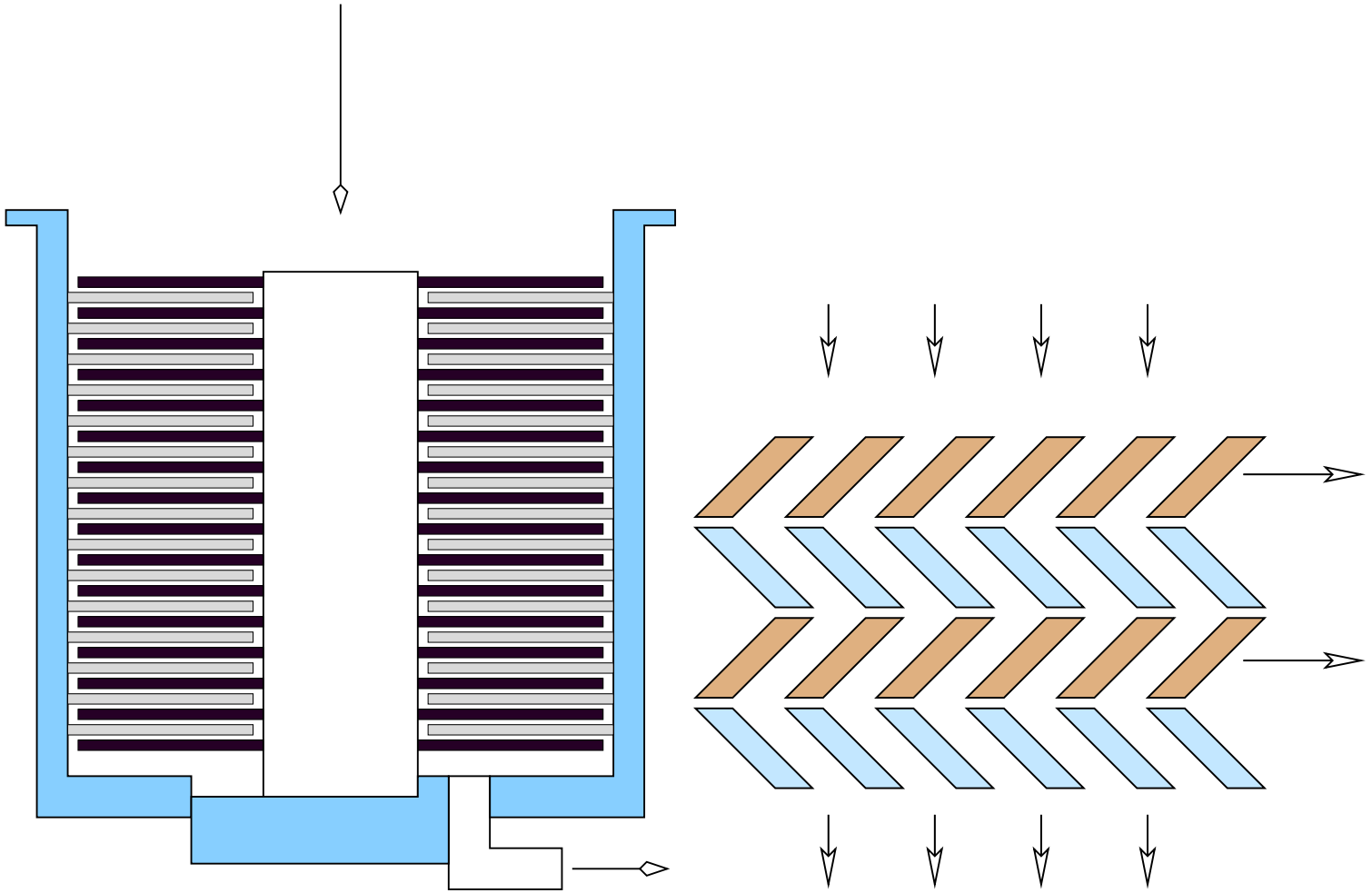
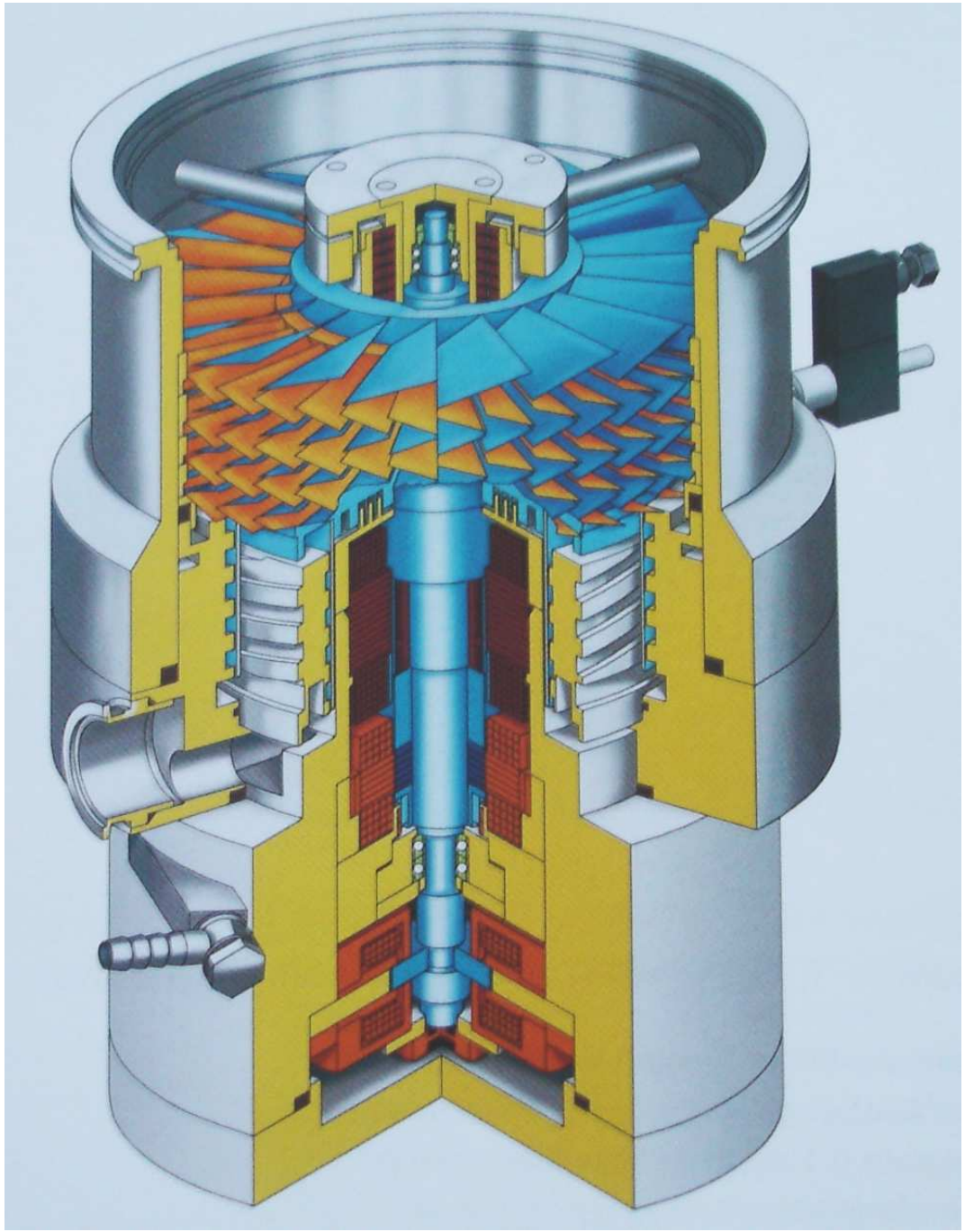
Turbomolekulární výměva





Turbomolekulární vývěva

- potřebuje předčerpat nejčastěji membránovou, nebo rotační vývěvou
- mezní tlak $\sim 10^{-9}\ Pa$
- počet otáček až $90000\ min^{-1}$
- suchá vývěva, bez oleje
- mezera mezi rotorem a statorem $\sim 10^{0}\ mm$

Turbomolekulární výměva

Keramická kuličková ložiska

Magnetcká ložiska - mohou ovlivňovat citlivá měření

Molekulární stupeň - větší výstupní tlak, předčerpání nejčastěji membránovou vývěvou, bez molekulárního stupně nutný nižší tlak na výstupu, předčerpání nejčastěji rotační olejovou vývěvou

Vývěvy s transportem molekul z čerpaného prostoru

Paroproudové vývěvy

Molekuly plynu získávají dodatečnou rychlost ve směru čerpání prostřednictvím proudu pracovní látky(voda pára plyn). Většinou je nutné tyto vývěvy předčerpávat.

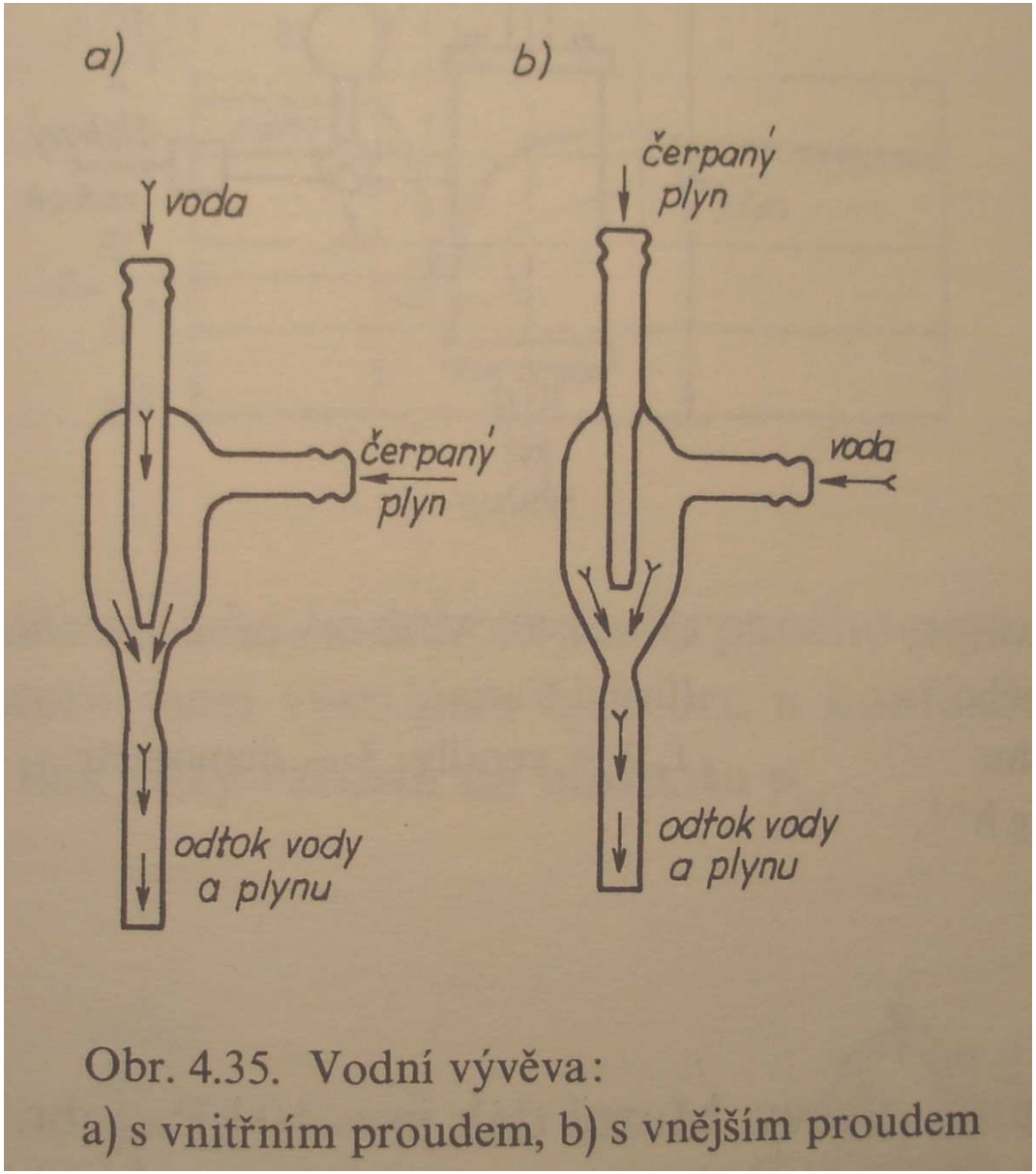
Vodní vývěva

Rychlost proudící kapaliny je dána Bernoulliovou rovnicí:

$$\frac{1}{2}\varrho v^2 + h\varrho g + p' = konst$$

$$\frac{1}{2}\varrho v_1^2 + p'_1 = \frac{1}{2}\varrho v_2^2 + p'_2$$

p'_2 závisí na rozdílu rychlostí a může být menší než atmosférický tlak. Proudící látka nasává okolní prostředí.

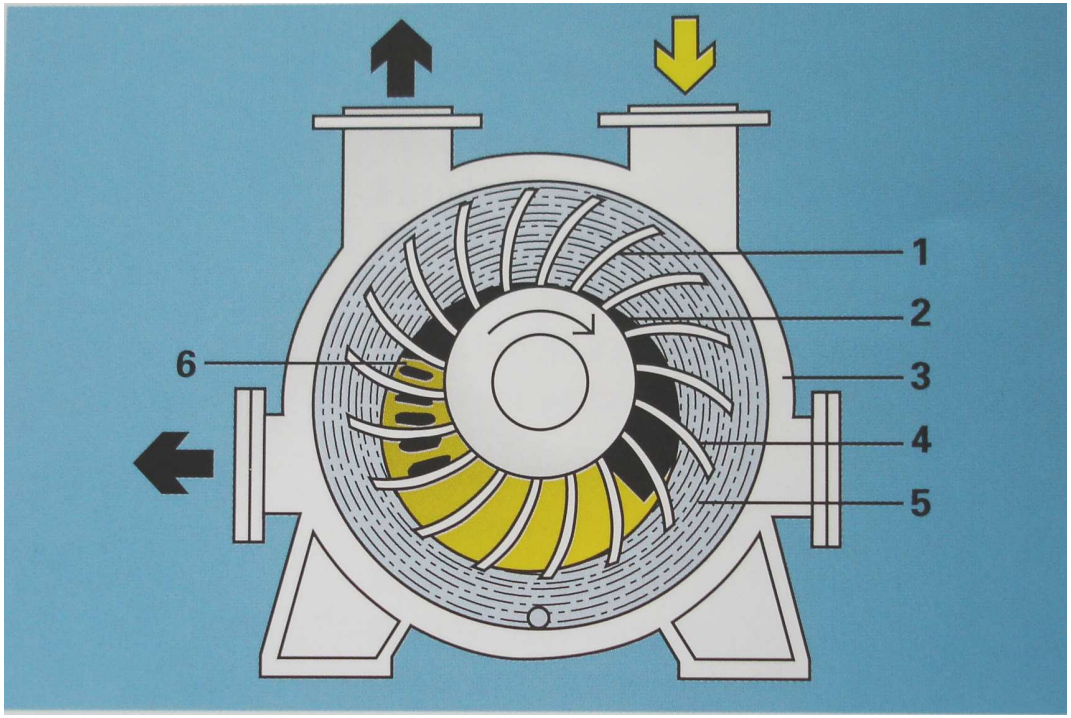


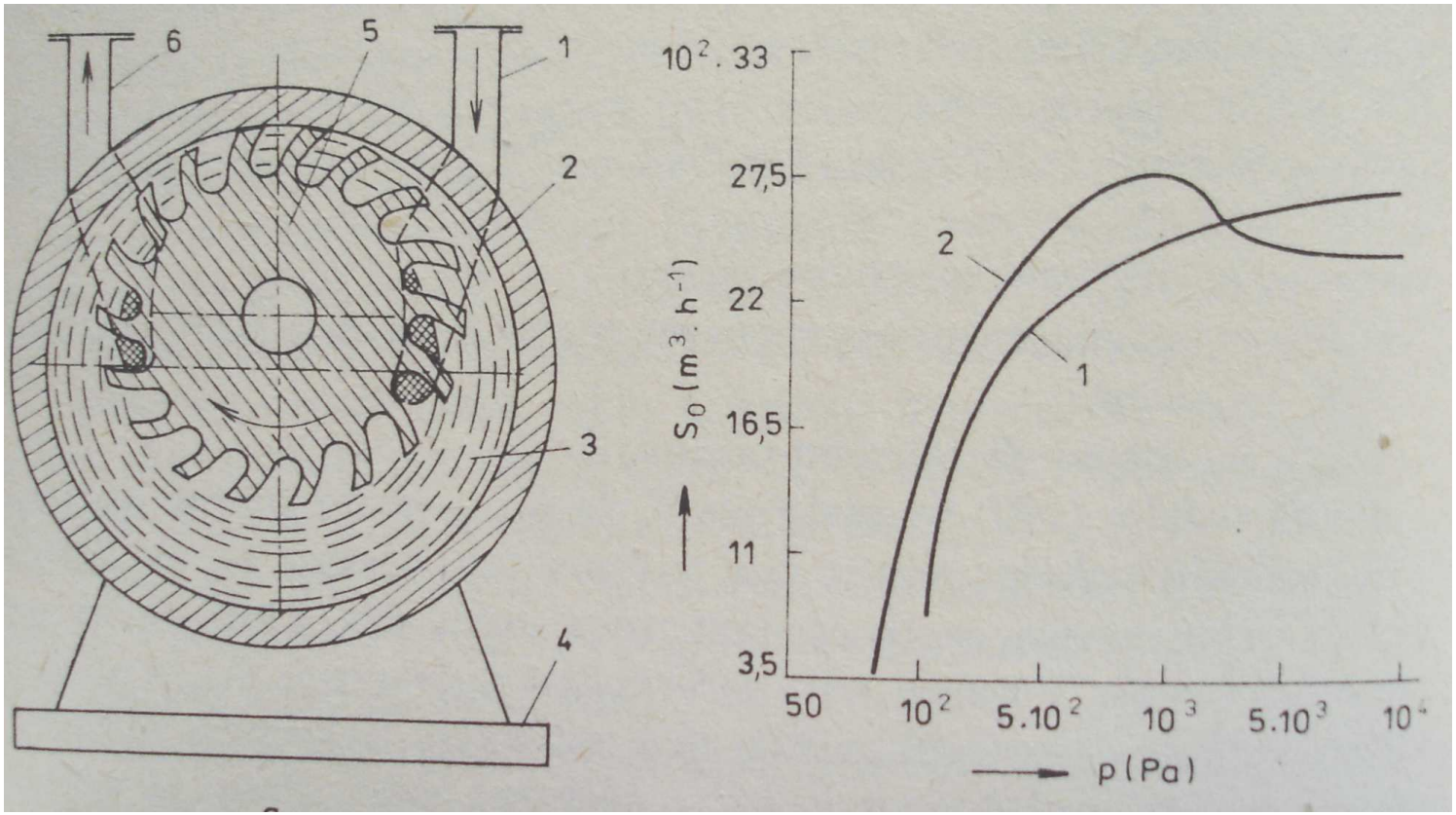
Obr. 4.35. Vodní výměva:
a) s vnitřním proudem, b) s vnějším proudem

Vodní výměva

- pracuje od atmosférického tlaku
- mezní tlak $\sim 10^3\ Pa$
- velká spotřeba vody
- může čerpat vodní páru
- malá čerpací rychlost

Vodokružní vývěva



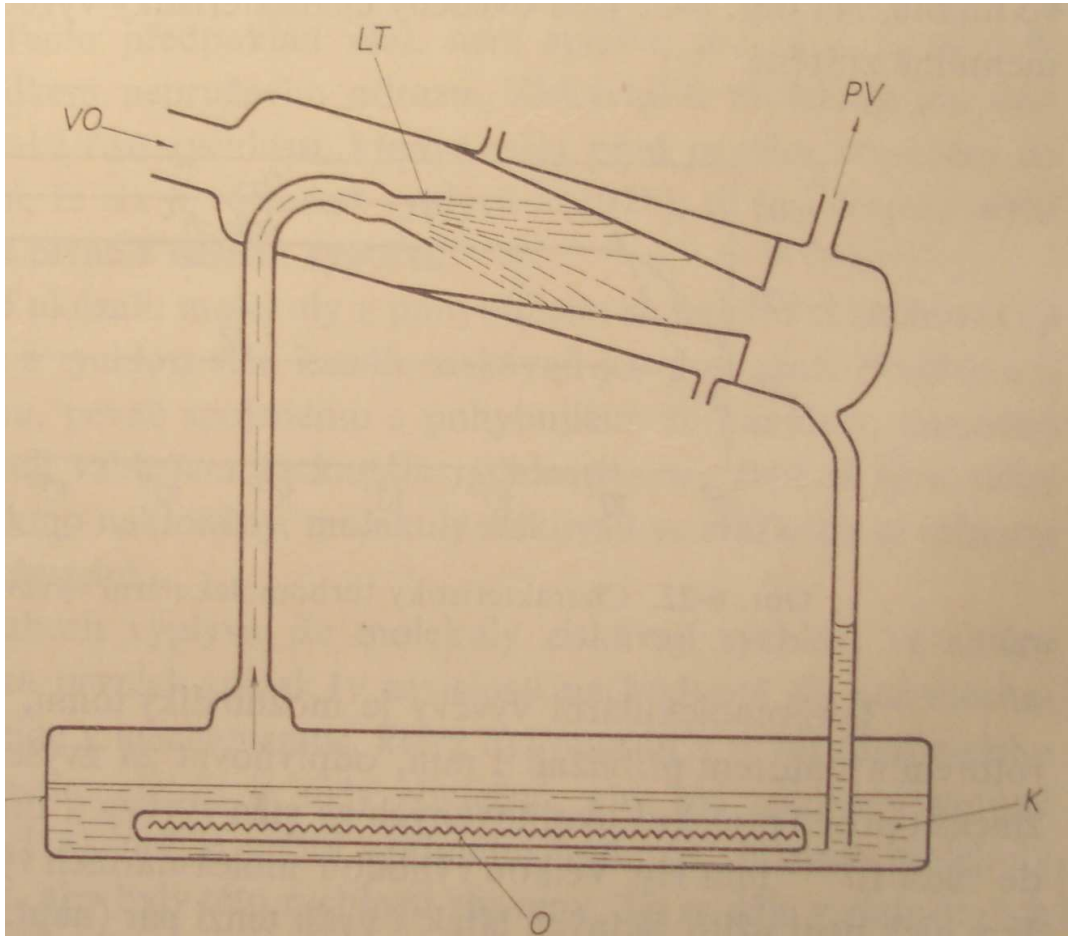

6
5
1
2
3
4
10^2. 33
27,5
22
16,5
11
3,5
S_0 ($m^3.h^{-1}$)
2
1
50
10^2
5.10^2
10^3
5.10^3
10^4
p (Pa)

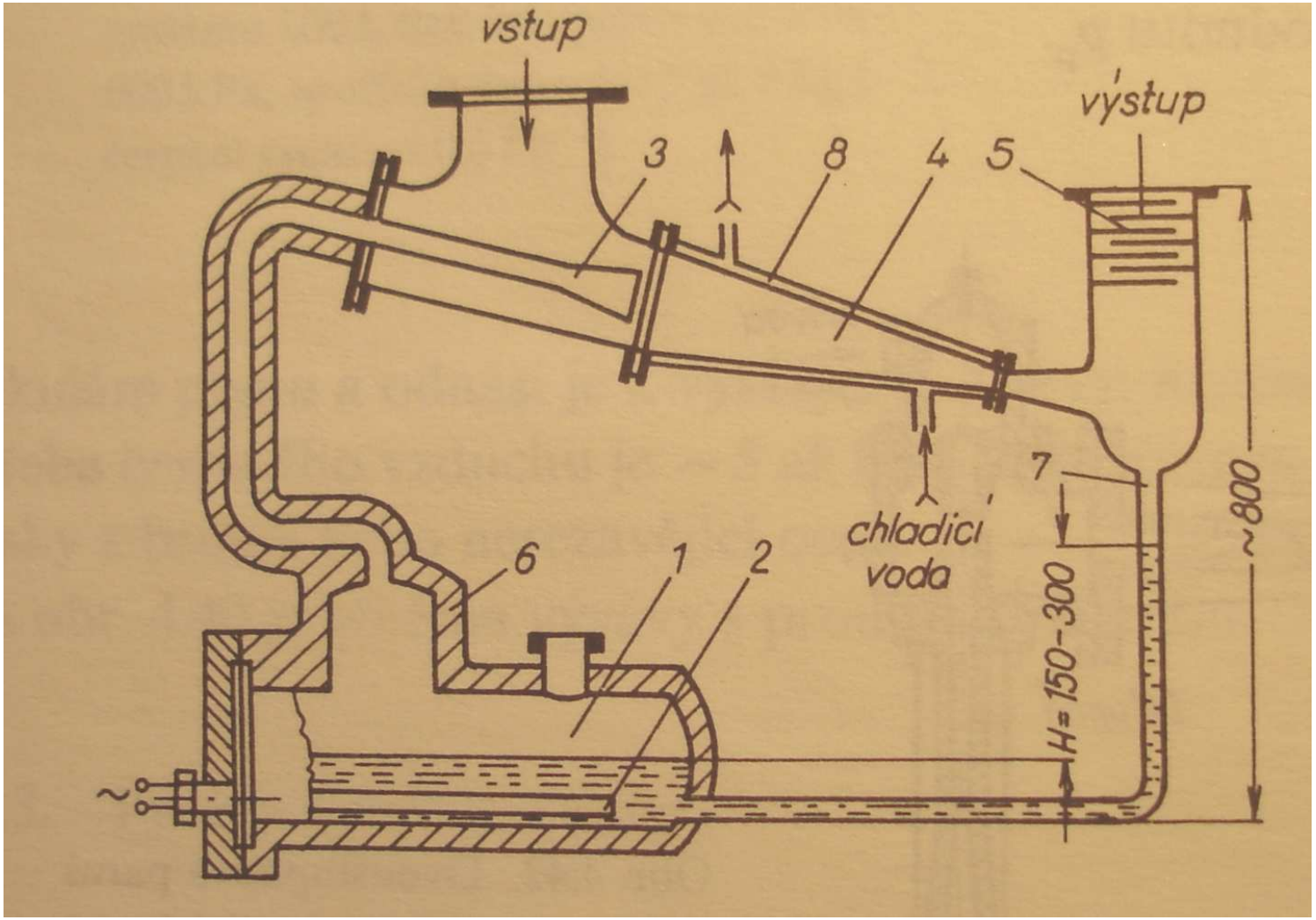
Vodokružní vývěva

- pracuje od atmosférického tlaku
- mezní tlak $\sim 10^3\ Pa$
- velká spotřeba vody, zpravidla uzavřený okruh
- může čerpat vodní páru
- velká čerpací rychlost
- využití zejména v průmyslu
- chemicky odolná, nevadí ji drobné částice - metalurgie
- vícestupňové provedení

Ejektorové vývěva

Jako pracovní tekutinu používají páru ($H_2O, Hg, olej$). Pára se přivádí do speciální trysky (Lavalova tryska) , kde získává nadzvukovou rychlost. Při mezním tlaku roste zpětný proud páry. Konstruují se několika stupňové provedení, při 4-6 stupních není potřeba předčerpávat

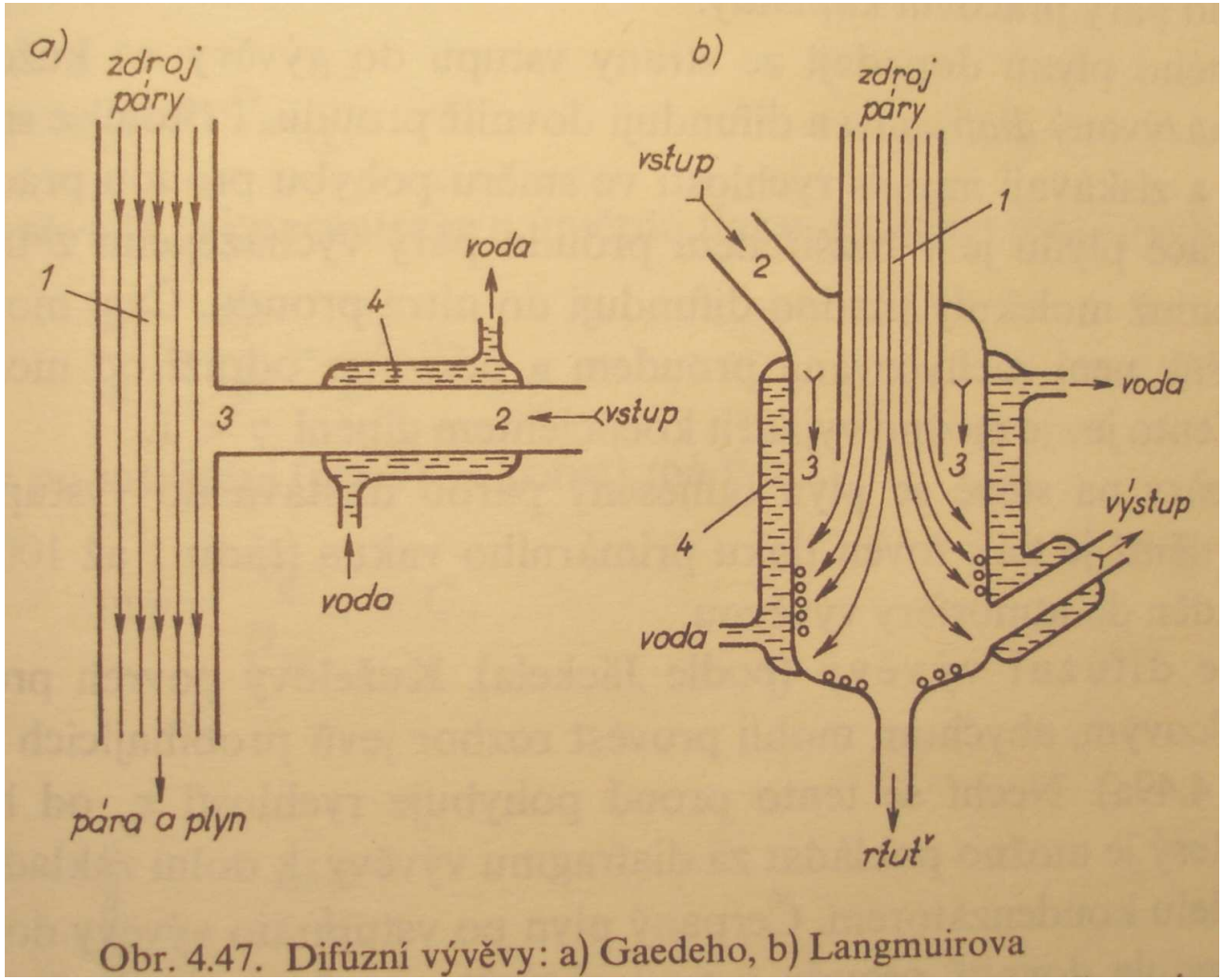

LT
VO
PV
K
O


vstup
výstup
3
8
4
5
7
chladicí
voda
6
1
2
H = 150–300
~800
~

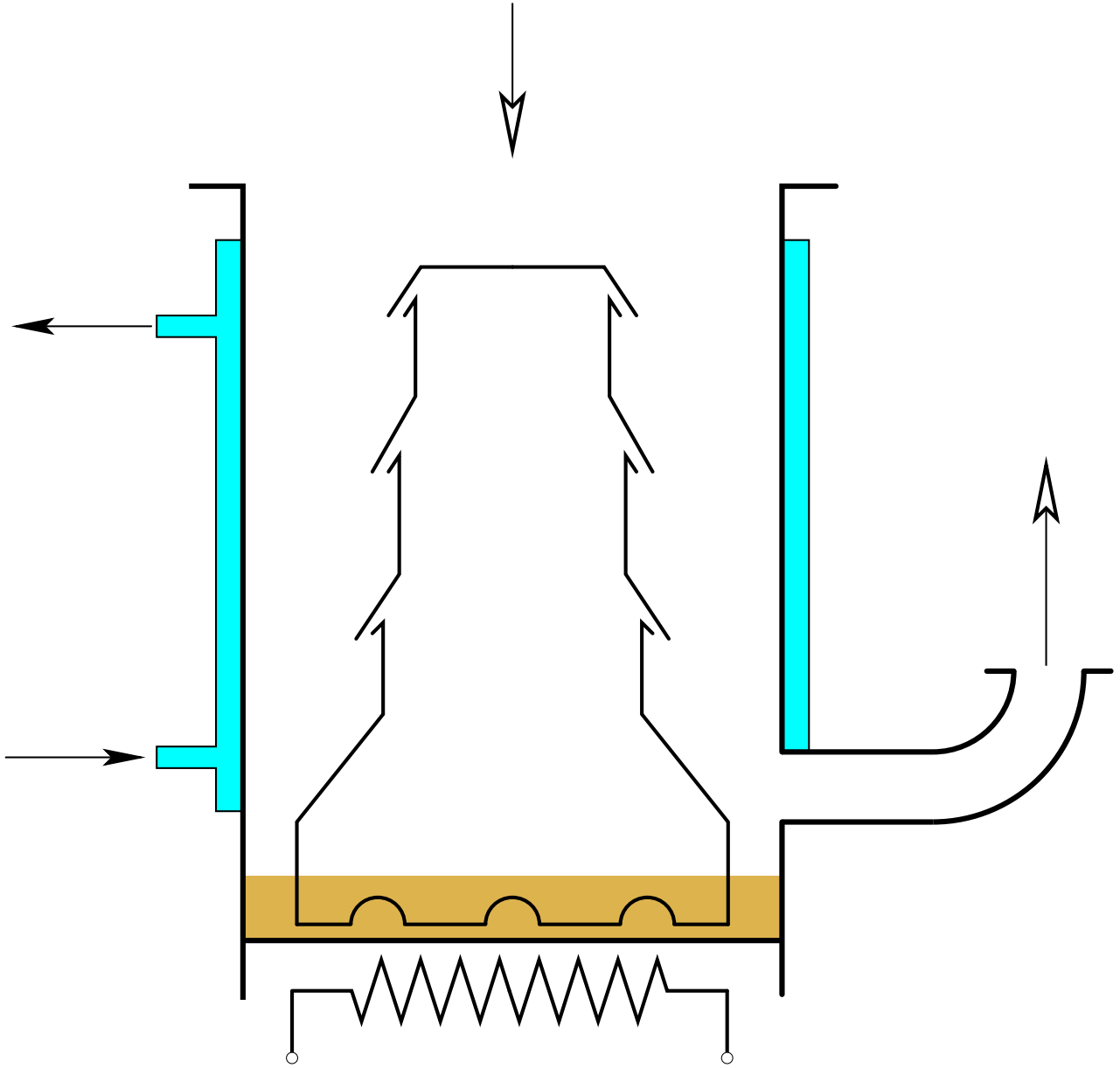
Ejectorová vývěva

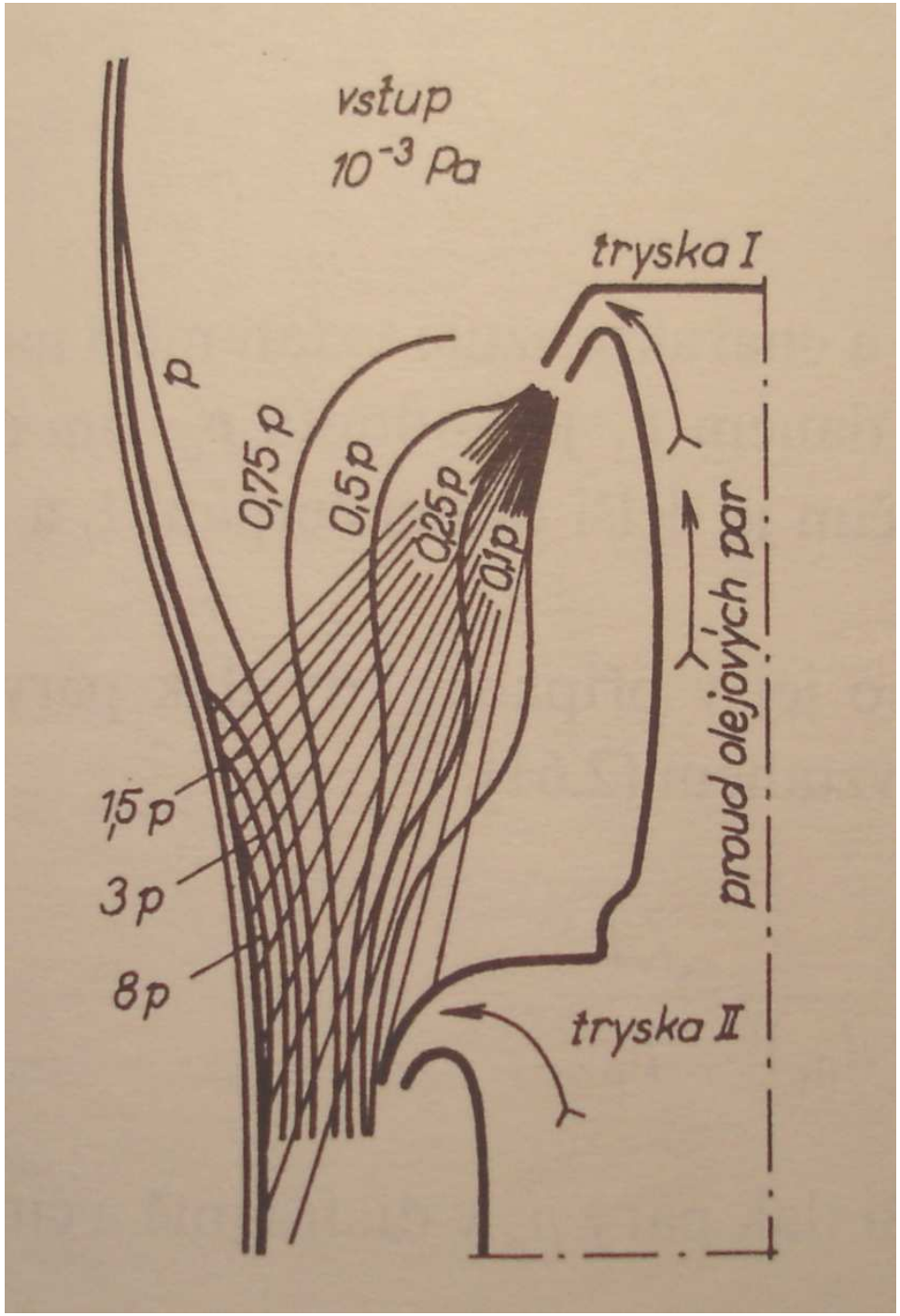
- potřebuje předčerpat
- mezní tlak $\sim 10^{-2}\ Pa$
- nadzvuková rychlost proudu páry
- velká hustota proudu páry
- parametry závisí na použité pracovní kapalině

Difúzní vývěva



Obr. 4.47. Difúzní vývěvy: a) Gaedeho, b) Langmuirova




vstup
10^{-3} Pa
tryska I
p
0,75 p
0,5p
0,25p
0,1p
1,5 p
3p
8p
proud olejových par
tryska II

Mezní tlak je dán $P_0' = P_0 + P_p$, zavisí na rychlosti proudu páry, ale P_p je funkcí teploty. Pro tlak $p \gg p_0$ lze čerpací rychlost vyjádřit jako:

$$S = G\frac{1}{1+\frac{G}{S_0 v_p}} = \frac{1}{\frac{1}{G}+\frac{1}{S_0 v_p}}$$

čerpací rychlost nemůže být větší než vodivost vstupní části vývěvy. Pokud za vodivost dosadíme vodivost otvoru pak

$$G = \frac{1}{4}v_a S_0 \Rightarrow S = \frac{1}{4}v_a S_0 \frac{1}{1+\frac{v_a}{4v_p}}$$

při $v_p \gg v_a$ by byla čerpací rychlost rovna vodivosti G, ale víme, že $v_p \sim v_a \Rightarrow S < G$. Těžší plyny s menší rychlostí v_a se čerpají proudem páry lépe než lehčí plyny.

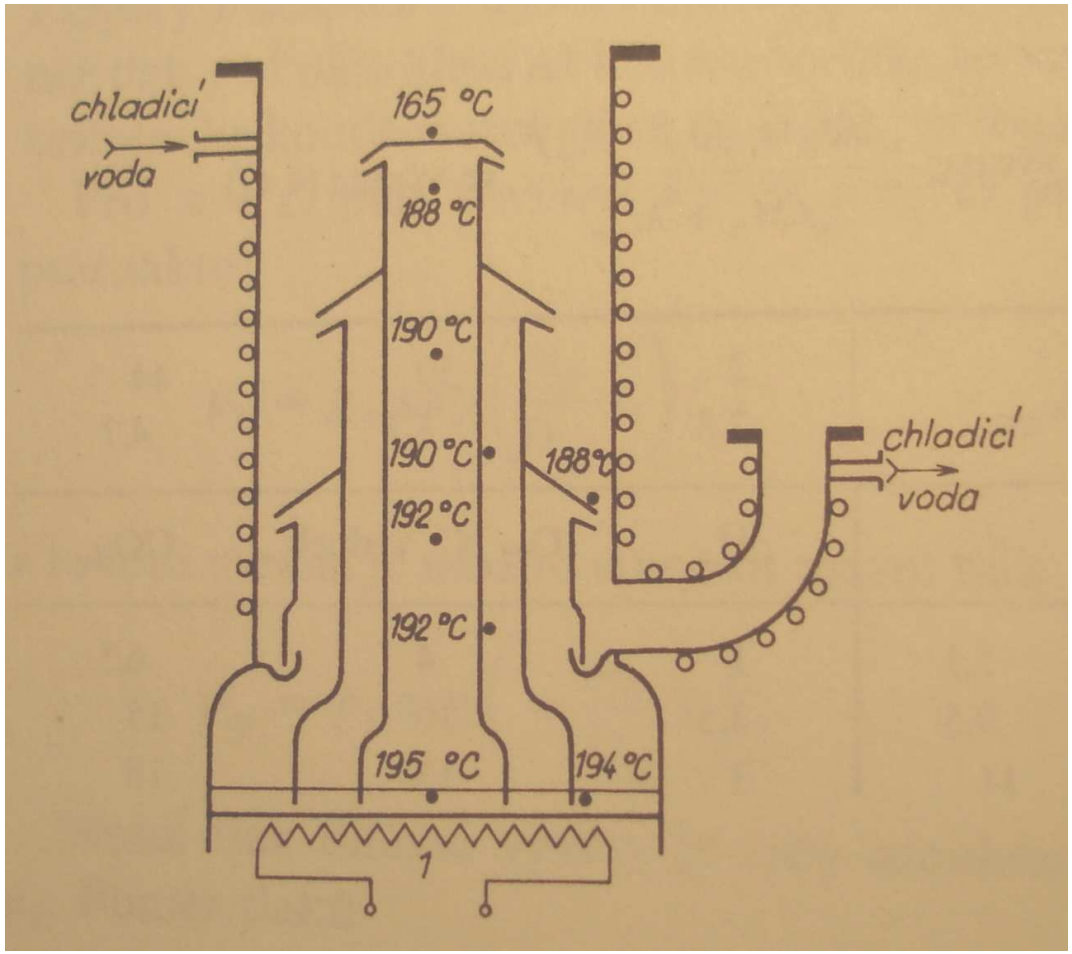
Pracovní kapaliny difúzních výměv

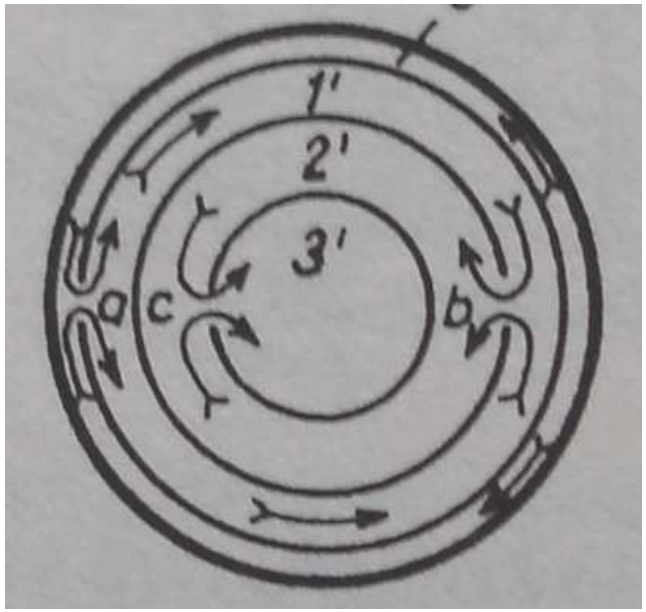
v minulosti Hg, parafín,..

dnes se používají oleje, požadujeme nízkou tenzi par, stálost při provozu (odolnost vůči štěpení), odolnost proti oxidaci

- **minerální oleje**
  - **směs uhlovodíků**
  - **dochází k částečnému rozkladu v důsledku vysoké teploty**
  - **zlepšení mezního tlaku použitím frakčních difúzních výměv**
- **silikonové oleje**
  - **olejové sloučeniny křemíku, polysiloxanové řetězce**
  - **tenze par** $\sim 10^{-8} Pa$
  - **chemické odolnost a stálost, dlouhá životnost**

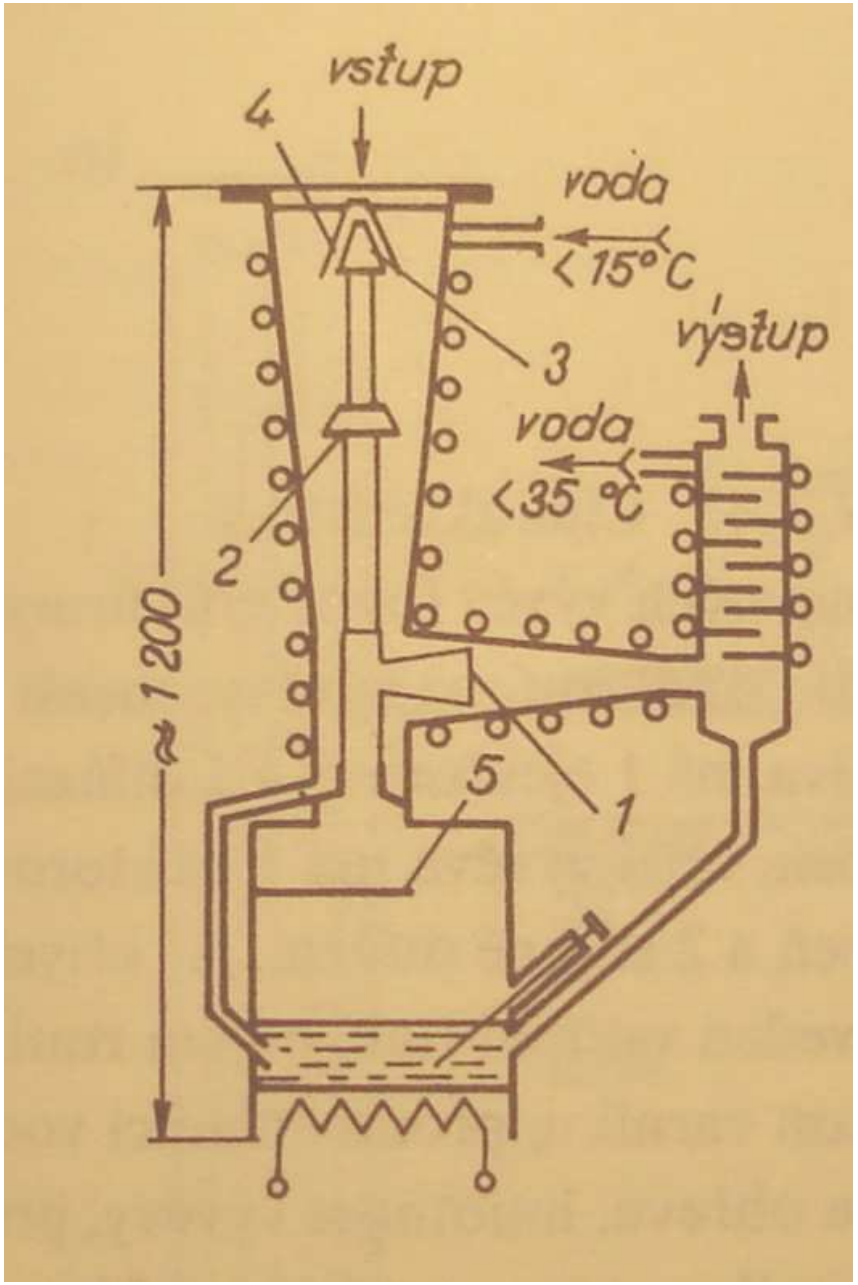
Frakční difúzní vývěvy

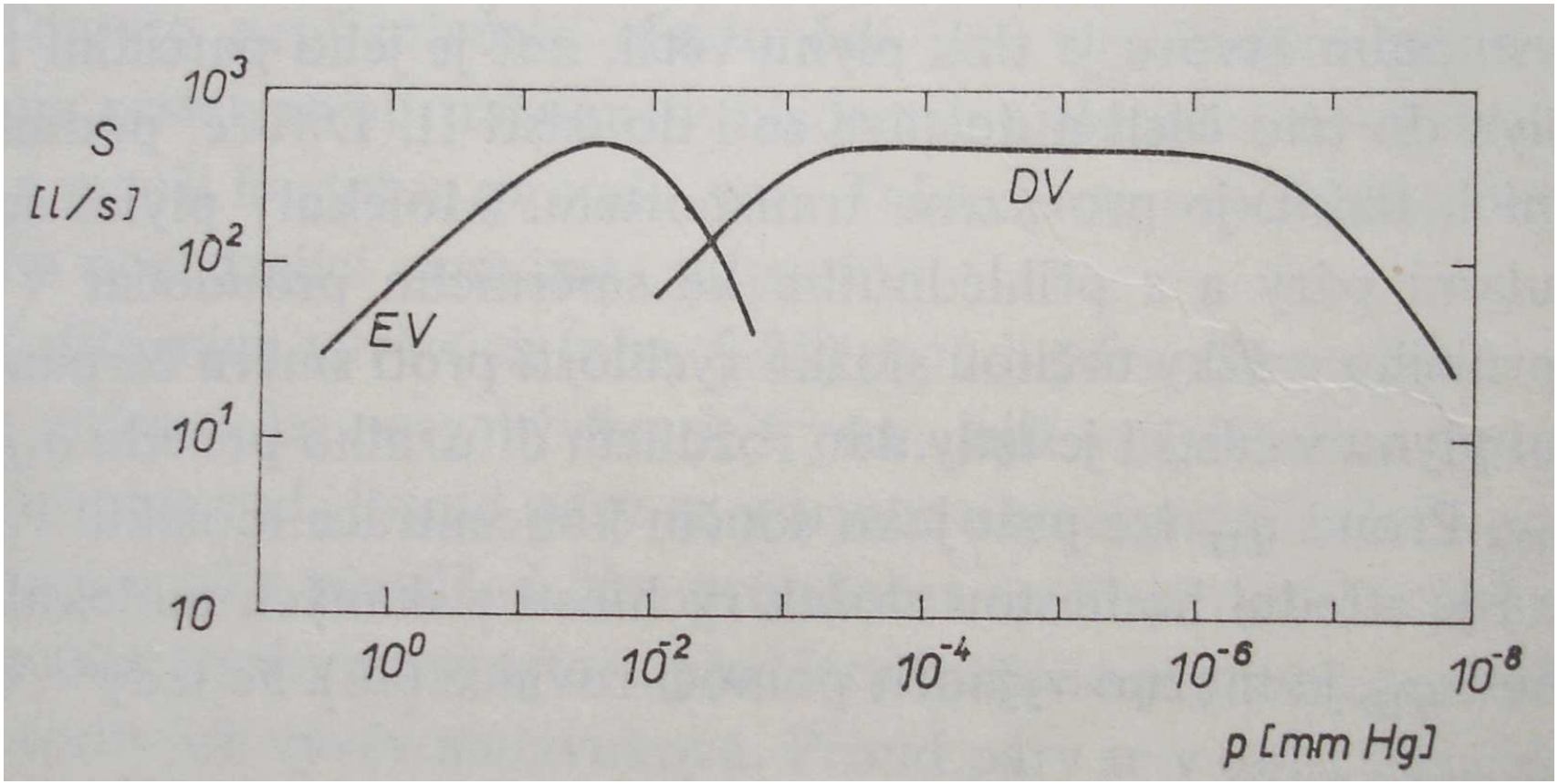




Difúzní výměva

- potřebuje předčerpat nejčastěji rotační výměvou
- mezní tlak $\sim 10^{-7}\ Pa$
- pracovní kapalina Hg, parafín, nejčastěji olej
- požadavky na pracovní kapalinu
  - nízká tenze par
  - stálost při provozu - odolnost proti štěpení
  - odolnost proti oxidaci
- jednoduchá konstrukce; jedno, nebo vícestupňové provedení


vstup
4
voda
< 15°C
výstup
3
voda
< 35 °C
2
≈ 1200
5
1


S
[l/s]
10^3
10^2
10^1
10
EV
DV
10^0
10^-2
10^-4
10^-6
10^-8
p [mm Hg]

Zamezení vniku olejových par do čerpaného prostoru

Mechanizmus vniku par:

- **přímé vstřikování páry**
- **difúze páry**

K zamezení vniku olejových par do čerpaného prostoru se používají:

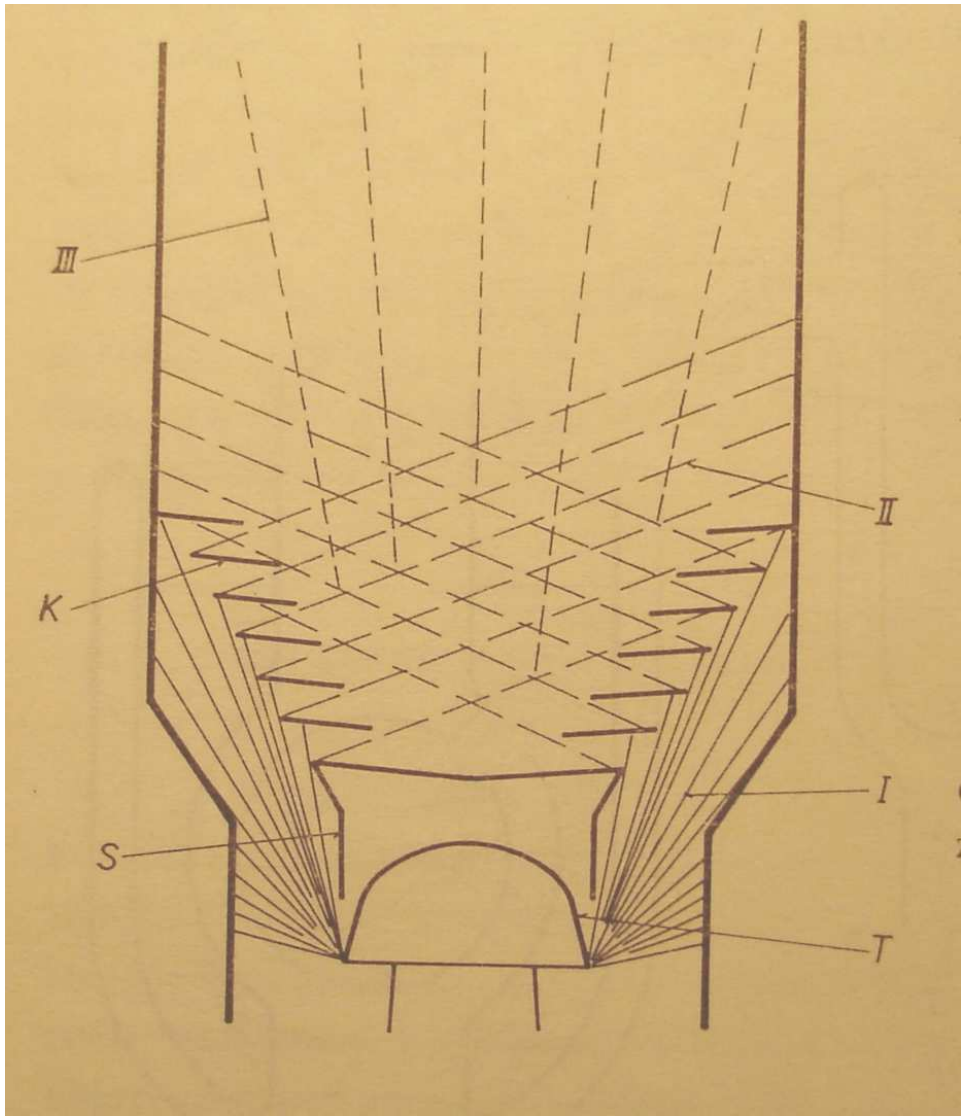
- **srážeče par**
- **lapače par - zpravidla chlazené**

Použití těchto zařízení snižuje čerpací rychlost výměvy.

V současné době je trend nahradit rotační olejové výměvy suchými výměvami (membránové, scroll,...), které nepoužívají při čerpání olej, nebo jiné kapaliny a nahradit difúzní výměvy turbomolekulárními výměvami.

Srážeče par

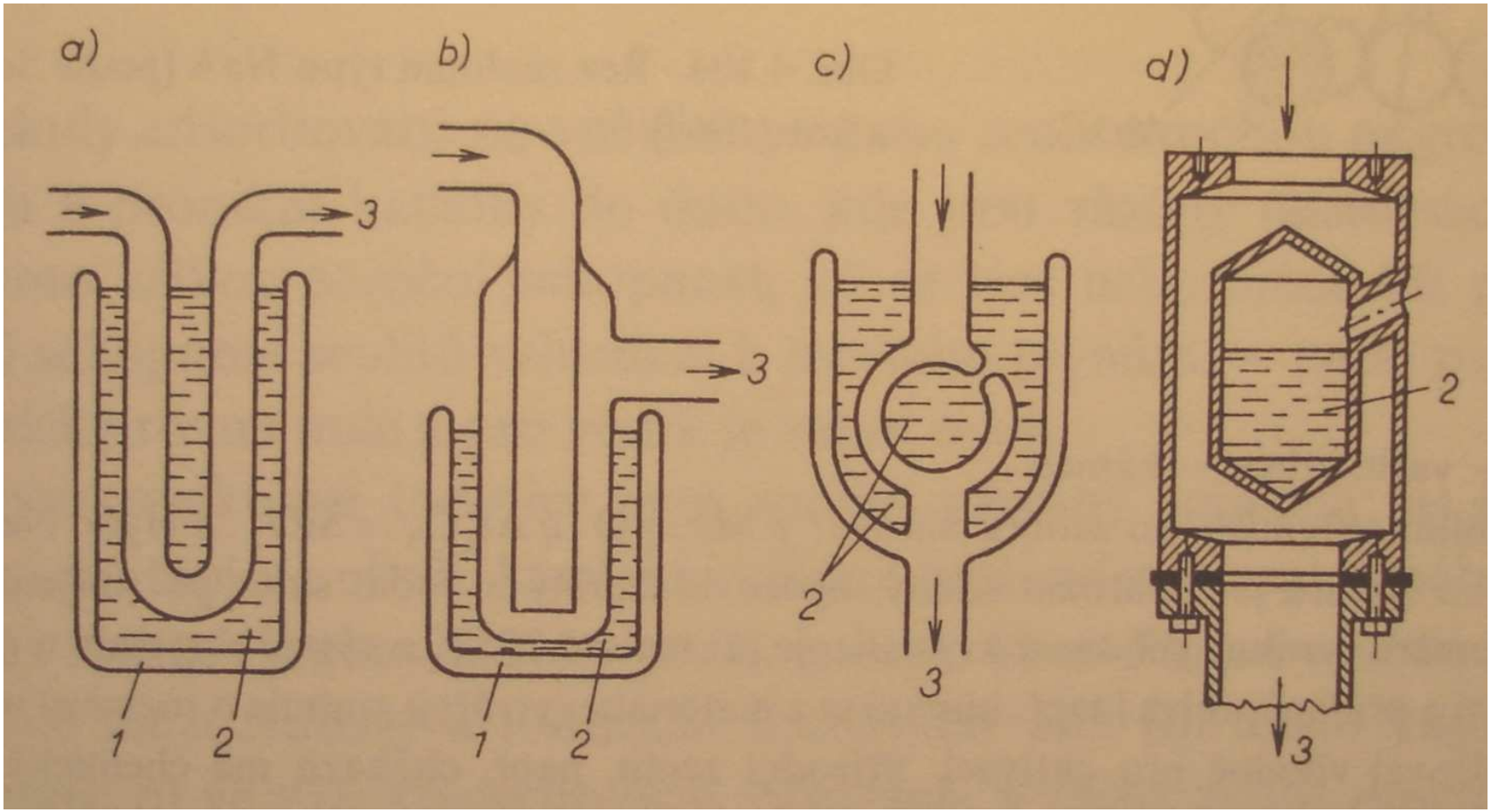
- zamezují přímému vniku par
- umisťují se blízko vývěvy, aby zkondenzované páry odtékaly do vývěvy
- většinou chlazené vodou
- snížení čerpací rychlosti o 40-60

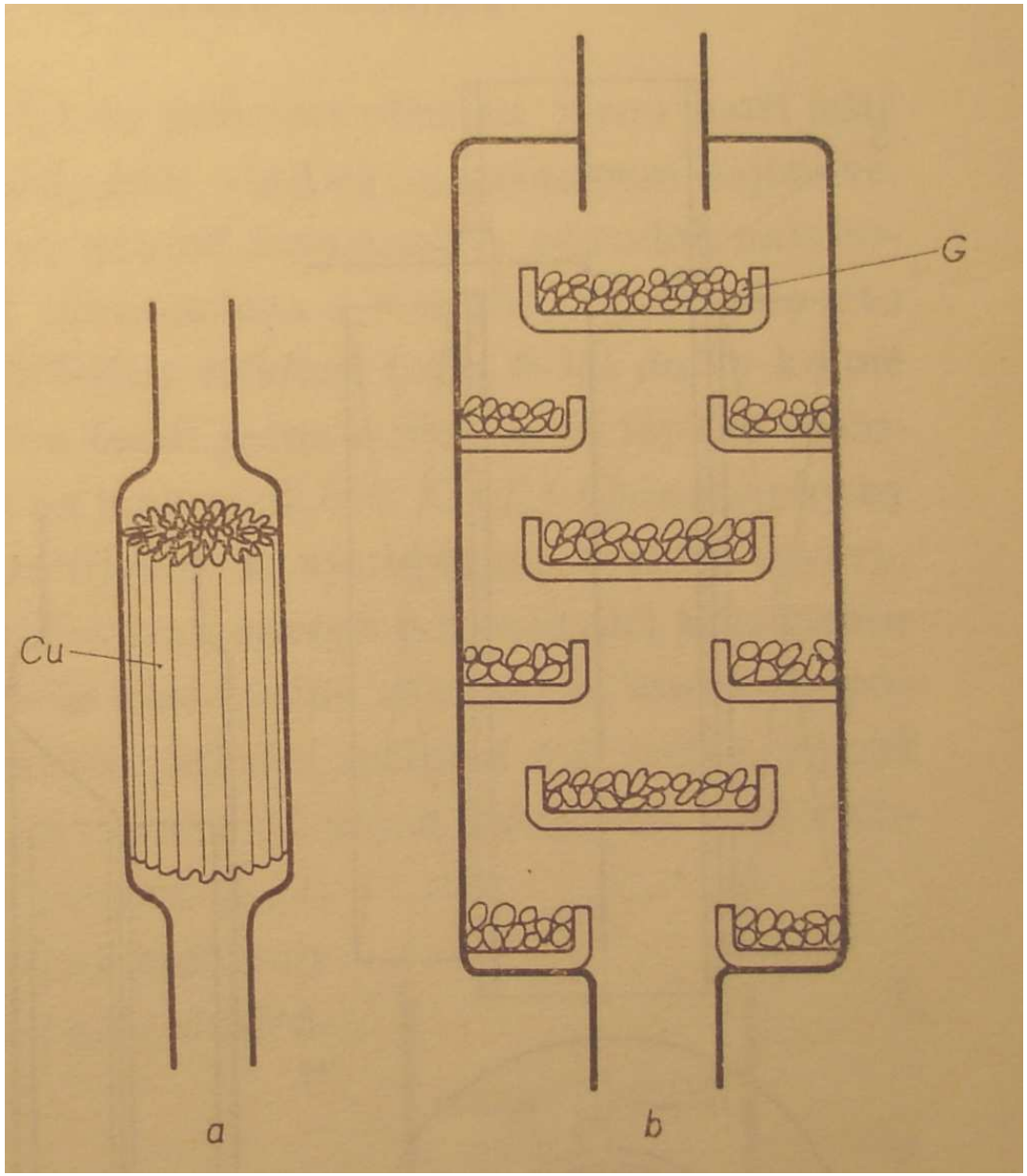

III
II
K
I
S
T

Lapače par

Zamezují vstupu difundujících molekul páry do čerpaného prostoru, umítění blízko čerpaného prostoru. Princip činnosti:

- **povrch na nízké teplotě - vymrazovačky, nejčastější chlazení pomozí tekutého dusíku $\sim 77K$**
  - **nastává čerpání vlivem nízké teploty**
  - **hladina chladící kapaliny nesmí kolísat**
  - **molekuly zůstávají na povrchu - difúze po povrchu**
- **povrch pokrytý absorpční látkou**
  - **měděná folie**
  - **molekulová síta - zeolity, obsahují dutina a kanálky o velikosti $\sim 1nm$, 1g této látky má povrch až $1000m^2$**


a)
b)
c)
d)
1
2
3
1
2
3
2
3
2
3

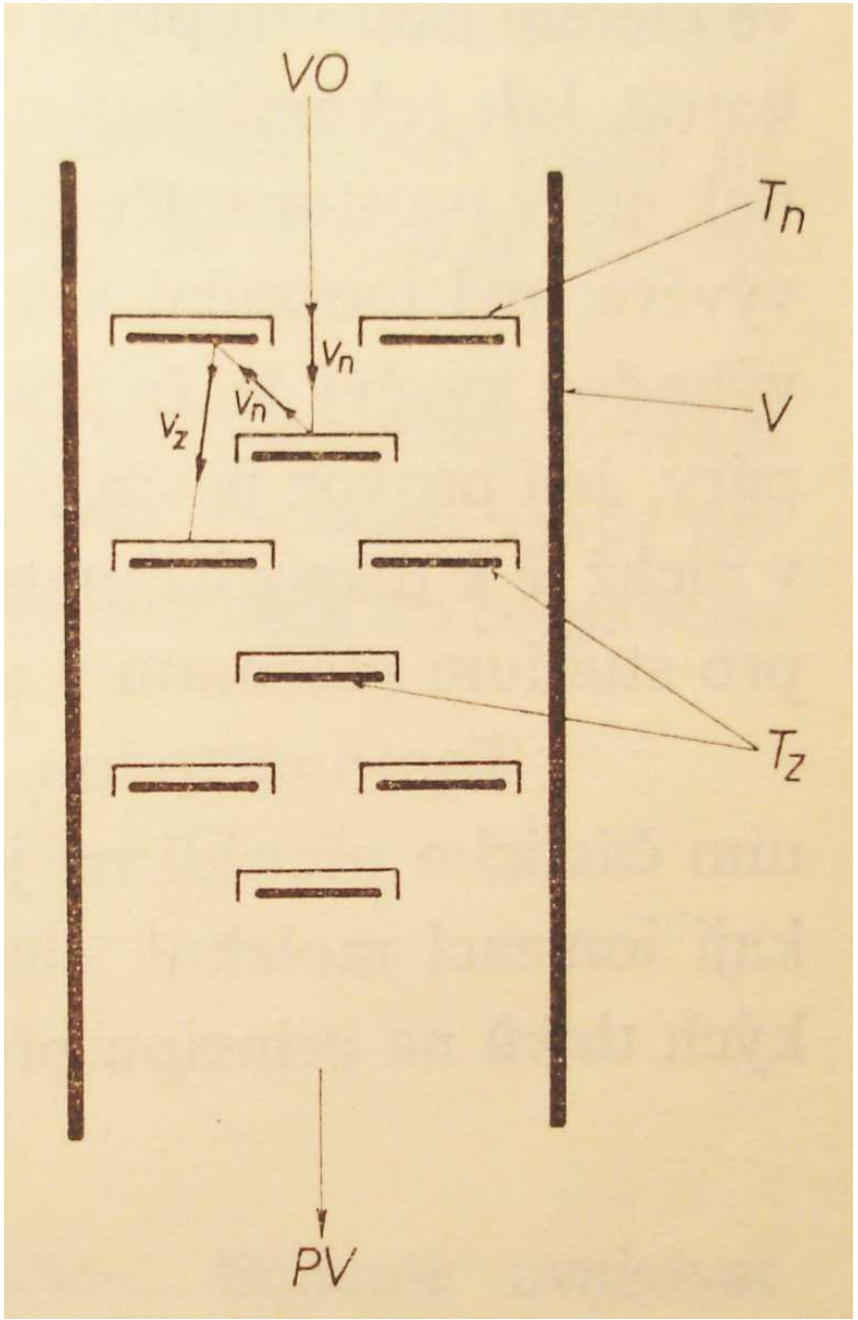

Cu
G
a
b

Vývěvy s transportem molekul z čerpaného prostoru

Vývěvy založené na tepelné rychlosti molekul, nebo ionizaci plynu

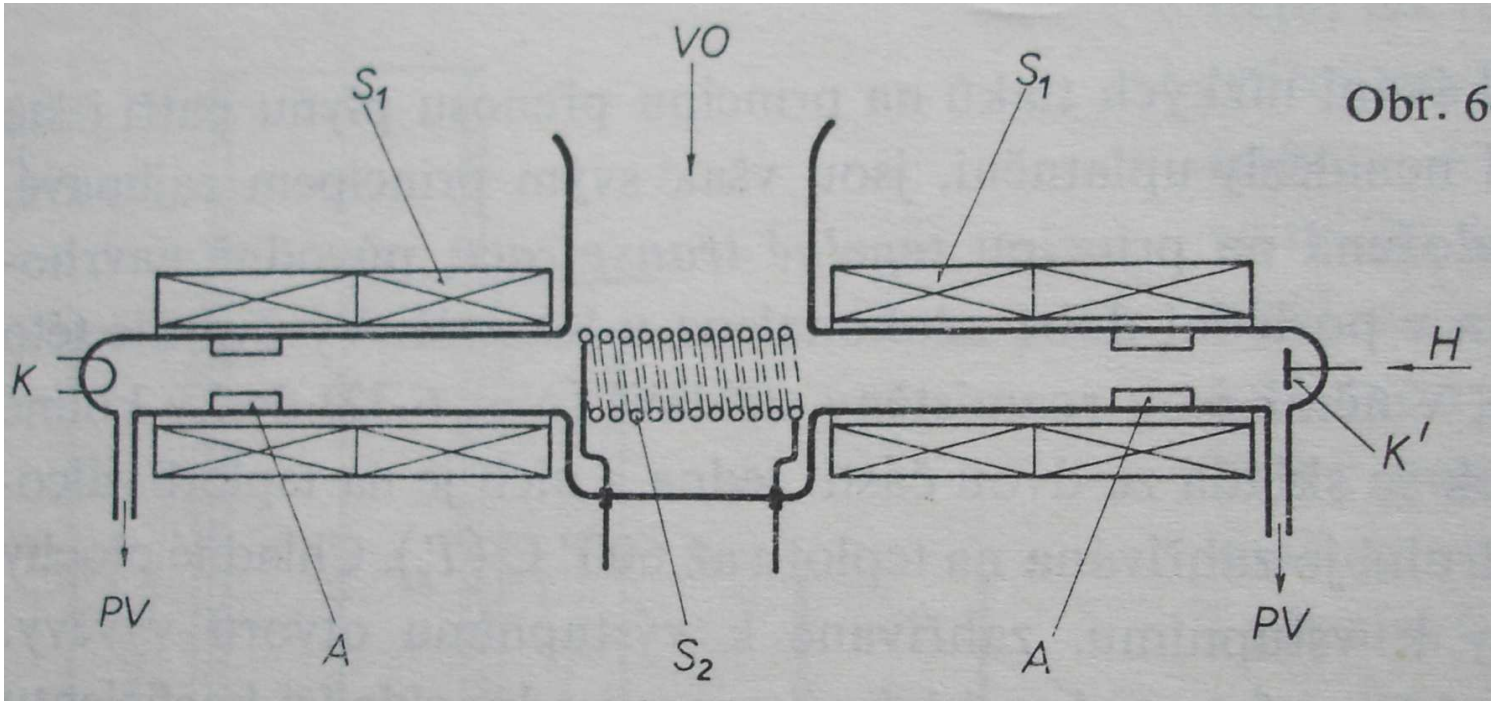
Vývěvy založené na tepelné rychlosti molekul

Plochy s nízkou teplotou T_1 a vysokou teplotou $T_2 = 600^oC$, vyhřívané plochy směrem k výstupu, chlazené plochy směrem ke vstupu. Nemá pohyblivé části, nemá pracovní kapalinu.


VO
Tn
Vn
Vn
Vz
V
Tz
PV

Vývěvy založené na ionizaci molekul plynu

ionizace a urychlení elektrickým polem, neutralizace iontu blízko katod



- **doutnavý výboj**
- **magnetické pole prodlužeje dráhu elektronu, větší pravděpodobnost ionizace**
- **potřebuje předčerpat na tlak $\sim 10^{-1} Pa$**
- **mezní tlak $\sim 10^{-4}\ Pa$**
- **značný příkon - neekonomické**
- **žádná pracovní kapalina**
- **žádné vibrace**