

**Ρυθμός διάσπασης
ραδιενεργών πυρήνων –
Ενεργότητα (R)**

Χρήσιμοι τύποι:

$$\diamond N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\diamond R = R_0 e^{-\lambda t}$$

$$\diamond R = \lambda N \quad \text{και} \quad R_0 = \lambda N_0$$

$$\diamond T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$\diamond T_{mean} = \frac{1}{\lambda}$$

1) Σε έναν πυρηνικό πόλεμο το πρόβλημα για όσους επιζήσουν είναι η κατανάλωση ραδιενεργών τροφίμων. Σε μια τέτοια περίπτωση έστω ότι έχουμε παραλάβει μια μεγάλη ποσότητα κρέατος, η οποία περιέχει θείο που είναι εν μέρει ραδιενεργό, δηλαδή εκτός από το κύριο ισότοπο ^{32}S περιέχει και μια ποσότητα του ραδιενεργού ισότοπου ^{35}S (ως γνωστόν το θείο περιέχεται στους ζωικούς οργανισμούς, π.χ. σε κάποια αμινοξέα, ένζυμα κτλ. Ευτυχώς όμως το ^{35}S διασπάται σχετικά γρήγορα προς ^{35}Cl , το οποίο δεν είναι ραδιενεργό. Η συνολική ενεργότητα της ποσότητας του κρέατος μετρήθηκε και βρέθηκε 540 Bq. Αν η μέγιστη επιτρεπόμενη ενεργότητα για τη συγκεκριμένη ποσότητα κρέατος είναι 240 Bq, μετά από πόσες ημέρες θα μπορούσε να καταναλωθεί το κρέας για να είναι ασφαλές; Δίνεται η σταθερά διάσπασης του ^{35}S ίση με $9,18 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$.

2) Το ραδιενεργό ισότοπο του ιωδίου ^{131}I χρησιμοποιείται ως ιχνηθέτης για τη διάγνωση όγκου στο θυρεοειδή. Μετά τη χορήγησή του στον ασθενή, το ^{131}I αντικαθιστά κατά ένα μέρος το κύριο ισότοπο ^{127}I και ακολουθεί η διάγνωση μέσω της ανίχνευσης της β^- και ακολούθως της γ ακτινοβολίας που εκπέμπει το ^{131}I . Η σταθερά διάσπασης του ^{131}I είναι $1,04 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$. Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστε έπειτα από πόσες ημέρες η ποσότητα του ραδιενεργού ^{131}I στο σώμα του ασθενούς θα έχει μειωθεί στο ένα έκτο ($1/6$) της αρχικής ποσότητας.

Γράψτε επίσης την αντίδραση διάσπασης του ^{131}I , χρησιμοποιώντας τον Περιοδικό Πίνακα.

3) Ως γνωστό το ραδιενεργό ισότοπο του θείου ^{35}S χρησιμοποιείται ως ιχνηθέτης για τη διάγνωση καρκίνου ή άλλων παθήσεων στο δέρμα. Μετά τη χορήγησή του στον ασθενή, το ^{35}S αντικαθιστά κατά ένα μέρος το κύριο ισότοπο ^{32}S στα κύτταρα του δέρματος και ακολουθεί η διάγνωση μέσω της ανίχνευσης της ακτινοβολίας που εκπέμπει το ^{35}S . Κατά τη διάσπασή του, το ^{35}S υφίσταται μεταστοιχείωση προς ^{35}Cl , το οποίο δεν είναι ραδιενεργό. Με βάση τα παραπάνω, απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

(α) Ποιά είναι η αντίδραση διάσπασης του ^{35}S ; Τι είδους ακτινοβολία εκπέμπεται κατά τη διάσπαση αυτή;

(β) Έπειτα από πόσες ημέρες η ποσότητα του ραδιενεργού ^{35}S στο σώμα του ασθενούς θα έχει μειωθεί κατά το ένα τρίτο ($1/3$); Δίνεται ότι ο χρόνος ημιζωής του ^{35}S είναι 87,4 ημέρες.

4) Ένα από τα ραδιενεργά ισότοπα του ασβεστίου, το ^{45}Ca , χρησιμοποιείται ως ιχνηθέτης για τη διάγνωση καρκίνου στα οστά. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του είναι 151 ημέρες. Απαντήστε στις εξής δυο ερωτήσεις:

(α) Σε πόσες ημέρες η ποσότητα του ραδιενεργού ^{45}Ca στο σώμα του ασθενούς θα έχει μειωθεί στο ένα δέκατο της αρχικής ποσότητας;

(β) Αν κατά τη διάσπασή του το ^{45}Ca εκπέμπει ακτινοβολία β^- γράψτε την αντίδραση διάσπασης χρησιμοποιώντας τον Περιοδικό Πίνακα. Γράψτε επίσης την αντίδραση αν αντί για ακτινοβολία β^- εξέπεμπε ακτινοβολία α .

5) Αν μια λίμνη μολυνθεί με μια ποσότητα Sr-90 μετά από πόσα χρόνια η συγκέντρωση του ραδιενεργού αυτού ισότοπου θα μειωθεί στο 1/100 της αρχικής συγκέντρωσης; Ο χρόνος ημιζωής του Sr-90 είναι 28,8 y.

6) Το ραδιενεργό ισότοπο του φωσφόρου ^{32}P χρησιμοποιείται ως ιχνηθέτης για τη διάγνωση καρκίνου ή άλλων παθήσεων στα οστά. Μετά τη χορήγησή του στον ασθενή, το ^{32}P αντικαθιστά κατά ένα μέρος το κύριο ισότοπο ^{31}P στα οστά και ακολουθεί η διάγνωση μέσω της ανίχνευσης της β^- και ακολούθως της γ ακτινοβολίας που εκπέμπει το ^{32}P . Η σταθερά διάσπασης του ^{32}P είναι $5,65 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$. Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστε έπειτα από πόσες ημέρες η ποσότητα του ραδιενεργού ^{32}P στο σώμα του ασθενούς θα έχει μειωθεί στο ένα τρίτο ($1/3$) της αρχικής ποσότητας. Γράψτε επίσης την αντίδραση διάσπασης του ^{32}P , χρησιμοποιώντας τον Περιοδικό Πίνακα.

7) Έστω ότι μια ποσότητα κατεψυγμένου τροφίμου βρέθηκε μολυσμένη με το ραδιενεργό ισότοπο ^{57}Co και η ενεργότητα μετρήθηκε 130 Bq. Πόσους ραδιενεργούς πυρήνες ^{57}Co περιέχει η ποσότητα του τροφίμου; Αν ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός ραδιενεργών πυρήνων για τη συγκεκριμένη ποσότητα τροφίμου είναι $2,2 \times 10^9$, μετά από πόσες μέρες θα μπορούσε να καταναλωθεί το τρόφιμο για να είναι ασφαλές. Δίνεται η σταθερά διάσπασης του ^{57}Co ίση με $2,95 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$.

8) Το ραδιενεργό ισότοπο K-40 (που είναι ένα από τα ισότοπα του καλίου που περιέχονται στο ανθρώπινο σώμα) έχει χρόνο ημιζωής $1,248 \cdot 10^9$ y (έτη). Διασπάται δε με τους εξής δυο τρόπους: 1) εκπέμπει ακτινοβολία β^- ή 2) συλλαμβάνει ένα περιφερειακό ηλεκτρόνιο (σύλληψη ηλεκτρονίου).

Απαντήσετε στα επόμενα ερωτήματα:

i) Γράψτε τις δυο αντιδράσεις διάσπασης του K-40.

ii) Αν στο σώμα ενός ανθρώπου συντελούνται περίπου 4000 τέτοιες διασπάσεις ανά δευτερόλεπτο πόσους ραδιενεργούς πυρήνες K-40 περιέχει το ανθρώπινο σώμα.

9) Σε κάποιες περιπτώσεις όταν ανιχνεύεται ραδιενέργεια σε τρόφιμα, αυτή οφείλεται στο ραδιενεργό πυρήνα του Ιωδίου I-131. Ο πυρήνας αυτός εκπέμπει ακτινοβολία β - με χρόνο ημιζωής 8,02 ημέρες. Έστω ότι έχουμε μια ποσότητα τροφίμου που περιέχει I-131. Απαντήστε στις παρακάτω δυο ερωτήσεις:

A) Έπειτα από πόσες ημέρες η ραδιενέργεια του τροφίμου θα έχει μειωθεί στο ένα εξηκοστό τέταρτο ($1/64$) της αρχικής ραδιενέργειας;

B) Σε ποιόν πυρήνα μετατρέπεται το I-131;

10) Η σταθερά διάσπασης του ισοτόπου ^{131}I είναι 10^{-6} s^{-1} .

A) Να βρεθεί ο αριθμός των πυρήνων του ^{131}I που περιέχονται σε ένα δείγμα ενεργότητας 106 Bq .

B) Αν το αρχικό δείγμα έχει ενεργότητα 106 Bq να βρεθεί ο αριθμός των πυρήνων που θα έχει διασπαστεί μέχρι τη χρονική στιγμή $2,1 \cdot 10^6 \text{ s}$.

11) Ένα από τα ραδιενεργά ισότοπα του θείου, το ^{38}S , χρησιμοποιείται στην ιατρική. Ο χρόνος ημιζωής του είναι 170,3 min. Έστω ότι μόλις έχετε παραλάβει στο εργαστήριο ένα δείγμα που περιέχει $8,2 \cdot 10^{15}$ ραδιενεργούς πυρήνες. Με βάση αυτά τα δεδομένα και έχοντας διαθέσιμες όλες τις εξισώσεις, να απαντήσετε στις επόμενες ερωτήσεις.

A) Πόσοι ραδιενεργοί πυρήνες θα έχουν απομείνει έπειτα από δυο ώρες ακριβώς;

B) Ποια θα είναι η ενεργότητα του δείγματος τότε; (δηλαδή μετά από δυο ώρες)

12) Η ενεργότητα ενός δείγματος που περιέχει ένα συγκεκριμένο ραδιονουκλίδιο μετρήθηκε και βρέθηκε 250 διασπάσεις ανά λεπτό. Μετά από 24 ώρες η ενεργότητα του δείγματος μετρήθηκε ξανά και βρέθηκε 3,17 Bq. Να υπολογίσετε τον χρόνο ημιζωής του ραδιονουκλιδίου.

13) Αν έχουμε μία ραδιενεργό πηγή με ενεργότητα 37 kBq

α) πόσους πυρήνες περιέχει, δεδομένου ότι ο μέσος χρόνος ζωής της είναι 1.08 έτη;

β) Πόση θα είναι η ενεργότητα της πηγής μετά από 2 έτη;

14) Το ^{252}Cf είναι ραδιενεργή πηγή νετρονίων. Υπολογίστε το μέσο χρόνο ζωής του, αν ξέρετε πως σε 5.29 χρόνια ο αριθμός των πυρήνων του μειώνεται στο $\frac{1}{4}$.

