

OBSAH

Predhovor	5
Úvod	7
1. Všeobecne o elektrotechnických materiáloch	13
1.1. Viete čo je materiátika?	13
1.2. Prečo hovoríme špeciálne o elektrotechnických materiáloch? Ktoré materiály tým rozumieme?	14
1.3. Ľudia majú sklon všetky javy triediť, klasifikovať. Ako sa to prejavuje v oblasti elektrotechnických materiálov?	15
1.4. V súčasnosti nepoznáme ideálny ani univerzálny elektrotechnický materiál. Môžeme očakávať, že bude vytvorený v blízkej alebo vzdialenej budúcnosti?	18
1.5. Aké sú smery požiadaviek na elektrotechnické materiály?	19
1.6. Aká je predpoveď vývoja a výskumu elektrotechnických materiálov?	20
1.7. Čo treba vedieť o konkrétnom materiáli, aby sme ho mohli správne použiť?	22
1.8. V názvosloví materiálov sa prejavuje živelnosť. Ako sa s tým má vyrovnávať človek so zmyslom pre logiku a usporiadanosť?	23
1.9. Dodržiavajú sa pri vytváraní obchodných názvov nejaké pravidlá?	25
1.10. V akej miere vystihujú kvalitu materiálu jeho materiálové charakteristiky?	27
1.11. Charakteristík materiálov je veľa a aj počet	

materiálov neustále vzrastá. Možno a treba mať prehľad o číselných hodnotách týchto charakteristík?	28
1.12. V rôznych vzorcoch sa vlastnosti materiálov označujú ako materiálové konštanty. Sú to naozaj konštanty?	29
1.13. Od ktorých činiteľov závisia vlastnosti materiálov?	29
1.14. V dôsledku vplyvu rôznych činiteľov na charakteristiky materiálov vzniká problém ich stability. Aký je charakter zmien materiálových charakteristík?	30
1.15. Čo je to starnutie materiálov?	30
1.16. Dá sa procesu starnutia nejako zabrániť?	32
1.17. Aké sú spôsoby riadenia vlastností elektrotechnických materiálov a výroby materiálov s vopred určenými vlastnosťami?	33
1.18. Aké sú výhody a nevýhody riadenia vlastností materiálov zmenou zloženia?	34
1.19. Pri riadení vlastností zmenou zloženia vzniká nový materiál kombináciou iných, východiskových materiálov. Môže mať taký materiál kvalitatívne iné vlastnosti ako východiskové materiály?	35
1.20. Ako vplývajú na vlastnosti elektrotechnických materiálov nečistoty a prímеси? Aký je rozdiel medzi pojmom nečistota, prímесь a prísada?	36
1.21. Čo rozumieme pod pojmom štruktúra materiálov?	38
1.22. Aké sú výhody a nevýhody riadenia vlastností materiálov pomocou zmeny ich štruktúry?	38
1.23. Akými spôsobmi možno riadiť štruktúru materiálov?	40
1.24. Čo rozumieme pod pojmom štruktúra atómu?	41
1.25. Ako súvisia vlastnosti chemických prvkov so štruktúrou elektrónového obalu ich atómov?	42

1.26. Prečo sa vo vlastnostiach chemických prvkov prejavuje podobnosť a periodickosť?	44
1.27. Čo rozumieme pod pojmom štruktúra molekuly? Existuje súvislosť medzi vlastnosťami chemických zlúčenín a štruktúrou ich molekúl?	44
1.28. Kedy hovoríme, že látka má kryštalickú štruktúru?	47
1.29. Existujú ideálne kryštály? Čím sa od nich líšia reálne kryštály?	47
1.30. Podľa čoho rozlišujeme jednotlivé typy kryštálov?	48
1.31. Látky s kryštalickou štruktúrou sme si zvykli predstavovať v tuhom skupenstve. Čo sú to kvapalné kryštály? Majú kvapalné kryštály nejaký význam v elektrotechnike? . .	52
1.32. Ako súvisia vlastnosti látok s ich kryštalickou štruktúrou?	53
1.33. Čo je to polymorfia?	55
1.34. Naše storočie sa niekedy nazýva storočím plastických látok. Aké sú to látky? . . .	56
1.35. Aké sú výhody a nevýhody plastických látok?	57
1.36. Na aké účely sa používajú plastické látky v elektrotechnike?	57
1.37. Aká je štruktúra plastických látok a ako s ňou súvisia ich vlastnosti?	58
1.38. Ako sa vo vývoji elektrotechnických materiálov prejavuje všeobecný smer miniaturizácie a mikrominiaturizácie?	61
1.39. Aký je význam technickej normalizácie v oblasti elektrotechnických materiálov?	63
1.40. V posledných rokoch prudko vzrastá záujem o kovové sklá, ktoré sa považujú za veľmi perspektívne materiály. Čím je spôsobený tento záujem?	64

2. Vodivé materiály 67

2.1. Ktoré látky sú schopné viesť elektrický prúd?	67
--	----

2.2. Ktoré elektrotechnické materiály označujeme názvom vodivé materiály?	68
2.3. Aké sú smery a predpovede vo vývoji vodivých materiálov?	69
2.4. Ktoré sú hlavné charakteristiky vodivých materiálov?	69
2.5. Akým spôsobom dochádza k prenosu elektrických nábojov v kovových vodičoch? .	71
2.6. Prečo sú kovy v plynnom stave izolantmi?	72
2.7. Existuje v kovoch elektrónový plyn? . . .	72
2.8. Akou rýchlosťou sa pohybujú elektróny v kovových vodičoch?	73
2.9. Akou rýchlosťou tečie v kovových vodičoch elektrický prúd?	74
2.10. Od ktorých činiteľov závisí konduktivita kovových vodičov?	75
2.11. Prečo a ako závisí konduktivita a rezistivita kovových vodičov od teploty?	76
2.12. Ako súvisí konduktivita kovov s ich štruktúrou?	77
2.13. Čo je to hypervodivosť a kde ju možno využiť?	77
2.14. Ktoré materiály sú perspektívne hypervodiče?	79
2.15. Čo je to supravodivosť? Kedy bola objavená?	80
2.16. Sú supravodiče vždy supravodivé?	81
2.17. Sú kritické veličiny supravodičov nemenné materiálové konštanty, alebo závisia od nejakých činiteľov?	82
2.18. Koľko je supravodičov?	84
2.19. Ktoré materiály sú perspektívne supravodiče?	84
2.20. Vyskytuje sa supravodivosť len v látkach, ktoré sú pri normálnej teplote dobrými vodičmi elektrického prúdu, alebo sa môže vyskytovať aj v polovodičoch a izolantoch?	85
2.21. Akým spôsobom sa získavajú veľmi nízke teploty zodpovedajúce oblasti supravodivého stavu supravodičov?	86

2.22.	Aké sú možnosti využitia supravodičov v elektrotechnike?	87
2.23.	Čo bráni rýchlejšiemu zavádzaniu supravodičov v technickej praxi?	90
2.24.	Čo sú to iónové supravodiče?	91
2.25.	Aké sú požiadavky na elektrovodivé materiály a ktoré materiály ich spĺňajú? . . .	92
2.26.	Prečo nahradzujeme meď hliníkom? Aké to má výhody a nevýhody?	93
2.27.	Čo je to vodíková nemoc medi?	94
2.28.	Môže meď, najlepší elektrovodivý kov plniť funkciu izolantu?	95
2.29.	Čo sú to vodičové dvojkovy?	96
2.30.	Kde potrebujú elektrotechnici kov s najmenšou teplotnou rozťažnosťou?	97
2.31.	Prečo elektrické kontakty strpčujú život elektrotechnikom (a nielen im)?	98
2.32.	Čo je to pseudozliatina?	100
2.33.	Za dôležitý kontaktný materiál sa považuje aj uhlík. Ktorá z jeho modifikácií sa používa na tento účel?	100
2.34.	Aké požiadavky sa kladú na odporové materiály?	102
2.35.	Ktoré sú najpoužívannejšie odporové materiály? Aké sú ich výhody a nevýhody? . .	102
3.	Polovodivé materiály	105
3.1.	Vieme presne definovať, čo je to polovodič?	105
3.2.	Čím sa líšia polovodiče od vodivých materiálov?	106
3.3.	Čím sa líšia polovodiče od izolantov? . .	106
3.4.	Prečo polovodiče zaraďujeme medzi najperspektívnejšie elektrotechnické materiály?	107
3.5.	Podľa akých hľadísk klasifikujeme polovodiče?	108
3.6.	Ktoré sú najdôležitejšie materiálové charakteristiky polovodičov?	109
3.7.	Prečo pre polovodiče nie je zvykom udávať hodnotu konduktivity, príp. rezistivity? .	110

3.8. Ako vznikajú v polovodičoch voľné nosiče náboja?	111
3.9. Energia potrebná na odtrhnutie najslabšie viazaného elektrónu od neutrálnych atómov polovodivých prvkov je rádovo 10 až 25 eV. Ako môže tepelný pohyb ionizovať tieto atómy, keď stredná energia tepelného pohybu častíc pri izbovej teplote je len 0,04 eV a ani pri najvyšších prevádzkových teplotách neprevyšuje desatiny eV?	112
3.10. Prečo je pohyblivosť dier menšia ako pohyblivosť elektrónov?	113
3.11. Ktoré polovodiče sa vyznačujú najvyššou pohyblivosťou nosičov náboja?	114
3.12. Ako ovplyvňuje pohyblivosť nosičov náboja v polovodičoch teplo?	114
3.13. Ako ovplyvňuje teplota počet voľných nosičov náboja v polovodičoch?	116
3.14. Aký typ vodivosti majú jednotlivé polovodiče?	118
3.15. Kedy je polovodič degenerovaný? Aký je rozdiel medzi degenerovaným a nedegenerovaným polovodičom?	119
3.16. Prečo konduktivita polovodičov vzrastá s teplotou? Aký je charakter tejto závislosti?	119
3.17. Kedy je vodivosť polovodičov vlastná a kedy prímесová?	121
3.18. Ionizačné energie atómov prímесí používaných ako donory alebo akceptory sú rádovo 10 eV. Ako je možné, že dochádza k ich ionizácii už pri izbovej teplote, keď stredná energia tepelného pohybu častíc je iba 0,04 eV?	122
3.19. Akú úlohu majú v polovodičoch difúzne procesy?	122
3.20. Prečo sa v polovodičovej technike používajú materiály najvyššej čistoty?	124
3.21. Môžu sa v zakázanom pásme nachádzať elektróny?	125

3.22. Je šírka zakázaného pásma materiálová konštanta?	126
3.23. Ako súvisí šírka zakázaného pásma polovodiča s jeho konduktivitou?	126
3.24. Môžu sa elektróny dostať von z polovodiča?	127
3.25. Môže byť hmotnosť nosičov náboja záporná?	128
3.26. Koľko elektrónov v polovodiči je na Fermiho energetickej hladine?	130
3.27. Ktoré sú najdôležitejšie fyzikálne javy v polovodičoch a na aké účely sa využívajú?	131
3.28. Má polovodič usmerňovacie vlastnosti?	132
3.29. Čo je podstatou zosilňovacieho javu v polovodičoch?	134
3.30. Čo tvorí podstatu fotoelektrických javov a aké sú možnosti ich využitia v praxi?	135
3.31. Aké javy spôsobuje v polovodičoch magnetické pole?	136
3.32. Čím sa v polovodičoch prejavujú termoelektrické javy a načo sa využívajú?	137
3.33. Platí v polovodičoch Ohmov zákon?	138
3.34. Aké typy štruktúr sa vyskytujú v polovodičoch?	140
3.35. Aké sú hlavné technologické problémy pri výrobe polovodičov?	140
3.36. Akými metódami sa čistia polovodiče?	142
3.37. Dajú sa z polovodičov vyrábať tenké vrstvy?	143
3.38. Prečo sa organické polovodiče považujú za perspektívne materiály, keď sa v praxi temer nepoužívajú?	144
3.39. Ktoré chemické prvky majú polovodivé vlastnosti?	145
3.40. Ktoré polovodivé zlúčeniny sú technicky najvýznamnejšie?	147
3.41. Aké sú možnosti použitia a perspektívy amorfných polovodičov?	150

4. Izolanty a dielektriká	153
4.1. Ako definujeme elektrické izolanty?	153
4.2. Čím sa od seba líšia pojmy izolant, izolátor, dielektrikum a izolácia?	154
4.3. Aký je význam izolantov a dielektrík a aké sú možnosti ich využitia v elektrotechnike?	155
4.4. Ktoré sú najdôležitejšie materiálové charakteristiky izolantov a dielektrík?	156
4.5. Prečo sa v elektrických kondenzátoroch pri harmonickom striedavom napätí fázor elektrického napätia oneskoruje za fázorom elektrického prúdu?	157
4.6. V čom sa navonok prejavuje polarizácia dielektrika?	159
4.7. Aké mechanizmy polarizácie sa vyskytujú v dielektrikách?	160
4.8. Kedy má polarizácia relaxačný charakter?	161
4.9. Prečo a podľa čoho delíme dielektriká a izolanty na nepolárne a polárne? Aký je medzi nimi rozdiel?	163
4.10. Čím charakterizujeme schopnosť dielektrík polarizovať sa?	165
4.11. Ako je definovaná relatívna permitivita?	166
4.12. Ako je definovaná relatívna permitivita nelineárnych dielektrík?	168
4.13. Je relatívna permitivita skutočná materiálová konštanta?	170
4.14. Aké hodnoty môže nadobúdať relatívna permitivita dielektrík?	171
4.15. V ktorých dielektrikách a izolantoch závisí relatívna permitivita od teploty? Dá sa táto závislosť vylúčiť?	172
4.16. V ktorých dielektrikách, ako a prečo závisí relatívna permitivita od frekvencie striedavého elektrického poľa?	175
4.17. V ktorých dielektrikách a prečo závisí relatívna permitivita od intenzity elektrického poľa?	176

4.18. Ako vznikajú voľné nosiče náboja v izolantoch?	177
4.19. Aký je mechanizmus elektrickej vodivosti plyných izolantov?	178
4.20. Aký je mechanizmus elektrickej vodivosti kvapalných izolantov?	179
4.21. Aký je mechanizmus elektrickej vodivosti tuhých izolantov?	180
4.22. Čím je spôsobená povrchová vodivosť tuhých izolantov?	181
4.23. Prečo je vodivosť polárnych izolantov za rovnakých podmienok väčšia ako nepolárnych?	182
4.24. Platí v izolantoch Ohmov zákon?	183
4.25. Čím charakterizujeme elektrickú vodivosť izolantov?	183
4.26. Od ktorých činiteľov závisí konduktivita izolantov?	184
4.27. Prečo sa dielektriká v elektrickom poli otepľujú?	185
4.28. Čím sú spôsobené dielektrické straty?	186
4.29. Čím charakterizujeme izolanty z hľadiska dielektrických strát?	187
4.30. Aký je rozdiel medzi pojmi stratový činiteľ, stratové číslo a súčiniteľ dielektrických strát?	187
4.31. Od ktorých činiteľov závisia dielektrické straty?	189
4.32. Ako závisí stratový činiteľ a dielektrické straty od teploty?	189
4.33. Ako závisí stratový činiteľ a dielektrické straty od frekvencie striedavého elektrického poľa?	191
4.34. Ako závisí stratový činiteľ od intenzity elektrického poľa?	193
4.35. Existujú bezstratové dielektriká?	194
4.36. Ktorá náhradná schéma dielektrika je najvhodnejšia?	194
4.37. Čo je to prieraz izolantu?	196
4.38. Čo je to elektrická pevnosť izolantu?	196

4.39.	Kedy hovoríme o čisto elektrickom priereze izolantu?	198
4.40.	Kedy nastáva v izolantoch tepelný prieraz?	199
4.41.	Kedy nastáva v izolantoch ionizačný prieraz?	202
4.42.	Kedy nastáva v izolantoch elektrochemický prieraz?	202
4.43.	Prečo sa v izolantoch rozlišuje krátkodobá a dlhodobá elektrická pevnosť?	202
4.44.	Čo nám prezrádza napäťovo-časová charakteristika?	203
4.45.	Od ktorých činiteľov závisí elektrická pevnosť izolantov?	204
4.46.	Prečo sa v plyných izolantoch prejavuje v jednosmernom nehomogénnom elektrickom poli efekt polarizácie?	205
4.47.	Ako závisí elektrická pevnosť od teploty?	206
4.48.	Ako závisí elektrická pevnosť od frekvencie striedavého elektrického poľa?	207
4.49.	Prečo majú hrubšie izolanty menšiu elektrickú pevnosť?	207
4.50.	Môže nastať prieraz vákua?	208
4.51.	Prečo je elektrická pevnosť mnohých izolantov pri jednosmernom napätí väčšia ako pri striedavom napätí?	208
4.52.	Prečo elektrická pevnosť závisí od plošného obsahu elektród?	209
4.53.	Za určitých okolností v plyných izolantoch nemôže nastať prieraz. Aké sú to okolnosti?	210
4.54.	Ako a prečo závisí elektrická pevnosť plynov od tlaku?	211
4.55.	Prečo je elektrická pevnosť tuhých izolantov väčšia ako kvapalných, a kvapalných väčšia ako plyných?	212
4.56.	Prečo potrebujeme vedieť ako vplyvajú na vlastnosti izolantov rôzne vonkajšie, príp. prevádzkové činitele?	213
4.57.	Čo je to starnutie izolantov? Ktoré činitele ho spôsobujú?	213

4.58.	Čo nám udáva trvalá tepelná odolnosť izolantov?	215
4.59.	Ako vplýva na vlastnosti izolantov vlhkosť?	218
4.60.	Ako sa dostáva vlhkosť do izolantov?	218
4.61.	Ako vplýva na vlastnosti izolantov klimatické prostredie?	222
4.62.	Ktoré sú najvýznamnejšie plynné izolanty?	223
4.63.	Ktoré sú najvýznamnejšie kvapalné izolanty?	224
4.64.	Ktoré izolanty sa vyrábajú zo sľudy a kde sa používajú?	225
4.65.	Aké sú vlastnosti a možnosti použitia skla ako izolantu?	227
4.66.	Čo je to keramika a prečo sa považuje za perspektívny elektrotechnický materiál?	229
4.67.	Ktoré sú najdôležitejšie termoplastické izolanty a na aké účely sa používajú?	231
4.68.	Ktoré sú najdôležitejšie reaktoplastické izolanty a na aké účely sa používajú?	235
4.69.	Z čoho sa vyrábajú a na aké účely sa používajú elektroizolačné laky?	236
4.70.	Čo sú to elektroizolačné elastoméry? Ktoré z nich sú najdôležitejšie a na aké účely sa používajú?	239
4.71.	Z čoho sa skladajú a na aké účely sa používajú vrstvené materiály a lamináty?	241
4.72.	Ktoré sú najpoužívannejšie lisovacie materiály? Z čoho sa vyrábajú?	242
4.73.	Ktoré materiály sa používajú na zalievanie?	243
4.74.	Ktoré prírodné organické izolanty sa ešte používajú a aké sú ich vyhliadky použitia v budúcnosti?	244
4.75.	Čo sú to feroelektriká a prečo sa považujú za veľmi perspektívne materiály?	245
4.76.	Rad vodivých materiálov má osobitne výhodné vlastnosti v oblasti veľmi nízkych teplôt. Ako sa správajú pri týchto teplotách izolanty?	250

4.77. Kvapaln� helium m� v určitej oblasti kryogénnych teplôt neoby�ajn� vlastnosti. Ak� sú to vlastnosti?	252
--	-----

5. Magnetick  materiály 253

5.1. ��m sú sp�soben� magnetick� vlastnosti látok?	253
5.2. Ako rozdeľujeme látky podľ� ich magnetických vlastnosti?	254
5.3. Ktoré látky sú diamagnetick� a ak� sú ich magnetick� vlastnosti?	255
5.4. Ktoré látky sú paramagnetick� a ak� sú ich magnetick� vlastnosti?	255
5.5. Ktoré látky sú feromagnetick� a ak� sú ich magnetick� vlastnosti?	256
5.6. Ak� sú magnetick� vlastnosti antiferomagnet�k?	257
5.7. Ak� sú magnetick� vlastnosti feromagnetík?	258
5.8. Ak� sú magnetick� vlastnosti metamagnet�k?	258
5.9. Ak� sú magnetick� vlastnosti supravodičov v supravodivom stave?	258
5.10. Ktor� látky z uvedených skupín sa pouľ�vajú ako magnetick� materiály v elektrotechnike? Ako sa rozdeľujú z hľ�diska pouľ�tia v elektrotechnike?	259
5.11. Ktor� sú hlavn� materi�lov� charakteristiky magnetických materiálov?	260
5.12. Ak� sú doplnkov� charakteristiky magnetických materiálov pre striedav� magnetick� polia?	262
5.13. Od ktorých činiteľov závisí veľkosť permeability magnetických materiálov?	264
5.14. Ako súvisia magnetick� vlastnosti materiálov s ich štruktúrou?	265
5.15. M�ľu sa feromagnetick� domény orientovať do smeru vonkajšieho magnetického poľ�?	267
5.16. Ako súvisí dom�nov� štruktúra s krivkou	

$M = f(H)$, ktorá sa nazýva magnetizačná charakteristika?	268
5.17. Ako a prečo sa v magnetických materiáloch prejavujú hysterézne javy?	271
5.18. Prečo vznikajú pri striedavej magnetizácii magnetických materiálov straty? Aké sú mechanizmy vzniku strát?	273
5.19. Akými opatreniami sa znižujú straty v magnetických materiáloch?	274
5.20. Ako sa prejavuje anizotropia vlastností magnetických materiálov?	275
5.21. Čo je to magnetická textúra a ako súvisí s vlastnosťami magnetických materiálov?	276
5.22. V čom spočíva jav magnetostrikcie? V ktorých materiáloch sa najviac prejavuje a na aké účely sa využíva?	277
5.23. Ako vplýva na vlastnosti magnetických materiálov ich mechanické a tepelné spracovanie?	279
5.24. Dajú sa z magnetických materiálov vytvárať tenké vrstvy? Na aké účely sa používajú?	282
5.25. Môžu mať zliatiny z neferomagnetických prvkov feromagnetické vlastnosti?	283
5.26. Môže mať guma feromagnetické vlastnosti?	283
5.27. Čisté železo patrí k najkvalitnejším magneticky mäkkým materiálom. Možno z neho vyrobiť permanentný magnet?	283
5.28. Môžu magnetické materiály starnúť?	284
5.29. Akú štruktúru majú magnetické materiály?	284
5.30. Aké vlastnosti majú magneticky mäkké materiály? Ako sa rozdeľujú?	285
5.31. Aké sú vlastnosti technicky čistého železa a na aké účely sa používa?	286
5.32. Z akého materiálu sa vyrábajú elektrotechnické plechy?	287
5.33. Ktoré magneticky mäkké materiály majú vysokú hodnotu permeability v slabých magnetických poliach?	288

5.34.	Ktoré materiály majú permeabilitu nezávislú od intenzity magnetického poľa? . . .	288
5.35.	Ktorý magnetický materiál má najvyššiu indukciu nasýtenia?	289
5.36.	V ktorých materiáloch sa využíva veľká závislosť permeability od teploty?	290
5.37.	Ktoré sú najvýznamnejšie magneticky mäkké ferity?	290
5.38.	Aké sú výhody a nevýhody feritov v porovnaní s klasickými materiálmi?	291
5.39.	Ako vplýva teplota na vlastnosti feritov?	292
5.40.	Ktoré magneticky mäkké materiály majú pravouhlú hysteréznú slučku?	294
5.41.	Ktoré sú najdôležitejšie materiály na výrobu permanentných magnetov?	295
5.42.	Ktoré sú najdôležitejšie nemagnetické materiály?	297
5.43.	Aké sú predpovede ďalšieho vývoja v oblasti magnetických materiálov?	298

Literatúra	300
-----------------------------	-----