

Ραδιοχημεία/Πυρηνική Χημεία (818) Χειμερινό Εξάμηνο 2025-2026

Διδάσκων: Γ.Α. Σουλιώτης

I) Θεωρητικό Μέρος: Δομή και ιδιότητες του πυρήνα

Εισαγωγή. Ιστορική Ανασκόπηση. Πίνακας Νουκλιδίων. Ραδιενεργές διασπάσεις. Διαστάσεις του πυρήνα. Μονάδες (ενέργεια, μήκος, χρόνος)

Δυνάμεις στη φύση. Ταξινόμηση σωματιδίων (λεπτόνια, quarks, αδρόνια, φόρεις αλληλεπιδράσεων). Fermions/Bosons. Δομή πρωτονίου/νετρονίου. Το Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model).

Στοιχεία ειδικής θεωρίας σχετικότητας. Ισοδυναμία μάζας-ενέργειας. Δέσμιο σύστημα σωματιδίων. Ενέργεια συνδέσεως.

Ακτίνα του πυρήνα, κατανομή πυκνότητας, μάζα. Ενέργεια συνδέσεως. Καμπύλη B/A, σημασία, σύγκριση με σταγόνα υγρού. Εξίσωση Bethe-Weizsacker, ερμηνεία των όρων. Πυρηνική σταθερότης, παραβολές μαζών για A=περιττός, A=άρτιος.

Q-value πυρηνικών διεργασιών (σύγκριση με την Θερμοδυναμική). Αυθόρμητες και μη αυθόρμητες διεργασίες. Εκφράσεις Q_{β^-} , Q_{β^+} , Q_{EC} , Q_{α} , Q_{SF} , $Q_{reaction}$

Πρότυπο αερίου Fermi (Fermi gas). Εξήγηση του όρου συμμετρίας. Εφαρμογή στην περιγραφή αστέρων νετρονίων.

Προσέγγιση ανεξαρτήτου σωματιδίου. Εισαγωγή στο πυρηνικό πρότυπο των στοιβάδων (Shell Model). Τρισδιάστατος ισότροπος αρμονικός ταλαντωτής. Αλληλεπίδραση spin-orbit. Ενεργειακό διάγραμμα του Προτύπου των στοιβάδων. Παραδείγματα δομής. Η έννοια της ομοτιμίας (parity). Διατήρηση της parity.

Μαγνητική ροπή. Επανάληψη εννοιών και σχέσεων (απο τον Ηλεκτρομαγνητισμό) . Μαγνητικές ροπές μ_L και μ_s και παράγοντες g_L και g_s . Schmidt lines. Παράγοντας g ενός πυρήνα. Αρχές NMR, ESR. Ηλεκτρική τετραπολική ροπή.

Νόμος ραδιενεργού διασπάσεως. Ρυθμός διασπάσεως. Χρόνος υποδιπλασιασμού. Μέσος χρόνος ζωής. Ενεργότητα. Σειρά ραδιενεργών διασπάσεων. Μόνιμη ραδιενεργός ισορροπία.

Πηγές φυσικής ραδιενέργειας. Μονάδες ραδιενέργειας.

Ενεργός διατομή (cross section) πυρηνικής αντιδράσεως. Φυσική σημασία. Διαφορική ενεργός διατομή.

Αλληλεπίδραση (πυρηνικής) ακτινοβολίας – ύλης. Γενικά. Βαρέα ιόντα. Ρυθμός απώλειας ενέργειας dE/dx, εξίσωση Bethe-Bloch. Εμβέλεια. Bragg Curve. Εφαρμογή Heavy-Ion Cancer Therapy (p, ^{12}C).

Αλληλεπίδραση ταχέων ηλεκτρονίων – ύλης.

Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας γ – ύλης :

1) Σκέδαση Compton: κινηματική (σχετικιστική). Φάσμα ηλεκτρονίων.

2) Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. 3) Δίδυμη γένεση (pair production).

Εξασθένιση δέσμης φωτονίων. Γραμμικός συντελεστής απορρόφησης .
Ανιχνευτές φορτισμένων σωματιδίων. Ανιχνευτές φωτονίων.

Πυρηνική Σχάση. Εισαγωγή. Ιστορικά. Εφαρμογή του μοντέλου υγρής σταγόνας στη σχάση. Fissility parameter (Z^2/A). Fission barrier. Strutinsky shell correction.

Παραγωγή ενέργειας απο τη σχάση. Σχάση ^{235}U . Αλυσωτή αντίδραση. Πολλαπλασιαστικός παράγοντας κ. Επιβραδυντής νετρονίων (moderator). Πυρηνικοί αντιδραστήρες.

Πηγές Ιόντων. Επιταχυντές.

Στοιχεία Πυρηνικής Ιατρικής (Απεικόνιση, Ακτινοθεραπεία)

Πυρηνικές αντιδράσεις. Εισαγωγή, ταξινόμηση. Κινηματική συστήματος δύο σωματιδίων. Εξίσωση Q. Κινηματικοί μετασχηματισμοί lab $\leftrightarrow$ CM.

Πυρηνοσύνθεση στο σύμπαν και τους αστέρες. Στοιχεία Αστροφυσικής και Κοσμολογίας (υπο μορφή σεμιναρίου).

II) Πρακτικό Μέρος

A) Ανίχνευση πυρηνικών ακτινοβολιών: θεωρητικό υπόβαθρο

Είδη ανιχνευτών και χαρακτηριστικά των παλμών αυτών.

Ανιχνευτές ιοντισμού αερίων.

Ανιχνευτές σπινθηρισμών (Ανόργανοι κρύσταλλοι, πλαστικοί σπινθηριστές).

Ανιχνευτές ημιαγωγών (πυριτίου, γερμανίου)

Ηλεκτρονικές διατάξεις: Παλμογράφος. Γεννήτριες παλμών. Προενισχυτής. Ενισχυτής. Συστήματα χρονισμού παλμών (timing) και λογικής. Συστήμα συμπτώσεως (coincidence). Συστήματα μετρήσεως χρόνου (π.χ. time-to-amplitude converter: TAC). Συστήματα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition).

B) Πειράματα στο εργαστήριο (υπο μορφήν επιδείξεως)

Απαριθμητής Geiger-Muller

Ανιχνευτής NaI(Tl). Χαρακτηριστικά φάσματος ακτίνων γ. Φασματοσκοπία γ.

Ανιχνευτής Si επιφανειακού φραγμού. Φασματοσκοπία α.

Μέτρηση της ταχύτητας ακτίνων γ.

Μέτρηση χρόνου ζωής του μιονίου ($t_{1/2} = 2\mu\text{sec}$) $\mu \rightarrow e + \nu_e + \nu_\mu$