

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΕΑΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2024-2025

«ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ»

Π. Παπαγιάννης, Ε. Στυλιάρης

5 Ιουνίου 2025

Να απαντηθούν και τα 4 ισοδύναμα θέματα

Διάρκεια Εξέτασης 3h

ΘΕΜΑ 1^ο

(α) Για φορτισμένο σωματίο ενέργειας E που υπεισέρχεται σε υλικό, τι εκφράζει η ποσότητα $-dE/dx$ και από ποιες παραμέτρους του σωματίου και του υλικού εξαρτάται; Να σχεδιαστεί η τυπική εξέλιξη της ποσότητας $-dE/dx$ συναρτήσει της διαδρομής x (καμπύλη Bragg) και να εξηγηθεί η σημασία της στις ιατρικές εφαρμογές.

(β) Λεπτή δέσμη φορτισμένων σωματιδίων προσπίπτει σε ομογενές υλικό πάχους $D = 2$ cm. Η αλληλεπίδρασή με το υλικό αυτό προσεγγίζεται ικανοποιητικά με την γραμμική ανασχετική ισχύ που δίνεται από τη σχέση:

$$S(E) = -dE/dx = aE^{-1} \text{ (MeV/cm)},$$

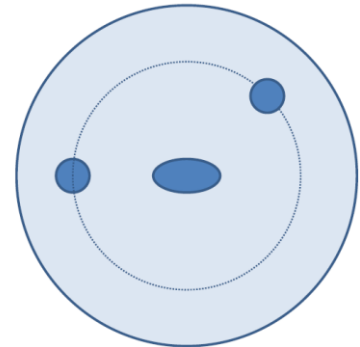
όπου a θετική σταθερά. Εάν είναι γνωστό πως η ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια της δέσμης για να διαπεράσει το πάχος D του υλικού είναι $E_0 = 4$ MeV, να προσδιοριστεί η σταθερά a .

ΘΕΜΑ 2^ο

(α) Μολύβδινος κατευθυντήρας σε συσκευή γ -Camera έχει παράλληλες κυλινδρικές οπές διαμέτρου D και septum $S = D/2$. Εάν ο κατευθυντήρας αυτός αντικατασταθεί με άλλον, ιδίου πάχους αλλά με τετραγωνικές οπές πλευάς D , πόσο πρέπει τότε να γίνει το septum ώστε να παρουσιάζει ιδανικά την ίδια γεωμετρική διαπερατότητα;

(β) Σε ποζιτρονικό τομογράφο PET, ο κυκλικός ανιχνευτικός δακτύλιος αποτελείται από 48 τμήματα (σε κυκλικούς τομείς των 7.5°) και οι οποίοι είναι αριθμημένοι από το 1 έως το 48. Καταγράφεται ένα γεγονός σε ταυτοχρονισμό με τρία φωτόνια στα τμήματα $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3) = (5, 12, 30)$ όπου οι αντίστοιχες ενέργειες είναι $(E_1, E_2, E_3) = (521, 350, 506)$ keV. Μπορεί να αξιοποιηθεί το γεγονός αυτό ως εξαύλωση ποζιτρονίου και ποιά η πιθανότερη κατεύθυνση της ευθείας απόκρισης (Line of Response);

(γ) Να αποδοθεί το αναμενόμενο ημιτονόγραμμα (sinogram) σε τομογραφία εκπομπής για γωνίες $0^\circ < \phi < 360^\circ$ του ομοιώματος που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα, εάν υποθεθεί πως οι σκιασμένες περιοχές αποτελούν ομοιόμορφη κατανομή ραδιοφαρμάκου.



ΘΕΜΑ 3^ο

(α) Ποιο είναι το **δυσμενέστερο** σενάριο έκθεσης σε ιοντίζουσα ακτινοβολία από απόψεως βιολογικού αποτελέσματος σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις (όσες παράμετροι της έκθεσης δεν αναφέρονται είναι οι ίδιες σε κάθε περίπτωση):

- (1) 2 Gy στο δέρμα από φωτόνια ή 2 Gy στο δέρμα από σωματία α;
- (2) 1,5 Sv στο δέρμα από φωτόνια ή 1 Sv στο δέρμα από σωματία α;
- (3) 4 Sv εφάπαξ ή σε 4 ίσα κλάσματα;
- (4) 1 Gy σε κύτταρα στη φάση της σύνθεσης ή στη φάση της μίτωσης;
- (5) 4 Gy σε βλαστικά κύτταρα της επιδερμίδας ή σε νευρικά κύτταρα;
- (6) 0,02 Sv σε άτομο ηλικίας 10 ετών ή 30 ετών;
- (7) 0,1 Sv σε άνδρα ή γυναίκα;

(β) Αναφέρατε τρεις διαφορές μεταξύ καθορισμένων και στοχαστικών βιολογικών αποτελεσμάτων της ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

(γ) Ποιες είναι οι τρεις αρχές του διεθνούς συστήματος ακτινοπροστασίας και ποια από αυτές ΔΕΝ εφαρμόζεται στους εξεταζόμενους σε διαγνωστικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία;

(δ) Είναι επιθυμητό ένα πειραματικό δοσιμετρικό σύστημα να χαρακτηρίζεται από **υψηλή** ευαισθησία, S, η οποία ορίζεται ως ο λόγος μετρήσιμου σήματος προς απορροφούμενη δόση; Γιατί;

ΘΕΜΑ 4^ο

Σημειακή πηγή ^{60}Co χρησιμοποιείται για να διαμορφωθεί παράλληλη δέσμη φωτονίων διαστάσεων $5 \times 5 \text{ cm}^2$ που προσπίπτει σε ομοίωμα νερού. Μέγιστη δόση ίση με 1 Gy καταγράφεται σε βάθος νερού ίσο με 0.5 cm.

(α) Εξηγήστε εν συντομία γιατί η δόση δεν είναι μέγιστη στην επιφάνεια του ομοιώματος.

(β) Υπολογίστε το ποσοστό των φωτονίων που αλληλεπιδρά εντός 0.5 cm από την επιφάνεια του ομοιώματος, τόσο συνολικά, όσο και με σκέδαση Compton.

(γ) Εκτιμήστε τον αριθμό των φωτονίων που προσέπεσαν στην επιφάνεια του ομοιώματος βάσει της μέγιστης δόσης.

(δ) Σχολιάστε την ακρίβεια του αποτελέσματός σας στο προηγούμενο ερώτημα.

Το ^{60}Co εκπέμπει ένα φωτόνιο ενέργειας 1.173 MeV και ένα φωτόνιο ενέργειας 1.332 MeV ανά διάσπαση. Δίνονται: $e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ και οι κάτωθι συντελεστές για το νερό.

E (MeV)	μ_{ph}/ρ (cm^2/g)	μ_{coh}/ρ (cm^2/g)	μ_{incoh}/ρ (cm^2/g)	$\mu_{\text{p.p.}}/\rho$ (cm^2/g)	μ/ρ (cm^2/g)	μ_{en}/ρ (cm^2/g)
1.173	2.63×10^{-6}	4.09×10^{-5}	6.52×10^{-2}	6.20×10^{-6}	6.525×10^{-2}	3.01×10^{-2}
1.332	2.08×10^{-6}	3.17×10^{-5}	6.11×10^{-2}	3.73×10^{-5}	6.117×10^{-2}	2.92×10^{-2}

(ph: φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, coh: σύμφωνη σκέδαση, incoh: σκέδαση Compton, pp: δίδυμη γένεση)