



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Τμήμα Φυσικής – Τομέας Πυρηνικής Φυσικής & Στοιχειωδών Σωματιδίων  
Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας



# Κοσμικός Επιταχυντής

Μαρία Γεροντίδου  
ΕΔΙΠ Τμήματος Φυσικής  
Ομάδα Κοσμικής Ακτινοβολίας ΕΚΠΑ

<http://cosray.phys.uoa.gr>

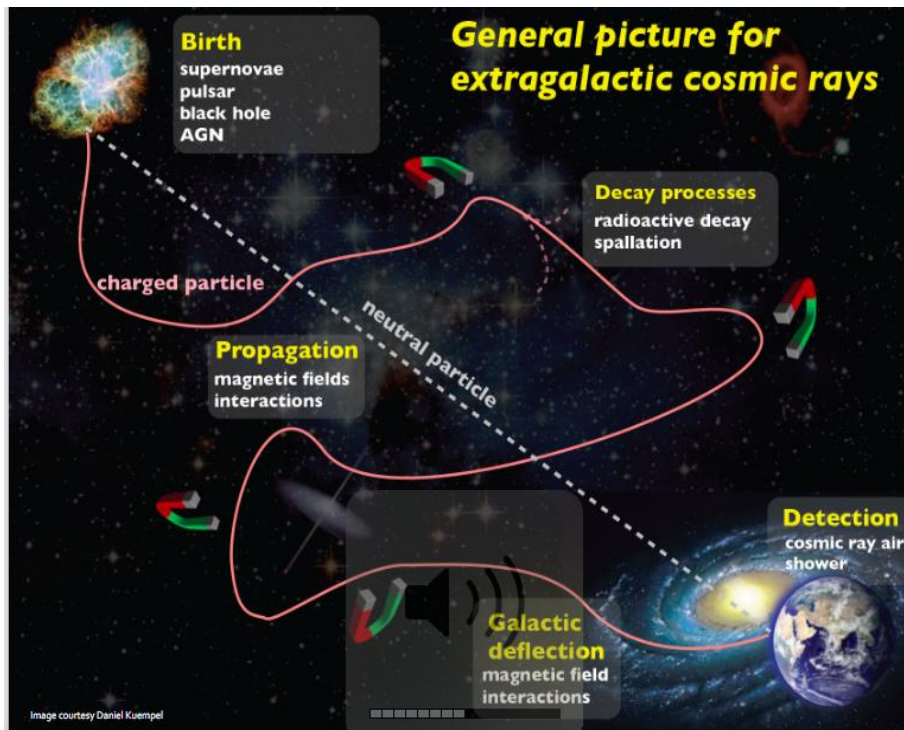
---

Εταιρεία των Φίλων του Λαού  
Αθήνα, 2022

# Κοσμική Ακτινοβολία

σωμάτια υψηλών ενεργειών ( $10^6$  eV -  $10^{21}$  eV )  
που προέρχονται από εξωγήινες πηγές

eV μον.εν. ατομικό και υποατομικό επίπεδο.



Σωματίδια και φωτόνια με ενέργειες τουλάχιστον κάποιες τάξεις μεγέθους > από τη μέση ενέργεια θερμικών σωματιδίων του πλάσματος υποβάθρου. (L. Dorman, 2014).

# Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων

**1909** : Theodor Wulf : παρατηρεί ότι ο ιονισμός πέφτει από 6  $\text{ιόντα}/\text{cm}^3$  σε 3.5  $\text{ιόντα}/\text{cm}^3$  καθώς ανέβαινε στον πύργο του Eiffel (330 m). Συμπέρασμα: υπάρχει και άλλη αιτία του ιονισμού της ατμόσφαιρας εκτος της ραδιενεργειας του εδάφους.

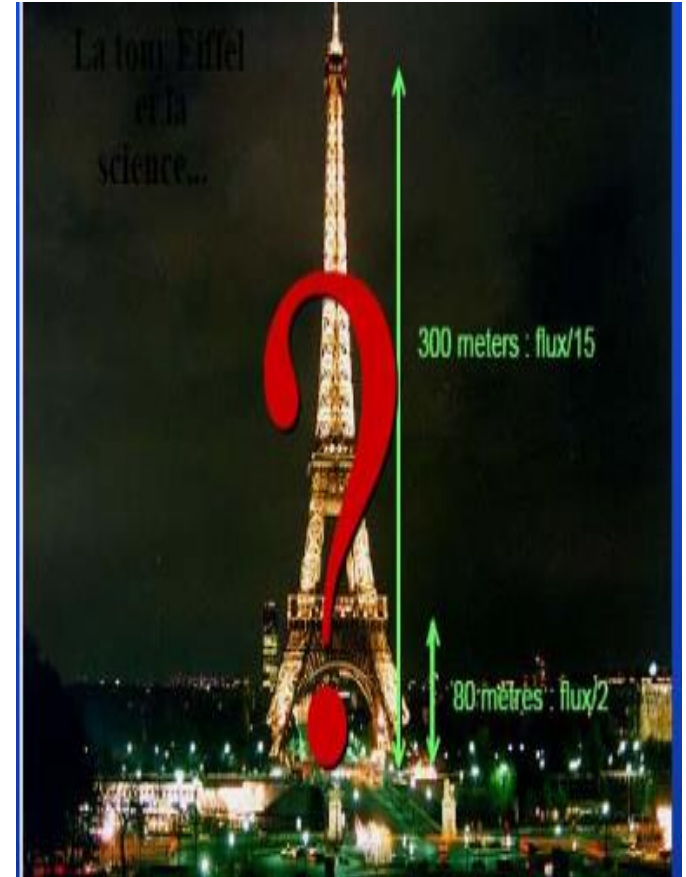
**1912**: Victor Hess (1883-1964 Αυστριακός Φυσικός) Επίσημη αποδειξη για την ύπαρξη Κοσμικης εκτος ατμόσφαιρας.

1000m: εξασθένηση αλλά > 1000 m αυξηση.-5000 m 2πλασια ενταση απο απ' ό,τι στη γήινη επιφάνεια.  
Ιδια ένταση ημέρα και νύχτα.

Επιβεβαίωση απο **Koholster** 9.000m 40φορες μεγαλύτερη απο το εδαφος!

**2012: 100 years anniversary!**

**1936 Nobel**



# Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων

**1925** : Οι “Κοσμικές ακτίνες” είναι ακτίνες  $\gamma$  πιο διεσδυτικές από αυτές της φυσικής ραδιενέργειας (R.Millican ) έδωσε το όνομα Cosmic rays



**Anderson** (1932): ανακάλυψη του ποζιτρονίου, του πρώτου σωματίου αντι-ύλης

**Compton** (1933): φαινόμενο γεωγραφικού πλάτους.

**Anderson & Neddermeyer** (1936): ανακάλυψη του μιονίου

**Auger** (1938): εκτεταμένοι ατμοσφαιρικοί καταιγισμοί

**Powell** (1947): ανακάλυψη του πιονίου

**Rochester & Butler** (1947): ανακάλυψη του καονίου



**1929**: Οι Both και Kolhorster αποδεικνύουν με ανιχνευτές Geiger-Muller ότι πρόκειται για σωματιδιακή ακτινοβολία, δηλαδή πολύ ενεργητικά σωματίδια.

7 April 1912



Date	Particle	Source of radiation	Instrument used	Specific observation made
1900				
1930				
1931				
1932	$\bar{\nu}_e (\nu_e)$	nuclear reactor	liquid scintillator	Capture by proton
1933	$\nu_\mu$	accelerator	spark chamber	Production of $\mu$ and not e
1934				
1935	$e^-$	discharge tube	fluorescent screen	Ratio e/m
1936	$e^+$	cosmic rays	cloud chamber	Charge, mass
1937	$\mu^+, \mu^-$	cosmic rays	cloud chamber	Absence of radiation loss in Pb; decay at rest; mass
1938				
1939	$\pi^+$	cosmic rays	nuclear emulsion	$\pi - \mu$ decay at rest
1940	$\pi^-$	cosmic rays	nuclear emulsion	Nuclear interaction at rest
1941				
1942	$\pi^0$	accelerator	counters	Decay into $\gamma$ -rays
1943	$K^+$	cosmic rays	nuclear emulsion	$K_{\pi 3}$ decay
1944	$K^-$	cosmic rays	nuclear emulsion	Nuclear interaction at rest
1945				
1946	$K^0$	cosmic rays	cloud chamber	Decay into $\pi^+ \pi^-$ in flight
1947				
1948	$\eta$	accelerator	bubble chamber	Total mass of decay products
1949				
1950	$p$	discharge tube	spectroscopes;	Charges and masses of ions
1951			mass spectrometers	
1952	$\bar{p}$	accelerator	Cerenkov counter	e/m measured; annihilation
1953				
1954	$n$	radioactivity	ionization chamber	Mass from elastic collisions
1955				
1956	$\bar{n}$	accelerator	counters	Annihilation
1957	$\Lambda$	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $p \pi^-$ in flight
1958	$\bar{\Lambda}$	accelerator	nuclear emulsion	Decay to $\bar{p} \pi^+$ in flight
1959	$\Sigma^+$	cosmic rays	nuclear emulsion	Decay at rest
1960	$\Sigma^-$	accelerator	diffusion chamber	Decay to $n \pi^-$ in flight
1961	$\Sigma^0$	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda \gamma$ in flight
1962	$\Xi^-$	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $\Lambda \pi^-$ in flight
1963	$\Xi^0$	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda \pi^0$ in flight
1964	$\Omega^-$	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Xi^0 \pi^-$ in flight
1965		Very many "resonance" particles with lifetimes $\sim 10^{-23}$ to $10^{-19}$ s		
1966				
1967				
	? "Fireballs"	cosmic rays	nuclear emulsion	Total mass of decay products Angles of meson emission
	Quarks?	not found with accelerators; being sought in cosmic rays		Charge $\frac{1}{3}$ or $\frac{2}{3}e$

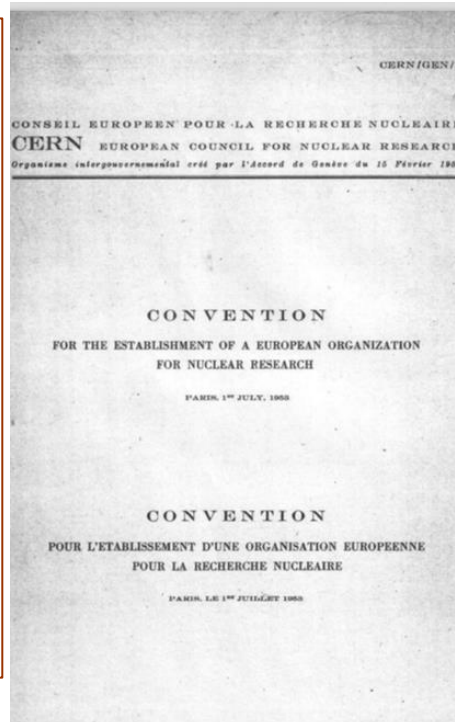
# Κοσμικός Επιταχυντής

Για την περίοδο 1920-1950 η κοσμική ακτινοβολία είναι μια φυσική πηγή σωματιδίων πολύ ψηλών ενεργειών που είναι αρκετά ενεργητικά για να διεισδύσουν στον πυρήνα και αυτή είναι η βασική τεχνική με την οποία ανακαλύπτονται σωματίδια μέχρι το 1950.

*Πρώτη ευκαιρία να παρατηρήσουμε αγνώστα σωματίδια πριν δημιουργήσουμε το CERN, Fermilab και άλλους επιταχυντές!*

# Κοσμικός Επιταχυντής

**1953** Προχωρεί η ανάπτυξη της τεχνολογίας των επιταχυντών, ώστε ενέργειες συγκρίσιμες με αυτές των ΚΑ να παράγονται στο εργαστήριο. Έτσι έχουμε δέσμες σωματιδίων γνωστής πια ενέργειας να κατευθύνονται σε στόχους. Το ενδιαφέρον στις κοσμικές ακτίνες στράφηκε στα προβλήματα της προέλευσης και της διάδοσης τους προς τη Γη.



**1953: research on cosmic rays is in CERN's constitution**

3. The basic programme of the Organization shall comprise:

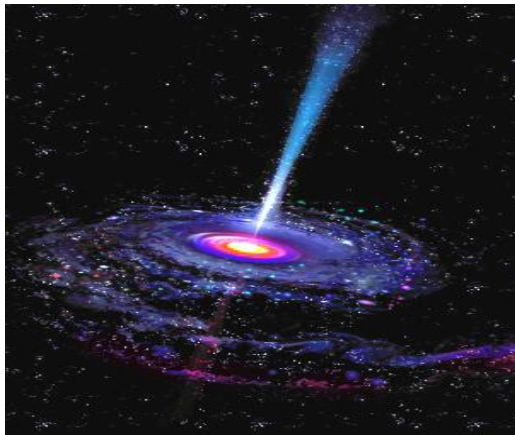
(...)

- (c) The organization and sponsoring of international co-operation in nuclear research, including co-operation outside the Laboratory. This co-operation may include in particular:
- (i) work in the field of theoretical nuclear physics;
  - (ii) the promotion of contacts between, and the interchange of, scientists, the dissemination of information, and the provision of advanced training for research workers;
  - (iii) collaboration with and advising of national research institutions;
  - (iv) work in the field of cosmic rays.

**Legacy from G-stack**

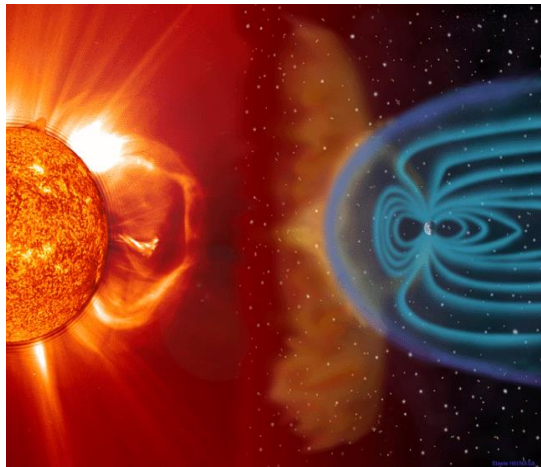
# Πηγές Κοσμικής Ακτινοβολίας

- ✓ Γαλαξιακές και Εξωγαλαξιακές Κοσμικές Ακτίνες



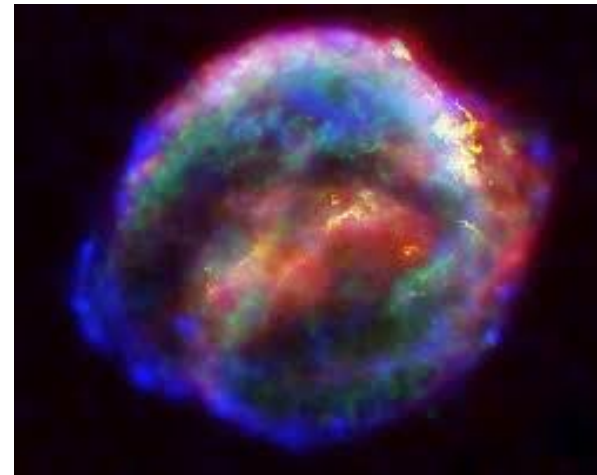
- Είναι οι πιο ενεργητικές πηγές: εκτός του ηλιακού συστήματος
- υψηλές ενέργειες μέχρι  $10^{15} - 10^{16} \text{eV}$  (supernova explosions)
- *Active Galactic Nuclei (AGN), Gamma-Ray Bursts (GRB)*

- ✓ Ηλιακές Κοσμικές Ακτίνες



- Σχετικιστικά σωματΙΑ ( $1 \text{MeV} - 20 \text{GeV}$ )
- Πηγή: Ηλιος

- ✓ Ανώμαλες Κοσμικές Ακτίνες



- Πηγή: διαπλανητικός χώρος πέρα από την ηλιόπαυση
- πολύ υψηλές ενέργειες μέχρι  $10^{21} \text{eV}$  (radiogalaxies, quasars)

SNR (Supernova Remnant)



## Πηγές

Γαλαξιακά πρότυπα  
προέλευσης

Καινοφανείς , Υπερκαινοφανείς

Παλλόμενοι αστέρες (Pulsars)  
Σταθεροί Αστέρες, διαστρική  
ύλη

Εξωγαλαξιακά

Ενεργοί Γαλαξιακοί Πυρήνες  
AGN

Black holes

## Επιτάχυνση

**Στοχαστική επιτάχυνση \_**  
**Fermi 2<sup>nd</sup> order**

**Επιτάχυνση σε κρουστικά**  
**κύματα \_ Fermi 1<sup>st</sup> order**

Σύμφωνη επιτάχυνση (coherent  
acceleration). \_ Solar Comic rays  
(SPEs)

## Καταγραφή

Δορυφορικά συστήματα  
Επίγειοι ανιχνευτές

Σύμφωνη επιτάχυνση: αποτέλεσμα της απευθείας επιτάχυνσης από ηλεκτρικά πεδία ( DC), όπου ο χρόνος επιτάχυνσης είναι μικρότερος από το χρόνο αλλαγής του ηλεκτρικού πεδίου, ή από στενή ζώνη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Ηλιακές εκλάμψεις: **μαγνητική επανασύνδεση και β) διπλές στιβάδες (double layers )** (Vlachos, 1989)

# Κοσμικός Επιταχυντής

Το Σύμπαν είναι ένας πολύ αποτελεσματικός επιταχυντής φορτισμένων σωματιδίων. Τα περισσότερα εκρηκτικά φαινόμενα στο διάστημα (υπερκαινοφανείς, εκλάμψεις κ. ά.) είναι συγχρόνως και πολύ καλοί επιταχυντές σωματιδίων υψηλής ενέργειας.

Τα αποτελέσματα μιας φυσικής επιτάχυνσης στο σύμπαν μπορούν να παρατηρηθούν μέσω της κοσμικής ακτινοβολίας που φτάνει στη γη (μέσω δορυφόρων που παρατηρούν τις ακτίνες  $X$  και  $\gamma$ ) και να δώσουν πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιήθηκε μία έκρηξη, πώς παράχθηκε η ακτινοβολία και έτσι να εξηγηθεί επιστημονικά αυτό που συμβαίνει στο σύμπαν.

Οι δίνες που δημιουργούνται, για παράδειγμα στον αέρα, από την κίνηση ενός αεροπλάνου ή από την πολύ γρήγορη περιστροφή μίας κούπας καφέ, δημιουργούν μία τύρβη που γίνεται επιταχυντής. Οι επιταχυντές στο διάστημα προκαλούνται από την τύρβη που δημιουργείται από τις απότομες κινήσεις – αλλαγές στο σύμπαν, όπως οι εκρήξεις αστέρων, οι ηλιακές εκρήξεις, οι εκλάμψεις

# Κοσμικός Επιταχυντής

Το τεράστιο πρόβλημα είναι η επιτάχυνση των ΚΑ στο γαλαξιακό χώρο και η απόκτηση των τεράστιων ενεργειών, όπως φαίνεται από το ενεργειακό φάσμα.

Οι μηχανισμοί επιτάχυνσης ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- 1.- Ηλεκτρομαγνητικοί:** Σωματίδια επιταχύνονται από ηλεκτρικά πεδία, όπως neutral sheets, ηλεκτρομαγνητικά κύματα πλάσματος και στις μαγνητόσφαιρες των αστέρων νετρονίων.
- 2.- Δυναμικοί:** Η επιτάχυνση γίνεται με τη σύγκρουση των σωματιδίων με μαγνητισμένα “νέφη”.
- 3.- Υδρομαγνητικοί:** Επιτάχυνση όλων των στρωμάτων του πλάσματος σε ψηλές ταχύτητες.

# Κοσμικός Επιταχυντής

## Ηλεκτρομαγνητικοί Μηχανισμοί: Βήτατρο

Οι πρώτες προσπάθειες για τον υπολογισμό των ενεργειών των ΚΑ βάσει των τότε γνωστών φυσικών αρχών στηρίζονταν στην τότε κλασσική ηλεκτρομαγνητική θεωρία. Ο Swann το 1933 έδειξε ότι μεταβαλλόμενα αστρικά μαγνητικά πεδία μπορούν μέσω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής να αυξήσουν τις ενέργειες των ΚΑ. Επεσήμανε ότι σημασία δεν έχει το μέγεθος του πεδίου αλλά η χρονική μεταβολή του και έδειξε ότι ηλεκτρόνια επιταχύνονται σε ενέργειες  $10^{10}$ eV από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγονται κοντά στην επιφάνεια του ήλιου και των αστερών. Είναι γνωστό ότι μαγνητικά πεδία πάνω από αρκετά kGauss συνδέονται με τις ηλιακές κηλίδες οι οποίες εμφανίζονται για μέρες ή βδομάδες στον ήλιο.

Η αρχή αυτή χρησιμοποιήθηκε στο βήτατρο. Φορτισμένα σωματίδια επιταχύνονται από ομογενές μαγνητικό πεδίο, το οποίο αυξάνει με το χρόνο. Είναι ανάλογο με ένα σύνηθες μετασχηματιστή, όταν μεταβάλλοντας το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής που κινεί το ρεύμα μέσα στο κύκλωμα.

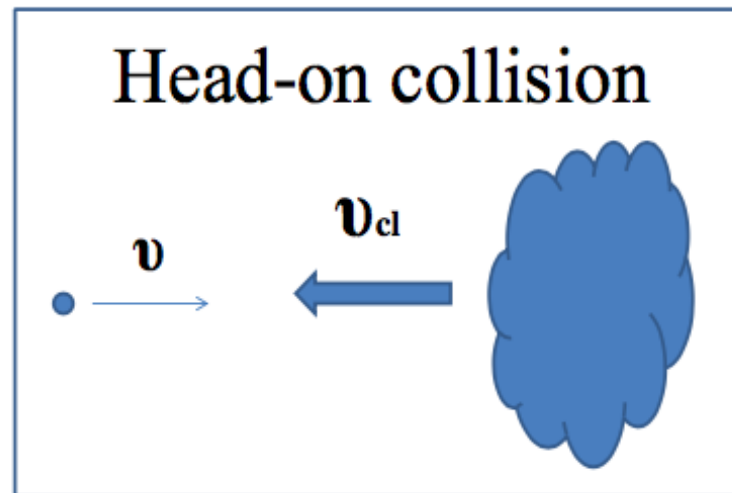
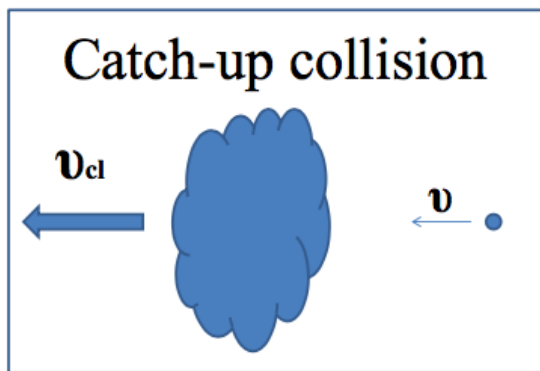
# Κοσμικός Επιταχυντής

## 2. Δυναμικοί μηχανισμοί Fermi 1ης ταξης

Σωματίδια συγκρούμενα με “νέφη” στο ενδοαστρικό μέσο μπορούν να επιταχυνθούν σε ψηλές ενέργειες.

Στις μετωπικές κρούσεις μεταξύ ενός σωματιδίου ενέργειας  $E$  και ενός νέφους το σωματίδιο κερδίζει ενέργεια. Χάνει όμως ενέργεια όταν συμπίπτει η φορά κινήσεως σωματιδίου και πεδίου. Αποδεικνύεται όμως στατιστικά ότι οι κατά μέτωπο συγκρούσεις είναι περισσότερες και συνεπώς τα σωματίδια κερδίζουν στατιστικά ενέργεια.

Μεσοαστρικό νέφος\_ άπειρη μάζα που περιέχει μαγνητικό πεδίο με τυρβώδη μορφή.



# Κοσμικός Επιταχυντής

## 2. Υδροδυναμικοί μηχανισμοί Fermi 2ης τάξης

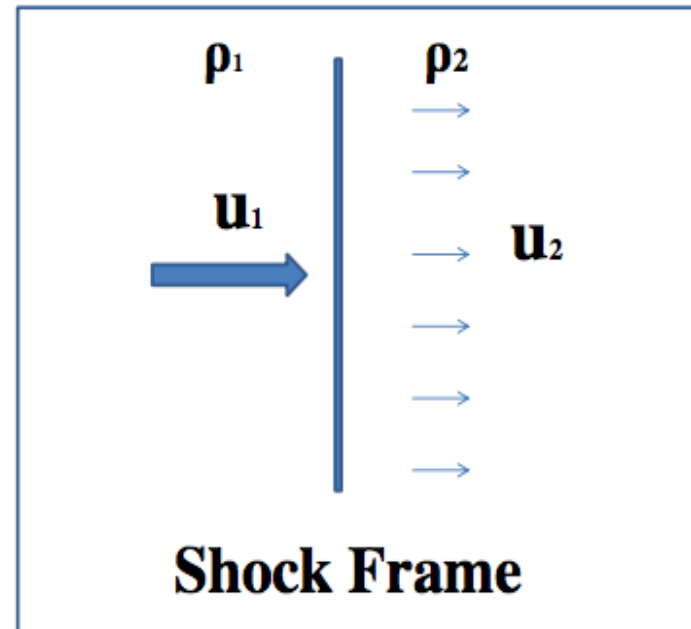
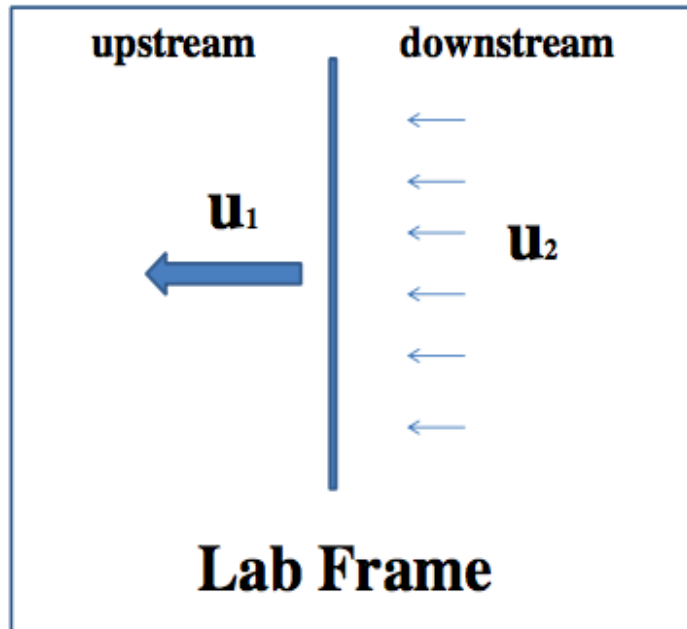
### Επιτάχυνση σωματίων σε ισχυρά κρουστικά κύματα

Κρουστικό κύμα (Shock wave) ονομάζουμε τη μαγνητοϋδροδυναμική ασυνέχεια όπου η ροή μάζας και στις δύο πλευρές της συνοριακής επιφάνειας του κύματος είναι διαφορετική του μηδενός.

Στη δεύτερη εκδοχή της 2ας τάξης επιτάχυνσης Fermi τα σωματίδια αντιδρούν με διάφορους τύπους κυμάτων του πλάσματος και κερδίζουν ενέργεια αφού σκεδαστούν στοχαστικά απ' αυτά τα κύματα. Έτσι πρέπει να ασχοληθούμε με υδρομαγνητικές διαδικασίες, το μαγνητοϋδροδυναμικό μηχανισμό Alfvén.

**Upstream:** περιοχή μπροστά από το κρουστικό κύμα είναι η περιοχή του πλάσματος που δεν έχει διαταραχθεί.

**Downstream:** περιοχή πίσω από το κρουστικό κύμα



*Σχηματική αναπαράσταση της διάδοσης του κρουστικού κύματος. Δεξιά φαίνονται οι ταχύτητες στο σύστημα αναφοράς του εργαστηρίου και αριστερά στο σύστημα αναφοράς του κρουστικού κύματος.*

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ Κ.Α.

- Οι Κοσμικές ακτίνες δεν είναι 'ακτίνες' αλλά φορτισμένα σωματίδια που ζουν μέσα στο Σύμπαν

Protons (86%)

α-particles (11%)

βαρύτεροι πυρήνες μέχρι το Uranium (1%)

electrons (2%)

Μικρό ποσοστό Positrons and antiprotons (παράγονται από αλληλεπίδρασεις πρωτογενών σωματιδίων με το interstellar gas)

γ-rays (Crab Nebula, AGN), neutrinos and antineutrinos (Ηλιος, supernovae)

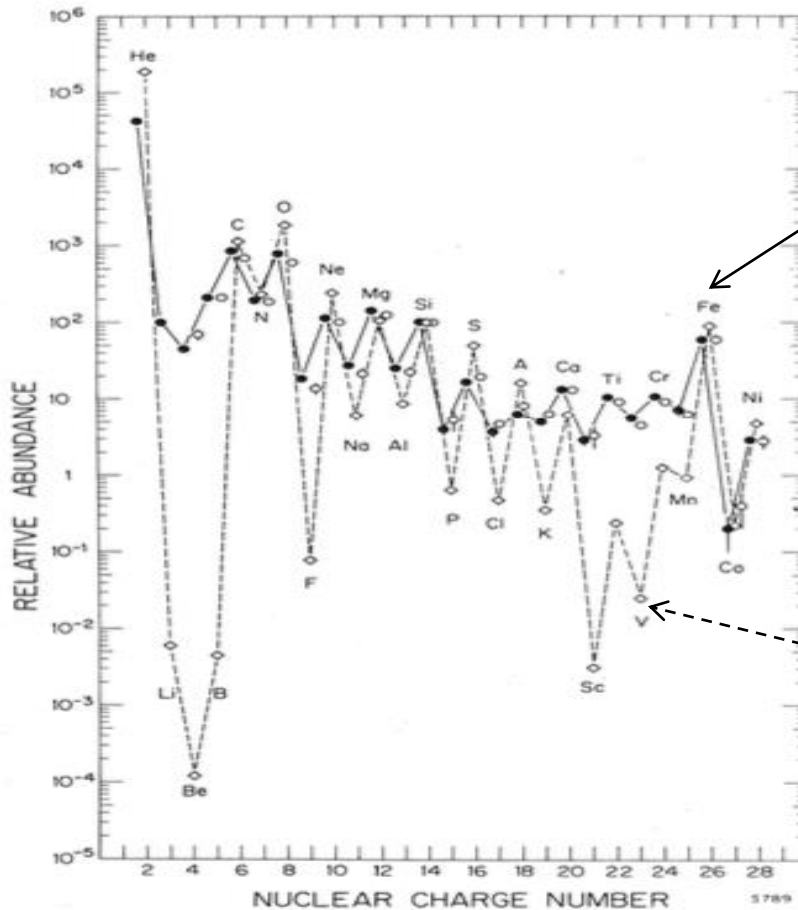
*(Perkins, 2003)*



# ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΦΘΟΝΙΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ Κ.Α.

426

The European Physical Journal H



Cosmic Ray

*This distribution is derived from the analysis of terrestrial, lunar, planetary, and meteoritic material, and from spectroscopic observations of the Sun, and of stars and the interstellar medium [Anders 1982].*

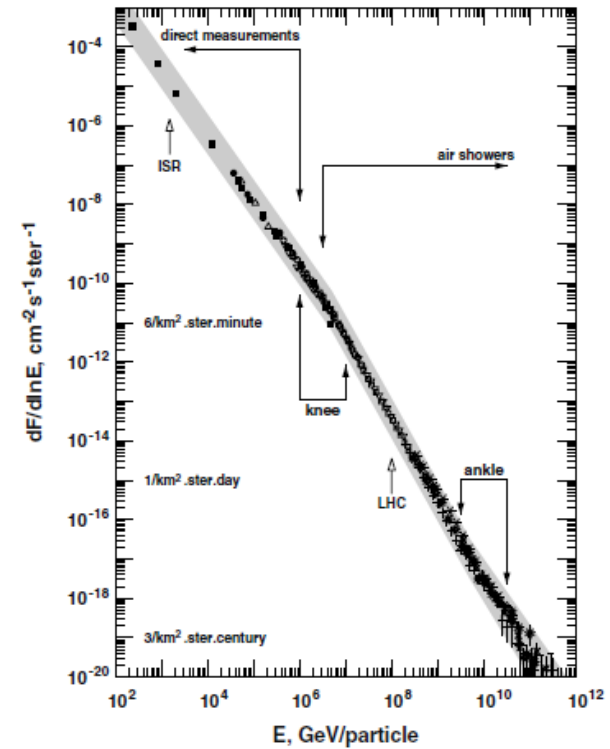
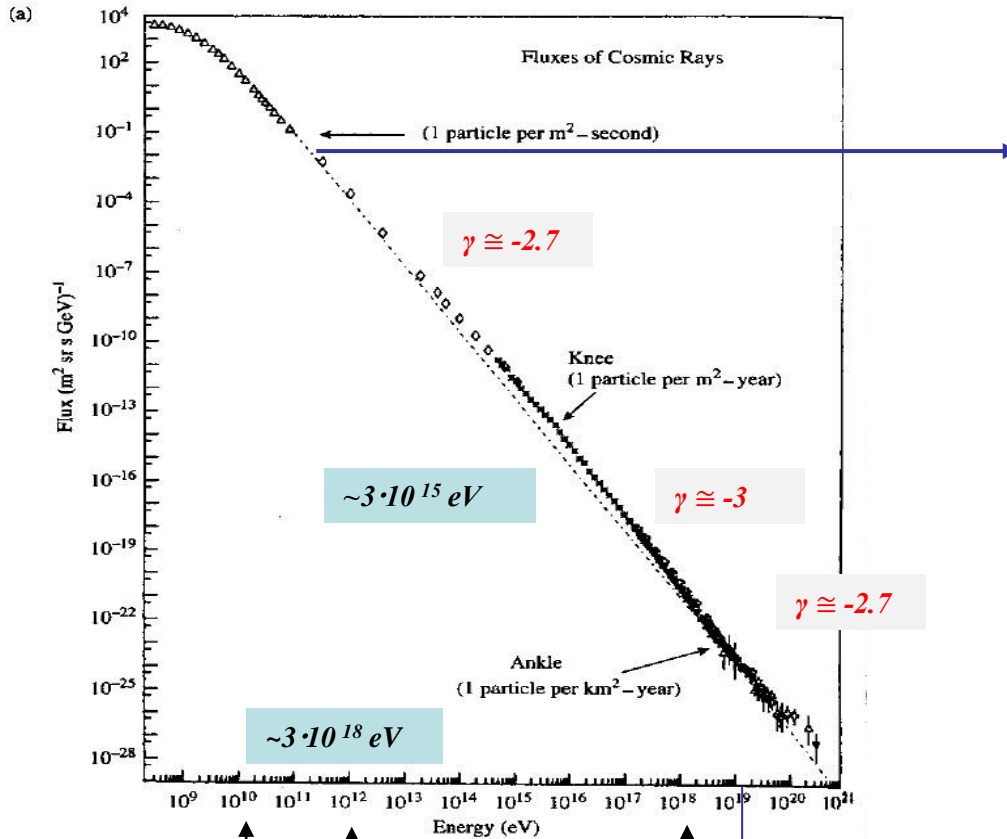
Solar system

**Fig. 11.** Elemental abundances of cosmic rays from helium to nickel measured at Earth, compared to the solar system (or universal) abundance scale, all relative to silicon. Solid circles: low energy ( $70\text{--}280\text{ MeV amu}^{-1}$ ); open circles: high energies ( $1000\text{--}2000\text{ MeV amu}^{-1}$ ); open diamonds: solar system abundances (figure from [Simpson 1983]).

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ Κ.Α.

## Ολοκληρωμένο Φάσμα Κ.Α.

protons



Φάσμα > 100 GeV (Stanev, 2010).

(Perkins, 2003).

GeV

TeV

PeV

EeV

Αγνωστη προέλευση

Γαλαξιακή πρόλευση

Γαλαξιακή ή εξωγαλαξιακή  
προέλευση

Εταιρεία των Φίλων του Λαού

Αθήνα, 2022

# ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΦΑΣΜΑ Κ.Α.

## Ολοκληρωμένο Φάσμα Κ.Α

Ευρύ ενεργειακό φασμα: 14 τάξεις μεγέθους (ενέργειες) -32 τάξεις μεγέθους (ροή)

Καθε ενεργειακή περιοχή -διαφορετική τεχνική ανίχνευσης και καταγραφής.

Χαμηλές ενέργειες –πειράματα σε δορυφόρους,ballons.

Ενέργειες  $> 1 \text{ GeV}$  – επίγειες μετρήσεις ( μετρητες νετρονίων, τηλεσκόπια μιονίων,κλπ)

Υπερυψηλές HEICR- πειραματα ατμοσφαιρικών καταγισμών ( ανιχνευτές που καλύπτουν εκτεταμένες επιφάνειες πανω στη γη καθώς και υπογειοι και υποθαλάσσιοι κυρίως για νετρινα)

Μέγιστο ροής ,  $2 \text{ p/m}^2 \text{ sr Mev}$  στο  $1 \text{ GeV}$ .

Η μέση πυκνότητα ενέργειας για Κ.Α.  $E > 1 \text{ GeV}$ , είναι  $1 \text{ eV/cm}^3$  ή  $1 \text{ MeV/m}^3$  .

Σωματίδια Κ.Α. φτάνουν στην ατμόσφαιρα της Γης με ρυθμό 1000 σωματίδια /m<sup>2</sup>/sec.

Όριο Ατμόσφαιρας

Μαλακή ή ηλεκτρονική- φωτονική συνιστώσα

Σκληρή ή μεσονική συνιστώσα

Νουκλεονική συνιστώσα

Neutron Monitor

# ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ Κ.Α.

## κοντά στην επιφάνεια της Γης

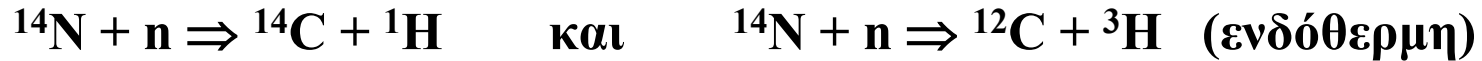
1. **ΣΚΛΗΡΗ** ή **μεσονική συνιστώσα** που αποτελείται από μίονια και νετρίνα και είναι πολύ δεισδυτική. Χαρακτηριστικό είναι ότι μόλυβδος πάχους ενός μέτρου ελαττώνει την έντασή της μόνο στο μισό. (προϊόντα θρυμματισμού και μεταστοιχειώσεις)
1. **Μαλακή** ή **ηλεκτρονική-φωτονική** συνιστώσα που αποτελείται από ηλεκτρόνια, φωτόνια και ποζιτρόνια η οποία απορροφάται σχεδόν τελείως από μόλυβδο πάχους 10 cm. Τα ηλεκτρόνια παράγονται στους ηλεκτρομαγνητικούς καταιγισμούς μαζί με τα φωτόνια.
1. **Νουκλεονική συνιστώσα**, που αποτελείται από πρωτόνια και νετρόνια. Λόγω της ποικιλίας των αντιδράσεων μπορεί να προσδιορισθεί δύσκολα, αλλά είναι η πιο σταθερή συνιστώσα

Η δευτερογενής ΚΑ στην επιφάνεια της θάλασσας αποτελείται από μίονια (80%), ηλεκτρόνια (18%) και πρωτόνια και νετρόνια (1-2%) (*Simpson, 1953*)

---

## Ραδιενεργό πυρήνες στην ατμόσφαιρα

Τα περισσότερα νετρόνια απορροφούνται από πυρήνες  $^{14}\text{N}$  διαμέσου των αντιδράσεων:



5% των νετρονίων με  $E_n > 4\text{MeV}$ .

Ο ολικός ρυθμός σχηματισμού του  $^{14}\text{C}$  στην ατμόσφαιρα είναι  $\sim 2.23 \cdot 10^4 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  και του  $^3\text{H}$   $2 \cdot 10^3 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (συμπεριλαμβανομένου και του τρίτου που σχηματίζεται απ' ευθείας σαν προϊόν θρυμματισμού). Αυτά τα ραδιενεργά προϊόντα σχηματίζονται ψηλά στην ατμόσφαιρα. Στη συνέχεια οξειδώνονται σε  $^{14}\text{CO}_2$ , και  $^3\text{HOH}$  και διαχέονται στην ατμόσφαιρα με το  $\text{CO}_2$  και το  $\text{H}_2\text{O}$ .

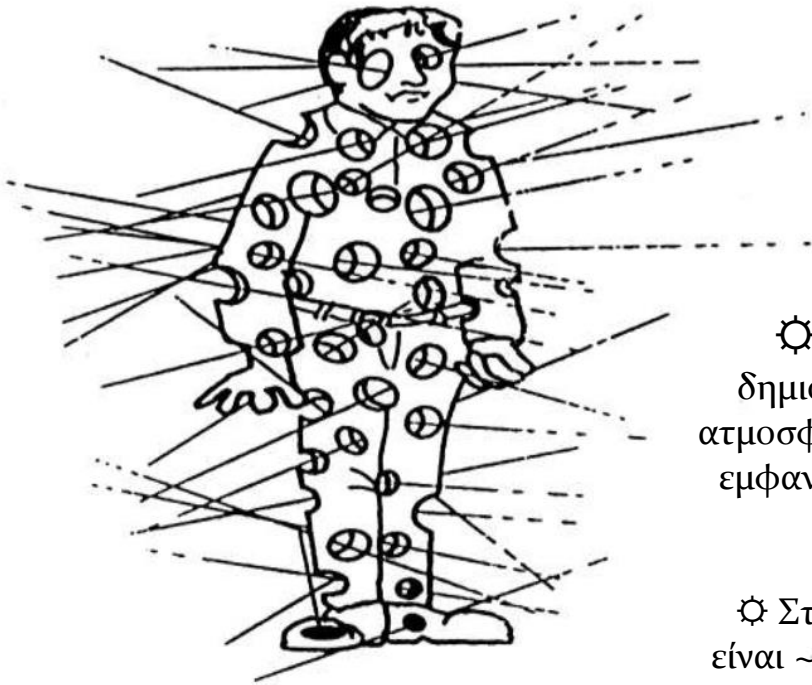
## Ραδιενεργοί πυρήνες στην ατμόσφαιρα

Οι χρόνοι ημίσειας ζωής των  $^{14}\text{C}$  και  $^3\text{H}$  είναι 5568 και 12.46 χρόνια αντίστοιχα. Ο χρόνος παραμονής στην ατμόσφαιρα είναι μόνο 25 χρόνια πριν απορροφηθούν από οργανικά υλικά ή πέσουν σαν βροχή στο έδαφος και στη θάλασσα.

Οι αφθονίες των  $^{14}\text{C}$  και  $^3\text{H}$  μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη χρονολόγηση αγροτικών προϊόντων. Ο  $^{14}\text{C}$  χρησιμοποιείται σε αρχαιολογικές μελέτες και είναι η βάση της χρονολόγησης του ραδιοάνθρακα.

---

# Ατμοσφαιρικοί καταιγισμοί

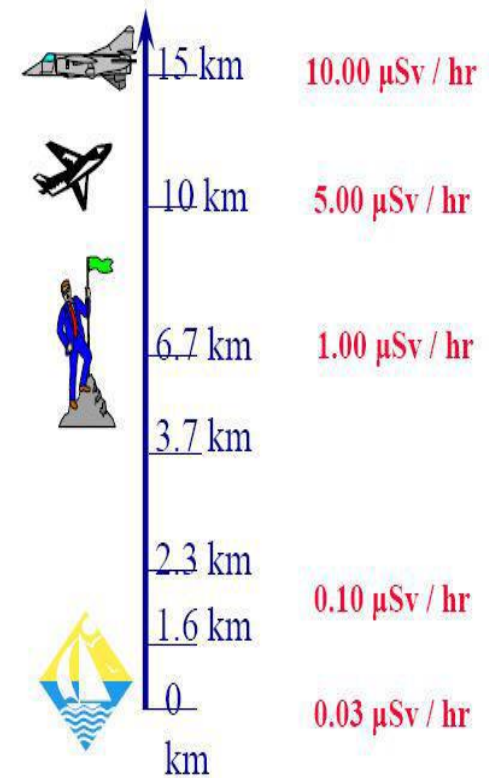


☼ Τα **νετρόνια** που δημιουργούνται από τους ατμοσφαιρικούς καταιγισμούς εμφανίζουν **μέγιστο ροής** ~ **20 km**.

☼ Στα **10 km** τα νετρόνια είναι ~ **1/3** της μέγιστης ροής και στο **έδαφος** το **1/400** της μέγιστης ροής.

100.000 σωματιδία/h διαπερνούν το σωμα μας στην επιφάνεια της θάλασσας.

## Κοσμική ακτινοβολία και υψόμετρο





# Τι είναι άμεσα αντιληπτό από τη βροχη Κ.Α?



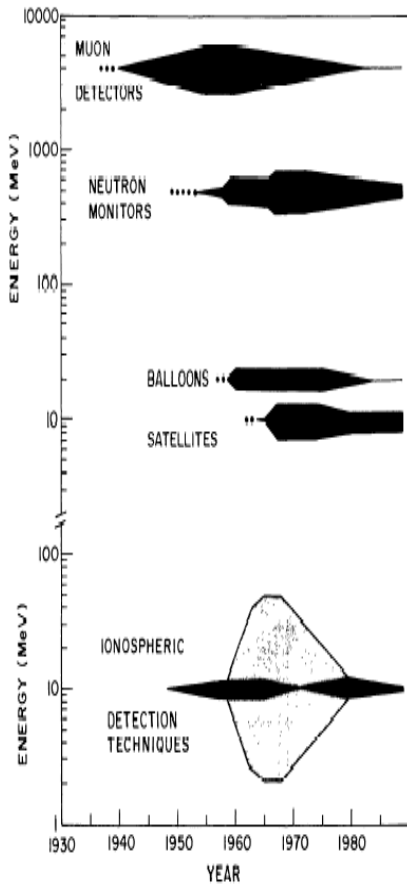
Κ.Α υψηλής ενέργειας-  $O_2$  - φωτόνια με πράσινο χρώμα.

Κ.Α μικρότερης ενέργειας- $O_2$  και  $N_2$ - κόκκινο χρώμα ή τα κόκκινα φωτόνια,.



# Μέτρηση Κοσμικής Ακτινοβολίας

➤ Πρωτόνια στην ενεργειακή περιοχή 10-100 MeV



METEOR

IMP 5,7,8,9

VENERA

PROGNOZ

GOES



SOHO

ULYSSES

ACE



➤ Πολύ μεγάλης ενέργειας πρωτόνια >500MeV

Σχηματική ιστορική αναπαράσταση τεχνικών καταγραφής και ενεργειακά κατώφλια των κοσμικών ακτίνων.



Μετρητές νετρονίων

# Σταθμός Κοσμικής Ακτινοβολίας Πανεπιστημίου Αθηνών



Τύπος	Super 6NM64
Γεωγραφικό πλάτος	37° 58' N
Γεωγραφικό μήκος	23° 47' E
Υψόμετρο	260m
Πίεση	968mbar
Γεωμαγνητικό Κατόφλι Δυσκαμψίας	8.53 GV

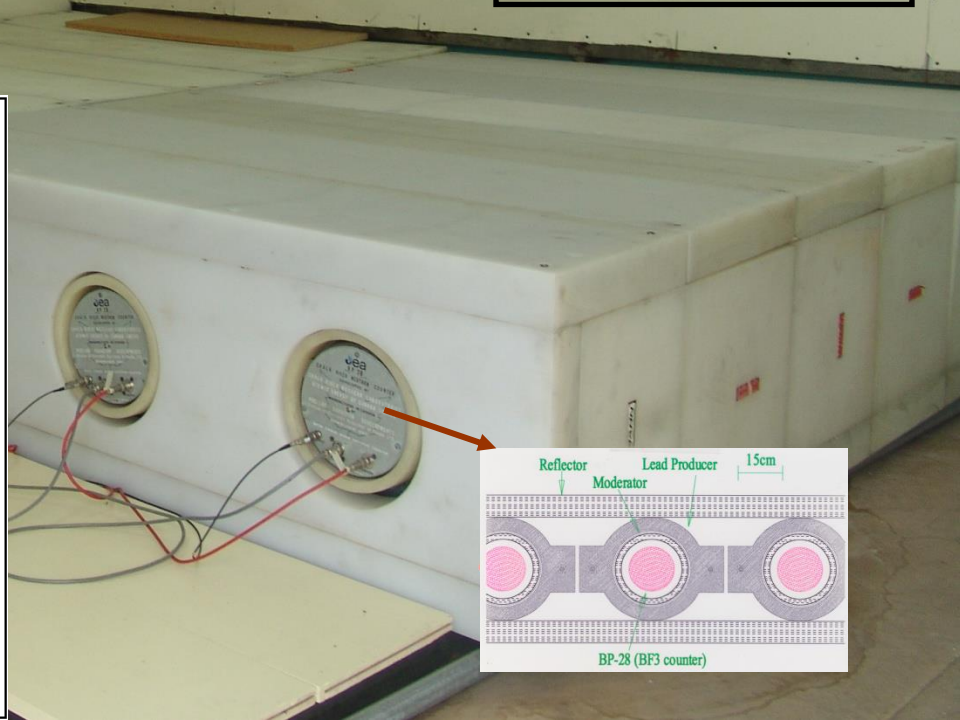
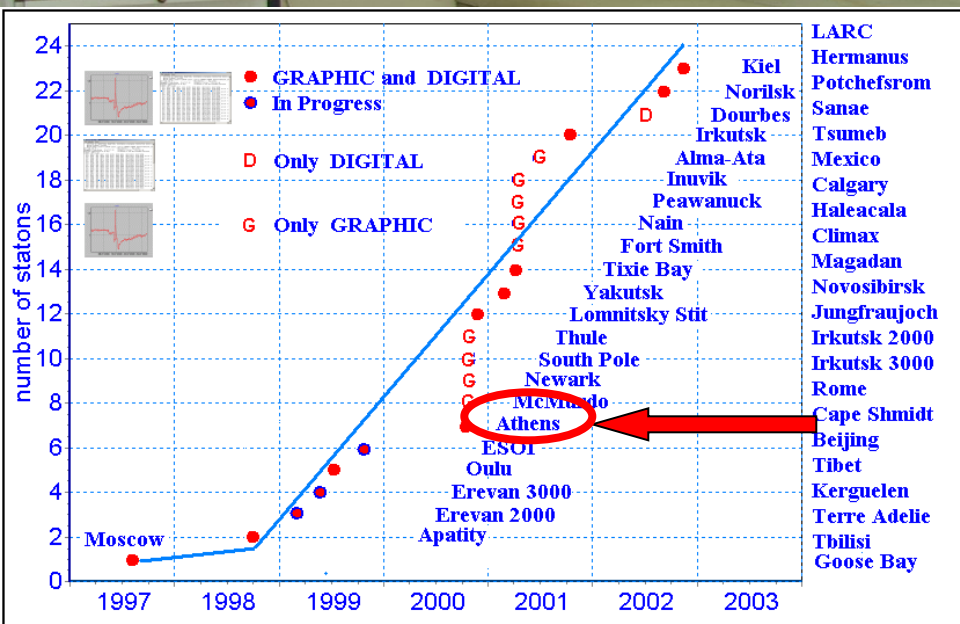


# ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΝΕΤΡΟΝΙΩΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

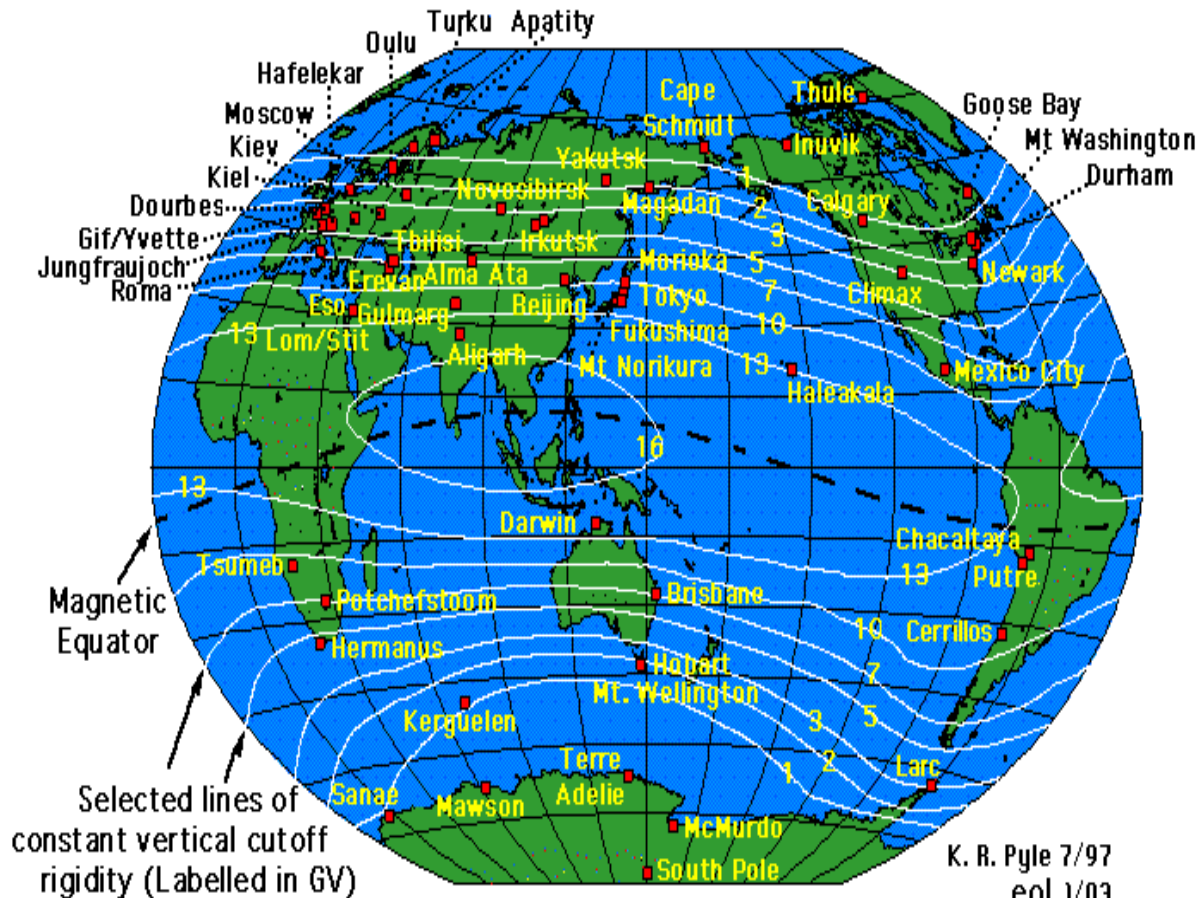
Super 6NM-64  
 $R_c=8.53 \text{ GV}$

Real-time

$37^{\circ} 53' \text{N}$ ,  $23^{\circ} 43' \text{E}$   
 $H=260\text{m}$



# Παγκόσμιο Δίκτυο Μετρητών Νετρονίων



Κατώφλι  
δυσκαμψίας

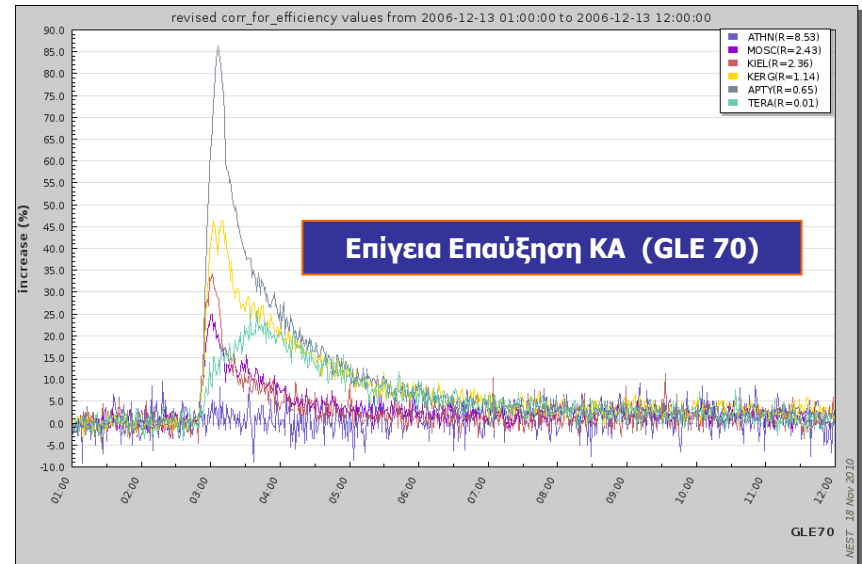
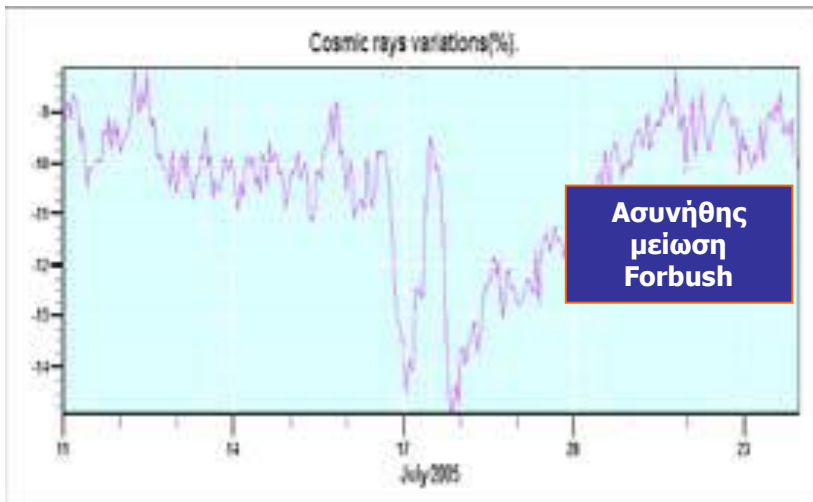
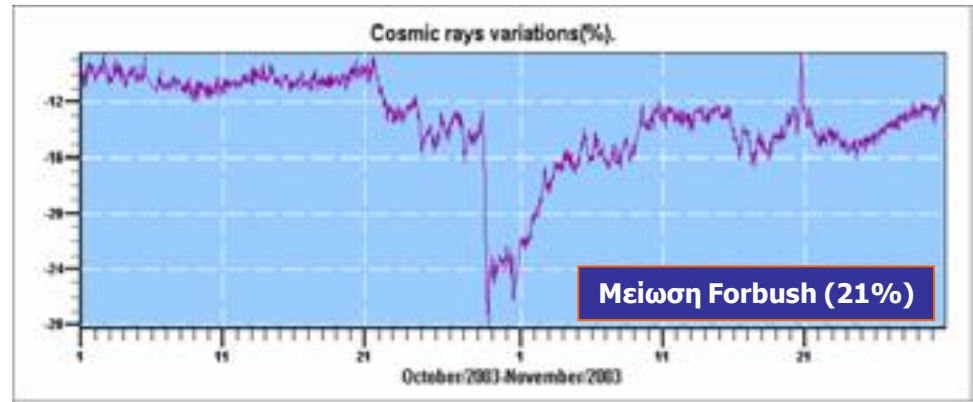
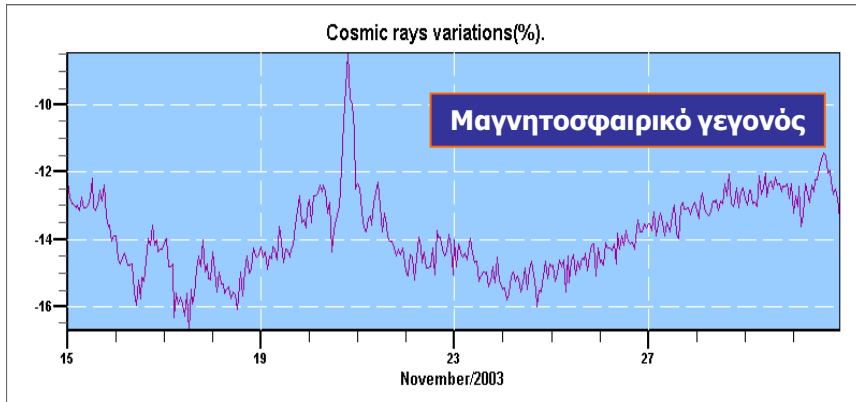
$$0 \text{ GV} \leq R_c \leq 15 \text{ GV}$$



Κατώφλι Ενέργειας

$$0 \text{ GeV} \leq E_c \leq 20 \text{ GeV}$$

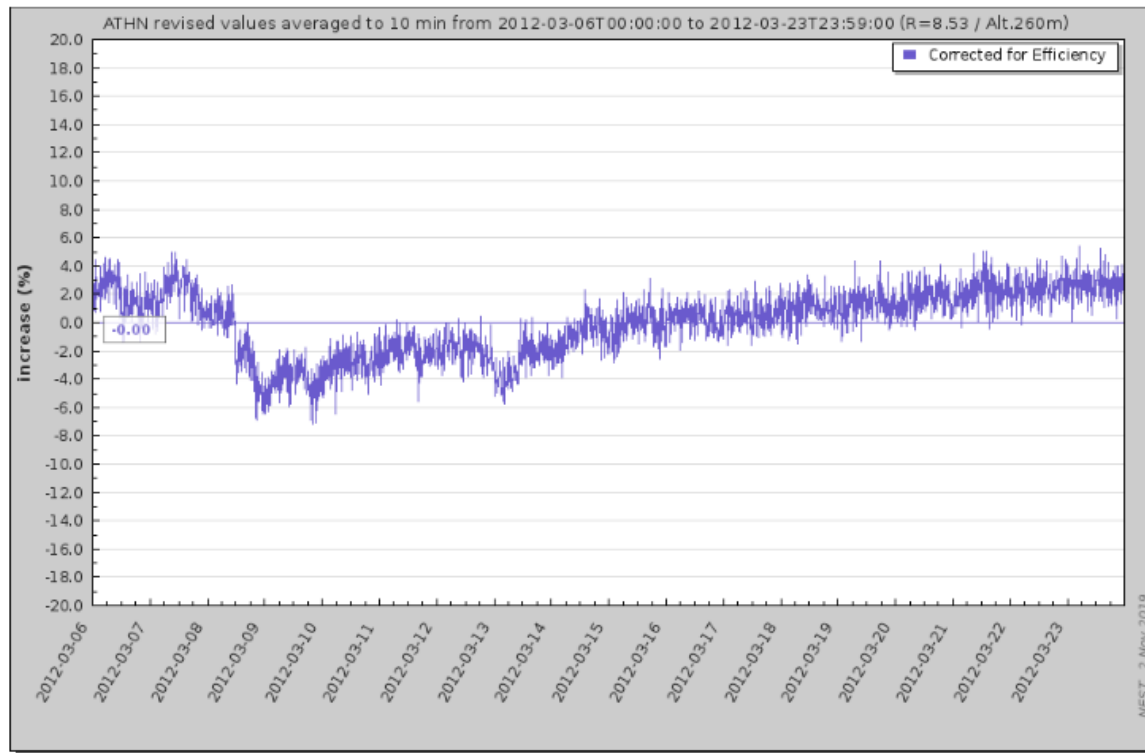
# Τι μετράει ο Μετρητής Νετρονίων?



Χαρακτηριστικά επεισόδια καταγεγραμμένα από το Σταθμό ΚΑ του Πανεπιστημίου Αθηνών

# ΜΕΙΩΣΕΙΣ FORBUSH

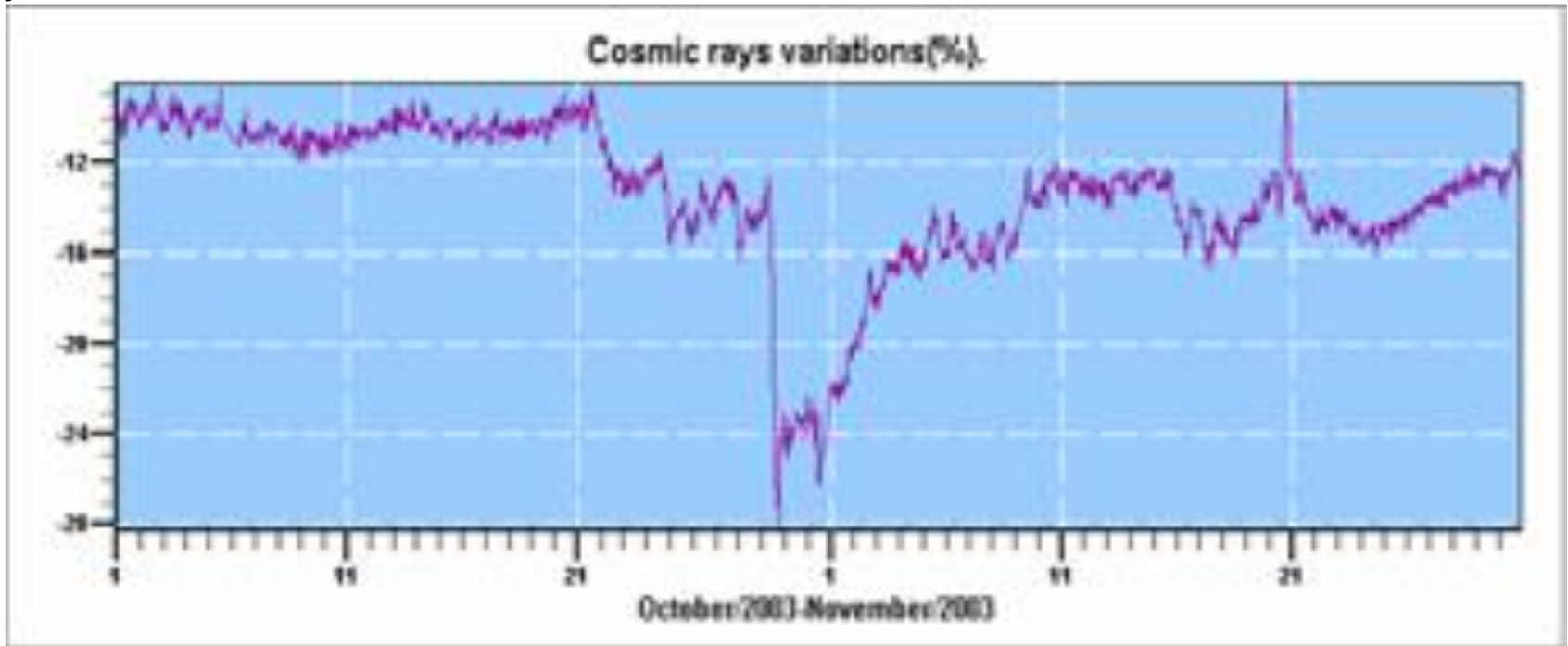
Ελάττωση της έντασης της ΚΑ κατά περίπου 5% σε διάστημα λίγων ωρών μέχρι 2 μέρες. (Lockwood, 1971). Η επάνοδος της κοσμικής ακτινοβολίας στα αρχικά επίπεδα της μείωσης Forbush πραγματοποιείται σε μερικές μέρες.



*Μείωση Forbush όπως καταγράφηκε από το Μετρητή Νετρονίων της Αθήνας στις 09/03/2012  
(<http://www.nmdb.eu>)*

# ΜΕΙΩΣΕΙΣ FORBUSH

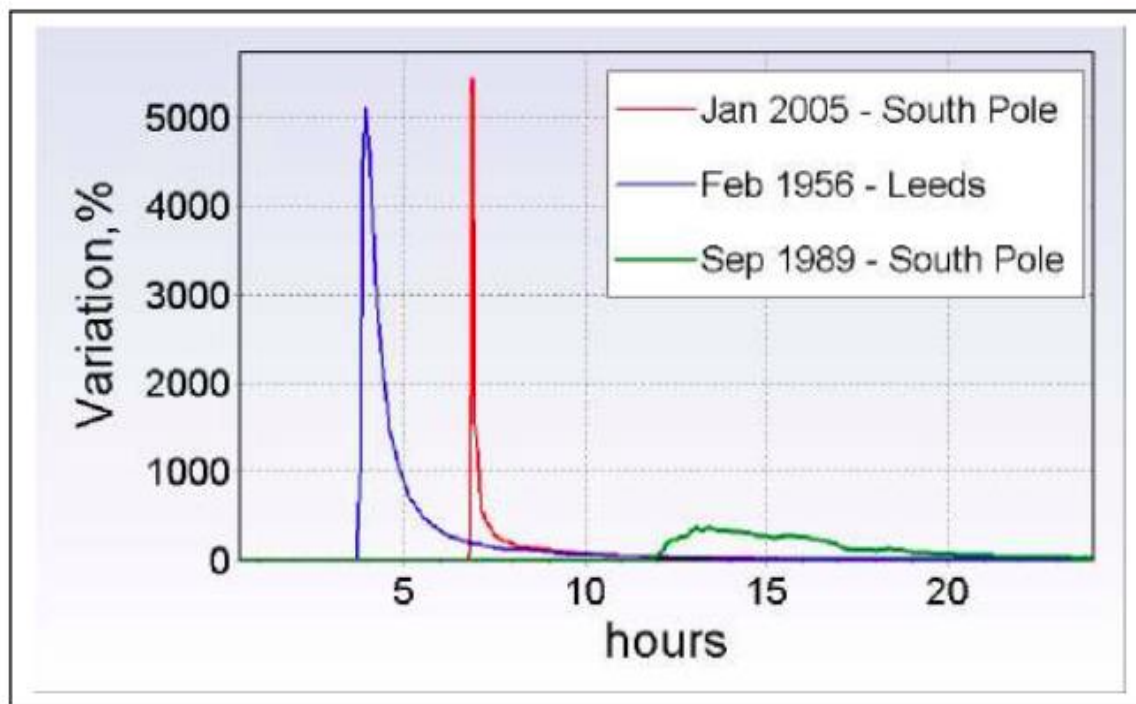
Η επαλληλία μερικών μειώσεων Forbush ονομάζεται καταιγίδα. Είναι συνυφασμένες συχνά με μαγνητικές καταιγίδες αλλά δεν είναι αμφιμονοσήμαντη η αντιστοιχία. Και τα δύο φαινόμενα εμφανίζονται 1-2 μέρες μετά από μια ηλιακή έκλαμψη ή και στεμματική εκπομπή μαζας.



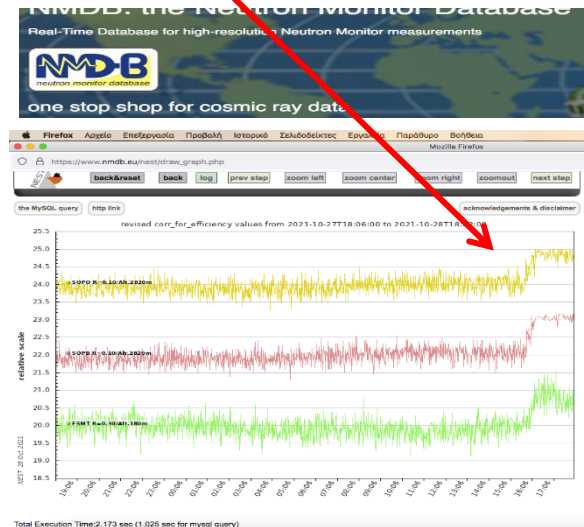
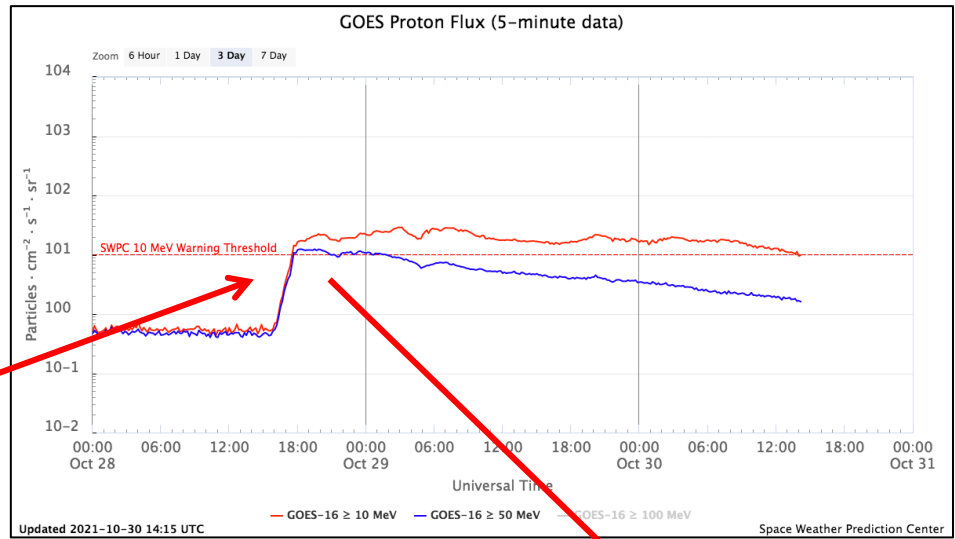
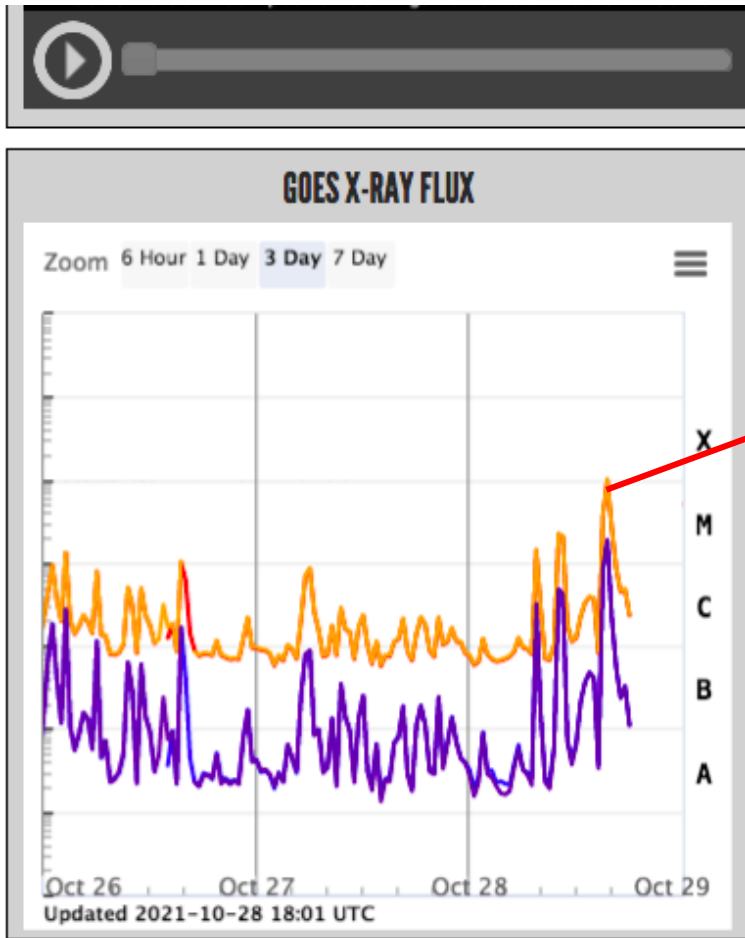
*Μεγαλου πλάτους μείωση Forbush όπως καταγράφηκε από το Μετρητή Νετρονίων της Αθήνας στις  
28/10/2003  
(<http://cosray.phys.uoa.gr>)*



## ΕΠΙΓΕΙΕΣ ΕΠΑΥΞΗΣΕΙΣ



Απότομη αύξηση ρυθμού καταμέτρησης Κ.Α. στους πο επίγειους ανιχνευτές ( Borie and Al-Thoy, 2001)



*X1.0 \_ S26W07 part of the solar disk. This flare accompanied by an asymmetric halo Coronal Mass Ejection (CME) with a linear speed around 1100 km/s.*

# ΕΠΙΓΕΙΑ ΕΠΑΥΞΗΣΗ 28.10.2021 (GLE73)

[the MySQL query](#)

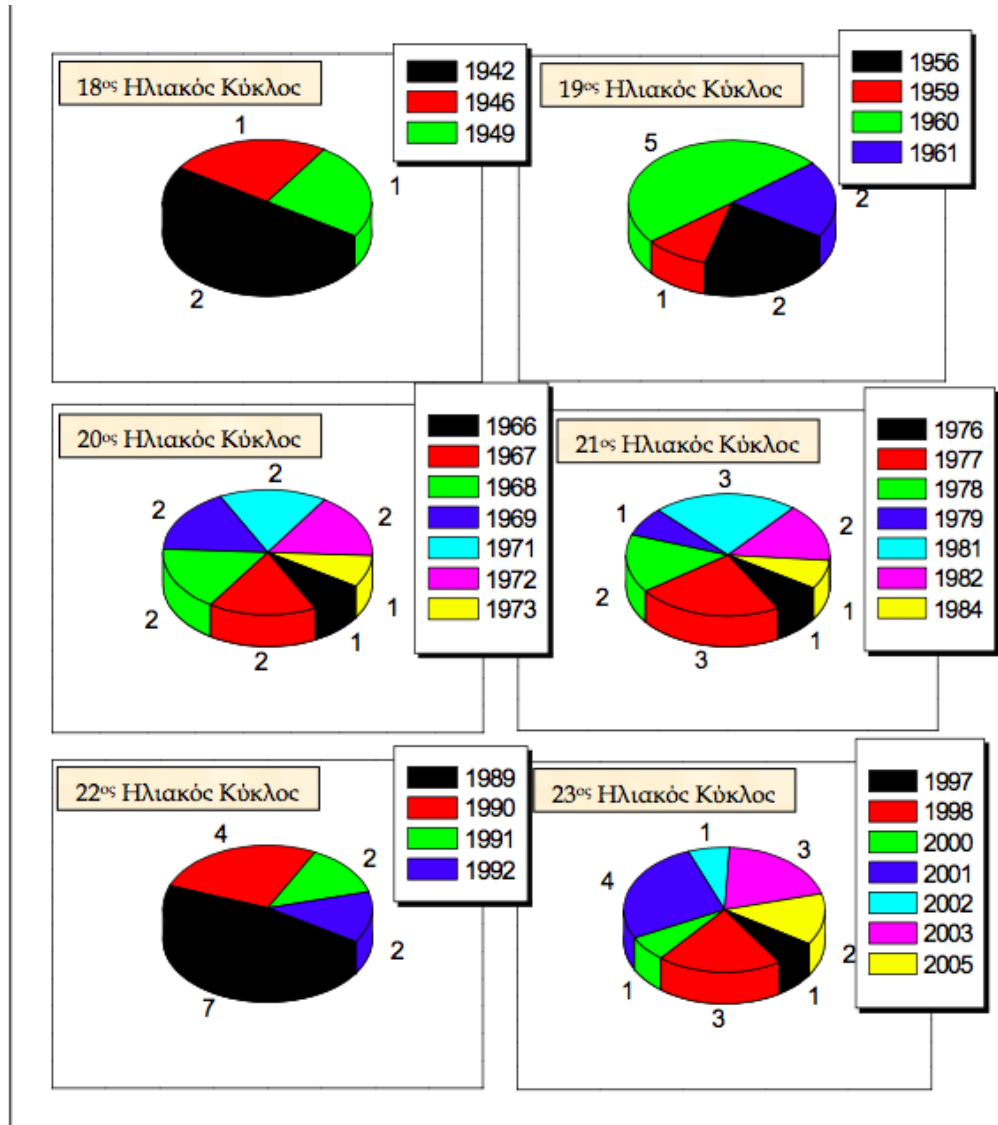
[http link](#)

[acknowledgements & disclaimer](#)



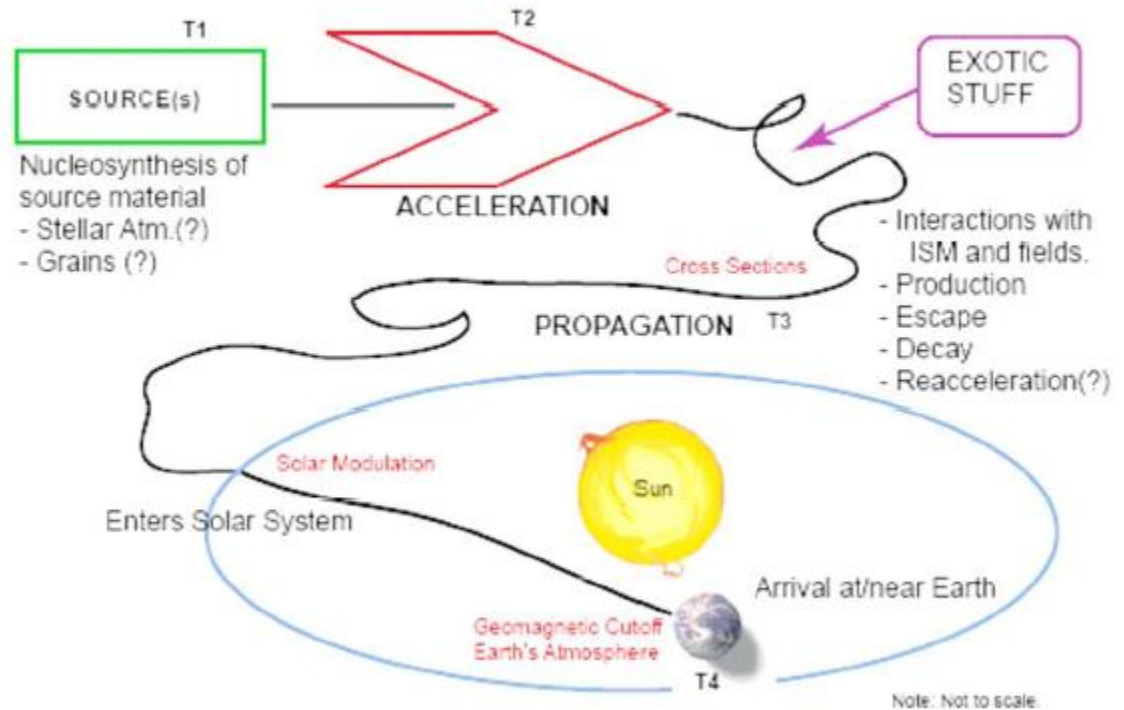
Total Execution Time:2.236 sec (1.037 sec for mysql query)

GLE01: 28.02.1942



# Η ζωή ενός κοσμικού σωματιδίου

- Γέννηση
- Διαφυγή
- Επιτάχυνση
- Κίνηση μέσα στο Γαλαξία
- Αλληλεπίδραση με τον Ηλιακό άνεμο
- Αλληλεπίδραση με τη μαγνητόσφαιρα της Γης
- Αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα της Γης
- Θάνατος (π.χ. σε έναν ανιχνευτή)



[http:// astronomy.nmsu.edu](http://astronomy.nmsu.edu)

**Ευχαριστώ πολύ**