

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΕΑΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2023-2024

«ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ»

Π. Παπαγιάννης, Ε. Στυλιάρης

1 Ιουλίου 2024

Να απαντηθούν και τα 4 ισοδύναμα θέματα

Διάρκεια Εξέτασης 3h

ΘΕΜΑ 1^ο

(α) Στενή δέσμη ακτινοβολίας φωτονίων ενέργειας E_0 προσπίπτει κάθετα σε στόχο και σκεδάζεται. Σε ποιά γωνία θ η ενέργεια των σκεδαζόμενων φωτονίων ελαττώνεται στο μισό της αρχικής; Τι είδους κινηματικοί περιορισμοί υπεισέρχονται στην επίλυση του προβλήματος αυτού;

Η κατά Compton ενέργεια σκεδαζόμενου φωτονίου σε γωνία θ δίνεται από τη σχέση:

$$E(\theta) = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_e c^2} (1 - \cos\theta)}$$

(β) Η αλληλεπίδραση φορτισμένου σωματιδίου με ομογενές υλικό πάχους D προσεγγίζεται ικανοποιητικά από τη σχέση της γραμμικής ανασχετικής ισχύος

$$S(E) = -\frac{dE}{dx} = a E^{-b} \quad (a > 0, b > 0)$$

όταν η ενέργεια E μετράται σε MeV και η διαδρομή x σε cm. Όταν η αρχική ενέργεια είναι E_0 το φορτισμένο σωματίδιο σταματά σε βάθος $D/4$, ενώ όταν αυτή διπλασιαστεί ($2E_0$), τότε αυτό οριακά διαπερνά το υλικό. Να υπολογιστεί ο εκθέτης b της παραπάνω σχέσης.

ΘΕΜΑ 2^ο

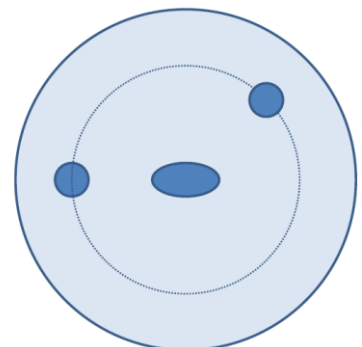
(α) Πώς προσδιορίζεται η θέση προσπίπτοντος φωτονίου σε σύστημα γ-Camera με την μέθοδο Anger (κέντρου βάρους); Εάν η ένταση του μετρούμενου σήματος σε N διακριτοποιημένα σημεία κατά συγκεκριμένο άξονα δίνεται από τη σχέση

$$Q_i = Q_0 / i, \quad i \in \{1, 2, 3, \dots, N\} \quad Q_0: \text{σταθερά.}$$

Ποια η θέση του φωτονίου στην κατεύθυνση αυτή για $N = 6$;

(β) Να εξετάσετε εάν μπορεί να αξιοποιηθεί το παρακάτω γεγονός εξαΰλωσης ποζιτρονίου σε τομογράφο PET, ο κυκλικός ανιχνευτικός δακτύλιος του οποίου αποτελείται από 36 τμήματα (κυκλικοί τομείς 10°): Τρία φωτόνια σε ταυτοχρονισμό στα τμήματα $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3) = (5, 14, 33)$ όπου οι αντίστοιχες ενέργειες είναι $(E_1, E_2, E_3) = (210, 510, 520)$ keV. 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) Ποιες προϋποθέσεις πρέπει να εκπληρώνονται για να υφίστανται συνθήκες ηλεκτρονιακής ισορροπίας (charged particle equilibrium-CPE) σε ένα όγκο υλικού V; Ακόμα και υπό αυτές τις προϋποθέσεις, σε ποια σημεία του V θα ισχύουν συνθήκες CPE;
- (β) Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η δια βίου πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου λόγω έκθεσης σε ιοντίζουσα ακτινοβολία;
- (γ) Σχεδιάστε την πιθανότητα εμφάνισης συναρτήσει της δόσης τόσο για τα καθορισμένα όσο και για τα στοχαστικά βιολογικά αποτελέσματα της έκθεσης σε ιοντίζουσα ακτινοβολία. Πως μας προφυλάσσουν τα όρια δόσης που τίθενται από τη νομοθεσία από τα παραπάνω βιολογικά αποτελέσματα;
- (δ) Ένα τυπικό σχήμα ακτινοθεραπείας καρκίνου του δέρματος ($\alpha/\beta = 10$) περιλαμβάνει τη χορήγηση $n_1 = 23$ κλασμάτων δόσης $d_1 = 2,5$ Gy. Αν το κλάσμα επιβίωσης, S, των καρκινικών κυττάρων περιγράφεται από το γραμμικό-τετραγωνικό μοντέλο: $S = \exp(-\alpha d - \beta d^2)$, υπολογίστε τον αριθμό κλασμάτων, n_2 , δόσης $d_2 = 3$ Gy για την επίτευξη του ίδιου θεραπευτικού αποτελέσματος από απόψεως βιολογικά ενεργού δόσης: $BED = -\ln S / \alpha$. Ποιους παράγοντες δεν λαμβάνει υπόψη ο παραπάνω υπολογισμός;
-

ΘΕΜΑ 4^ο

Λεπτή παράλληλη δέσμη 10^6 φωτονίων ενέργειας $E=100$ keV προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια απορροφητή άνθρακα (εμβαδού σημαντικά μεγαλύτερου από την διατομή της δέσμης) πάχους $4,5$ g/cm².

- (α) Υπολογίστε τον αριθμό αλληλεπιδράσεων, για κάθε είδος αλληλεπίδρασης (coh: σύμφωνη σκέδαση, incoh: σκέδαση Compton, photo: φωτοηλεκτρικό φαινόμενο).
- (β) Υπολογίστε την ενέργεια που θα μετατραπεί σε κινητική ενέργεια φορτισμένων σωματιδίων, για κάθε είδος αλληλεπίδρασης.
- (γ) Αποτελεί το σύνολο της ενέργειας που υπολογίσατε στο ερώτημα (β) ικανοποιητική προσέγγιση της δόσης στον απορροφητή; Δικαιολογήστε εν συντομία την απάντησή σας.

Δίνονται: $\sigma_{coh} = 0,072 \times 10^{-24}$ cm²/atom, $\sigma_{incoh} = 2,924 \times 10^{-24}$ cm²/atom, $\sigma_{photo} = 0,0176 \times 10^{-24}$ cm²/atom, $\mu/\rho = 0,1512$ cm²/g, $\mu_{tr}/\rho = 0,0213$ cm²/g.