

# Obsah

## ČÁST I. SDÍLENÍ HYBNOSTI

<b>Kapitola 1. Viskozita a mechanismus sdílení hybnosti</b>	<b>23</b>
*§ 1.1 Newtonův zákon viskozity . . . . .	23
*Příklad 1.1-1. Výpočet hustoty toku hybnosti . . . . .	27
*§ 1.2 Nenevtonské tekutiny . . . . .	30
*§ 1.3 Závislost viskozity na tlaku a teplotě . . . . .	35
*Příklad 1.3-1. Odhad viskozity z kritických vlastností . . . . .	38
*Příklad 1.3-2. Vliv tlaku na viskozitu plynu . . . . .	39
§ 1.4 Teorie viskozity plynů s malou hustotou . . . . .	39
Příklad 1.4-1. Výpočet viskozity plynu s malou hustotou . . . . .	44
Příklad 1.4-2. Odhad viskozity směsi plynů s malou hustotou . . . . .	45
§ 1.5 Teorie viskozity kapalin . . . . .	46
Příklad 1.5-1. Odhad viskozity čisté kapaliny . . . . .	49
Kontrolní otázky . . . . .	49
Úlohy . . . . .	50
<b>Kapitola 2. Rozdělení rychlostí při laminárním proudění</b>	<b>54</b>
*§ 2.1 Slupková bilance hybnosti: okrajové podmínky . . . . .	55
*§ 2.2 Proudění stékající vrstvy kapaliny . . . . .	56
*Příklad 2.2-1. Výpočet rychlosti stékající vrstvy kapaliny . . . . .	60
Příklad 2.2-2. Stékající vrstva kapaliny s proměnnou viskozitou . . . . .	61
*§ 2.3 Proudění trubkou kruhového průřezu . . . . .	62
*Příklad 2.3-1. Stanovení viskozity z údajů získaných měřením průtoku kapilárou . . . . .	66
Příklad 2.3-2. Binghamovo proudění v trubce kruhového průřezu . . . . .	67
*§ 2.4 Proudění tekutiny mezikružím . . . . .	69
§ 2.5 Proudění dvou stýkajících se nemísitelných tekutin . . . . .	73
*§ 2.6 Plíživé obtékání pevné koule . . . . .	75
*Příklad 2.6-1. Stanovení viskozity z rychlosti pádu koule . . . . .	79
Kontrolní otázky . . . . .	79
Úlohy . . . . .	80

<b>Kapitola 3. Bilanční rovnice pro izotermní systémy</b>	<b>90</b>
*§ 3.1 Rovnice kontinuity . . . . .	92
*§ 3.2 Rovnice pohybu . . . . .	94
§ 3.3 Rovnice mechanické energie . . . . .	99
*§ 3.4 Bilanční rovnice v křivočarých souřadnicích . . . . .	105
*§ 3.5 Použití bilančních rovnic k analýze problémů při ustáleném proudění . . . . .	108
*Příklad 3.5-1. Tangenciální proudění newtonské tekutiny mezi dvěma soustřednými válci. . . . .	110
*Příklad 3.5-2. Tvar povrchu rotující kapaliny . . . . .	112
Příklad 3.5-3. Vztahy pro krouticí moment a rozdělení rychlostí ve viskozimetru z kužele a desky . . . . .	114
§ 3.6 Bilanční rovnice pro nestlačitelnou nenewtonskou tekutinu . . . . .	117
Příklad 3.6-1. Tangenciální proudění binghamské tekutiny mezikružím . . . . .	119
Příklad 3.6-2. Složky tenzoru hustoty toku hybnosti pro radiální proudění nenewtonské tekutiny mezi dvěma rovnoběžnými kotouči. . . . .	121
*§ 3.7 Uplatnění teorie podobnosti na bilanční rovnice. . . . .	122
Příklad 3.7-1. Odhad hloubky víru v míchané kapalině . . . . .	124
Kontrolní otázky . . . . .	127
Úlohy . . . . .	127
<b>Kapitola 4. Rozdělení rychlostí, je-li více než jedna nezávisle proměnná</b>	<b>140</b>
*§ 4.1 Neustálené laminární proudění . . . . .	140
*Příklad 4.1-1. Proudění v blízkosti stěny, která se náhle uvede v pohyb. . . . .	141
Příklad 4.1-2. Neustálené laminární proudění v trubce kruhového průřezu . . . . .	143
§ 4.2 Ustálené laminární proudění s dvěma nenulovými složkami rychlosti: proudová funkce. . . . .	147
Příklad 4.2-1. Plíživé obtékání koule . . . . .	147
§ 4.3 Ustálené dvojrozměrné potenciální proudění . . . . .	150
Příklad 4.3-1. Ideální proudění kolem válce . . . . .	153
Příklad 4.3-2. Vtok do kanálu obdélníkového průřezu . . . . .	155
§ 4.4 Teorie mezní vrstvy . . . . .	157
Příklad 4.4-1. Proudění v blízkosti stěny, která se náhle uvede v pohyb. . . . .	157
Příklad 4.4-2. Proudění v blízkosti náběhové hrany rovné desky. . . . .	159
Kontrolní otázky . . . . .	163
Úlohy . . . . .	163
<b>Kapitola 5. Rozložení rychlostí při turbulentním proudění</b>	<b>170</b>
*§ 5.1 Fluktuace a časově vyhlazené veličiny . . . . .	171
*§ 5.2 Časové vyhlazení bilančních rovnic pro nestlačitelnou tekutinu . . . . .	174

*§ 5.3 Poloempirické výrazy pro <u>Reynoldsova napětí</u> . . . . .	176
*Příklad 5.3-1. Odvození zákona logaritmického rozložení rychlostí při proudění v trubce (daleko od stěny) . . . . .	178
*Příklad 5.3-2. Rozčlenění rychlostí při proudění v trubce (blízko u stěny) . . . . .	179
*Příklad 5.3-3. Relativní velikost molekulární a turbulentní viskozity . . . . .	181
*§ 5.4 Korelační tenzor druhého řádu a jeho šíření (Kármánova-Howarthova rovnice). . . . .	182
Příklad 5.4-1. Rozpad turbulence za mřížkou . . . . .	189
Kontrolní otázky . . . . .	190
Úlohy . . . . .	190

## **Kapitola 6. Sdílení hybnosti mezi fázemi v izotermních systémech** 197

*§ 6.1 Definice koeficientu tření . . . . .	198
*§ 6.2 Koeficient tření při proudění trubkou . . . . .	199
*Příklad 6.2-1. Rozdíl tlaků, potřebný pro daný objemový průtok . . . . .	204
*Příklad 6.2-2. Objemový průtok při daném rozdílu tlaků . . . . .	205
*§ 6.3 Koeficient tření při obtékání koule . . . . .	207
*Příklad 6.3-1. Stanovení průměru padající koule . . . . .	211
§ 6.4 Koeficient tření v kolonách s výplní . . . . .	212
Kontrolní otázky . . . . .	216
Úlohy . . . . .	217

## **Kapitola 7. Makroskopické bilance v izotermních systémech** 224

*§ 7.1 Makroskopická bilance hmoty . . . . .	225
*§ 7.2 Makroskopická bilance hybnosti . . . . .	226
*§ 7.3 Makroskopická bilance mechanické energie (Bernoulliho rovnice) . . . . .	227
Příklad 7.3-1. Odvození bilance mechanické energie pro proudění nestlačitelné tekutiny v ustáleném stavu . . . . .	228
*§ 7.4 Odhad ztrát třením . . . . .	230
*Příklad 7.4-1. Příkon potřebný k čerpání tekutiny potrubím . . . . .	233
*§ 7.5 Použití makroskopických bilancí k analýze proudění v ustáleném stavu . . . . .	234
*Příklad 7.5-1. Vzrůst tlaku a ztráta třením v náhlém rozšíření . . . . .	234
*Příklad 7.5-2. Činnost ejektoru pro kapaliny . . . . .	236
*Příklad 7.5-3. Síla působící v ohybu trubky . . . . .	238
*Příklad 7.5-4. Izotermní proudění kapaliny clonou . . . . .	240
§ 7.6 Použití makroskopických bilancí k analýze problémů neustáleného proudění . . . . .	242
Příklad 7.6-1. Doba výtoku tekutiny z nálevky . . . . .	242
Příklad 7.6-2. Kmity tlumeného manometru . . . . .	245
Kontrolní otázky . . . . .	247
Úlohy . . . . .	248

## ČÁST II. SDÍLENÍ ENERGIE

<b>Kapitola 8. Tepelná vodivost a mechanismus sdílení energie</b>	<b>259</b>
*§ 8.1 Fourierův zákon vedení tepla . . . . .	259
*Příklad 8.1-1. Měření tepelné vodivosti . . . . .	265
*§ 8.2 Závislost tepelné vodivosti plynů a kapalin na teplotě a tlaku . . . . .	265
*Příklad 8.2-1. Vliv tlaku na tepelnou vodivost . . . . .	268
§ 8.3 Teorie tepelné vodivosti plynů s malou hustotou . . . . .	268
Příklad 8.3-1. Výpočet tepelné vodivosti jednoatomového plynu s malou hustotou . . . . .	274
Příklad 8.3-2. Odhad tepelné vodivosti víceatomového plynu s malou hustotou . . . . .	274
Příklad 8.3-3. Odhad tepelné vodivosti směsi plynů s malou hustotou . . . . .	275
§ 8.4 Teorie tepelné vodivosti kapalin . . . . .	275
Příklad 8.4-1. Odhad tepelné vodivosti kapaliny . . . . .	277
§ 8.5 Tepelná vodivost tuhých látek . . . . .	277
Kontrolní otázky . . . . .	278
Úlohy . . . . .	279
<b>Kapitola 9. Rozdělení teplot v tuhých látkách a při laminárním proudění</b>	<b>281</b>
*§ 9.1 Slupkové bilance energie: okrajové podmínky . . . . .	282
*§ 9.2 Vedení tepla s elektrickým zdrojem tepla . . . . .	283
*Příklad 9.2-1. Výpočet napětí potřebného pro daný vzestup teploty drátu ohřívajícího elektrickým proudem . . . . .	286
Příklad 9.2-2. Ohřívání drátu, jehož elektrická i tepelná vodivost se mění s teplotou . . . . .	287
§ 9.3 Vedení tepla s jaderným zdrojem tepla . . . . .	289
*§ 9.4 Vedení tepla se zdrojem tepla z viskózní disipace . . . . .	292
§ 9.5 Vedení tepla s chemickým zdrojem tepla . . . . .	294
*§ 9.6 Vedení tepla složenou stěnou: sčítání odporů . . . . .	299
*Příklad 9.6-1. Složená válcová stěna . . . . .	301
§ 9.7 Vedení tepla chladičím žebrem . . . . .	303
Příklad 9.7-1. Chyba při měření teploty termočlánkem . . . . .	306
*§ 9.8 Nucená konvekce . . . . .	307
*§ 9.9 Volná konvekce . . . . .	312
Kontrolní otázky . . . . .	315
Úlohy . . . . .	315
<b>Kapitola 10. Bilanční rovnice pro neizotermní systémy</b>	<b>325</b>
*§ 10.1 Rovnice energie . . . . .	326
*§ 10.2 Rovnice energie v křivočarých souřadnicích . . . . .	331
*§ 10.3 Rovnice pohybu pro nucenou a volnou konvekci při neizotermním proudění . . . . .	332

*§ 10.4 Přehled bilančních rovnic . . . . .	335
*§ 10.5 Použití bilančních rovnic při analýze problémů s ustáleným sdílením tepla . . . . .	339
*Příklad 10.5-1. Tangenciální proudění v mezikruží se zahříváním způsobeným viskózní disipací . . . . .	340
*Příklad 10.5-2. Ustálené proudění neizotermní vrstvy kapaliny . . . . .	341
*Příklad 10.5-3. Transpirační chlazení . . . . .	343
Příklad 10.5-4. Sdílení tepla volnou konvekcí ze svislé desky . . . . .	345
Příklad 10.5-5. Jednorozměrné proudění stlačitelné tekutiny. Gradient rychlosti, teploty a tlaku u ustálené rázové vlně . . . . .	349
Příklad 10.5-6. Adiabatické pochody v ideálním plynu bez tření . . . . .	352
*§ 10.6 Uplatnění teorie podobnosti na bilanční rovnice . . . . .	353
*Příklad 10.6-1. Sdílení tepla při nucené konvekcí v nádobě s míchadlem . . . . .	355
*Příklad 10.6-2. Teplota povrchu elektrického topného hadu . . . . .	356
Kontrolní otázky . . . . .	358
Úlohy . . . . .	359

## **Kapitola 11. Rozdělení teplot, je-li více než jedna nezávisle proměnná** 369

*§ 11.1 Neustálené vedení tepla v tuhých látkách . . . . .	369
*Příklad 11.1-1. Ohřívání polonekonečné desky . . . . .	370
*Příklad 11.1-2. Ohřívání desky konečné tloušťky . . . . .	371
Příklad 11.1-3. Ochlazování koule, která je ve styku s dobře promíchávanou tekutinou . . . . .	375
§ 11.2 Ustálené vedení tepla při laminárním proudění . . . . .	378
Příklad 11.2-1. Laminární proudění trubkou při konstantní hustotě tepelného toku u stěny . . . . .	379
Příklad 11.2-2. Laminární proudění trubkou při konstantní hustotě tepelného toku u stěny: asymptotické řešení pro krátké vzdálenosti od počátku ohřívání oblasti . . . . .	380
§ 11.3 Ustálené dvojrozměrné potenciální proudění tepla v tuhých látkách . . . . .	382
Příklad 11.3-1. Rozdělení teplot ve stěně . . . . .	383
§ 11.4 Teorie mezní vrstvy . . . . .	384
Příklad 11.4-1. Sdílení tepla s nucenou konvekcí při laminárním proudění podél ohřívání rovné desky . . . . .	384
Kontrolní otázky . . . . .	388
Úlohy . . . . .	388

## **Kapitola 12. Rozložení teplot při turbulentním proudění** 394

*§ 12.1 Fluktuace teploty a časově vyhlazená teplota . . . . .	394
*§ 12.2 Časové vyhlazení rovnice energie . . . . .	395
*§ 12.3 Poloempirické výrazy pro turbulentní hustotu toku energie . . . . .	397
*Příklad 12.3-1. Profily teplot při ustáleném turbulentním proudění v hladkých trubkách s kruhovým průřezem . . . . .	398

§ 12.4 Dvojitá korelace teploty a její šíření: Corrsinova rovnice . . . . .	403
Příklad 12.4-1. Rovnice rozpadu pro dvojitou korelaci teploty . . . . .	404
Kontrolní otázky . . . . .	405
Úlohy . . . . .	405
<b>Kapitola 13. Sdílení energie mezi fázemi v neizotermních systémech</b>	<b>407</b>
*§ 13.1 Definice koeficientu přestupu tepla . . . . .	408
*Příklad 13.1-1. Výpočet koeficientů přestupu tepla z experimentálních údajů . . . . .	411
*§ 13.2 Koeficienty přestupu tepla v trubkách při nucené konvekci . . . . .	414
*Příklad 13.2-1. Výpočet trubkového ohříváče . . . . .	423
*§ 13.3 Koeficienty přestupu tepla při nuceném obtékání těles . . . . .	424
§ 13.4 Koeficienty přestupu tepla při nuceném proudění vrstvou výplně . . . . .	428
*§ 13.5 Koeficienty přestupu tepla při volné konvekci . . . . .	429
*Příklad 13.5-1. Tepelné ztráty z vodorovné trubky, způsobené volnou konvekci . . . . .	431
§ 13.6 Koeficienty přestupu tepla při kondenzaci par čistých látek na povrchu tuhé látky . . . . .	432
Příklad 13.6-1. Kondenzace vodní páry na svislém povrchu . . . . .	436
Kontrolní otázky . . . . .	437
Úlohy . . . . .	438
<b>Kapitola 14. Sdílení energie zářením</b>	<b>444</b>
*§ 14.1 Spektrum elektromagnetického záření . . . . .	445
*§ 14.2 Pohlcování a vyzařování tuhými povrchy . . . . .	447
*§ 14.3 Planckův rozdělovací zákon, Wienův posunovací zákon a Stefanův-Boltzmannův zákon . . . . .	450
*Příklad 14.3-1. Teplota Slunce a vysílání energie záření ze Slunce . . . . .	454
*§ 14.4 Přímé záření mezi černými tělesy ve vakuu při rozličných teplotách . . . . .	454
*Příklad 14.4-1. Odhad sluneční konstanty . . . . .	460
*Příklad 14.4-2. Sdílení tepla zářením mezi dvěma kotouči . . . . .	461
*§ 14.5 Záření mezi jinými než černými tělesy při rozličných teplotách . . . . .	462
*Příklad 14.5-1. Radiační clony . . . . .	463
*Příklad 14.5-2. Ztráty tepla z vodorovné trubky zářením a volnou konvekci . . . . .	465
Příklad 14.5-3. Kombinace záření a konvekce . . . . .	465
§ 14.6 Sdílení energie záření v absorbujících prostředích . . . . .	466
Příklad 14.6-1. Pohlcování monochromatického svazku paprsků . . . . .	468
Kontrolní otázky . . . . .	468
Úlohy . . . . .	469
<b>Kapitola 15. Makroskopické bilance v neizotermních systémech</b>	<b>473</b>
*§ 15.1 Makroskopická bilance energie . . . . .	474
*§ 15.2 Makroskopická bilance mechanické energie (Bernoulliho rovnice) . . . . .	476

*§ 15.3	Přehled makroskopických bilancí pro čisté tekutiny . . . . .	480
*§ 15.4	Řešení problémů v ustáleném stavu pomocí makroskopických bilancí . . . . .	480
	*Příklad 15.4-1. Chlazení ideálního plynu . . . . .	480
	*Příklad 15.4-2. Souproudé nebo protiproudé výměníky tepla . . . . .	482
	*Příklad 15.4-3. Výkon potřebný k dopravě stlačitelné tekutiny dlouhým potrubím . . . . .	484
	Příklad 15.4-4. Míchání dvou proudů ideálního plynu . . . . .	486
	*Příklad 15.4-5. Proudění stlačitelných tekutin škrticím průtokoměrem . . . . .	488
§ 15.5	Řešení úloh v neustáleném stavu makroskopickými bilancemi . . . . .	490
	Příklad 15.5-1. Zahřívání kapaliny v míchané nádrži . . . . .	490
	Příklad 15.5-2. Činnost jednoduchého regulátoru teploty . . . . .	494
	Příklad 15.5-3. Jednorázová volná expanze stlačitelné tekutiny . . . . .	497
	Kontrolní otázky . . . . .	500
	Úlohy . . . . .	500

### ČÁST III. SDÍLENÍ HMOTY

#### **Kapitola 16. Difuzivita a mechanismy sdílení hmoty** 515

*§ 16.1	Definice koncentrací, rychlostí a hustot toku hmoty . . . . .	516
	Příklad 16.1-1. Vztahy mezi hustotami toku látky . . . . .	520
*§ 16.2	Fickův zákon difúze . . . . .	521
*§ 16.3	Závislost difuzivity na teplotě a tlaku . . . . .	525
	*Příklad 16.3-1. Odhad difuzivity plynu s malou hustotou . . . . .	526
	*Příklad 16.3-2. Odhad difuzivity plynu s větší hustotou . . . . .	527
§ 16.4	Teorie obyčejné difúze v plynech s malou hustotou . . . . .	528
	Příklad 16.4-1. Výpočet difuzivity plynu s malou hustotou . . . . .	532
§ 16.5	Teorie obyčejné difúze v kapalinách . . . . .	533
	Příklad 16.5-1. Odhad difuzivity v binární kapalně směsi . . . . .	536
	Kontrolní otázky . . . . .	536
	Úlohy . . . . .	537

#### **Kapitola 17. Rozdělení koncentrací v tuhých látkách a při laminárním proudění** 540

*§ 17.1	Slupkové bilance hmoty: okrajové podmínky . . . . .	542
*§ 17.2	Difúze nehybnou vrstvou plynu . . . . .	542
	*Příklad 17.2-1. Stanovení difuzivity . . . . .	546
	Příklad 17.2-2. Difúze neizotermní kulovou vrstvou . . . . .	547
*§ 17.3	Difúze s heterogenní chemickou reakcí . . . . .	549
	*Příklad 17.3-1. Difúze při pomalé heterogenní reakci . . . . .	551
*§ 17.4	Difúze při homogenní chemické reakci . . . . .	552
	*Příklad 17.4-1. Absorpce s chemickou reakcí v míchané nádrži . . . . .	554

*§ 17.5 Difúze do stékající vrstvy kapaliny: sdílení hmoty při nucené konvekci . . . . .	556
*Příklad 17.5-1. Absorpce plynu z bublin . . . . .	560
§ 17.6 Difúze a chemická reakce v pórovitém katalyzátoru: „faktor účinnosti” . . . . .	561
Kontrolní otázky . . . . .	565
Úlohy . . . . .	566

## **Kapitola 18. Bilanční rovnice v systémech s mnoha složkami** 574

*§ 18.1 Rovnice kontinuity pro binární směs . . . . .	574
*§ 18.2 Rovnice kontinuity složky $A$ v křivočarých souřadnicích . . . . .	578
§ 18.3 Bilanční rovnice pro vícesložkové systémy, vyjádřené hustotami toku . . . . .	579
§ 18.4 Vícesložkové hustoty toku, vyjádřené transportními vlastnostmi . . . . .	583
§ 18.5 Použití bilančních rovnic na difúzní problémy . . . . .	591
Příklad 18.5-1. Současné sdílení tepla a hmoty . . . . .	591
Příklad 18.5-2. Tepelná difúze . . . . .	594
Příklad 18.5-3. Tlaková difúze . . . . .	595
Příklad 18.5-4. Nucená difúze . . . . .	596
Příklad 18.5-5. Třísložková obyčejná difúze s heterogenní chemickou reakcí . . . . .	598
*§ 18.6 Uplatnění teorie podobnosti na binární izotermní směs tekutin . . . . .	599
Příklad 18.6-1. Míchání mísitelných kapalin . . . . .	601
Kontrolní otázky . . . . .	602
Úlohy . . . . .	603

## **Kapitola 19. Rozdělení koncentrací, je-li více než jedna nezávisle proměnná** 612

§ 19.1 Neustálená difúze . . . . .	614
Příklad 19.1-1. Odpařování v neustáleném stavu . . . . .	614
Příklad 19.1-2. Neustálená difúze provázená reakcí prvního řádu . . . . .	618
Příklad 19.1-3. Absorpce doprovázená rychlou chemickou reakcí . . . . .	619
§ 19.2 Teorie mezní vrstvy: Kármánova přibližná metoda . . . . .	622
Příklad 19.2-1. Neustálené odpařování do vícesložkové směsi . . . . .	622
Příklad 19.2-2. Difúze provázená chemickou reakcí při izotermním laminárním proudění podél rozpustné rovné desky . . . . .	626
§ 19.3 Teorie mezní vrstvy: exaktní řešení pro současné sdílení tepla, hmoty a hybnosti	629
Příklad 19.3-1. Výpočet rychlosti sdílení hmoty . . . . .	639
Kontrolní otázky . . . . .	640
Úlohy . . . . .	641

## **Kapitola 20. Rozdělení koncentrací při turbulentním proudění** 648

*§ 20.1 Fluktuace koncentrace a časově vyhlazená koncentrace . . . . .	648
*§ 20.2 Vyhazení rovnice kontinuity pro složku $A$ podle času . . . . .	649



§ 20.3 Poloempirické výrazy pro turbulentní hustotu toku hmoty . . . . .	650
Příklad 20.3-1. Profily koncentrací při turbulentním proudění v hladkém potrubí s kruhovým průřezem . . . . .	651
Příklad 20.3-2. Desorpce amoniaku v koloně se zkrápěnou stěnou . . . . .	652
§ 20.4 Dvojitá korelace koncentrace a jejího šíření: Corrsinova rovnice . . . . .	655
Kontrolní otázky . . . . .	655
Úlohy . . . . .	655
<b>Kapitola 21. Sdílení hmoty mezi fázemi ve vícesložkových systémech</b> . . . . .	<b>658</b>
*§ 21.1 Definice binárních koeficientů přestupu hmoty . . . . .	659
*§ 21.2 Korelace binárních koeficientů přestupu hmoty při malé rychlosti sdílení hmoty . . . . .	663
*Příklad 21.2-1. <u>Vypařování kapky při pádu</u> . . . . .	669
*Příklad 21.2-2. Psychrometr s vlhkým a suchým teploměrem . . . . .	670
*§ 21.3 Definice binárního koeficientu prostupu hmoty při malé rychlosti sdílení hmoty . . . . .	673
*§ 21.4 Definice koeficientů přestupu hmoty při velké rychlosti sdílení hmoty . . . . .	677
§ 21.5 Koeficienty přestupu při velké rychlosti sdílení hmoty: filmová teorie . . . . .	679
Příklad 21.5-1. Rychlé odpařování čisté kapaliny . . . . .	687
Příklad 21.5-2. <u>Použití opravných faktorů při vypařování kapky</u> . . . . .	688
Příklad 21.5-3. Chování vlhkého teploměru při velké rychlosti sdílení hmoty . . . . .	688
§ 21.6 Koeficienty přestupu při velké rychlosti sdílení hmoty: penetrační teorie . . . . .	690
§ 21.7 Koeficienty přestupu při velké rychlosti sdílení hmoty: teorie mezní vrstvy . . . . .	694
Příklad 21.7-1. Rychlé vypařování z rovného povrchu . . . . .	698
§ 21.8 Koeficienty přestupu ve vícesložkových systémech . . . . .	698
Příklad 21.8-1. Sdílení hmoty v katalytickém reaktoru s nehybnou vrstvou . . . . .	700
Kontrolní otázky . . . . .	702
Úlohy . . . . .	703
<b>Kapitola 22. Makroskopické bilance pro vícesložkové systémy</b> . . . . .	<b>708</b>
*§ 22.1 Makroskopická bilance hmoty . . . . .	709
*§ 22.2 Makroskopická bilance hybnosti . . . . .	710
*§ 22.3 Makroskopická bilance energie . . . . .	711
*§ 22.4 Makroskopická bilance mechanické energie . . . . .	712
*§ 22.5 Použití makroskopických bilancí k řešení problémů při ustáleném stavu . . . . .	712
*Příklad 22.5-1. Bilance energie pro reaktor na konverzi kyslíčnicku siřičitého . . . . .	712
*Příklad 22.5-2. Výška absorpční věže s výplní . . . . .	715
Příklad 22.5-3. Adiabatická expanze směsi plynů tryskou bez tření . . . . .	720
§ 22.6 Použití makroskopických bilancí k řešení problémů při neustáleném stavu . . . . .	723
Příklad 22.6-1. Spouštění chemického reaktoru . . . . .	723
Příklad 22.6-2. Neustálený provoz kolony s výplní . . . . .	725
Kontrolní otázky . . . . .	728
Úlohy . . . . .	729

<b>Příloha A. Přehled vektorové a tenzorové symboliky</b>	737
§ A.1 Vektorové operace z geometrického hlediska . . . . .	738
§ A.2 Vektorové operace z analytického hlediska . . . . .	741
Příklad A.2-1. Důkaz identity vektorů . . . . .	744
§ A.3 Vektorové diferenciální operace . . . . .	745
§ A.4 Tenzory druhého řádu . . . . .	749
Příklad A.4-1. Důkaz identity tenzorů . . . . .	753
§ A.5 Integrované teoremy pro vektory a tenzory . . . . .	753
§ A.6 Složky vektorů a tenzorů v křivočarých souřadnicích . . . . .	755
Příklad A.6-1. Transformační charakteristiky vektorových a tenzorových součinů . . . . .	758
§ A.7 Diferenciální operace v křivočarých souřadnicích . . . . .	759
Příklad A.7-1. Odvození některých diferenciálních operací v cylindrických souřadnicích . . . . .	763
<b>Příloha B. Tabulky k odhadu transportních vlastností</b>	767
§ B.1 Parametry mezimolekulárních sil a kritické vlastnosti . . . . .	768
§ B.2 Funkce pro odhad transportních vlastností plynů při malých hustotách . . . . .	770
<b>Příloha C. Konstanty a převodní faktory</b>	771
§ C.1 Matematické konstanty . . . . .	771
§ C.2 Fyzikální konstanty . . . . .	771
§ C.3 Převodní faktory . . . . .	772
<b>Seznam symbolů</b> . . . . .	781
<b>Doslov</b> . . . . .	789
<b>Rejstřík autorů</b> . . . . .	791
<b>Rejstřík věcný</b> . . . . .	796