

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. STRUKTURA ATOMA I HEMIJSKA VEZA	9
A. Struktura atoma	9
Eksperimentalne osnove kvantne teorije	10
Zračenje crnog tela	11
Fotoelektrični efekat	12
Spektri. Borov atomski model. Kvantni brojevi	14
Energija jonizacije	23
Afinitet prema elektronu	24
Čestice i talasi	25
Talasi i talasne jednačine	29
Talasna jednačina za elektrone	33
Radijalna talasna funkcija 40. Zavisnost ψ od r za s -atomske orbitale 40.	
Zavisnost ψ^2 od r 41. Radijalna raspodela verovatnoće elektronskog oblaka	
43. p -atomske orbitale 44. d -atomske orbitale 47. f -atomske orbitale 48.	
Kvantno mehaničko tretiranje složenijih atoma 48.	
Kvantna teorija i periodni sistem elemenata	48
B. Priroda hemijske veze	57
Jonska veza	59
Inertni par elektrona 61. Fajansova pravila 62	
Kovalentna veza	62
Metoda valentne veze 63. Metoda molekularskih orbitala 64. Nastajanje	
σ i s -molekulske orbitale 64. Ograničenja pri nastajanju molekularskih orbitala	
68. Nastajanje π -molekularskih orbitala 69. Nastajanje δ -molekularskih orbitala 69.	
Energetski nivoi molekularskih orbitala	70
Neki primeri kovalentne veze	71
Molekul vodonika 71. Molekul azota 72.	
Heteronuklearni molekuli	74
Elektronegativnost	78
Usmerenost kovalentne veze u prostoru	80
Hibridizacija atomskih orbitala	84
Nelokalizovane molekulske orbitale	89
Hemijska veza u kompleksnim jedinjenjima	93
Koordinativna veza 93. Teorija kristalnog ili ligandnog polja 93.	
Energija kovalentne veze	94
Vandervalsove veze	94
Vodonična veza	99
Metalna veza	101
Energija veze u metalima 104. Provodnici, izolatori i poluprovodnici elek-	
triciteta. 105	

Eksperimentalne metode za ispitivanje hemijskih veza i njihovih osobina	109
Ultravioletna i infracrvena spektroskopija 109. Ramanska spektroskopija 110. Nuklearna magnetska rezonancija 111. Rentgenska i elektronska spektroskopija. 111	
3. GASOVITO STANJE MATERIJE	113
Priroda gasova	113
Idealno i realno gasovito stanje	113
Opšta jednačina kinetičke teorije gasovitog stanja	114
Mekselov zakon o raspodeli brzina molekula gasa	117
Neke srednje veličine iz Mekselovog zakona raspodele	120
Srednja brzina u jednom pravcu 120. Intenzitet srednje brzine molekula gasa 120. Srednja vrednost kvadrata intenziteta brzine 120. Koren srednje vrednosti kvadrata intenziteta brzina 121. Srednja vrednost kvadrata brzina u jednom pravcu 121. Koren srednje vrednosti kvadrata brzina u jednom pravcu 121.	
Jednačina stanja idealnog gasa	121
Kinetička energija mola idealnog gasa. Gasna konstanta	124
Bojl-Mariotov zakon	124
Gej-Lisakov zakon	126
Avogadrov zakon	128
Gasna konstanta	129
Daltonov zakon	130
Barometarska formula. Bolcmanov zakon raspodele	131
Molarni toplotni kapaciteti gasa	134
Toplotni kapacitet idealnog gasa 136	
Realni gasovi	139
Vandervalsova jednačina	139
Bojlova temperatura 143. Pretvaranje gasova u tečno stanje i Vandervalsova jednačina 143. Redukovana jednačina stanja i korespondentna stanja 148. Druge jednačine stanja 149.	
4. ČVRSTO STANJE MATERIJE	151
Kristali 151. Stakla 152. Guma i polimeri 152.	
Kristalno stanje	152
Prostorna kristalna rešetka ili mreža	152
Klasifikacija kristalnih sistema	154
Milerovi indeksi	156
Metode za ispitivanje strukture kristala	159
Bregova metoda	159
Izračunavanje veličina d i λ 164.	
Debaj-Sererova metoda	165
Analiza kristala difrakcijom elektrona 167. Određivanje Avogadrove konstante 167.	
Opis nekoliko kristalnih struktura za neorganske supstance	168
Priroda veze između čestica u kristalu	172
Energija kristalne rešetke	174
Born-Haberov ciklus	177
Molekulski kristali	178
Kristali sa kovalentnom vezom	179
Metali	179
Toplotni kapaciteti čvrstih supstanci	179
Nepravilnosti u kristalima	182
5. TEČNO STANJE MATERIJE	187
Teorije tečnog stanja	189
Temperatura topljenja	192
Napon pare tečnosti	193
Tečni kristali	195
6. UVOD U HEMIJSKU TERMODINAMIKU I PRINCIP O ODRŽANJU ENERGIJE	199
Prvi zakon termodinamike	201
Unutrašnja energija	204
Rad i toplota u pojedinim procesima. Entalpija. Molarni toplotni kapaciteti	205
Rad pri promeni zapremine sistema	206

Toplota	207
Promene stanja pri konstantnoj zapremini 207. Pomena stanja pri konstantnom pritisku; entalpija 209.	
Problem apsolutnih vrednosti termodinamičkih funkcija	210
Razlika molarnih toplotnih kapaciteta	212
Džul-Tomsonov efekat	213
7. DRUGI I TREĆI ZAKON TERMODINAMIKE	217
Efikasnost pretvaranja toplote u mehanički rad	217
Termodinamička skala temperature	219
Reverzibilnost i ireverzibilnost. Entropija	220
Izračunavanje entropije za neke reverzibilne promene stanja	223
a/. Promena entropije u faznim transformacijama	224
b/. Promena entropije pri zagrevanju ili hlađenju sistema	225
c/. Promena entropije idealnog gasa	226
Standardno stanje entropije	227
Promena entropije u nekim ireverzibilnim procesima	227
Entropija i verovatnoća stanja sistema	229
Treći zakon termodinamike	230
Primena trećeg zakona termodinamike	232
8. RAVNOTEŽA I SPONTAN PROCES U ZATVORENOM SISTEMU	237
Izotermno-izobarski proces. Gibsova energija	238
Izotermno-izohorski proces. Helmholtzova energija	239
Korisna energija	240
Izotermno-izobarski proces	240
Izotermno-izohorski proces	242
Zavisnost Gibsove energije od temperature i pritiska	243
Zavisnost Gibsove energije od temperature pri konstantnom pritisku	243
Zavisnost Gibsove energije od pritiska na konstantnoj temperaturi	245
Hemijski potencijal čiste supstance	246
Hemijski potencijal čvrste ili tečne supstance	247
Hemijski potencijal gasa u idealnom gasnom stanju	248
Hemijski potencijal realnog gasa; fugacitet	248
Zavisnost fugaciteta od pritiska gasa	249
9. TERMODINAMIČKE OSOBINE VIŠEKOMPONENTNOG HOMOGENOG SISTEMA	253
Parcijalne molarne veličine	253
Hemijski potencijal komponenata otvorenog homogenog sistema	256
Vrste višekomponentnih homogenih sistema	259
Termodinamičke osobine idealne smeše	260
Hemijski potencijal komponente idealne smeše	260
Promena Gibsove energije za proces mešanja	261
Promena entropije za proces mešanja	262
Promena entalpije za proces mešanja	263
Promena zapremine u procesu mešanja	263
Termodinamičke osobine realne smeše	265
Hemijski potencijal komponenata realnih smeša. Aktivnosti	265
Parcijalne molarne zapremine komponenata smeše	267
Termodinamičke osobine rastvora	269
Hemijski potencijal komponenata rastvora	269
Hemijski potencijal rastvorene supstance B 270.	
Hemijski potencijal rastvarača 272.	
Parcijalne molarne zapremine komponenata rastvora	273
10. USLOVI RAVNOTEŽA FAZA I FAZNIH TRANSFORMACIJA	277
Stabilnost faza čistih supstanci	277
Klapejronova jednačina	280
Gibsovo pravilo faza	287
Dijagrami stanja	292
Dijagram stanja p-T za sistem sa jednom komponentom	293
Ravnoteža čvrste i tečne faze 293. Ravnoteža tečne i gasovite faze 293. Ravnoteža čvrsto-gas 294. Dijagram stanja p-T za vodu 295.	

11. RAVNOTEŽE FAZA U TEČNOM I GASOVITOM STANJU U SISTEMIMA SA DVE KOMPONENTE	297
Ravnoteža tečne smeše i gasovite faze	298
Uslovi ravnoteže u idealnom sistemu na konstantnoj temperaturi	298
Raulov zakon	298
Ravnoteža faza u idealnom sistemu na konstantnom p	299
Pravilo poluge	301
Destilacija	302
Ravnoteža realne smeše i gasovite faze na konstantnoj temperaturi. Henrijev zakon	305
Henrijev zakon i rastvorljivost gasova	306
Ravnoteža realne smeše i gasovite faze na $p = \text{const}$; destilacija	308
Ravnoteža rastvora i gasovite faze	309
Ravnoteža dve komponente koje se ne mešaju u tečnom stanju, sa gasovitom fazom	310
12. RAVNOTEŽE TEČNIH I ČVRSTIH FAZA U SISTEMIMA SA DVE I TRI KOMPONENTE	313
Sistem sa dve komponente	313
Ravnoteža dve faze u tečnom stanju	313
Ravnoteže tečne i čvrste faze	315
Podela sistema sa dve komponente prema prirodi faza u tečnom i čvrstom stanju	316
A.1. Sistem sa prostim eutektikumom	317
Teorijski način izračunavanja likvidus linije 323. Smeše za hlađenje 325.	
A.2. Sistem sa kongruentnom tačkom topljenja	326
A.3. Sistem sa inkongruentnom tačkom topljenja	327
A.4. Komponente se potpuno mešaju u tečnom i u čvrstom stanju	330
A.5. Komponente se ograničeno mešaju u čvrstom stanju	332
A.6. Sistem sa ograničenim mešanjem u čvrstom stanju i peritektičkom reakcijom	334
B. Komponente se delimično mešaju u tečnom stanju	335
C. Komponente se ne mešaju ni u tečnom ni u čvrstom stanju	337
Sistemi sa tri komponente	338
Dijagram stanja ternernog sistema sa prostim eutektikumom	340
13. RAVNOTEŽE U RASTVORIMA	345
Pritisak pare iznad rastvora. Osmotski koeficijent rastvarača	346
Uticaj hemijskog potencijala rastvarača na fazne transformacije rastvora	347
Snizjenje temperature mržnjenja rastvora	348
Povišenje temperature ključanja rastvora	350
Osmotski pritisak rastvora	352
Koligativne osobine rastvora elektrolita	355
Rastvorljivost čvrste supstance u tečnom rastvoru	357
Promena entalpije rastvaranja	359
Ravnoteža raspodele	360
14. TOPLOTA HEMIJSKE REAKCIJE	365
Toplota hemijske reakcije	366
Određivanje toplote hemijske reakcije	367
Posredno određivanje toplote reakcije	368
Hesov zakon 368. Standardne molarne entalpije supstanci 369. Standardne molarne entalpije jona u vodenim rastvorima 373. Promena entalpije neutralizacije u vodenom rastvoru 373. Standardna entalpija hemijske veze 374.	
Zavisnost promene entalpije hemijske reakcije od temperature	376
Kirhofov zakon	378
Zavisnost promene unutrašnje energije hemijske reakcije od temperature	383
15. HEMIJSKI AFINITET	385
Afinitet hemijske reakcije i hemijska ravnoteža	385
Promena entropije hemijske reakcije	389
Zavisnost promene entropije hemijske reakcije od temperature	389
Promena Gibsove energije hemijske reakcije	392
Standardne molarne Gibsove energije supstanci	392
Zavisnost ΔG hemijske reakcije od temperature	393
Standardna promena Gibsove energije hemijske reakcije	394

16. HEMIJSKA RAVNOTEŽA	399
Hemijska ravnoteža kao dinamička ravnoteža	399
Gibsova energija i uslov ravnoteže u hemijskoj reakciji idealnih gasova	400
Standardna konstanta ravnoteže K^0 i konstante K_p , K_c , K_n i K_x za reakcije idealnih gasova	403
Zavisnost standardne konstante ravnoteže od temperature	405
Primeri nekih hemijskih ravnoteža idealnih gasova	410
(A). Reakcije u kojima se ne menja ukupna količina učesnika u reakciji	410
(B). Reakcije koje se odigravaju uz promenu ukupne količine učesnika u procesu	414
Metode za određivanje konstante ravnoteže gasova	418
Hemijska ravnoteža u smeši realnih gasova	419
Ravnoteže hemijskih reakcija u homogenim tečnim sistemima	420
Hemijska ravnoteža u tečnim smešama	420
Ravnoteža hemijskih reakcija u rastvorima	422
Ravnoteža hemijskih reakcija u heterogenom sistemu	423
Pritisak razlaganja 426. Heterogena ravnoteža u neidealnom sistemu 426.	
Izračunavanje standardne konstante ravnoteže za neke reakcije	427
17. POVRŠINSKE POJAVE	431
Površinski napon tečnosti 431. Laplasova jednačina 435. Napon pare sfernih kapljica. Kelvinova jednačina 438. Površinska energija kristala 440. Nastajanje nove faze. Kondenzacija. Kristalizacija 441.	
Pojam granične površine faza	445
Gibsova adsorpciona izoterma	447
Adsorpcija na površini tečnosti	449
Adsorpcija na čvrstoj površini	449
Adsorpcija gasova na čvrstom adsorbensu	450
Adsorpcione izoterme	451
Višeslojna adsorpcija	456
Priroda adsorbensa i adsorbovane faze	458
Primena adsorpcije	460
18. TRANSPORTNE POJAVE	461
Učestanost sudara molekula gasa 462. Srednja dužina slobodnog puta molekula 465. Viskoznost gasa 465. Viskoznost kristala 468. Viskoznost tečnosti 468. Kinematička viskoznost 469.	
Eksperimentalne metode za određivanje viskoznosti tečnosti	469
Uticaj temperature i pritiska na dinamičku viskoznost tečnosti	470
Difuzija	472
Gremov zakon 472. Koeficijent difuzije i srednja dužina slobodnog puta molekula gasa 473. Difuzija pri nestacionarnom stanju 473. Difuzija u čvrstoj fazi 473. Difuzija u tečnoj fazi 475. Uticaj temperature na koeficijente difuzije u čvrstoj i tečnoj fazi 475. Koeficijent difuzije i koeficijent trenja 476.	
19. HEMIJSKA KINETIKA	477
Formalna kinetika 477. Eksperimentalne metode određivanja brzine reakcije 479.	
Kinetika prostih reakcija	480
Red reakcije	481
Reakcije nultog reda	481
Reakcije prvog reda	482
Reakcije drugog reda	484
Reakcije trećeg reda	488
Metode određivanja reda reakcije	490
Metoda integrala 490. Metoda poluvremena reakcije 490. Diferencijalna metoda 490.	
Kinetika složenih reakcija	491
Povratne ili reversne reakcije 492. Paralelne reakcije 493. Uzastopne ili konsekutivne reakcije 493	
Lančane reakcije	495
Katalitičke reakcije	496
Uticaj temperature na brzinu hemijske reakcije	497
Arenijusova jednačina 497	

Površine potencijalne energije hemijskih reakcija	504
Mehanizam hemijskih reakcija	506
Koliziona teorija za bimolekulsku reakciju u gasovitom stanju	507
Teorija apsolutnih brzina reakcije ili teorija prelaznog stanja	509
Brzina reakcije u rastvorima 513.	
Heterogene reakcije	516
Kinetika nastajanja nove faze 517. Proces rastvaranja 518. Reakcije u čvrstom stanju 519. Reakcije razlaganja 520. Reakcije između čvrstih faza 521.	
Uticaj zračenja na hemijske reakcije	522
Fotohemija 522. Radijaciona hemija 524.	
20. OSOBINE RASTVORA ELEKTROLITA	527
Pojava i mehanizam elektrolize 528. Prvi Faradejev zakon 530. Drugi Faradejev zakon 530.	
Arenijusova teorija elektrolitičke disocijacije	533
Solvatacija jona	535
Električna provodljivost i molarna provodljivost elektrolita	540
Rezultati merenja električne provodljivosti u vodenim rastvorima. a) Uticaj koncentracije elektrolita na provodljivost 542. b) Uticaj temperature na provodljivost 543. c) Zavisnost molarne provodljivosti od koncentracije 543. Kolraušov zakon kvadratnog korena 543. Kolraušov zakon o nezavisnom putovanju jona 545. Uticaj temperature na molarnu provodljivost 548. Kvantitativna primena Arenijusove teorije elektrolitičke disocijacije 549.	
Pokretljivosti jona	552
Ostvaldov zakon	552
Debaj-Hückl-Onzagerova teorija provodljivosti jakih elektrolita	553
Relativna aktivnost jakih elektrolita	555
Električna provodljivost nevodnih rastvora	559
Električna provodljivost rastopa soli	560
Primena merenja električne provodljivosti elektrolita	564
Prevodni brojevi	564
Difuzija jona, jonska pokretljivost i jonska provodljivost	567
Ravnoteže u rastvorima elektrolita	568
Jonski proizvod za vodu 569. pH i pOH 569. Hidroliza 570. Proizvod rastvorljivosti 571. Uticaj temperature na jonske ravnoteže 572. Puferski rastvori 572	
21. ELEKTROHEMIJSKA TERMODINAMIKA	575
Galvanske ćelije. Ravnotežni potencijali elektroda	575
Merenje elektromotornih sila 578. Predznak relativnog ravnotežnog potencijala elektroda i vrednosti E galvanske ćelije 580	
Termodinamika galvanskih ćelija	582
Nernstova jednačina	584
Nernstova jednačina za relativan ravnotežni potencijal elektrode 585	
Vrste elektroda	586
Određivanje standardnih potencijala reakcija redukcije	591
Oksidaciono-redukcione ravnoteže vode i vodenih rastvora	597
Luteroovo pravilo	598
Standardne Gibsove energije, standardne entalpije i standardne entropije jona u vodenim rastvorima 599	
Vrste galvanskih ćelija	602
Hemijske ćelije	602
a) Hemijske ćelije bez difuzionog potencijala 602. b) Hemijske ćelije sa difuzionim potencijalom 603	
Koncentracione ćelije	605
a) Koncentracione ćelije bez difuzionog potencijala 605. b) Koncentracione ćelije sa difuzionim potencijalom 608	
Primarne galvanske ćelije (baterije), sekundarne galvanske ćelije (akumulatori), gorivne ćelije	610
Primarne baterije	611
Leklanšeova baterija 611. Alkalna MnO_2 baterija 611. Litijumova baterija 612. Aktivirajuće baterije 613.	
Akumulatori	613

Olovni akumulator 613. Nikl-kadmijum akumulator 613. Edisonov akumulator 614. Hermetički zatvoren niki-kadmijum akumulator 614. Srebno-cink akumulator 615. Gorivne ćelije 615.	
Elektromotorne sile u rastopima elektrolita	618
Primene merenja elektromotornih sila	619
Merenje pH vrednosti 619	
Granična oblast dodira elektroda – rastvor elektrolita	622
Elektrohemijski dvojni sloj 622. Adsorpcija jona, polarnih i nepolarnih molekula na elektrodi 625. Potencijal nultog naelektrisanja 625. Kapacitivnost elektrohemijskog dvojnog sloja 626. Elektrokinetičke pojave 630	
22. NERAVNOTEŽNI PROCESI NA ELEKTRODAMA. OSNOVI ELEKTROHEMIJSKE KINETIKE	633
Polarizacija. Prenapetost. Zavisnost gustina struje – potencijal elektrode	633
Teorijski napon razlaganja	636
Potencijali oksidacije i redukcije. Prenapetosti	637
Elektroliza složenog sistema	640
Vrste prenapetosti	641
Elektrohemijska prenapetost 642. Difuziona prenapetost 642. Reakciona prenapetost 642. Kristalizaciona prenapetost 642.	
Kinetika procesa na elektrodi	642
Ativaciona kinetika. Elektrohemijska prenapetost 643. Zavisnost gustine struje od elektrohemijske prenapetosti 643. Difuziona prenapetost 649. Reakciona prenapetost 656. Kristalizaciona prenapetost 656.	
Procesi na katodi	657
Procesi na anodi	662
Pasivnost metala	662
Mešoviti potencijali	664
Elektrohemijska korozija	666
Prilozi (tablice)	675
Literatura	681
Registar pojmova	685