

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2^ο ΣΥΝΟΛΟ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

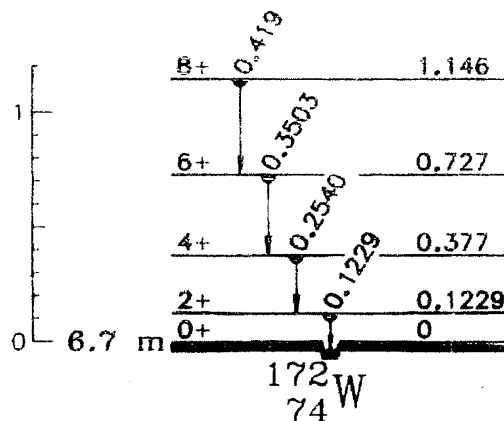
Μάιος 2021

Ασκήσεις από το «βιβλίο Ασημακόπουλου» : 1.14, 7.11, 7.12, 7.13, 7.15, 8.10, 8.11, 8.14 και 9.10

1. α) Θεωρήστε μια πυρηνική στάθμη στο πρότυπο των φλοιών με ολική στροφορμή j , τροχιακή στροφορμή l και ομοτιμία $(-1)^l$ θετική. Αν η στάθμη αυτή μπορεί να καταληφθεί από 16 νουκλεόνια (8 πρωτόνια και 8 νετρόνια), να υπολογίσετε τις τιμές των j και l .
- β)) Προτείνετε τις αναμενόμενες κατανομές των νουκλεονίων σθένους και ακολούθως τις τιμές J^π για τη βασική κατάσταση των πυρήνων $^{11}_6\text{C}$, $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$, σύμφωνα με το πρότυπο των φλοιών.
- γ) Προτείνετε επίσης τις αναμενόμενες κατανομές νουκλεονίων για δυο διεγερμένες στάθμες του $^{13}_6\text{C}$ με τιμές $J^\pi = 3/2^-$, $5/2^+$ και $5/2^-$, που προέρχονται είτε από διεγέρσεις του ασύζευκτου νουκλεονίου στον παραπάνω υποφλοιό, είτε από σύζευξη του με άλλο νουκλεόνιο που διεγείρεται από τον αμέσως προηγούμενο υποφλοιό.

2. Εκτιμήστε πόσος χρόνος απαιτείται για να παράγουμε μια πηγή ^{36}Cl ενεργότητας (ραδιενέργειας) 1 MBq, ακτινοβολώντας 1g φυσικού NiCl_2 με δέσμη νετρονίων ροής 10^{14} νετρόνια ανά cm^2 και ανά sec. Η ενεργός διατομή της αντίδρασης σύλληψης νετρονίων $^{35}\text{Cl}(n,\gamma)^{36}\text{Cl}$ είναι 43b και ο χρόνος ημιζωής του ^{36}Cl είναι 3×10^5 years (μεγάλος σε σχέση με το χρόνο ακτινοβόλησης). Δίδεται ότι το 75.8% του φυσικού χλωρίου είναι ^{35}Cl και το μοριακό βάρος του NiCl_2 είναι 129.6.

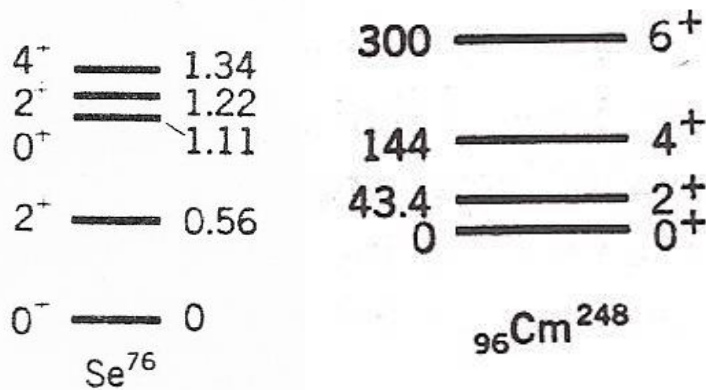
3. α) Από το ενεργειακό διάγραμμα του σχήματος (που δίδεται σε MeV), υπολογίστε τη μέση ροπή αδράνειας M_J του ^{172}W .
- β) Θεωρήστε ότι ο πυρήνας ^{172}W είναι ένα στερεό ελλειψοειδές εκ περιστροφής και η ροπή αδράνειάς του δίνεται από τη σχέση $M_J = 2/5 M R_\mu^2 (1 + 0.81\beta)$, όπου M η μάζα και R_μ η μέση ακτίνα του ^{172}W ίση με $1.3 \times A^{1/3}$ fm. Να υπολογίσετε την τιμή του συντελεστή παραμόρφωσης β .
- γ) Θεωρήστε τη μετάπτωση της 4^{15} διεγερμένης στάθμης του ^{172}W προς την 3^{11} ($6^+ \rightarrow 4^+$) και εξετάστε το είδος και την πολυπολικότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αναμένεται.



4. α) Παρατηρήστε τα ενεργειακά διαγράμματα των πυρήνων ^{76}Se και ^{248}Cm . Ποιά χαρακτηριστικά εμφανίζουν και σε ποιές συλλογικές κινήσεις του πυρήνα αντιστοιχούν; Δικαιολογείτε γιατί το σπιν και η ομοτιμία της βασικής τους κατάστασης είναι 0^+ . Πως ερμηνεύετε το J^π της τριπλέτας ($0^+, 2^+, 4^+$) των διεγερμένων καταστάσεων του ^{76}Se . Γιατί από την τριπλέτα $0^+, 2^+, 4^+$ του ^{76}Se λείπουν οι στάθμες 1^+ και 3^+ .

β) Από το ενεργειακό διάγραμμα του ^{248}Cm , που δίνεται σε keV, υπολογίστε τη μέση ροπή αδράνειας M_J του ^{248}Cm και δείξτε ότι αποτελεί το $\sim 60\%$ της ροπής αδράνειας μιας συμπαγούς σφαίρας με ακτίνα $1.25 \times A^{1/3}$ fm.

γ) Θεωρήστε τη μετάπτωση της 3^{ns} διεγερμένης στάθμης του ^{248}Cm προς τη 2^1 ($6^+ \rightarrow 4^+$) και εξετάστε το είδος και την πολυπολικότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αναμένεται.



5. α) Εξετάζεται ένα λεπτό δείγμα, από τον πυθμένα της θάλασσας, για πιθανή μόλυνση από Μόλυβδο που είναι τοξικός. Χρησιμοποιείται η μέθοδος της οπισθοσκέδασης Rutherford RBS με δέσμη πλήρως ιονισμένων σωματιδίων άλφα 10 nA και μετά από 1 h καταγράφονται 360 κρούσεις, που προέρχονται από τη σκέδαση με τον Μόλυβδο, σε ανιχνευτή πυριτίου που τοποθετείται στις 175° και δέχεται στερεά γωνία 5×10^{-2} sr. Προσδιορίστε το επίπεδο μόλυνσης του δείγματος από τον Μόλυβδο, υπολογίζοντας την επιφανειακή του πυκνότητα στο δείγμα, και σχολιάστε το αποτέλεσμα. β) Υπολογίστε πόσο χρόνο πρέπει να διαρκέσει η μέτρηση ώστε να έχει ακρίβεια 1%.

Η διαφορική ενεργός διατομή Rutherford μπορεί εύκολα να υπολογισθεί από τον γνωστό τύπο και για την περίπτωση των συνθηκών του πειράματος υπολογίζεται σε 348 mb/sr. Δίδεται επίσης η ατομική μάζα του Μολύβδου 207.

6. Το σταθερό ισότοπο ^{115}In αποτελεί το 95% του φυσικού Ινδίου, έχει ενεργό διατομή σύλληψης για θερμικά νετρόνια $\sigma = 170$ b και οδηγεί στη μετασταθή κατάσταση του ^{116m}In με χρόνο ημιζωής $\tau = 54.3$ min ($\lambda = 2.13 \times 10^{-4}$ s $^{-1}$). Το ^{116m}In με μετάπτωση β^- καταλήγει σε διεγερμένες καταστάσεις του ^{116}Sn που αποδιεγείρεται στη βασική του κατάσταση με ακτίνες- γ . Η πιο ισχυρή ακτίνα- γ έχει ενέργεια 1.294 keV και ένταση που αντιστοιχεί στο $\sim 80\%$ των μεταπτώσεων β^- . Είναι κατάλληλη επομένως για να μετρήσουμε την ενεργότητα του ^{116}In και να προσδιορίσουμε την περιεκτικότητα ενός δείγματος σε ^{115}In και φυσικό In με τη μέθοδο της νετρονικής ενεργοποίησης.

Να υποθέσουμε ότι το δείγμα βομβαρδίζεται με δέσμη νετρονίων ροής 10^{13} νετρόνια/cm 2 .s, για χρονικό διάστημα ίσο με ένα χρόνο ημιζωής, και αμέσως μετά η ενεργότητα του δείγματος καταμετράται με ένα ανιχνευτή Γερμανίου με απόδοση $\epsilon = 12.5\%$ και σε χρόνο ίσο προς ένα χρόνο ημιζωής ανιχνεύονται 1004 κρούσεις.

Να υπολογισθεί η άγνωστη μάζα του φυσικού Ινδίου στο δείγμα. Να σχολιάσετε το αποτέλεσμα σας σε σχέση με τα πλεονεκτήματα της αναλυτικής μεθόδου της νετρονικής ενεργοποίησης.

7. Σε ένα πείραμα PIXE ένας λεπτός στόχος επιφανειακής πυκνότητας $0.2 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$, που περιέχει 5rpm κατά βάρος ενός στοιχείου με ατομικό αριθμό 100, βομβαρδίζεται με δέσμη πρωτονίων έντασης 200nA για 10min. Η ενεργός διατομή για τη διέγερση της τροχιάς L του στοιχείου είναι 800 b και η πιθανότητα του διεγερμένου ατόμου να εκπέμψει μια L ακτίνα-X, είναι 50%. Υπολογίστε τον αριθμό των κρούσεων που καταγράφονται αν η συνολική απόδοση του συστήματος είναι $\epsilon=5 \times 10^{-3}$.

8. Κατασκευάστε το ενεργειακό διάγραμμα της αντίδρασης νετρονίων ενέργειας 30 MeV στο σύστημα εργαστηρίου με ^{193}Ir . Θεωρήστε τα κανάλια εξόδου (n,2n), (n,3n), (n,p), (n,pn), (n, α).

9. Το ισότοπο ^{64}Cu , χρησιμοποιείται για Ιατρικούς σκοπούς στη διαγνωστική μέθοδο PET λόγω της εκπομπής ποζιτρονίων κατά την αποδιέγερσή του (σε ^{64}Ni) με μέσο χρόνο ζωής 12.7h. Για να παρασκευάσουμε ^{64}Cu , χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της σύλληψης θερμικών νετρονίων από ^{63}Cu (σταθερό ισότοπο που αποτελεί το 69% του φυσικού Χαλκού).

Εκτιμήστε πόσος χρόνος απαιτείται για να παράγουμε ^{64}Cu ενεργότητας (ραδιενέργειας) 1GBq, ακτινοβολώντας 1g φυσικού Cu με δέσμη νετρονίων ροής 10^{14} νετρόνια ανά cm^2 και ανά sec. Η ενεργός διατομή της αντίδρασης σύλληψης νετρονίων στο ^{63}Cu είναι 10b και ο μέσος χρόνος ζωής του ^{64}Cu θα διαπιστώσετε ότι μπορεί να θεωρηθεί πολύ μεγάλος σε σχέση με το χρόνο ακτινοβόλησης. Σχολιάστε το αποτέλεσμα.