

OBSAH

Předmluva	11
1. Úvod a definice pojmů	13

Experimentální část

2. Definované látky, definované povrchy a jejich příprava.	19
2.1 Napařování filmů.	22
2.2 Štípání a drcení krystalů	24
2.3 Čištění povrchu tepelnou desorpcí	25
2.4 Čištění povrchu iontovým bombardováním	26
2.5 Čištění povrchu desorpcí elektrickým polem	27
2.6 Chemické čištění povrchu	27
2.7 Speciální příprava sorbentů	28

Literatura

3. Metody studia textury adsorbentů.	32
3.1 Určování velikosti částic	32
3.2 Určování pórovitosti	34
3.2.1 Zjišťování celkového objemu pórů z měření hustot	34
3.2.2 Rtuťová porozimetrie	36
3.2.3 Elektronová mikroskopie	37
3.2.4 Rozptyl paprsků X	38

Literatura

4. Metody studia adsorpce	41
4.1 Metody stanovení adsorbovaného množství	42
4.1.1 Váhové metody stanovení adsorbovaného množství	43
4.1.1.1 Spirálové váhy	46
4.1.1.2 Vahadlové váhy.	47

4.1.2	Efekt termální transpirace (termomolekulární efekt)	50
4.1.3	Volumetrické stanovení adsorbovaného množství	52
4.1.3.1	Klasické statické aparatury	55
4.1.3.2	Nátokové metody	60
4.1.3.3	Průtokové metody	63
4.1.4	Adsorpce kondenzovatelných plynů	68
4.1.5	Chromatografické metody	68
4.1.6	Speciální metody měření adsorbovaného množství	70
4.2	Metody určování chemického složení plynné fáze	70
4.3	Metody měření změn elektrických a magnetických vlastností tuhých látek během sorpce	70
4.3.1	Měření elektrické vodivosti adsorbentu	71
4.3.2	Měření Hallova efektu	72
4.3.3	Měření termoelektrického napětí	74
4.3.4	Měření magnetických vlastností	74
4.3.5	Měření výstupní práce	76
4.3.5.1	Termoemisionní metody	77
4.3.5.2	Fotoemisionní metody	80
4.3.5.3	Stanovení výstupní práce pomocí autoemisionního projektoru	84
4.3.5.4	Kondenzátorové metody	86
4.4	Adsorpční kalorimetrie	89
4.4.1	Kalorimetrie pro práškové adsorbenty	89
4.4.2	Kalorimetrie pro měření adsorpčního tepla na vláknech	101
4.4.3	Kalorimetrie pro měření adsorpčního tepla na filmech	102

Literatura

5.	Speciální metody studia adsorpce	114
5.1	Emisionní elektronový projektor	114
5.2	Emisionní iontový projektor	119
5.3	Interakce záření, elektronů a iontů s adsorbovanou vrstvou	121
5.3.1	Difrakce pomalých elektronů	123
5.4	Akomodační koeficient	128
5.5	Spektrální metody	129
5.6	Elektrické metody studia povrchu polovodičů	131

Literatura

6.	Struktura povrchu tuhých látek	138
----	--	-----

Literatura

Teoretická část

7.	Teorie adsorpčních sil	145
7.1	Fyzikální adsorpce	145

7.1.1	Interakce dvou plynných molekul	145
7.1.2	Nepolární molekula se adsorbuje na nekovovém nepolárním adsorbentu	148
7.1.3	Nepolární molekula se adsorbuje na kovovém nepolárním adsorbentu	151
7.1.4	Nepolární molekula se adsorbuje na polárním krystalu	152
7.1.5	Adsorpce molekul s permanentním multipólem	153
7.1.6	Výpočet adsorpčního tepla a závislost tohoto tepla na rozsahu adsorpce	154
7.2	Teorie chemisorpční vazby	155
7.2.1	Elektronová struktura krystalů	155
7.2.2	Povrchové stavy	162
7.2.3	Teorie chemisorpce na kovech	163
7.2.4	Teorie chemisorpce na polovodičích	172
7.2.4.1	Teorie Volkenštejnova a Hauffova	173
7.2.4.2	Teorie Dowdenova a Wellsova	175
7.2.4.3	Teorie hraniční vrstvy	176

Literatura

8.	Kinetika adsorpce	185
8.1	Úvod a definice pojmů	185
8.2	Výpočet absolutní hodnoty rychlosti adsorpce	189
8.3	Formální kinetika adsorpčních dějů v monomolekulární vrstvě	195
8.3.1	Homogenní povrch — částice se neovlivňují	196
8.3.2	Homogenní povrch — částice se vzájemně odpuzují. Aktivační energie adsorpce se nemění s Θ_t	197
8.3.3	Homogenní povrch — částice se vzájemně ovlivňují. Aktivační energie adsorpce a desorpce se mění s Θ_t	201
8.3.4	Heterogenní povrch — částice se vzájemně neovlivňují	202
8.3.5	Další způsoby odvozování kinetických vztahů	207
8.3.6	Kinetika adsorpce přecházející v objemovou reakci nebo sorpci	209
8.3.7	Kinetika adsorpce při zachycování částic na místech adsorpci již obsazených	211
8.3.8	Kinetika adsorpce je ovlivněna pomalým přenosem hmoty	213
8.3.9	Řád kinetické rovnice a výpočet aktivační energie	215

Literatura

9.	Termodynamika adsorpce	219
9.1	Úvod	219
9.2	Jednosložková adsorpce	221
9.3	Termodynamika adsorpce směsí	228
9.4	Výpočet změny entropie provázející adsorpci	233

9.5 Smáčecí teplo	234
9.6 Tepelná kapacita adsorbované vrstvy	234
9.7 Adsorpční rovnováha	235

Literatura

10. Teorie adsorpčních rovnováh	238
10.1 Izotermy jednovrstvé adsorpce	238
10.1.1 Lokalizovaná adsorpce	240
10.1.1.1 Ideální případ — Langmuirova izoterma	240
10.1.1.2 Vzájemné ovlivňování částic, síla vazby k povrchu se nemění	242
10.1.2 Nelokalizovaná adsorpce	251
10.1.2.1 Dvourozměrná kondenzace	254
10.1.3 Adsorpce na heterogenním povrchu	256
10.2 Izotermy vícevrstvé adsorpce	261
10.2.1 Lokalizovaná adsorpce	262
10.2.1.1 Ideální adsorpce bez bočních interakcí, teorie BET a její modifikace	262
10.2.1.2 Heterogenní povrch a boční interakce	267
10.2.2 Nelokalizovaná adsorpce	268
10.3 Obecná teorie adsorpce	269
10.4 Objemové zaplňování mikropórů	274
10.5 Adsorpční teplo a jeho závislost na pokrytí povrchu	285
10.6 Rovnováha při adsorpci směsí	290
10.7 Kapilární kondenzace	297

Literatura

Výsledky a praktické aplikace

11. Mechanismus fyzikální adsorpce	309
11.1 Obecné otázky mechanismu	309
11.2 Aplikace termodynamiky	313
11.3 Fázové chování adsorbované vrstvy	316
11.4 Ověření teoretických izoterm	319

Literatura

12. Mechanismus chemisorpce	329
12.1 Adsorpční centra	329
12.2 Mechanismus chemisorpce na kovech	332
12.2.1 Charakter a podstata chemisorpční vazby	337
12.2.2 Mechanismus chemisorpce některých plynů	342
12.3 Mechanismus chemisorpce na polovodičích	348
12.4 Chemisorpce na površích s acidobázičnými vlastnostmi	355

12.5	Některé obecné otázky mechanismu chemisorpce	357
12.5.1	Fotoadsorpce a fotodesorpce	357
12.5.2	Desorpce elektrony a ionty	358
12.5.3	Tvorba a chování radikálů při adsorpci	359

Literatura

13.	Adsorpce z toku plynů (kapalin)	370
13.1	Adsorpce dosahuje rovnováhy, neuplatňuje se pomalý přenos hmoty	371
13.1.1	Odvození základní rovnice	371
13.1.2	Glueckaufova metoda stanovení adsorpční izotermy	374
13.2	Semiempirický popis neideální chromatografie	376
13.2.1	Šilovova rovnice	376
13.2.2	Teorie HETP	379
13.3	Teoretické odvození tvaru průnikové křivky pro lineární izoter- mu a neideální chromatografii	381
13.3.1	Sestavení obecné diferenciální rovnice	381
13.3.2	Další efekty ovlivňující tvar průnikové křivky	385
13.4	Praktické využití výsledků teorie	386
13.4.1	Návrh a výpočet adsorpčních zařízení	386
13.4.2	Adsorpční chromatografie	390

Literatura

14.	Praktické využití adsorpce	395
14.1	Adsorpce jako metoda studia struktury a textury látek	395
14.1.1	Stanovení velikosti povrchu	395
14.1.1.1	Metody založené na určování počtu molekul tvořících monovrstvu	395
14.1.1.2	Metody tzv. přímého stanovení velikosti povrchu	398
14.1.2	Stanovení velikosti povrchu jedné složky vícesložkového adsorbentu	399
14.1.3	Stanovení kyselosti a zásaditosti povrchů	401
14.1.3.1	Kyselá centra	401
14.1.3.2	Zásaditá centra	404
14.1.4	Rozdělení pórů podle velikosti	404
14.2	Využití adsorpčních jevů ve vakuové technice	413
14.3	Technické sorbenty	414
14.3.1	Aktivní uhlí	423
14.3.2	Spodium	425
14.3.3	Molekulová síta	425
14.3.4	Pórovitá skla	429
14.3.5	Silikagel	429
14.3.6	Alumina	431

14.3.7 Adsorpční hlíny	431
14.3.8 Křemelina	432

Literatura

15. Adsorpce z roztoků.	438
15.1 Experimentální metody studia a definice adsorpce	438
15.2 Adsorpce neelektrolytů	441
15.3 Adsorpce elektrolytů a adsorpce na elektrodách	444

Literatura

Dodatek I: Získávání a měření velmi nízkých tlaků plynů	448
---	-----

Literatura

Dodatek II: Výpočet pravděpodobnosti stavu a termodynamických funkcí metodami statistické mechaniky	471
---	-----

Literatura

Seznam nejdůležitějších symbolů	481
Summary	486
Rejstřík	489