Μάθημα Επιλογής:
Αστροσωματιδιακή και Κοσμική Ακτινοβολία

http://cosray.phys.uoa.gr

ΥΛΗ ΚΟΣΜΙΚΗΣ

- **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

- **ΓΑΛΑΞΙΑΚΗ ΚΟΣΜΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ_ΣΥΣΤΑΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ (πηγές, προέλευση, ιδιότητες, πυκνοτητα ,ισοτροπια, ενεργειακό φάσμα)**

- **ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΚΑΤΑΙΓΙΣΜΟΙ (σύσταση δευτερογενούς Κ.Α. –Ιδιότητες)**

- **ΔΙΑΠΛΑΝΗΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ_ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ ΚΑ (επιδραση ηλιοσφαιρας στη διαμώρφωση Κ.Α., επιτάχυνση σωματιδίων σε ισχυρά κρουστικά κύματα _2^{ος} Fermi, δυναμικος μηχανισμός __1^{ος} Fermi)**

- **ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑ ΑΠΟ ΤΟ ΓΗΙΝΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ (δυναμική κοσμικου σωματιδιου στο γηινο μαγν.πεδίο_θεωρία Stormer, μαγνητική δυσκαμψία, ασυμπτωτκές τροχίες)**

ΥΛΗ ΚΟΣΜΙΚΗΣ

- **ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΚΑ (Ground Level Enhancements_GLE, Forbush Decreases _FD, Magnetospheric events)**

- **ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑ ΑΠΟ ΕΠΙΓΕΙΑ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Μετρητές Νετρονίων, Δίκτυο μετρητών)**

- **ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΡΕΥΝΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑ- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ (Προειδοποιητικά σήματα_ Precursors and GLE Alert, Δοσιμετρία, Forecasting of SPEs, Υγεία, Κλίμα)**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

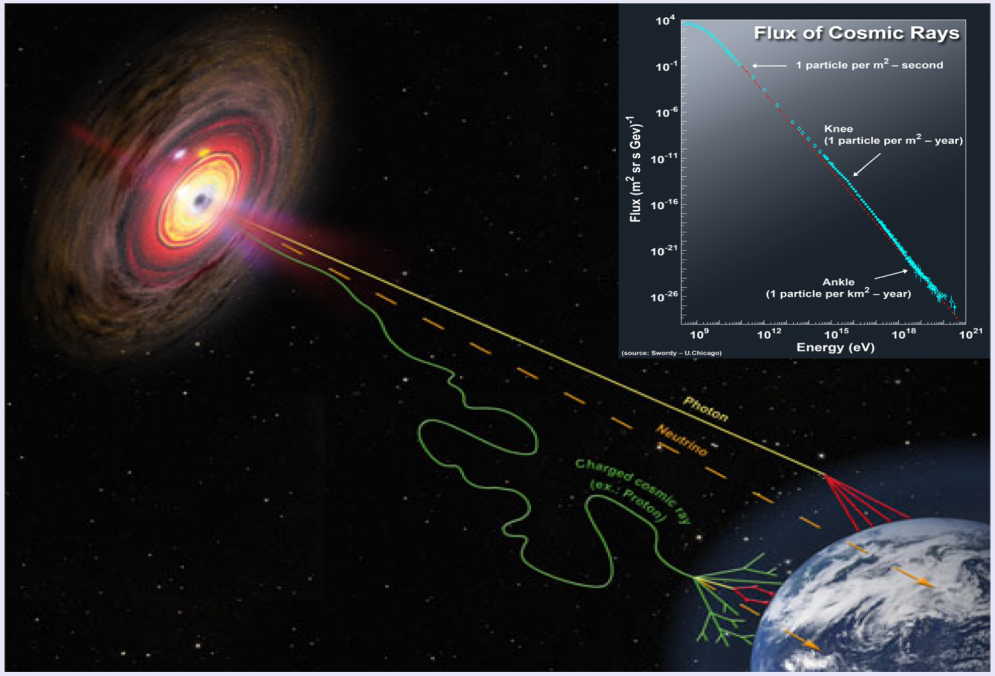
1) **Particle Astrophysics**, *Donald Perkins, ,Oxford University Press, 2003*
2) **Cosmic rays and Particle Physics,** *Gaisser, Engel and Resconi, Gampbridge University Press , 2016*
3) **Cosmic Rays in the Earth's atmosphere and underground** *, L. Dorman, Kluver Academic Publishers, ,2004*
4) *Κοσμική Ακτινοβολία, Ε. Μαυρομιχαλακη, 2005 (Σύγγραμμα από ΕΥΔΟΞΟΣ)*

Κοσμική Ακτινοβολία

σωμάτια υψηλών ενεργειών (10^6 eV - 10^{21} eV)

Εξωδιάστημα + δευτερογενή παραγόμενα (γήινη ατμόφαιρα) (D.Perkins, 2003)

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



ΠΗΓΕΣ?

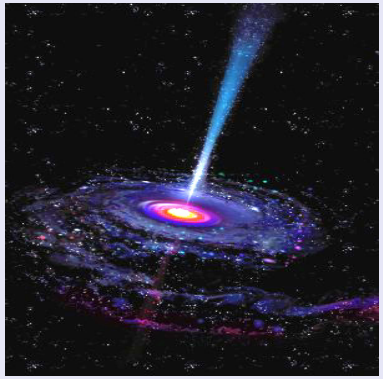
-εντός Γαλαξία (σταθεροι αστέρες-ηλιος, καινοφανείς και supernova,παλομμενοι αστέρες,αστερες νετρονίων διαστρική ύλη)

-εκτός Γαλαξία (Ενεργοι Γαλαξιακοι Πυρήνες AGN, black holes)

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ

Εξωγαλαξιακή CR

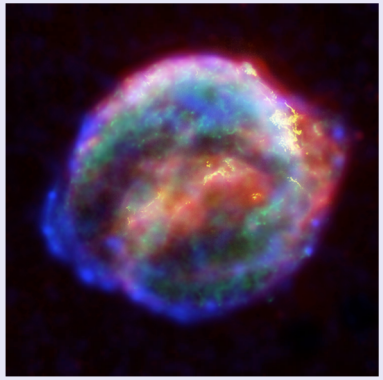
- πολύ υψηλές ενέργειες μέχρι 10^{21}eV (radiogalaxies, quasars)



Active Galactic Nuclei (AGN), Gamma-Ray Bursts (GRB

Γαλαξιακή CR

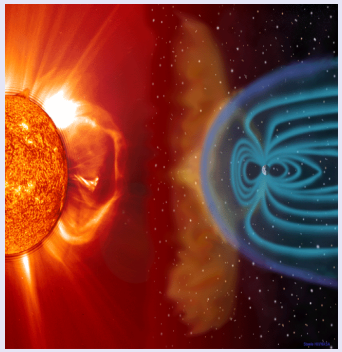
- υψηλές ενέργειες μέχρι 10^{15} - 10^{16}eV (supernova explosions, magnetospheres of pulsars, double stars)



SNR (Supernova Remnant)

Ηλιακή CR

- ενέργειες μέχρι 15-30 GeV



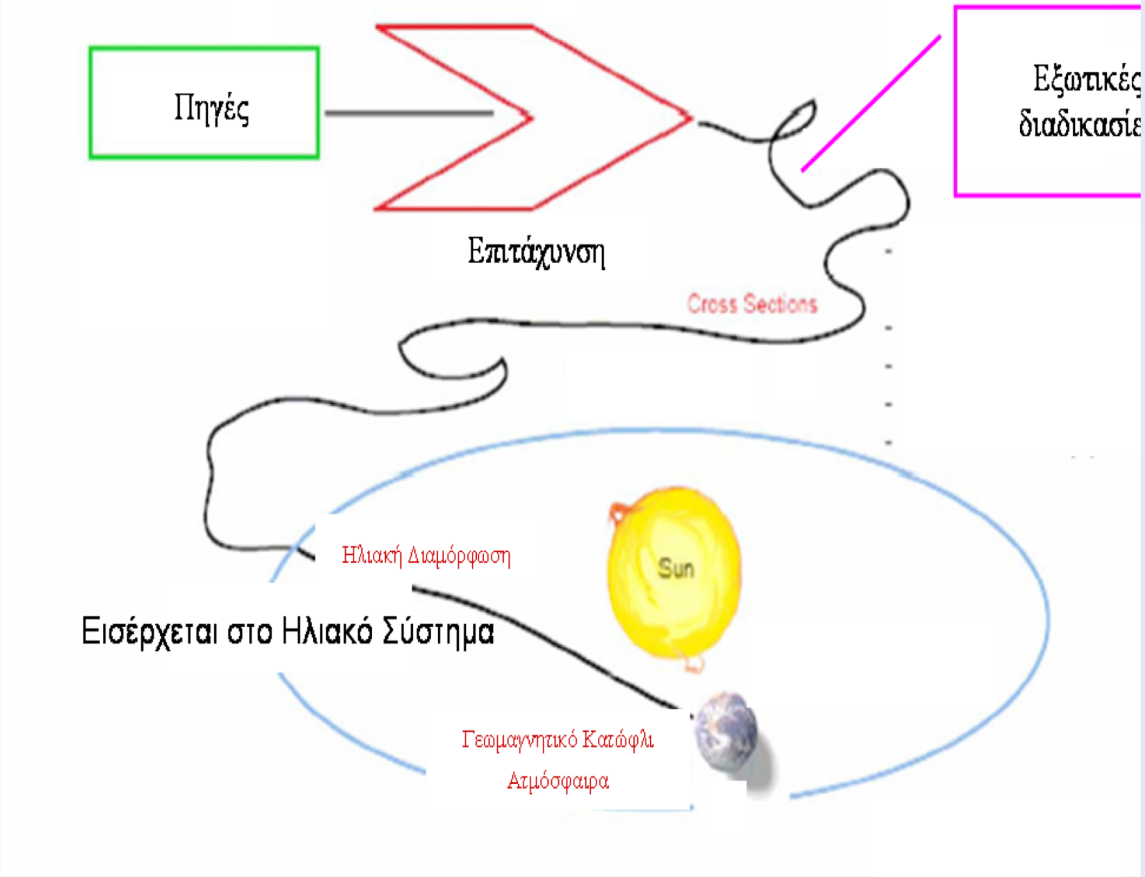
Διαπλανητική CR

- Ενέργειες 10-100MeV

(shock wave at the boundary of heliosphere and external to Earth Magnetosphere)

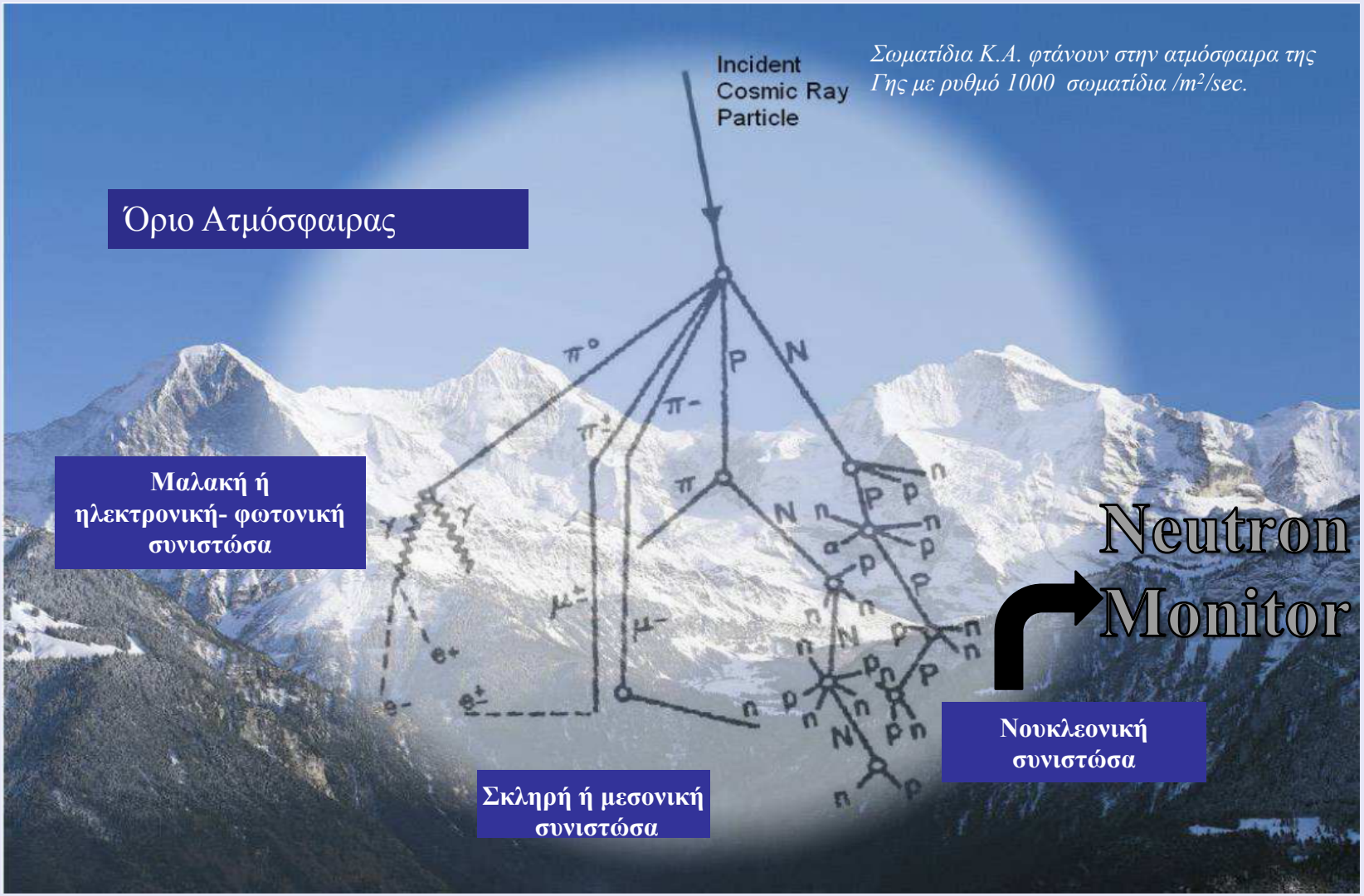
Σχηματική απεικόνιση της ζωής των κοσμικών ακτίνων

- *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)*



ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗΣ Κ.Α.

κοντά στην επιφανεια της γης



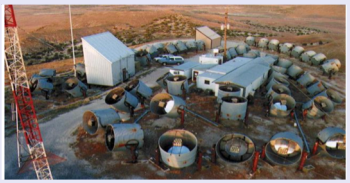
Καταγραφή ΚΑ

- Εκτός Ηλιόσφαιρας *(Voyager 1,2)*

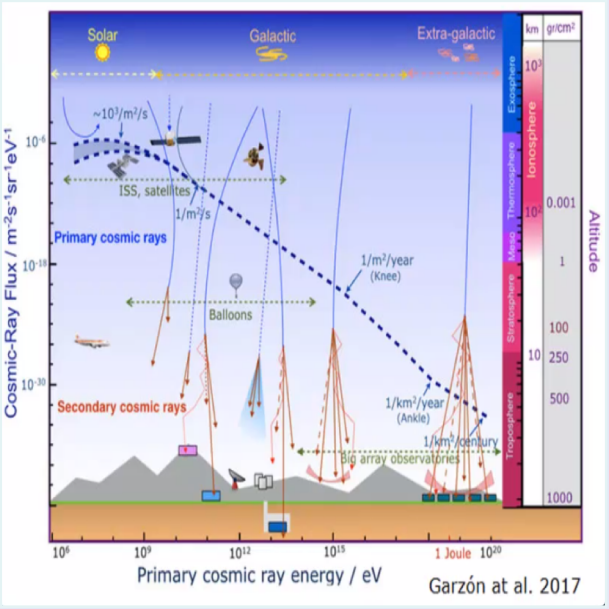
100-150AU

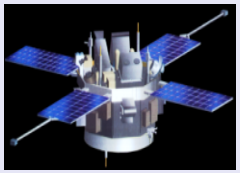
On 15 October 1991

Fly's Eye detects record-breaking cosmic ray: 3.2 x 10^{20} eV



- Εντός Ηλιόσφαιρας

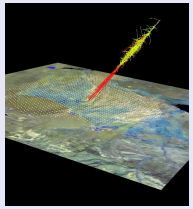




ACE, GOES

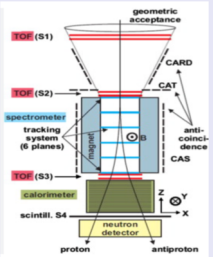
(several MeV-700MeV)

AMS, space experiment /antimater



AUGER, … >10 ^{17} eV

- Εκτός ατμόσφαιρας
- Ψηλά στην ατμόσφαιρα (High altitude ballons)
- Έδαφος (Chernkov light, scintillation, Neutron Monitors)
- Υπόγεια (secondary muons, neutrinos)



PAMELA space experiment

(100MeV –several GeV) Menn et al., 2013

Neutron Monitor (0.5-15GeV)

KM3Net / Neutrino telescope

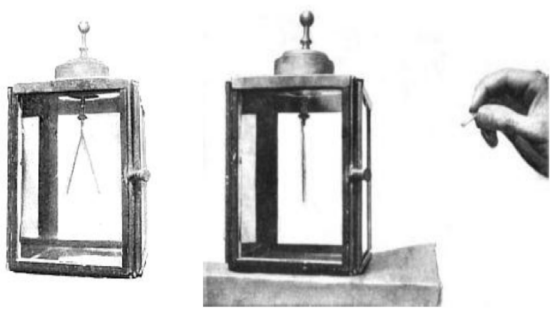
Ice cube : 10^{14} - 10^{18} eV,

In 2013 IceCube presented two events at around 1 PeV

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

1900-1909 : Πειράματα σχετικά με τον ιονισμό και την αγωγιμότητα του αέρα (start Coulomb 1785) . Υπόθεση μονο γ-ακτινοβολία μπορεί να δημιουργήσει παρατηρησιμο ιονισμό του αέρα.(έχει εισαχθεί η α,-β και γ ακτινοβολία)

Rutherford and Cooke (1903) Παρατηρήσεις με ηλεκτροσκόπιο (στρωμα μολύβδου) .Με εκπληξη διαπίστωσαν ότι ακόμη και με θωράκιση 5 τονων Pb ο ιονισμός του αέρα παραμένει 6 pairs of ions in cm^3 per second! (U ↓). Radioactive pollution of a material within the device (self radiation of the device)



Discharge of an electroscope by a radioactive material (Duncan 1902)

↓

Ιονισμός του αέρα - ραδιενεργή προέλεση

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

K. Kurz (1909): τρεις πιθανές πηγές παρατηρήσιμου ιονισμού:

- γ- rays απο το φλοιό της Γης
- Ακτινοβολία από την ατμόσφαιρα
- Ακτινοβολία από το διάστημα

rejected as improbable.

1908-1909 μεταφέρουν τη συσκευή από την επιφάνεια προς τα κάτω το κάτω μέρος ενός ορυχείου αλατιού, παρατηρούν πτώση 28% .

In agreement with the literature, the Earth is the source of the penetrating radiation and that certain waters, soils and salt deposits, are comparatively free from radioactive substances, and can therefore act as efficient screens (Eve, Rutherford)

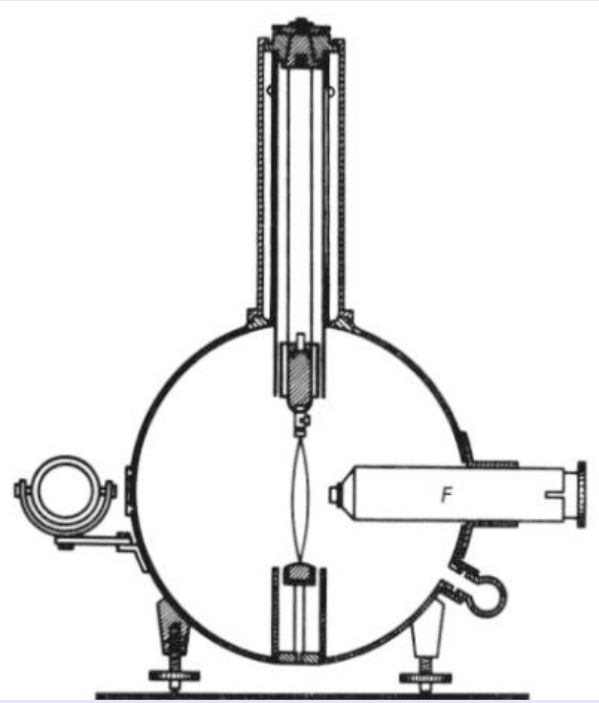
ΚΥΡΙΑΡΧΗ ΙΔΕΑ 1909

Η Γη αποτελεί την κυρια πηγή της ακτινοβολίας-γ και ορισμένα εδάφη, νερα και αποθέσεις αλάτιών είναι συγκριτικά απαλαγμένα απο ραδιενεργές ουσίες.

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

1909 : Theodor Wulf βελτίωσε το ηλεκτροσκόπιο και το έκανε φορητό.

Πρώτη προσπάθεια να μελετήσει τη μεταβολή του ιονισμού με τη απόσταση απο το έδαφος τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα!



Electroscope of T. Wulf (1909). From I. Dorman (M1981).

Η αποφασιστική μέτρηση_ ταξιδι στο Παρίσι με αρκετά ηλεκτροσκόπια.

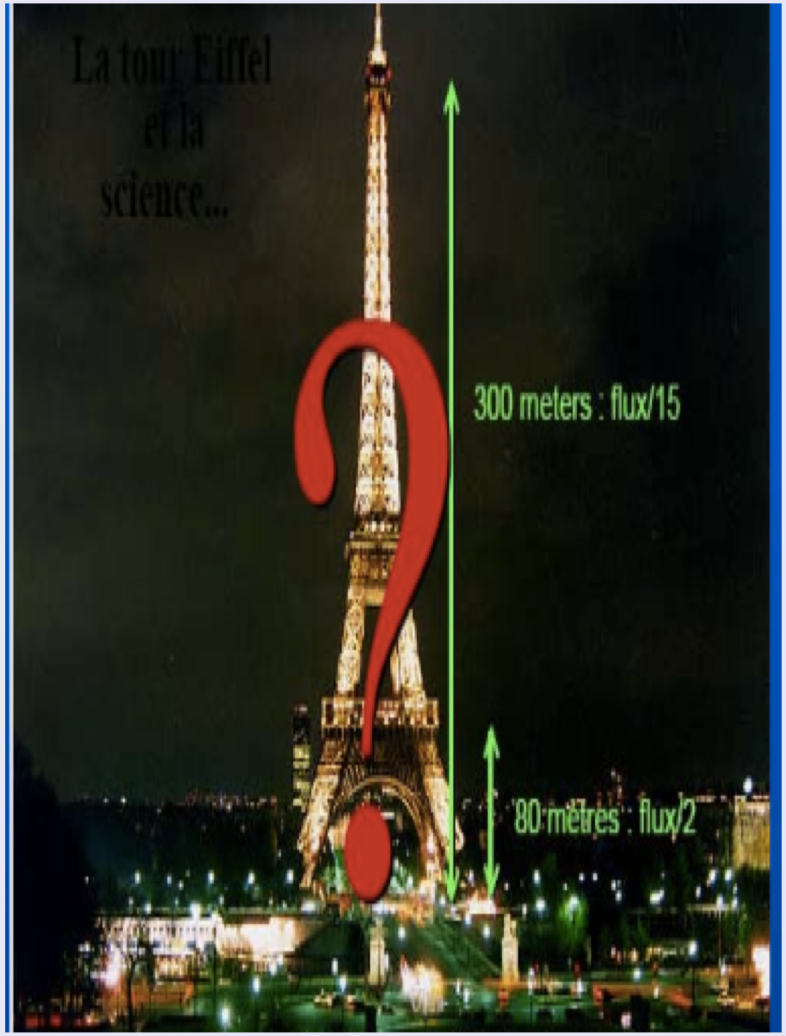
Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

1909 : Theodor Wulf : παρατηρεί ότι ο ιονισμός πέφτει από 6 ιόντα/cm^3 καθώς ανέβαινε στον πύργο του Eiffel (330 m).

Αν ήταν γ-ακτίνες που προέρχονταν από την επιφάνεια της γης αναμένονταν εκθετική μείωση .

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΗ ΣΥΜΒΑΤΑ !

Note: at that time people were convinced that natural radioactivity was mostly due to gamma rays
Taken as a confirmation of the dominant opinion: radioactivity came from the soil



Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

1912: Victor Hess (1883-1964 Αυστριακός Φυσικός

Μετρήσεις με αερόστατα (7 πτήσεις 1911-1912).

- 1000m: ένταση↓ αλλά > 1000 m ένταση ↑
- 7η πτήση (7-8-1912): ύψος 5350 m η ένταση πολλάπλάσια!
- Ιδια ένταση ημέρα και νύχτα.
- Εξάρτηση από ατμοσφαιρικές παραμέτρους

2012: 100 years anniversary!

Table 1.1. The dependence of ionization rate from the altitude. According to Hess (1912)

Average height from the ground, m	Observable ionization rate, ion.cm^{-3}s^{-1}		Average height from the ground, m	Observable ionization rate, ion.cm^{-3}s^{-1}	
	The first device	The second device		The first device	The second device
0	16.3 (18)*	11.8 (20)	1000-2000	15.9 (7)	12.1 (8)
Up to 200	15.4 (13)	11.1 (12)	2000-3000	17.3 (1)	13.3 (1)
200-500	15.5 (6)	10.4 (6)	3000-4000	19.8 (1)	16.5 (1)
500-1000	15.6 (3)	10.3 (4)	4000-5200	34.4 (2)	27.2 (2)

* The figures in brackets mean the number of observations from which the average was obtained.

To show how the ionizing radiation with height changes, V. Hess united 88 values of measurements of the ionization rate, performed at various heights during all seven flights (for each height from the several values received under various conditions, the average undertook). The data are resulted in Table 1.1.

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

- Επιβεβαίωση απο **Kolhoerlster** 9.000m 40φορες μεγαλύτερη από την επιφάνεια της θάλασσας (80 ions/cm^3 s από 2 ions/cm^3 s) !
- Ο συντελεστης εξασθένισης της ακτινοβολίας υπολογιζεται a=10^{-5} cm^{-1} ενώ ο αντίστοιχος της ακτινοβολίας-γ είναι a= 4.5 10^5 cm^{-1} Αρα πιο διεισδυτική απο γ της φυσικής ραδιενεργειας!

The radiation discovered was called "penetrating radiation" or " ultra-gamma radiation" by V. Hess

Ερώτημα: πρόλευση της "penetrating radiation"?

Απάντηση **1926:** Millikan and Cameron βασιζόμενοι σε πολλά πειραματικά δεδομένα υποστήριξαν οτι πρόκειται για ακτίνες-γ πιο διεισδυτικές από αυτές της φυσικής ραδιενέργειας οι οποιες ΔΕΝ προέρχονται από την ατμοσφαιρα αλλά από το διάστημα και εδωσε το όνομα **Κοσμικές Ακτίνες_ Cosmic rays!!**

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

Είδος ακτινοβολίας? Charged or neutral?

Κ.Α: γ-ακτινοβολία λόγω της υψηλής διεισδυτικότητας (οχι γνωστή η διεισδυτικότητα των σχετικιστικών φορτισμένων σωματιδίων)

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

➡

the intensity of CR on poles should be much more than on the equator, i.e. there must exist a latitude effect of CR

Επιβεβαιωση Arthur Compton organized a world wide survey of the dependence of cosmic intensity on geomagnetic latitude.

Moreover, in the 1930s it was shown by investigations of West-East CR asymmetry that the majority of primary CR must be positive energetic particles. Later, in the 1940s – 1950s, it was established by direct measurements at high altitudes on balloons and rockets that, for the most part, cosmic rays are energetic protons, about 10% He nuclei, 1% more heavy nuclei, energetic neutrino, electrons, positrons, and energetic gamma rays.

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

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. Οι πρώτες ανακαλύψεις έρχονται από βελτιώσεις σε παλαιότερα πειράματα του Skobeltsyn με θαλάμους αερίου και ακολουθούν και πολλά άλλα.

Πρώτη ευκαιρία να παρατηρήσουμε αγνωστα σωματίδια πριν φταιξουμε το CERN, Fermilab και άλλους επιταχυντές!

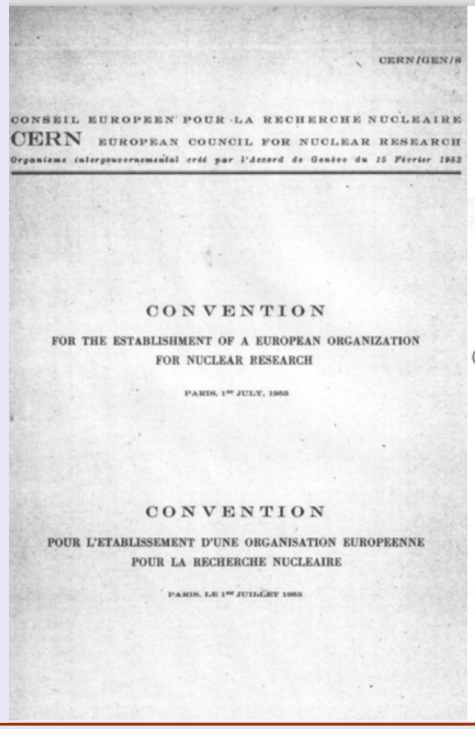
1930 :Anderson και Millikan χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνήτη δέκα φορές ισχυρότερο από αυτόν του Skobeltsyn για την παρατήρηση τροχιών σωματιδίων μέσα σε θάλαμο αερίου παρατηρούν καμπυλωμένες τροχιές σωματιδίων που είναι ίδια με τα ηλεκτρόνια αλλά έχουν αντίθετο φορτίο.

1933 Πειράματα βασισμένα σε βελτιωμένη τεχνική των Blackett-Occhialini επιβεβαιώνουν την παραπάνω ανακάλυψη. Η τεχνική αυτή βασίζεται στο ότι ο θάλαμος αερίου ενεργοποιείται μόνο αφού είναι σίγουρο ότι μια κοσμική ακτίνα πέρασε. Με αυτόν τον τρόπο κατάφεραν να πάρουν μερικές πολύ καλές φωτογραφίες των "θετικών ηλεκτρονίων" (ποζιτρονίων). Η ανακάλυψη αυτή συμπίπτει χρονικά με τη θεωρία του ηλεκτρονίου του Dirac. Σε μια από τις πιο μεγάλες επεκτάσεις της κβαντικής μηχανικής, ο Dirac έδωσε τη σχετικιστική εξίσωση κύματος του ηλεκτρονίου που όχι μόνο προβλέπει το spin και τη μαγνητική ροπή αλλά την ύπαρξη επίσης ενός "αντισωματιδίου" του ηλεκτρονίου, **του ποζιτρονίου**.

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	ν_μ	accelerator	spark chamber	Production of μ and not e
1934				
1935	e^-	discharge tube	fluorescent screen	Ratio e/m
1936	e^+	cosmic rays	cloud chamber	Charge, mass
1937	μ^+, μ^-	cosmic rays	cloud chamber	Absence of radiation loss in Pb; decay at rest; mass
1938				
1939	π^+	cosmic rays	nuclear emulsion	$\pi-\mu$ decay at rest
1940	π^-	cosmic rays	nuclear emulsion	Nuclear interaction at rest
1941				
1942	π^0	accelerator	counters	Decay into γ-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	η	accelerator	bubble chamber	Total mass of decay products
1949				
1950	p	discharge tube	spectroscopes; mass spectrometers	Charges and masses of ions
1951				
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	Λ	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $p\pi^-$ in flight
1958	$\bar{\Lambda}$	accelerator	nuclear emulsion	Decay to $\bar{p}\pi^+$ in flight
1959	Σ^+	cosmic rays	nuclear emulsion	Decay at rest
1960	Σ^-	accelerator	diffusion chamber	Decay to $n\pi^-$ in flight
1961	Σ^0	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda\gamma$ in flight
1962	Ξ^-	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $\Lambda\pi^-$ in flight
1963	Ξ^0	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda\pi^0$ in flight
1964	Ω^-	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Xi^0\pi^-$ in flight
1965	Very many "resonance" particles with			
1966	lifetimes $\sim 10^{-23}$ to 10^{-19} s			
1967		accelerator	bubble chambers	Total mass of decay products
	?"Fireballs"	cosmic rays	nuclear emulsion	Angles of meson emission
	Quarks?	not found with accelerators; being sought in cosmic rays		Charge $\frac{1}{3}$ or $\frac{2}{3}e$

Ανακάλυψη των Κοσμικών Ακτίνων – Ανάπτυξη της Ερευνας

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.



CERN/GEN/8

CONSEIL EUROPEEN POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE
CERN EUROPEAN COUNCIL FOR NUCLEAR RESEARCH
Organisme intergouvernemental créé par l'Accord de Genève du 15 Février 1952

CONVENTION

FOR THE ESTABLISHMENT OF A EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

PARIS, 1ᵉʳ JULY, 1953

CONVENTION

POUR L'ETABLISSEMENT D'UNE ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE

PARIS, LE 1ᵉʳ JUILLET 1953

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

1960 Ανιχνευτές σωματιδίων ΚΑ τοποθετούνται σε δορυφόρους και δίνουν πληροφορίες για την ΚΑ χαμηλών ενεργειών, καθώς η παρατήρηση για ψηλότερες ενέργειες γίνεται από το έδαφος μέσω των δευτερογενών σωματιδίων που παράγονται και φθάνουν στην επιφάνεια της Γης.

Δορυφορικές Μετρήσεις

2011

International Space Station (ISS).

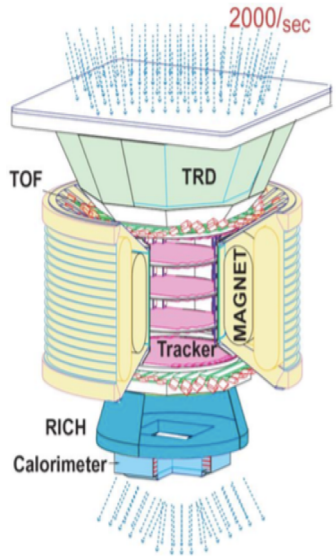


Figure 22.6. The Alpha Magnetic Spectrometer, AMS-02 (Gentile, 2003). The detector components are. Transition Radiation Detector (TRD), Time-of-flight Scintillators (TOF), Silicon Tracker (Tracker), Ring Imaging Cherenkov detector (RICH), lead/plastic fiber calorimeter (ECAL), the anticoincidence counters are located in the inner side in the magnet. The arrows represent the acceptance of CR particles, ~ 2000 s^{-1}.

Επίγειες Μετρήσεις

WORLD-WIDE MUON TELESCOPE NETWORK

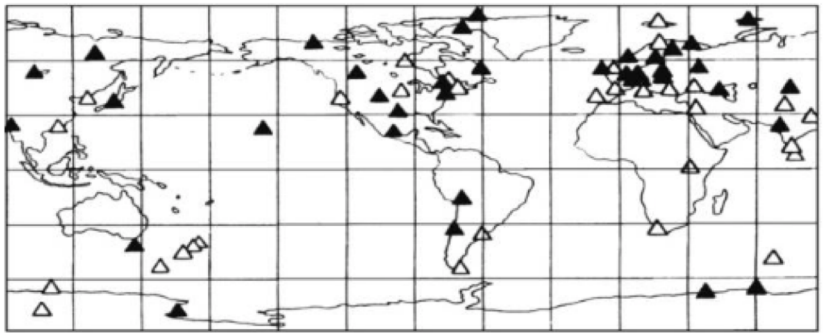


Figure 17.7. Planetary distribution of ground based muon telescopes. Black triangles – operating in 1975, white triangles – operating before 1972. From Dorman, M1975a.

→ επιγειοι

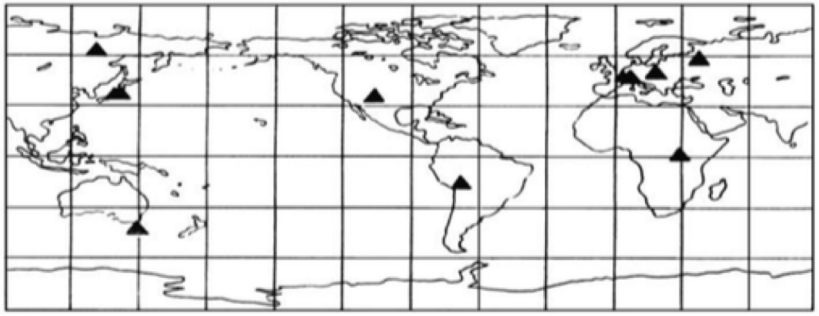


Figure 17.8. Planetary distribution of underground muon telescopes. Black triangles – operating in 1975. From Dorman, M1975a.

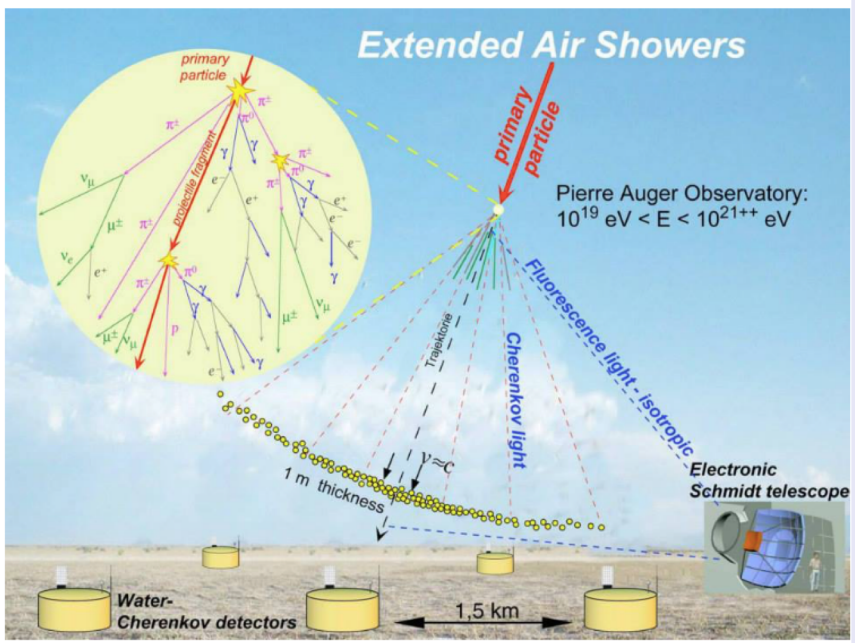
→ υπόγειοι

Πρωταρχικοί πυρήνες κοσμικής ακτινοβολίας με ενέργεια >4 GeV έχουν την απαιτούμενη ενέργεια προκειμένου να διεισδύσουν στην ατμόσφαιρα. Η ανίχνευση των μιονίων γίνεται εφικτή ,για παράδειγμα, με την χρήση του απαριθμητή Geiger-Müller ή του απαριθμητή σπινθηρισμών.

Επίγειες Μετρήσεις

EXPERIMETS ULTRA HIGH ENERGY COSMIC RAYS

Pierre Auger Observatory greatest recent EAS Project.



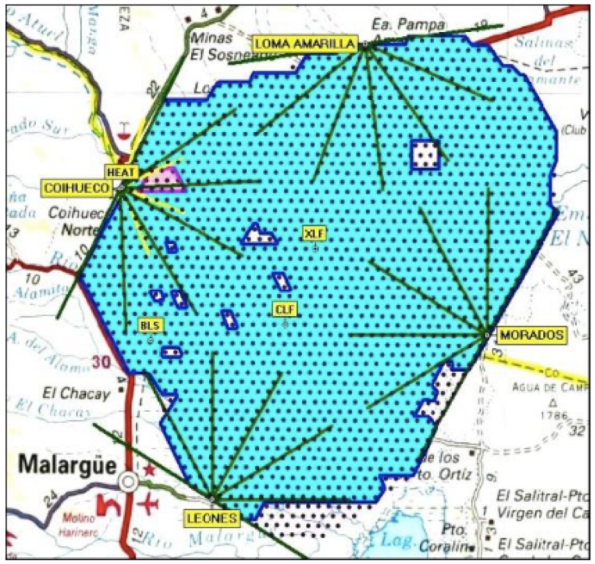


Figure 20.5. Layout of the Auger Observatory in Mendoza Province (Cronin, 2001).

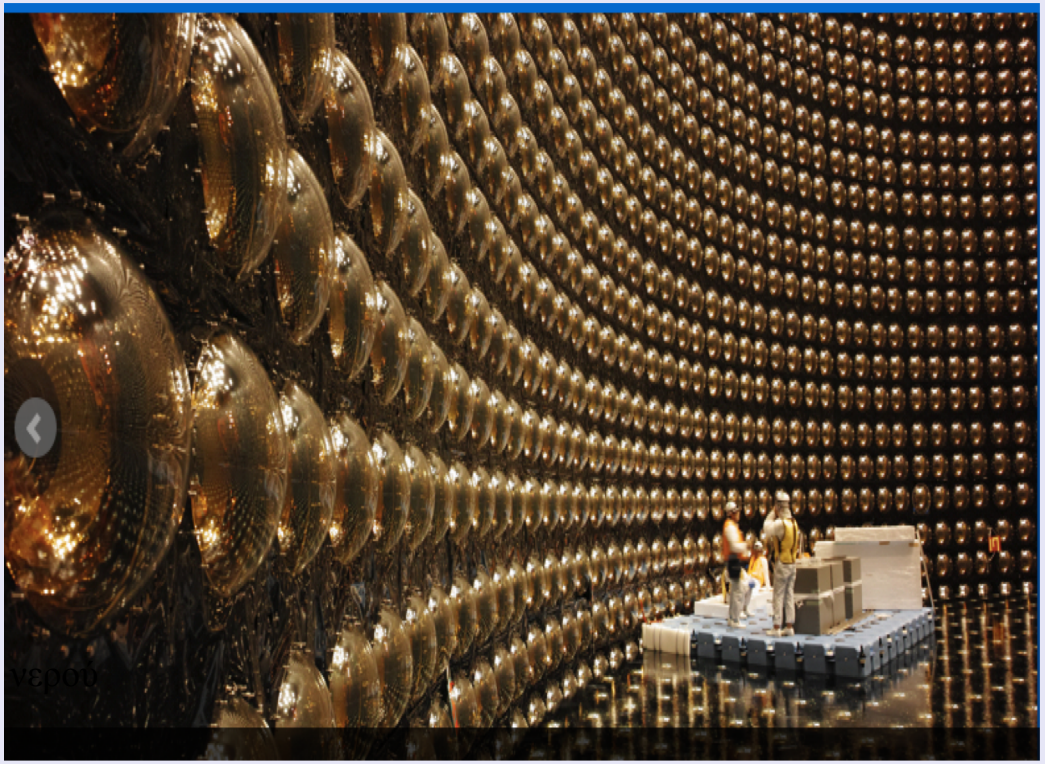
The flux of CR is about 1/km2/century/sr above 10^{20} eV so a large detection area of 3,000 km^2 has been chosen for each Observatory

Επίγειες Μετρήσεις

NEUTRINO EXPERIMENTS

Super-Kamioka Neutrino Detection Experiment,

εγκατεστημένος χίλια μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, στο ορυχείο Μοζούμι. Σχεδιάστηκε για την ανίχνευση νετρίνων υψηλής ενέργειας και τη μελέτη τόσο των ηλιακών, όσο και των ατμοσφαιρικών νετρίνων.



κυλινδρική δεξαμένη με 50 χιλιάδες τόνους καθαρού νερού
13 χιλιάδες Cherenkov

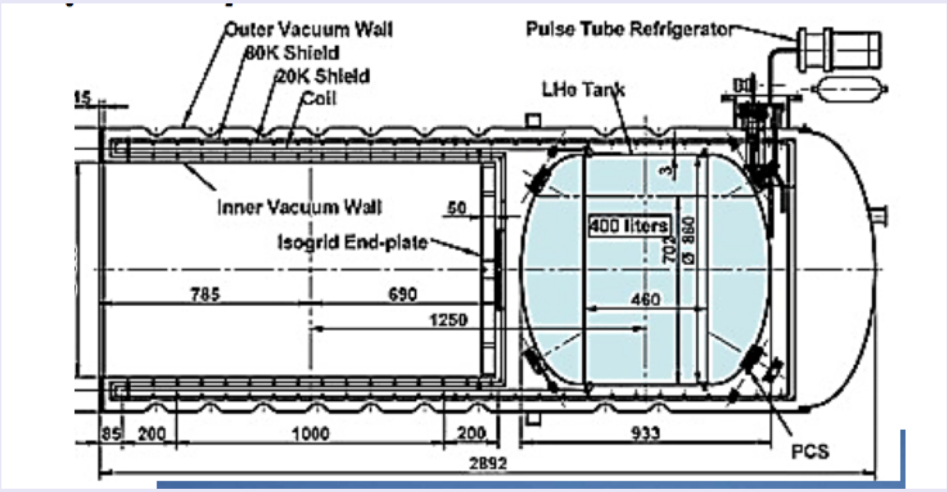
K2K is an international collaboration of physicists, organized to study the properties of the subatomic particles called neutrinos

Επίγειες Μετρήσεις

Ανιχνευτές σε Ballons

Τα σύγχρονα μπαλόνια μεταφέρουν ανιχνευτές σε ύψη 40-70 km.

BESS (Balloon Borne Experiment with Superconducting Solenoidal Spectrometer)



Εξωτερικοί σπινθηριστές μετρούν χρόνο πτήσης, θάλαμοι ολίσθησης μετρούν την τροχιά. Ένα ελαφρύ υπεραγώγιμο πηνίο, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, εσωτερικοί θάλαμοι ολίσθησης για τον υπολογισμό της ορμής.

Σ' αυτά τα μεγάλα ύψη,η ατμόσφαιρα πάνω από το μπαλόνι είναι αμελητέα για την Κοσμική Ακτινοβολία, κι επομένως οι ανιχνευτές που φέρουν τα μπαλόνια παρατηρούν απ' ευθείας τα πρωταρχικά σωμάτια της Κοσμικής Ακτινοβολίας. Υπ' αυτήν την έννοια μοιάζουν με τους δορυφόρους χαμηλής τροχιάς, αλλά είναι πολύ πιο φτηνοί και πιο εύκολος ο χειρισμός τους.

NEUTRON MONITOR NETWORK

Despite their decades of tradition, ground based neutron monitors (NMs) remain the state-of-the-art instrumentation for measuring Cosmic Rays.

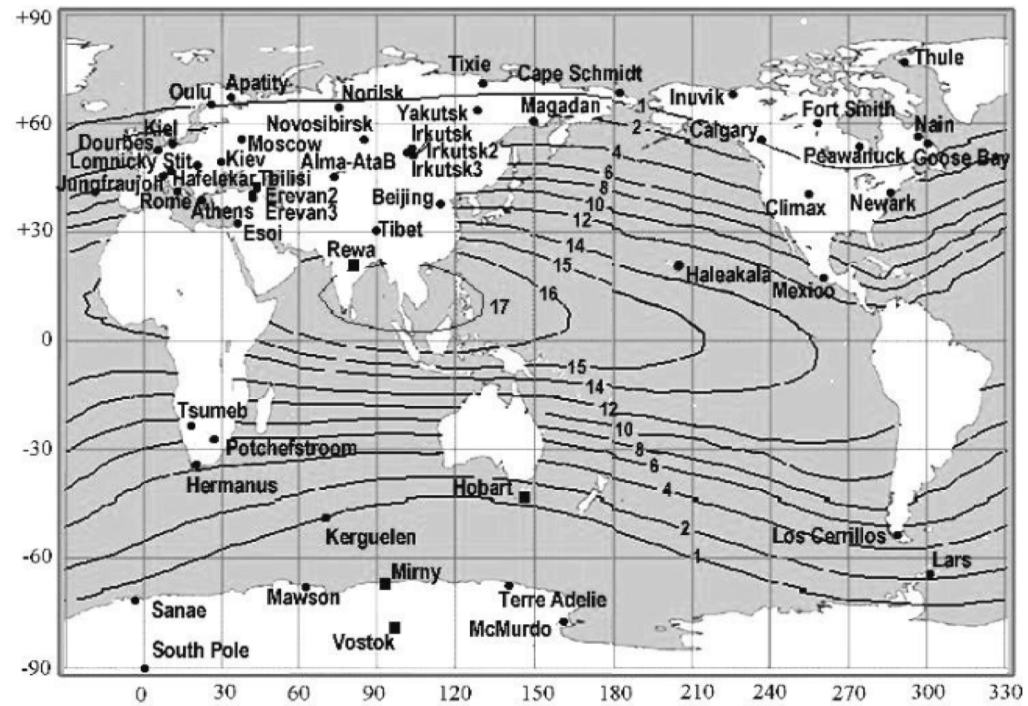


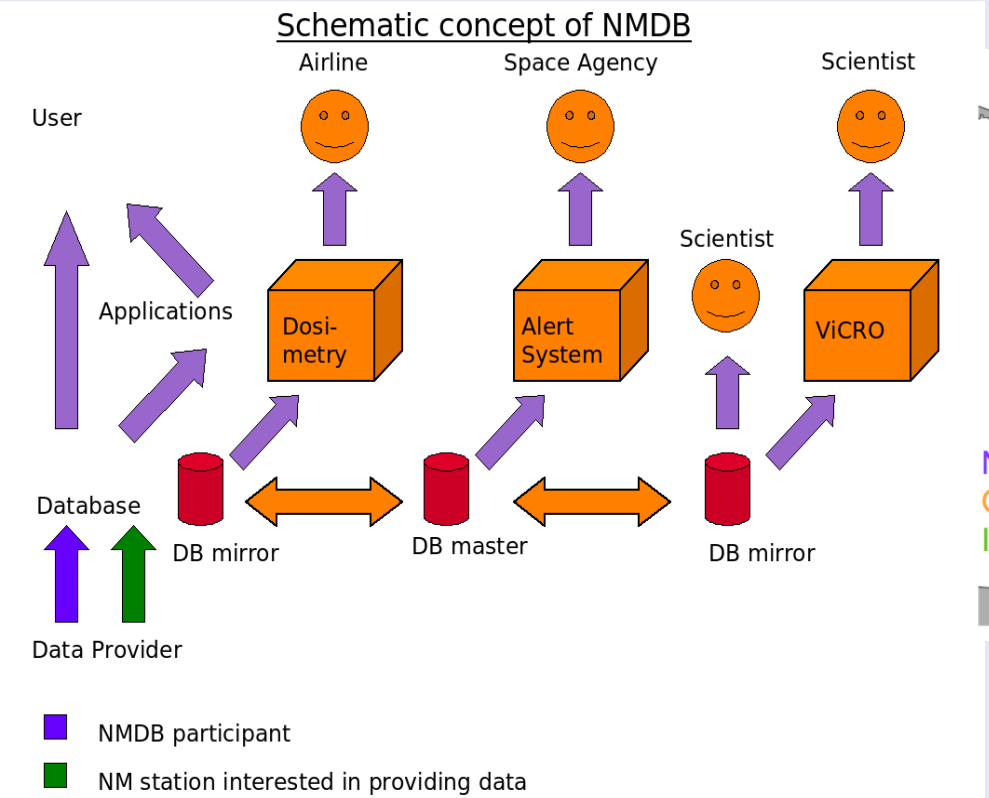
Figure 18.2. The planetary distribution of neutron monitors of both types at 2002 (Belov and Eroshenko, 2002). Also shown curves of cutoff rigidities (in GV).

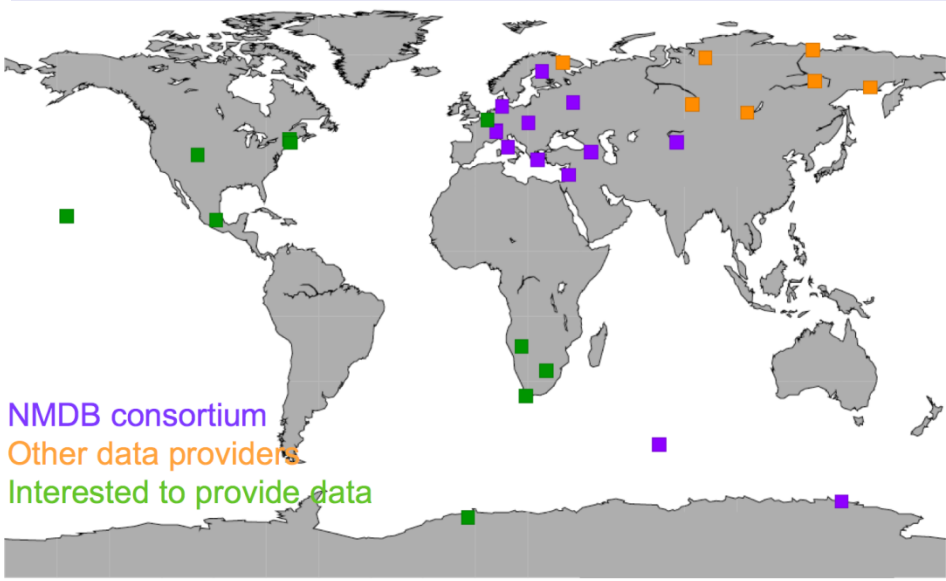
75 χρονια συνεχών μετρήσεων

1997 τεχνολογία πραγματικου χρόνου.

Διεθνής Βάση υψηλής ανάλυσης δεδομένων Μετρητών Νετρονίων
High Resolution Neutron Monitor Database (NMDB)
http://www.nmdb.eu

Neutron Monitor Database (NMDB)



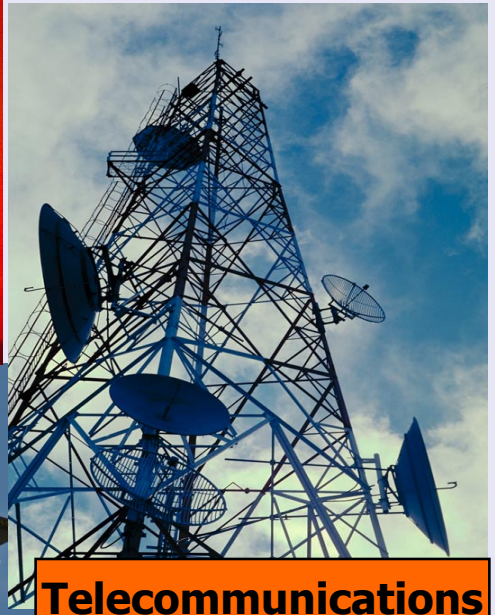


http://www.nmdb.eu

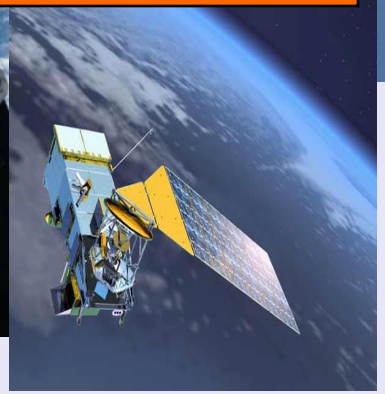
- 52 stations
- 22 in quasi real-time mode

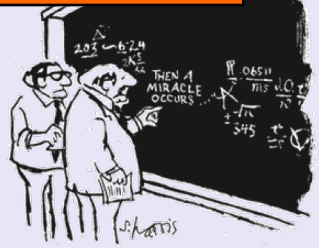
ΠΙΘΑΝΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ

Air Force



Satellite Operation Centers





Scientists