

# ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΕΚΚΛΗΣΙΑΣΤΙΚΩΝ ΚΕΙΜΗΛΙΩΝ II

## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 7

6<sup>ο</sup> εξάμηνο (Εαρινό)

ΑΕΑΑ 2019-2020

# Βιβλιογραφία κυρίως αυτά και κάποια άλλα



## Κεφάλαιο Σ6

Σύγχρονη Φυσική: Η δομή του πυρήνα



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

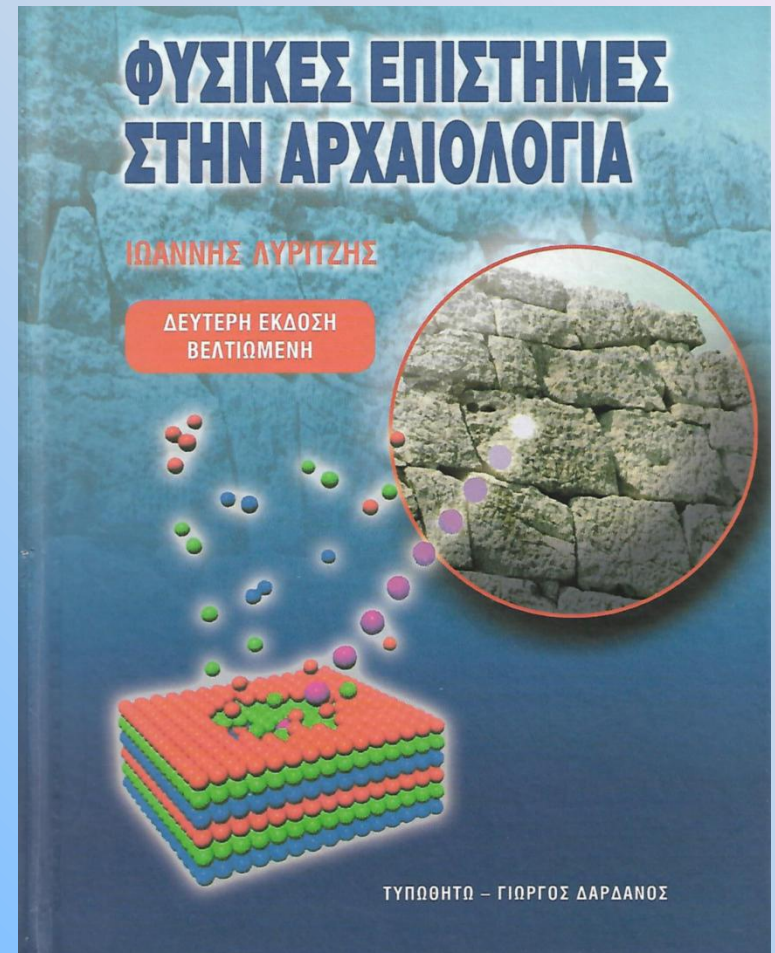


## ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

### Εφαρμογές σε περιβαλλοντικές μελέτες

Χ. Στουραίτη  
Επικ. Καθηγήτρια

*Περιβαλλοντική Γεωχημεία*



# Βιβλιογραφία κυρίως αυτά και κάποια άλλα

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ**

## Μέθοδοι Χρονολόγησης (*Dating methods*)

### Σχετική Χρονολόγηση

- Στρωματογραφία
- Τυπολογικές ακολουθίες
- Γλωσσολογική χρονολόγηση
- Κλιματική στρωματογραφία
- Παλυνολογία
- Ρακεμοποίηση

### Απόλυτη Χρονολόγηση

- Γραπτές πηγές
- Κάλιο/Αργό
- Δενδροχρονολόγηση
- Ραδιοχρονολόγηση
- Φωταύγεια
- Αρχαιομαγνητισμός
- Ενουδάτωση οψιανού
- Τροχιές σχάσης
- Αναλογία κατιόντων
- Σειρές ουρανίου-θορίου
- Συντονισμός στροφορμής ηλεκτρονίων

[http://users.uoi.gr/gramisar/prosopiko/vlachopoulos/Dating%20Methods\\_Pap pas%20\\_opt.pdf](http://users.uoi.gr/gramisar/prosopiko/vlachopoulos/Dating%20Methods_Pap pas%20_opt.pdf)

# ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

## ΑΡΧΕΣ των ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΩΝ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ,

1. Φύση του φωτός, ηλεκτρομαγνητική και κβαντική θεώρηση του φωτός, ατομική απορρόφηση κι εκπομπή, μοριακή απορρόφηση κι εκπομπή
  2. Χρωματομετρία
  3. Μικροσκοπία Οπτική, με Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης και Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Διέλευσης
  4. Χρωματογραφία (υγρή κι αέρια)
  5. Φασματοσκοπία μαζών
  6. Υπέρυθρη Φασματοσκοπία, Φασματοσκοπία Ορατού και Υπεριώδους, Φασματοσκοπία Raman
  7. Περίθλαση (ορυκτολογική μελέτη) και φθορισμός ακτίνων-Χ
  8. Επιταχυνόμενη Γήρανση (προσομοίωση γήρανσης)
  9. Θερμική Ανάλυση
  10. Υδατοαπορρόφηση
  11. Ποροσιμετρία υδραργύρου
  12. Προσομοίωση αλατονέφωσης
  - 13. Ραδιοχρονολόγηση με  $^{14}\text{C}$  (στοιχεία)**
- κ.ά.

## Μέθοδοι χρονολόγησης

Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι χρονολόγησης (dating methods) της ηλικίας παλαιών αντικειμένων τέχνης, εργαλείων, υπολειμάτων ζωικών ή φυτικών όντων κ.ά.

Παραθέτονται ενδεικτικά οι ονομασίες κάποιων από αυτές:

- Στρωματογραφία
- Τυπολογικές ακολουθίες
- Γλωσσολογική χρονολόγηση
- Κλιματική στρωματογραφία
- Παλυνολογία
- Ρακεμοποίηση
- Γραπτές πηγές
- Κάλιο/Αργό
- Δενδροχρονολόγηση
- **Ραδιοχρονολόγηση**
- Φωταύγεια
- Αρχαιομαγνητισμός
- Ενυδάτωση οψιανού
- Τροχιές σχάσης
- Αναλογία κατιόντων
- Σειρές ουρανίου-θορίου
- Συντονισμός στροφορμής ηλεκτρονίων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

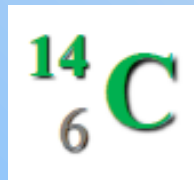
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ

Μέθοδοι Χρονολόγησης (*Dating methods*)

## Περί ισοτόπων

Παραθέτονται κάποιες γνώσεις για τα **ισότοπα**:

Με τον ακόλουθο συμβολισμό-που ανάλογό του έχει κάθε χημικό στοιχείο-αναφερόμαστε στο άτομο του άνθρακα (σύμβολο **C**), υποδηλώνοντας ότι έχει **ατομικό αριθμό 6** (δηλαδή το **πλήθος πρωτονίων** του-κάτω αριστερά) και **μαζικό αριθμό 14** (δηλαδή το **πλήθος πρωτονίων και νετρονίων μαζί**-πάνω αριστερά). Τέλος από τους δύο αυτούς αριθμούς προκύπτει το πλήθος των νετρονίων του που εδώ είναι 8 νετρόνια ( $8=14-6$ ).

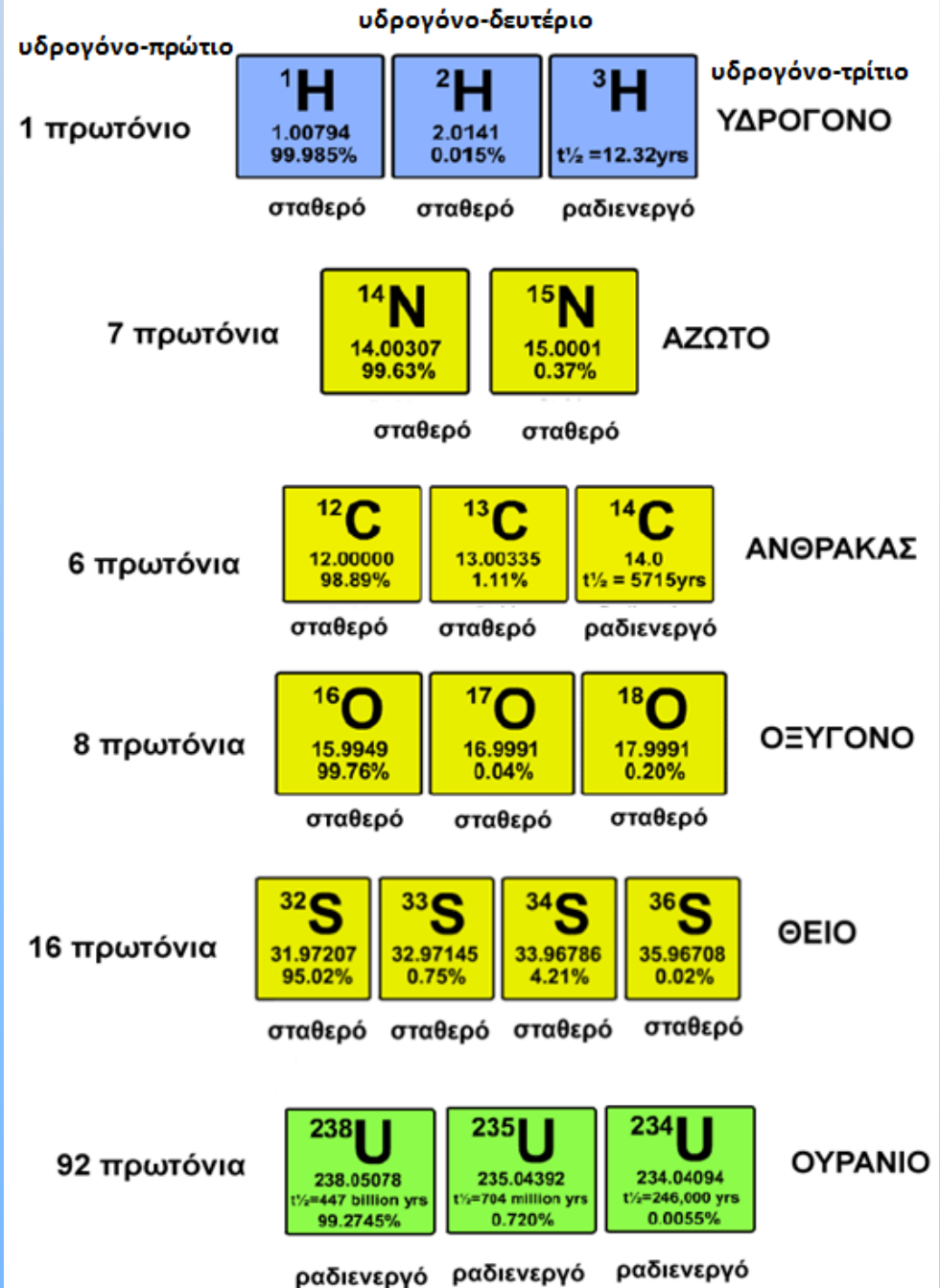


Ορισμένα χημικά στοιχεία εμφανίζονται σε πάνω από μία «εκδόσεις»-τα λεγόμενα **ισότοπα**. Πιο συγκεκριμένα τα ισότοπα ενός χημικού στοιχείου έχουν όλα τον ίδιο **ατομικό αριθμό** (δηλαδή περιέχουν το ίδιο πλήθος πρωτονίων και ηλεκτρονίων), αλλά έχουν διαφορετικούς αριθμούς νετρονίων δηλαδή έχουν διαφορετικούς **μαζικούς αριθμούς**.

## Περί ισοτόπων

Κάποια ισότοπα ενός χημικού στοιχείου μπορεί να είναι **σταθερά** ή αντίθετα κάποια άλλα μπορεί να είναι **ραδιενεργά** και να διασπώνται εκλύοντας ραδιενέργεια.

Δίπλα δίνονται ισότοπα ορισμένων χημικών στοιχείων.



## ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

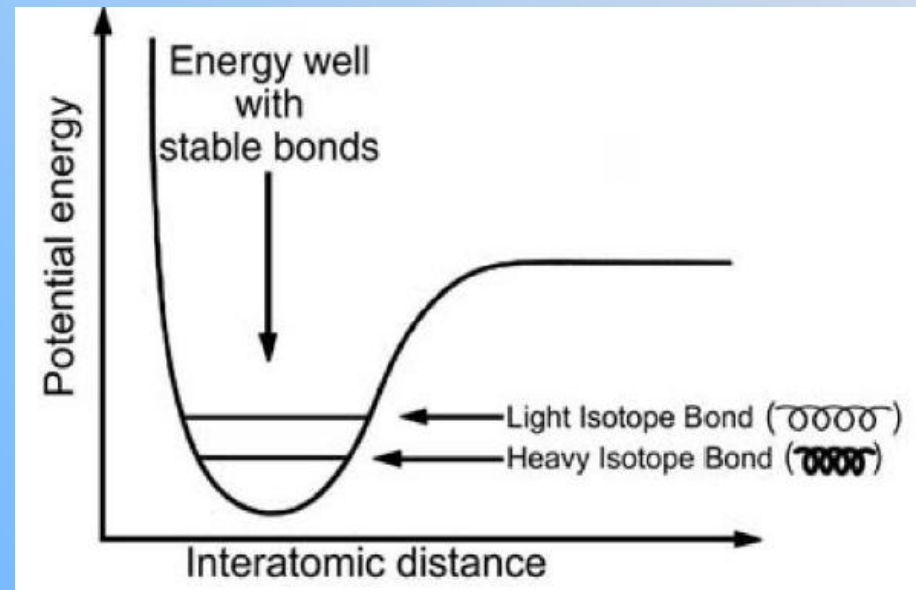
Εφαρμογές σε περιβαλλοντικές μελέτες

Χ. Στουραίτη  
Επικ. Καθηγήτρια

Περιβαλλοντική Γεωχημεία

## Ιδιότητες των ισοτόπων

- Τα ισότοπα του ίδιου στοιχείου έχουν **ίδιες χημικές ιδιότητες**, λόγω της ίδιας ηλεκτρονιακής διάταξης τους (ίδιο πλήθος ηλεκτρονίων και ίδια κατανομή σε στιβάδες, υποστιβάδες κ.τ.λ.)
- Διαφέρουν όμως στις φυσικές τους ιδιότητες, λόγω διαφοράς μάζας π.χ. στην **πυκνότητα**, στη **θερμοκρασία ζέσης** κ.ά. Π.χ. το νερό με **υδρογόνο-πρώτιο**  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  βράζει στους  $100^\circ\text{C}$  σε Κ.Σ., ενώ το νερό με **υδρογόνο-δευτέριο**  $\text{D}_2^{16}\text{O}$  βράζει στους  $101.42^\circ\text{C}$  Κ.Σ.
- Μερικές φορές επειδή το βαρύτερο άτομο δεν «ανεβαίνει» εύκολα ενεργειακό επίπεδο, κάποιες φυσικές διεργασίες προκαλούν αύξηση της αφθονίας του ελαφρύτερου και μείωσης του βαρύτερου ισότοπου.
- Το βαρύτερο ισότοπο σχηματίζει ισχυρότερους δεσμούς (χαμηλότερης ενεργειακής στάθμης). Έτσι χημικές ενώσεις ενός στοιχείου με διάφορα ισότοπα έχουν διαφορετικές ενέργειες δεσμού.
- Η απόσταση μεταξύ των ατόμων που σχηματίζουν δεσμό είναι μικρότερη όταν συμμετέχει το βαρύτερο ισότοπο.



### ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Εφαρμογές σε περιβαλλοντικές μελέτες

Χ. Στουραΐτη  
Επικ. Καθηγήτρια

Περιβαλλοντική Γεωχημεία



## Βασικές αρχές στη χρήση των ισοτόπων σε διάφορες εφαρμογές:

- Η αφθονία των ισοτόπων του στοιχείου οριστικοποιήθηκε απ' όταν δημιουργήθηκε η γη και έκτοτε δεν έχει αλλάξει. Όμως μικροδιαφορές στην αρχική ισοτοπική σύσταση μπορεί να προκληθούν λόγω χημικών, βιολογικών και φυσικών διεργασιών.
- «**Ισοτοπικό προφίλ**» ενός γεωλογικού δείγματος (θαλασσινό νερό, πάγος, κέλυφος απολιθώματος, ίζημα ή ιζηματογενές πέτρωμα) ονομάζεται ο προσδιορισμός των λόγων των σταθερών ισοτόπων διαφόρων ελαφρών στοιχείων (π.χ.  $^2\text{H}/^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ), που με βάση την προηγούμενη αρχή θεωρούμε ότι παραμένουν περίπου σταθεροί .



ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Εφαρμογές σε περιβαλλοντικές μελέτες

Χ. Στουραϊτη  
Επικ. Καθηγήτρια

Περιβαλλοντική Γεωχημεία

## Εφαρμογές σταθερών ισοτόπων:

Μερικές εφαρμογές σταθερών Ισοτόπων αφορούν την ιχνηλάτηση των βιογεωχημικών διεργασιών που συμβαίνουν στο γήινο περιβάλλον (χερσαίο-υδάτινο-ατμοσφαιρικό) σε πλήθος επιστημών (όπως παλιοκλιματολογία, υδρολογία, γεωχημεία κ.ά.)

## Εφαρμογές ραδιενεργών ισοτόπων:

- 1) Χρονολόγηση θαλασσίων ιζημάτων, ανθρακικού ασβεστίου (αλυσίδα U-Th) – Μελέτη της κλιματικής αλλαγής.
- 2) Χρονολόγηση με  $^{14}\text{C}$  (γεωλογικά υλικά που περιέχουν οργανικό άνθρακα, μέχρι 50.000 ή και 100.000 έτη)
- 3) Προσδιορισμός ηλικίας, ταχύτητας ροής, ανάμιξης υπογείων νερών (Τρίτιο -  $^3\text{H}$ )
- 4) Ιχνηλάτες της προέλευσης των υπογείων νερών ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )
- 5) Χημική στρωματογραφία – συσχετισμός των θαλάσσιων ανθρακικών ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )
- 6) Προσδιορισμός ανθρωπογενούς ρύπανσης από την εξόρυξη μεταλλευμάτων (ισότοπα Pb).



ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Εφαρμογές σε περιβαλλοντικές μελέτες

Χ. Στουραΐτη  
Επικ. Καθηγήτρια

Περιβαλλοντική Γεωχημεία

Η διάσπαση ενός ραδιενεργού πυρήνα (άρα και του άνθρακα 14) ακολουθεί τη συμπεριφορά που περιγράφεται στο διπλανό σχήμα. Η σταθερά  $\lambda$  είναι η **σταθερά διάσπασης** του εκάστοτε ραδιενεργού πυρήνα δηλαδή είναι η πιθανότητα διάσπασης ανά πυρήνα ανά δευτερόλεπτο. Η σταθερά  $\lambda$  κι άρα ο **χρόνος υποδιπλασιασμού** ή **χρόνο ημίσειας ζωής**  $t_{1/2}$  διαφέρουν από στοιχείο σε στοιχείο.

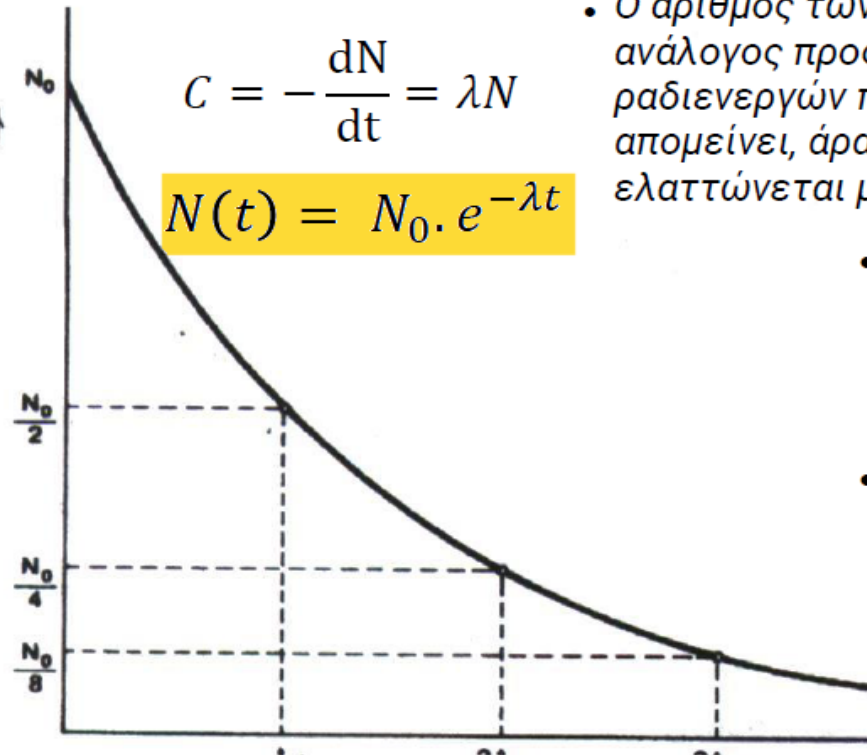
## Ρυθμός διάσπασης ραδιενεργού πυρήνα

**Ενεργότητα πηγής C:** (χαρακτηριστικό της πηγής) είναι ο αριθμός των πυρήνων ραδιενεργού πηγής  $dN$  που διασπώνται στη μονάδα του χρόνου  $dt$ :

Πυρήνες  
↑

$$C = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$



- Ο αριθμός των διασπάσεων είναι ανάλογος προς τον αριθμό ραδιενεργών πυρήνων που έχουν απομείνει, άρα η ενεργότητα ελαττώνεται με το χρόνο

- Καμπύλη διάσπασης για ένα δείγμα ραδιενεργού στοιχείου
- Επίσης, γραφική παράσταση της ενεργότητας συναρτήσει του χρόνου για το συγκεκριμένο δείγμα

**Χρόνος υποδιπλασιασμού ( $t_{1/2}$ ):**

**$N \rightarrow N_0/2$**

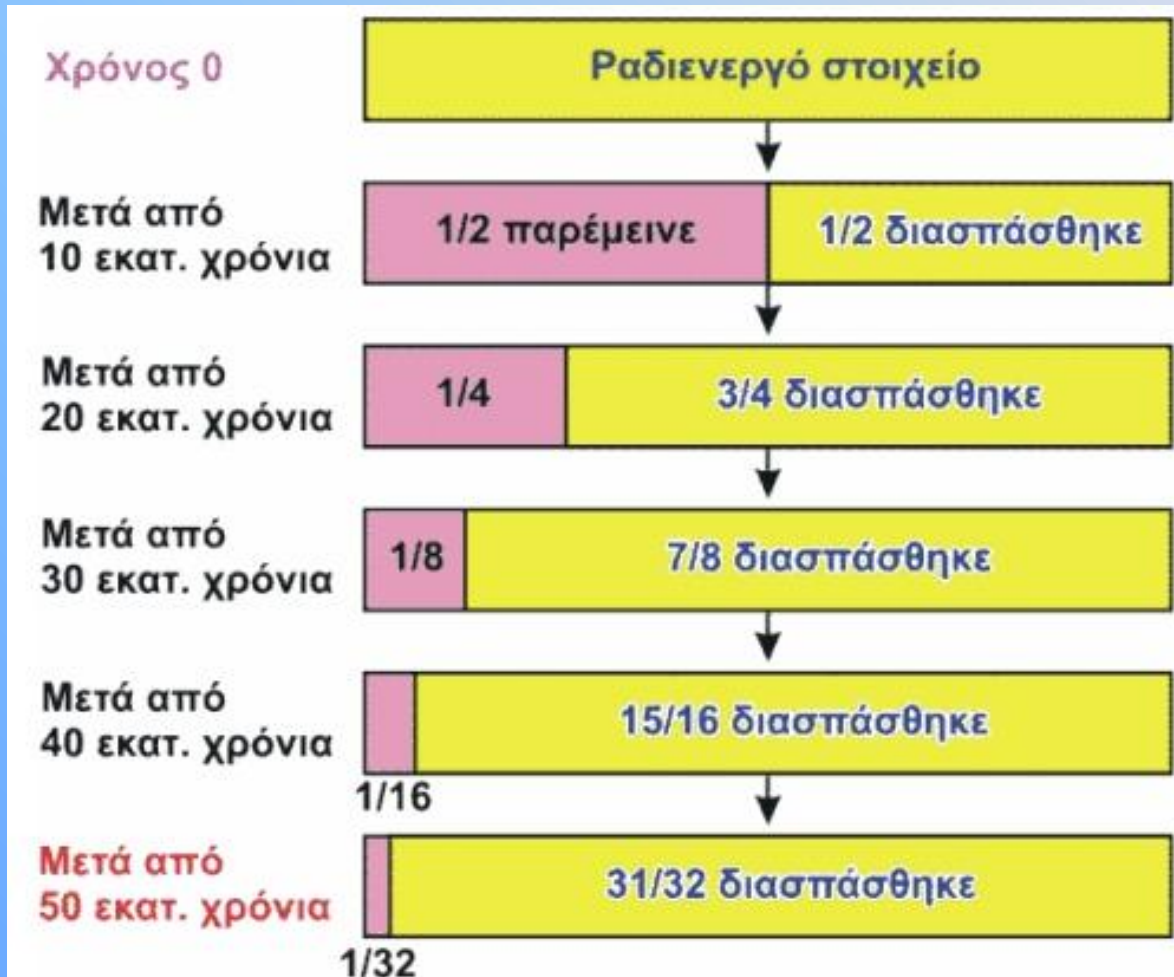
(χρόνος μέσα στον οποίο έχουν μείνει αδιάσπαστοι οι μισοί αρχικοί ραδιενεργοί πυρήνες)

$$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t), \text{ εάν } N = \frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda t_{1/2}) \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Ο ραδιενεργός πυρήνας έχει πρακτικά πεθάνει μετά από  $t = 10 \times t_{1/2}$

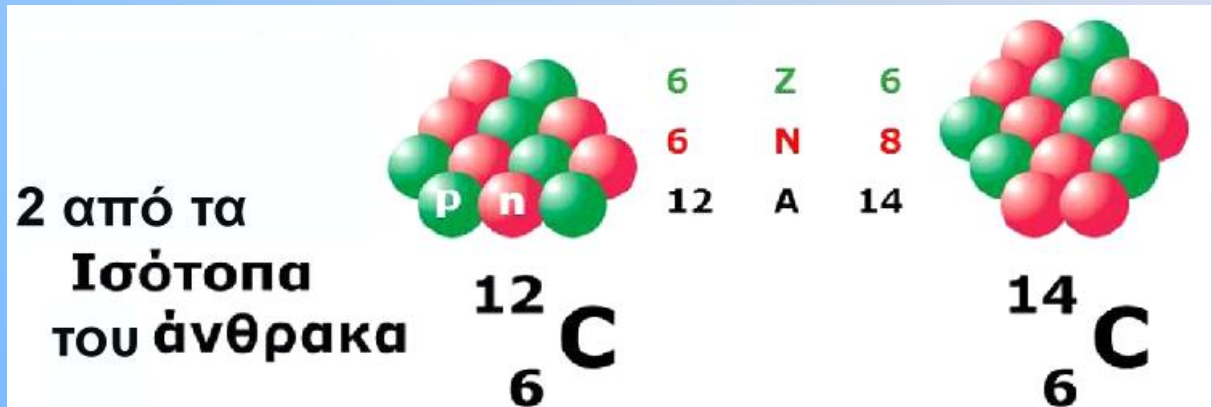
## Ρυθμός διάσπασης ραδιενεργού πυρήνα

Ένα υποθετικό παράδειγμα ραδιενεργού πυρήνα με χρόνο υποδιπλασιασμού ή χρόνο ημίσειας ζωής  $t_{1/2} = 10$  εκατομύρια χρόνια:



## Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (1)

Ένα βασικό εργαλείο χρονολόγησης για τα τελευταία **50 ka** (όπου ka=1000 χρόνια) δηλαδή 50.000 χρόνια, αλλά σίγουρα όχι το μοναδικό, είναι η ραδιοχρονολόγηση μέσω του ραδιενεργού ισότοπου του άνθρακα  $^{14}\text{C}$ . Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο άνθρακας εμφανίζεται με τη μορφή τριών κύριων ισότοπων:  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ , και  $^{14}\text{C}$  (υπενθυμίζεται ότι ισότοπο είναι άτομο στοιχείου με ίδιο αριθμό πρωτονίων και διαφορετικό αριθμό νετρονίων στον πυρήνα του-παρακάτω φαίνονται τα δύο από τα 3 ισότοπα του άνθρακα). Ο πυρήνας του ισότοπου  $^{14}\text{C}$  διασπάται παράγοντας ραδιενέργεια.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ

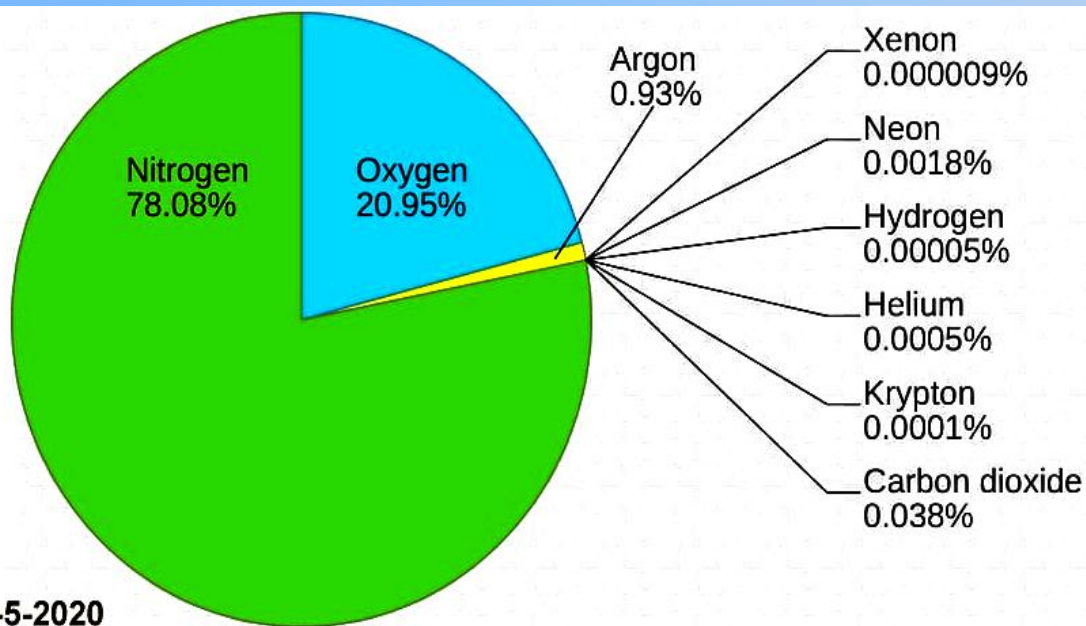
Μέθοδοι Χρονολόγησης (*Dating methods*)

## Σύσταση της ατμόσφαιρας της Γης

Η Γήινη ατμόσφαιρα αποτελείται κυρίως από **άζωτο ( $^{14}\text{N}$ )-78%** και **οξυγόνο ( $^{16}\text{O}$ )-21%**. Περιέχει και ίχνη άλλων αερίων. Από διαφορετικές πηγές δίνεται η ακόλουθη εικόνα για τη σύσταση της:

### Atmospheric gases, by volume

Nitrogen	78%
Oxygen	20.94%
Argon	0.93%
Carbon dioxide	0.04%
Neon	0.0018%
Helium	0.00052%
Methane	0.00014%
Krypton	0.00010%
Nitrous oxide	0.00005%
Hydrogen	0.00005%
Ozone	0.000007%



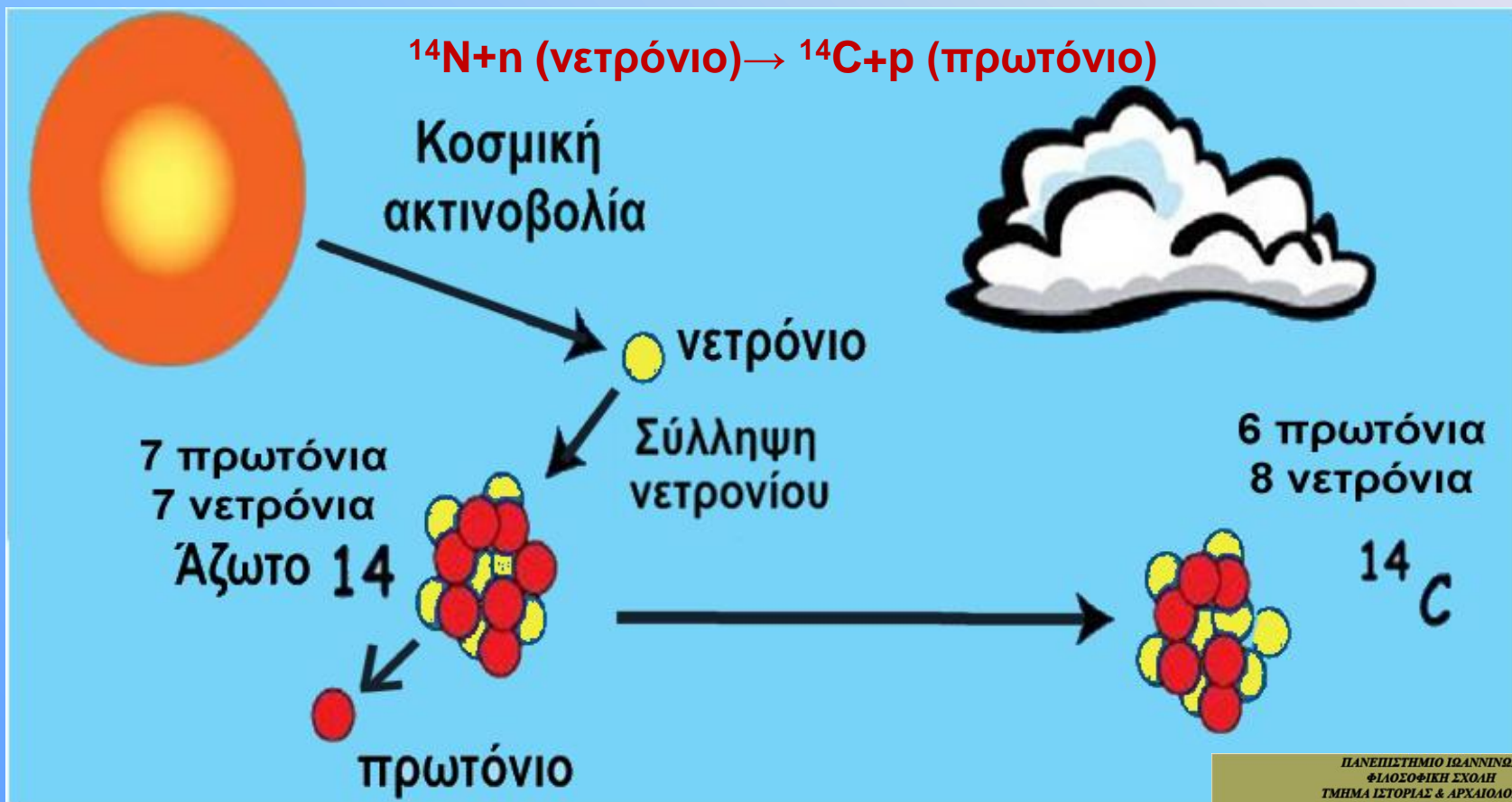
12-5-2020

<https://www.pngguru.com/free-transparent-background-png-clipart-agpln>

## Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (2)

Ο ραδιενεργός  $^{14}\text{C}$  παράγεται όταν νετρόνιο από την κοσμική ακτινοβολία προσπίπτει στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας σε άτομο  $^{14}\text{N}$  το οποίο μετατρέπεται σε  $^{14}\text{C}$  χάνοντας ταυτόχρονα ένα πρωτόνιο.

Η **κοσμική ακτινοβολία (cosmic rays)** είναι υψηλής ενέργειας προσπίπτοντα σωματίδια (π.χ. νετρόνια κ.ά.) από το διάστημα προερχόμενα από εκρήξεις μακρινών άστρων.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ

Μέθοδοι Χρονολόγησης (*Dating methods*)

# Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (3)

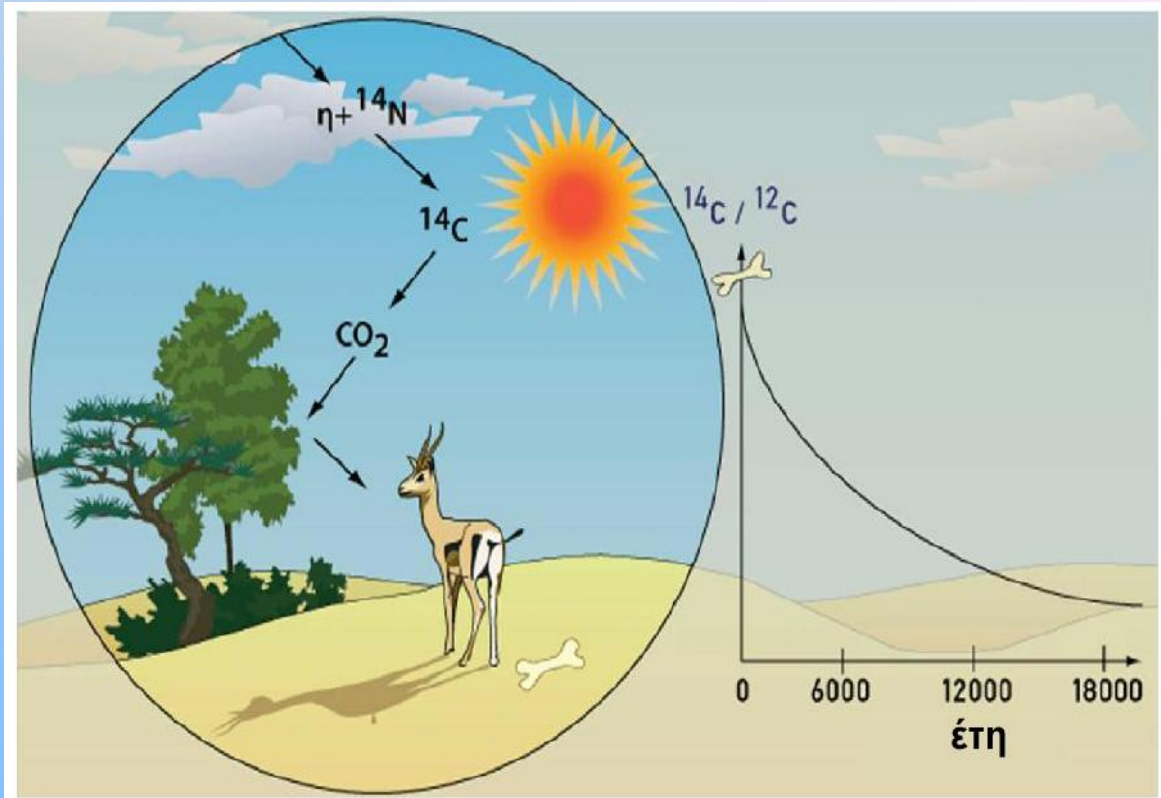
Ακολουθώντας το ισότοπο αυτό με τη μορφή  $\text{CO}_2$  προσλαμβάνεται από τα φυτά και μέσω αυτών από τα ζώα και τον άνθρωπο.

Μετά την απορρόφηση από τον έμβιο οργανισμό, τα ισότοπα  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  και  $^{14}\text{C}$  εγκαθίστανται στον σκελετό ή στον οργανισμό.

Μέρος του  $^{14}\text{C}$  βρίσκεται στους ωκεανούς. Οι πυρήνες των  $^{12}\text{C}$  και  $^{13}\text{C}$  είναι σταθεροί αλλά όχι του  $^{14}\text{C}$ .

Όταν ένας οργανισμός παύσει να ζει οι πυρήνες του  $^{14}\text{C}$  δεν ανανεώνονται και η περιεκτικότητά τους τείνει στο μηδέν διασπώμενοι στον χρόνο.

Σε 5730 χρόνια (ο χρόνος ημίσειας ζωής του) θα έχουν απομείνει τα μισά άτομα του  $^{14}\text{C}$  από την αρχική συγκέντρωση ενώ τα υπόλοιπα θα έχουν μεταστοιχειωθεί σε σταθερά ισότοπα του άνθρακα.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ

Μέθοδοι Χρονολόγησης (*Dating methods*)



## Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (4)

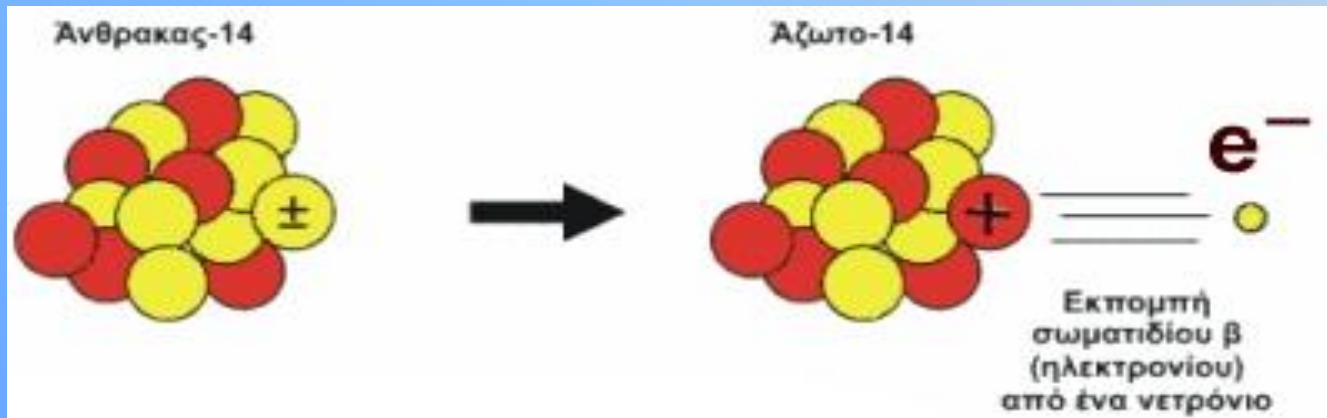
Ο χρόνος ημίσειας ζωής του  $^{14}\text{C}$  είναι **5730** χρόνια. Συγκρίνοντας την αρχική συγκέντρωση του  $^{14}\text{C}$  με την σημερινή υπολογίζουμε την ηλικία του δείγματος. Τα άτομα  $^{14}\text{C}$  διασπώνται στο περιβάλλον και δίνουν  $^{14}\text{N}$ , εκπέμποντας παράλληλα ασθενή **ακτινοβολία β**.

Πιο συγκεκριμένα η χρονολόγηση γίνεται με τη σύγκριση της ενεργότητας του δείγματος-νεκρού υπολείμματος σε σχέση με την ενεργότητα των ζωντανών οργανισμών. Δηλαδή υπολογίζουμε το λόγο πυρήνων  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  **τον οποίο θεωρούμε σταθερό στους ζώντες οργανισμούς**, σε σχέση με το λόγο αυτό στο υπό μελέτη νεκρό βιολογικό υπόλειμμα στο οποίο ο λόγος αυτός μειώνεται λόγω διάσπασης των πυρήνων  $^{14}\text{C}$ .

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΙΣΤΟΡΙΑΣ & ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΛΑΧΟΠΟΥΛΟΣ  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ: ΙΩΑΝΝΗ ΠΑΠΠΑ



## Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (5)

Ο χρόνος ημίσειας ζωής του  $^{14}\text{C}$  είναι **5730 χρόνια**. Δηλαδή σε 5730 χρόνια από τη στιγμή του θανάτου θα έχουν διασπαστεί οι μισοί (50%) ραδιενεργοί πυρήνες  $^{14}\text{C}$ , σε άλλα 5730 χρόνια (δηλαδή σε 11460 από τη στιγμή του θανάτου) θα έχουν διασπαστεί οι άλλοι μισοί από τους υπόλοιπους-σύνολο 75% των αρχικών κ.ό.κ. Ο χρόνος ημίσειας ζωής αλλάζει από ραδιενεργό σε ραδιενεργό στοιχείο. Συγκρίνοντας την αρχική συγκέντρωση με την σημερινή υπολογίζουμε την ηλικία του δείγματος. Τα άτομα  $^{14}\text{C}$  διασπώνται στο περιβάλλον και δίνουν  $^{14}\text{N}$ .



## Ραδιοχρονολόγηση (Radiocarbon Dating) (6)-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ:

- Αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο της Γης έχουν μεταβάλλει την συγκέντρωση του  $^{14}\text{C}$  στην ατμόσφαιρα και δεν διατηρείται τόσο σταθερή, όσο θεωρούμε.
- Πριν το 1000 π.Χ. τα δέντρα (και κατά συνέπεια όλοι οι οργανισμοί) ήταν εκτεθειμένα σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις  $^{14}\text{C}$  απ' ό,τι σήμερα.
- Γενικά, οι ηλικίες του  $^{14}\text{C}$  αποκλίνουν περισσότερο πριν το 1000 π.Χ. ώστε από το 5000 π.Χ. η ηλικία του  $^{14}\text{C}$  είναι 900 γρ νεότερη.

### Μόλυνση κατά τη δειγματοληψία

- Το νερό του εδάφους σε υγρές θέσεις αλλάζει την ισοτοπική σύνθεση.
- Ο σχηματισμός συμπαγών ορυκτών γύρω από οργανικές ουσίες μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία  $\text{CaCO}_3$  όπου δεν περιέχει  $^{14}\text{C}$ , αυξάνοντας εσφαλμένα την ηλικία του δείγματος.

### Μόλυνση κατά τη διάρκεια ή μετά τη δειγματοληψία

- Αποκλεισμός παρουσίας οποιασδήποτε μορφής σύγχρονου C όπως είναι το χαρτί ή άλλου οργανικού υλικού.
- Απουσία φωτός και μούχλας για τον κίνδυνο φωτοσύνθεσης.

### Άλλες αιτίες σφάλματος

- Συχνά γίνεται εσφαλμένη εκτίμηση δείγματος λόγω πολλαπλής χρήσης του κατά το παρελθόν, όπως ξύλινα δοκάρια οροφής που πριν είχαν άλλη χρήση κ.ό.κ.
- Προτιμώνται συχνά δείγματα με σύντομη διάρκεια ζωής, όπως οι απανθρακωμένοι κόκκοι δημητριακών ή κλαδιά θάμνων.
- Στρατηγική δειγματοληψίας: Να γίνονται πολλές ραδιοχρονολογήσεις του ίδιου αντικειμένου καθότι **“μια χρονολόγηση ίσον καμία χρονολόγηση”**.

## ΑΣΚΗΣΗ

1) Με βάση τους τύπους της εικόνας παρακάτω να υπολογίσετε τη σταθερά  $\lambda$  που είναι η **σταθερά διάσπασης** του άνθρακα  $^{14}\text{C}$  δηλαδή η πιθανότητα διάσπασης ανά πυρήνα ανά δευτερόλεπτο, αν γνωρίζετε ότι ο χρόνος υποδιπλασιασμού του συγκεκριμένου ισότοπου είναι  $t_{1/2} = 5730$  χρόνια.

### Γράφημα του ρυθμού διάσπασης και ημίσεια ζωή



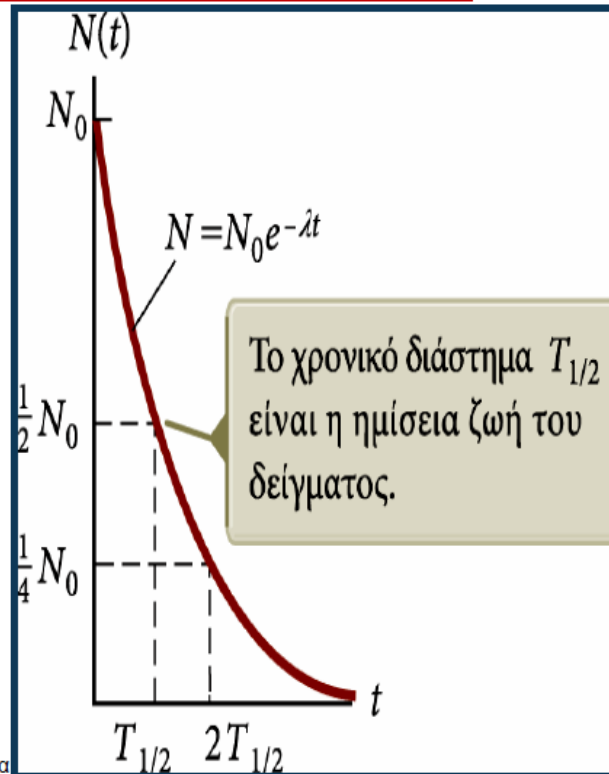
Το γράφημα  $N-t$  περιγράφεται από την συνάρτηση  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ .

Μια άλλη χρήσιμη παράμετρος είναι η **ημίσεια ζωή (ή χρόνος υποδιπλασιασμού)**.

- Η ημίσεια ζωή ενός ραδιενεργού υλικού είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διασπαστούν οι μισοί από τους αρχικούς ραδιενεργούς πυρήνες του υλικού:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Ενότητα



## ΑΣΚΗΣΗ (συνέχεια)

- 2) Να βρείτε σε πόσα χρόνια θα έχουν μείνει αδιάσπαστοι 20.000 από τους αρχικά 60.000.
- 3) Να βρείτε σε πόσα χρόνια θα έχουν μείνει αδιάσπαστοι 2 από τους αρχικά 60.000 ραδιενεργούς πυρήνες  $^{14}\text{C}$ .
- 4) Αν η σταθερά διάσπασης ενός ραδιενεργού πυρήνα X είναι  $\lambda=5 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ , να βρείτε το χρόνο υποδιπλασιασμού του συγκεκριμένου πυρήνα σε χρόνια, σε μέρες, σε ώρες.
- 5) Να βρείτε σε πόσα χρόνια θα έχουν μείνει αδιάσπαστοι 20.000 από τους αρχικά 60.000.
- 6) Να βρείτε σε πόσα χρόνια θα έχουν μείνει αδιάσπαστοι 2 από τους αρχικά 60.000 ραδιενεργούς πυρήνες  $^{14}\text{C}$ .