

Obsah

1. Hmot a záření z biofyzikálního hlediska	1
1.1 Nejmenší částice hmoty a jejich vlastnosti	1
1.1.1 Čtyři základní interakce	1
1.1.2 Základní částice hmoty	2
1.1.3 Kvantové vlastnosti částic a jejich důsledky	3
1.2 Všeobecné vlastnosti atomů	6
1.2.1 Elektronový obal atomu	6
1.2.1.1 Struktura elektronového obalu atomu	6
1.2.1.2 Excitace a ionizace	9
1.2.1.3 Jádro atomu a jeho vlastnosti	11
1.3 Radioaktivita a ionizující záření	13
1.3.1 Druhy radioaktivního rozpadu	14
1.3.1.1 Rozpad gama	14
1.3.1.2 Rozpad beta	14
1.3.1.3 Rozpad alfa	15
1.3.1.4 Jaderné štěpení	16
1.3.2 Zákonitosti radioaktivního rozpadu	17
1.3.3 Radioizotopy v medicíně	20
1.3.4 Interakce ionizujícího záření s látkou	20
1.3.4.1 Interakce záření rentgenového a záření γ s látkou	22
1.3.4.2 Interakce částicového jaderného záření	26
1.3.4.3 Jednotky používané pro měření ionizujícího záření	26
2. Biokybernetika	29
2.1 Charakteristika kybernetiky	29
2.2 Kybernetické systémy	30
2.2.1 Charakteristické znaky systému	30
2.2.2 Dynamické systémy a jejich vlastnosti	31
2.3 Principy teorie informace	33
2.3.1 Charakteristika informace, informační obsah	33
2.3.2 Informační systém	34
2.3.3 Informační pochody v živém organismu	35
2.4 Řízení a regulace	36
2.5 Principy modelování	37
2.6 Virtuální realita a její aplikace v lékařství	39
2.6.1 Virtuální realita a její možnosti	39
2.6.2 Virtuální realita v lékařství	40
3. Úvod do molekulové biofyziky	41
3.1 Fyzikálně-chemické vlastnosti molekul a jejich struktura	41
3.1.1 Silné interakce mezi atomy – chemické vazby	41
3.1.2 Slabé chemické interakce	43
3.1.3 Kohezni síly a viskozita kapalin	45
3.2 Základní vlastnosti vody	47
3.2.1 Voda a její vlastnosti	47
3.2.2 Funkce vody v organismu	48

3.3	Biopolymery a jejich struktura	49
3.3.1	Základní typy biopolymerů a jejich vlastnosti	49
3.3.2	Struktury bílkovin a jejich změny	52
3.3.3	Přehled metod studia struktury biopolymerů	55
3.4	Disperzní soustavy a jejich vlastnosti	58
3.4.1	Druhy disperzních soustav	58
3.4.2	Koloidní disperze (soustavy) a jejich fyzikální vlastnosti	60
3.4.3	Metody analýzy koloidních roztoků a některých hrubých disperzí	62
4.	Základy termodynamiky a bioenergetiky	67
4.1	Základní pojmy a zákony rovnovážné termodynamiky	67
4.1.1	Základní vlastnosti termodynamických systémů	67
4.1.2	Práce termodynamického systému, teplota a teplo	69
4.1.3	Stavové rovnice a základní děje v plynech	71
4.1.4	Termodynamické zákony	74
4.1.5	Termodynamické potenciály	75
4.1.6	Chemický potenciál	77
4.1.7	Chemická rovnováha a chemická práce	79
4.2	Interpretace některých poznatků statistické fyziky	81
4.3	Aplikace poznatků termodynamiky	86
4.3.1	Osmotický tlak	86
4.3.2	Skupenské stavy látek a fázové rovnováhy	89
4.3.2.1	Skupenství a jejich přeměny	89
4.3.2.2	Fázová rovnováha a Raoultův zákon	91
4.3.2.3	Henryho zákon	92
4.3.2.4	Ebulioskopie a kryoskopie	93
4.3.3	Povrchové a adsorpční jevy	94
4.3.4	Galvanický článek	96
4.3.5	Klidové membránové napětí (potenciál)	98
4.3.5.1	Nernstova rovnice pro klidové membránové napětí	98
4.3.5.2	Donnanova rovnováha	101
4.4	Nástin termodynamiky živých systémů	102
4.4.1	Produkce entropie a stacionární stav	102
4.4.2	Příklady nerovnovážných termodynamických procesů	105
4.4.2.1	Difuze	105
4.4.2.2	Goldmanova rovnice (stacionární membránové napětí)	107
4.4.3	Nelineární termodynamika a disipativní struktury	108
4.5	Energetické procesy v živých systémech	110
4.5.1	Zdroje a přeměny energie živých systémů	111
4.5.2	Spotřeba energie v živých systémech	113
5.	Buňka jako biofyzikální systém	115
5.1	Buňka - základní strukturální jednotka živých systémů	115
5.1.1	Obecná struktura buňky	115
5.1.2	Základní cytoplazma a její vlastnosti	116
5.1.2.1	Chemické složení základní cytoplazmy	117
5.1.2.2	Vlastnosti cytoplazmy	117
5.1.2.3	Cytoskeletální systém	118

5.1.3 Základní buněčné struktury	119
5.2 Buňka - základní funkční jednotka živých systémů	122
5.2.1 Buněčný pohyb	123
5.2.1.1 Buněčný pohyb vázaný na mikrofilamenta	123
5.2.1.2 Buněčný pohyb vázaný na mikrotubuly	124
5.2.2 Transportní mechanismy	125
5.2.2.1 Pasivní transport	125
5.2.2.2 Difuze bílkovinným kanálem	126
5.2.2.3 Aktivní transport	127
5.3 Elektrické projevy buněk	129
5.3.1 Klidový membránový potenciál (napětí)	129
5.3.2 Měření membránového potenciálu	130
5.3.3 Vznik akčního potenciálu	131
5.3.4 Šíření akčního potenciálu	132
5.3.5 Synaptický přenos akčního potenciálu	134
5.3.5.1 Excitační a inhibiční synapse	135
5.3.5.2 Sumace postsynaptických potenciálů a vznik akčního potenciálu	136
5.3.6 Modelování elektrických vlastností buněčné membrány	136
6. Biofyzika tkání a orgánů	139
6.1 Mechanické vlastnosti tkání	139
6.1.1 Rozdělení látek podle mechanických vlastností	139
6.1.2 Biofyzika podpůrně-pohybového systému	140
6.1.2.1 Statika a kinematika kostí a kloubů	141
6.1.2.2 Biomechanika svalového stahu	142
6.1.3 Biomechanika srdečně-cévního systému	144
6.1.3.1 Srdce jako pumpa	144
6.1.3.2 Fyzikální zákony proudění	145
6.1.3.3 Proudění krve	146
6.1.3.4 Mechanické vlastnosti cév	148
6.1.3.5 Proudění krve v kapilárách	150
6.1.3.6 Mechanické vlastnosti krve	151
6.1.4 Biofyzika dýchání	151
6.1.4.1 Mechanika dýchání	151
6.1.4.2 Dýchací odpory	152
6.1.4.3 Dechové objemy a kapacity	153
6.1.4.4 Mechanismus výměny plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím	154
6.1.5 Lidský hlas a jeho vlastnosti	155
6.1.5.1 Vznik lidského hlasu	155
6.1.5.2 Akustická skladba lidské řeči	156
6.1.6 Biofyzika vyměšovacího systému	157
6.1.6.1 Složení ledvin	157
6.1.6.2 Glomerulární filtrace	158
6.1.6.3 Biofyzikální funkce tubulů	159
6.1.7 Biofyzika trávicího systému	160
6.2 Elektrické a magnetické vlastnosti tkání	161
6.2.1 Pasivní elektrické vlastnosti	161
6.2.2 Aktivní elektrické projevy tkání	163

6.2.2.1 Činnostní potenciály svalové	163
6.2.2.2 Elektrické projevy srdečního svalu	164
6.2.2.3 Činnostní potenciály mozkové	165
6.2.2.4 Činnostní potenciály jiných orgánů	165
6.2.3 Magnetické signály tkání	165
7. Biofyzika příjmu a zpracování informací	167
7.1 Obecná charakteristika smyslového vnímání	167
7.1.1 Rozdělení receptorů	167
7.1.2 Převodní funkce receptorů	168
7.1.3 Biofyzikální vztah podnětu a počítku	169
7.2 Biofyzika vnímání chemických podnětů	171
7.2.1 Struktura a funkce receptorů čichu a chuti	171
7.3 Biofyzika vnímání akustických signálů	173
7.3.1 Fyzikální vlastnosti zvuku	173
7.3.2 Hlasitost, sluchové pole	173
7.3.3 Biofyzikální funkce ucha	175
7.3.3.1 Mechanismus převodu akustických signálů	175
7.3.3.2 Mechanismus recepce akustických signálů	176
7.3.3.3 Elektrické jevy spojené s recepcí zvuku	178
7.3.4 Biofyzikální funkce vestibulárního systému	179
7.4 Biofyzika vnímání světelných podnětů	179
7.4.1 Oko jako optický systém	180
7.4.1.1 Skladba oka a optické vlastnosti jeho světlolomných prostředí	180
7.4.1.2 Akomodace oka	182
7.4.2 Poruchy optického systému oka	183
7.4.2.1 Ametropie sférické	183
7.4.2.2 Ametropie asférická	184
7.4.3 Sítňice – biologický detektor světla	185
7.4.3.1 Struktura sítnice	185
7.4.3.2 Ostrost vidění	187
7.4.3.3 Vidění fotopické a skotopické	188
7.4.3.4 Barevné vidění a jeho poruchy	189
7.4.3.5 Elektrické projevy sítnice	190
8. Biofyzika faktorů vnějšího prostředí	193
8.1 Účinky mechanických faktorů	193
8.1.1 Účinky tlakových změn	193
8.1.2 Účinky změn rychlosti	194
8.1.3 Škodlivé účinky mechanických sil	195
8.2 Účinky akustických faktorů	195
8.2.1 Fyzikální charakteristika zvuku	196
8.2.2 Účinky zvukových polí	196
8.2.3 Účinky ultrazvuku	197
8.3 Vliv meteorologických podmínek na organismus	199
8.3.1 Vliv teplotních změn	200
8.4 Účinky elektrických proudů	202
8.4.1 Vedení elektrického proudu tkáněmi	202

8.4.2 Elektrická dráždivost a elektrokinetické jevy	203
8.4.3 Úrazy elektrickým proudem	205
8.5 Účinky magnetických polí	206
8.6 Účinky neionizujícího elektromagnetického záření	207
8.6.1 Fyzikální charakteristika viditelného záření	207
8.6.2 Zdroje záření	209
8.6.3 Biologické účinky optického záření	210
8.6.3.1 Molekulové mechanismy účinku	210
8.6.3.2 Účinky viditelného světla	211
8.6.3.3 Účinky ultrafialového záření	212
8.6.3.4 Účinky infračerveného záření	213
8.6.3.5 Účinky laserového záření	213
8.7 Biologické účinky ionizujícího záření	214
8.7.1 Mechanismy účinků	214
8.7.2 Relativní biologická účinnost záření	215
8.7.3 Biologické účinky jaderných výbuchů	216
8.7.4 Ochrana před zářením	217
9. Biologické signály	219
9.1 Lidský organismus jako zdroj informace	219
9.2 Biosignály a jejich rozdělení	219
9.3 Zpracování biosignálů	221
10. Měřicí a záznamové diagnostické metody	223
10.1 Detekce a měření mechanických veličin	223
10.1.1 Měření tlaku	223
10.1.1.1 Měniče	223
10.1.1.2 Tlak krve	224
10.1.1.3 Další metody měření tlaku v lékařství	225
10.1.2 Měření mechanické práce a výkonu	226
10.1.3 Měření mechanických vlastností kapalin	226
10.1.4 Detekce nízkofrekvenčních mechanických vibrací a zvuku	227
10.2 Měření teploty	227
10.2.1 Kontaktní termometrické metody	228
10.2.2 Bezkontaktní termometrie	229
10.3 Elektrodiagnostické metody	229
10.3.1 Druhy elektrod	229
10.3.2 Zpracování elektrických biosignálů	230
10.3.3 Aktivní elektrodiagnostické metody	232
10.3.3.1 Elektrokardiografie (EKG)	232
10.3.3.2 Elektromyografie (EMG)	235
10.3.3.3 Elektroencefalografie (EEG)	236
10.3.3.4 Elektroretinografie (ERG)	237
10.3.4 Pasivní elektrodiagnostické metody	237
10.4 Elektrochemické analytické metody	239
10.4.1 Základní druhy elektrod	239
10.4.2 Konduktometrie	240
10.4.3 Polarografie a voltametrie	242

10.5 Optické laboratorní metody	243
10.5.1 Spektrofotometrie	243
10.5.2 Polarimetrie	245
10.5.3. Refraktometrie	247
10.6 Metody mikroskopie	249
10.6.1 Optická mikroskopie	249
10.6.1.1 Schéma optického mikroskopu a vlastnosti jeho optického systému	249
10.6.1.2 Varianty optického mikroskopu	252
10.6.1.3 Speciální optické mikroskopy	252
10.6.2 Elektronová mikroskopie	256
10.6.2.1 Transmisní elektronová mikroskopie (TEM)	257
10.6.2.2 Rastrovací elektronová mikroskopie (SEM)	258
10.6.2.3 Skenovací tunelová elektronová mikroskopie	258
10.6.3 Akustická mikroskopie	259
10.7 Metody detekce ionizujícího záření	260
10.7.1 Chemické a fotochemické detektory a dozimetry	260
10.7.2 Elektrické (ionizační) metody	261
10.7.3 Scintilační počítače	263
10.8 Metody kostní denzitometrie	265
10.8.1 Rentgenové metody	265
10.8.2 Ultrazvukové metody	265
10.9 Monitorování a telemetrie	266
11. Zobrazovací diagnostické metody	269
11.1 Obecné principy diagnostického zobrazení	269
11.1.1 Algoritmus zobrazovacího procesu	269
11.1.2 Posuzování kvality obrazů	270
11.2 Termografie	270
11.2.1 Kontaktní termografie	270
11.2.2 Bezkontaktní termografie	272
11.2.3 Diagnostický význam termografie	273
11.3 Ultrazvukové zobrazovací a dopplerovské metody	273
11.3.1 Mechanismus ultrazvukového zobrazení	274
11.3.2 Dopplerův jev a jeho aplikace v lékařské diagnostice	276
11.3.3 Duplexní a triplexní metody	279
11.3.4 Echokontrastní látky	280
11.3.5 Klinický význam ultrasonografie	280
11.4 Endoskopické metody	281
11.4.1 Endoskopická zrcadla	281
11.4.2 Endoskopy s pevnými tubusy	282
11.4.3 Fibroskopy	283
11.5 Rentgenové zobrazovací metody	284
11.5.1 Vznik rentgenového záření	285
11.5.2 Základní schéma rtg. přístroje	287
11.5.3 Vznik rentgenového obrazu	288
11.5.3.1 Chod rentgenových paprsků	288
11.5.3.2 Neostrost obrazu	289
11.5.3.3 Použití kontrastních prostředků	290

11.5.3.4	Zesilovač obrazu	290
11.5.4	Nejvýznamnější metody a přístroje v rentgenové diagnostice	291
11.5.4.1	Rentgenové přístroje ve stomatologii	292
11.5.4.2	Xeroradiografie	292
11.5.4.3	Klasická (vrstvosvá) tomografie	292
11.5.5	Výpočetní tomografie (CT)	293
11.6	Radionuklidové zobrazovací a jiné diagnostické metody	295
11.6.1	Stopování (tracing a radioimmunoassay)	295
11.6.2	Scintilační počítač a pohybový scintigraf	295
11.6.3	Gama-kamera	296
11.6.4	SPECT a PET	297
11.7	Zobrazování pomocí jaderné magnetické rezonance	298
11.7.1	Jev jaderné magnetické rezonance	298
11.7.2	Princip získání obrazové informace	301
11.7.3	Klinický význam metody	303
12.	Biofyzikální základy neinvazivních léčebných metod	305
12.1	Léčebné metody využívající mechanickou energii	305
12.1.1	Ultrazvuková terapie	305
12.1.2	Litotripse rázovými vlnami	305
12.1.3	Léčení rázovými vlnami	307
12.2	Léčebné metody využívající elektrický proud	307
12.2.1	Účinky stejnosměrného proudu	307
12.2.2	Účinky střídavých proudů a elektrických impulsů	308
12.3	Principy léčby magnetickými poli	310
12.3.1	Druhy magnetických polí a jejich interakce s biologickými systémy	310
12.3.2	Hlavní složky léčebného působení magnetických polí	311
12.4	Léčebné metody využívající teplo	312
12.4.1	Léčebné metody s využitím převodu tepla vedením	313
12.4.2	Léčebné metody využívající převodu tepla prouděním	313
12.4.3	Léčebné metody s využitím převodu tepla zářením	313
12.4.4	Léčebné metody využívající vysokofrekvenční proud	314
12.4.5	Tepelné působení ultrazvuku	315
12.5	Léčebné metody využívající světlo	315
12.5.1	Léčení laserovým zářením	315
12.5.2	Léčení polarizovaným světlem	317
12.5.3	Léčebné využití fotodynamického účinku	317
12.5.4	Léčebné zdroje ultrafialového záření	318
12.6	Fyzikální principy léčby ionizujícím zářením	319
12.6.1	Faktory ovlivňující výsledek léčby	319
12.6.2	Zdroje záření	320
12.6.2.1	Radioaktivní zdroje	320
12.6.2.2	Neradioaktivní zdroje	320
12.6.2.3	Charakteristika vysílaného záření	323
12.6.3	Geometrie ozařování	324
13.	Zobrazovací diagnostické metody	325
13.1	Fyzikální principy moderních chirurgických nástrojů	325

13.1.1	Elektrotomie a elektrokoagulace	325
13.1.2	Laserové chirurgické nástroje	325
13.1.3	Ultrazvukové chirurgické přístroje	327
13.1.4	Přístroje pro kryochirurgii	327
13.1.5	Vodní skalpel	328
13.2	Fyzikální principy hlavních stomatologických nástrojů	328
13.2.1	Rotační nástroje	328
13.2.2	Pákové nástroje	330
13.3	Přístroje podporující nebo nahrazující funkci orgánů	331
13.3.1	Přístroje pro podporu dýchání	331
13.3.2	Podpora a náhrada funkce srdce	332
13.3.3	Náhrada funkce ledvin	333
13.3.4	Korekce vad optického systému oka	334
13.3.5	Korekce vad slyšení	337
13.3.6	Končetinové protézy	339
13.3.7	Zubní náhrady	339
13.3.8	Injekční pumpy	340
13.3.8.1	Injekční pumpy pro všeobecné použití	340
13.3.8.2	Trombolytická pumpa	341
13.3.8.3	Inzulínové pumpy	341
14.	Matematické minimum	343
14.1	Funkce, její vyjádření a vlastnosti	343
14.2	Derivace funkce a její význam	347
14.3	Integrál funkce a jeho význam	353
14.4	Nejjednodušší diferenciální rovnice a jejich řešení	355
14.5	Elementy vektorového počtu	357
Rejstřík	363	
Appendix I -	Veličiny a jejich jednotky, významné konstanty	377
Appendix II -	Použitá a doporučená literatura (výběr)	380