

ΚΑΤΑΤΑΚΤΗΡΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2021-2022

Τρίτη 12 Δεκεμβρίου 2022

Εξεταζόμενο Μάθημα: Ιατρική Φυσική

Α) Ορίστε το φαινόμενο της σκέδασης υπερήχων και εξηγήστε από ποιες παραμέτρους εξαρτάται. Ποια συχνότητα υπερήχων θα χρησιμοποιούσατε για να απεικονίσετε τις αρτηρίες των καρωτίδων οποίες βρίσκονται σχετικά επιφανειακά με την καλύτερη δυνατή διακριτική ικανότητα και γιατί. Ποια συχνότητα θα επιλέξετε μεταξύ 1 και 10 MHz;

Β) Ποιο είδος ραδιενεργού διάσπασης είναι πιθανό για νουκλίδια με πλεόνασμα νετρονίων. Δώστε πιθανή εξίσωση της διάσπασης αυτής για τη μεταστοιχείωση του $^{137}_{55}\text{Cs}$ σε Ba. Το φορτισμένο σωματίδιο που παράγεται, τι φάσμα ενεργειών έχει, γραμμικό ή συνεχές;

Γ) Τι είναι το δυναμικό δράσης ενός νευρώνα; Περιγράψτε τον μηχανισμό διάδοσης του κατά μήκος του άξονα του νευρώνα. Από ποια χαρακτηριστικά του νευρώνα επηρεάζεται η ταχύτητα διάδοσης του;

Ενδεικτικές Απαντήσεις:

Α) Με τον όρο σκέδαση εννοούμε το σύνολο των πολλαπλών ανακλάσεων και διαθλάσεων του ηχητικού κύματος προς όλες τις κατευθύνσεις εξαιτίας των μικρών ατελειών είτε του μέσου (ανομοιογένεια) είτε της διεπαφής (τραχύτητα επιφάνειας).

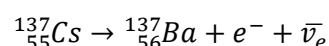
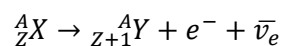
Σκέδαση προκαλείται από ατέλειες, διαστάσεων παραπλήσιων με το μήκος κύματος του ήχου, αφού το φαινόμενο αυτό συμβαίνει όταν ο ήχος προσπέσει σε εμπόδια διαστάσεων παραπλήσιων του μήκους κύματος.

Έτσι, ήχοι χαμηλών συχνοτήτων (μεγάλα μήκη κύματος) επηρεάζονται μόνο από χονδροειδείς ατέλειες, ενώ αντίθετα ήχοι υψηλών συχνοτήτων (άρα με μικρά μήκη κύματος) υφίστανται μεγαλύτερη σκέδαση καθώς επηρεάζονται ακόμα και από μικροατέλειες. Εκτός από τη συχνότητα, το μέγεθος της σκέδασης εξαρτάται και από τον βαθμό των ατελειών, το μέσο μέγεθός τους και τη διαφορά στην εμπέδηση μεταξύ αυτών και του μέσου που τα περιβάλλει.

Οι απεικονιστικές εφαρμογές των υπερήχων βασίζονται στο φαινόμενο της ανάκλασης. Το μέγεθος ενός αντικειμένου που είναι ικανό να ανακλά τον ήχο εξαρτάται από το μήκος κύματος, δηλαδή τη συχνότητα του ηχητικού κύματος. Γενικά, οι μικρότερες δομές είναι πιο ευδιάκριτες όταν χρησιμοποιούνται μικρά λ και άρα υψηλότερες f . Ωστόσο, αυτό δε σημαίνει ότι θα πρέπει να γίνεται αυθαίρετη χρήση υπερήχων μικρού λ για να επιτευχθεί απεικόνιση λεπτομερειών, γιατί οι υπέρηχοι μικρού λ έχουν μεγάλες συχνότητες και επομένως θα απορροφηθούν πριν φτάσουν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Άρα το βάθος που μπορεί να διεισδύσουν οι υπέρηχοι και να πραγματοποιηθεί η απεικόνιση μειώνεται σημαντικά στις υψηλότερες f .

Η επιλογή της συχνότητας των υπερήχων πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τόσο το βάθος που βρίσκεται το προς απεικόνιση αντικείμενο όσο και την απαιτούμενη χωρική διακριτική ικανότητα της εικόνας. Οι μικρότερες συχνότητες (μεγαλύτερα μήκη κύματος) χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουμε αντικείμενα που βρίσκονται βαθιά στην κοιλιά, ενώ οι μεγαλύτερες συχνότητες (μικρότερα μήκη κύματος) χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουμε, με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, τις δομές που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια. Επομένως, για την απεικόνιση των αρτηριών των καρωτίδων θα χρησιμοποιούσαμε συχνότητα 10 MHz.

B) Για τα βαρέα νουκλίδια το πλεόνασμα νετρονίων είναι απαραίτητο για να υπερνικηθούν οι απωστικές δυνάμεις Coulomb. Έτσι κάποιο νουκλίδιο μπορεί να παρουσιάζει πλεόνασμα πρωτονίων ή πλεόνασμα νετρονίων σε σχέση με το σταθερό ισοβαρές του. Στην περίπτωση του $^{137}_{55}\text{Cs}$ έχουμε πλεόνασμα νετρονίων όπου μέσω της ασθενούς πυρηνικής δύναμης του δίνεται η δυνατότητα να μεταβεί σε σταθερότερη κατάσταση, μετατρέποντας ένα από τα νετρόνια του σε πρωτόνιο μέσω διάσπασης β^- ($^1_0n \rightarrow ^1_1p + e^- + \bar{\nu}_e$).



Το ηλεκτρόνιο και το αντινετρίνιο θα μοιραστούν σχεδόν το σύνολο της ενέργειας (λόγω της εξαιρετικά μεγαλύτερης μάζας του θυγατρικού πυρήνα) και θα παρουσιάζουν συνεχές φάσμα τιμών ενέργειας από 0 έως $Q_{\beta-}$.

Γ) Δυναμικό δράσης ενός νευρώνα είναι η μεταβολή του δυναμικού από την τιμή του δυναμικού ηρεμίας, όταν ένας νευρώνας διεγερθεί. Το δυναμικό δράσης ενός νευρώνα μεταδίδεται κατά μήκος του άξονα.

Ο άξονας του νευρώνα έχει δυναμικό ηρεμίας περίπου -80 mV. Αν η αριστερή άκρη του άξονα διεγερθεί, τα τοιχώματα της μεμβράνης γίνονται διαπερατά για τα ιόντα Na^+ , τα οποία διαπερνούν τη μεμβράνη, προκαλώντας την εκπόλωσή της. Στιγμιαία, το δυναμικό στο εσωτερικό του κυττάρου γίνεται θετικό (περίπου 50 mV). Η αναστροφή του δυναμικού στη διεγερμένη περιοχή προκαλεί κίνηση των ιόντων κατά τέτοια κατεύθυνση, ώστε να εκπολώσουν την περιοχή που βρίσκεται προς τα δεξιά. Εν τω μεταξύ, το σημείο του αρχικού ερεθισμού έχει επανέλθει (επαναπολώνεται) λόγω του ότι τα ιόντα K^+ έχουν μετακινηθεί προς τα έξω για την αποκατάσταση του δυναμικού ηρεμίας κ.ο.κ. Ο παλμός της τάσης είναι το δυναμικό δράσης.

Δύο βασικοί παράγοντες επηρεάζουν την ταχύτητα διάδοσης του δυναμικού δράσης: η ηλεκτρική αντίσταση R , που παρουσιάζει το εσωτερικό του άξονα, και η χωρητικότητα C μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης. Ο χρόνος t που απαιτείται για τη φόρτιση ή την εκφόρτιση ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος που αποτελείται από αντίσταση και πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά, έχει εκθετική μορφή $\exp(-t/RC)$. Η σταθερά χρόνου t είναι η τιμή του t όταν ισούται με RC , δηλαδή $t=RC$. Μείωση είτε του R , είτε του C , προκαλεί μείωση της σταθεράς χρόνου και ο πυκνωτής θα φορτιστεί ή θα εκφορτιστεί ταχύτερα.

Η ταχύτητα διάδοσης ενός δυναμικού δράσης εξαρτάται από το ρυθμό φόρτισης ή εκφόρτισης ενός κυκλώματος $R-C$. Η εσωτερική αντίσταση ενός άξονα μειώνεται όσο η διάμετρος του αυξάνεται. Για δύο άξονες με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλά διαφορετική διάμετρο, ο άξονας με τη μεγαλύτερη διάμετρο θα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα διάδοσης από αυτόν με τη μικρότερη διάμετρο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα (ή το αποθηκευμένο φορτίο) μιας μεμβράνης, τόσο περισσότερος χρόνος απαιτείται για την εκπόλωσή της και τόσο μικρότερη θα είναι η ταχύτητα διάδοσης. Το περίβλημα της μυελίνης είναι καλός μονωτής και αυτό το κομμάτι του άξονα έχει πολύ μικρή χωρητικότητα. Εξαιτίας της μικρής χωρητικότητας, το αποθηκευμένο φορτίο είναι πολύ μικρό σε σχέση με αυτό που αποθηκεύεται σε ένα αμύελο

τμήμα της νευρικής ίνας ίδιου μήκους και ίδιας διαμέτρου. Η ταχύτητα διάδοσης είναι πολύ μεγαλύτερη σε εμμύελες ίνες από ό,τι στις αμύελες. Η μεγάλη ταχύτητα διάδοσης οφείλεται στην πολύ μικρή χωρητικότητα των εμμύελων αξόνων.

Το δυναμικό δράσης μεταδίδεται πολύ γρήγορα στο εμμύελο τμήμα και πολύ πιο αργά στο αμύελο (περισφίξεις Ranvier). Το πλάτος του δυναμικού δράσης μειώνεται στα εμμύελα τμήματα αλλά αποκαθίσταται πλήρως στα αμύελα τμήματα. Υπό αυτές τις δύο συνθήκες, το δυναμικό δράσης ταξιδεύει πολύ γρήγορα στα εμμύελα τμήματα και πολύ πιο αργά στις περισφίξεις. Με τον τρόπο αυτό, φαίνεται σαν να μεταπηδάει το δυναμικό δράσης από τη μία περισφίξη του Ranvier στην επόμενη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «αγωγή κατά άλματα».