

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	25
1. ΚΛΑΣΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΣ, ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ	27
1.1. Ιονίζουσες ακτινοβολίες	29
1.2. Στοιχεία Μηχανικής – Μονάδες	29
1.3. Θεωρία σχετικότητας	30
1.4. Σωματιδιακή φύση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	31
1.5. Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	32
1.6. Αρχή της αβεβαιότητας	32
2. ΔΟΜΗ ΑΤΟΜΟΥ	33
2.1. Ατομικό πρότυπο Rutherford	35
2.2. Φάσματα ατόμων	35
2.3. Ατομικό πρότυπο Bohr	36
2.4. Διέγερση και ιονισμός	37
2.5. Παράμετροι του προτύπου Bohr	37
2.6. Επέκταση – συμπλήρωση του ατομικού προτύπου Bohr	38
2.7. Άτομα με πολλά ηλεκτρόνια	39
2.8. Κβαντομηχανική θεώρηση του ατόμου	39
2.9. Parity	40
3. ΔΟΜΗ ΠΥΡΗΝΟΣ ΑΤΟΜΟΥ	41
3.1. Γενικά	43
3.2. Έλλειμμα μάζας και ενέργεια συνδέσεως	43
3.3. Πυρηνικές δυνάμεις	44
3.4. Κβαντικοί αριθμοί των νουκλεονίων	44
3.5. Spin πυρήνα	45
3.6. Μαγνητική ροπή πυρήνα	45
3.7. Υπόδειγμα πυρήνα	45
3.7.1. Υπόδειγμα γρήρης σταγόνας	45
3.7.2. Υπόδειγμα πυρηνικών φλοιών	46
3.7.3. Σύνθετο ή ενοποιημένο υπόδειγμα	46
3.8. Στοιχειώδη σωματίδια και δυνάμεις	46
4. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ	49
4.1. Γενικά	51
4.2. Μηχανισμοί ραδιενεργών διασπάσεων	51
4.2.1. Νόμοι των ραδιενεργών διασπάσεων και πυρηνικών αντιδράσεων	51
4.2.2. α-διάσπαση	51
4.2.3. β-διάσπαση	52
4.2.4. Εσωτερική μετάπτωση	53

4.2.5. Εσωτερική μετατροπή	53
4.3. Ποσοτική σχέση ραδιενέργειας	53
4.4. Σειρές φυσικών ραδιενεργών νουκλιδίων	54
4.4.1. Μετασηματισμός ραδιενεργών πυρήνων σε σειρά	54
4.4.1.1. Πατρικός πυρήνας με μικρό χρόνο υποδιπλασιασμού ($T_1 < T_2$ ή $\lambda_1 > \lambda_2$)	54
4.4.1.2. Πατρικός πυρήνας με εξαιρετικά μεγάλο χρόνο υποδιπλασιασμού ($T_1 \gg T_2$ ή $\lambda_1 \ll \lambda_2$)	55
4.4.1.3. Πατρικός πυρήνας με απλώς μεγάλο χρόνο υποδιπλασιασμού ($T_1 > T_2$ ή $\lambda_1 < \lambda_2$)	55
5. ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ	57
5.1. Γενικά	59
5.2. Κατηγορίες πυρηνικών αντιδράσεων	59
5.3. Φράγμα δυναμικού πυρήνων	59
5.4. Σύνθετος πυρήνας	60
5.5. Ενεργός διατομή πυρηνικής αντιδράσεως	60
5.6. Γενικά στοιχεία για τα νετρόνια	61
5.6.1. Πηγές νετρονίων (α, n)	61
5.6.2 Πηγές νετρονίων (γ, n)	61
5.7. Παραδείγματα πυρηνικών αντιδράσεων	62
5.7.1. Βομβαρδισμός με φορτισμένα σωματίδια	62
5.7.2. Βομβαρδισμός με νετρόνια	62
5.7.3. Σχάση πυρήνων	62
5.7.4. Σύντηξη πυρήνων	62
5.8. Πυρηνικός αντιδραστήρας	62
6. ΑΚΤΙΝΕΣ X	65
6.1. Γενικά	67
6.2. Λυχνία Coolidge παραγωγής ακτίνων X	67
6.3. Φυσικοί μηχανισμοί παραγωγής ακτίνων X	67
6.3.1. Συνεχές φάσμα	68
6.3.2. Φάσμα χαρακτηριστικής ακτινοβολίας X	68
6.4. Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την εκπομπή της ακτινοβολίας X	68
6.4.1. Υψηλή τάση	68
6.4.2. Υλικό ανόδου	69
6.4.3. Κυματομορφή υψηλής τάσεως	69
6.4.4. Ρεύμα λυχνίας	69
6.4.5. Ηθμός ή φίλτρο	69
7. ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΕΣ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ	71
7.1. Επιταχυντής Cockcroft – Walton και Van De Graaff	73
7.2. Ευθύγραμμος επιταχυντής ηλεκτρονίων	73
7.3. Βητατρόνιο ή Βήτατρο	75
7.4. Κύκλοτρο ή κυκλοτρόνιο	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφ. 1-7	76
8. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ γ, X ΦΩΤΟΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ	79
8.1. Εισαγωγή	81
8.2. Εξασθένηση δέσμης φωτονίων γ ή X	81
8.3. Ενεργός διατομή συγκρούσεως	83

8.4. Μηχανισμοί απορροφήσεως	84
8.4.1. Φωτοηλεκτρική απορρόφηση	84
8.4.2. Δίδυμος γένεση	85
8.4.3. Πυρηνική φωτοδιάσπαση	86
8.5. Μηχανισμοί σκεδάσεως	86
8.5.1. Σκέδαση Rayleigh (σύμφωνος σκέδαση)	86
8.5.2. Σκέδαση Compton (ασύμφωνος σκέδαση)	87
8.6. Ολική απορρόφηση – Συντελεστές μεταφοράς ενέργειας – Ανακεφαλαίωση	89
8.6.1. Ολική απορρόφηση	89
8.6.2. Συντελεστές μεταφοράς ενέργεια	90
8.6.3. Ανακεφαλαίωση	90
9. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΚΑΙ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ	93
9.1. Εισαγωγή – Βασικές έννοιες	95
9.1.1. Ισχύς ανασχέσεως	95
9.2. Απώλεια ενέργειας λόγω συγκρούσεως	96
9.2.1. Ακτίνες δ	97
9.3. Απώλεια ενέργειας λόγω ακτινοβολίας	97
9.4. Σκέδαση Rutherford	97
9.5. Αλληλεπιδράσεις με τον πυρήνα	98
9.6. Εμβέλεια και ενέργεια σωματιδίων εντός της ύλης	98
9.6.1. Ορισμοί	98
9.6.2. Εμβέλεια βαρέων φορτισμένων σωματιδίων	98
9.6.3. Εμβέλεια ηλεκτρονίων	99
9.6.4. Καμπύλη Bragg	99
9.7. Νετρόνια	100
9.8. Εξασθένηση νετρονίων	100
9.8.1. Μικροσκοπική και μακροσκοπική ενεργός διατομή συγκρούσεως	100
9.8.2. Συντονισμός	101
9.8.3. Εξασθένηση μονοενεργειακής δέσμης νετρονίων	101
9.9. Μηχανισμοί αλληλεπιδράσεων νετρονίων ύλης	101
9.9.1. Δυναμική σκέδαση	102
9.9.2. Θεωρικά νετρόνια	102
9.10. Αλληλεπιδράσεις συλλήψεως	103
9.10.1. Σκέδαση εκ συλλήψεως	103
9.10.2. Ραδιενεργός ενσωμάτωση	104
9.10.3. Μη ελαστικές συλλήψεις	104
9.11. Αλληλεπιδράσεις νετρονίων – ιστών	105
9.11.1. Κατανομή της απορροφούμενης ενέργειας εντός του σώματος	105
9.12. Σημασία των νετρονίων στην Ιατρική	106
9.12.1. Ανάλυση με ενεργοποίηση με νετρόνια	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφ. 8-9	107
10. ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ	109
10.1. Εισαγωγή	111
10.2. Πηγές και πεδία ακτινοβολιών	111
10.3. Μεταφορά ενέργειας	112
10.3.1. Ενεργός διατομή	112
10.3.2. Συντελεστές εξασθενήσεως	112
10.3.3. Γραμμικώς μεταφερομένη ενέργεια (LET, linear energy transfer)	112
10.4. Μετατροπή ενέργειας	113

10.4.1	<i>Kerma</i>	113
10.4.2	Σχέση μεταξύ ροής σωματιδίων και <i>Kerma</i>	114
10.4.3	Έκθεση	114
10.4.4	Σχέση μεταξύ εκθέσεως και <i>kerma</i>	114
10.4.5	<i>Cema</i>	115
10.5	Εναπόθεση και απορρόφηση της ενέργειας	115
10.5.1	Εναπόθεση και μεταφορά της ενέργειας	115
10.5.2	Απορρόφηση ενέργειας	115
10.5.2.1	Στοχαστική φύση της εναποτιθεμένης ενέργειας	115
10.5.2.2	Ορισμός απορροφουμένης δόσεως	116
10.6	Ηλεκτρονική ισορροπία – Σχέση μεταξύ <i>Kerma</i> και απορροφουμένης δόσεως	117
10.7	Θεωρίες κοιλότητας	118
10.8	Ανιχνευτής ακτινοβολίας – Γενική θεώρηση	118
11.	ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ	121
11.1.	Ανιχνευτές ιοντιζουσών ακτινοβολιών με αέριο	121
11.1.1.	Αρχή λειτουργίας	121
11.1.2.	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου ανιχνευτή με αέριο	121
11.1.3.	Μεταβολή του παράγοντα ενισχύσεως με την τάση	124
11.1.4.	Θάλαμοι ιονισμού	125
11.1.5.	Σύστημα μετρήσεως θαλάμου ιονισμού	125
11.1.6.	Μετρητής Geiger-Muller	126
11.1.7.	Αναλογικός απαριθμητής	126
11.2.	Θερμιδόμετρα	126
11.3.	Χημική Δοσιμετρία	127
11.4.	Δοσιμετρία φωταύγειας	127
11.5.	Δοσιμετρία με ανιχνευτές σπινθηρισμών	129
11.5.1.	Υγροί σπινθηριστές	129
11.5.2.	Ανόργανοι κρυσταλλικοί σπινθηριστές	129
11.5.3.	Πλαστικοί σπινθηριστές	128
11.5.4.	Οργανικοί κρύσταλλοι	128
11.5.5.	Σύστημα ανιχνεύσεως με ανιχνευτή σπινθηρισμών	128
11.5.6.	Φωτοπολλαπλασιαστής	128
11.6.	Φασματοσκοπία γ , X με ανιχνευτές σπινθηρισμών	131
11.7.	Δοσιμετρία θερμοφωταύγειας (TLD)	133
11.7.1.	Υλικά TLD	134
11.7.2.	Εφαρμογές της TL Δοσιμετρίας στην Ιατρική	134
11.8.	Δοσιμετρία με ημιαγωγούς	135
11.9.	Δοσιμετρία με φιλμ	136
11.10.	Δοσιμετρία με πηκτές (gel dosimetry)	138
11.11.	Ανιχνευτές νετρονίων	138
11.12.	Δοσίμετρα προσωπικού	139
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφ. 10-11	139
12.	ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗΣ	141
12.1.	Εισαγωγή	143
12.2.	Ακτινογραφία	143
12.2.1.	Ακτινογραφικό μηχάνημα	144
12.2.2.	Ακτινογραφικό φιλμ	145
12.3.	Ψηφιακή ακτινολογία	146
12.4.	Ακτινοσκόπηση	148

12.5. Υπολογιστική Αξονική Τομογραφία	149
12.5.1. Αρχή λειτουργίας του αξονικού τομογράφου	150
12.5.2. Ανακατασκευή και παρουσίαση της εικόνας	151
12.5.3. Ελικοειδής αξονική τομογραφία	151
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	152
13. ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	155
13.1. Γενικά	157
13.2. Ραδιονουκλίδια – Ραδιοφάρμακα	157
13.3. Διαγνωστική Πυρηνική Ιατρική	159
13.3.1. Κατάταξη των διαγνωστικών εξετάσεων	159
13.3.2. Η βιολογική βάση των <i>in vivo</i> εξετάσεων	159
13.4. Επίπεδη γ-Camera	160
13.5. Τομογραφική γ-Camera	161
13.6. Ποζιτρονική Τομογραφία Εκπομπής (Positron Emission Tomography, PET)	163
13.7. Μη απεικονιστικά όργανα της Πυρηνικής Ιατρικής	164
13.7.1. Εξωτερικοί ανιχνευτές για θυρεοειδή και αιματολογικές μετρήσεις	164
13.7.2. Ανιχνευτής τύπου φρέατος	165
13.7.3. Δοσίμετρα και ανιχνευτές περιοχών (<i>area monitors</i>)	165
13.7.4. Ανιχνευτές για διεγχειρητική πυρηνική ιατρική	165
13.8. <i>In vitro</i> διαγνωστικές εξετάσεις	166
13.9. Θεραπευτική Πυρηνική Ιατρική	166
13.10. Εσωτερική Δοσιμετρία	167
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	168
14. ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	169
14.1. Εισαγωγή	171
14.2. Σκοπός της Ακτινοθεραπείας	171
14.3. Μέθοδοι Ακτινοθεραπείας	172
14.4. Πηγές Ακτινοθεραπείας με εξωτερικές δέσμες	172
14.4.1. Γραμμικοί επιταχυντές	172
14.4.2. Μονάδες Co-60	173
14.4.3. Μηχανήματα παραγωγής ακτινοβολίας <i>X</i> χαμηλής ενέργειας	174
14.5. Ακτινοβολήση με εξωτερικές δέσμες φωτονίων	174
14.6. Βασικές παράμετροι ακτινοβολήσεως με δέσμες φωτονίων	175
14.6.1. Γενικά	175
14.6.2. Παράγων Εξόδου (FOF)	175
14.6.3. Επί τοις εκατό δόση βάθους (PDD)	175
14.6.4. Λόγος Ιστών Αέρος (TAR)	176
14.6.5. Νόμος των αντιστρόφων τετραγώνων των αποστάσεων	177
14.6.6. Άλλες παράμετροι ακτινοβολήσεως	177
14.6.7. Γωνιακά φίλτρα	177
14.6.8. Τοξοειδής και περιστροφική θεραπεία	177
14.7. Παραδείγματα Ακτινοθεραπείας	177
14.8. Σύμμορφη Ακτινοθεραπεία	178
14.9. Ακτινοθεραπεία διαμορφωμένης έντασης (IMRT)	179
14.10. Ραδιοχειρουργική (Ακτινοχειρουργική)	180
14.11. Ακτινοθεραπεία με ηλεκτρόνια	180
14.12. Θεραπεία με νετρόνια	181
14.12.1 Θεραπεία με ταχεία νετρόνια	181

14.12.2. Θεραπεία με θερμικά ή επιθερμικά νετρόνια	181
14.13 Ακτινοθεραπεία με πρωτόνια και βαρέα ιόντα	182
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	183
15. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ	185
15.1. Εισαγωγή	187
15.2. Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας – βιολογικής ύλης	187
15.2.1. Φυσικό στάδιο	187
15.2.2. Χημικό στάδιο	188
15.2.3. Βιολογικό στάδιο	188
15.3. Ακτινική βλάβη στο DNA	189
15.4. Ακτινοπροκλητές μεταλλάξεις	189
15.5. Ακτινοπροκλητές χρωματοσωμιακές αλλοιώσεις	190
15.6. Καμπύλες επιβίωσης κυττάρων μετά από ακτινοβολήση	190
15.7. Πρότυπα καμπύλων επιβίωσης	191
15.7.1. Αρχικά βασικά πρότυπα	191
15.7.2. Γραμμικό-Τετραγωνικό (LQ) πρότυπο	193
15.8. Παράγοντες που επιδρούν στο αποτέλεσμα της ακτινοβολήσεως	194
15.8.1 Φυσικοί τροποποιητικοί μηχανισμοί	194
15.8.2. Χημικοί τροποποιητικοί μηχανισμοί	195
15.8.3. Βιολογικοί τροποποιητικοί μηχανισμοί	196
15.8.4. Τελικό αποτέλεσμα της ακτινοβολίας στα κύτταρα	197
15.8.5. Βιολογικοί τροποποιητικοί μηχανισμοί στον άνθρωπο	198
15.9. Ακτινοβολήση ανθρώπου	198
15.9.1. Δεδομένα απο ακτινοβολήση ανθρώπων	198
15.9.2 Κατάταξη ιστών	199
15.9.3. Κατάταξη βιολογικών αποτελεσμάτων στον άνθρωπο	199
15.9.4. Αντίδραση ιστών (καθορισμένα αποτελέσματα)	200
15.9.5. Άμεσα καθορισμένα αποτελέσματα από υψηλές δόσεις	201
15.9.6. Στοχαστικά αποτελέσματα, μηχανισμός ακτινικής καρκινογένεσης	202
15.9.7. Στοχαστικά κληρονομικά αποτελέσματα	203
15.10. Εφαρμογή της Ακτινοβιολογίας στην Ακτινοθεραπεία	204
15.10.1. Γενικά	204
15.10.2. Τοπικός έλεγχος καρκίνου	204
15.10.3. Ακτινοευαίσθησία ανθρώπινων καρκινικών κυττάρων	204
15.10.4. Θεραπευτικός δείκτης	205
15.10.5. Το πρότυπο LQ στην Ακτινοθεραπεία	205
15.10.6. Ιστόγραμμα δόσης-όγκου	206
15.10.7. Υπολογισμός της ισοδύναμου ομοιογενούς δόσης	207
15.10.8. Πρότυπα πρόβλεψης τοπικού ελέγχου καρκίνου και επιπλοκών υγιών ιστών	207
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	208
16. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	209
16.1. Γενικά	211
16.2. Ποσότητες, μονάδες δοσιμετρίας στην Ακτινοπροστασία	211
16.2.1. Απορροφούμενη δόση, D	211
16.2.2. Γραμμικώς μεταφερομένη ενέργεια, LET	211
16.2.3. Σχετική βιολογική δραστικότητα, RBE	211
16.2.4. Παράγων βαρύτητας ακτινοβολίας w_R	211
16.2.5. Ισοδύναμη δόση, $H_{T,R}$	212

16.2.6. Παράγων βαρύτητας ιστού w_T	212
16.2.7. Ενεργός Δόση, E	212
16.2.8. Δεσμευμένη ισοδύναμη δόση ακτινοβολίας	213
16.2.9. Συλλογικό ισοδύναμο δόσεως ακτινοβολίας, S_T	213
16.3. Ακτινοβόληση από φυσικές πηγές	213
16.3.1. Κοσμική ακτινοβολία	213
16.3.2. Ακτινοβολία Γής	214
16.3.3. Εσωτερική ακτινοβόληση (ραδόνιο)	214
16.3.4. Μεταβολή της ακτινοβολήσεως από φυσικές πηγές ακτινοβολίας λόγω επιδράσεως της Τεχνολογίας	215
16.4. Ακτινοβόληση από τεχνητές πηγές	216
16.4.1. Διαγνωστικές ιατρικές εξετάσεις με ακτίνες X	217
16.4.2. Διαγνωστικές εξετάσεις με ραδιοφάρμακα	217
16.4.3. Οδοντιατρικές διαγνωστικές εξετάσεις με ακτίνες X	218
16.4.4. Ακτινοθεραπεία	218
16.4.5. Ανακεφαλαίωση των ενεργών δόσεων λόγω διαγνωστικής χρήσεως των ακτινοβολιών στην Ιατρική	218
16.4.6. Δόσεις οφειλόμενες στις δοκιμές πυρηνικών όπλων στην ατμόσφαιρα	218
16.4.7. Δόσεις οφειλόμενες στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικούς σταθμούς	219
16.4.8. Πυρηνικό ατύχημα Chernobyl	219
16.5. Ακτινοπροστασία	220
16.5.1. Έννοιες Ακτινοπροστασίας	221
16.5.2. Βιολογικές παραδοχές της Ακτινοπροστασίας	221
16.5.3. Καθορισμένα αποτελέσματα ή αντιδράσεις ιστών	221
16.5.4. Στοχαστικά αποτελέσματα (Κίνδυνος καρκινογένεσης, Κίνδυνος κληρονομικών αποτελεσμάτων, Ολικές τιμές συντελεστών εισαγωγής στοχαστικών αποτελεσμάτων, Ακτινοβόληση εμβρύων)	222
16.6. Βασικό σύστημα Ακτινοπροστασίας	224
16.6.1. Περιορισμός δόσης	224
16.6.2. Όρια δόσεων στοχαστικών αποτελεσμάτων	225
16.6.3. Έλεγχος καθορισμένων αποτελεσμάτων ή αντίδρασης ιστών	226
16.7. Ιατρική Έκθεση	226
16.8. Η πρακτική εφαρμογή της Ακτινοπροστασίας	226
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	227
17. ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΕΡΓΟ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ	229
17.1. Διατήρηση της ενέργειας	231
17.2. Έργο σταθερής και μεταβλητής δύναμης	232
17.3. Ενέργεια και ανθρώπινο σώμα	234
17.4. Ισχύς	234
17.5. Θερμότητα και θερμοκρασία	234
17.5.1. Θερμομετρικές κλίμακες	235
17.5.2. Θερμόμετρα	236
17.5.3. Μέτρηση θερμότητας (Θερμιδομετρία)	237
17.5.4. Διάδοση της θερμότητας	238
17.5.5. Εφαρμογή των μηχανισμών διάδοσης θερμότητας στην Θερμορύθμιση	240
17.5.6. Θερμογραφία	241
17.5.7. Θερμοδυναμική	241
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	244

18. ΦΥΣΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ	245
18.1. Εισαγωγή	247
18.2. Σύνθεση και λειτουργία μυών και οστών	247
18.3. Ελαστικότητα και αντοχή των οστών	248
18.4. Ανάλυση των δυνάμεων κατά την στάση και την κίνηση του ανθρώπου	250
18.4.1. Η δύναμη της τριβής	250
18.4.2. Ο ρόλος των μυών	251
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	253
19. ΚΥΜΑΤΙΚΗ	255
19.1. Εισαγωγή	257
19.2. Ελαστικά κύματα	257
19.3. Αρμονική ταλάντωση – Εξίσωση κύματος	257
19.4. Εξαναγκασμένη ταλάντωση–συντονισμός	258
19.5. Ταχύτητα διαδόσεως του κύματος	259
19.6. Ενέργεια και ένταση κύματος	259
19.7. Κυματικά φαινόμενα	260
19.7.1. Ανάκλαση	260
19.7.2. Διάθλαση	261
19.7.3. Περίθλαση	261
19.7.4. Σκέδαση	262
19.7.5. Φαινόμενο Doppler	262
19.8. Σύνθεση κυμάτων	262
19.8.1. Σύνθεση κυμάτων ίδιας συχνότητας. Αρχή της επαλληλίας	263
19.8.2. Σύνθεση κυμάτων διαφορετικής συχνότητας. Διακροτήματα	263
19.9. Ανάλυση περιοδικών συναρτήσεων. Θεώρημα Fourier	264
20. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ	265
20.1. Είδη ήχων	267
20.2. Χαρακτηριστικά ήχων	267
20.2.1. Υποκειμενικά χαρακτηριστικά ήχων	267
20.3. Ένταση του ηχητικού κύματος	268
20.4. Διάδοση ήχου	269
20.5. Κυματικά φαινόμενα του ήχου	269
20.6. Φυσικές αρχές ακοής	271
20.6.1. Περιγραφή του αισθητηρίου οργάνου	271
20.6.2. Μετάδοση του ηχητικού κύματος	271
20.6.3. Προστατευτικοί μηχανισμοί	272
20.6.4. Μηχανισμός διάκρισης συχνοτήτων	272
20.6.5. Παραγωγή ηλεκτρικού ερεθίσματος	273
20.7. Βιολογικά αποτελέσματα ήχων	273
20.7.1. Οργανικές επιδράσεις του ήχου	274
20.7.2. Ψυχολογικές επιδράσεις	274
20.8. Μετρήσεις ήχου – ηχοπροστασία	274
20.8.1. Ηχώμετρο	274
20.8.2. Ρυθμίσεις ηχοπροστασίας	274
21. ΥΠΕΡΗΧΟΙ	277
21.1. Παραγωγή και ανίχνευση υπερήχων	279
21.2. Διάδοση υπερήχων	279
21.3. Διαγνωστικές εφαρμογές των υπερήχων	280

21.3.1. Τεχνικές εκπομπής υπερήχων κατά παλμούς (<i>pulse-echo</i>)	280
21.3.2. Τεχνικές <i>Doppler</i>	283
21.4. Μηχανισμοί αλληλοεπιδράσεων υπερήχων – ιστών	285
21.4.1. Θερμικός μηχανισμός	286
21.4.2. Μηχανικοί (μη θερμικοί μηχανισμοί)	286
21.5. Βιολογικά αποτελέσματα υπερήχων	287
21.6. Προστασία κατά τις διαγνωστικές εφαρμογές	287
21.7. Άλλες χρήσεις υπερήχων	288
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφαλαίων 19-21	288
22. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ	289
22.1. Εισαγωγή	291
22.2. Ανάκλαση	291
22.3. Διάχυση ή σκέδαση	291
22.4. Διάθλαση	292
22.5. Οι φακοί	292
22.6. Σφάλματα φακών	293
22.6.1. Σφαιρικό σφάλμα	293
22.6.2. Κόμη	294
22.6.3. Αστιγματισμός	294
22.6.4. Καμπύλωση του πεδίου	294
22.6.5. Παραμόρφωση του πεδίου	294
22.6.6. Χρωματικό σφάλμα	294
22.7. Διόρθωση των σφαλμάτων	295
22.8. Οπτικές ίνες	295
22.8.1. Σύμφωνες και ασύμφωνες δέσμες	296
22.8.2. Απόδοση και διακριτική ικανότητα	296
22.8.3. Ενδοσκόπιο οπτικών ινιδίων	296
22.9. Πόλωση	297
22.10. Οπτικά ενεργοί ουσίες	298
22.11. Το αισθητήριο της οράσεως	298
22.12. Μικροσκόπια	300
22.12.1. Κοινό ή σύνθετο οπτικό μικροσκόπιο	300
22.12.2. Άλλα είδη οπτικών μικροσκοπίων	301
22.12.3. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο	302
22.13. Μεγέθυνση οπτικών συστημάτων	304
22.14. Διακριτική ικανότητα οπτικών συστημάτων	304
23. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ LASER	307
23.1. Εισαγωγή	309
23.2. Συσκευές παραγωγής ακτινοβολίας laser	310
23.2.1. Το ενεργό υλικό	310
23.2.2. Πηγές ενεργείας (<i>Αντλίες</i>)	310
23.2.3. Οπτικές κοιλότητες	310
23.2.4. Τρόποι λειτουργίας των συσκευών laser	311
23.2.5. Μεταφορά της ακτινοβολίας laser	311
23.3. Είδη συσκευών laser	311
23.4. Laser ρουμπινίου ($\text{Cr}_3+:\text{Al}_2\text{O}_3$)	313
23.5. Laser Νεοδυμίου (Nd)	313
23.6. Laser Αλεξανδρίτη ($\text{Cr}_3+:\text{BeAl}_2\text{O}_4$)	314

23.7. Laser τιτανίου-σαπφείρου ($Ti_3+ :Al_2O_3$)	314
23.8. Laser He-Ne	314
23.9. Laser CO_2 (διοξειδίου του άνθρακος)	315
23.10. Laser ιόντων Ag και Kr (Αργού και Κρυπτού)	316
23.11. Μεταφορά ενέργειας στους ιστούς	316
23.12. Βλαπτικές επιδράσεις της ακτινοβολίας laser	317
23.12.1. Μηχανισμοί προκλήσεως βλαβών	317
23.12.2. Φωτοθερμικές αλληλεπιδράσεις	318
23.12.3. Φωτομηχανικές αλληλεπιδράσεις	318
23.12.4. Φωτοχημικές αλληλεπιδράσεις	318
23.12.5. Φωτοαφαιρετικές αλληλεπιδράσεις	318
23.13. Κίνδυνος από βαθύ κυανούν φως (blue light hazard)	318
23.14. Βιολογικά αποτελέσματα	318
23.15. Μέγιστη Επιτρεπτή Έκθεση	320
23.16. Τάξεις συσκευών laser	321
23.17. Εφαρμογές της ακτινοβολίας laser στην Ιατρική	323
23.18. Οπτική απεικόνιση	324
23.19. Προστασία κατά την χρήση της ακτινοβολίας laser	325
23.20. Δείκτες laser	326
23.21. Περιοχές του φάσματος της Η/Μ και τα αντίστοιχα μήκη κύματος	327
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφαλαίων 22-23	327
24. ΒΑΣΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ.	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	329
24.1. Εισαγωγή	331
24.2. Το αίμα	331
24.3. Το κυκλοφορικό σύστημα	331
24.4. Η καρδιά	332
24.5. Τάση – Πίεση	332
24.6. Ιξώδες	334
24.7. Παράγοντες μεταβολής του ιξώδους του αίματος	334
24.8. Επίδραση των ερυθρών αιμοσφαιρίων στο ιξώδες	335
24.9. Υδροστατική πίεση – Νόμος Pascal	336
24.10. Σταθερή ροή – Νόμος Poiseuille	337
24.11. Στροβιλώδης ροή	338
24.12. Αντίσταση αγγείου	339
24.13. Υδραυλικές ενέργειες	340
24.13.1. Ενέργεια πίεσεως	340
24.13.2. Κινητική ενέργεια	340
24.13.3. Ενέργεια βαρύτητας	341
24.13.4. Ολική υδραυλική ενέργεια	341
24.13.5. Αρτηριακή πίεση (πίεση αίματος)	341
24.14. Έργο της καρδιάς	342
24.15. Νόμος Bernoulli	343
24.16. Η ροή αίματος στα τριχοειδή	344
24.17. Αδρανειακή ή ενεργός μάζα	344
24.18. Ροή κατά παλμούς ή ταλαντούμενη	344
24.19. Στοιχεία Μηχανικής των αγγείων	345
24.19.1. Εισαγωγικές έννοιες Μηχανικής των στερεών	345
24.19.2. Ελαστομέτρημα	347

24.19.3. Ιδιότητες των τοιχωμάτων των αγγείων – Νόμος Laplace	347
24.19.4. Μοντέλα του τοιχώματος των αγγείων – Ευενδοτότητα	349
24.20. Μέθοδοι μέτρησης της αιματικής ροής	350
24.20.1. Ηλεκτρομαγνητικά ροόμετρα	350
24.20.2. Μέθοδοι με την χρήση υπερήχων	350
24.20.3. Τεχνικές ηλεκτρικής αντίστασης	351
24.20.4. Τεχνικές με την χρήση ιχνηθετών	351
24.20.5. Μέτρηση με την χρήση MRI	352
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	352
25. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΟΥΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ	353
25.1. Εισαγωγή	355
25.2. Στοιχεία Ανατομικής και Φυσιολογίας	355
25.3. Ουροδόχος κύστη	356
25.3.1. Φάση πληρώσεως	357
25.3.2. Φάση εκκενώσεως	358
25.4. Η ουρήθρα	361
25.4.1. Θεωρητικός προσδιορισμός της ροής	361
25.4.2. Παθητική αντίσταση ουρήθρας	362
25.5. Η διούρηση συνολικά	363
25.6. Μετρήσεις στην Ουροδυναμική	364
25.6.1 Ουροροομέτρηση	364
25.6.2 Κυστομετρία	364
25.6.3 Περιπατητική ουροδυναμική	364
25.6.4. Μελέτες λειτουργικότητας ουρήθρας	365
25.6.5. Βιντεοουροδυναμική (VUDS)	365
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	365
26. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΛΗΣ ΜΕΣΩ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΤΟΙΧΩΜΑΤΩΝ.	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ	367
26.1. Εισαγωγή	369
26.2. Η μεμβράνη του κυττάρου	369
26.2.1. Διαπερατότητα κυτταρικής μεμβράνης	370
26.2.2. Μηχανισμοί μεταφοράς ύλης μέσω της κυτταρικής μεμβράνης	370
26.3. Κίνηση Brown	371
26.4. Διάχυση μη φορτισμένων σωματιδίων	372
26.4.1 Εξίσωση συνεχείας	372
26.4.2 Νόμοι του Fick	372
26.4.3. Ροή μη ηλεκτρολύτου μέσω ομοιογενούς μεμβράνης	373
26.5. Διάχυση ιόντων	374
26.6. Συστήματα διασποράς της ύλης	375
26.6.1. Αδρομερή	375
26.6.2. Κολλοειδή	375
26.6.3. Γενικές ιδιότητες των κολλοειδών	375
26.6.4. Ιδιότητες των κολλοειδών λόγω του φορτίου τους	376
26.6.5. Ηλεκτροκινητικά φαινόμενα των κολλοειδών	376
26.7. Κολλοειδείς ηλεκτρολύτες και ισορροπία Donnan	376
26.8. Προσορόφηση και εφαρμογές της	377
26.9. Εφαρμογές των κολλοειδών στις βιολογικές επιστήμες	377
26.10. Μοριακά διαλύματα	377

26.10.1. Το ύδωρ ως διαλύτης – Τάση των ατμών	378
26.10.2. Διαλύματα αερίων σε υγρά – Νόμος του Henry	378
26.11. Ωσμωτικές ιδιότητες διαλυμάτων	378
26.11.1. Ελάττωση της τάσεως των ατμών	378
26.11.2. Ανύψωση του σημείου ζέσεως	378
26.11.3. Ταπείνωση του σημείου πήξεως	379
26.12. Ώσμωση και βιολογική σημασία της	379
26.13. Μεταφορά ύλης μέσω των πόρων των μεμβρανών	380
26.14. Παραδείγματα εφαρμογών	381
26.14.1. Μεταφορά μέσω τριχοειδών αγγείων	381
26.14.2. Διήθηση μέσω νεφρικών σπειραμάτων	381
26.14.3. Αιμοδιύλιση (Τεχνητός νεφρός)	382
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	383
27. ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	385
27.1. Εισαγωγή	387
27.2. Ιδανικά αέρια	387
27.3. Νόμοι των ιδανικών αερίων	388
27.3.1. Νόμος των Boyle-Mariotte	388
27.3.2. Νόμος του Charles	388
27.3.3. Νόμος του Gay-Lussac	388
27.3.4. Γενικός νόμος	388
27.3.5. Νόμος του Avogadro	388
27.3.6. Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων	389
27.3.7. Νόμος του Dalton των μερικών πιέσεων	389
27.4. Πυκνότητα	389
27.5. Διάχυση των αερίων – Νόμος του Graham	389
27.6. Κινητική θεωρία των αερίων	389
27.7. Θερμοκρασία ιδανικού αερίου	390
27.8. Πραγματικά αέρια	390
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	391
28. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ – ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	393
28.1. Εισαγωγή	395
28.2. Ηλεκτρικό πεδίο	395
28.3. Ηλεκτρική ροή	396
28.4. Ηλεκτρικό δυναμικό	397
28.5. Παραδείγματα πεδίων	397
28.5.1. Ομογενή πεδία – Πυκνωτής	397
28.5.2. Ηλεκτρικά πεδία μέσα στους αγωγούς	399
28.6. Ηλεκτρικά δίπολα	399
28.6.1. Ηλεκτρικό δίπολο εντός ομογενούς πεδίου	399
28.6.2. Ηλεκτρικό δίπολο εντός ανομοιογενούς ηλεκτρικού πεδίου	400
28.7. Ηλεκτρικά φορτία μέσα σε διηλεκτρικά	400
28.7.1. Πόλωση των διηλεκτρικών	400
28.7.2. Ηλεκτρονική πόλωση	401
28.7.3. Πόλωση μορίων	401
28.8. Διηλεκτρικά μέσα σε πεδία	401
28.9. Φορτία σε ηλεκτρολύτες	402
28.10. Βιολογικά δυναμικά	403

28.10.1. Δυναμικό δράσεως νευρικής ίνας	403
28.10.2. Δυναμικό δράσεως στον καρδιακό μυ	404
28.10.3. Η διαφορά δυναμικού εκτός κυττάρου	404
28.11. Ηλεκτροστατικά πεδία και ζώσα ύλη	406
29. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ – ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ	407
29.1. Γενικά	409
29.2. Νόμος του ΟΗΜ – Γραμμικοί αγωγοί	409
29.2.1. Αντίσταση και θερμοκρασία	410
29.2.2. Υπεραγωγιμότητα	410
29.3. Ηλεκτρικά ρεύματα	411
29.3.1. Πηγές ρεύματος και πηγές τάσης	411
29.4. Επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος	411
29.4.1. Ηλεκτροπληξία	411
29.5. Βιοηλεκτρικά πρότυπα	413
29.6. Δοχείο με αλμυρό νερό	414
29.7. Ηλεκτρικό πρότυπο κυτταρικής μεμβράνης	415
29.8. Διάδοση ηλεκτρικού σήματος σε κυτταρικό ιστό	416
30. ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	417
30.1. Μαγνητική ποσότητα	419
30.2. Μαγνητικό πεδίο	419
30.3. Νόμος Laplace	419
30.3.1. Δύναμη μαγνητικού πεδίου σε κινούμενο φορτίο	419
30.3.2. Δύναμη μαγνητικού πεδίου σε ρευματοφόρο αγωγό	420
30.4. Νόμος Biot-Savart	420
30.5. Μαγνητικό δίπολο – Μαγνητική ροπή – Μαγνήτιση	420
30.6. Μαγνητική ροή	421
30.7. Επίδραση μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου σε κινούμενα φορτισμένα σωματίδια	421
30.8. Εξισώσεις Maxwell	421
30.9. Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή	422
30.9.1. Θεμελιώδης νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής	422
30.9.2. Ρεύματα Foucault ή Eddy	422
30.9.3. Αμοιβαία επαγωγή	423
30.9.4. Αυτεπαγωγή	423
30.10. Μαγνητικές ιδιότητες της ύλης	423
30.10.1. Μαγνητικές ροπές των ηλεκτρονίων και των ατόμων	423
30.10.2. Διαμαγνητισμός	424
30.10.3. Παραμαγνητισμός	424
31. ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ	427
31.1. Γενικά	429
31.2. Δίοδοι Επαφής	430
31.3. Διπολικά Transistors	431
31.4. Ολοκληρωμένα κυκλώματα	432
31.5. Ενισχυτές	432
31.6. Τελεστικός ενισχυτής – Ανάδραση	433
31.7. Κατηγορίες ενισχυτών	435
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Κεφαλαίων 28-31	435

32. ΒΙΟ-ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ	437
32.1. Γενικά	439
32.2. Συστήματα μέτρησης	439
32.2.1. Περιγραφή ενός συστήματος μέτρησης	439
32.2.2. Χαρακτηριστικά των συστημάτων μέτρησης	440
32.3. Μεταλλάκτες	441
32.3.1. Μεταλλάκτες εισόδου	441
32.3.2. Μεταλλάκτες εξόδου	442
32.3.3. Ηλεκτρόδια	443
32.4. Καταγραφή βιοηλεκτρικών δυναμικών	445
32.4.1. Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)	445
32.4.2. Ηλεκτρομυογράφημα (ΗΜΓ/μα)	446
32.4.3. Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ/μα)	446
32.4.4. Ιατρική τηλεμετρία	447
32.4.5. Μέτρηση ροής	448
32.5. Διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές του ηλεκτρικού ρεύματος στον άνθρωπο	448
32.5.1. Μέτρηση αγωγιμότητας νεύρων	448
32.5.2. Διαθερμίες	449
32.5.3. Ηλεκτρικές διεγέρσεις νεύρων και μυών	450
32.5.4. Διάφορες εφαρμογές ηλεκτρικών ερεθισμών	450
32.5.5. Καρδιακοί απινιδιστές	451
32.5.6. Καρδιακοί βηματοδότες	452
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	453
33. ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ – ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	455
33.1. Γενικά	457
33.2. Βασικές Φυσικές έννοιες	457
33.2.1. Μαγνητική ροπή πυρήνων	457
33.2.2. Επίδραση μαγνητικού πεδίου σε πυρήνες	457
33.2.3. Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός πυρήνα	458
33.2.4. Πολλοί πυρήνες εντός μαγνητικού πεδίου	459
33.2.5. Επίδραση RF διεγέρσεως στην μαγνήτιση \vec{M}_0	460
33.3. Αποκατάσταση (Relaxation)	460
33.4. Από το NMR στο MRI	461
33.4.1. Αρχή NMR συνοπτικά	461
33.4.2. Προσδιορισμός θέσεως προέλευσης σήματος FID	462
33.4.3. Βιολογική σημασία των χρόνων T_1 , T_2	462
33.5. Μέτρηση των χρόνων T_1 και T_2	463
33.5.1. Μέτρηση του T_1	463
33.5.2. Μέτρηση του T_2	463
33.6. Σύστημα MRI	464
33.6.1. Μαγνήτης	464
33.6.2. Εκπομπός	464
33.6.3. Δέκτης	465
33.6.4. Σύστημα βαθμίδωσης μαγνητικού πεδίου	465
33.7. Απεικόνιση	465
33.7.1. Γενικά	465
33.7.2. Γραμμική σάρωση	465
33.8. Κλινικές εφαρμογές	466
33.9. Νεώτερες τάσεις στο MRI	466
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	467

34. ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ	469
34.1. Εισαγωγή	471
34.2. Χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	472
34.3. Φάσμα συχνοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	472
34.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά των πεδίων	473
34.5. Ποσοτικός προσδιορισμός της απορροφούμενης ενέργειας	473
34.6. Πειραματικός υπολογισμός της απορροφούμενης δόσης	474
34.7. Βασικοί περιορισμοί – Επίπεδα αναφοράς – Όρια επικινδυνότητας	476
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	477
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Μαθηματικό βοήθημα	479
A.1. Γενικά	481
A.2. Συναρτήσεις	481
<i>A.2.1. Παράγωγοι συναρτήσεων</i>	481
<i>A.2.2. Ολοκληρώματα συναρτήσεων</i>	483
A.3. Συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας	484
A.4. Διανυσματικά μεγέθη	485
<i>A.4.1. Παράσταση των διανυσμάτων</i>	485
<i>A.4.2. Πράξεις επί των διανυσμάτων</i>	486
A.5. Συναρτήσεις σημείων – βαθμωτά και διανυσματικά πεδία	487
<i>A.5.1. Ορισμοί και πράξεις επί των πεδίων</i>	487
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Διάχυση μέσω μεμβρανών	491
B.1. Δεύτερος Νόμος του Fick	493
B.2. Ροή διαλυμένης μη ηλεκτρολυτικής ουσίας μέσω μεμβράνης	493
B.3. Διάχυση ιόντων. Εξίσωση Nernst-Planck	494
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	497