

Obsah

Lékařská fyzika a biofyzika jako předmět studia	11
1 Hmota, radioaktivita a ionizující záření	13
1.1 Hmota na subatomární úrovni	13
1.1.1 Čtyři základní interakce	13
1.1.2 Základní částice hmoty	14
1.1.3 Kvantové vlastnosti částic a jejich důsledky	15
1.2 Kvantově-mechanický model atomu	17
1.2.1 Struktura elektronového obalu atomu	17
1.2.2 Excitace a ionizace	20
1.3 Jádro atomu, radioaktivita a jaderné štěpení	21
1.3.1 Jádro atomu	21
1.3.2 Radioaktivita a jaderné štěpení	23
1.3.3 Druhy radioaktivní přeměny	23
1.3.3.1 Přeměna gama (γ)	23
1.3.3.2 Přeměna beta (β)	24
1.3.3.3 Přeměna alfa (α)	25
1.3.3.4 Jaderné štěpení a jaderný reaktor	25
1.3.4 Zákonitosti radioaktivní přeměny	25
1.3.5 Radioizotopy v medicíně	27
1.4 Ionizující záření a jeho interakce s látkou	27
1.4.1 Interakce záření rentgenového a záření γ s látkou	29
1.4.2 Interakce částicového jaderného záření	32
1.4.3 Veličiny a jednotky používané pro měření ionizujícího záření	33
1.4.4 Metody detekce ionizujícího záření a dozimetrie	34
1.4.4.1 Chemické a termoluminiscenční detektory a dozimetry	35
1.4.4.2 Metody detekce založené na polovodičích (polovodičových diodách)	36
1.4.4.3 Elektrické (ionizační) metody	36
1.4.4.4 Scintilační počítače	39
2 Úvod do molekulové biofyziky	40
2.1 Interakce mezi atomy a molekulami	40
2.1.1 Silné interakce mezi atomy – chemické vazby	40
2.1.2 Slabé vazebné interakce	42
2.2 Voda	44
2.2.1 Voda a její vlastnosti	44
2.2.2 Funkce vody v organismu	45
2.3 Biopolymery a jejich struktura	46
2.3.1 Základní typy biopolymerů a jejich vlastnosti	46
2.3.3 Struktura bílkovin	48
2.3.4 Změny struktury (konformace) biopolymerů	51
2.3.5 Přehled metod studia struktury biopolymerů	52
2.4 Disperzní soustavy a jejich vlastnosti	54
2.4.1 Druhy disperzních soustav	54
2.4.2 Koloidní disperze (soustavy) a jejich fyzikální vlastnosti	55
2.4.3 Metody analýzy koloidních roztoků a některých hrubých disperzí – dialýza, sedimentace a elektroforéza	57

3	Základy termodynamiky a bioenergetiky	60
3.1	Základní pojmy a zákony rovnovážné termodynamiky	60
3.1.1	Základní vlastnosti termodynamických systémů	60
3.1.2	Práce termodynamického systému. Teplota a teplo	61
3.1.3	Stavové rovnice a základní děje v plynech	63
3.1.4	Termodynamické zákony	65
3.1.5	Termodynamické potenciály	65
3.1.6	Chemický potenciál	67
3.1.7	Chemická rovnováha a chemická práce	68
3.2	Interpretace některých poznatků statistické fyziky	70
3.3	Aplikace poznatků termodynamiky	73
3.3.1	Osmotický tlak	73
3.3.2	Skupenské stavy látek a fázové rovnováhy	76
3.3.2.1	Skupenství a jejich přeměny	76
3.3.2.2	Fázová rovnováha a Raoultův zákon	77
3.3.2.3	Henryho zákon	78
3.3.2.4	Ebulioskopický a kryoskopický efekt	79
3.3.3	Povrchové a adsorpční jevy	79
3.3.4	Galvanický článek	82
3.3.5	Klidové membránové napětí (potenciál)	83
3.3.5.1	Nernstova rovnice pro klidové membránové napětí	83
3.3.5.2	Donnanova rovnováha	85
3.4	Nástin termodynamiky živých systémů	86
3.4.1	Produkce entropie a stacionární stav	86
3.4.2	Příklady nerovnovážných termodynamických procesů	87
3.4.2.1	Difuze	87
3.4.2.2	Goldmanova (Goldman – Hodgkin – Katzova) rovnice	88
3.4.3	Nelineární termodynamika a disipativní struktury	89
3.5	Energetické procesy v živých systémech	90
3.5.1	Zdroje a přeměny energie živých systémů	91
3.5.2	Spotřeba energie v živých systémech	92
4	Mechanika a biomechanika v medicíně	94
4.1	Vybrané pojmy z mechaniky a reologické vlastnosti látek	94
4.2	Struktura a mechanické vlastnosti buněk a měkkých tkání	96
4.2.1	Struktura cytoplasmy, cytoskeletu a biomembrán	96
4.2.2	Buněčný pohyb	98
4.2.3	Vlastnosti měkkých tkání	99
4.3	Mechanické vlastnosti tvrdých tkání	100
4.3.1	Vlastnosti kostí a kloubních spojení	101
4.3.2	Vlastnosti zubů	102
4.4	Biomechanika kardiovaskulárního systému	103
4.4.1	Proudění krve	103
4.4.1.1	Vlastnosti kapalin – kohezní síly a viskozita kapalin	103
4.4.1.4	Proudění krve v kapilárách	106
4.4.2	Mechanické vlastnosti cév	107
4.4.3	Srdce jako čerpadlo	108
4.5	Biomechanika respiračního systému	109

4.5.1	Dýchací cesty a pohyby	109
4.5.2	Dechové objemy a kapacity	110
4.5.3	Dýchací odpor a práce	111
4.5.4	Mechanismus výměny plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím	112
4.6	Vybrané metody měření biomechanických veličin	113
4.6.1	Měření pohybu, práce a výkonu	113
4.6.2	Měření elasticity, tvrdosti, pevnosti	113
4.6.3	Poznámky k měření vibrací, zvuku a souvisejících vlastností srdce a plic	114
4.7	Měření tlaků v lékařství	115
4.7.1	Měření tlaku krve	116
4.7.2	Přehled méně frekventovaných tonometrických metod	117
4.8	Účinky mechanických faktorů na lidský organismus	117
4.8.1	Mechanické vibrace, rázy a komprese tkáně	118
4.8.2	Rizika spojená se změnami tlaku vzduchu	118
4.8.3	Rizika spojená se změnami tíhového zrychlení	119
4.9	Principy mechanických nástrojů v zubním lékařství a chirurgii	120
4.9.1	Vrtání a obrábění povrchů rotačními nástroji	120
4.9.2	Pákové nástroje	121
4.9.3	Řezání pomocí vodního proudu (vodní skalpel)	122
4.10	Biomechanické implantáty a příbuzná zařízení	123
4.10.1	Náhrada srdce a plic	123
4.10.1.1	Podpora a náhrada funkce srdce	123
4.10.1.2	Přístroje pro náhradu a podporu dýchání	124
4.10.2	Přehled náhrad kostí, kloubů a zubů	124
4.10.2.1	Končetinové protézy	124
4.10.2.2	Zubní náhrady	125
4.10.3	Injekční pumpy	126
4.10.4	Jiné náhrady orgánů nebo jejich částí	127
4.10.4.1	Stenty	127
4.10.4.2	Penilní náhrady	127
5	Biomedicínská akustika a ultraakustika	129
5.1	Zvuk, ultrazvuk a infrazvuk, vznik a měření	129
5.1.1	Zvuk, ultrazvuk a infrazvuk jako fyzikální pojmy	129
5.1.2	Hlasitost, sluchové pole	130
5.2	Lidský hlas a jeho vlastnosti	132
5.2.1	Vznik lidského hlasu a jeho akustická skladba	132
5.2.2	Vyšetřování lidského hlasu a hlasotvorných orgánů	133
5.3	Vnímání akustických podnětů	134
5.3.1	Mechanismus převodu akustických signálů	134
5.3.2	Mechanismus příjmu a analýzy akustických signálů	135
5.3.3	Elektrické jevy spojené s recepcí zvuku	137
5.4	Vady slyšení, jejich vyšetření a korekce	138
5.4.1	Fyzikální principy vyšetřování vad sluchu	138
5.4.2	Principy korekce sluchových vad	140
5.5	Biofyzikální funkce vestibulárního ústrojí	141
5.6	Účinky akustických faktorů na člověka	142
5.6.1	Účinky zvukových polí	142

5.6.2	Účinky ultrazvuku	142
5.6.3	Ultrazvuk ve fyzikální terapii	143
5.6.4	Rázové vlny v lékařství – litotripse	144
5.6.5	Ultrazvuk v chirurgii	145
5.6.6	Ultrazvukové metody v zubním lékařství	146
5.7	Ultrazvuková diagnostika	147
5.7.1	Princip a formy ultrazvukového zobrazení	147
5.7.1.1	Fyzikální interakce ultrazvuku s tkáněmi	147
5.7.1.2	Vznik ultrazvukového obrazu	148
5.7.1.3	Základní formy ultrazvukového zobrazení	148
5.7.1.4	Digitální zpracování obrazu	149
5.7.1.5	Prostorové rozlišení	149
5.7.1.6	Doplňující formy ultrazvukového zobrazení	150
5.7.1.7	Ultrazvuková elastografie	151
5.7.1.8	Echokontrastní látky a jejich význam v ultrazvukové diagnostice	152
5.7.1.9	Principy trojrozměrného (3D/4D) zobrazení	152
5.7.2	Ultrazvukový diagnostický přístroj	154
5.7.2.1	Hlavní části ultrasonografu	154
5.7.2.2	Vyšetřovací sondy	155
5.7.2.3	Obrazový záznam a jeho hodnocení	156
5.7.2.4	Intervenční ultrasonografie	156
5.7.3	Dopplerův jev v ultrazvukové diagnostice	157
5.7.3.1	Diagnostický význam Dopplerova jevu	157
5.7.3.2	Hlavní typy dopplerovských měřičů	158
5.7.3.3	Duplexní a triplexní metody, barevné kódování rychlosti	159
5.7.3.4	Zvláštní způsoby dopplerovského zobrazení	160
5.7.3.5	Výhody barevných duplexních metod	161
5.7.4	Diagnostický přínos ultrasonografie	161
5.7.5	Ultrazvuková denzitometrie	162
5.7.6	Možná rizika diagnostického ultrazvuku	163
5.7.6.1	Biologické rizikové faktory	163
5.7.6.2	Příčiny nebiologických rizik	164
6	Termika v medicíně	166
6.1	Zdroje a přenos tepla	166
6.2	Termometrie a termografie	168
6.2.1	Dilatační teploměry	168
6.2.2	Elektrické teploměry	168
6.2.3	Infračervené teploměry a čidla	169
6.2.4	Termografie a termovize v klinické praxi	169
6.2.4.1	Bezkontaktní termografie (termovize)	169
6.2.4.2	Diagnostický význam termografie	171
6.3	Termoregulace v lidském organismu	172
6.4	Teploléčebné metody	173
6.4.1	Termoterapie konvekcí a kondukcí tepla	173
6.4.1.1	Teploléčebné metody s využitím převodu tepla vedením	173
6.4.1.2	Teploléčebné metody využívající převodu tepla prouděním	173
6.4.1.3	Kryokomory a kryoterapie	174
6.4.2	Přístroje pro kryochirurgii	175

6.4.3	Teploléčebné metody s převodem tepla viditelným a infračerveným zářením..	175
6.4.4	Termoterapie mikrovlnami a jiným radiofrekvenčním zářením	176
6.4.5	Termoterapie elektrickými proudy a poli	176
6.4.5.1	Teploléčebné metody s využitím vysokofrekvenčních proudů.	177
6.4.5.2	Elektrotomie a elektrokoagulace	178
6.6	Kalorimetrie a katatermometrie	178
7	Elektrické jevy v lékařství	180
7.1	Základní pojmy a zákony elektromagnetismu.	180
7.2	Elektrické projevy buněk	180
7.2.1	Struktura biologické membrány	181
7.2.2	Klidový membránový potenciál	182
7.2.3	Akční membránový potenciál	183
7.2.4	Synaptický přenos akčního potenciálu	185
7.2.5	Měření membránových potenciálů	186
7.2.6	Elektrický model biologické membrány	187
7.3	Elektrické vlastnosti tkání	188
7.3.1	Živá tkáň jako vodič.	188
7.3.2	Elektrická dráždivost tkání	190
7.3.3	Vznik bioelektrické aktivity tkání.	192
7.4	Účinky elektrických proudů a elektromagnetických polí	193
7.4.1	Úrazy elektrickým proudem.	193
7.4.2	Účinky radiofrekvenčního záření	194
7.4.3	Vlastnosti a účinky magnetických polí	195
7.5	Elektroterapeutické metody	195
7.5.1	Elektrostimulační a příbuzné metody – přehled	196
7.5.1.1	Stejnoseměrné proudy	196
7.5.1.2	Přerušované stejnosměrné a střídavé proudy	197
7.5.1.3	Teplné účinky střídavých proudů	198
7.5.2	Elektrotomie a elektrokoagulace, plasmový skalpel	199
7.5.3	Magnetoterapie a transkraniální magnetická stimulace.	199
7.5.3.1	Hlavní složky léčebného působení magnetických polí.	199
7.5.3.2	Transkraniální magnetická stimulace (TMS).	200
7.6	Elektrodiagnostika	200
7.6.1	Druhy elektrod a způsoby registrace	200
7.6.2	Elektrokardiografie – EKG	202
7.6.3	Elektroencefalografie – EEG	204
7.6.4	Elektromyografie – EMG	204
7.6.5	Další vybrané elektrodiagnostické metody	205
7.7	Elektrochemické analytické metody.	206
7.7.1	Elektrodové systémy a jejich vlastnosti. Potenciometrie.. . . .	206
7.7.2	Konduktometrie	208
7.7.3	Polarografie a voltametrie.	208
7.8	Zobrazování pomocí jaderné magnetické rezonance	210
7.8.1	Jev jaderné magnetické rezonance	210
7.8.2	NMR ve strukturní analýze	213
7.8.3.	Princip získání obrazové informace	214
7.8.4.	Diagnostický přínos a rizika MRI	215

8 Optické jevy v lékařství	218
8.1 Poznámky k zákonům optiky a fotometrie	218
8.2 Zdroje světelného záření	220
8.2.1 Teplotní a luminiscenční zdroje světla, lasery	220
8.2.2 Osvětlení pro chirurgii a zubní lékařství	221
8.3 Vnímání optických podnětů	222
2.5.3.1 Optický systém oka	222
8.3.2 Struktura a funkce sítnice	225
8.3.3 Barevné vidění	229
8.3.4 Vady optického systému oka a jejich korekce	230
8.3.4.1 Přehled ametropií	230
8.3.4.2 Způsoby korekce vad vidění	231
8.4 Endoskopie	234
8.4.1 Přehled endoskopických zrcadel a tubusových endoskopů	234
8.4.2 Fibroskopy	235
8.4.3 Kapslová endoskopie	236
8.5 Biologické účinky světla	237
8.5.1 Biologické účinky slunečního záření	237
8.5.2 Biologické účinky laserového záření	239
8.5.3 Fototerapeutické metody	240
8.6 Metody mikroskopie	242
8.6.1 Optická mikroskopie (světelná mikroskopie)	242
8.6.1.1 Schéma optického mikroskopu a vlastnosti jeho optického systému	242
8.6.1.2 Varianty optického mikroskopu	244
8.6.1.3 Speciální optické mikroskopy	244
8.6.2 Elektronová mikroskopie	248
8.6.2.1 Transmisní elektronová mikroskopie (TEM)	248
8.6.2.2 Skenovací elektronová mikroskopie (SEM)	249
8.6.3 Mikroskopie skenující sondou	249
8.7 Optické laboratorní metody	251
8.7.1 Spektrofotometrie	251
2.5.7.2 Polarimetrie	253
8.7.3 Refraktometrie	254
8.7.5 Laserová pinzeta	256
9 Ionizující záření v lékařství	258
9.1 Biologické účinky ionizujícího záření	258
9.1.1 Vybrané poznatky radiochemie	258
9.1.2 Základy buněčné radiobiologie	260
9.1.2.1 Křivky přežití	260
9.1.2.2 Radiosenzitivita a radiorezistence	262
9.1.2.3 Radioprotektivní účinek thiolů	262
9.1.2.4 Senzitivizéry na bázi aromatických nitroslooučenin a substituovaných pirimidinů	263
9.1.2.5 Genetické efekty ionizujícího záření	263
9.1.3 Účinky ionizujícího záření na normální tkáň i nádory	263
9.1.4 Systémové účinky ionizujícího záření	264
9.1.4.1 Akutní letální odpověď na ozáření u savců	264
9.1.4.2 Nestochastické pozdní účinky ozáření	266
9.1.4.3 Stochastické pozdní účinky – kancerogeneze	266

9.1.4.4	Radiační kancerogeneze v lidské populaci..	267
9.2	Zobrazovací metody využívající ionizujícího záření	267
9.2.1	Zobrazení projekčními rentgenovými přístroji	268
9.2.1.1	Vznik rentgenového záření	268
9.2.1.2	Základní součásti rentgenového přístroje	270
9.2.1.3	Chod rentgenových paprsků a vznik rentgenového obrazu	271
9.2.1.4	Ukazatele výkonu rentgenového přístroje. Ostrost a kontrast snímků..	271
9.2.1.5	Zesilovač obrazu	273
9.2.1.6	Specifické metody a přístroje v rentgenové diagnostice	274
9.2.2	Výpočetní tomografie	275
9.2.2.1	Princip činnosti CT	275
9.2.2.2	Tomogram a jeho klinický význam	276
9.2.3	Metody nukleární medicíny (<i>scintigrafie, SPECT a PET</i>)	277
9.2.3.1	Stopování (tracing) a radioimmunoassay	277
9.2.3.2	Scintilační počítač a scintilační kamera	278
9.2.3.3	SPECT a PET	279
9.3	Fyzikální principy léčby ionizujícím zářením	280
9.3.1	Faktory ovlivňující výsledek léčby	280
9.3.2	Zdroje záření	281
9.3.2.1	Radioaktivní zdroje	281
9.3.2.2	Teleterapie	281
9.3.2.3	Stereotaktická ablativní radioterapie	284
9.3.2.4	Poznámky ke geometrii ozařování	284
9.4	Ionizující záření a životní prostředí	285
9.4.1	Vstupní cesty radionuklidů do lidského organismu	285
9.4.2	Radionuklidy biologického významu	286
10	Základy zpracování informace a biosignály	288
10.1	Kybernetika a biokybernetika	288
10.1.1	Charakteristika kybernetiky	288
10.1.2	Kybernetické systémy	289
10.1.2.1	Charakteristické znaky systému	289
10.1.2.2	Dynamické systémy a jejich vlastnosti	290
10.1.3	Principy teorie informace	291
10.1.3.1	Charakteristika informace, informační obsah	291
10.1.3.2	Informační systém	292
10.1.3.3	Informační pochody v živém organismu	293
10.1.4	Řízení a regulace	294
10.1.5	Principy modelování	295
10.2	Virtuální realita a její aplikace v lékařství	296
10.2.1	3D virtuální realita a její možnosti	296
10.2.2	3D virtuální realita v lékařství	297
10.3	Lidský organismus jako zdroj informace	298
10.3.1	Biosignály a jejich rozdělení	299
10.3.2	Zpracování biosignálů	300
10.4	Obecná charakteristika smyslového vnímání. Chemorecepce	301
10.4.1	Rozdělení receptorů	302
10.4.2	Převodní funkce receptorů	302
10.4.3	Biofyzikální vztah podnětu a počítku	303

10.4.4 Biofyzika vnímání chemických podnětů – chemorecepce	304
10.5 Analýza obrazu	306
10.5.1 Obrazová funkce.	306
10.5.2 Barva a barevný model	306
10.5.3 Digitální obraz.	307
10.5.4 Detekce obrazu	307
10.5.4.1 Sejmutí a digitalizace obrazu	308
10.5.4.2 Vizualizace prostorového rozložení fyzikální veličiny	308
10.5.4.3 Vizualizace dat jako obrazu	308
10.5.5 Souborové formáty pro ukládání obrazových dat	309
10.5.6 Globální charakteristiky obrazu	310
10.5.7 Lokální charakteristiky obrazu	312
10.5.7.1 Textura a její míry	312
10.5.7.2 Popis tvaru.	313
10.5.8 Operace s obrazem	313
10.5.8.1 Manipulace s histogramem	313
10.5.8.2 Obrazové filtry.	315
10.5.9 Hodnocení kvality zobrazovacích metod	316
10.5.10 Počítačová podpora diagnostiky	317
11 Nanotechnologie v medicíně.	319
11.1 Nosiče farmak, cílené doručení	320
11.2 Nanovláknna	322
11.3 Kontrastní prostředky	322
11.4 Regenerativní medicína, implantáty a náhrady orgánů	323
11.5 Onkologická léčba	324
11.6 Nanorobotika	324
11.7 Zdravotní rizika nanotechnologií	325
Veličiny a jejich jednotky, významné konstanty.	326
Použitá a doporučená literatura (výběr)	331
Rejstřík	332
Poznámky.	339