

# OBSAH

1.	Úvod . . . . .	12
1.1.	Rozdělení elektrotechnologie a její obsah . . . . .	12
1.2.	Stavba hmoty . . . . .	13
1.2.1.	Elementární částice . . . . .	13
1.2.2.	Atom, Bohrov model atomu, kvantová čísla . . . . .	13
1.2.3.	Energie elektronu . . . . .	17
1.2.4.	Molekuly a vazby mezi atomy . . . . .	20
1.2.5.	Skupenství látek . . . . .	21
1.2.6.	Pásový energetický model . . . . .	21
1.3.	Hlediska pro třídění materiálů . . . . .	22
1.4.	Druhy materiálů . . . . .	23
1.5.	Vlastnosti materiálů a jejich hodnocení . . . . .	26
1.6.	Vliv prostředí na vlastnosti materiálu . . . . .	27
	Otázky ke kapitole 1 . . . . .	28
2.	Vodivé materiály . . . . .	29
2.1.	Teorie vodivosti kovů . . . . .	29
2.2.	Struktura kovů . . . . .	31
2.2.1.	Krystalová mřížka . . . . .	32
2.2.2.	Poruchy v krystalové mřížce . . . . .	33
2.3.	Základní vlastnosti vodivých materiálů . . . . .	34
2.3.1.	Elektrický odpor . . . . .	34
2.3.2.	Závislost elektrického odporu na teplotě . . . . .	35
2.3.3.	Termoelektrické vlastnosti . . . . .	36
2.3.4.	Teplotní roztažnost . . . . .	36
2.3.5.	Tepelná vodivost . . . . .	36
2.3.6.	Mechanické vlastnosti . . . . .	37
2.3.7.	Vliv struktury na elektrické a mechanické vlastnosti . . . . .	37
2.3.8.	Magnetické vlastnosti . . . . .	39
2.4.	Charakteristické vlastnosti vodivých materiálů . . . . .	40
2.4.1.	Měrný odpor . . . . .	41
2.4.2.	Teplotní součinitel odporu . . . . .	41
2.4.3.	Termoelektrické napětí . . . . .	41
2.4.4.	Hustota . . . . .	42
2.4.5.	Teplota tání . . . . .	43
2.4.6.	Měrné teplo . . . . .	44
2.4.7.	Měrná tepelná vodivost . . . . .	45
2.4.8.	Teplotní součinitel délkové roztažnosti . . . . .	47
2.4.9.	Modul pružnosti . . . . .	48
2.4.10.	Mez pružnosti, kluzu a pevnosti . . . . .	48
2.4.11.	Tažnost . . . . .	49
	Otázky k článkům 2.1 až 2.4 . . . . .	49
2.5.	Druhy vodivých materiálů, jejich vlastnosti a použití . . . . .	49
2.5.1.	Vodivé materiály podle skupenství a druhu nosičů elektrického náboje . . . . .	49
2.5.2.	Základní elektrovedné materiály . . . . .	50
	Elektrovedná měď . . . . .	50
	Bronzy . . . . .	54

	Mosazi . . . . .	55
	Elektrovodný hliník . . . . .	56
	Slitiny hliníku . . . . .	59
	Záměna mědi hliníkem . . . . .	60
2.5.3.	Lehké kovy . . . . .	61
	Hořčík . . . . .	61
	Berylium . . . . .	61
2.5.4.	Kovy s nízkou teplotou tání . . . . .	62
	Zinek . . . . .	62
	Kadmium . . . . .	62
	Rtuť . . . . .	62
	Galium . . . . .	62
	Indium . . . . .	62
	Cín . . . . .	62
	Olovo . . . . .	64
	Vizmut . . . . .	64
	Antimon . . . . .	64
2.5.5.	Kovy se střední teplotou tání . . . . .	64
	Kobalt . . . . .	64
	Nikl . . . . .	64
	Železo . . . . .	66
2.5.6.	Kovy s vysokou teplotou tání . . . . .	66
	Wolfram . . . . .	66
	Molybden . . . . .	67
	Tantal . . . . .	67
	Niob . . . . .	67
	Titan . . . . .	67
	Zirkon . . . . .	68
2.5.7.	Ušlechtilé kovy . . . . .	68
	Zlato . . . . .	68
	Stříbro . . . . .	68
	Platina . . . . .	68
	Paladium . . . . .	70
	Rhodium . . . . .	70
	Iridium . . . . .	70
	Osmium . . . . .	70
	Ruthenium . . . . .	70
2.5.8.	Kovy alkalických zemin . . . . .	70
	Baryum . . . . .	70
	Vápník . . . . .	70
	Stroncium . . . . .	70
2.5.9.	Alkalické kovy . . . . .	71
	Lithium . . . . .	71
	Sodík . . . . .	71
	Draslík . . . . .	71
	Cesium . . . . .	71
	Rubidium . . . . .	71
2.5.10.	Odporové materiály . . . . .	72
	Odporové materiály pro měřicí techniku . . . . .	72
	Odporové materiály pro elektrotepelná zařízení . . . . .	75
	Nekovové odporové materiály . . . . .	77
	Otázky k článku 2.5 . . . . .	77
2.6.	Vodivé materiály pro zvláštní účely . . . . .	78
2.6.1.	Materiály pro kontakty . . . . .	78
2.6.2.	Kovy pro tavné vodiče pojistek . . . . .	83
2.6.3.	Kovy a slitiny pro dvojkovové materiály . . . . .	83

	Dvojkový ohybové . . . . .	83
	Dvojkové vodiče . . . . .	86
	Dvojkové kontakty . . . . .	86
2.6.4.	Kovové materiály pro zátavy do skla . . . . .	86
2.6.5.	Pájky . . . . .	87
2.6.6.	Technický uhlík . . . . .	88
	Otázky k článku 2.6 . . . . .	91
<b>3.</b>	<b>Polovodiče . . . . .</b>	<b>92</b>
3.1.	Teorie vodivosti polovodičů . . . . .	92
3.2.	Přechod PN a jeho ventilový účinek . . . . .	95
3.3.	Injekce menšinových nosičů přes přechod PN . . . . .	96
3.4.	Fyzikální vlastnosti polovodičových materiálů . . . . .	97
3.4.1.	Koncentrace nosičů . . . . .	97
3.4.2.	Pohyblivost nosičů . . . . .	97
3.4.3.	Měrná vodivost polovodiče . . . . .	98
3.4.4.	Doba života menšinových nosičů . . . . .	98
3.4.5.	Difúzní délka menšinových nosičů . . . . .	98
3.4.6.	Hallův jev, Hallova konstanta . . . . .	99
3.5.	Vliv vnějších činitelů na vlastnosti polovodiče . . . . .	100
3.5.1.	Vliv teploty . . . . .	100
3.5.2.	Vliv ozáření . . . . .	100
<b>4.</b>	<b>Polovodičové materiály a součástky . . . . .</b>	<b>102</b>
4.1.	Zpracování křemíku a germania . . . . .	104
4.1.1.	Výroba a chemické čištění . . . . .	104
4.1.2.	Fyzikální čištění . . . . .	104
4.1.3.	Výroba monokrystalů . . . . .	106
4.1.4.	Výroba a úpravy polovodičových desek . . . . .	107
4.2.	Vytváření přechodů PN . . . . .	108
4.3.	Vytváření kontaktů . . . . .	110
4.4.	Konečné úpravy a pouzdření . . . . .	111
4.5.	Základní polovodičové součástky . . . . .	112
4.5.1.	Diody . . . . .	112
4.5.2.	Přehled metod používaných při výrobě tranzistorů . . . . .	114
4.5.3.	Součástky založené na fotoelektrických jevech . . . . .	119
4.5.4.	Některé další polovodičové součástky . . . . .	121
4.6.	Mikroelektronika . . . . .	124
4.6.1.	Součásti elektronických obvodů a jejich spolehlivost . . . . .	124
4.6.2.	Moduly a mikromoduly . . . . .	126
4.6.3.	Vrstvové integrované obvody . . . . .	127
4.6.4.	Integrované obvody hybridní . . . . .	128
4.6.5.	Monolitické integrované obvody . . . . .	128
	Otázky ke kapitolám 3 a 4 . . . . .	130
<b>5.</b>	<b>Izolanty . . . . .</b>	<b>131</b>
5.1.	Teorie vodivosti izolaťtů . . . . .	132
5.2.	Struktura izolaťtů . . . . .	132
5.3.	Základní vlastnosti izolaťtů . . . . .	133
5.3.1.	Polarizace dielektrika . . . . .	133
5.3.2.	Jevy související s polarizací . . . . .	136
5.3.3.	Permitivita izolantu . . . . .	136
5.3.4.	Dielektrické ztráty . . . . .	138
5.3.5.	Elektrický průraz dielektrika . . . . .	139
5.3.6.	Elektrická vodivost izolantu . . . . .	141
5.3.7.	Tepelné vlastnosti . . . . .	141
5.3.8.	Mechanické vlastnosti . . . . .	143

5.3.9.	Vliv vlhkosti na izolant . . . . .	143
5.4.	Charakteristické vlastnosti izolantů . . . . .	143
5.4.1.	Poměrná permitivita . . . . .	143
5.4.2.	Činitel dielektrických ztrát . . . . .	143
5.4.3.	Elektrická pevnost . . . . .	144
5.4.4.	Měrný vnitřní a měrný povrchový odpor . . . . .	144
5.4.5.	Měrné teplo . . . . .	144
5.4.6.	Měrná tepelná vodivost . . . . .	144
5.4.7.	Měrná teplotní vodivost . . . . .	144
5.4.8.	Teplotní součinitel délkové roztažnosti . . . . .	144
5.4.9.	Odolnost za tepla podle Martense a podle Vicata . . . . .	145
5.4.10.	Pevnost v tahu a v tlaku . . . . .	145
5.4.11.	Tvrдость . . . . .	146
5.4.12.	Viskozita . . . . .	146
5.4.13.	Navlhavost a nasákavost . . . . .	146
5.4.14.	Další charakteristické vlastnosti . . . . .	146
5.5.	Zkoušky izolantů . . . . .	147
	Otázky ke kapitole 5 . . . . .	148
<b>6.</b>	<b>Anorganické izolanty . . . . .</b>	<b>149</b>
6.1.	Struktura anorganických izolantů . . . . .	149
6.2.	Slída . . . . .	149
6.2.1.	Druhy a vlastnosti slídy . . . . .	149
6.2.2.	Druhy slídových izolantů . . . . .	151
6.3.	Azbest . . . . .	152
6.3.1.	Druhy a vlastnosti azbestu . . . . .	152
6.3.2.	Druhy azbestových izolantů . . . . .	153
6.4.	Keramika . . . . .	154
6.4.1.	Výroba keramických materiálů a jejich zpracování . . . . .	154
6.4.2.	Třídění keramických materiálů . . . . .	156
6.4.3.	Druhy keramických materiálů pro elektrotechniku . . . . .	160
6.5.	Sklo . . . . .	166
6.5.1.	Výroba skla a jeho zpracování . . . . .	166
6.5.2.	Vlastnosti skla . . . . .	166
6.5.3.	Použití skla . . . . .	169
6.5.4.	Druhy skel pro elektrotechniku . . . . .	169
	Otázky ke kapitole 6 . . . . .	170
<b>7.</b>	<b>Organické izolanty . . . . .</b>	<b>172</b>
7.1.	Úvod . . . . .	172
7.1.1.	Hlediska pro třídění organických izolantů . . . . .	172
7.1.2.	Struktura organických izolantů . . . . .	173
7.1.3.	Vznik makromolekulárních látek . . . . .	175
7.1.4.	Vliv struktury na vlastnosti organických izolantů . . . . .	176
7.1.5.	Suroviny pro výrobu organických izolantů . . . . .	178
7.1.6.	Syntetické organické izolanty . . . . .	179
	Otázky k článku 7.1 . . . . .	179
7.2.	Reaktoplasty . . . . .	179
7.2.1.	Fenoplasty . . . . .	180
7.2.2.	Aminoplasty . . . . .	183
7.2.3.	Epoxidy . . . . .	187
7.2.4.	Reaktoplasty na bázi polyesterů . . . . .	191
	Otázky k článku 7.2 . . . . .	192
7.3.	Termoplasty . . . . .	192
7.3.1.	Polysterén . . . . .	192
7.3.2.	Polymetylmetakrylát a jeho kopolymery . . . . .	201

7.3.3.	Polyamídy . . . . .	204
7.3.4.	Lineární polyuretany . . . . .	205
7.3.5.	Polyformaldehyd a jeho kopolymery . . . . .	206
7.3.6.	Polykarbonáty . . . . .	206
7.3.7.	Nasyčené (lineární) polyesteru . . . . .	207
7.3.8.	Polyolefiny . . . . .	208
7.3.9.	Fluoroplasty . . . . .	209
7.3.10.	Polyvinylchlorid . . . . .	210
7.3.11.	Polyvinylalkohol, polyvinylacetáty, polyvinylidenchlorid . . . . .	211
7.3.12.	Termoplasty na bázi přírodních makromolekulárních látek . . . . .	212
7.3.13.	Nové technické termoplasty . . . . .	213
	Otázky k článku 7.3 . . . . .	214
7.4.	Elastomery . . . . .	215
7.4.1.	Přírodní kaučuk . . . . .	215
7.4.2.	Syntetické kaučuky . . . . .	216
7.4.3.	Termoplastické kaučuky . . . . .	217
7.4.4.	Přyz jako technický materiál . . . . .	218
7.4.5.	Zpracování elastomerů . . . . .	219
	Otázky k článku 7.4 . . . . .	219
7.5.	Organické izolanty na bázi přírodních makromolekulárních látek a z nich vyrobených materiálů . . . . .	219
7.5.1.	Dřevo a celulóza . . . . .	219
7.5.2.	Papír a lepenka . . . . .	219
7.5.3.	Přírodní vlákna . . . . .	221
7.5.4.	Tkaniny . . . . .	221
7.5.5.	Vrstvené tvrzené papíry a tvrzené tkaniny . . . . .	222
7.5.6.	Přírodní pryskyřice . . . . .	224
7.5.7.	Přírodní vosky a kompaundy . . . . .	224
7.5.8.	Bitumeny . . . . .	228
	Otázky k článku 7.5 . . . . .	228
7.6.	Zpracování plastů na konstrukční části . . . . .	228
7.6.1.	Lisování desek . . . . .	229
7.6.2.	Lisování tvarových výlisků . . . . .	229
7.6.3.	Přetlačování . . . . .	234
7.6.4.	Vstřikování . . . . .	234
7.6.5.	Vytlačování . . . . .	237
7.6.6.	Vyfukování fólií . . . . .	237
7.6.7.	Vyfukování nádob . . . . .	238
7.6.8.	Natírání a lití . . . . .	239
7.6.9.	Nanášení plastů . . . . .	239
7.6.10.	Odlévání . . . . .	240
7.6.11.	Lehčené plasty . . . . .	241
7.6.12.	Válcování . . . . .	243
7.6.13.	Ruční a strojní opracování plastů . . . . .	243
7.6.14.	Spojování součástí z plastů . . . . .	244
7.6.15.	Povrchové úpravy součástí z plastů . . . . .	246
	Otázky k článku 7.6 . . . . .	247
7.7.	Laky . . . . .	248
7.7.1.	Laky z přírodních pryskyřic . . . . .	249
7.7.2.	Olejové laky . . . . .	249
7.7.3.	Syntetické laky . . . . .	249
7.7.4.	Druhy nátěrových látek vyráběné v ČSSR. . . . .	251
	Otázky k článku 7.7 . . . . .	252
8.	Kapalné izolanty . . . . .	253
8.1.	Vlastnosti kapalných izolantů . . . . .	253

8.2.	Druhy kapalných izolantů . . . . .	253
8.2.1.	Minerální oleje . . . . .	253
8.2.2.	Syntetické kapalně izolanty . . . . .	256
8.2.3.	Rostlinné oleje . . . . .	257
	Otázky ke kapitole 8 . . . . .	257
<b>9.</b>	<b>Plynné izolanty . . . . .</b>	<b>258</b>
9.1.	Vlastnosti plyných izolantů . . . . .	258
9.2.	Druhy plyných izolantů . . . . .	259
	Otázky ke kapitole 9 . . . . .	260
<b>10.</b>	<b>Magnetické materiály . . . . .</b>	<b>261</b>
10.1.	Třídění materiálů z hlediska magnetických vlastností . . . . .	261
10.2.	Materiály diamagnetické, paramagnetické, feromagnetické, antiferomagnetické a ferimagnetické . . . . .	261
10.3.	Struktura magnetických materiálů . . . . .	264
10.4.	Základní vlastnosti magnetických materiálů . . . . .	264
10.4.1.	Porovnání materiálů podle elektrické a magnetické vodivosti . . . . .	264
10.4.2.	Magnetizační charakteristiky . . . . .	264
10.4.3.	Křivka prvotní magnetizace . . . . .	265
10.4.4.	Hysterezní smyčka . . . . .	266
10.4.5.	Ztráty v magnetickém obvodu . . . . .	268
10.4.6.	Magnetická anizotropie . . . . .	269
10.5.	Charakteristické vlastnosti magnetických materiálů . . . . .	269
10.5.1.	Permeabilita . . . . .	270
10.5.2.	Koercitivní intenzita . . . . .	271
10.5.3.	Remanentní indukce . . . . .	271
10.5.4.	Poměrná remanentní indukce . . . . .	271
10.5.5.	Činitel pravouhlosti . . . . .	272
10.5.6.	Měrná energie . . . . .	272
10.5.7.	Měrné ztráty . . . . .	273
10.5.8.	Curieův bod . . . . .	273
10.5.9.	Vliv struktury na magnetické veličiny . . . . .	273
10.6.	Hlediska pro třídění magnetických materiálů . . . . .	275
10.7.	Magneticky měkké materiály . . . . .	275
10.7.1.	Technicky čisté železo . . . . .	275
10.7.2.	Křemíková ocel . . . . .	276
	Elektrotechnické plechy válcované zatepla . . . . .	277
	Pásy pro elektrotechniku válcované zastudena s orientovanou strukturou . . . . .	277
	Pásy pro elektrotechniku válcované zastudena s neorientovanou strukturou . . . . .	282
10.7.3.	Slitiny nikel—železo (permalloy) . . . . .	282
10.7.4.	Magnetické obvody z plechů . . . . .	288
10.7.5.	Železové materiály . . . . .	289
10.7.6.	Magneticky měkké ferity . . . . .	291
10.7.7.	Materiály se speciálními magnetickými vlastnostmi . . . . .	295
	Materiály s velkou magnetickou indukcí nasycení . . . . .	296
	Materiály s pravouhlou hysterezní smyčkou . . . . .	296
	Termokompenzační materiály . . . . .	297
	Materiály se stálou permeabilitou . . . . .	297
	Magnetostriční materiály . . . . .	297
	Nemagnetické oceli . . . . .	298
10.8.	Magneticky tvrdé materiály . . . . .	298
10.8.1.	Martenzitické oceli . . . . .	298
10.8.2.	Vytvrzovatelné slitiny netvářitelné . . . . .	299
10.8.3.	Vytvrzovatelné slitiny s dobrou tvárností . . . . .	302

10.8.4.	Práškové materiály pro trvalé magnety . . . . .	303
10.8.5.	Magneticky tvrdé ferity . . . . .	303
10.8.6.	Materiály na bázi vzácných zemin pro trvalé magnety . . . . .	304
10.8.7.	Magnetování trvalých magnetů . . . . .	304
	Otázky ke kapitole 10 . . . . .	304
<b>11.</b>	<b>Vodiče a kabely . . . . .</b>	<b>305</b>
11.1.	Třídění vodičů a kabelů . . . . .	305
11.2.	Jádra vodičů a kabelů . . . . .	306
11.2.1.	Materiály pro jádra vodičů a kabelů . . . . .	306
11.2.2.	Druhy jader vodičů a kabelů . . . . .	307
11.3.	Vodiče pro holá vedení . . . . .	309
11.3.1.	Vodiče pro energetická vedení . . . . .	309
11.3.2.	Vodiče pro sdělovací vedení . . . . .	310
11.3.3.	Vodiče pro rozvodná zařízení . . . . .	311
11.3.4.	Vodiče pro trolejová vedení . . . . .	311
11.4.	Izolované vodiče . . . . .	311
11.4.1.	Izolace vodičů . . . . .	311
11.4.2.	Vodiče pro vinutí . . . . .	313
11.4.3.	Silové vodiče . . . . .	315
11.4.4.	Sdělovací vodiče . . . . .	317
11.4.5.	Vodiče pro zvláštní účely . . . . .	319
11.5.	Silové kabely . . . . .	319
11.5.1.	Silové kabely s napuštěnou papírovou izolací a kovovým pláštěm . . . . .	321
11.5.2.	Celoplastové kabely . . . . .	323
11.5.3.	Kabely s pryžovou izolací a s pláštěm z olova, z chloroprenového kaučuku nebo z polyvinylchloridu . . . . .	323
11.5.4.	Kabely pro velmi vysoké napětí . . . . .	324
11.6.	Sdělovací kabely . . . . .	324
11.6.1.	Souměrné (symetrické) kabely . . . . .	325
11.6.2.	Souosé (koaxiální) kabely . . . . .	327
11.7.	Vodiče pro vysokofrekvenční účely . . . . .	328
11.7.1.	Vysokofrekvenční lanko . . . . .	328
11.7.2.	Dvou vodičové vedení . . . . .	328
11.7.3.	Vlnovody . . . . .	331
11.7.4.	Páskové vedení . . . . .	332
11.8.	Údaje o vodičích a kabelech . . . . .	332
	Otázky ke kapitole 11 . . . . .	333
Rejstřík . . . . .		334