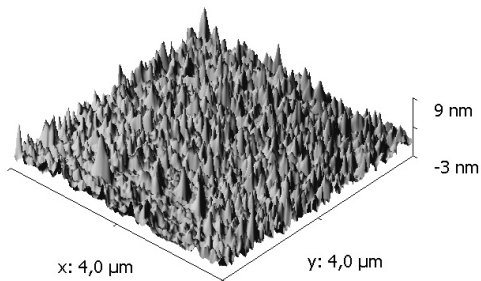


# Geometrický a skutečný povrch

Table 4.6.  
Ratio of physical (true) surface  $A_p$ , to geometric (apparent) surface  $A_g$

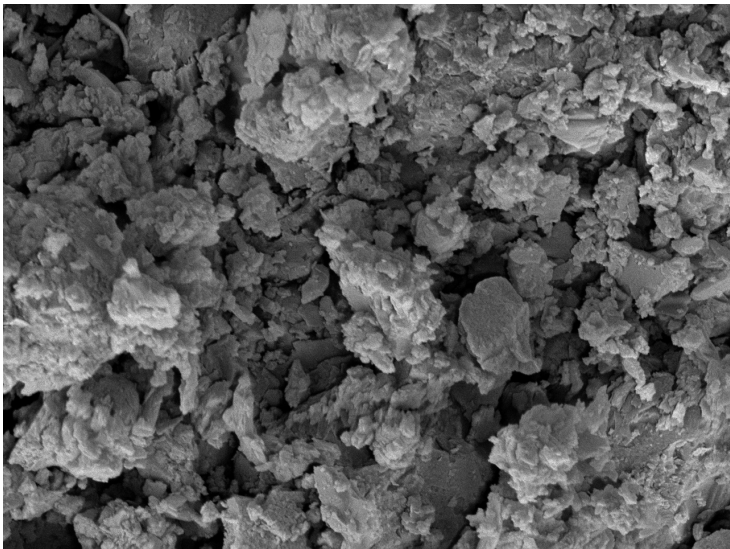
Metal	Surface/shape	$A_p/A_g$	Reference
Pt	Bright foil	2.2	Dushman (1949)
	Bright foil, acid cleaned, flame	3.3	
	Platinized	1830	
Ni	Polished, new	75	
	Polished, old	9.7	
	Oxidized and reduced	46	
Ag	Rolled, new	5.8	
	Freshly etched dilute nitric acid	51	
	Etched, after 20 hr.	37	
Al	Finely sandpapered	16	
	Very thin foil	6	
	Anodically oxidized (20 $\mu$ )	900	
Cu	Plate (1 mm)	14	Schram (1963)
Steel	—	16	
Stainless steel	Plate (1 mm)	8	
Mo	Foil	173	Brennan and Graham (1965)
Ta	Foil	38	
W	Foil	40	
Ti	Foil	15	


# Geometrický a skutečný povrch



# Sorbenty

- zeolity, molekulová síta - přírodní, umělé (až  $1000 \text{ m}^2/g$ )
- mikroporézní sklo
- aktivní uhlí ( $400 - 1500 \text{ m}^2/g$ )

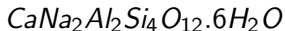


SEM MAG: 25.0 kx	WD: 9.08 mm		MIRA3 TESCAN
View field: 13.8 $\mu\text{m}$	Det: SE	2 $\mu\text{m}$	
SEM HV: 5.0 kV	BI: 8.00	Performance in nanospace	

zeolit

# Zeolitové vývěvy

- zeolity, molekulová síta - přírodní, umělé (až 1000 m<sup>2</sup>/g)
- typické chlazení pomocí LN<sub>2</sub>
- Přírodní zeolit



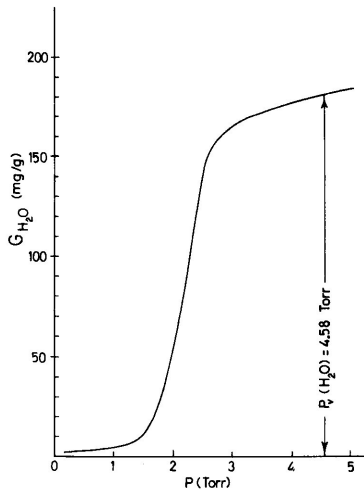


Fig. 4.25 Sorption of water vapour on charcoal at  $0^\circ\text{C}$ ,  $G_{H_2O}$  —mg of water vapour, sorbed per gram of charcoal. After Dushman (1949).

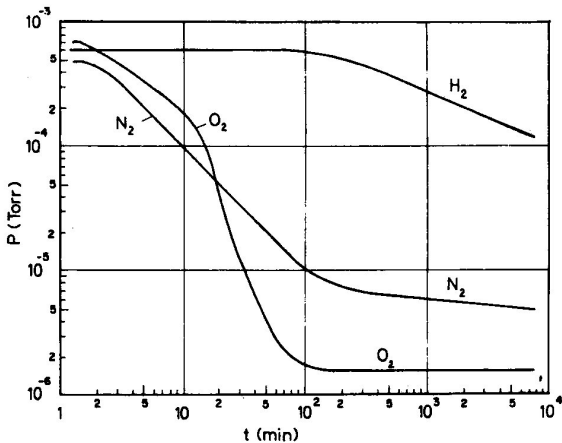


Fig. 4.26 Pressure against time curves on pumping H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> by a liquid air cooled charcoal trap. After Espe (1955).

Tab. 4.14. Některé důležitější charakteristiky zeolitů a aktivních sorbentů

Průměr kanálek (nm)	0,38	0,4	0,5	0,7	0,9	1	1,8
Označení podle Lindeho	3,8A	4A (NaA)	5 (CaA)	mikroporézní sklo	10X (CaX)	13X (nAX)	mikroporézní sklo
Měrný sorpční povrch	700 – 800			100 – 200	1 050		100 – 200
Zrnitost	granule o průměru 1,5 nebo 3 mm ( $0,7 \text{ kg l}^{-1}$ )						
Hustota ( $\text{g cm}^{-3}$ )	odplyněný 1,55, vodou nasycený 2,0						
Porozita (obj.%)	45				51		

4

průměr kanálku udává max. průměr molekuly, která může přes mol. síto projít

<sup>4</sup>J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



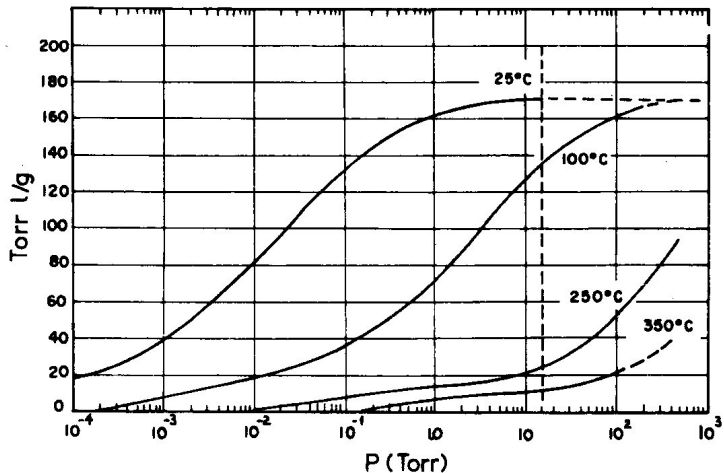
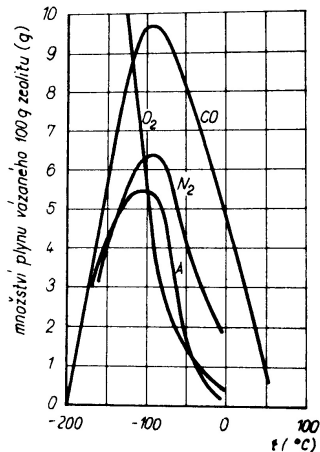
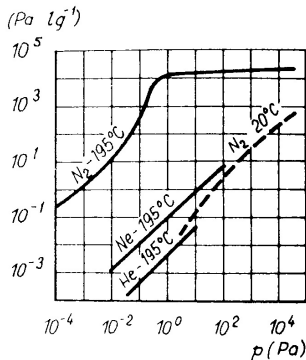


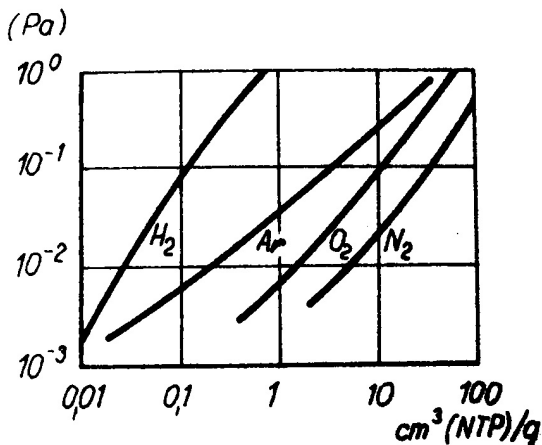
Fig. 4.27 Water vapour sorption by molecular sieve 5A.



Obr. 4.105. Množství plynu (CO, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> a Ar) adsorbovaného na zeolitu typu 4A při tlaku 90 kPa v závislosti na teplotě (podle Espeho, 1965 a Thomase a Masseye, 1961)



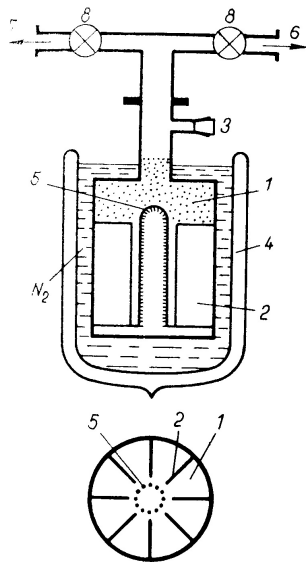
Obr. 4.106. Závislost množství plynu adsorbovaného na zeolitu typu 5A na pracovním tlaku  $p$  (podle Turnera a Feinleba, 1961): 293 K (čárkovaně), 78 K (plně)



8

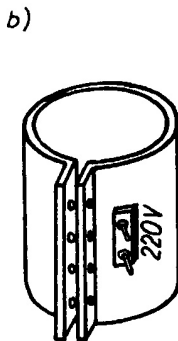
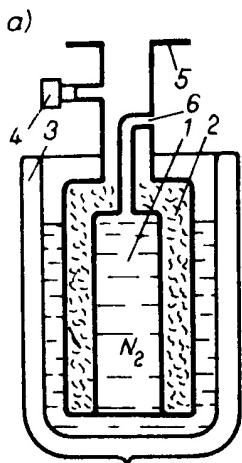
Závislost rovnovážného tlaku na množství adsorbovaného plynu, zeolit 5A při teplotě 77 K

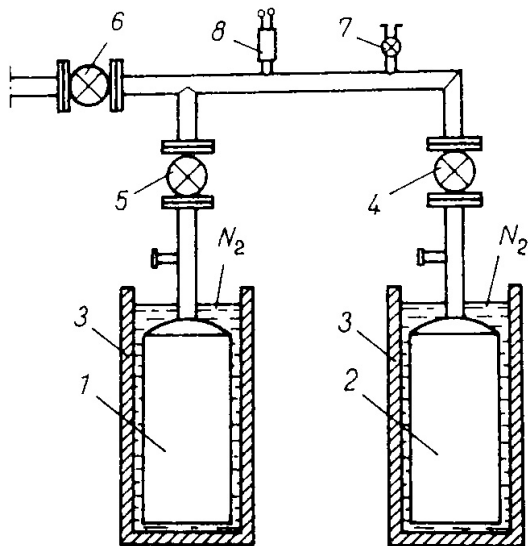
<sup>8</sup>J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



Obr. 4.108. Zeolitová vývěva

1 – zeolit; 2 – přepážky; 3 – přetlakový ventil; 4 – Dewarova nádoba; 5 – síťka; 6 – potrubí k rotační vývěvě; 7 – potrubí k vakuovému systému; 8 – ventily; 9 – hrdlo vývěvy z materiálu s malou tepelnou vodivostí (např. z nerezavějící oceli)



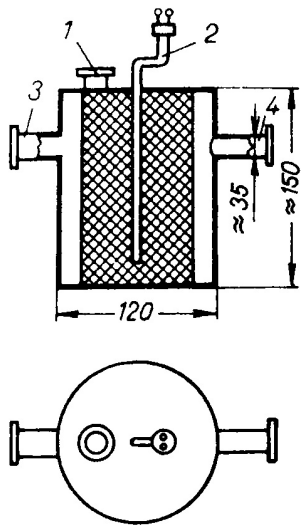


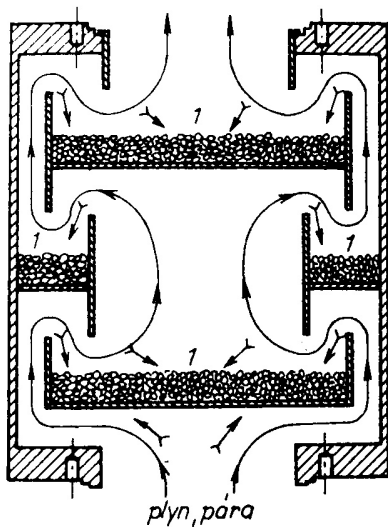
Tab. 4.15. Parciální tlaky plynů a par (v procentech celkového tlaku) při čerpání jednou, dvěma a třemi zeolitovými vývěvami a systémem dvou zeolitových vývěv a olejové rotační vývěvy (Magielko, 1970)

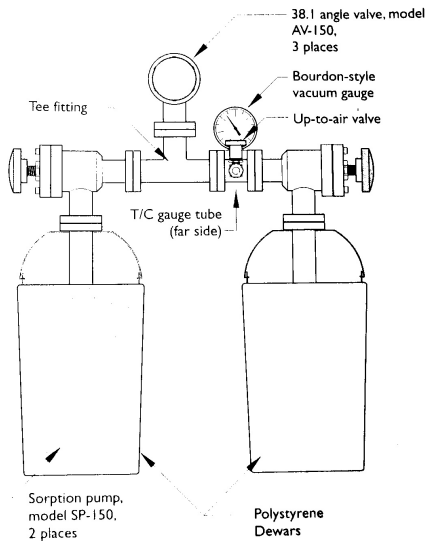
Plyn (pára)	Zeolitové vývěvy (počet)			Zeolitová a olejová rotační vývěva
	1	2	3	
CO <sub>2</sub>	0,5	0,1	0,1	0,2
Ar	0,5	0,1	0,2	0,1
O <sub>2</sub>	1	1	4	0,6
N <sub>2</sub> + CO	0,5	1	2	1
Ne	58	64	53	57
H <sub>2</sub> O	6	4	7	28
He	28	22	26	0,1
H <sub>2</sub>	5,5	8	8	13
$p_{\text{cel}}$ (Pa)	1,4	$3,7 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$

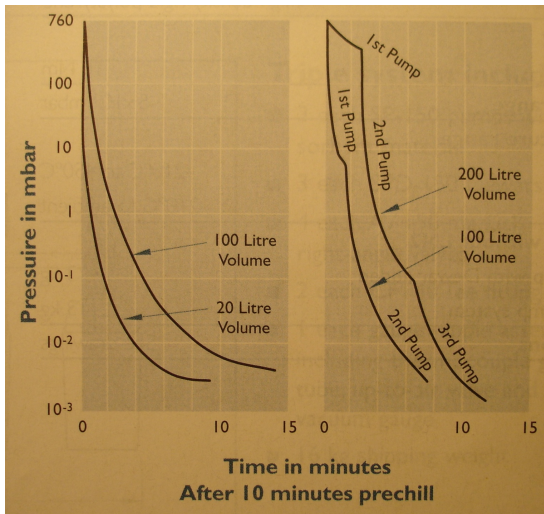
Náplň každé zeolitové vývěvy byla tvořena 450 g zeolitu 5A. Tento zeolit dobře čerpá různé plyny, zejména vodní páru, dusík, kyslík a kysličník uhličitý, méně čerpá argon; neon, helium, vodík nečerpá vůbec, takže jejich tlak zůstává v systému po čerpání týž jako v atmosféře











16



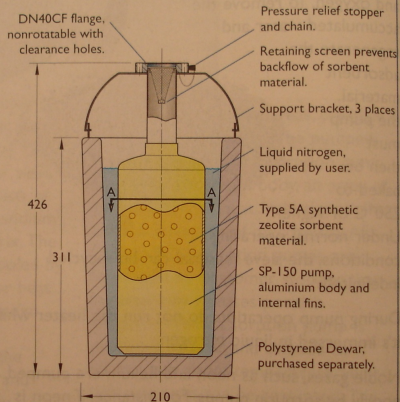
17

<sup>17</sup>katalog firmy Caburn

VAKUOVÁ FYZIKA 2

### Sorption pump model SP-150

Shown installed in polystyrene Dewar



View A-A  
Pump only

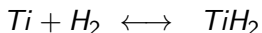
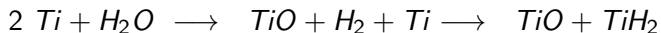
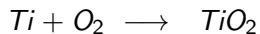
- dominantní proces je fyzisorbce
- dobře čerpá  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ , uhlovodíky
- špatně čerpá  $Ne$ ,  $He$ ,  $H_2$ , ...
- velký povrch,  $1g \sim 1000 m^2$ , pracuje od  $\sim 10^5 Pa$
- dutiny a kanálky  $\sim 1 nm$
- dá se regenerovat při vysoké teplotě
- zvětšení účinnosti snížením teploty zeolitu (tekutý dusík 77 K)
- žádné vibrace

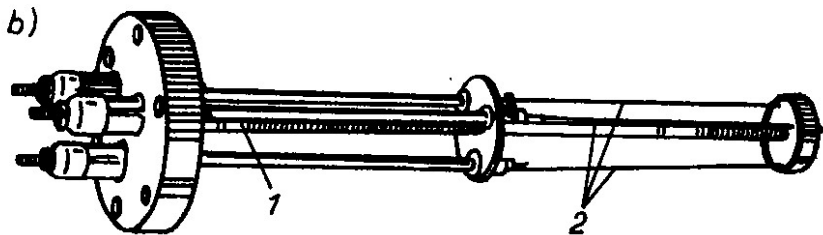
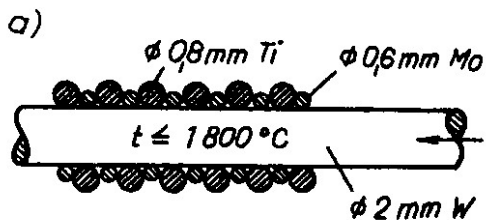
# Sublimační vývěvy

Princip - opakované vytváření povrchu čistého kovu (napařování, napařování,...), nejčastěji se používá Ti.

Teoreticky mohou pracovat od atmosférického tlaku, prakticky asi od  $10^{-4} Pa$ .

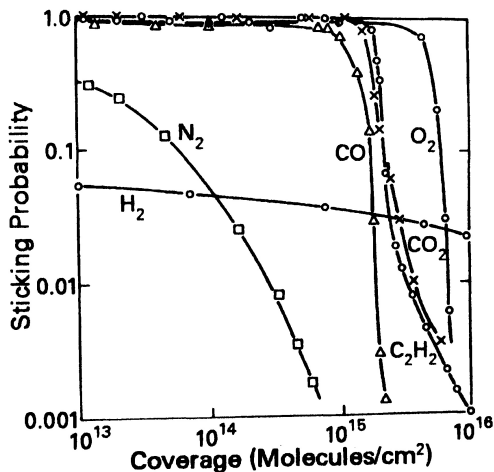






<sup>19</sup>Teploty tání: Mo - 2623 °C, Ti - 1668 °C, W - 3422 °C

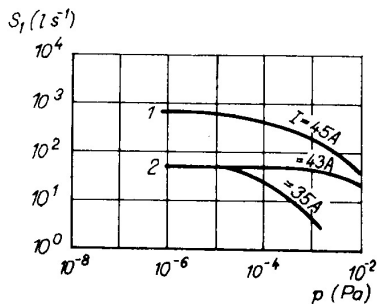
<sup>19</sup>J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



**Fig. 14.2** Room-temperature sorption characteristics for pure gases on batch evaporated clean titanium films. Reprinted with permission from *Vacuum*, **25**, p. 362, A. K. Gupta and J. H. Leck. Copyright 1975, Pergamon Press, Ltd.

Tab. 4.17. Čerpací rychlost (měrná) čistého titanového povrchu

$S$ $(l s^{-1} cm^{-2})$	Plyn (pára)						
	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar, He, CH <sub>4</sub>
při 20 °C	6	5	3	3	2,5	1,5	0
při -196 °C	11	10	6	15	6	6	0

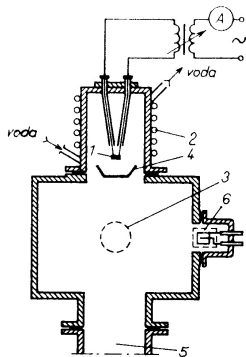


Obr. 4.118. Čerpací charakteristiky sublimačních vývěv pro dusík při teplotě 293 K a pro různé hodnoty proudu sublimačního elementu titanu: čárkovaně vývěva s čerpací rychlostí  $700 \text{ l s}^{-1}$ , plně vývěva s čerpací rychlostí  $50 \text{ l s}^{-1}$

Tab. 4.18. Prodleva při rozprašování titanu 90sekundovými pulsy v sublimační vývěvě  
v závislosti na tlaku

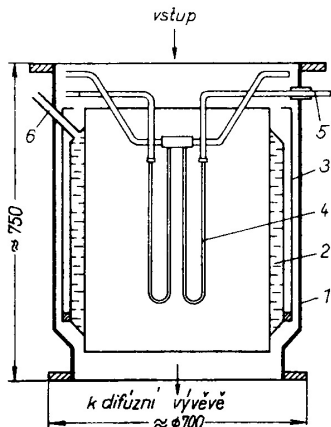
$p$ (Pa)	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$
Prodleva	0	5 min	15 min	30 min	1 h	8 h	24 h

23



Obr. 4.120. Sublimační vývěva

- 1 – zdroj titanových par (sublimační element); 2 – plášť vývěvy chlazený vodou; 3 – zdroj plynu; 4 – stínění; 5 – potrubí k difúzní vývěvě čerpající netečné plyny; 6 – ionizační vakuometr (částečně stíněný)



Obr. 4.122. Velká kryogenní sublimační vývěva s čerpací rychlostí  $S_{\text{H}_2} = 150\,000 \text{ l s}^{-1}$  (podle Prévota a Sledziewského, 1964)

1 – plášť; 2 – chlazení kapalným dusíkem;  
 3 – stínění pro tepelnou izolaci; 4 – zdroj par titanu; 5 – přívod proudu; 6 – otvor pro plnění dusíkem



**Table 14.2 Initial Sticking Coefficient and Quantity Sorbed for Various Gases on Titanium**

Gas	Initial Sticking Coefficient		Quantity Sorbed <sup>a</sup> ( $\times 10^{15}$ molecules/cm <sup>2</sup> )	
	(300 K)	(78 K)	(300 K)	(78K)
H <sub>2</sub>	0.06	0.4	8–230 <sup>b</sup>	7-70
D <sub>2</sub>	0.1	0.2	6–11 <sup>b</sup>	—
H <sub>2</sub> O	0.5	—	30	—
CO	0.7	0.95	5–23	50–160
N <sub>2</sub>	0.3	0.7	0.3–12	3–60
O <sub>2</sub>	0.8	1.0	24	—
CO <sub>2</sub>	0.5	—	4–24	—
He	0	0		
Ar	0	0		
CH <sub>4</sub>	0	0.05		

*Source.* Reprinted with permission from *J. Vac. Sci. Technol.*, 13, p. 471, D. J. Harra. Copyright 1976, The American Vacuum Society.

<sup>a</sup> For fresh film thickness of  $10^{15}$  Ti atoms/cm<sup>2</sup>.

<sup>b</sup> The quantity of hydrogen or deuterium sorbed at saturation may exceed the number of Ti atoms/cm<sup>2</sup> in the fresh film through diffusion into the underlying films at 300 K.

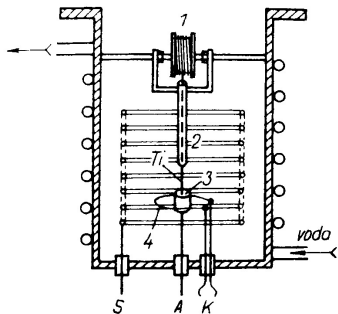
- dominantní proces je chemisorbce
- dobře čerpá  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$
- nečerpá inertní plyny např.  $Ne$ ,  $Ar$ , ...
- opakované vytváření čistého povrchu kovu, pracuje od  $\sim 10^{-4} Pa$
- získávání vysokého a extrémně vysokého vakua
- zvětšení účinnosti snížením teploty pohlcujícího povrchu

# Iontové vývěvy

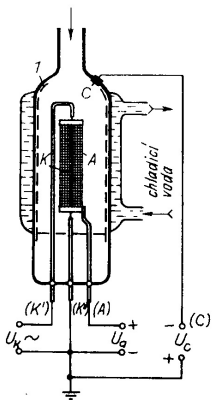
- Iontové vývěvy se žhavenou katodou
- Iontové vývěvy se studenou katodou

vrstva s čistým povrchem (Ti, Ta),  
ionizace plynu - čerpá i inertní plyny, ale s malou čerpací rychlostí

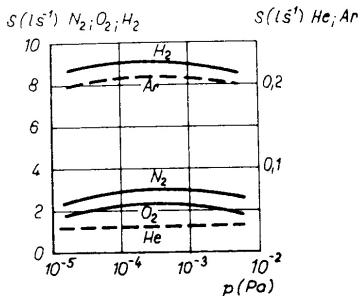
# Iontové vývěvy se žhavenou katodou



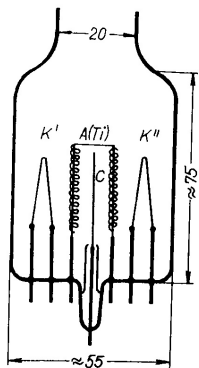
Obr. 4.123. Iontová sublimační vývěva  
1 – cívka s titanovým drátem; 2 – trubička;  
3 – tyglíková anoda; K – katoda; S – mřížka;  
A – přívod anody



Obr. 4.124. Schéma skleněné iontové sublimační vývěvy  
 C – kolektor (vrstva naprášeného titanu je znázorněna čárkovaně); A – anoda pokrytá vrstvou titanu; K – katoda



Obr. 4.125. Závislost čerpací rychlosti na tlaku pro různé plyny



Obr. 4.126. Malá skleněná iontová  
 sublimační vývěva  
 $K'$ ,  $K''$  katody;  $C$  – kolektor;  $A$  (Ti) –  
 anoda z wolframu ovinutá titanovým  
 vláknem