

Monika Fialová

VAKUOVÁ FYZIKA II. ZÍSKÁVÁNÍ NÍZKÝCH TLAKŮ

CHARAKTERISTIKY VÝVĚV

✘ **vývěva** = zařízení snižující tlak plynu v uzavřeném objemu



✘ parametry:

+ mezní tlak $p_0 = \frac{I_N}{S}$

+ čerpací rychlost

+ pracovní tlak

+ výstupní tlak

$$S = -\frac{dV}{dT}$$

$$S_{t_2-t_1} = \frac{V}{t_2-t_1} \ln \left(\frac{p_{t_1} - p_0}{p_{t_2} - p_0} \right)$$

$$S_p = S \left(1 - \frac{p_0}{p} \right)$$

TYPY VÝVĚV

- ✘ podle principu činnosti
 - + vývěvy s transportem molekul z čerpaného prostoru (transportní vývěvy)
 - + vývěvy bez transportu molekul z čerpaného prostoru (sorpční vývěvy)
- ✘ podle stupně vakua
 - + pro získání nízkého (GV), středního (FV), vysokého (HV), velmi vysokého (UHV) a extrémně vysokého (XHV) vakua

VÝVĚVY S TRANSPORTEM MOLEKUL

× mechanické vývěvy

- + vývěvy s periodicky se měnícím pracovním prostorem (pístové, rotační, membránové, scroll)
- + vývěvy s neproměnným pracovním prostorem, pracující na základě přenosu impulzu (rootsovy, molekulární, turbomolekulární)

× paroproudové vývěvy

- + vodní, ejektorové a difúzní

× vývěvy založené na tepelné rychlosti molekul

VÝVĚVY BEZ TRANSPORTU MOLEKUL

- × kryogenní (kryosorpční) vývěvy
- × sublimační vývěvy
- × iontové vývěvy
- × getrové vývěvy
- × zeolitové vývěvy



VÝVĚVY S TRANSPORTEM MOLEKUL (TRANSPORTNÍ VÝVĚVY)

MECHANICKÉ VÝVĚVY

- ✘ s proměnným pracovním prostorem
 - + v první části cyklu pracovní komora **zvětšuje svůj objem** → **klesá v ní tlak (Boyleův-Mariottův zákon)**
 - + v druhé části čerpacího cyklu se komora oddělí od systému, její objem se zmenšuje, až se v ní plyn stlačí natolik, že se vytlačí výstupním otvorem vývěvy ven do okolního prostoru

PÍSTOVÁ VÝVĚVA

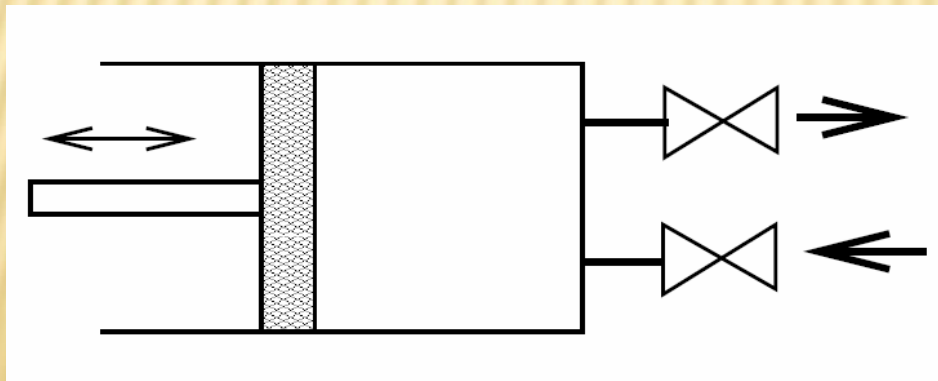
- ✘ proces zaplňování a vytlačování plynu

$$p_n = \left(\frac{V}{V + v} \right)^n p_0$$

p_0 – počáteční tlak

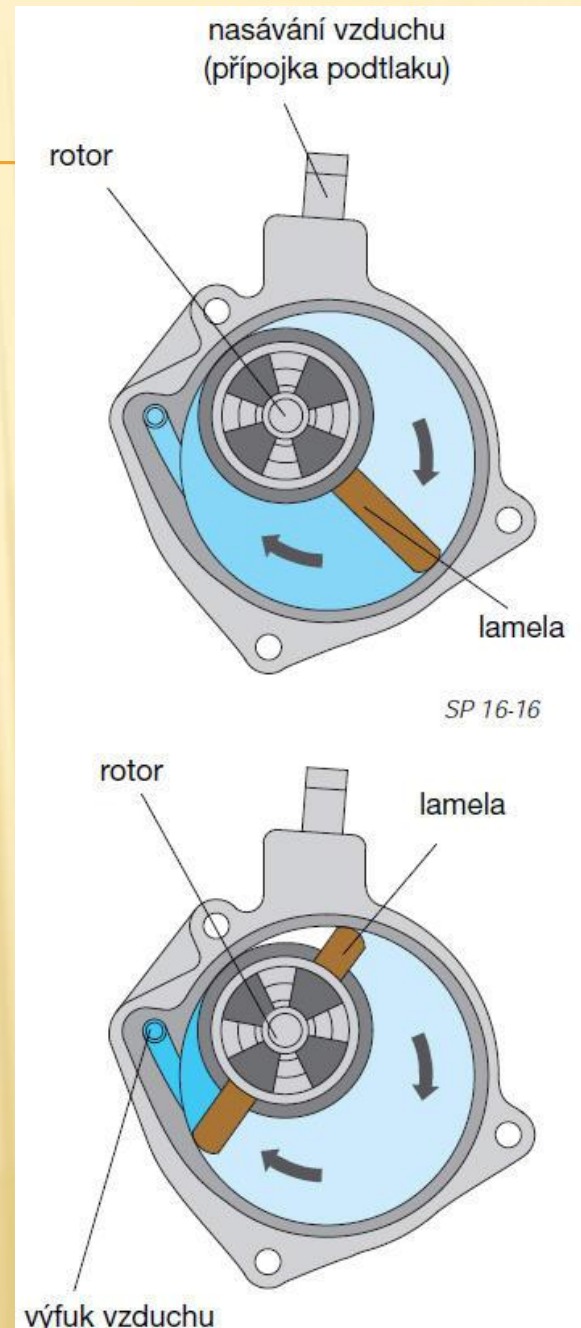
V – velikost čerpaného objemu

v – objem komory vývěvy



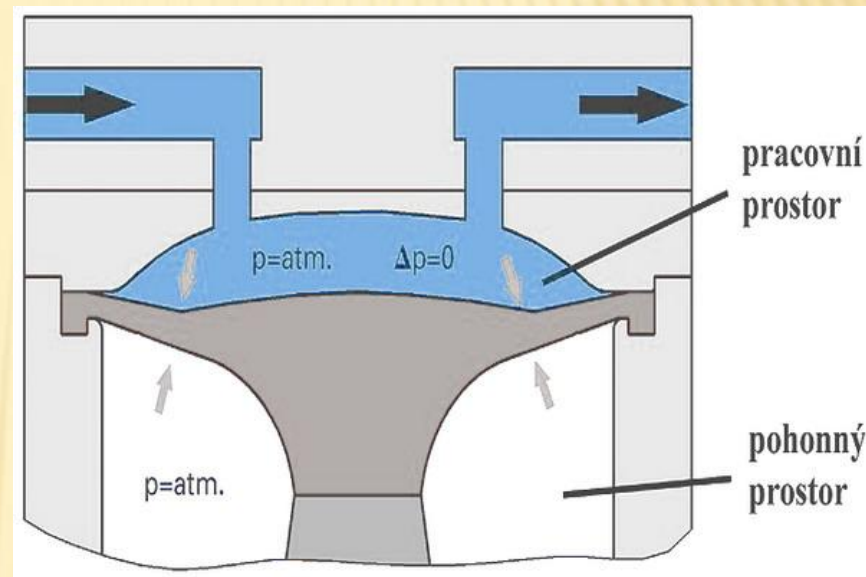
ROTAČNÍ OLEJOVÁ VÝVĚVA

- ✘ mezní tlak 10^{-2} Pa
(dvoustupňové provedení)
- ✘ pracuje od atm. tlaku
- ✘ počet otáček do 1500 za min
- ✘ nevýhoda: páry oleje v čerpaném prostoru, vibrace



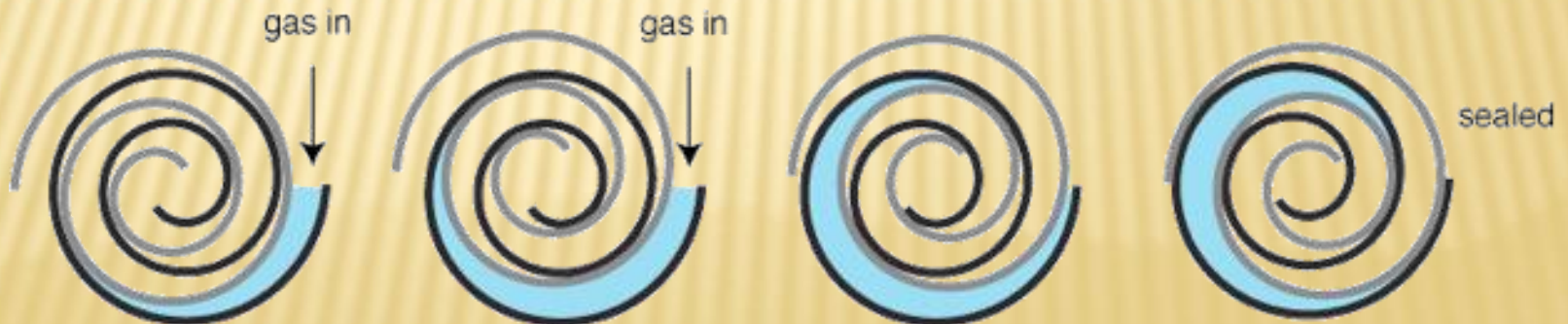
MEMBRÁNOVÁ VÝVĚVA

- ✘ princip kmitající membrány
- ✘ mezní tlak 10^2 Pa
- ✘ pracuje od atm. tlaku
- ✘ „suchá“, tichá vývěva bez oleje
- ✘ používá se sériové (nižší mezní tlak) nebo paralelní (větší čerpací rychlost) řazení



SCROLL VÝVĚVA

- ✗ mezní tlak 10^0 Pa
- ✗ pracuje od atm. tlaku
- ✗ „suchá“ vývěva bez oleje (odděleno vlnovcem)
- ✗ využití hlavně jako předčerpání turbomolekulární vývěvy

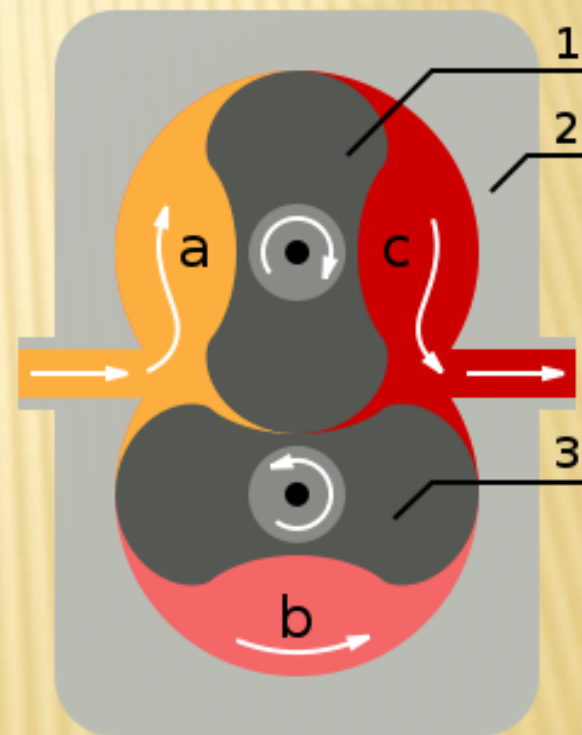


MECHANICKÉ VÝVĚVY

- ✗ s neproměnným pracovním prostorem
 - + molekulám plynu je **předán impulz ve směru čerpání**
 - + ve vstupním otvoru těchto vývěv klesá tlak, a proto do něj proudí molekuly plynu z čerpaného prostoru
 - + většina vývěv vyžaduje předčerpání

ROOTSOVA VÝVĚVA

- ✘ mezní tlak 10^{-3} Pa
- ✘ předčerpání na 10^2 Pa
- ✘ suchá, bez oleje
- ✘ počet otáček 1000 za min
- ✘ velká čerpací rychlost



MOLEKULÁRNÍ VÝVĚVA

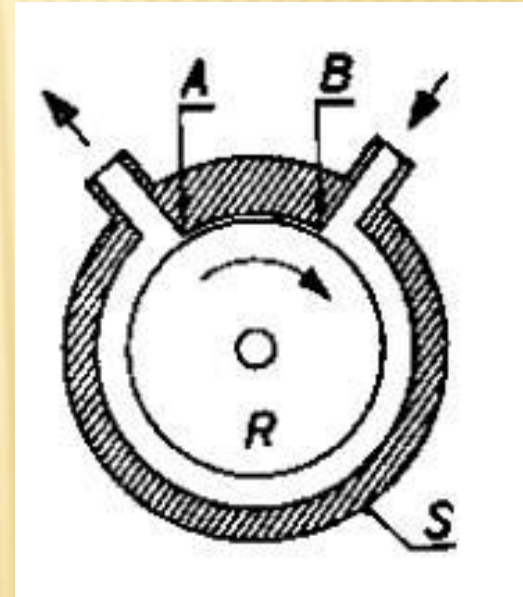
- ✘ dnes se již nepoužívá
- ✘ mezní tlak 10^{-4} Pa
- ✘ předčerpání na 10^1 Pa
- ✘ počet otáček 10 000 za min
- ✘ suchá, bez oleje

$$S = \frac{1}{2} ulh$$

u – obvodová rychlost

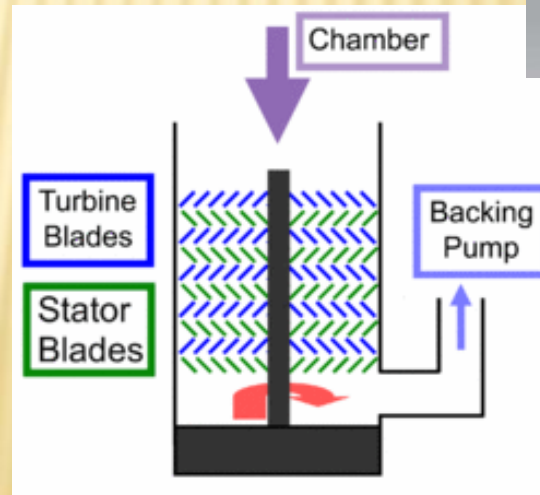
l – délka prac. komory

h – šířka prac. komory



TURBOMOLEKULÁRNÍ VÝVĚVA

- ✘ systém lopatek na rotoru
- ✘ mezní tlak 10^{-9} Pa
- ✘ nutné předčerpání
- ✘ počet otáček až 90 000 za min
- ✘ suchá, bez oleje

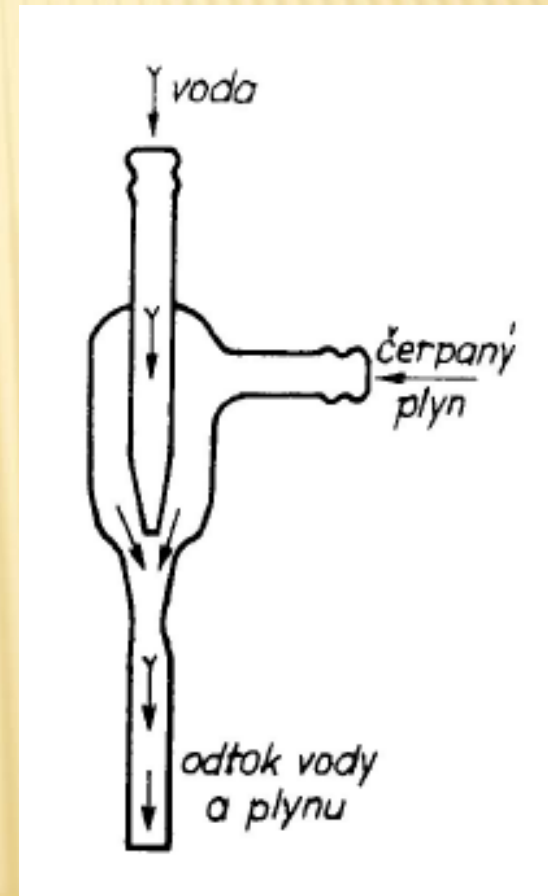
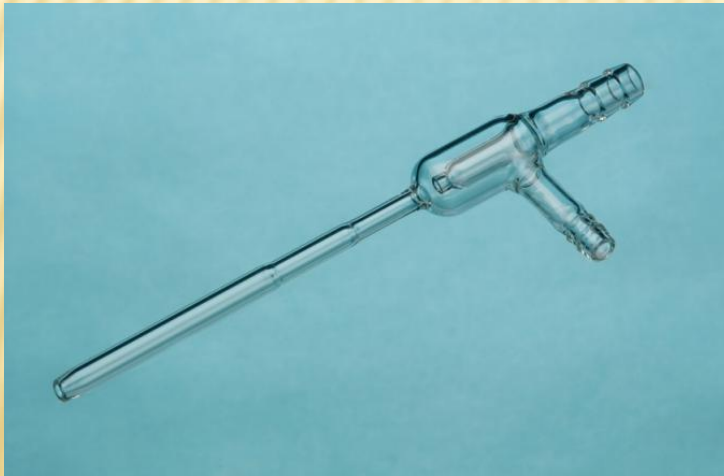


PAROPROUDOVÉ VÝVĚVY

- ✘ opět dochází k předání impulzu molekulám čerpaného plynu pomocí rychle proudící kapaliny, par nebo plynu
- ✘ čerpaný plyn (v tomto případě směs plynů a par) je pak strháván do místa výstupu z vývěvy
- ✘ většinou je nutné předčerpání

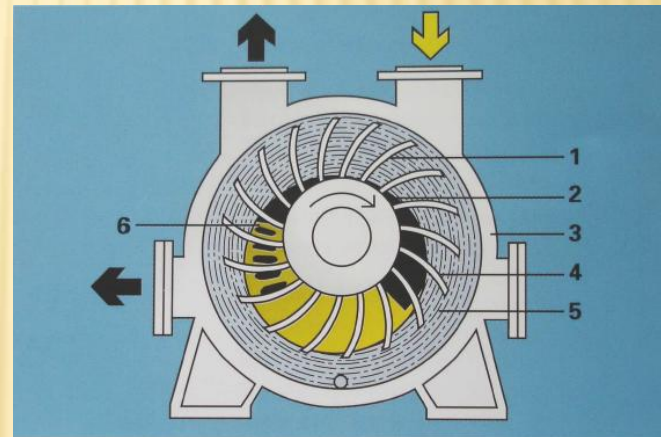
VODNÍ VÝVĚVA

- ✘ mezní tlak 10^3 Pa
- ✘ pracuje od atm. tlaku
- ✘ velká spotřeba vody
- ✘ malá čerpací rychlost



VODOKRUŽNÍ VÝVĚVA

- ✘ voda se díky odstředivé síle dostává více na stěny vývěvy a vzduch je vtahován do středu
- ✘ mezní tlak 10^3 Pa
- ✘ pracuje od atm. tlaku
- ✘ velká čerpací rychlost
- ✘ velká spotřeba vody
- ✘ využití v průmyslu (velkoobjemové čerpání)



EJEKTOROVÁ VÝVĚVA

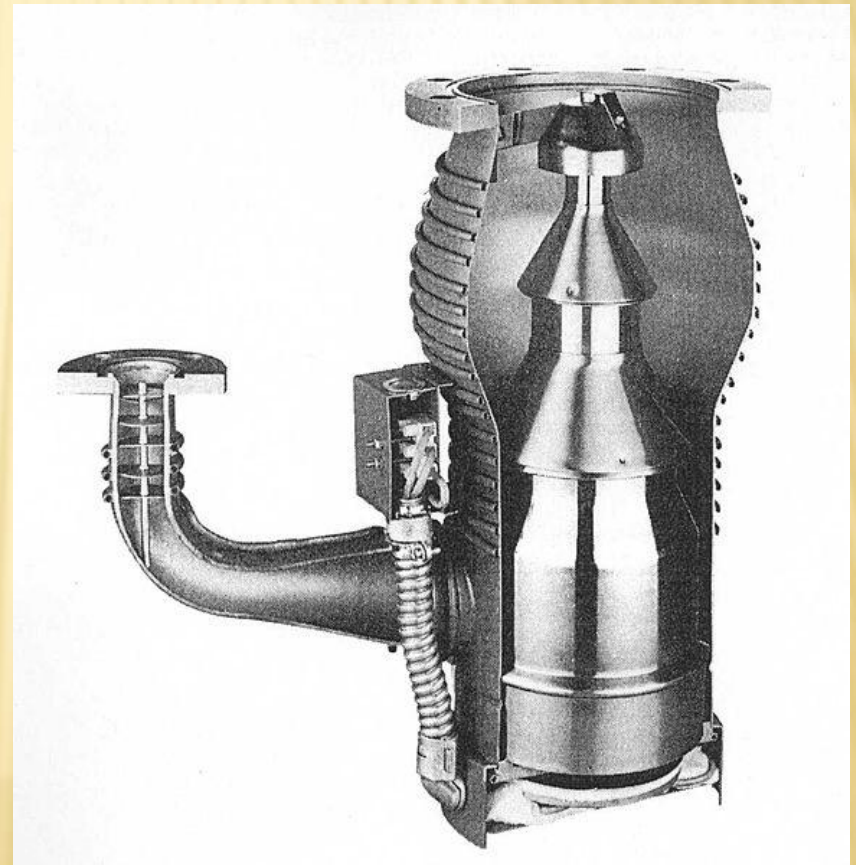
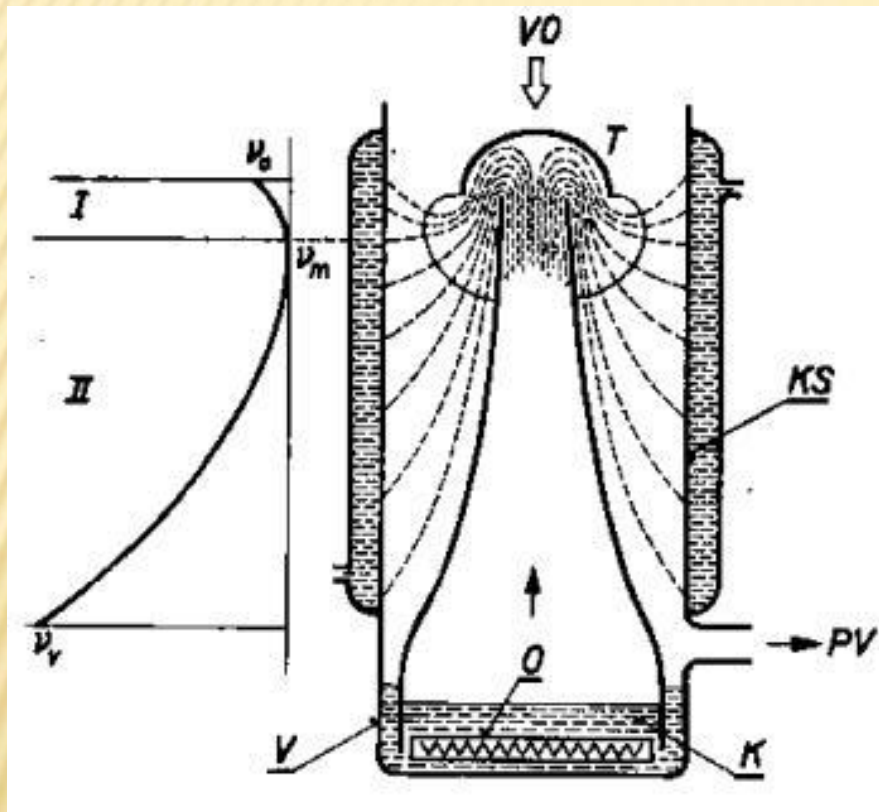
- ✘ pracovní tekutina: páry vody, oleje, rtuti
- ✘ Lavalova tryska → pára získává nadzvukovou rychlost
- ✘ mezní tlak 10^{-2} Pa
- ✘ předčerpání



DIFÚZNÍ VÝVĚVA

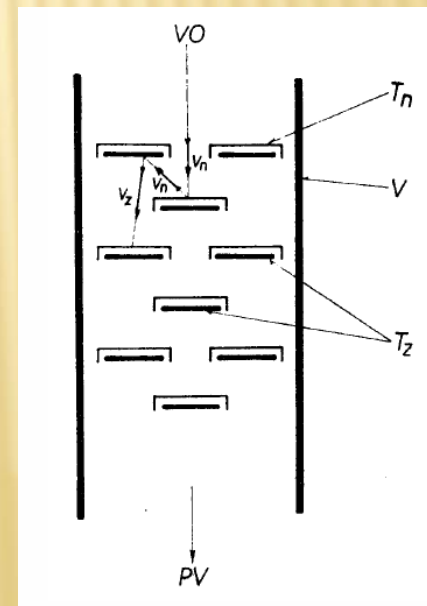
- ✘ využívá difúze čerpaného plynu do páry
- ✘ pracovní kapalina: oleje s nízkou tenzí par, odolné proti štěpení a oxidaci
- ✘ mezní tlak 10^{-7} Pa (závisí na rychlosti proudu)
- ✘ nutné předčerpání
- ✘ frakční difúzní vývěva – každá z trysek vlastní parovod

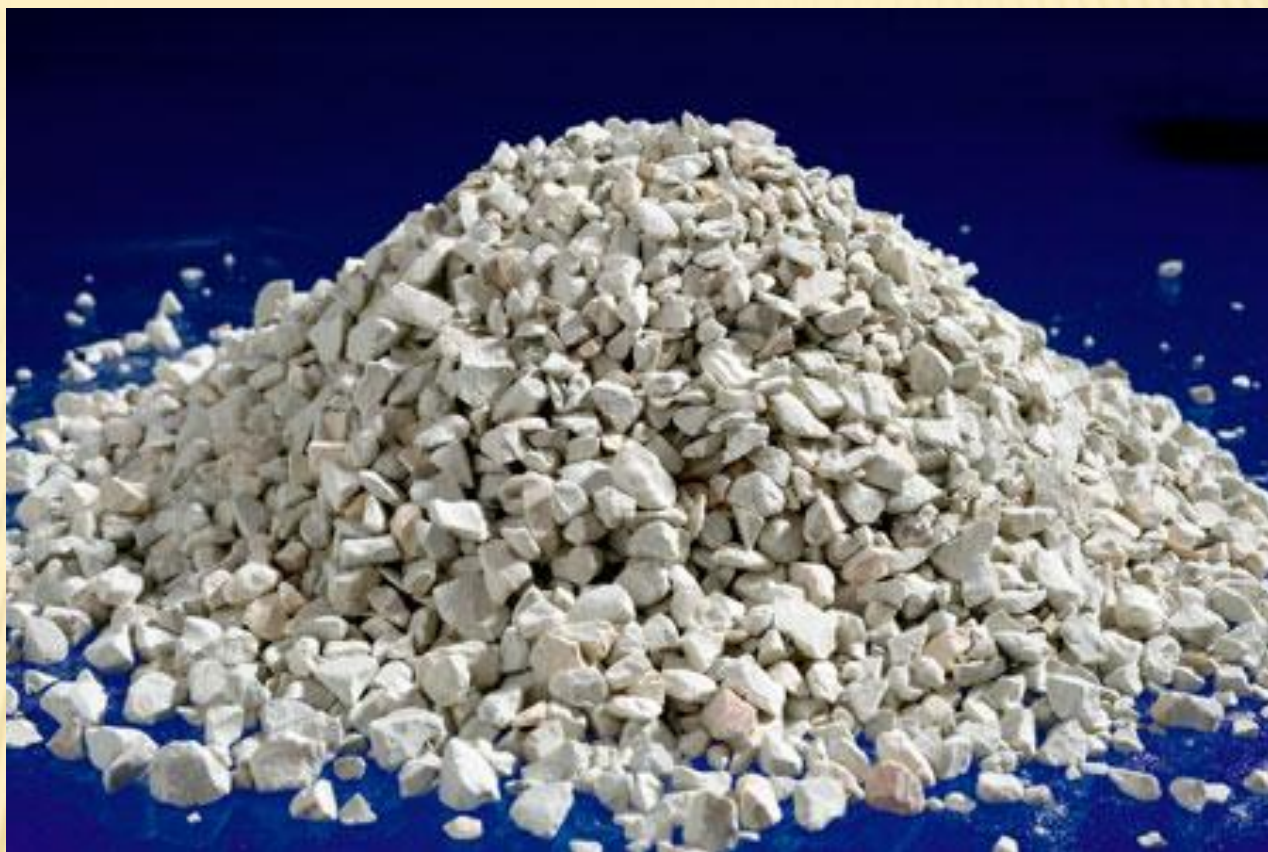
DIFÚZNÍ VÝVĚVA



VÝVĚVY ZALOŽENÉ NA TEPELNÉ RYCHLOSTI MOLEKUL

- ✗ plochy s vysokou teplotou ($600\text{ }^{\circ}\text{C}$) směrem k výstupu a s nízkou teplotou směrem ke vstupu
→ plyn postupně urychlován k výstupu
- ✗ žádné pohyblivé části
- ✗ žádná pracovní kapalina
- ✗ v praxi se nevyužívá





**VÝVĚVY BEZ TRANSPORTU MOLEKUL
(SORPČNÍ VÝVĚVY)**

SORPČNÍ VÝVĚVY

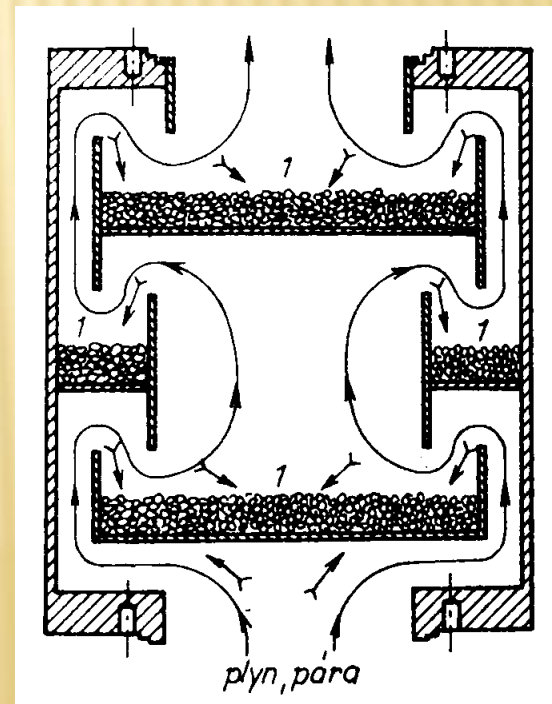
- ✘ princip vazby molekul čerpaného plynu na stěny čerpaného prostoru nebo na materiály k tomu určené
- ✘ plyn zůstává uvnitř čerpaného prostoru
- ✘ čerpací rychlost je úměrná velikosti sorbujícího povrchu
- ✘ k získání vysokého vakua

KRYOGENNÍ (KRYOSORPČNÍ) VÝVĚVA

- ✘ adsorpce a kondenzace plynů a par
- ✘ $T < 30\text{K}$
- ✘ uvádějí se v činnost až při získání nízkého vakua jiným typem vývěvy
- ✘ nejčastěji plynné He, H_2 – $T = 10\text{-}20\text{K}$, mezní tlak $< 10^{-11}$ mbar, velká čerpací rychlost
- ✘ procesy na povrchu: kryokondenzace (většina plynů) a kryosorpce (Ne, H_2 , He)

ZEOLITOVÁ VÝVĚVA

- ✘ čerpání díky velkému povrchu zejména fyzisorpcí
- ✘ materiály: zeolity, molekulová síta, mikroporézní sklo, aktivní uhlí
- ✘ chlazení kapalným N_2
- ✘ regenerace při vysoké teplotě
- ✘ zeolity se používají jako lapače par

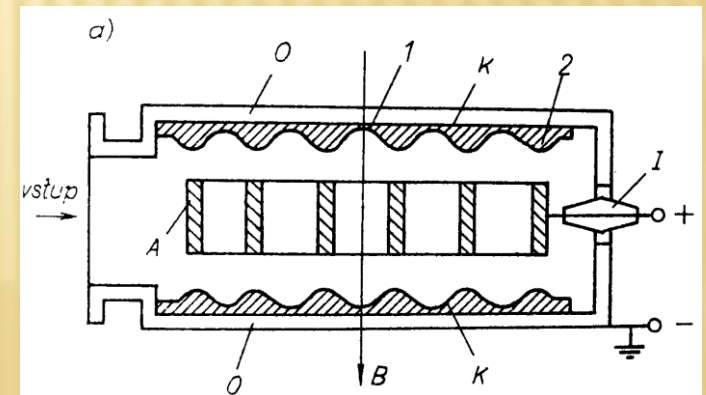


SUBLIMAČNÍ VÝVĚVA

- ✘ opakované vytváření čistého povrchu kovu, nejčastěji napařováním Ti
- ✘ dominantní proces je chemisorpce
- ✘ pracují od 10^{-4} Pa
- ✘ nahrazeny iontovými sublimačními vývěvami
 - + z nažhavené katody se uvolňují elektrony, ty bombardují anodu z Ti, která se žhaví, a dochází k rozprašování Ti na stěny chlazené vodou
 - + na stěny jsou pak urychlovány ionty plynu, které jsou překrývány další vrstvou Ti

IONTOVÁ VÝVĚVA SE STUDENOU KATODOU

- ✗ princip → Penningův manometr
- ✗ rozdílné čerpací mechanismy pro různé plyny
 - ✗ chemická reakce s Ti (O_2, N_2)
 - ✗ difúze do objemu (N_2, He)
 - ✗ překrývání další vrstvou Ti (těžší ionty – Ar, Xe)
 - ✗ složitější molekuly se rozkládají ve výboji
- ✗ argonová nestabilita
(kolísání tlaků)
→ konstrukce katody, žebra



GETROVÁ VÝVĚVA

- ✘ čerpání malých uzavřených prostor, které se nezavzdušňují pro udržení nízkého tlaku
- ✘ „sublimační vývěva na jedno použití“
- ✘ nečerpají vzácné plyny

VYPAŘOVANÉ GETRY

- × vlastnosti getrů:
 - × nízká tenze par při teplotě okolo 400 °C
 - × vysoká tenze par při teplotě 600-1000 °C
 - × chemická stabilita
- × materiály: Al, Mg, Ti, Ba
- × vypařování getru umístěného v nádobě zvenku nejčastěji pomocí rf cívky
- × mezní tlak až 10^{-10} Pa
- × použití v elektronkách

NEVYPAŘOVANÉ GETRY

- ✘ materiál: dvou nebo tříložkové slitiny (Ti, Zr, V, Th, Fe,...)
- ✘ při montáži je na getru sorbovaná vrstva plynu → aktivace getru zvýšením teploty a čerpáním systémem jinou vývěvou
- ✘ regenerace opětovným zahřátím
- ✘ čerpací mechanismus – převážně chemisorpce (CO , CO_2 , O_2) nebo difúze do objemu (H_2)

DĚKUJI ZA POZORNOST!