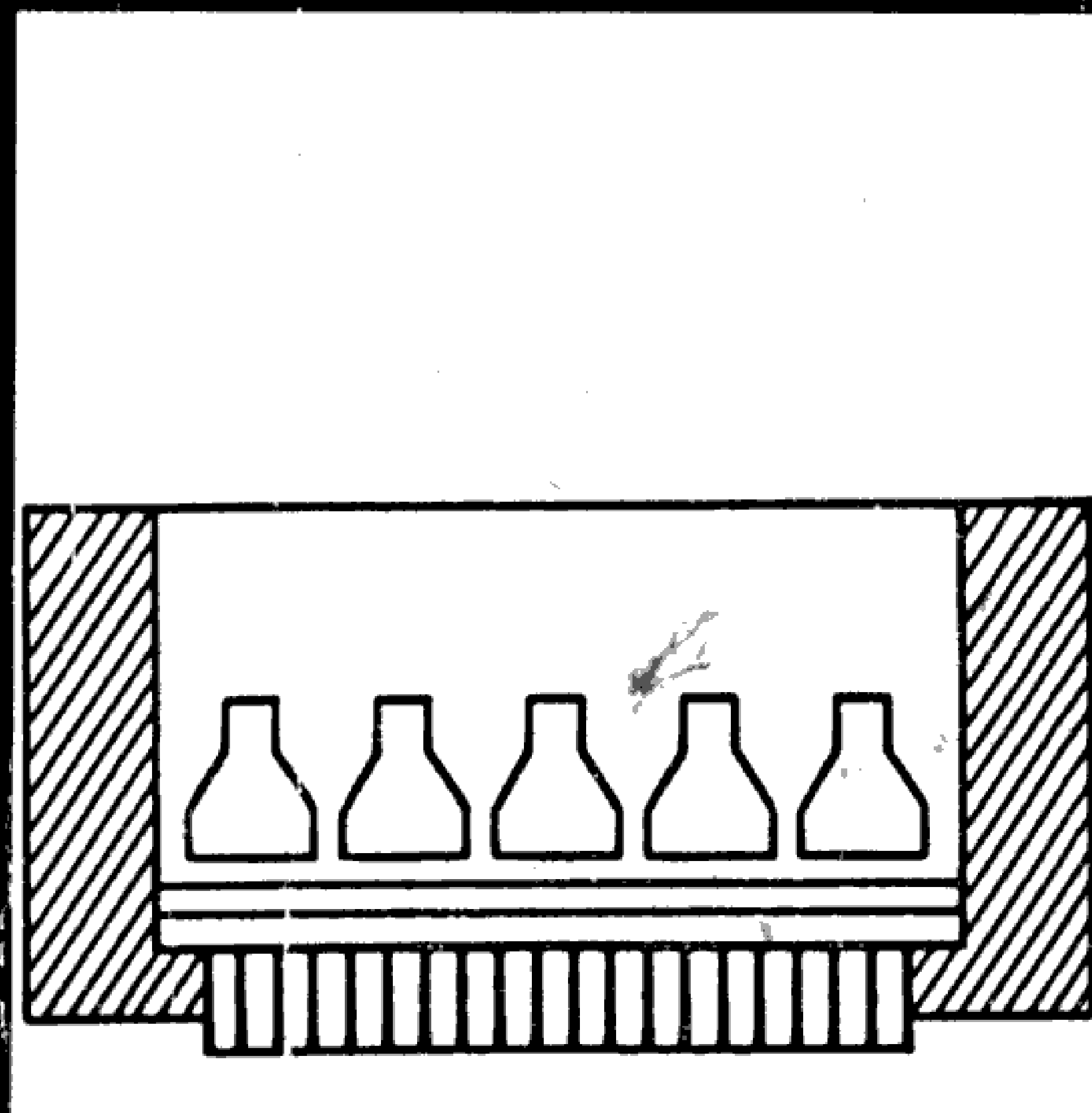
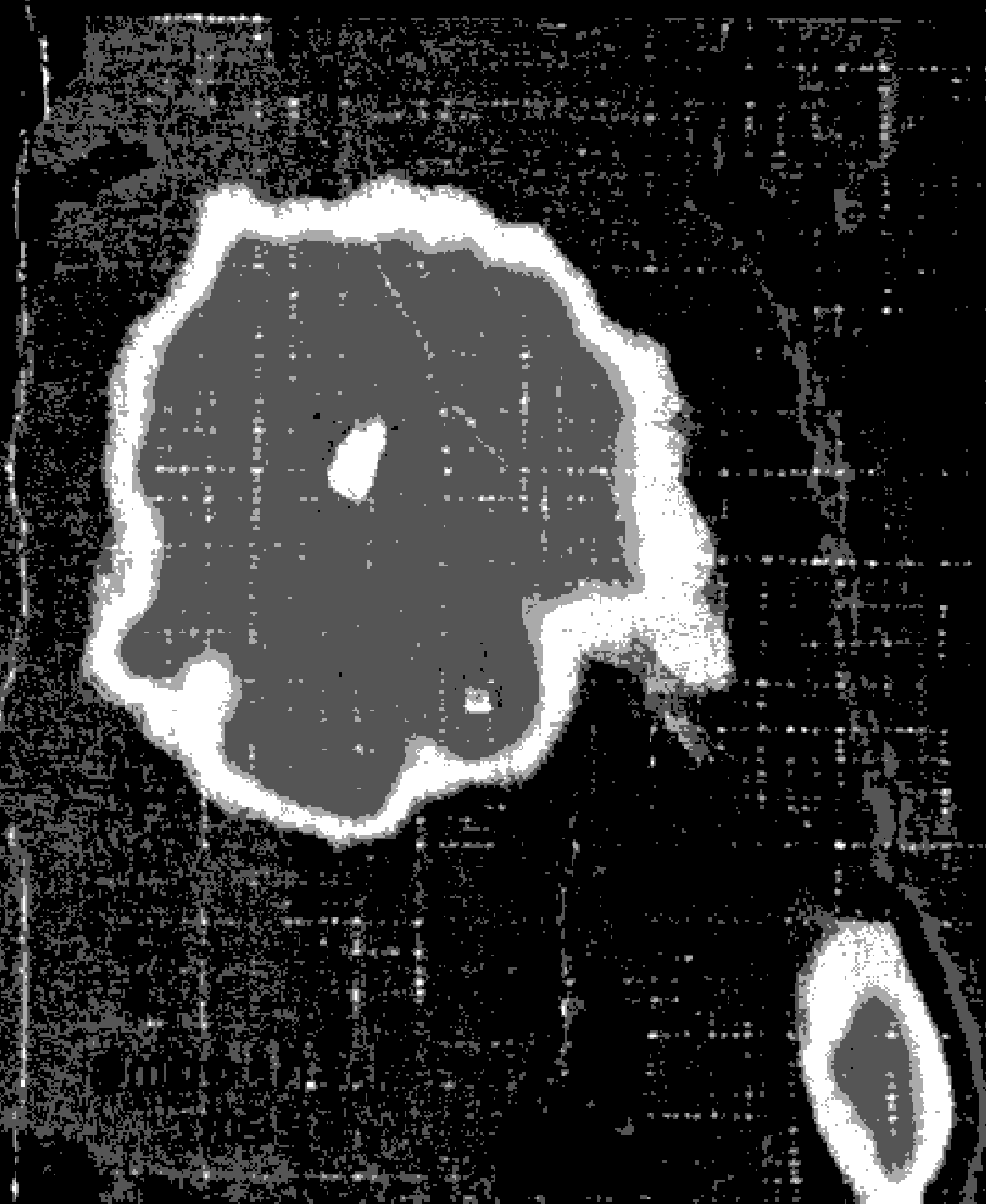


ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΝΔΑΡΑΚΗΣ

ΦΥΣΙΚΕΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΕΛΛΗΝ"

**ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ
ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ**

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
αρ. εισ. 14690

ΓΙΑΝΝΗ ΚΑΝΔΑΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

- ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΕΛΛΗΝ" -

Αθ. Διάκου 30, 121 31 Περιστέρι
τηλ:(01) 57.47.729, 57.42.686, 57.71.908, 57.68.853
FAX:(01) 57.51.438

Κάθε γνήσιο αντίτυπο έχει τη σφραγίδα του εκδότη και την υπογραφή του συγγραφέα



Επιμέλεια έκδοσης: Σωτήρης Λέγγας

© 1994: - Εκδόσεις "ΕΛΛΗΝ" - Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε.
- Γ. Κανδαράκης

ISBN 960 - 286 - 075-8

Απαγορεύεται η ανατύπωση, η μετάφραση, η αντιγραφή μερική ή ολική (φωτοτύπηση, φωτογράφιση, ο τρόπος έκθεσης της περιεχόμενης ύλης), η παρουσίαση και η προβολή του από οποιοδήποτε οπτικοακουστικό μέσον, χωρίς την έγγραφη άδεια εκδότη και συγγραφέα.

"cogito ergo sum"

Καρτέσιος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό βασίσθηκε στα μαθήματα που έχει διδάξει ο συγγραφέας σε σπουδαστές σχετικών ειδικοτήτων. Αποτελεί επίσης μια προσπάθεια να καλυφθεί μικρό μέρος των μεγάλων ελλείψεων της ελληνικής βιβλιογραφίας σε θέματα Ιατρικής Τεχνολογίας και Ιατρικής Φυσικής. Η προσπάθεια αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολη εξαιτίας της πολυμορφίας και ταχύτατης εξέλιξης των προαναφερθέντων τομέων.

Στην αρχή του κειμένου εξετάζονται μερικές από τις βασικές αρχές της Πυρηνικής Φυσικής και της Ακτινοφυσικής (ατομικοί πυρήνες, ραδιενέργεια, αλληλεπιδράσεις ακτινοβολιών και ύλης). Στη συνέχεια αναπτύσσεται η βασική δομή των συστημάτων της Πυρηνικής Ιατρικής (σπινθηριστές, κατευθυντήρες, φωτοπολλαπλασιαστές, ενισχυτικές διατάξεις, αναλυτές ύψους παλμών, μετρητές κ.λπ.). Ακολουθεί περιγραφή των βασικών συστημάτων (γ-κάμερα, γραμμικοί σπινθηρογράφοι, μετρητές ολοκλήρου του σώματος, μετρητές-γ (γ-counters), μετρητές πρόσληψης (uptake)). Περιγράφονται επίσης οι τομογραφικές τεχνικές και τα αντίστοιχα συστήματα (SPECT, PET). Υπάρχουν επίσης περιορισμένης έκτασης κεφάλαια για τον ποιοτικό έλεγχο, τη ραδιοφαρμακολογία, τη δοσιμετρία, την ακτινοπροστασία και τους ανιχνευτές ακτινοβολίας.

Από τη θέση αυτή θέλω να ευχαριστήσω θερμά τους κ.κ. **Δ. Κάβουρα**, ηλεκτρονικό - μηχανικό καθηγητή ΤΕΙ Αθηνών, **Γ. Παναγιωτάκη**, φυσικό - ακτινοφυσικό επίκουρο καθηγητή Πανεπιστημίου Πατρών, **Β. Σπυρόπουλο**, φυσικό Ιατρικής, καθηγητή ΤΕΙ Αθηνών για τις πολύμορφες συμβουλές τους, **Δ. Κοτσοβόλη**, **Θ. Κυπριανίδη**, **Ε. Παπαδοπούλου**, μηχανικούς τεχνολογίας ιατρικών οργάνων, **Π. Σκλαβούνο**, τεχνολόγο ραδιολόγο - ακτινολόγο για την πολύπλευρη βοήθειά τους, **Σ. Χρησίμου** για την υπομονή που έδειξε.

Ι. Κανδαράκης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΙΚΟΥ ΠΥΡΗΝΑ	13
Εισαγωγή	13
Ισότοπα, Ισότονα, Ισοβαρή	14
Ενέργεια σύνδεσης	15
Υποδείγματα συγκρότησης ατομικών πυρήνων	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ	19
Εισαγωγή	19
Το φαινόμενο της ραδιενέργειας	19
Τύποι ραδιενέργειας	20
Γενικός νόμος της ραδιενέργειας	20
Διαδοχικές διασπάσεις - οικογένειες ραδιενεργών στοιχείων	24
Ραδιενεργός ισορροπία	26
Διάσπαση α	30
Διάσπαση β	31
Ακτινοβολία γ	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΥΛΗ	37
Ακτίνες γ	37
Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	38
Φαινόμενο Compton (ανελαστική σκέδαση)	42
Φαινόμενο δίδυμης γένεσης και "εξαύλωσης"	46
Φορτισμένα σωμάτια	47
Σωμάτια α	50
Σωμάτια β	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ	55
Εισαγωγή	55
Μονάδες παραγωγής νετρονίων	57
Μονάδες επιτάχυνσης θετική φορτισμένων σωματίων και παραγωγής ισοτόπων β ⁺	59
Συστήματα για δέσμες φωτονίων	60
Ισοτοπικές γεννήτριες ("αγελάδες")	60
Γενικές ιδιότητες Τεχνητίου	65
Το Θάλιο - 201 και ορισμένα άλλα ισότοπα	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
Η ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ Η ΒΑΣΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΣΠΙΝΘΗΡΙΣΤΕΣ	77
Εισαγωγή	77
Ανόργανοι σπινθηριστές Ιωδιούχου Νατρίου (NaI(Tl))	77
Ενεργειακή γραμμικότητα	82
Ανίχνευση ακτινοβολίας γ με NaI	82
Αποδοτικότητα ανιχνευτών	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΕΣ	89
Εισαγωγή	89
Κατευθυντήρες μίας οπής	94
Εστιασμένοι κατευθυντήρες για γραμμικούς σπινθηρογράφους	95
Κατευθυντήρες πολλαπλών παραλλήλων οπών	100
Απόδειξη του τύπου $R = (d/a) (a+b+c)$	107
Κατευθυντήρας οπής καρφίτσας	108
Συγκλίνοντες κατευθυντήρες για γ-κάμερα	109
Αποκλίνοντες κατευθυντήρες για γ-κάμερα	111
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
ΦΩΤΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΕΣ	113
Γενική Περιγραφή	113
Σχέση του παλμού Φ.Π και της ενέργειας του φωτονίου γ	124
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ	127
Γενικά	127
Γενικά περί ενισχυτών:	135
Προενισχυτής	138
Γραμμικός ενισχυτής	141
Αναλυτές ύψους παλμών	143
Αναλυτές πολλαπλών διαύλων	149
Μετρητές παλμών - χρονόμετρα - ρυθμόμετρα	152
Ηλεκτρική τροφοδοσία	158
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	
ΦΑΣΜΑΤΑ ΑΚΤΙΝΩΝ - γ	159
Μορφή των μετρούμενων φασμάτων ακτίνων γ	159
Δομή φασμάτων ακτίνων γ	164
Ρύθμιση του αναλυτή ύψους παλμών	171
Καταγραφή φάσματος ακτίνων γ	176
Φωτοποσοστό	177
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11	
ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΙΑΣ - ΓΡΑΜΜΙΚΟΙ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΟΙ	179
Εισαγωγή	179
Δομή και λειτουργία γραμμικού σπινθηρογράφου	180
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12	
ΣΤΑΤΙΚΑ Η ΑΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΙΑΣ - (γ-κάμερα)	187
Κάμερα Anger	187
Το ηλεκτρονικό τμήμα της γ-κάμερα	202
Κάμερα πολλαπλών κρυστάλλων	213
Κάμερα με ενισχυτή εικόνας	216
Κάμερα με πολυκαλωδιακό θάλαμο αναλογικού απαριθμητή (μετρητή)	217
Κάμερα με ανιχνευτή ημιαγωγού	218
Κινητή γ-κάμερα	219
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13	
ΜΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	221
Μετρητές ολοκλήρου του σώματος (Whole body counters)	221
Μετρήσεις πρόσληψης (uptake measurements)	225
Μετρητές - γ- για μετρήσεις βιολογικών δειγμάτων in vitro	226
Μετρητές - γ τύπου φρέατος	226
Σχετικές μετρήσεις	228
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14	
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ	233
Γενικά	233
Αντίθεση αντικειμένου (object contrast)	234

Αντίθεση εικόνας (Image contrast)	234
Θόρυβος (noise)	235
Λόγος σήματος προς θόρυβο	238
Χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution)	239
Συνάρτηση γραμμικής διασποράς	244
Συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης	246
Συνάρτηση απόδοσης αντίθεσης	251
Συνάρτηση δείκτη απόδοσης	253
Χωρική παραμόρφωση και γραμμικότητα (spatial distortion and linearity)	255
Ομοιομορφία και ομοιογένεια πεδίου (Field Uniformity)	255
Ευαισθησία ή επίπεδη ευαισθησία (plane sensitivity)	261
Μέγεθος πεδίου (Field size-Field of view-FOV)	264
Νεκρός χρόνος παράλυσης (Paralyzing dead time) και χαρακτηριστικά ρυθμού μετρήσεων (count rate characteristics)	265
Χωρική καταγραφή με πολλαπλά παράθυρα (Multiple window spatial registration)	267
Ενεργειακή διακριτική ικανότητα (Energy resolution)	268
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15	
ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΑ ΙΣΟΤΟΠΑ	269
Γενικά	269
Υπολογιστική τομογραφία εκπομπής μονού φωτονίου (SPECT)	273
Βασικές αρχές ανακατασκευής εικόνας	278
Δειγματοληψία	285
Αναδρομικές μέθοδοι ανακατασκευής εικόνας	286
Οργανολογία SPECT	287
Ποιότητα εικόνας στην τομογραφία SPECT	299
Τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων	312
Συστήματα PET	315
Υλικά ανιχνευτών PET	319
Ποιότητα εικόνας στο PET	320
Γενική συγκρότηση τομογραφικού συστήματος γ - Κάμερα	323
Γενική εικόνα	323
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16	
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ ΣΤΗ ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ	327
Γενικά	327
Δομή ενός υπολογιστικού συστήματος	327
Το υλικό μέρος	328
Το λογισμικό	346
Αναλογικοί ψηφιακοί μετατροπείς - ΑΣΜ (ADC)	356
Αναλογικός ψηφιακός μετατροπέας κλίσης (ράμπας) Wilkinson:	358
Αναλογικός ψηφιακός μετατροπέας διπλής κλίσης (Dual slope):	358
Αναλογικοί - ψηφιακοί μετατροπείς τάσης σε συχνότητα (Voltage to frequency ADC):	358
Ψηφιακοί - αναλογικοί μετατροπείς	361
Σχηματικό διάγραμμα ψηφιακού απεικονιστικού συστήματος	363
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17	
ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ γ - ΚΑΜΕΡΑ	367
Εισαγωγή	367
Μετρήσεις και έλεγχοι	372
Διάφορα άλλα ομοιώματα για γ-κάμερα	381
Ομοιώματα για SPECT/PET	388
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18	
ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ	393
Γενικά	393
Βιολογικός και ενεργός χρόνος υποδιπλασιασμού	394
Βασικά χαρακτηριστικά ραδιοφαρμάκων - κριτήρια επιλογής	395

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19	
ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ	
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ	401
Γενικά	401
Ισοδύναμο δόσης	402
Ιδιαίτερα ζητήματα Πυρηνικής Ιατρικής	403
Ελεγχόμενες περιοχές - επαγγελματική χρήση ακτινοβολιών	404
Μέγιστες επιτρεπτές δόσεις	405
Προβλήματα προστασίας προσωπικού	410
Προβλήματα προστασίας ασθενών	411
Ζητήματα ακτινοπροστασίας στους χώρους του εργαστηρίου	412
Ελληνικοί κανονισμοί ακτινοπροστασίας	414
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20	
ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ	415
Εισαγωγή	415
Η κλασική μέθοδος	416
Η μέθοδος απορροφούμενου ποσοστού	421
Η μέθοδος "S"	424
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21	
ΜΕΡΟΣ Α: ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΙΟΝΙΣΜΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	427
Εισαγωγή	427
Θάλαμος ιονισμού	429
Αναλογικοί απариθμητές	432
Απариθμητές Geiger - Müller (G.M.)	434
Χρονικές παράμετροι σχετικές με τη λειτουργία των ανιχνευτών	438
ΜΕΡΟΣ Β: ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥ	442
Εισαγωγή	442
Ορισμένα χαρακτηριστικά των ανιχνευτών ημιαγωγών	450
Συμπληρωματικά για το μηχανισμό ανίχνευσης στους σπινθηριστές	452
Ανιχνευτές θερμοφωταύγειας	453
ΜΕΡΟΣ Γ: ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ	456
Εισαγωγή	456
Συσκευές προσδιορισμού δόσεων ή μετρητές δόσεων	456
Συσκευές και όργανα ασφαλείας και ακτινοπροστασίας	459
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ FOURIER	465
Ιδιότητες μετασχηματισμού Fourier	466
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ	469
Μέση τιμή	469
Διακύμανση, τυπική απόκλιση	470
Κατανομές	472
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	475

ISBN 960-286-075-8

ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΕΛΛΗΝ"

ΑΘ. ΔΙΑΚΟΥ 30, 12 131 ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ-ΑΘΗΝΑ

ΤΗΛ (01) 5747729 - 5742686 - 5771906 - 5768853 FAX (01) 5751438