Revidované 22. vydanie dostalo v anglickom origináli oproti svojim predchodcom nový názov *Manual of Mineral Sciences* vzhľadom na úplné prepracovanie a modernizáciu učebnice. Slovenský preklad, rovnako aj ako anglický originál, pokrýva aspekty chemického zloženia a kryštalochémie skôr ako v predošlých vydaniach, aby sa text stal ľahšie čitateľným a prístupným väčšej skupine študentov. Prvých sedem kapitol je viac-menej nezávislých od seba, a preto môže prednášajúci sám zvoliť poradie, v akom sa budú preberať.

Každá kapitola sa začína odsekmi, ktoré načrtnú a priblížia jej obsah. Oproti predošlým vydaniam sme pridali mnoho nových obrázkov a trinásť tematických tabulí, ktoré dávajú do súvisu mineralógiu so širšími poznatkami z oblasti geológie alebo celospoločenských záujmov. Nových je tiež osem farebných platní, ktoré zobrazujú 72 najbežnejších minerálov.

**Rozšírený a vylepšený CD disk**. Revidovaná verzia (2.1) CD-ROM *Mineralogy Tutorials* je priložená v tejto knihe. Je určená pre študentov, rovnako ako aj pre prednášajúcich. Nájdete na nej mnohé animácie trojrozmerných objektov, ktoré sa ťažko predstavujú uspokojivo na dvojrozmerných ilustráciách v knihe. Okrem toho obsahuje stručné informácie o 104 bežných mineráloch spolu s ilustráciami ich kryštálových štruktúr, fázovými diagramami, diagramami vyjadrujúcimi ich chemické zloženie, minerálne asociácie, rozsah tuhých roztokov atď. Pre používateľov PC je dostupná voľba *Autorun*. Všetky animácie sú kompatibilné s programom Quick Time 4.0. Pri asi 50 voľbách sa okrem obrázkového materiálu môžete stretnúť aj so zvukovým obohatením, ktoré napomáha pochopeniu grafického znázornenia študovaného materiálu. Ilustrácie a animácie sú dostatočne veľké, takže prednášajúci ich môže ľahko použiť počas prednášok na premietanie pomocou projektora.

**Doplnkový text pre cvičenia z mineralógie**. Nakladateľstvo John Wiley & Sons, Inc. vydalo tiež publikáciu Klein, C., 1994: *Minerals and Rocks: Exercises in Crystallography, Mineralogy, and Hand Specimen Petrology*, rev. vydanie, 405 ss. ISBN 0-471-00042-6. Táto kniha nebola preložená do slovenčiny; objednať sa dá len anglický originál.

Oikos-Lumon
Bratislava

ISBN 80-968535-5-4

9 788096 853557

## 1. ÚVOD 1

Štúdium minerálov ako súčasť geovied 1
Mineralógia 2
Definícia minerálu 3
Dejiny mineralógie 5
Ekonomický význam minerálov 12
Pomenovanie minerálov 15
Mineralogické príručky a literatúra 15
Použitá a odporúčaná literatúra 16

## 2. FYZIKÁLNE VLASTNOSTI MINERÁLOV V KUSOVÝCH VZORKÁCH 17

Habitus kryštálov a kryštálové tvary 17
Prerastanie, dvojčatenie a ryhovanie 20
Agregáty minerálov 23
Lesk, farba a vryp 24
  Lesk 24
  Farba 24
  Vryp 25
Iné vlastnosti závislé od interakcie minerálov so svetlom 25
  Hra farieb 25
  Zvláštne svetelné efekty a asterizmus 27
  Luminescencia 28
  Fluorescencia a fosforencencia 28
Štiepateľnosť, odlučnosť a lom 28
  Štiepateľnosť 29
  Odlučnosť 30
  Lom 30
Tvrdosť 31
Súdržnosť 33
Merná hmotnosť 33
  Priemerná merná hmotnosť 34
  Stanovenie mernej hmotnosti 34
Magnetizmus 35
Rádioaktivita 35
Rozpustnosť v HCl 36
Piezoelektrické vlastnosti 36
Použitá a odporúčaná literatúra 37

## 3. ZÁKLADY KRYŠTALOCHÉMIE 38

Chemické zloženie zemskej kôry 38
Atóm 41
  Chemické prvky a periodická tabuľka 42
  Bohrov model atómu 44
  Schrödingerov model atómu 45
  Elektrónová konfigurácia a periodická tabuľka 50
Ión 53
Väzobné sily v kryštáloch 56
  Iónová väzba 56
  Kovalentná väzba 57
  Odhad charakteru väzby 60
  Kovová väzba 61
  van der Waalsova väzba 62
  Vodíková väzba 63
  Kryštály s viac ako jedným typom väzby 64
Atómové a iónové polomery 64
Koordinácia iónov 69
  Pomer polomerov 70
  Paulingove pravidlá 75
Kryštálová štruktúra 80
  Ilustrácie kryštálových štruktúr 81
  Izoštruktúrne látky 83
Príklady bežných štruktúrnych typov 85
  Štruktúra NaCl 85
  Štruktúra CsCl 86
  Štruktúra sfaleritu (ZnS) 86
  Štruktúra $CaF_2$ 87
  Štruktúra rutilu ($TiO_2$) 87
  Štruktúra perovskitu ($ABO_3$) 88
  Štruktúra spinelu ($AB_2O_4$) 89
  Štruktúry silikátov 90
Premenlivosť chemického zloženia minerálov 91
  Substitučný tuhý roztok 91
  Intersticiálny tuhý roztok 92
  Subtrakčný tuhý roztok 93
Prepočet chemických analýz 94
Grafické znázornenie zloženia minerálov 98
Použitá a odporúčaná literatúra 103

## 4. REAKCIE MINERÁLOV A ICH STABILITA 104

Kryštalizácia 105
  Rast kryštálov 105
  Prerastanie kryštálov 107
Reakcie minerálov 107

Reakcie v magmatickom prostredí 107
Reakcie v metamorfných podmienkach 109
Zvetrávacie reakcie 111
Reakcie pri veľmi vysokých tlakoch 112
Stabilita minerálov 115
Fázové diagramy 115
Stabilita, aktivačná energia a rovnováha 116
Zložky 117
Úvod do termodynamiky 117
Príklady fázových diagramov pre minerály 120
Jednozložkové diagramy 121
Dvojzložkové diagramy 122
Troj- alebo viaczložkové diagramy 126
Diagramy pre reakcie, ktoré zahŕňajú $H_2O$ alebo $CO_2$ 131
Eh-pH diagramy 133
Polymorfné reakcie 134
Rekonštruktívny polymorfizmus 136
Displacívny polymorfizmus 137
*Order-disorder* polymorfizmus 138
Polytypizmus 141
Exsolučné procesy 143
Metamiktné minerály 148
Mineraloidy 150
Pseudomorfózy 151
Štruktúrne defekty 151
Dvojčatenie 155
Pôvod dvojčatenia 156
Pôvod farby 157
Prechody v kryštálovom poli 159
Prechody v molekulárnych orbitáloch 162
Farebné centrá 163
Iné príčiny sfarbenia 164
Pôvod magnetických vlastností 164
Pôvod rádioaktivity 167
Použitá a odporúčaná literatúra 168

**5. PREHĽAD KRYŠTALOGRAFIE 170**

Od operácií súmernosti až po priestorové grupy 170
Minerály ako kryštalické tuhé látky 171
Vnútorné usporiadanie 171
Symetria 172
Kryštály a špecifické prvky súmernosti 173
Operácie súmernosti bez translácie 175
Kombinácia rotácií 181
Kombinácia rotácií a zrkadlenia 183
Zhrnutie operácií súmernosti bez translácie 186
Morfológia kryštálov 187
Symetria kryštálov 192
Kryštalografické osi 194
Kryštalografické označenie plôch 197
Kryštálový habitus 201
Kryštálový tvar 201
Niektoré bežné dvojčatá 209
Typy dvojčiat 210
Bežné zákony dvojčatenia 211
Vnútorné usporiadanie a symetria minerálov 213
Smer a vzdialenosť translácie 214
Jednorozmerné usporiadanie 216
Dvojrozmerné usporiadanie (rovinné mriežky) 216
Symetria rovinných motívov 222
Symetria rovinných mriežok 223
Rovinné grupy 224
Trojrozmerné usporiadanie 229
Priestorové grupy 237
Použitá a odporúčaná literatúra 239
**TABUĽA 5.1** Dvojstranná symetria ľudí a architektonických objektov 174
**TABUĽA 5.2** Symetria všade okolo nás 220

**6. VYBRANÉ BODOVÉ A PRIESTOROVÉ GRUPY 240**

Meranie uhlov kryštálových plôch 240
Projekcie kryštálov 241
Guľové projekcie 241
Stereografické projekcie 243
Deväťnásť z tridsiatich dvoch bodových grúp 251
Triklinická sústava 254
Monoklinická sústava 255
Rombická sústava 257
Tetragonálna sústava 260
Hexagonálna sústava 263
Kubická sústava 270
Vlastnosti kubických kryštálov 277
Opis vybraných priestorových grúp 277
Ilustrácie priestorových grúp 278
Priestorové grupy, morfológia a symetria štruktúr 286
Použitá a odporúčaná literatúra 290

**7. ANALYTICKÉ METÓDY V MINERALÓGII 291**

Riadkovacia elektrónová mikroskopia 292
Optická mikroskopia 292
Podstata svetla 293
Izotropné a anizotropné kryštály 295
Polarizované svetlo 295
Polarizačný mikroskop 297
Jednoosové kryštály 299
Dvojosové kryštály 305
Optické vlastnosti opakných minerálov 310

Röntgenové difrakčné metódy 311
RTG spektrum 311
Difrakcia a Braggova rovnica 313
Monokryštálová RTG difrakcia a štruktúrna analýza 315
RTG prášková difrakcia a identifikácia minerálov 319
Transmisná elektrónová mikroskopia (TEM) 323
Chemické analytické metódy 324
Atómová absorpčná spektroskopia (FAA) 325
RTG fluorescenčná analýza 327
Analýza elektrónovou mikrosondou (EMPA) 328
Hmotnostná spektrometria sekundárnych iónov (SIMS) 330
Mikroskopia medziatómových síl (AFM) 331
Použitá a odporúčaná literatúra 332

**8. KRYŠTALOCHÉMIA A SYSTEMATICKÝ OPIS PRVKOV, SULFIDOV A SULFOSOLÍ 334**

Klasifikácia minerálov 335
Kryštalochémia prvkov, sulfidov a sulfosolí 336
Prvky 336
Sulfidy 340
Sulfosoli 342
Systematický opis 343
Kovy 343
Nekovy 348
Sulfidy, sulfoarzenidy a arzenidy 354
Sulfosoli 374
Použitá a odporúčaná literatúra 375
**TABUĽA 8.1** Syntéza diamantu 351
**TABUĽA 8.2** Žily a žilné mineralizácie 355
**TABUĽA 8.3** Sulfidické minerály – zdroj kovov aj znečistenia životného prostredia 356

**9. KRYŠTALOCHÉMIA A SYSTEMATICKÝ OPIS OXIDOV, HYDROXIDOV A HALIDOV 376**

Kryštalochémia oxidov 376
Kryštalochémia hydroxidov 381
Kryštalochémia halidov 382
Systematický opis 383
Oxidy 383
Hydroxidy 401
Halidy 405
Použitá a odporúčaná literatúra 411
**TABUĽA 9.1** Rudné minerály v ocielarskom priemysle 388
**TABUĽA 9.2** Minerály evaporitov 406

**10. KRYŠTALOCHÉMIA A SYSTEMATICKÝ OPIS UHLIČITANOV, DUSIČNANOV, BÓRANOV, SÍRANOV, CHRÓMANOV, VOLFRÁMANOV, MOLYBDÉNANOV, FOSFOREČNANOV, ARZENIČNANOV A VANADIČNANOV 412**

Kryštalochémia uhličitanov 413
Skupina kalcitu 414
Skupina aragonitu 414
Skupina dolomitu 415
Kryštalochémia dusičnanov 416
Kryštalochémia bóranov 416
Kryštalochémia síranov 416
Kryštalochémia volfrámanov a molybdénanov 418
Kryštalochémia fosforečnanov, arzeničnanov a vanadičnanov 419
Systematický opis 419
Uhličitany 419
Dusičnany 433
Bórany 433
Sírany a chrómany 436
Volfrámany a molybdénany 443
Fosforečnany, arzeničnany a vanadičnany 445
Použitá a odporúčaná literatúra 453
**TABUĽA 10.1** Pôvod chemikálií v hnojivách 449

**11. KRYŠTALOCHÉMIA HORNINOTVORNÝCH SILIKÁTOV 454**

Nesosilikáty 458
Sorosilikáty 461
Cyklosilikáty 464
Inosilikáty 465
Skupina pyroxénov 465
Skupina pyroxenoidov 469
Skupina amfibolov 470
Fylosilikáty 475
Tektosilikáty 488
Skupina $SiO_2$ 488
Skupina živcov 489
Skupina foidov 497
Skupina zeolitov 499
Použitá a odporúčaná literatúra 503

**12. SYSTEMATICKÝ OPIS HORNINOTVORNÝCH SILIKÁTOV 504**

Nesosilikáty 504
Skupina fenakitu 504
Skupina olivínu 505

Skupina granátov 508
Skupina $Al_2SiO_5$ 513
Skupina humitu 518
Sorosilikáty 522
Skupina epidotu 523
Cyklosilikáty 526
Inosilikáty 530
Skupina pyroxénov 530
Skupina pyroxenoidov 537
Skupina amfibolov 541
Fylosilikáty 546
Skupina serpentínu 546
Skupina ílových minerálov 549
Skupina sľúd 553
Skupina chloritov 558
Príbuzné minerály fylosilikátov 561
Tektosilikáty 563
Skupina $SiO_2$ 563
Skupina živcov 570
Skupina foidov 576
Séria skapolitu 579
Skupina zeolitov 581
Použitá a odporúčaná literatúra 586
**TABUĽA 12.1** Dve najhojnejšie kôrové horniny: Bazalt a granit 533
**TABUĽA 12.2** Ílové minerály a ich použitie 551
**TABUĽA 12.3** Drobné častice minerálov v našom životnom prostredí 566
**TABUĽA 12.4** Minerály pegmatitov 571
**TABUĽA 12.5** Zeolity a ich unikátne vlastnosti 583

## 13. DRAHÉ KAMENE 587

Drahokamové minerály 587
Požiadavky na drahokamy 588
Typy výbrusov drahokamov 588
Dávne použitie drahých kameňov 589
Dôležité drahokamy – minulosť a prítomnosť 590
Diamant 590
Beryl 591
Rubín a zafír 592
Opál 592
Jadeit a nefrit 593
Chryzoberyl 593
Topás 593
Turmalín 594
Kremeň 594
Tyrkys 594
Granát 594
Zirkón 595
Olivín 595
Vlastnosti drahokamov a prístroje na ich stanovenie 595
Fyzikálne vlastnosti 595
Prístroje na štúdium drahokamov 596
Syntéza drahokamových materiálov 601
Verneuilov proces 602
Czochralského proces 602
Kryštalizácia z roztavených roztokov 602
Kryštalizácia z hydrotermálnych roztokov 602
Úprava drahokamov 603
Farbenie 603
Zahriatie 603
Ožiarenie 603
Syntetické a upravené drahokamy 603
Beryl 603
Chryzoberyl 604
Korund (rubín a zafír) 604
Diamant 604
Jadeit a nefrit 605
Opál 605
Kremeň 606
Rutil 606
Spinel 606
Tyrkys 606
Syntetické drahokamové materiály bez prírodných analógov 607
Granát 607
Titaničitan strontnatý, $SrTiO_3$ 607
Kubický oxid zirkoničitý, $ZrO_2$ 607
Použitá a odporúčaná literatúra 608

## 14. URČOVACIE TABUĽKY 609

Členenie určovacích tabuliek 610
Lesk kovový alebo polokovový 610
Lesk nekovový 610
**TABUĽKA 14.1** Minerály zoradené podľa viacerých fyzikálnych vlastností 611
**TABUĽKA 14.2** Minerály zoradené podľa stúpajúcej mernej hmotnosti 640
**TABUĽKA 14.3** Neopakné minerály a niektoré syntetické zlúčeniny zoradené podľa stúpajúceho indexu lomu 642

**REGISTER MINERÁLOV 644**

**REGISTER 659**