx 10^{-1}$
2. Frakčné ryhov.

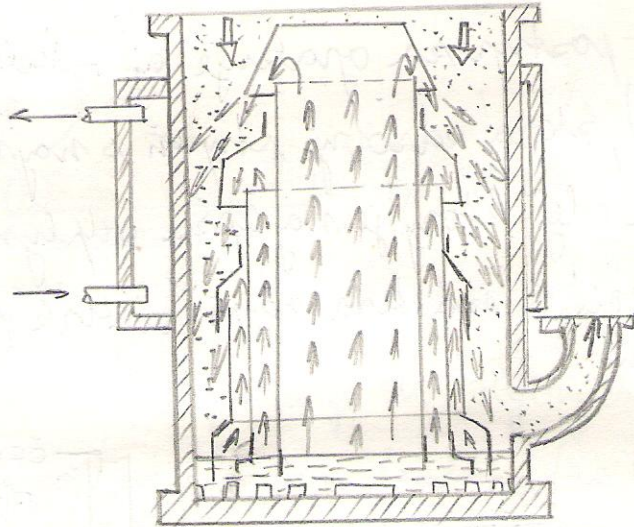


Odáva sa v smere šípok. Olej skondenzovaný na stenách
 výfukovej rúrky vodného chladiča steká najprv do
 nádoby (1), ktorá zaisoluje čerpadlo stupen' najhrubšieho
 ráku. Hlavná časť tekutých frakcií olejov sa vyparí
 v prvej nádobe a do nádoby (2), ktorá zaisoluje
 olejovým ďalší stupeň s vyšším rákuom, pričom sa
 má olej čistejší. Tento postup sa opakuje aj v ďalšej ná-
 dobe a do banky (4), ktorá zaisoluje stupeň s najvyšším
 rákuom sa dostáva olej, ktorý je najlepšie odplynený a
 zbavený ľahkých frakcií a má teda najnižšiu tlak pár.



Na obrázku je dvojstupňová sklenená frakčná výhrev.
 Princíp jej činnosti je tento: Olej skondenzovaný na stenách
 výfukovej rúrky steká odpadovou trubkou s olejovým
 náveroem do nádoby (A). Tam je vyhrívany telískom
 na kypoln, pri ktorej sa odparia všetky zložky s vyšším
 tlakom pár. Tieto olejové pary stúpajú do prvého stupňa
 výhrevy, ktorý vytvára dostatočné predvákuum pre druhý

stupuň, vysokotlakový. Olej zbarvený složík s vysokým tlakom pár púdi do druhej nádoby (B) a jeho pary sobriju vysokotlakový stupeň. Nádoba (C) slúži usadenie tuhých složík, vznikajúcich pri prevádzke. Čerpacia rýchlosť je asi 66 l/s pri tlaku $1,33 \cdot 10^{-3}$ N m² ($\approx 10^{-5}$ torr)



Trojstupňová fra-
kcionárna difúzna ko-
nfigúra.

Tryskový systém sa skladá z troch súvisiacich nívod ktoré sú zakončené elastickými tryskami. Olejové pary stú-
júce nívkami, vstúpajú z trysiek a do vyššieho nívo-
du pár difundujú molekuly vzduchu z čerpaného priest-
oru. Olejové pary kondenzujú na chladených stenách nívo-
du a olej steká späť do hornej nádoby, kde je odparovaný predvákuovú nívergu. Trepačkami v o-
be hornej nádoby rozdelená na tri časti. Olej, ktorý
po stenách nívo-
du sa dostane do vonkajšej časti hor-
nej nádoby a musí postupovať po dlhých drahách z jednej čas-
ti nádoby do druhej. Tým sa najprv odparia složíky
najvyšším tlakom pár a sa sobriju pary, predvákuovú

stupni nřevy, a druhej časti sa odparia frakcie s nižším tlakom par a konečne do strednej časti ramnej nádoby sa dodane olej s baremý všetkých ľahkých zložiek.

5. Veľké nřevy vysokotlakové s veľkou čerpacou rýchlosťou, ale s dobrým predtlačom.

Sú vždy konštruované ako nřevy frakčné, obzčajne horšie, a vyznačujú sa týmito konštrukčnými zásadami.

a) veľký prierez hrdla nřevového a nasávacieho

b) trysky deflexčného typu, ktoré sú mčené z kovu, aby vyberali najár olejových par s pomere slabou intenzitou a malým spádom na jednotlivom stupni.

c) malý spád tlaku na prvom stupni

d.) n niekoľko stupňový nřevy má každý ďalší stupeň menšiu čerpaciu rýchlosť, ale väčší spád tlaku,

e.) pomere malý tlak olejových par, rádove niekoľko desiatk toru

Tieto nřevy sú konštruované s čerpacími rýchlosťami 100 l/s

az 30000 ÷ 40000 l/s. Napr. : nřeva s čerpacou rýchlosťou

2000 l/s pri tlaku $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}^2$ ($= 10^{-5}$ torr). Medznej

tlak je nižší než $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ ($= 10^{-7}$ torr), pri požá-

dovanom medanom vyššom tlaku $6,7 \text{ N/m}^2$ ($= 2 \cdot 10^{-1}$ torr)

Či ner nasávacieho hrdla je 500 mm, na predtlačový

zhan 65 mm. olej minerálny alebo syntetický - asi 5000 cm³.

Či non je asi 5 kW a spúcha chladiarej vody asi 100 l/h

Tieto nřevy sú vhodné pri nřevovaní, pri vákbovej peci,

odplyňovanie ocele, nřevovanie, kmotore spektrometrie atď.

4. Pomocné rývery (boostre)

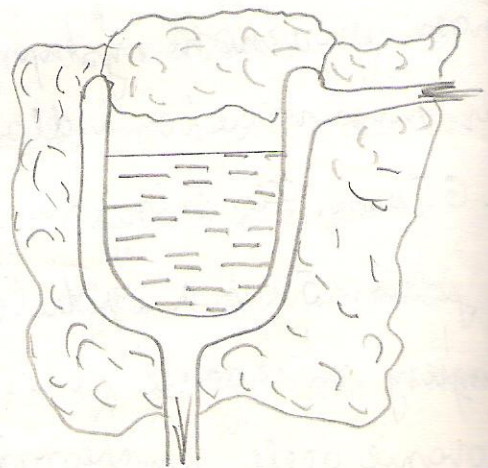
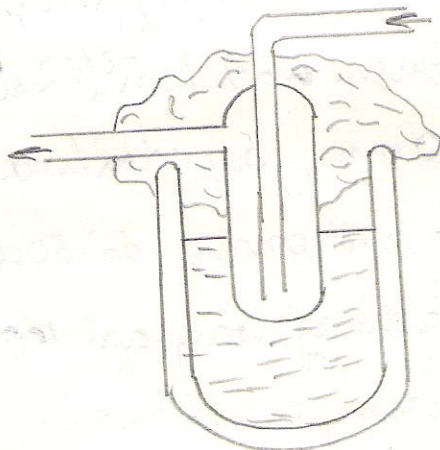
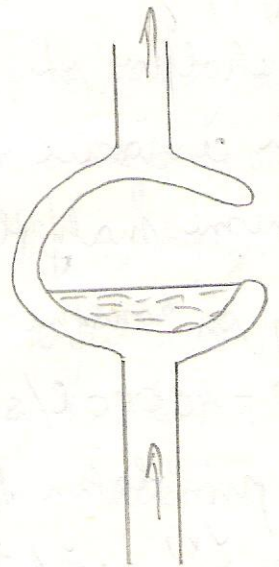
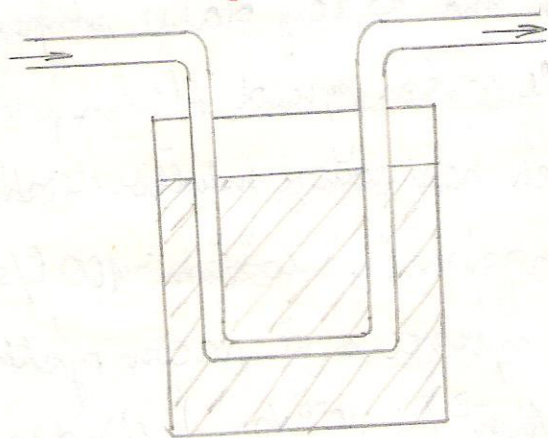
vyrabajú sa preto, aby sa našli na predváknovej rýve.
Pomocné rývery pracujú s malou výťažnosťou rýchlostí
proti vyšším tlakom [67 N/m² (= 0,5 ton) až 133 N/m² (= 1 ton)]
čo je vhodná hodnota pre olejové rotačné rývery. Pracovná
oblasť týchto rýver je medzi 1,33 a 0,013 N/m² (= 10⁻² ton).

Ich konštrukčné základy sú:

- pomene malý priemer krídla rývery
- trysky vytvorené podobne ako u tryskových rýver
aby spôsobili tlak na každom stupni bol čo najväčší,
- pomene vysoký tlak olejových pár (rádovo niekoľko ton)

Vymrazovanie

15. III. 76



Gymnastovacia je v podstate nádoba, ktorej steny sú chladené
niejakou chladiacou látkou s veľmi nízkou teplotou, takže
vlhkosť pary kondenzuje na jej chladných stenách.

Ako najčistšie chladiace látky pre gymnastovacie sa používajú
na tekutý dusík alebo tekutý vzduch.

Om normálnom tlaku je bod varu kvapalného vzduchu medzi
 -190 a -185 °C. Tlak pár ortuti pri tejto teplote je asi $2,67 \cdot 10^{-25}$
 Nm^{-2} ($= 2 \cdot 10^{-24}$ torr). K prenášaniam tekutého vzduchu sa používajú
najmä sklenené Dewarove nádoby (termosky). Miesto tekutého
vzduchu sa používajú tuhé kyslíčnik uhlíčitý v zmesi s liekom
alebo s acetonom. Bod sublimácie tejto zmesi je za normál-
ného tlaku asi okolo -78 °C. Tlak ortuti pri tejto teplote je asi
 $1,33 \cdot 10^{-7} \text{Nm}^{-2}$ ($= 10^{-9}$ torr).

Sušenie.

Používajú sa látky, ktoré absorbujú vlhkosť napr. kyslíčnik
fosforečný (P_2O_5).

Používa sa tiež silikagel, ktorý sa dodáva s farbitvom, slu-
žiacim ako indikátor poklesenej vlhkosti.

Ďalším účinným prostriedkom na sušenie sú molekulové sieť-
tance, ktoré absorbujú buď rodu, alebo olejové pary.

Lapače pâr.

sú konštruované tak, aby zabránili priamej ceste molekúl
olejových pâr z výtery do čerpaného priestoru. Lapač pâr
zníži obvyklú čerpaciu rýchlosť výtery o 30 až 50 %.

Pre dosiahnutie vakua pod $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-8}$ torr) lapače chladené bežným freonovým chladiacim zariadením, takže môžu pracovať až pri teplote -40°C .

Pre konštrukciu lapačov pár platia tieto zásady:

- a.) zmenšiť až o štyri rády spätný tok olejových pár.
- b.) čo najmenej znížiť čerpaciu rýchlosť výreň.
- c.) umožniť dobré chladenie funkčných častí.
- d.) odviesť vhodným spôsobom kondenzovaný olej, aby neodkráľoval na horný systém výreň.

Ionizačné getrové výreň.

Využívajú fakt, že určité kovy môžu pri vhodných teplotách pohlcovať značné množstvo plynu.

Pohlcovanie je spôsobené:

- a.) chemickou reakciou medzi časticami plynu a kovom
- b.) fyzikálnym niasaním častíc na povrchu kovu (adsorbcia)
- c.) fyzikálnym niasaním častíc plynu v póroch (absorbcia)

Najčastejšie sa používa titán, vhodným spôsobom odparením a nasadením v tenkej vrstve na stenách výreň.

d.) inertné plyny sú ionizované, ich ióny sú v el. po vyčlene a „vštelene“ do titánovej vrstvy, v ktorej zostávajú niasané ako neutrálne atómy (neutrálizujú sa tam).

Podľa spôsobu vytrávania súvisí titánovej vrstvy sú dve základné tri typy ionizačných getrových výreň:

- 1) výreň s odparovaním titánu nasadeného zvaná

rovnoprávný drôt, ktorý je zahrievaný prechodom prúdom na teplotu asi 1700°C , pri ktorej sa titán dostatočne odparuje a potom kondenzuje na chladnej strane nýberu. Takýchto odparovacích systémov je vo nýbere niekoľko (2 až 10), takže je umožnená dostatočne dlhá doba prevádzky, zvlášť preto, že titán nemusí byť odparovaný plynné, ale vždy len v určitých intervaloch, v ktorých vstáva, skôr naparená na stenách nýberu, je ním pohľadeným plynom nasýtená. Ďalej je vo nýbere ešte ionizačný systém (t.j. katóda, anóda a kolektor), ktorým sú plyny ionizované a ióny vyflokované proti stene. Kapacia rýchlosť 1000 l/s pre dusík, 500 l/s pre kyslík a CO , pre inertné plyny podstatne menšia, pre argón 25 l/s a pre hélium len 15 l/s .

Nýbera sa používa na udržovanie tlaku asi $1,33 \cdot 10^{-6}\text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-8}\text{ torr}$) v objeme $600 \div 1000\text{ l}$ po dobu mnoho mesiacov.

Nýberu, v ktorých sa k odparovaniu titánu drôtu používa prúd elektrónov, sústredený na jeho koniec. Tieto nýbery možno použiť v oblasti ultravysokého vákuua až do tlakov $1,33 \cdot 10^{-8}\text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-10}\text{ torr}$). Nýbery tohto typu možno použiť, aj keď sa v čerpanom priestore nachádza veľké množstvo plynov.

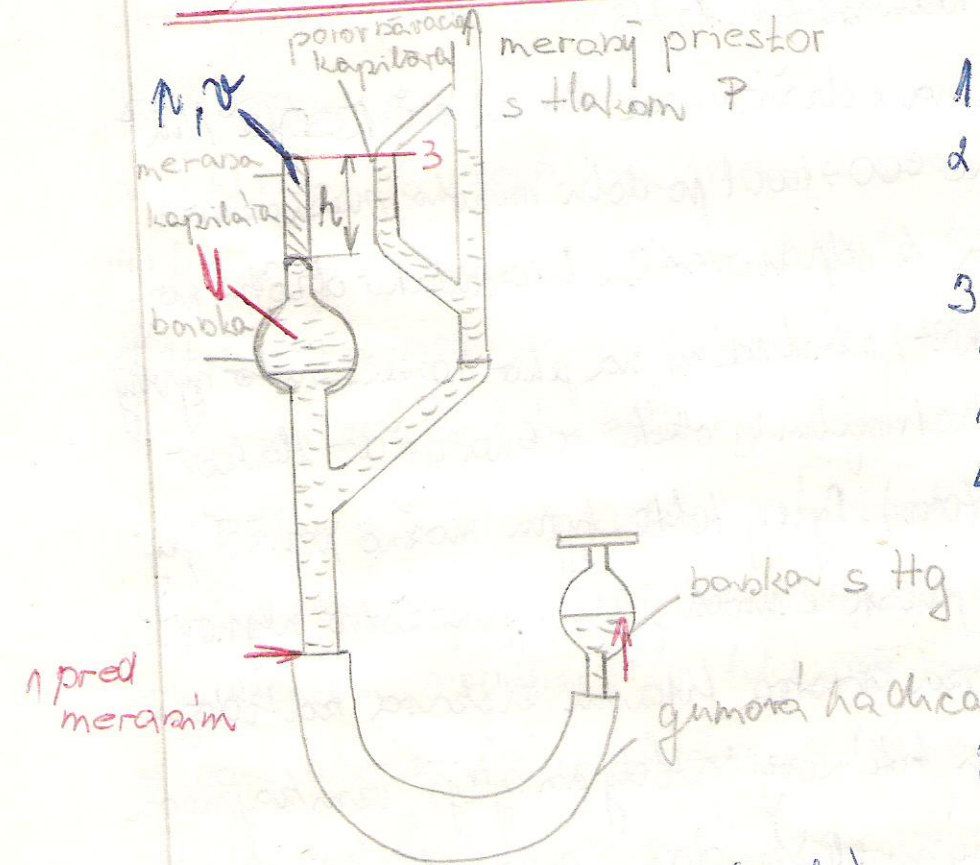
3) Nýberu, v ktorých sa vstáva titánu ziskava katódovým rozprašovaním titánovej katódy pri nýboji, vznikajúcom medzi dvoma studenými elektródami, medzi ktorými je napätie asi 1 kV . Zde tu ide o spojenie rozprašovania titánu s ionizáciou a odpadá tak zvláštny zdroj

odparovania litánu. Naopak musíme použiť pole, aby sa myšľ medzi studenými elektrodami udrža-
 aj pri nízkych tlakoch.

Pretože iontový prúd, ktorý spôsobuje rozprašovanie litá-
 nej katódy, závisí na tlaku v systéme (čím horšie je va-
 kuum, tým väčší je iontový prúd), je aj rýchlosť vytvá-
 nia novj aktívnej litánovej vrstvy závislá na stupni vaku-
 umu. Keď sa sama podľa tlaku reguluje svoju čerpaciu rých-
 losť čerpania rýchlosť je 5000 l/s pri tlaku $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$
 10^{-6} torr a môžu dosiahnuť medzný tlak až $1,33 \cdot 10^{-9}$
 Nm^{-2} ($= 10^{-9} \text{ torr}$).

A4 mys

McLeodov vákuometer



1. Všetde je tlak P
2. kompresia - naplnenie ortuťou
3. hladina v pomocnej kapiláre na úrovni meracej kapiláry
4. objem v je v
 $n > P$
 $v \cdot P = v' \cdot p$
5. meraním tlaku je $p = P + h$ [torr]
 [mm Hg]

$$v \cdot P = v' \cdot (P + h)$$

$$v \cdot P = v' \cdot P + v' \cdot h$$

$$v \cdot P - v' \cdot P = v' \cdot h$$

$$P = \frac{v' \cdot h}{v - v'}$$

$$p = \frac{r \cdot h}{V} \quad \text{ak je zanedbateľne malá } V$$

$$p = \frac{(\pi \cdot r^2 \cdot h)}{V} \cdot h$$

$$k = \frac{\pi r^2}{V}$$

$$p = k \cdot h^2$$

Meranie tlaku týmto vákuometrom závisí o tom, že sa väčší pomerne veľký objem zriedeného plynu stlačí v kapiláre a meriame sa vypočíta tlakový tlak plynu.

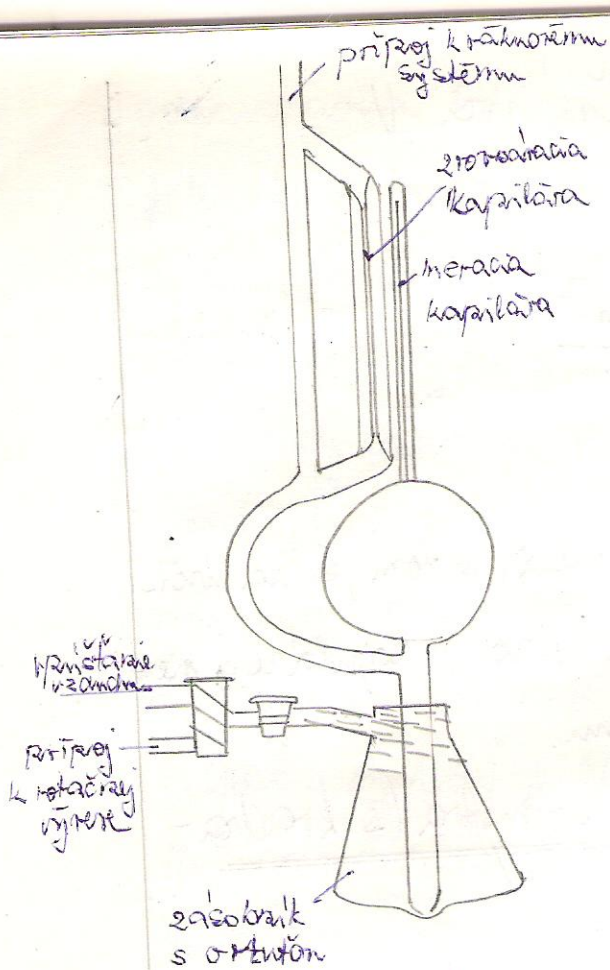
Ciachovanie McLeodovho vákuometra (s kvadratickou stupnicou)

Kormery sa robia buď predbežným výpočtom, alebo z nomogramu. Objem nádoby V sa pri normálnej síčly odporúčajú voliť väčší než asi 300 cm^3 . Kapilára sa volí s priemerom väčším než $0,5 \text{ mm}$.

Kalibrácia

Objem banky zmeriame ľahko tým, že do nej naplníme vodu z meracou pipety. Kalibrácia kapiláry je složitější. Do kapiláry sa nasadí stĺpec ortuť, dlhý asi 40 mm . Pohybujeme sa v kapiláre po celej dĺžke a meriame dĺžku stĺpca. Potom vyberieme tú časť kapiláry, v ktorej sa dĺžka stĺpca ortuť zmení len nepatrne. Ortuť vlijeme do nádoby a presne zmerať. Zo známaj dĺžky stĺpca a z známaj hmoty ortuť ($13 596 \text{ kg/m}^3$) vypočítame prierez s alebo polomer r kapiláry.

U popísaného vákuometra používame k zvyšovaniu tlaku Hg zvláštny závesník s ortuťou. Vyššie je tzv. skrátený vákuometer.



Ortuť sa v ňom zmieša a zohľadnením alebo opätovaním vedie do zásobníka. K zmiešaniu hladiny je zásobník pripojený s rotáciou výreže. K zohľadneniu hladiny sa pohybom naplniť do zásobníka vedieť s atmosférickým tlakom.

Výhody McLeodovho vákuometra.

Je to vákuometer absolútny, môžeme jeho konštantu a celú stupnicu mať z rozmerov prístroja. Ghlší preto ešte v porovnaní iných vákuometrov.

Nevýhody.

Metóda sa k ničovaniu tlaku ľahko kondenzovať pár (v kapiláre nastáva stlačenie, tým k páry kondenzujú tlak nemožno merať).

Ďalej je to pomalé odčítavanie, najmä jeden až dvakrát minútu - nedá sa tlak plynu sledovať. Ťažšie obsluha.

Roztriedenie vákuometrov.

Znižujú rozsah tlakov, ktoré sa používajú so vákuom. Je od atmosférického tlaku (t.j. 760 torr = 1 atm) až do 1,33 $\cdot 10^{-11}$ N/m² (= 10^{-11} až 10^{-13} torr). Nemožno preto vákuomer pre celý tento rozsah tlakov.

Barometre môžeme roztriediť:

x) podľa presnosti merania

1. pre približný odhad (hlavne pre vyššie tlaky)
2. pre presné meranie (hlavne nižších tlakov)

B) podľa spôsobu konštrukcie stupnice:

- 1.) na absolútne, t.j. také, v ktorých možno fyzikou priamo vypočítať (McLeodov, Kruhd sensor)
- 2.) na ostatné, ktoré musíme podľa absolútnych ciachov, poprípade ciachov pre každý plyn včítať.

g) podľa toho, aký tlak merajú

- 1.) totálny (celkový) tlak.
- 2.) parciálny (čiastkový) tlak. - kmotore spektrometre

Pristroje pre hrubé meranie a pre odhad.

Používajú sa uzavreté manometre plnené ortuťou v trase priemeru 4."

Ďalším prístrojom je el. skúšací váhnik. Farba výboja udáva druh plynu:

červená, ružová až fialová	vzduch,
sivá modrá	vodné pary, pary liehu
tmavo červená	meď
modrá	argón

Barometre založené na zmene teplotnej rozťažnosti plynov so zmenou tlaku.

Používajú sa dva druhy barometrov:

1. odporový barometer
2. barometer s termoelektrickým článkom

Oba vakuometry majú tenký drôt, umiestnený v meranom
vákuu a zahrievaný el. prúdom. Žiadny z týchto vakuom-
et nie je absolútny. Rozsah meraného vákuua je $133 \text{ N m}^{-2} (= 1 \text{ torr})$
 $0,133 \text{ N m}^{-2} (= 10^{-3} \text{ torr})$.

Teplota zo zahrievaného drôtu odvádza tepelnou vodivosťou
držiaka, vedúcim plynom a žiarením. Väčšie zmeny te-
ploty vodivosti spoja vlákna a držiaka majú vplyv na počet
stupnice. Pri nižšej tlaku sa zmenšujú straty tepla, spôsobené
odvedením tepla molekulami plynu, keďže straty žiarením
nemenná.

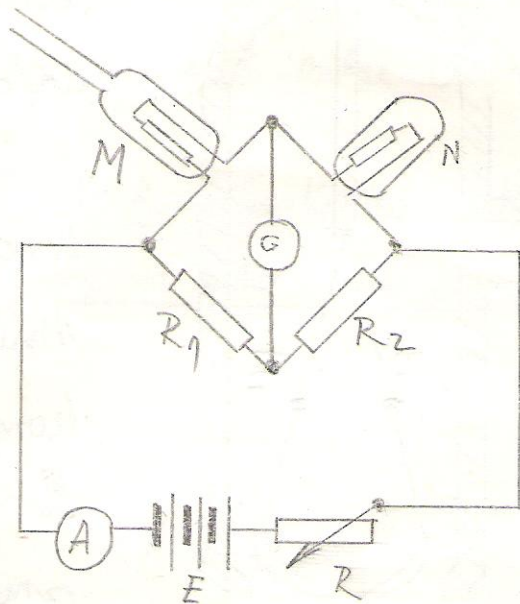
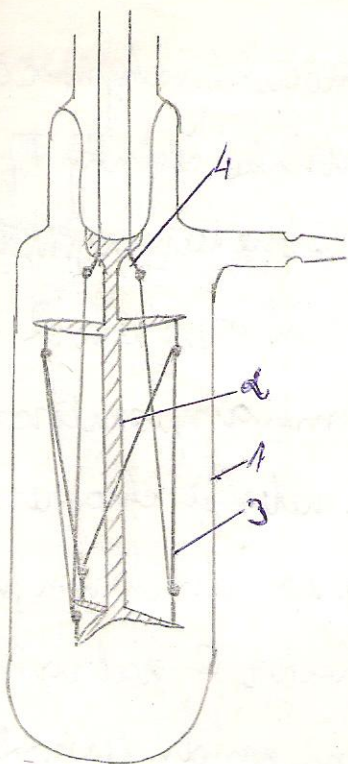
Odporový vakuometer Piraniho

Prináša sa tu lineárna závislosť tepelnej vodivosti plynu
tlaku v rozsahu $13,3 \div 1,33 \cdot 10^{-2}$ popri prípade $1,33 \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-2}$
až 10^{-4} popri prípade až 10^{-5} torr .

Pri konštrukcii vychádzame z troch rôznych metód:

- napätie na koncoch vlákna sa udržuje stále a me-
ra sa veľkosť prúdu ako funkcia tlaku;
- odpor (a tým teplota) sa udržuje stále a mera sa pú-
ta (k tomu pohybný) ako funkcia tlaku;
- prúd prechádzajúci vláknom sa udržuje stále a me-
ra sa odpor ako funkcia tlaku

A dlhý sklenený nádobka (1) je zatavená nožička (2) a
platinovým vláknom (3). Vlákna býva upravené na sklené
háčkové, prítavených k nožičke. Konce vlákna sú pri-
kružené k tenkému drôtu (injektor, 4).



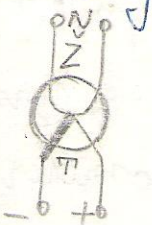
Mierka Piranika
vakuometra

Schéma zapojenia Piranika vakuometra
M-mierka; N-kompenzačná mierka (izotermická)

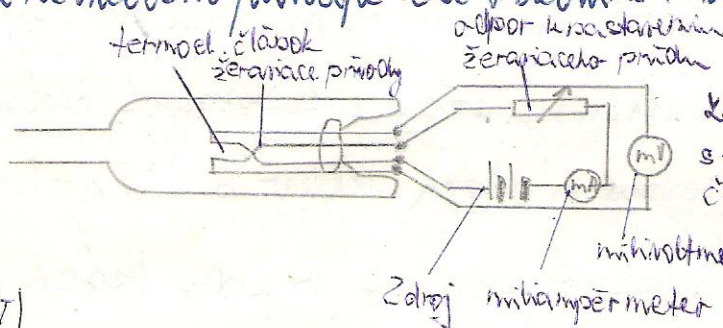
Et. schéma vakuometra je v podstate Wheatsonov mostík. Ke ramena sú tvorené odpormi R_1 a R_2 , ďalšie dve ramena sú tvorené odporovým vláknom mierky M, ktorá je pripojená k vakuovému systému a odporom vlákna kompenzačnej mierky N, ktorá je shodná s mierkou M, je však zatavená po vytvorení na vysoké vákuum. Teplota vlákna je asi 125°C . Druhú stranu rovnováhy mostíka sa prejaví rýchlym galvanometrom G, ktorý môžeme priamo viazovať v jednotkách tlaku.

Vákuometre s termoelektrickým vláknom.

založený na rovnakom princípe ako Piraniko vakuometer.



Princíp vakuometra
s termoelektrickým (T)
Z - žeraviace prvky

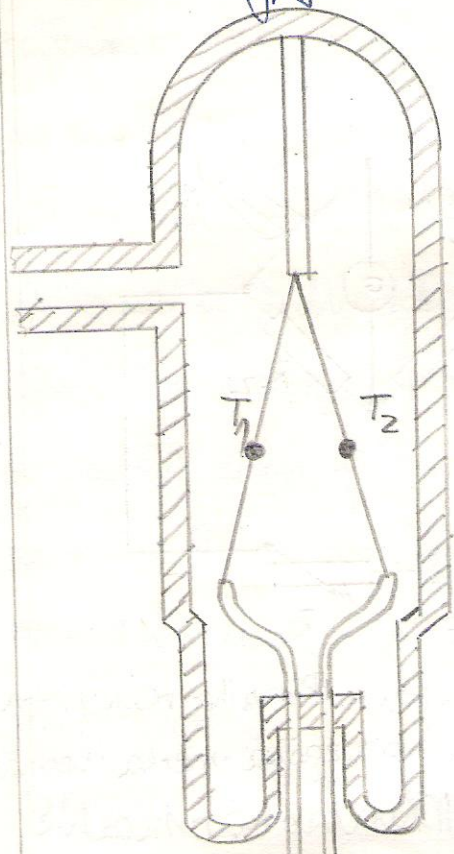


Zapojenie vakuometra
s termoelektrickým
vláknom

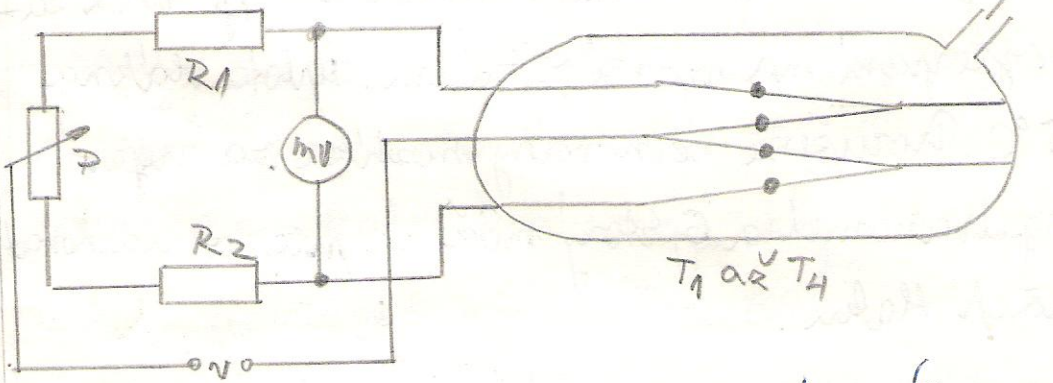
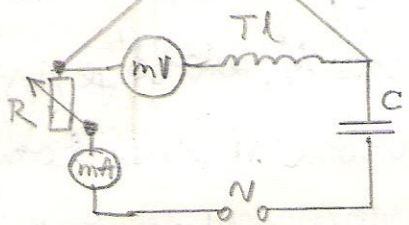
mikrovoltmeter (= jednotkách tlaku)

Zdroj mikroampér meter

Mikstora' typu r'atnometrov s termoelektrickym' cl'ankom

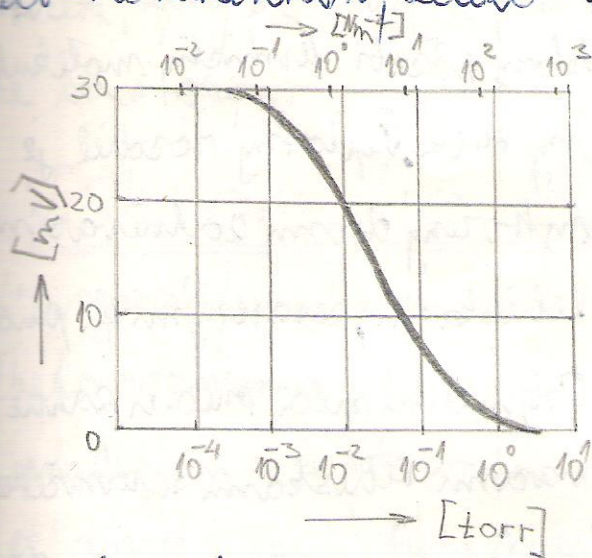


Termoelektrické' cl'anky T_1 a T_2 napájane' s'riedavym' pr'odom, je regulovaný odporom R a kontrolovaný miliampérmetrom. Milivoltmeter je chránený di'ekom T_L pred s'riedavým pr'odom. Kondenzátor C zabráňuje premenenému pr'odu termoelektrickému' cl'anku, aby pretekal indexom' milivoltmetrom.



Mierka obsahuje štyri termoele. cl'anky (T_1 až T_4), čím zvýšena' citlivosť. S'riedavým pr'odom sa napájajú dva paralelným' odbohami vždy dva termoele. cl'anky. K vyrovnaniu nerovnosti oboch odboh slúži potenciometer. Každorod' možno priamo s' jednotkách tlaku.

Na termoelektrické články možno použiť rôznych materiálov najčítlivejší v rozsahu teplot 100 až 1000°C napr. meď - konstantán, železo - konstantán, nikel - chromnikel.



Ciachovacia kritka vakuometrov s termoelektrickým článkom

Ako ukazuje kritka, leží oblasť tlakov, ktoré možno týmto vakuometrom merať, v rozmedzí medzi jedným torrcom a 10^{-3} až 10^{-4} torr.

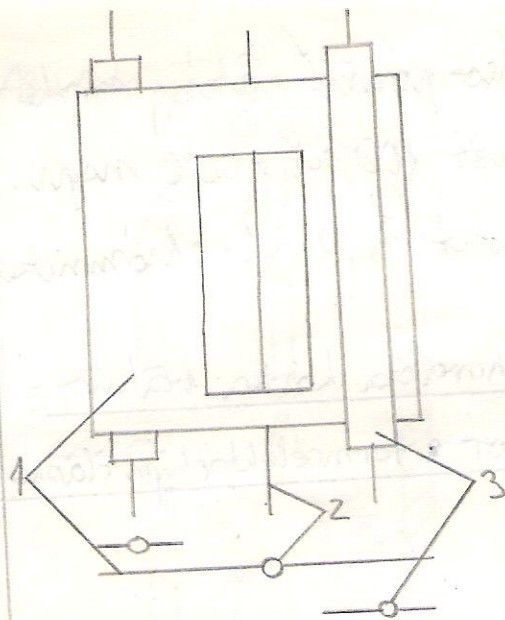
Výhody tepelných vakuometrov.

Možnosť plynulého sledovania tlakov, diaľkové meranie či veľmi citlivé na vodík a hélium, možno použiť na štádiometri nálezoch. Nepomúria sa ani sledy, keď do nich vnikne vzduch. Nevýhodou je, že pracujú v pomerne malom rozsahu, že nie sú absolútne a že ich musíme ciachovať.

Termomolekulárne vakuometre.

de. III. 46

Tieto vakuometre sú založené na princípe priameho prenosu impulzov molekulami. Následok je zesilovaný zväčšením kinetickej energie molekúl plynu, teda privádzaním tepla. V meracom systéme (v mierce) je vytvorený teplotný rozdiel, ktorým je spôsobený molekulárny tlak. Podľa molekulárneho tlaku sa krúti tlak plynu.



Termomolekulárny vákuometer
Knudsenov

1 - rãmeček; 2 - odpor; 3 - galvanometer

Konstrukcia Knudsenovho
je to torový systém so zav
ným ľahkým rámčekom, n
ktorý pôsobí termický mole
ný tlak. Teplotný rozdiel j
vytvorený dvomi zahrievaci
teliskami, žeravenými el. p
Odpudivá sila medzi zahu
vacími teliskami a rámč

vyjadrená $\alpha [N/m^2]$, je daná vzťahom

$$K = \frac{P}{4} \cdot \frac{(\vartheta_1 - \vartheta)}{\vartheta}$$

kde

P - je tlak $[Nm^{-2}]$

ϑ - je teplota rámčeka

ϑ_1 - je teplota žeraviacich telísk

Meranie všetkých vákuometrov tejto skupiny sú najchyt
pri tlakoch nižších než $1,33 Nm^{-2}$ ($= 10^{-2}$ torr) závisí na
plynu a vâzsinou tiež závisia na druhu plynu.

Všetky tieto vákuometry vyžadujú bezohasové zas
Musíme tu pozvať tlomne nerôvniť na tlaku plynu, keď

napr. elektromagnetické.

Výhody Knudsenovho vákuometra.

Skypnica je lineárna, neryšadijú sa druhé el. mer
prístroje. Meradi mu vnútorné vzduchu do vákuo

systému. Meria tlaky až do $0,67 \cdot 10^{-4} Nm^{-2}$ ($= 10^{-5}$

Meranie možno vykonať z rozmerov prístroja a z dĺžky

Netýkody - je citlivý na ohnasy (napr. z rotačnej rýchlosti). Má pomerne zložité členenie (inak perióda života rámcu je 10s). Rámček, ktorý je kovový, je tiež citlivý na mag. pole, vyskytujú sa v okolí.

Vákuometre ionizačné

Úč. najrozšírenejšie pri meraní malých tlakov. Dôvod tohoto veľkého rozšírenia je, že sa tlak plynu meria len et. meriacimi prístrojmi a že utváranie meraného tlaku je okamžité. Ďalší dôvod je malý objem meranej látky, čo môže byť každý jar, ktorý spôsobuje ionizáciu zriedeného plynu, podkladom pre stavbu ionizačného vákuometra. Označujú sa tieto druhy:

1. vlastný ionizačný vákuometer (so žeravou katódou)
2. ionizačný vákuometer so studenou katódou,
3. ionizačný vákuometer s rádioaktívnym zdrojom (alfabón)

Ionizačný vákuometer so žeravou katódou

Je založený na jave, že elektrón v vákuu je schopný pri zrážke s molekulami plynu tieto ionizovať. Ak je kinetická energia elektrónov, vymiestených z rozžeravej katódy a myšliených anodovým napätím, dostatočne veľká, môžu elektróny pri zrážkach s molekulami plynu spôsobiť ich ionizáciu.

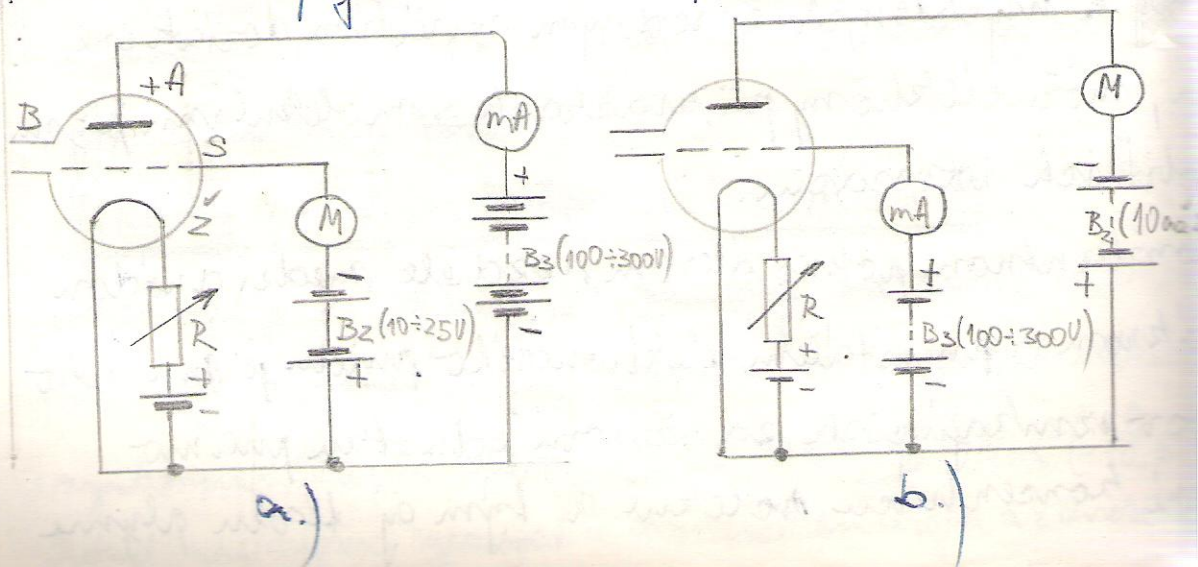
Úč. konštantnom potenciálovom rozdiel medzi anódou a katódou a pri ustálení elektrónového prúdu je množstvo ionter-vznikajúcich za časovú jednotku priamo úmerné koncentrácii molekúl a tým aj tlaku plynu.

ak máme mriežku záporne, kladné ionty, plyn, katoda odpadá na mriežku, vytvárajú púd v obvode mriežka a elektróny smerujú k anóde vytvárajú púd v obvode anóda-katoda. Napätie na mriežke býva -20 ÷ -50V, napätie na anóde medzi 100 až 300V. Pri týchto napätiach a pri emisnom púde 0,5 až 10 mA je pri nízkom statickom tlaku plynu pomer iontového púdu I^+ k elektrónovému púdu I^- konštantný a nazývajú podľa Markhauzena číselný rázka. Pre tlak platí:

$$P = C \cdot \frac{I^+}{I^-}$$

I^+/I^- je číselný rázka [v bežných elektrónkách býva 2 ÷ 5 · 10⁴ $\mu A / mA$, čo zodpovedá tlakom 1,33 · 10⁻³ až 10⁻⁵ N/m^2 (= 10⁻⁵ až 10⁻⁴ Torr)].

C - je konštanta, závislá na geometrických rozmeroch elektródovej sústavy, na druhu plynu a na napätí, pri ktorom elektróny vychádzajú. Jej hodnota vlní od 0,042 až 0,2. Týmto spôsobom môžeme so zmenou pomeru I^+/I^- merať tlak plynu. Na meranie používame tzv. ionizačné



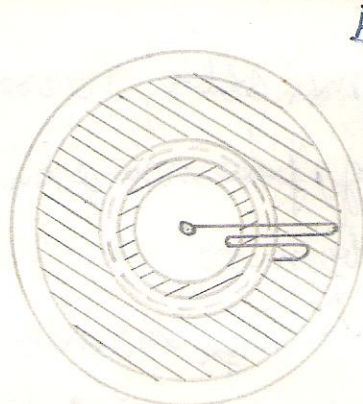
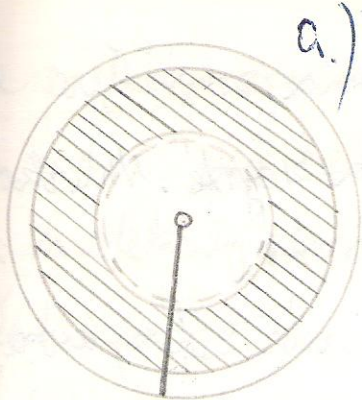
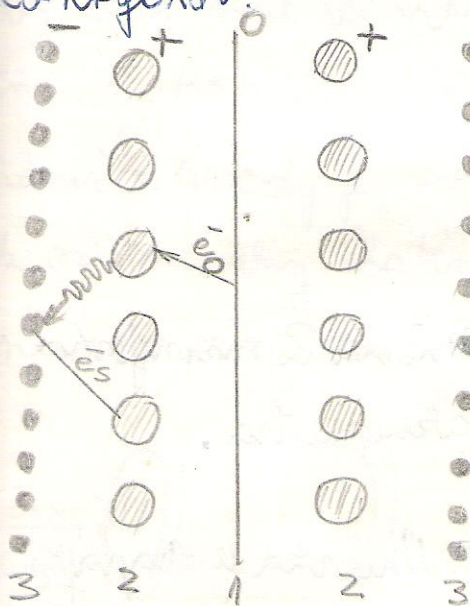


Schéma zapojenia ionizačného ráčnometra so žeravou katódou a zobrazenie príslušnej dráhy elektrónu.

a.) normálny elektrónový spôsob; b.) zapojenie s prúvacím pódom.

Ionizačný ráčnometer má rozsah $1,33$ až $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-2}$ až 10^{-8} torr). Na dolnej hranici merania má vplyv tzv. jor

Köntgenov.



Elektróny emitované katódou (1) narážajú na spirálnu anódu (2) a spôsobujú tým vznik mätkého röntgenového žiarenia, ktoré dopadá aj na kolektor (3), t.j. ktorom vznikajú fotoelektróny. Meraním prúdu kolektorom možno potom odlišiť prúd spôsobený výstupom

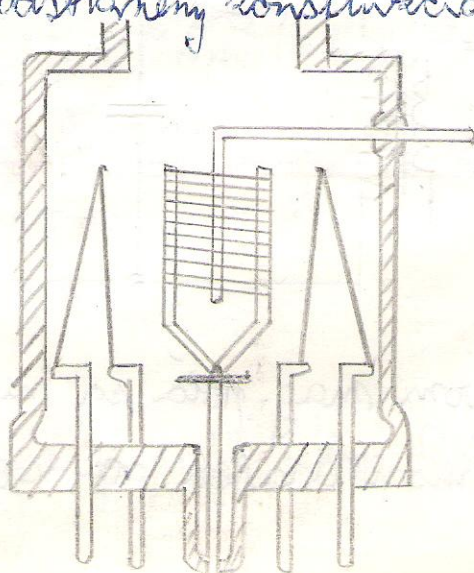
tychto fotoelektrónov od prúdu spôsobeného dopadajúcimi kladnými iónami. Tento jor je odstraňujúcou konštrukciou

mierky ionizačného ráčnometra podľa Bayarda a Alpersta

Týmto ráčnometrom možno merať až do $1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-11}$

torr) laboratórne až do $1,33$

10^{-11} Nm^{-2} ($\approx 10^{-13}$ torr)

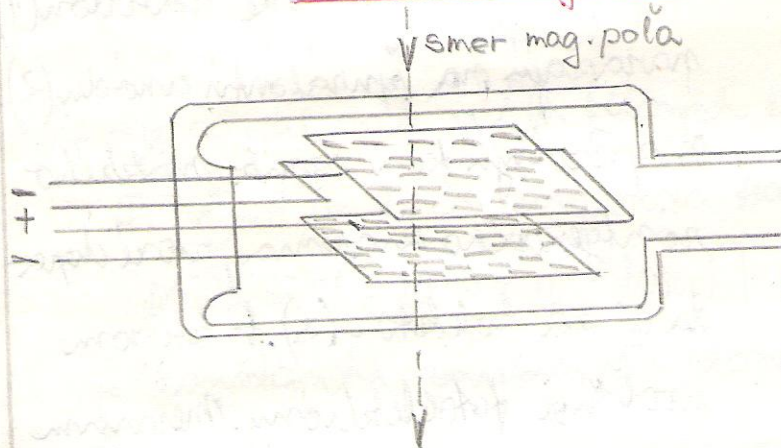


Ukody: má veľký rozsah merania, zväčša je
mierke slabý, jeho vidaje sú okamžité a spojité. Mierka
má malý objem.

Neukody: obsahuje mnoho kovových sutiastok, ktor
keba dokonale odplyniti. Máhle vzniknutie vzduchu do
systému je nebezpečné, pretože sa prepáli slátko.

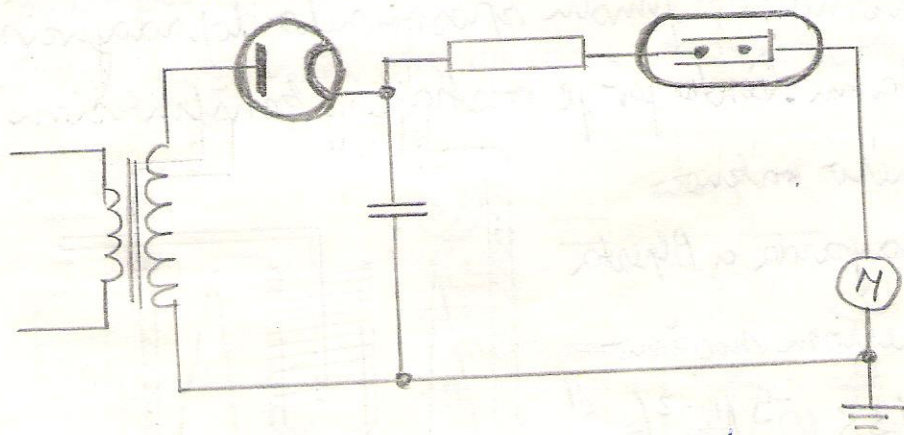
Pre každý plyn je potrebná iná konštanta C. Má je absol
mý. Musi sa ciachovať podľa McLeodovho vákuometru

Ionizačný vákuometer so studenou katódou (Penningor)



Mierka Penningovho
vákuometru.

Indukcia mag. pola je asi $4 \cdot 10^{-2}$ T. Mierka je napájaná
jednosmerným zdrojom s napätím 2000V podľa schému

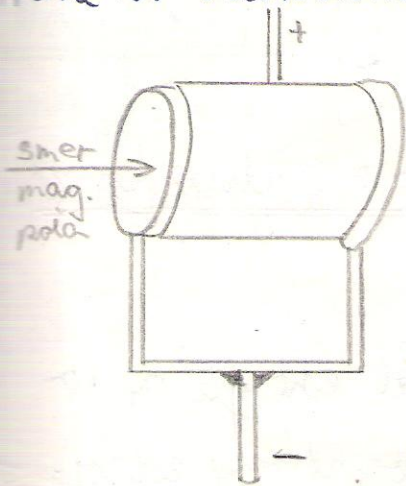


Vplyvom mag. pola sa nepohybujú v mierke elektric
priamou dráhou od katódy (dosičky) k anóde (drôt)

ale preletujú okolo anódy po skrutkovitých drábkach
 s ňou a tam, než dopadnú. Tým narúšajú častýrie
 na molekuly plynu a môžu ich ionizovať. Tento väčší
 počet ionizácií sa prejaví ako znateľné zvýšenie prúdu
 pretekajúceho mierkou.

Tak môže nastat nýbaj medzi studenými elektródami pri
 tlaku tisíckrát nižšom, než v rovnakej mierke bez
 mag. poľa. Prúdy sú 10 až 1000 μA , čo zodpovedá tlakom
 asi $4,33 \cdot 10^{-3}$ až $0,27 \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-5}$ až $2 \cdot 10^{-3}$ torr)

Aby sa rozšíril rozsah použitia tohto vákuometra k ešte
 nižším tlakom, skonstruoval Penning ešte inú mierku.
 Rámček anódy je nahradený valcom, ktorého os je kolmá
 k osi mierky. Katódy tvoria dva kovové kružnice, umiest-
 nené vo vzdialenosti asi 1 mm od anódy (podľa obrázka)



Tým bol vytvorený dokonale uzatvorený
 ionizačný priestor. Citlivosť tejto
 mierky je asi 10-krát väčšia, než
 citlivosť mierky s rámcovou anódou.
 Tuto mierkou môžeme merať tlaky
 až do $5,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 4 \cdot 10^{-7}$ torr)

Vplyvy pôsobiace na činnosť Penningovho vákuometra.

1. Vplyv sily magnetického poľa.
 Malá indukcia 0,03 až 0,8 T.
2. Napätie elektród
 S napätím elektród sa zvyšuje prúd nýbaj. Používa
 sa obvykle napätie 1000 V.

3. Gran a veľkosť mierky.

4. Materiál elektrody

5. Uvedenie alebo jednosmerné napájacie napätie -
konje viac jednosmerné.

6. Druh plynu - citlivosť je rôzna

7. Čerpačičinok

Výhody Penningovho vakuometra.

má veľký merací rozsah, ide o skôr okamžitú a spo-
mierka má malý objem. Neškodí sa, keď doňho
vstúpi vzduch. Zapojenie je jednoduchšie. Elektrody
sú studené, nevychádzajú plyny.

Nevýhody.

druh plynu má vplyv na výsledok merania. Presnosť
merania je pomerne malá (asi 10%), nie je absolútna.
Mierka vyžaduje veľký čerpačičinok.

Alfatron, ionizačný vakuometer s rádioaktív-
ným zdrojom.

Ionizácia nastáva bez dodávania el. energie a to
len časticami α , ktoré vyšla rádioaktívny zdroj.
Tento zdroj je malé množstvo rádia (asi 0,1 mg)
ktoré je v rovnováhe s produktami svojho rozkladu
(dônom atómi), takže dávka stále nepremenná tak časť
doba činnosti je až päť rokov.

Merací rozsah tohto vákuometra je asi od $1,33 \cdot 10^{-2} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-4}$ torr) do 3333 až 5333 Nm^{-2} ($= 25$ až 40 torr); pripadne až do atmosférického tlaku.

Ďalšia hranica je daná u určitých alfačinných:

1. štúdiovým prúdom veľkosti asi $\alpha \cdot 10^{-15} \text{ A}$, vzrušeným sekundárnou emisiou, štóm spôsobujú častice α na miestke
2. izoláciou prúdom miestky vstupnej elektrónky zobrazovacia (za vstupom elektrónku sa dopomôcne použijú elektromagnetické elektrónky).

Ďalšie alfačinné.

Ďalší merací rozsah [môžeme rozšíriť dolnú hranicu tlaku až do $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ Nm}^{-2}$ ($= 10^{-6}$ torr)]; nie je nebezpečie poškodenia miestky malým tlakom vzduchu, plyny z vákuového systému nemôžu chemicky reagovať s katódou.

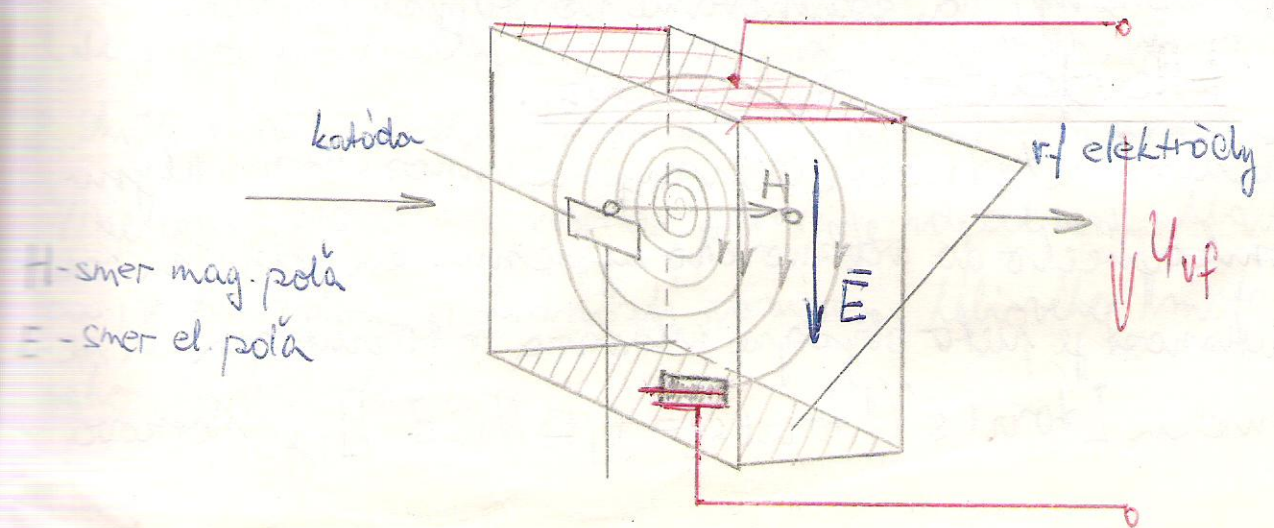
Ďalšie.

Čo je promerná miera, nie je absolútny, citlivosť pre rôzne plyny je rôzna.

Vákuometre pre meranie parciálnych tlakov

30. 11. 1976

Omegačinn.



molekuly, ktoré v systéme zostali po vyčerpaní, sú ionizované priechodom elektrónov, vyvolaných žiarivou katódou. Priechod elektrónov je obmedzený po priechode clonou a po ňom smeruje v smere pôsobiaceho mag. poľa. Vplyvom tohoto mag. a vŕ poľa elektrického, ktoré je k nemu kolmé, pohybujú sa vzniknuté ióny po kruhových dráždach. Keď tie ióny ktorých rýchlosť pohybu po kruhovej dráždke je v rezonancii s kmitočtom el. poľa, môžu byť trvale vyfukované (podobne ako v cyklotrome) a po prebehnutí špirálnej drácky (vyznačenej na obrázku) dopadnú na zápornú elektródu (kolektor). Prirodzdený tok takto vytváraný je zosilnený a registrovaný vhodným zapisovacím prístrojom. Zmenou kmitočtu el. poľa môžeme upraviť citlivosť pre rôzne ióny a tým nacítiť celé spektrum plynov, pŕtomných i v malých množstvách vo vákuovom priestore.

Vlastný prístroj sa potom skladá zo skleneného mieračného popisovaným systémom, z vhodného magnetu a z napájacích zdrojov; okrem napájacích zdrojov pre mieru je potrebný ešte vŕ zdroj. Potrebný je tiež zosilňovač (jednosmerný) na zosilňovanie iónových proudov.

Hľadače netesnosti.

Netnosť netesnosti definujeme množstvom plynu unikajúceho do vákuového systému za jednotku času. Netnosť je preto obvykle udávaná v torrilitroch za sekundu [torr l s⁻¹ (1 torr l s⁻¹ = 0,133 N m s⁻¹)], jednotka

4. Pomocné vakuum zvonku časti vakuového systému.

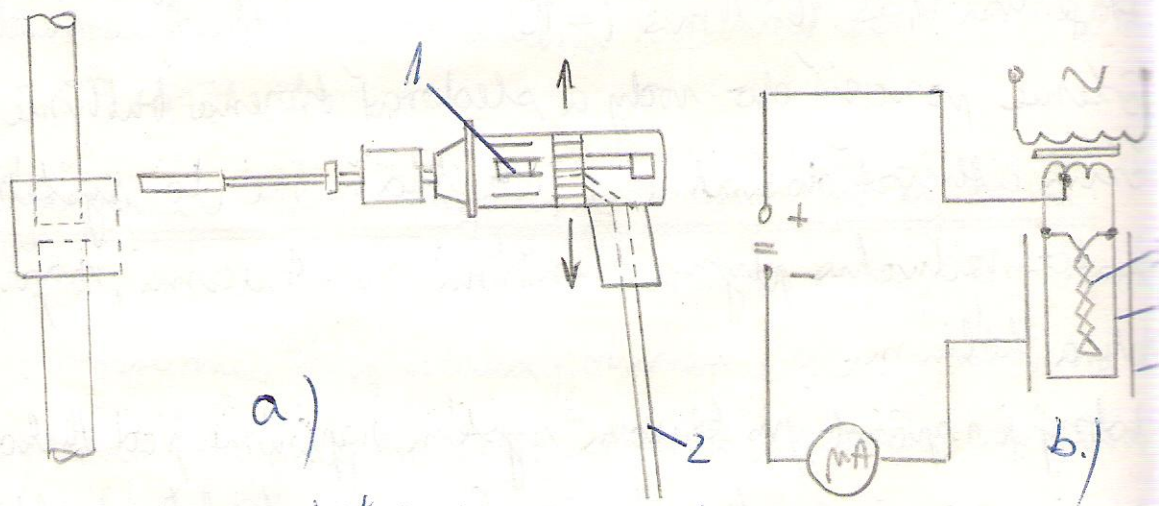
Zvláštnou príkladom nádobkou s gumovým tesnením na okrajoch prikladáme na podozrivé miesta a pomocnou rotačnou myšou nádobku vyčerpávame. Zároveň sledujeme tlak vnútri systému. Tri pokuse tlaku v systéme, našli sme netesnosť. Metóda - nemôžeme hľadať netesnosti na nerovných zakrytých plochách.

5. Pretlak vo vakuovom systéme, vhodný indikátor zvonku.

Vo vakuovom systéme vytvoríme mierny pretlak a zvonku hľadáme netesnosť vhodným indikátorom. Citlivosť je asi $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm s}^{-1}$ ($= 10^{-4} \text{ Torr s}^{-1}$). Menšie nádoby môžeme ponoriť do vody a sledovať tvorenie bublínok. Väčšiu citlivosť dosiahneme, ak skáňame do systému miesto vzduchu plyn s menšími molekulami, napr. vodík a hélium.

Podobný je i spôsob, pri ktorom systém naplníme pod tlakom parami, napr. pary kyselín, éparu alebo kalových zliatin. Vanku ponoríme indikátor, ktorý s parou chemicky reaguje a tvorí napr. biele pary, napr. kyselina solná vnútri, éparok ako indikátor zvonku, CO_2 vnútri - éparok vanku. Ďalším je spôsob, pri ktorom naplníme systém parami zliatin kalových prvkov a ako indikátor ponoríme vanku zvláštny koráček. V koráčku horný plyn, v ktorom nie sú stopy kalových prvkov (napr. acetylén). Tento koráček zliava medemi doštičku. Plyn v koráčku sa mesa

so vzduchom, ktorý privádzame gumovou hadičkou von hľadáme podoxidné miesta. Akonáhle vzniknú skalyžek prvkov do plameňa, reagujú tieto prvky s rozrarenou medou a objavi sa charakteristická zelená bar plameňa. Do systému môžeme zaviesť tieto plyny: freon, metylchlorid, metylenchlorid, etylchlorid, trichloroetylchlorid a chloroform. Najlepším je freon (CCl_2F_2), najväčšiu citlivosť, pretože obsahuje najviac atómových prvkov, nekoroduje železo a ničí zariadenia. Citlivosť tohoto spôsobu pri pomíchlí freonu je asi $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ N m}^{-3}$ ($= 10^{-5} \text{ ton}$).



Freónový hľadáč netesnosti

a) princíp prístroja; b) -schéma zapojenia; 1 - dióda; 2 - prípoj k zdroju; 3 - žiarovka; 4 - platínová anóda; 5 - katóda.

Další spôsob je indikácia pomocou emisie žltých čiar. Tento hľadáč netesnosti (podľa obr.) sa skladá z platínovej diódy, ktorej anóda je žiarovná asi na 900°C . Medzi katódou a anódou platínovej diódy stačí malým vetračom priviesť vzduch gumovou hadičkou, ktorou odmerávame kvantový systém. Medzi katódou a anódou je pripojenie

napätie asi 100 až 500 V a indikátorom je mikroampérme-
ter. Netesné miesto poznáme podľa toho, že pri pripojení ka-
včky k nemu vyrastie púdl indikovaný mikroampérmetrom.

Čiastočné vakuum vo vakuovom systéme, indikátor ^{vnútri} ~~vonku~~.

Systém čiastočne odberáme a zvonka odfukujeme plynmi -
plynnými, poprípade potierame vhodnými chemikáliami.
Plyn vnútri systému analyzujeme rovnako ako predchádzajú-
ciom metódou. Takto sa najčastejšie používa i freónový
čistič v mierke vo väčšom systéme. Jeho citlivosť je asi
 $33 \cdot 10^{-4} \text{ N m}^{-2} (= 10^{-6} \text{ Torr l s}^{-1})$.

3. Termiace prostriedky vonku, zmena tlaku vnútri systému.

Podobne miesto matierame termiacimi prostriedkami
(lakmi, pícomi apod.) a sledujeme zmenu tlaku vnútri
systému. Tlak v systéme klesne, akonáhle netesné miesto
zapcháme. Ako indikátor tlaku môžeme použiť rôzne
rody vákuometrov, podľa potreby. Ako trvalé utesnenie
nie je vhodný tento spôsob.

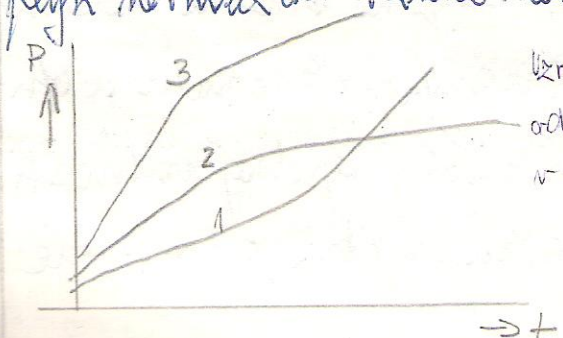
4. Skúškovú plyš zvonku, zmena tlaku (atmosféry) vnútri systému.

Môžeme sledovať buď zmenu tlaku v systéme, alebo
zmenu slozenia atmosféry v systéme, alebo mikajúce
stopy skúškového plynu. Ak sledujeme zmenu slozenia
atmosféry, môžeme napr. použiť Piraninový vákuometer a ofu-
kovať systém vodíkom. Vplyvom väčšej tepelnej vodivosti
vodíka sa zmení rýchlosť vákuometra, akonáhle
do systému vnikne vodík.

Pri inom spôsobe sa mení emisia wolfrámoreho rla
 nčinkom „obrátenia“ kyslíkom. K systému je pripojená
 dioda s wolfrámorejím rlačnom a sledujeme jej anodo-
 púd. Systém ofukujeme kyslíkom a pri poklese emisie
 ho púdnu nájdeme nižšie miesto.

Stopu vznikajúceho skúsňového plynu nájdeme iným spôs.
 Rôzne kory prepúšťajú v žeravenom stave určité druhy ply.
 napr. žeravené paládium prepúšťa veľmi rýchle vodík.
 pripojíme k vakuovému systému vakuometer (Pirani
 Penningor, ionizačný), ktorý je od vlastného systému od-
 lený žeraven paládiovou rirkou P s priemerom asi 2:3
 Systém ofukujeme vodíkom a pokles vakuu v banke
 vakuometra indikuje nájdeme netesnosť. Vodík, vstupujúci
 do vakuometra, môžeme po utíšení netesnosti odčer-
 päť koricou paládiovou rirkou.

Pri inom spôsobe pripojíme k systému dva vakuometra
 (napr. Piranika), 2 ktorých jeden je pripojený na nymmarova
 Systém ofukujeme plynom, ktorý pri teplote tekutého rodu
 skvapalnie. Akonáhle sa objaví rozdiel v údajoch oboch
 vakuometrov, našli sme netesné miesto, pretože skúsňo-
 vplyn normálne do vakuometra, ktorý je pripojený cez nymmarova



Rast tlaku v systéme
 oddelenom od výberu
 v závislosti na čase

Hospit a b
 8.4. 76
 Kulec

1 - pri netesnosti

2 - pri uvolňovaní plynu

3 - pri pulzovanom pôsobení
oboch jarov

Sorpcia plynov a p̄r-tuhými l̄tkami

adsorpcia

absorpcia

Možnosť odplynenia skla :

1. ↑ p̄ciach - vyemovaných elektricky resp. plynom
2. Roztavením nylgá v plyne
3. Tmizením tepelnej vodivosti plynom
4. Pomocou sálavého tepla (aj pri m̄síich tlakoch $\approx 10^{-3}$ torr)

Plyny v koroach.

16. II. 1976

Obzrakom plynov sa kor stáva tvrdým, krehkým a oddeš' sa vakuovú techniku nevhodným. Väčšina korov má niekto izobary sorbie taký, že pri zvyšujúcej sa teplote sa príslušný objem pohlceného plynu znižuje, plyn sa teda z koru uvoľňuje. Tu však niektoré druhy korov, ktoré v určitom teplotnom intervale majú túto závislosť opačnú, t.j. že so zvyšujúcou sa teplotou sa obsah plynov zväčšuje.

Niekto izobary sorbie korov obyčte ukazuje, že so zväčšujúcim tlakom zväčšujú aj pohlcený objem plynu.

Odplynovanie korov.

Odplynovanie môžeme uskutočniť v troch fázach spracovania:

- a) odplynením surového materiálu pri tavení vo vakuových peciach v ktorých sa uskutočňujú zároveň aj ochladenie.
- b) nahradením sfomovaných sušičastok vo vakuovej peci

alebo r peci s ochrannou atmosférou pri teplotách
c.) pri úrpaní elektrónky sa sčúcačky jej elektródov
získajú vytepi na teploty vyššie, než budú dosahovať
v prevádzke. Sčúcačky sa vybievajú buď v peci
(záťah), vysokofrekvenčným žiarením, alebo bombardovaním
elektrónmi a priamym prechodom prúdu

Sčúcačky vákuových systémov:

Vákuové systémy bývajú dvoch druhov:

- sklenené - pre jednoduché zariadenia
- kovové - pre složitější zariadenia

Vákuové potrubia:

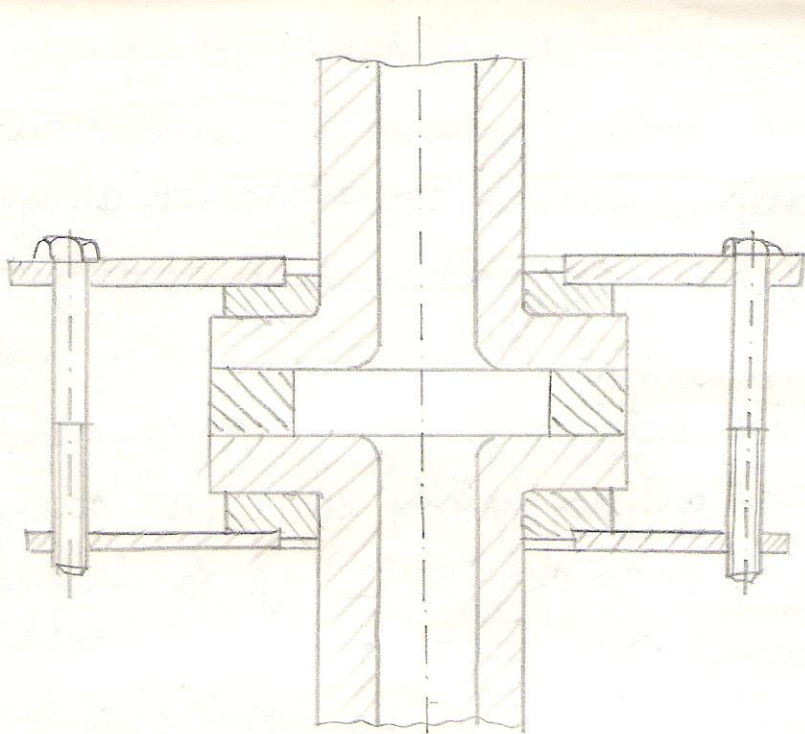
Pre potrubie medzi rotačnou a difúznou výhovou má byť
hrúbka rovnakej svetlosti ako má ústie rot. výhovy.
Používajú sa gumové hubostenné hadice (nesmie sa stať
Nerýchoda - nemusia byť vždy dokonale vák. tesné, a pre
sa dávajú poväť len pre tlaky $0,13 \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-3} \text{ Torr}$) a vyššie.
Najvhodnejšie je však poväť pre prišné spojenie rotačnej a
příznej výhovy odnove.

Zábrusy a príruby:

Najjednoduchší zábrus má dve časti, jadro a plášť, ktoré
sa na seba nasunú.

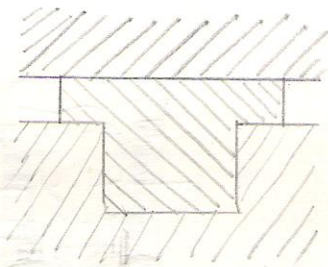
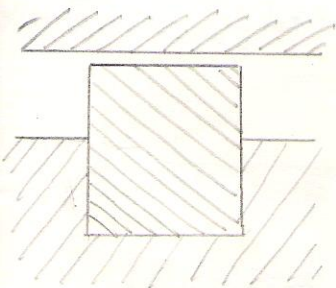
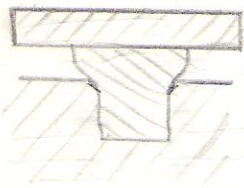
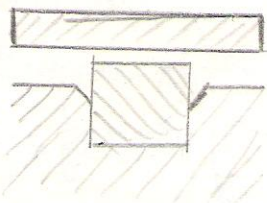


- Najlepšie priľacenie dosiahneme dvojakým spôsobom:
- adhezívnymi zátankami zabrušených plôch, ktoré sú zväčšené
použitým vákuovým ťahom.
 - preťahom vzduchu vonkajšieho vzduchu.



Na obrázku je spoj dvoch sklenených potrubí. Nevýhodou
 tohto spoja je, že pri stiahnutí pístu sa gumové tesnenie
 vytláča.

Výška tesnenia musí presahovať hĺbku drážky (alebo
 oboch drážok, ak sú drážky v oboch zabíjaných
 plochách.)

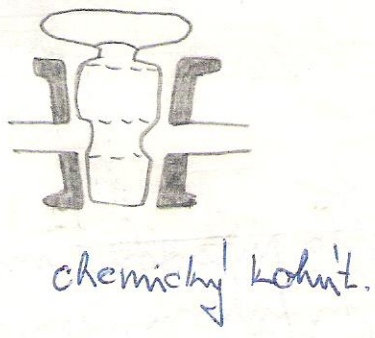
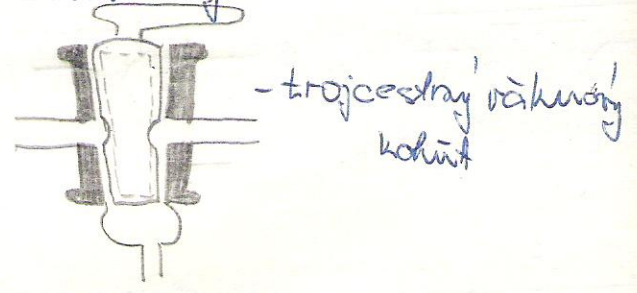


Vo všetkých týchto prípadoch musíme gumové tesnenie jemne
 natrieť vákuovým tukom. Tesnenie je buď z mäkkej gumy,
 ktorá má obsahovať čo najmenej síry, alebo z buny. Musí
 mať dosť mäkkosť, aby odolávala tlakom. (Bunu možno považovať
 až do podtlaku $1,33 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-6} \text{ Torr}$) pri 20°C . U
 dobrého tesnenia sa má stiahnutím pístu dosiahnuť
 menšie tlaky 30 až 100 at.

Gumové tesnenie sa kochi pre teploty od -30 do $+90^{\circ}$ má je však odolné voči olejom. A hladiska pracovných teplot je vysokejšie tesnenie zo silikónovej gumy (-40 a $+120^{\circ}\text{C}$). Zvlášť pre vysoké vakuum sa osvedčilo tesnenie z fluorového kaučuku, ktoré má priaznivý nízky koeficient, nemechanické uvoľňovanie plynov pri vyšších teplotách a dá sa vyhriať až do teploty 200°C (pre odplynenie možno použiť teplotu až do 250°C). Je to plastická hmota podobná teflonu - má vysokú chemickú odolnosť. Pre ultravysoké vakuum sa používajú tesnenia kovové, ktoré sa dajú vyhriať na vyššie teploty. Najlepšie sa používajú materiály: meď, zlato, kadmik.

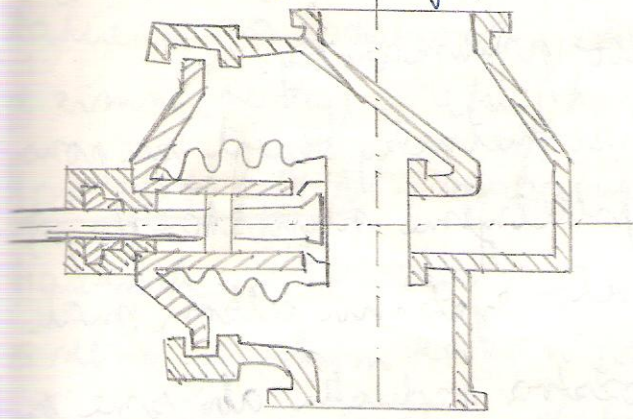
Vákuové uzávierky.

Sklenené kohútiky - ich odpor je príliš veľký a dosť ťažké tesniť. Vakuumové kohútiky majú vždy duté jadro, môžu byť uzavierajúce alebo uzavierajúce.



Sklenené kohútiky sa používajú len v celosklenených systémoch určených pre laboratória, majú pomerne nízku tepelnú vodivosť, a preto sa nehodia pre systémy určené na výskum v teplotnom rozsahu.

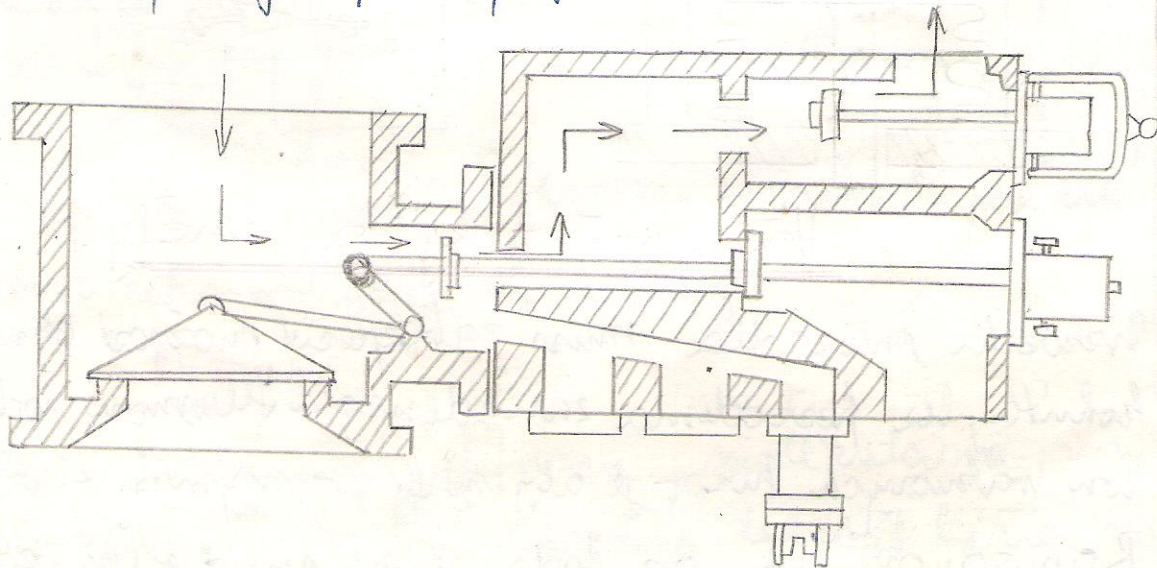
na väčšie priemery používajú sa lochi korový ventil podľa obr.



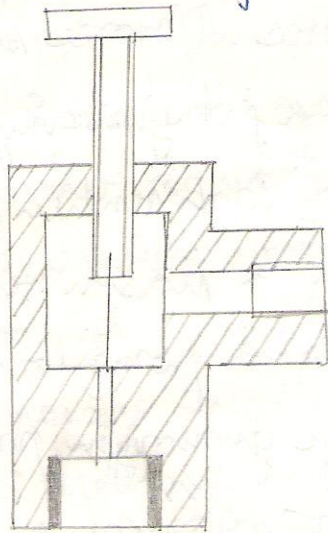
Je ntesnenin sa používa tlmorec. Tlmorec sa pripája z jednej strany k pohyblivej časti ventilu, z druhej strany k ploštin ventilu, bez toho, aby sa pomýšalo rážkum.

Uzavracacia plocha sa ntesňuje gumovým prstencom.

Tieto ventily sa dnes používajú vo väčšine priemyslových zariadení, a preto sa na ne kladú značné požiadavky. Ventil musí byť predovšetkým dokonale tesný proti okolitému vzduchu [ndáva sa bežne $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^2/\text{s} = 10^{-5} \text{ torr/s}$] a pri uzavretí musí byť medzi oboma oddelenými priestormi dokonalá tesnosť. Druhou základnou podmienkou je, aby bol ventil ľahko ovládateľný aj keď má vykonávať niekoľko funkcií: umožniť predčerpávanie predrážkovou výberou, samostatne uzavárať vlastný vysokotlakový priestor, oddelovať difúziu výberu od čerpaného priestoru. Tieto funkcie umožňujú tzv. ventillové kombinácie, ktorých princíp je na obr.



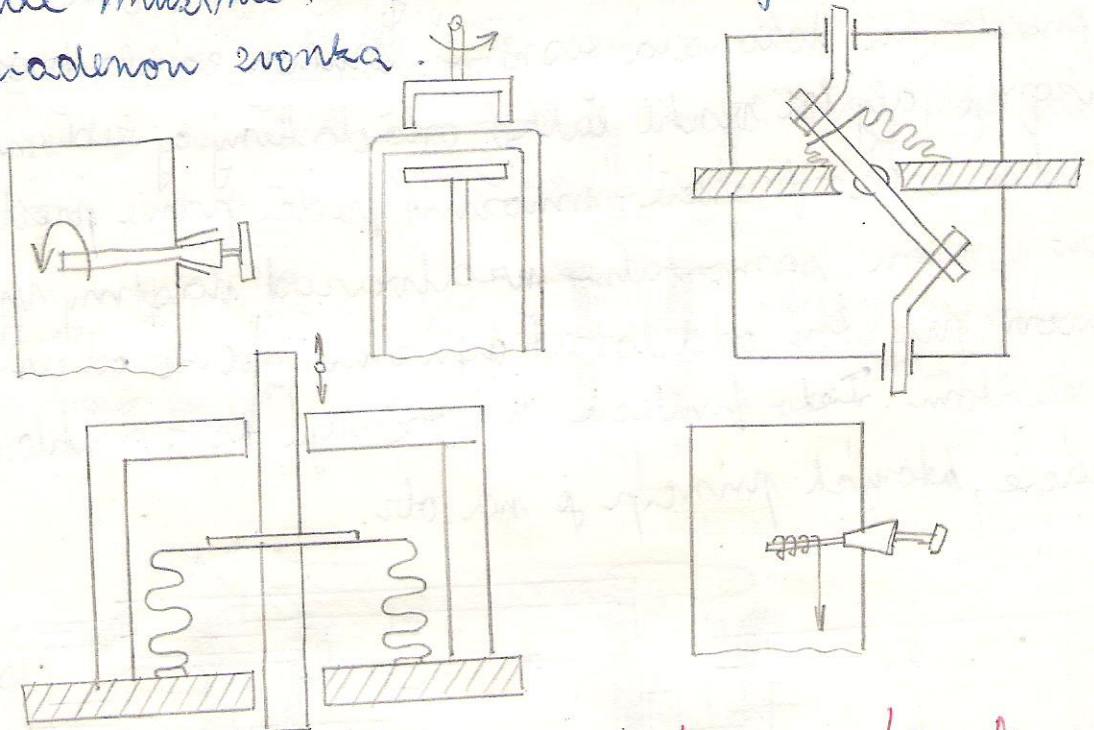
U niektorých prípadov sú ventily ovládané elektrickým prúdom, elektromagneticky alebo pneumaticky.



- Mikrometrický ventil sa používa, ak potrebujeme naplniť do uzavretého systému alebo malú množštvu vzduchu, aby sme systém udržovali určitý statický tlak.

Iné zvláštne zariadenia:

Chcú to zariadenia prenášajúce pohyb vonka do vakua alebo systému, týchto zariadení sa používa všade tam kde musíme vnitri vákuového systému robiť prácu riadenou vonka.



Vákuové žuky a žmely:

Nízkozita mazadla musí zabezpečiť možnosť otáčania kolkov, bez poškodenia zariadenia. Hlavnou podmienkou vákuových žukov je aby mali čo najnižší tlak po Ramsayov žuk sa dochí pre me pulzujú silke vákuu

je to smes surový gumy, biely vazelínový a parafínový. Zahuje sa (odplynie) pri 100°C . Podľa obsahu parafínu je zimný (riedky) a letný (hrubý).

Apiezony L, M, N - mazanie škvrtov. Sú to deriváty ťažkých uhľovodíkov s vysokým bodom varu, keda s nízkym nízkym tlakom pár. Čerstvý apiezón obsahuje ešte zložky s vysokým tlakom pár, ktoré sa odstraňujú mytím na 90°C vo vákuu. Po tomto spracovaní môžu najlepší apiezóny dosiahnuť tlak až $1,33 \cdot 10^{-8} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-10}$ torr). Metóda - po dlhšej dobe trdní.

Piceis (Leybold, NSR) - termoplastický kmeľ, rozteká sa pri 90°C a drží pevne na kove a na skle. Je odolný proti zriedeným kyselinám, kúrom a rodným roztokom, rozpúšťa sa v organických rozpúšťadlách.

Ultravysoké vákuum.

Zásady pre konštrukciu a prevádzku zariadení na ultravysoké vákuum:

- čo najviac zmenšiť tlak pár vypacích kvapalín v čerpanom priestore, pritom neznižovať rýchlosť výberu
- netesnosť v celom vákuovom systéme musia byť o niekoľko rádov menšie než v bežnom vysokovákuovom zariadení [až $1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Nm s}^{-1}$ ($\approx 10^{-8} \text{ torr s}^{-1}$) proti $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm s}^{-1}$ ($\approx 10^{-5} \text{ torr s}^{-1}$)]
- poruch stien musia byť vhodné upravené - používať vhodné nekorodujúce materiály

Týrety.

vhodné upravené výber difúzne, molekulárne, iónové a getierové. Musia byť zamerané tesnosť lepšia než $1,33 \cdot 10^{-9} \text{ Nm s}^{-1}$ ($\approx 10^{-8} \text{ torr s}^{-1}$)

Oleje.

Minerálne oleje s tlakom pár pod $1,33 \cdot 10^{-6} \text{ Nm}^{-2}$
($\approx 10^{-2}$ torr), popíjajú silikónové oleje.

Lapače pár a vymrazovačky.

Lapače pár sú chladičové vodou alebo chladičom agregátom. Vymrazovačky sú chladičové tekutým dusíkom (-196°C) alebo tekutým vzduchom.

Testenia.

Nhodné sú testenia, ktoré umožňujú vybrať systém tak, aby nastalo dobré odplynenie, alebo ešte lepšie korózie napr. z Al, Cu.

Ventily.

Skonala tesnosť, vnútorná i vnávná porušová a možnosť odplynenia vyhriatím.

Meranie vakua.

Prítlak podtlaku od $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ($\approx 10^{-7}$ torr) možno merať vakuum ionizačným vákuometrom so žiarovkou katódou, s mierkou podľa Bazarda a Alperta, alebo vákuometrom s studenou katódou podľa Redheada.

VÁKUOVÉ ZARIADENIA.

Údržba vákuových zariadení.

a.) Čistenie vonných častí

Ušetky časti sa musia dôkladne očistiť hlavne od masťovosti, ktoré by spôsobovali pri prevádzke ťažkosť (vysoký tlak pár).

Čistenie sklenených častí:

1. kypelinou fluorovodíkovou (3%), tieto časti prepláchneme a prekytíme;
2. mypláchneme ich destilovanou vodou;
3. vysušime ich ofukovaním alebo odsávaním, popr.