

Πηγές ραδιενέργειας

Φυσική ραδιενέργεια (natural radioactivity)

- Απειρομένη (primordial)
- Κοσμογενής (cosmogenic) ← Αίθρη Κοσμικής ακτινοβολίας

Τεχνητή (ανθρωπογενής)

Απειρομένη ραδιενέργεια : Αίθρη μαρμαρίων που περιέχουν υαί τής σήπας διασπείστωρ αυταί.

39K 93.3% } φυσική  
40K 0.012% } ενεργή  
41K 6.7% }

$^{40}_{19}\text{K} : t_{1/2} = 1.28 \cdot 10^9 \text{ y}$

$A = 3.0 \cdot 10^4 \text{ Bq/kg}$   
(0.8  $\mu\text{Ci}$ ) (φυσικού κοιλίου)

$^{40}_{19}\text{K}$  : εχθ χρημία πληροφορία με αυτι ρωί  $^{11}\text{Na}$ , αποτεχθί μηρ υύρω τής ραδιενέργειας σήπας βιολογική ύλη (~50%)

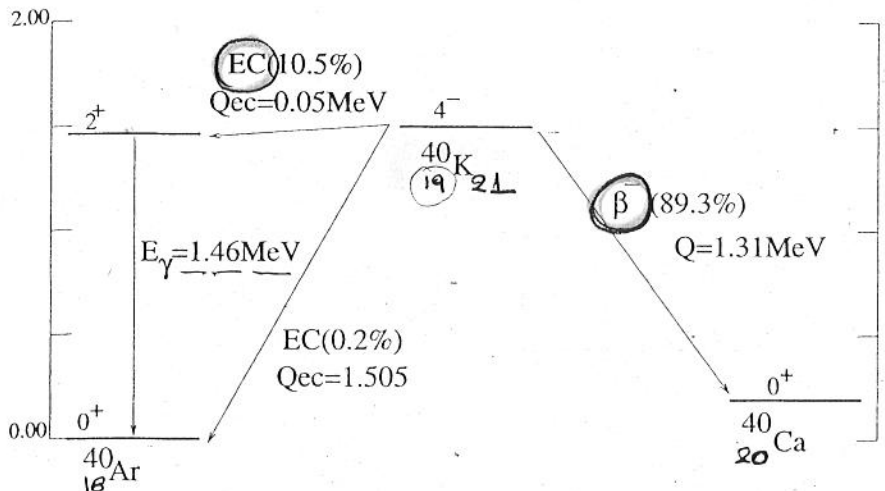


Fig. 5.1. The  $\beta$ -decay of  $^{40}\text{K}$ . Being an  $N$ -odd,  $Z$ -odd nucleus, it has two modes: electron capture to  $^{40}\text{Ar}$  and  $\beta^-$  to  $^{40}\text{Ca}$ . The long half life ( $1.28 \times 10^9 \text{ yr}$ ) is explained by the large angular momentum changes in the decays to the ground states (making the decays highly forbidden) and the small value of  $Q_{ec}$  to the  $2^+$  state of  $^{40}\text{Ar}$ .

Ραδιενεργές σήπες U, Th :

$^{238}_{92}\text{U} (t_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9 \text{ y}) (99.3\%)$

$^{235}_{92}\text{U} (t_{1/2} = 0.7 \cdot 10^9 \text{ y}) (0.7\%)$

$^{232}_{90}\text{Th} (t_{1/2} = 14.1 \cdot 10^9 \text{ y})$   
 $R \approx 0.9 \mu\text{Ci/kg}$

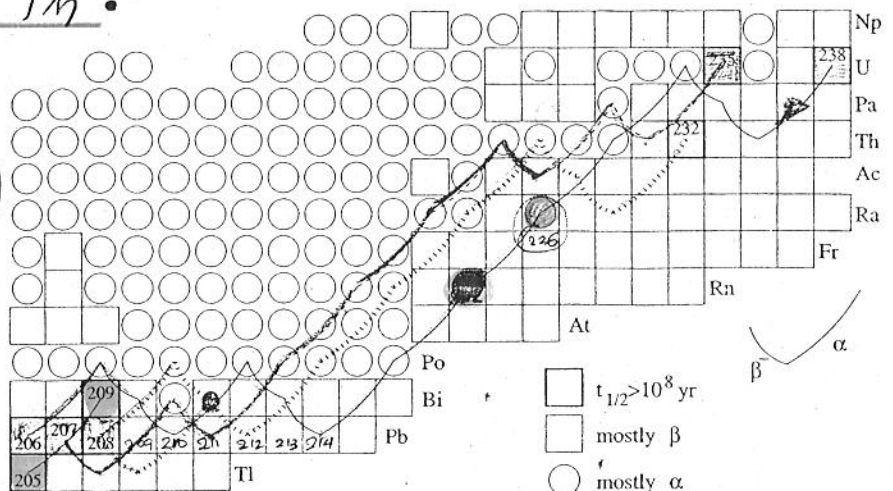


Fig. 5.2. The three chains of natural radioactivity:  $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$ ;  $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$ ; and  $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ . Each chain consists of a series of  $\alpha$ - and  $\beta^-$ -decays. In the case of the  $^{232}\text{Th}$  chain, a branch occurs at  $^{212}\text{Bi}$  that has a 64% branching ratio for  $\beta^-$ -decay and a 36% ratio for  $\alpha$ -decay. Similar, though less balanced, branchings occur throughout the chains and only the primary routes are shown. Also shown is the recently discovered  $^{209}\text{Bi} \rightarrow ^{205}\text{Tl}$  chain consisting of a single  $\alpha$  decay [52].

Αδραστεο Απολύτ mis ραδιενεργά σήπας ρωί  $^{235}_{92}\text{U}$  :



στο έδαφος / πηλινώματα → αέρας

Κοσμική Ακτινοβολία

- συντεταγμένες από γαλαξιακή διαμόρφωση.
- επιταχύνονται σε  $v \sim c$  λόγω ισχυρών ΕΜ πεδίων σε supernova ή n-stars ή AGNs (1 GeV) (1 TeV)

90% p  
 9% α  
 :  
 1% e

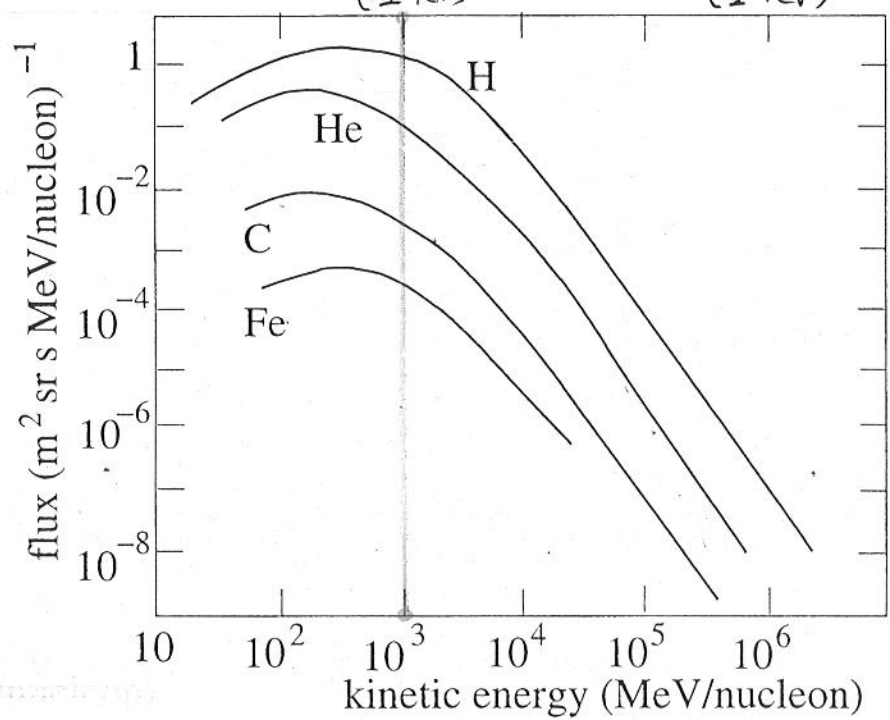


Fig. 5.3. The flux of cosmic radiation outside the Earth's atmosphere [54]. Most particles are protons or <sup>4</sup>He nuclei with smaller numbers of heavy nuclei. Carbon and Iron are important examples.

("dexn" mis atfhoraios ~ 20 km)

επιβ. διαβροχ

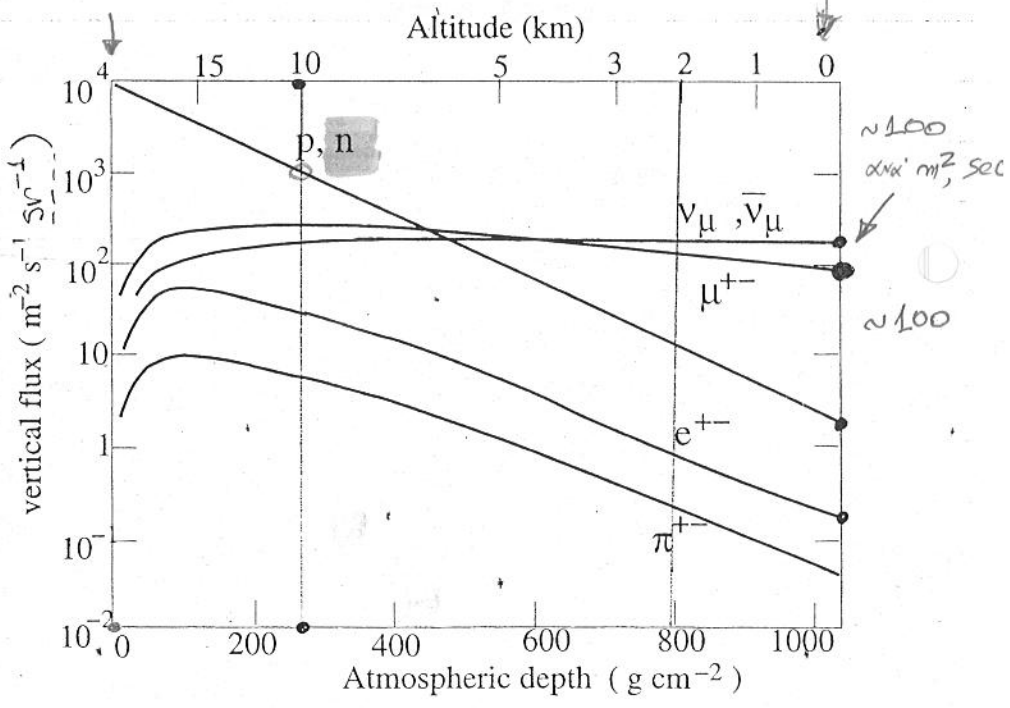
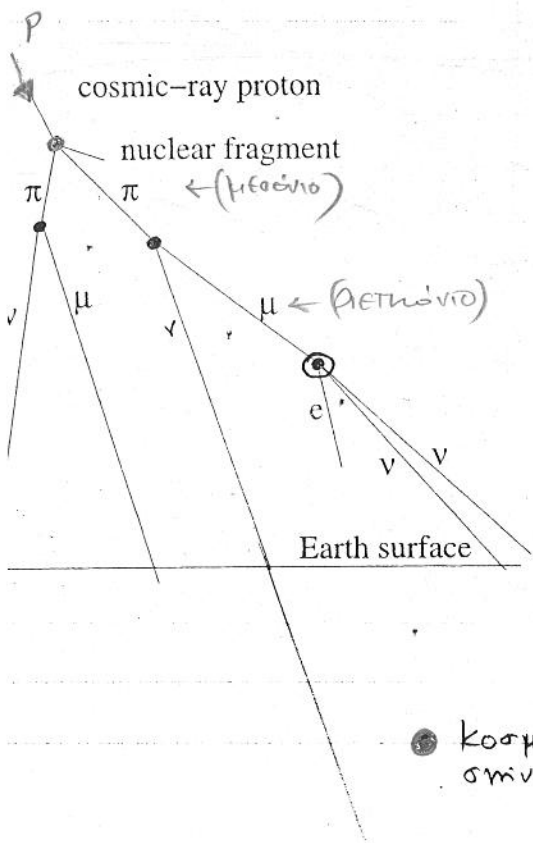


Fig. 5.4. An example of a "shower" induced by a cosmic-ray proton in the upper atmosphere. Two pions and a nuclear fragment are produced when the proton strikes a nucleus. The two pions decay π → μν, and one of the muons decay μ → eν. The undecayed muon reaches the Earth's surface where it stops because of ionization energy loss. The lower panel shows the fluxes as a function of depth in the atmosphere [54].

- Κοσμική ακτινοβολία : μ, ν, γ
- σκίη επιβροχια ms gnc : αρα γ

Doses Autoradiosis

• 1 mSv = 100 mrem (equivalent dose)

1 mGy = 100 mrad (absorbed dose)

(biblio Loveland ref. 53)  
radiation weighting factor  
risk factor  
(quality factor)

$w_R \propto \log(LET)$

$LET = \frac{\Delta E}{\Delta X}$  (Linear Energy Transfer)

Table 5.7. Risk factors in various radiations

Radiation	$w_r$
X and $\gamma$ rays, any energy	1
Electrons and muons, any energy	1
Neutrons, $E < 10$ keV	5
Neutrons, $10 < E < 100$ keV	10
Neutrons, $100 \text{ keV} < E < 2 \text{ MeV}$	20
Neutrons, $2 < E < 20 \text{ MeV}$	10
Neutrons, $E > 20 \text{ MeV}$	5
Protons, $E > 20 \text{ MeV}$	5
$\alpha$ particles, fission fragments, heavy nuclei	20

Risk factors  
 $w_R$

• Ευρετική ισοδύναμη δόση (Sv) =  $\sum_{\text{all radiations}} w_R * \text{dose (Gy)}$

Table 5.8. Typical annual effective doses [57].

source	dose (mSv)
cosmic radiation	
sea level	0.26
2000m	0.40
air travel (per 1600 km) $\approx 1000 \text{ mi}$	0.01
ground $\gamma$ -rays	0.46
* air (radon)	2.0
Weapons test fallout	0.01
Dwelling (stone/brick/concrete) $\gamma$ -rays	0.07
Food and drink	0.3
Television	0.01
medical x-rays	0.40
total	3.6

ATHENS  $\leftrightarrow$  N.YORK  
 $\approx 10,000$  miles  
0.10 mSv / trip

Ραδιοαξιομετρία  
μSv / KBq

ισοδύναμη δόση από  
εισπνοή ή υγραίωση  
πιάς ορισμένων ποσοτήτων  
"radionuclides"  $\leftrightarrow$  ενεργειακά

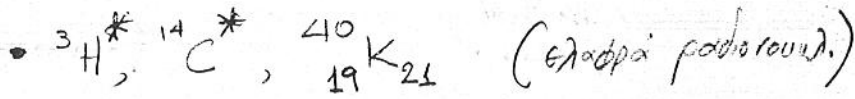
↓  
μSv / KBq

Table 5.9. The whole-body effective dose (radiotoxicity) due to selected radionuclides if taken internally [59]. Note the similar doses of the three fission products  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in spite of their very different lifetimes, indicating that their values of  $\tau_{\text{eff}}$  are similar, due to short biological retention times.

Isotope	$t_{1/2}$	$\langle E \rangle$ (MeV)	dose ( $\mu\text{Sv KBq}^{-1}$ )	principal organs affected
$^{90}\text{Sr}$	28.79 yr	1.3 ( $\beta^-$ )	30 (28)	bone marrow, lungs
$^{131}\text{I}$	8.02 day	0.5 ( $\beta^-$ )	11 (22)	thyroid
$^{137}\text{Cs}$	30.07 yr	0.8 ( $\beta^-, \gamma$ )	6.7 (13)	whole body

# Φυσική Ραδιόρρηξη (Σημειώσεις)

- Πλείστον 70 φυσικά ραδιοαυτιλιχά στη γη  
(τα περισσότερα από αυτά προέρχονται από  
την υπερανόρθωση βαρέων στοιχείων)



- μέσος άνθρωπος (70 kg)

$$\frac{4.4 \text{ kBq } ^{40}\text{K}}{3.6 \text{ kBq } ^{14}\text{C}} \leftarrow \dots \frac{0.17 \text{ mSv/στό } \gamma \text{ άτομο}}{\text{έτος}}$$

$$\leftarrow \dots \sim 250 \text{ Bq/kg C} \text{ (είδος φυτών που βλάπτει)}$$

- Διάτα (μπένσιους):  $1 \text{ pCi } ^{238}\text{U}, ^{226}\text{Ra}, ^{210}\text{Po}$

αέρας:  $0.15 \text{ pCi/lt } ^{222}\text{Rn}$

νερό:  $10 \text{ pCi/lt } ^3\text{H}$

- Στερεός ελασμός της γης:  $10 \text{ ppm Th}$   
 $4 \text{ ppm U}$

## Εξελίξεις και Εσωτερικών

ms γης: από την ραδ. διάσπαση των U, Th, K

\*η περιεκτικότητα (φυσική) σε  $^3\text{H}$  και  $^{14}\text{C}$  επιρραφεται από τις δυνάμεις των ηλιακών ακτίνων και από ατυχήματα σε πυρηνικούς σταθμούς.

(λόγω αυξημένης ποσότητας νερού που αντισταθμίζεται με την επέκταση του ατυχήματος ή της έκθεσης)

## Χαρακτηριστικές Δόσεις:

- α) ο μέσος άνθρωπος:  $5 \text{ mSv/y}$
- β) Εργαστήριο σε πυρ. σταθμούς:  $20 \text{ mSv/y}$  μέσω νερού για 5 χρόνια (μέγιστη  $50 \text{ mSv/y}$ )  
Πυρηνική Ιατρική ή Ακτινοθεραπεία (παρατηρητική)
- γ) Μέγιστο όριο για μακροχρόνια:  $1 \text{ Sv}$   $\Rightarrow$  2% πιθανότητα να πεθάνει αμέσως σε ατυχήματα
- δ) Βραχυχρόνια έκθεση σε ατυχήματα:  $3 \text{ Sv}$   $\Rightarrow$  50% πιθανότητα θανάτου σε 30 μέρες

Ατμόσφαιρα :

- 78.084 %  $N_2$
- 20.946 %  $O_2$
- 0.934 % Ar
- 0.035 %  $CO_2$

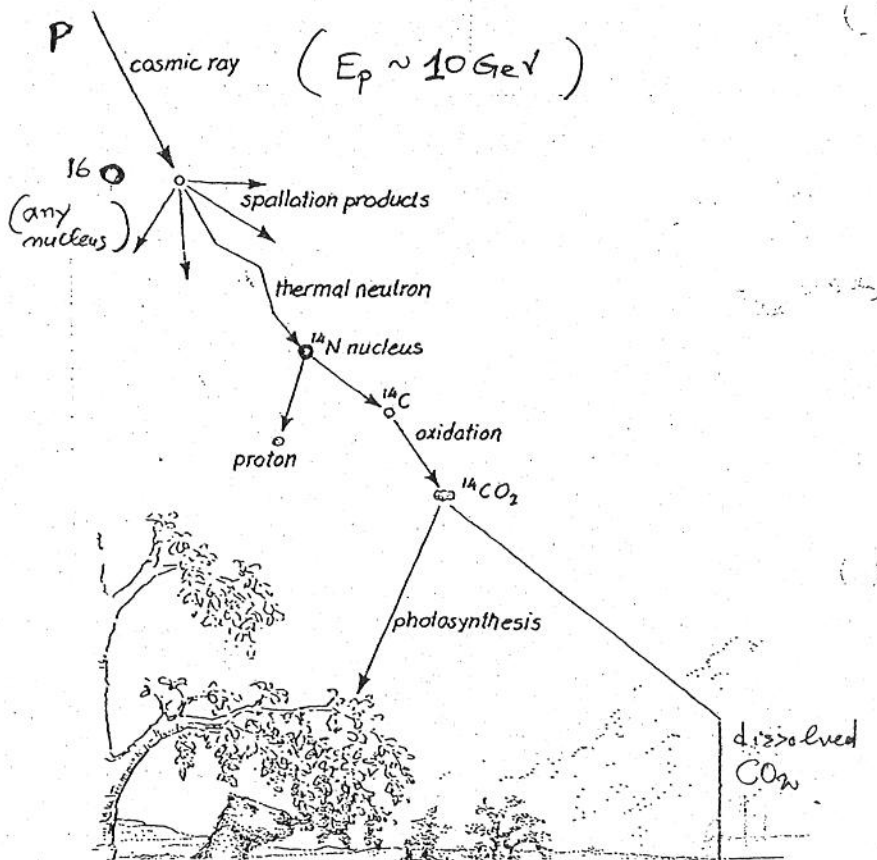
Στρώματα :

- Τροπόσφαιρα : 6-20 km (αεροπλάνο ~ 10 km)
- Στρατόσφαιρα : 20-50 km (απόσταση μετεωρολόγ.)
- Μεσόσφαιρα : 50-85 km
- Θερμόσφαιρα : 85-690 km (Space station ~ 200 km)
- Εξώσφαιρα : 690-10,000 km

$^{14}C$  : υφέια πηγή  
radioradidias  
σμήν ατμόσφαιρα

$$^{14}C / ^{12}C = 1 : 10^{12}$$

Ενεργεία : ~ 250 Bq/kg  
βιοϊστίς  
ύλης



κοσμική radioradidias σμήν ατμόσφαιρα :

(παχίονα  
σμήν στρατόσφαιρα  
h ~ 20-50 km)

