

OBSAH

Předmluva	9
I. Molekulová síta	13
1.1 Přírodní zeolity	13
1.2 Syntetické zeolity	15
1.2.1 Krystalografie základních typů A a X	16
1.2.2 Molekulová síta odvozená od základních typů NaA a NaX	20
1.2.3 Molekulová síta nových krystalografických typů	22
1.3 Pórovitá skla	23
1.4 Molekulová síta na bázi aktivních uhlí	24
2. Příprava molekulových sít zeolitového typu	25
2.1 Způsob vzniku přírodních zeolitů	25
2.2 Princip přípravy syntetických zeolitů	25
2.3 Hydrotermální syntéza	26
2.3.1 Princip	26
2.3.2 Krystalizační pole	27
2.3.3 Krystalizační pole podle Barrera	27
2.3.4 Krystalizační pole podle Ždanova	30
2.3.5 Velikost krystalků zeolitů	32
2.4 Technologické operace	33
2.5 Příprava nových typů molekulových sít	35
2.5.1 Princip přípravy	35
2.6 Aktivace a regenerace molekulových sít	36
3. Základní představy o adsorpci	39
3.1 Adsorbent	39
3.2 Adsorbát	41
3.3 Adsorpční síly	42
3.4 Adsorpční data	43
3.5 Představy o mechanismu adsorpce. Rovnice adsorpčních izoterm	43
3.6 Adsorpce směsí	49
3.7 Nadbytek jednoho adsorbátu, adsorpce z roztoků	50

4.	Adsorpce na molekulových sítích	51
4.1	Adsorbent.	51
4.1.1	Struktura adsorbentu	51
4.1.1.1	Primární pórovitá struktura	51
4.1.1.2	Sekundární pórovitá struktura.	52
4.2	Adsorbát	54
4.2.1	Kritické průměry molekul	54
4.2.2	Fázový stav adsorbátu	56
4.2.2.1	Kapalný adsorbát	56
4.2.2.2	Plynný adsorbát	56
4.2.2.3	Otázky lokalizace adsorpce	57
4.2.2.4	Mobilní adsorbát	57
4.3	Adsorpční síly	58
4.3.1	Vliv kationtů	59
4.4	Adsorpční údaje	60
4.4.1	Petersonova—Redlichova izoterma.	60
4.5	Způsoby ovlivňování selektivních adsorpčních vlastností molekulových sít.	61
4.5.1	Vliv kationtové výměny na selektivitu molekulových sít	62
4.5.2	Vliv podmínek kinetiky adsorpce.	62
4.5.3	Vliv preadsorpce.	62
4.5.4	Vliv chemické modifikace povrchu	63
5.	Transportní jevy a kinetika adsorpce	64
5.1	Transport adsorbátu	64
5.1.1	Difúze v plynné fázi	64
5.1.2	Difúze do širokých pórů	65
5.1.3	Difúze do úzkých pórů. Knudsenovská difúze	65
5.1.4	Povrchová difúze	66
5.1.5	Zeolitická difúze	66
5.2	Transport neadsorbujícího se plynu pórovitým ložem	66
5.3	Adsorpce z průtoku	68
5.3.1	Frontální uspořádání	68
5.3.2.	Eluční uspořádání	69
5.4	Zákonitosti pohybu adsorbátu kolonou	70
5.4.1	Rovnice hmotové bilance	70
5.4.2	Rovnice popisující tvar zóny	71
5.4.2.1	Eluční výstupní křivka adsorbátu, lineární izoterma, přítomnost lineární difúze	71
5.4.2.2	Frontální výstupní křivka, lineární izoterma, pomalé ustavování rovnováhy	71
5.4.2.3	Frontální výstupní křivka, konvexní izoterma, pomalé ustavování rovnováhy	72
5.4.2.4	Frontální výstupní křivka, konkávní izoterma, pomalé ustavování rovnováhy	72
5.4.2.5	Zóna přenosu hmoty	72
5.4.2.6	Výstupní křivka podle Rozena	73
5.5	Účinnost adsorpční kolony	73
5.6	Transportní a kinetické jevy při adsorpci na zeolitech.	75
5.6.1	Izobarický jev.	75
6.	Vlastnosti molekulových sít	77
6.1	Metody používané při hodnocení vlastností molekulových sít.	77
6.2	Fyzikální a chemické vlastnosti	77

6.3	Adsorpční vlastnosti	79
6.3.1	Molekulové síto 3A	79
6.3.2	Molekulové síto 4A	80
6.3.2.1	Molekulové síto 4A' XW	80
6.3.3	Molekulové síto 5A	80
6.3.4	Molekulové síto 10X	80
6.3.5	Molekulové síto 13X	80
6.3.6	Klasifikace molekulových sít podle molekulově síťového působení	83
6.3.7	Adsorpční kapacity a průběh adsorpčních izoterm	83
6.3.7.1	Adsorpční kapacity čistých molekulových sít	83
6.3.7.2	Adsorpční izotermy na granulovaných molekulových sítích 4A, 5A a 13X	84
6.3.8	Molekulové síto s barevnou indikací obsahu vody	91
6.3.9	Molekulové síto Linde AW-500	92
6.3.9.1	Molekulové síto zeolon	93
6.4	Pórovitá skla	93
6.5	Úzkopórovitá aktivní uhlí	94
7.	Použití molekulových sít	96
7.1	Separační procesy	96
7.1.1	Separační procesy používané v průmyslu	96
7.1.1.1	Sušení plynů a par	97
7.1.1.2	Sušení kapalin	101
	Sušení kapalin ve statickém uspořádání	102
	Sušení kapalin v dynamickém uspořádání	102
	Průmyslová zařízení na sušení kapalin	104
7.1.1.3	Zachycování nečistot	106
	Čištění etylénu	106
	Desulfurace uhlovodků	107
	Adsorpční afinita molekulových sít k organickým látkám s vá- zaným dusíkem	110
7.1.1.4	Sušení se současným zachycováním jiných nečistot	110
	Sušení a čištění zemního plynu	110
	Příprava ochranné atmosféry	110
7.1.1.5	Selektivní zachycování jedné složky ze směsi, dochází-li k sou- časné adsorpci ostatních složek směsi	113
	Čištění generátorového plynu	113
	Odstraňování acetylénu z etylénu	114
7.1.1.6	Dělení průmyslově důležitých směsí	114
	Deparafinace kapalných uhlovodků	114
7.1.2	Adsorpční zařízení	115
7.1.2.1	Základní údaje	115
7.1.2.2	Příklad výpočtu	116
7.2	Analytické využití molekulových sít	120
7.2.1	Dělení <i>o</i> -vodíku a <i>p</i> -vodíku. Dělení izotopů vodíku	121
7.2.2	Dělení permanentních plynů	121
7.2.2.1	Stanovení kyslíku, dusíku, kysličníku uhelnatého a kysličníku uhličitého	121
7.2.2.2	Stanovení kyslíku, dusíku, metanu, kysličníku uhelnatého, kys- ličníku dusného a acetylénu	122
7.2.2.3	Jiné způsoby dělení permanentních plynů ve směsi s uhlovodíky	122
7.2.2.4	Stanovení vzácných plynů	122
7.2.3	Stanovení stop vlhkosti	123
7.2.4	Analýza uhlovodků	123

7.2.4.1	Určování <i>n</i> -parafínů a <i>n</i> -olefinů v destilačních podílech ropy . . .	124
7.2.4.2	Stanovení obsahu parafínů a cykloparafínů	124
7.2.4.3	Analýza <i>n</i> -parafínů v ropě	125
7.2.4.4	Určování malých množství parafínů plynovou chromatografií . . .	125
7.2.4.5	Analýza vyšších parafínů	126
7.2.4.6	Dělení některých aromatických uhlovodíků na molekulových sítích	126
7.2.5	Další analytické aplikace molekulových sítí	127
7.3	Molekulová síta ve vakuové technice	127
7.4	Nosiče reaktivních látek a radioizotopů	129
7.4.1	Princip použití	129
7.4.2	Příklady použití	130
7.4.3	Způsoby zakotvení látek na molekulových sítích	130
7.5	Molekulová síta jako měniče iontů	132
7.5.1	Iontové síťový efekt	132
7.5.2	H-forma zeolitů	134
7.5.3	Podmínky výměny iontů	135
7.6	Katalytické aplikace	136
7.6.1	Izomerační, krakovací a polymerační reakce	137
7.6.2	Dehydratační reakce	141
7.6.3	Hydrogenační reakce	142
7.6.4	Oxidační reakce	142
7.6.5	Další reakce	142
	Literatura	143