

Magfizika és Részecskefizika előadás

Szegedi Egyetem, Kísérleti Fizikai Tanszék

2012. 10. 16

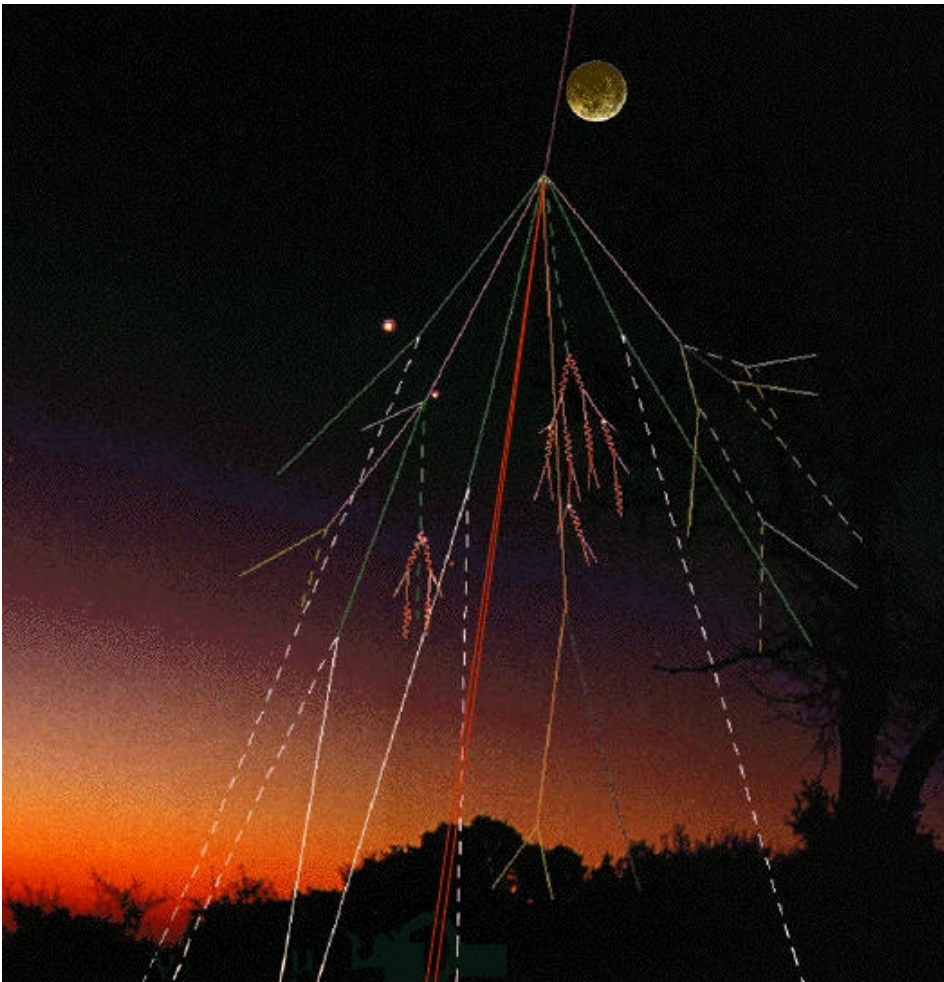
Kozmikus záporok és észlelésük középiskolákban

Csörgő Tamás

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
Részecske és Magfizikai Intézet

Mik azok a kozmikus záporok?

és milyen kérdésekre adhatnak választ?



Az anyag és a sugárzás
alapvető szerkezete:
sötét anyag, sötét energia,

Nap, Tejút, szupernovák
fekete lyukak, AGN-ek

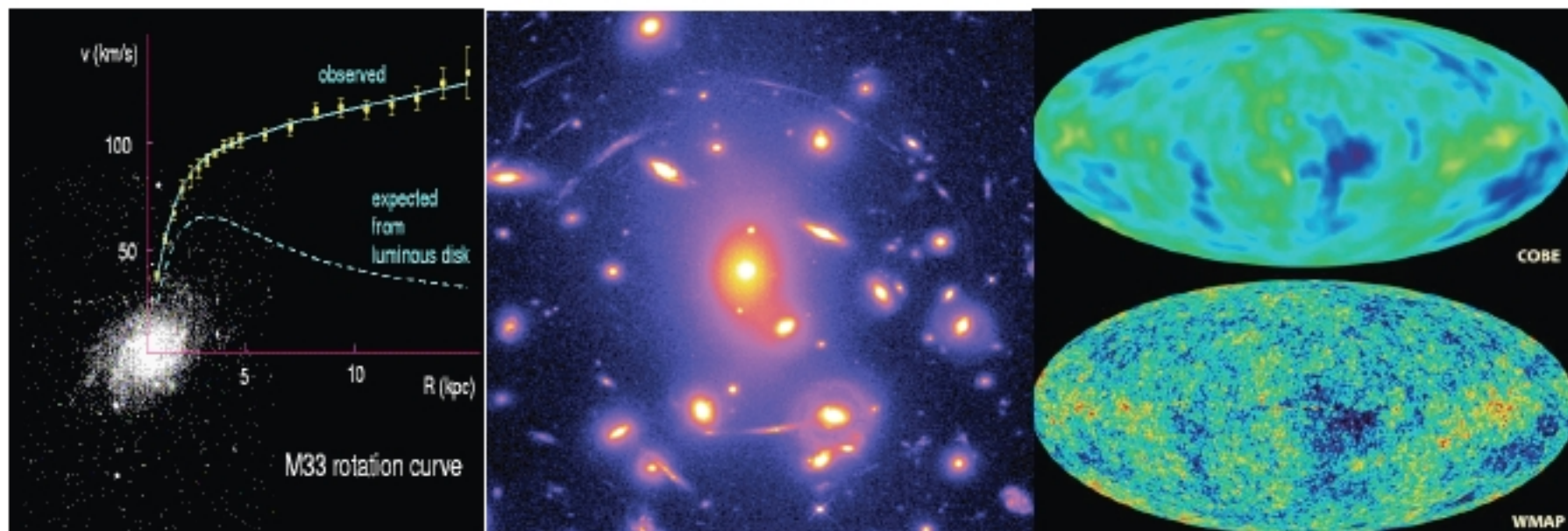
Relativitás elmélet és
megmaradási törvények

Részecskék megfigyelése,
(szcintillációs) detektorok

Elektronika, GPS: Globális
Pozícionáló Rendszer

Statisztika, jel analízis

A sötét anyag láthatóvá tétele



A Világegyetem mai ismereteink szerinti összetétele:

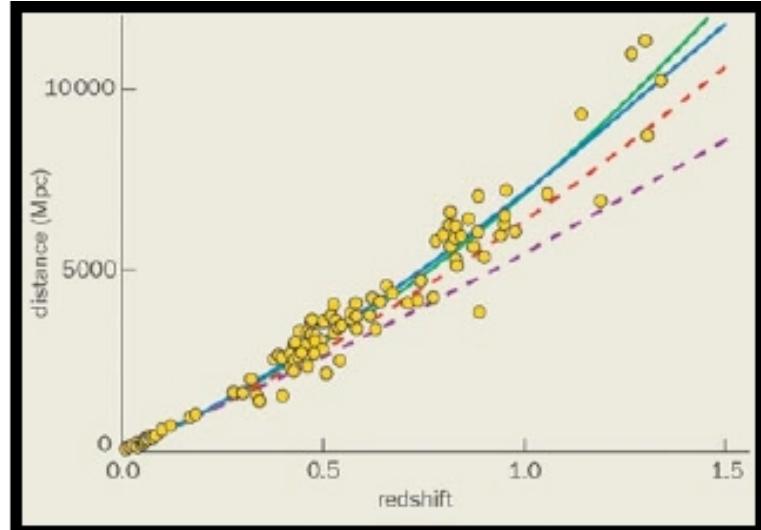
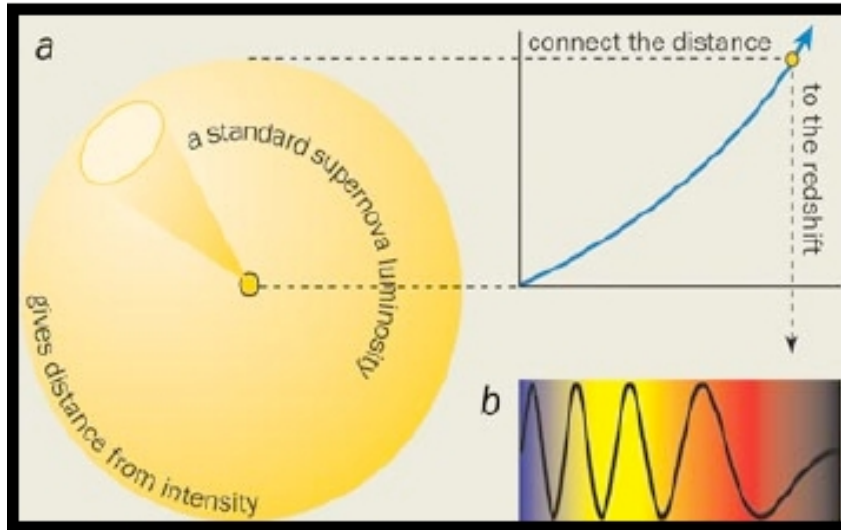
4 % ismert formájú anyag

23 % sötét anyag (galaxisok forgásgörbéi, gravitációs lencsék,
háttersugárzás hőmérséklet fluktuációi)

73 % sötét energia (világegyetem tágulása gyorsul)

→ Az anyag döntő többsége számunkra ismeretlen! (Fizikai Nobel díj '11)!

A sötét energia láthatóvá tétele



Szupernova robbanások:

standard gyertyák a Világegyetemben

Kozmológiai alaptörvény: Hubble tágulás, $v = H r$

Modern kozmológia: a Világegyetem tágulása gyorsul időben,
a gyorsulás oka: kb negatív nyomás, „sötét energia”

Az anyag alapvető szerkezetének megértéséhez a legnagyobb energiájú folyamatokat vizsgáljuk: a kozmikus sugárzást

A kozmikus záporok története dióhéjban

felfedezésüktől napjainkig

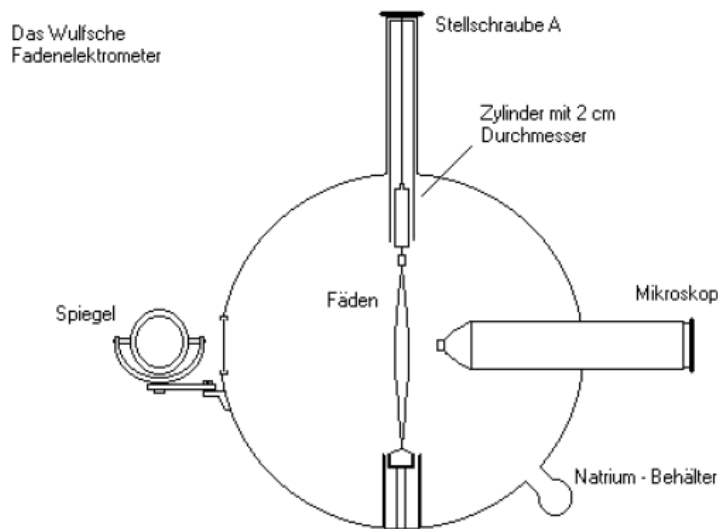


Fig. 2: Wulf electrometer.

Tudományos motiváció:
Az ultra-nagy energiás (UHE)
 kozmikus sugárzás
-természete ($E > 10^{17}$ eV)
-fluxusa, asztrofizikai eredete

1890 körül:
H. Becquerel: radioaktív kőzetek
-->
a sugárzás az elektroszkópok
kisüléséhez vezet

Wulf német jezsuita szerzetes
Valkenburgban (Hollandia): precíz
elektroszkóp a sugárzás
erősségének a mérésére,
Németországban gyártották,
elterjedt szerte Európában

A sugárzás kozmikus eredete

Wulf szerzetes mérni kezdett:

- az iskolában, ahol tanított
- a környékbeli homokkő bányákban

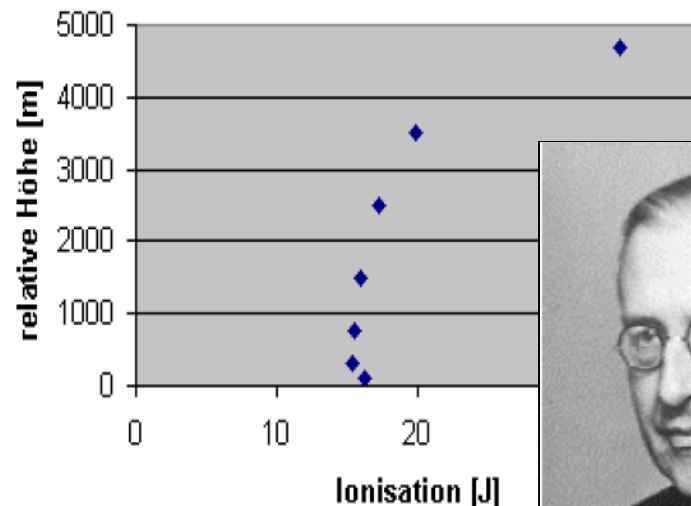
Várakozás: a kőzet sugárzik, tehát a bányában nő a sugárzás
tapasztalat: a sugárzás a bányában lecsökkent, tehát nem a kőzet az ok

Együttműködés, párizsi egyetem:
Eiffel torony projekt.

A sugárzás a magasban erősebb!

Tehát a háttérsugárzás felülről,
a kozmoszból érkezik (Wulf, 1909)
Mérések az Alpokban is, nem döntő
Fiatal osztrák diák: Hess (1912)
Hőléggballonban mér 6 km-ig!

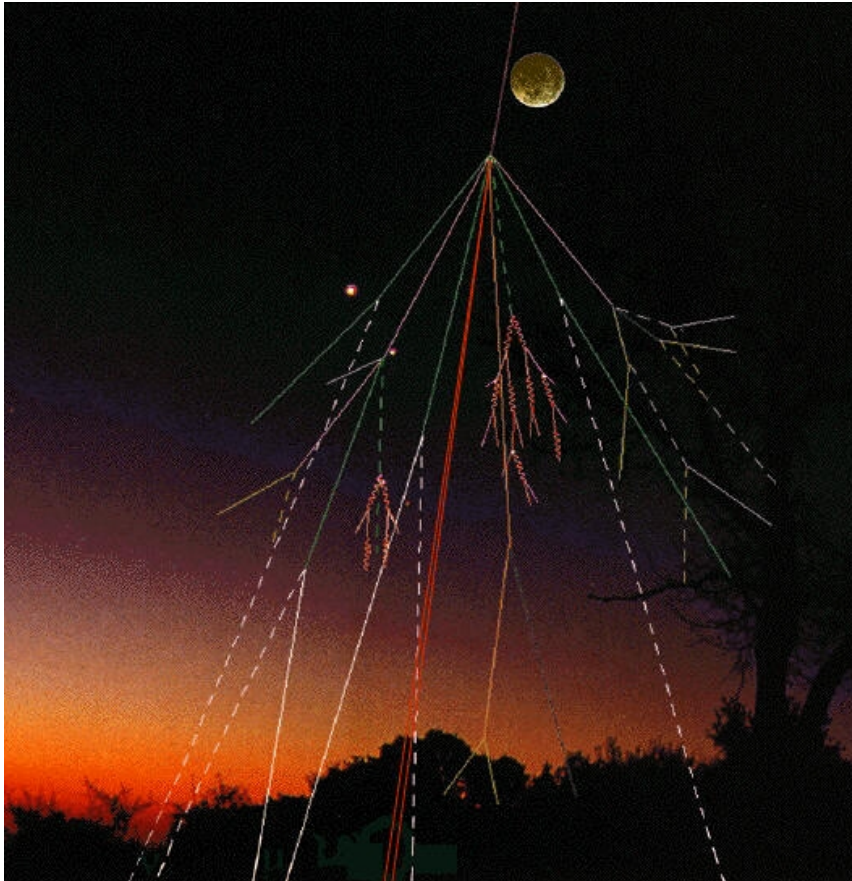
Strahlungsverlauf in der Atmosphäre



Viktor Hess (1912):
a háttérsugárzás kozmikus
eredetű, 4000 m fölött
erőssége jelentősen nő

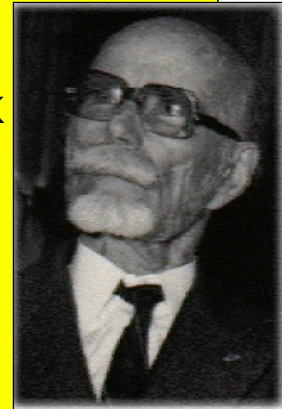
Fizikai Nobel díj, 1936

A kozmikus záporok



A kozmikus záporok:
a légkör atommagjaival ütköző,
nagy energiás részecskék által
keltett részecskezápörök

Fontos felfedezések:
pozitronok
(Carl Anderson, 1932)
muonok: nehéz elektronok
(Powell, 1947)

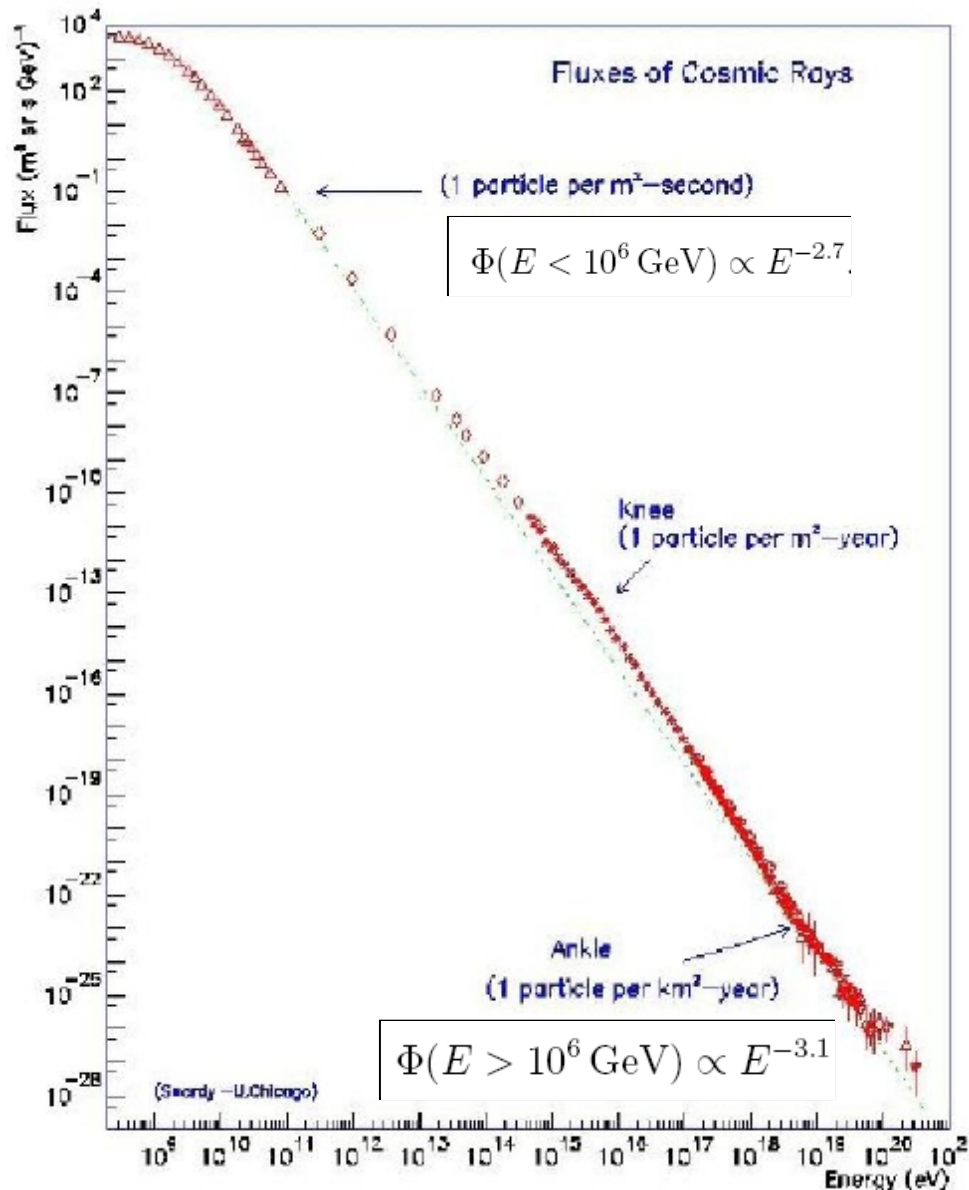


Mérföldkő:
P. Auger, Jungfrau, Svájc:
a sugárzás zápor!
több száz négyzetméteren
fa szerkezetű, elágazásos

Emulziós mérések (fotólemezek)
V-k, kaszkádok, csillagok,
GOK: ITM-k

Magyar csoport: Jánossy Lajos
(Anglia -> KFKI)

A kozmikus záporok energia-eloszlása



Elsődleges sugárzás mérése:

vagy 20-40 km magasan a légkörben (léggallonokkal)

vagy: űrhajókban (napszél)

vagy: részecskegyorsítókkal (TOTEM, CERN LHC)

vagy: földi detektorokkal (pl a gimnáziumok tetején)

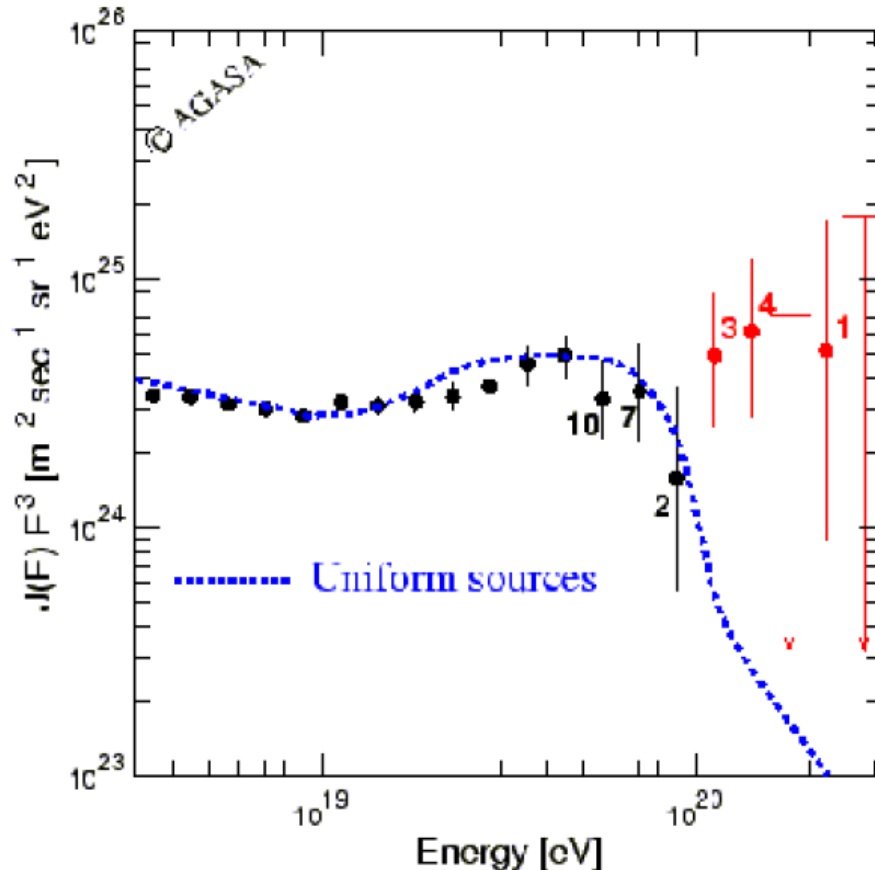
Tudni kell, milyen gyakran várható esemény!

10^{10} eV: 1 részecske/m²/sec

10^{16} eV: 1 részecske/m²/év

UHE: 1 részecske/km²/év

A legnagyobb energiájú kozmikus záporok



3×10^{20} eV: 1 esemény!

Elméleti jóslat: a fény és a töltött részecskék közötti kölcsönhatás miatt

nem lehet

10^{20} eV feletti energiájú kozmikus sugárzás

(Greisen, Kuzmin, Zatsepin, vagy GKZ levágás, kékkel)

Nagy talány: mégis van ilyen!!
AGASA kísérlet, Japánban

Az igen nagy energiájú kozmikus záporok eredete

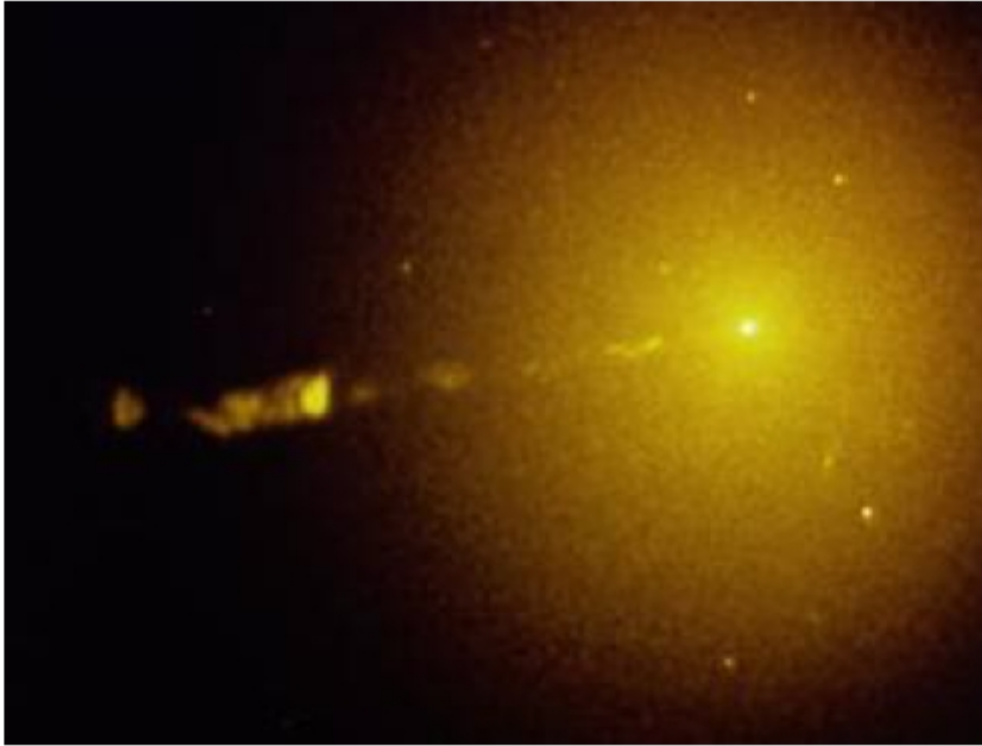


Fig. 6: Jet originating in the galaxy M87.

Irdatlan energiák

Tejútrendszeren kívüli ok

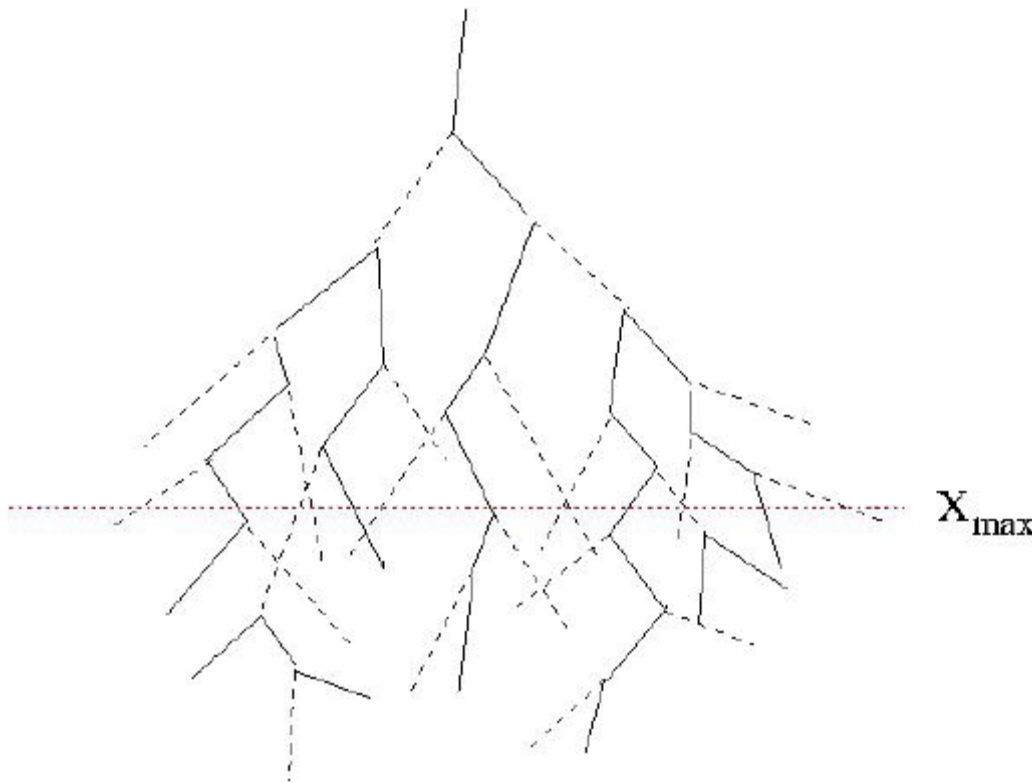
Lehetséges
magyarázatok:

Fekete lukak távoli
galaxisok középpontjában

A lyukba behulló töltött
anyag antennaként
sugároz,
részecskenyalábot lövell ki
magából, pl. M87 galaxis

AGM, kvazárok, fekete
lyukak láthatóvá válnak?

A kozmikus záporok fejlődése



Az elsődleges
-> másodlagos
-> harmadlagos ...

bomlási lánc $X_{\max}$
távolságon leáll (elfoggy
az új részecskekeltésre az
energia)

utána elnyelődés,
„elfoggy a zápor”

10^{19} eV körüli energiák:
 $X_{\max}$ a tengerszint körül.

Jó esély a megfigyelésre!
Alacsony fluxus
-> kiderjedt hálózat kell

Külföldi jó példák

Hollandia - HiSPARC projekt



EU Lisszaboni Nyilatkozat:
2010-re az EU globálisan vezető
szerepre tör, kutatás+fejlesztés

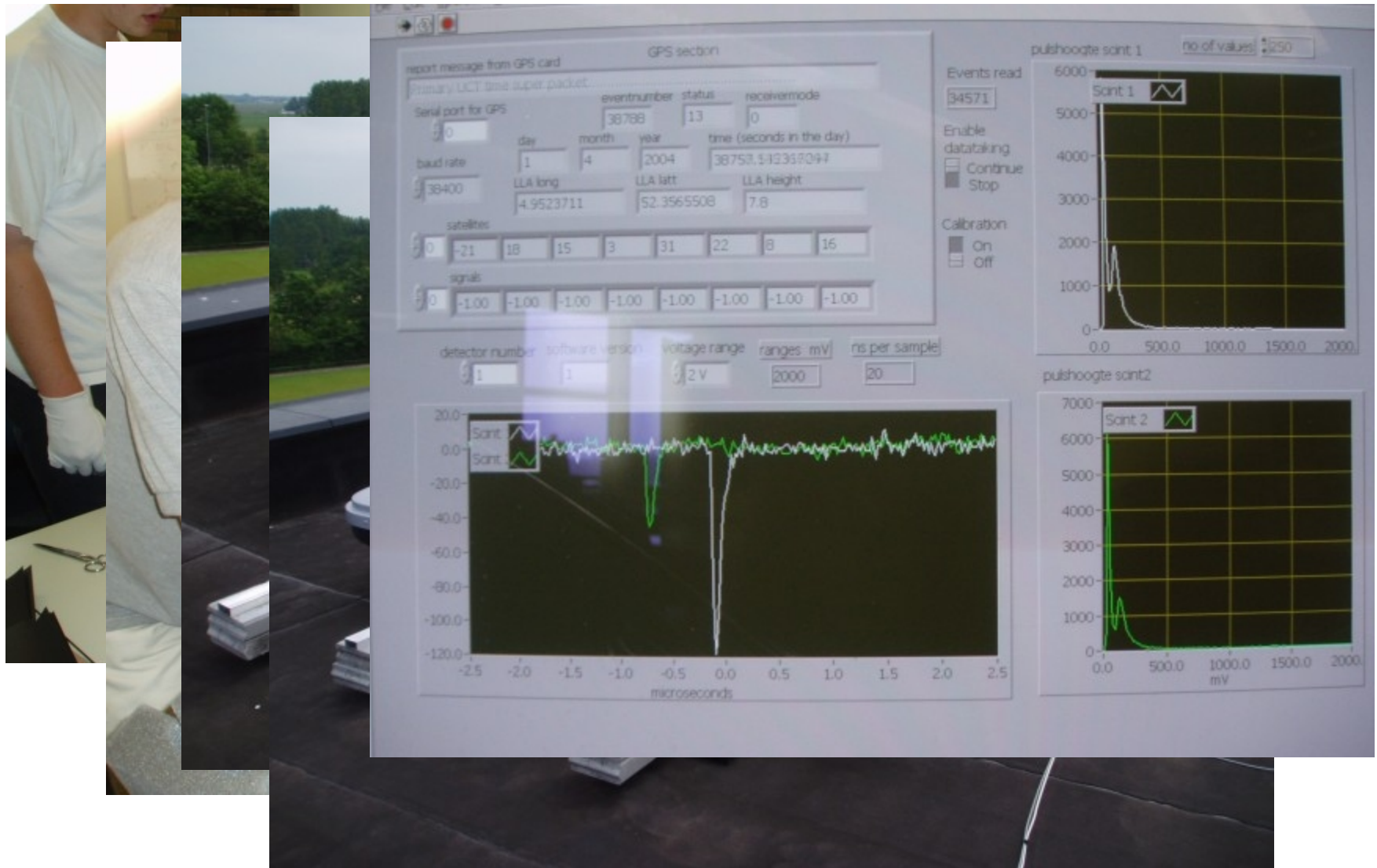
#1: NAHSA: Nijmegeni Egyetem +
középiskolák

#2: HiSPARC projekt:
Amsterdam, Groningen, Nijmegen,
Leiden, Utrecht (Hollandia)

5 egyetem és kutatóintézet +
kb. 40 középiskola együttműködése

diákok építik a mérőberendezést
elhelyezik a gimnázium tetejére
100 km² alapterületű mérőeszköz

Oktatás és kutatás a HISPARC projektben



Eredmények: ALTRAN Alapítvány Nagydíja

Palmarès



Lauréat : HISPARC (Pays-Bas) l'expérience des sciences

Mené par l'équipe de Bob van Eijk, chercheur au NIKHEF (institut néerlandais de physique nucléaire et de physique des hautes énergies), ce projet propose de confronter des équipes de lycéens et de professeurs à l'étude des rayons cosmiques à ultra-haute énergie. HISPARC souhaite faire découvrir " l'expérience des sciences " à ces jeunes en créant un réseau d'équipes de lycéens-chercheurs. En liaison étroite avec les institutions académiques et scientifiques, ces groupes travailleront à la construction, aux réglages et à l'utilisation de matériels de détection spécifiques. La récupération des données reçues et leur analyse contribuera à la compréhension des rayonnements cosmiques et fera ensuite l'objet de publications scientifiques, co-signées par les élèves. De la vraie science à l'école ! Cette innovation dans les pratiques d'enseignement vise à combler le fossé creusé entre une éducation théorique et l'expérimentation scientifique.

Au-delà du Prix...

L'équipe du projet HISPARC attend beaucoup de l'accompagnement scientifique et technologique offert par la Fondation Altran pour l'Innovation : optimisation, tant en termes de performances que de robustesse ou de coût, de son détecteur de rayons cosmiques et du système d'acquisition de données associé, création d'une base de stockage de données et d'échanges, développement du projet à terme à l'international...

Bob van Eijk et son équipe



5 projets finalistes



Michel Laguis, finaliste 2004

Culture d'Atomes (France)

L'Espace des Sciences de Paris souhaite réaliser un centre itinérant interactif de découverte expérimentale de la radioactivité. Ce projet présente une dimension historique (reconstitution des expériences de Pierre et Marie Curie) et une dimension pédagogique grâce à des expériences et des matériels spécialement conçus.



Alain Hubert, finaliste 2004

EONS (Belgique)

EONS (Earth Observation Network for Schools) a pour objet la création d'un réseau mondial inter-écoles, d'observation environnementale de paramètres climatologiques. Les enfants construiront des outils de mesure et participeront à l'étude des changements climatiques. Les résultats seront présentés au *Polaris Climate Change Observatory* de Bruxelles.



Francesca Olivini, finaliste 2004

Fuel Cell Educational Project (Italie)

Le Musée de la Science et des techniques de Milan présente une pile à combustible ne contenant ni platine ni métal précieux, qui ne fonctionnerait pas au méthanol mais à l'éthanol dilué, pouvant ainsi faire l'objet d'expériences en classes. Ce projet permettra de mieux comprendre le rôle des piles à combustible dans le futur.



Maria Giuseppina Bartolini Bussi, finaliste 2004

Hands on Maths (Italie)

Pour lutter contre le côté abstrait des mathématiques, l'Université de Modène (Italie) a créé un laboratoire de machines mathématiques, à partir d'instruments de géométrie anciens, permettant à des écoliers ou au grand public de comprendre l'apport des mathématiques dans notre quotidien au travers d'expositions et de kits scolaires.

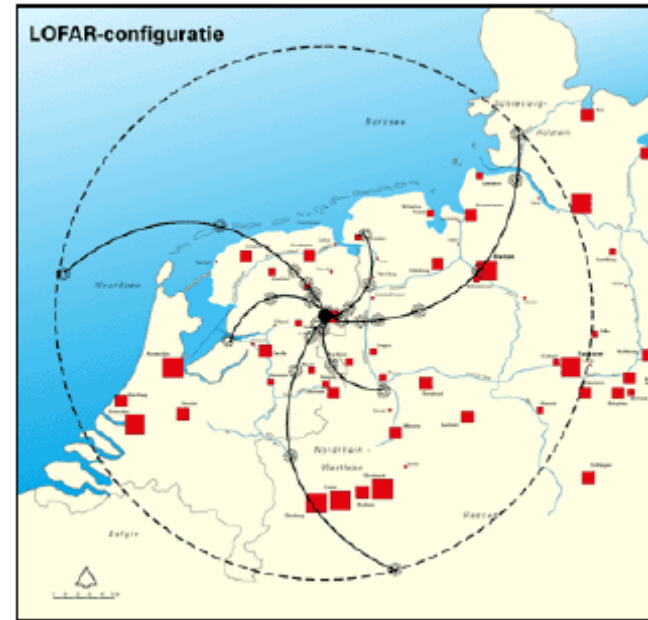


Margarita Trindade, finaliste 2004

Science for Development (Portugal)

Une association de jeunes chercheurs portugais et africains souhaite combler le fossé scientifique et sociétal existant dans les pays en voie de développement. Science for Development travaille donc à l'adaptation des méthodes les plus innovantes aux problématiques locales, ainsi qu'au développement d'un réseau international de scientifiques.

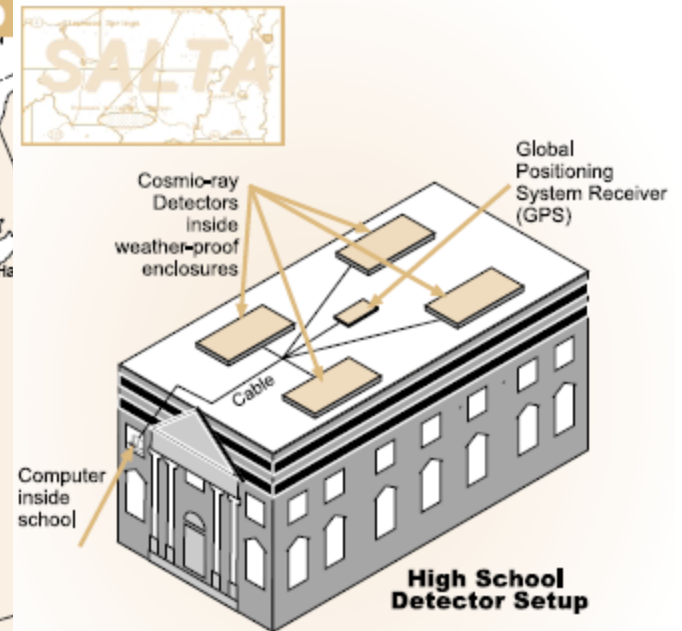
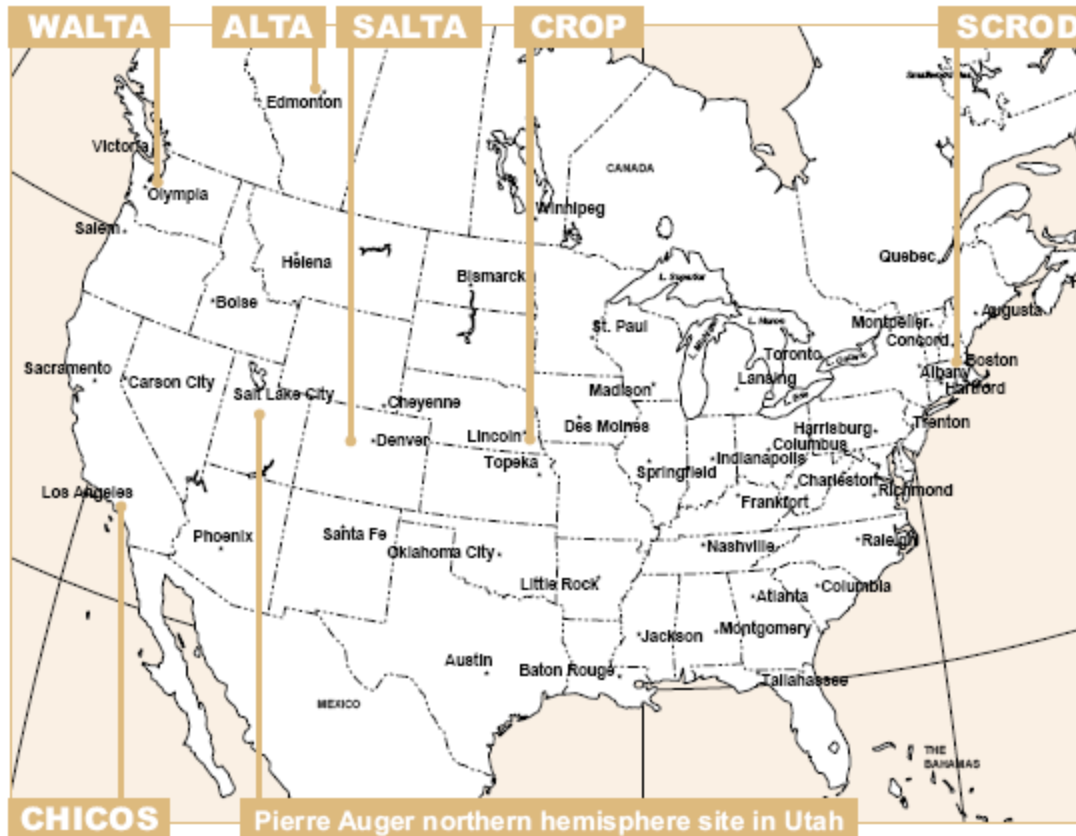
Kapcsolatok: LOFAR - alacsony frekvenciás rádióantenna rendszer (Hollandia + Németország)



Lehetőség a HiSPARC kozmikus sugárzást mérő berendezést lehet rádiójeleket mérő antennarendszerrel egyszerre használni.
Rádió: folyamatos üzemmód / a zápor kialakulását és alakját is észleli

A LOFAR nevű holland-német rádióantenna rendszer segítségével a kozmikus sugárzás irányának meghatározásával pontszerű források, aktív galaxis magok, fekete lyukak keresésére.

Kapcsolatok II:USA



SALTA students gluing photomultiplier tubes to scintillator panels at the Snowmass workshop.

NALTA–NORTH AMERICAN LARGE-SCALE TIME-COINCIDENCE ARR

WALTA (WAshington Large area Time coincidence Array), University of Washington, Seattle, WA, USA.

ALTA (AlbErta Large area Time coincidence Array), University of Alberta, Edmonton Alberta, Canada.

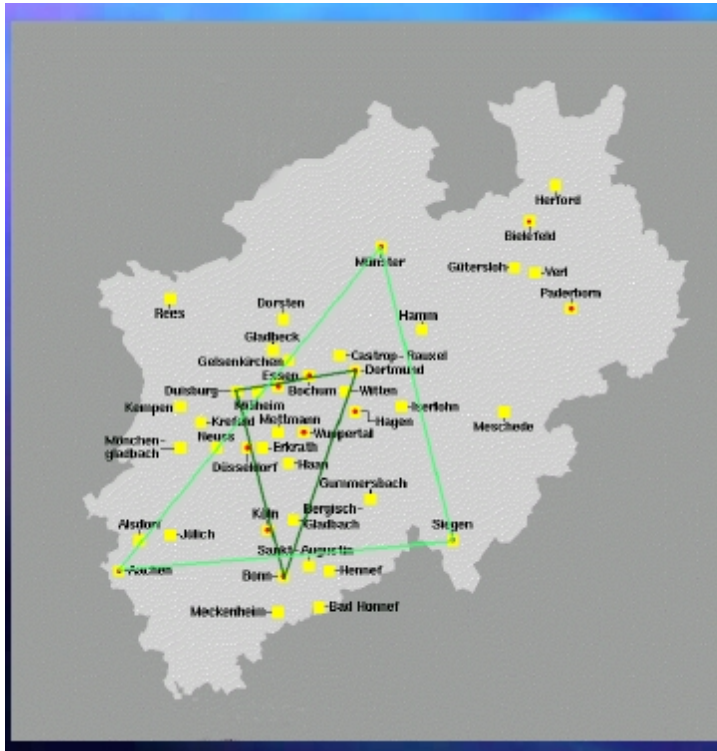
SALTA (Snowmass Area Large-scale Time coincidence Array), detectors installed in high schools in the Roaring Fork Valley area

CROP (the Cosmic Ray Observatory Project), University of Nebraska, Lincoln, NE, USA.

SCROD (School Cosmic Ray Outreach Detector), Northeastern University, Boston, MA, USA

CHICOS (California High school Cosmic ray ObServatory), Caltech, UC/Irvine and Cal State/Northridge, California, USA.

Kapcsolatok III: Észak-Rajna Vesztfália, Németország



■ Triangle (1)

- Bonn
- Duisburg
- Dortmund: 4300 km²

■ Triangle (2)

- Aachen
- Siegen
- Münster: 15000 km²

Kb 100 iskola vesz részt a Skyview nevű projektben (cél, mint HiSPARC)
Kapcsolat a CERN-nel (TOTEM kísérlet vezetése)
és a Karlsruhe-i kutatóközponttal.
Nagyterületű detektorrendszer sűrűn lakott területek gimnáziumaiban.
Közös holland - német - svájci + francia + magyar? EU FP 7 pályázat:
szeretettel várnak mint második körben csatlakozó tagokat.

(Potenciális) támogatók:

ELTE TTK Atomfizikai Tanszék (szakmai)
MTA KFKI Részecske és Magfizikai Kutató
Intézet (szakmai)

CERN

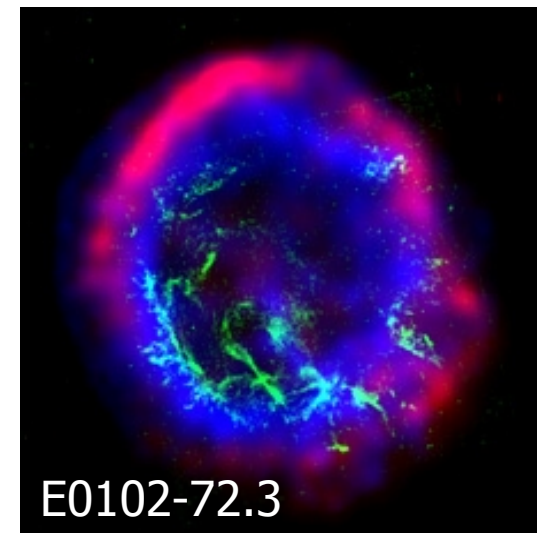
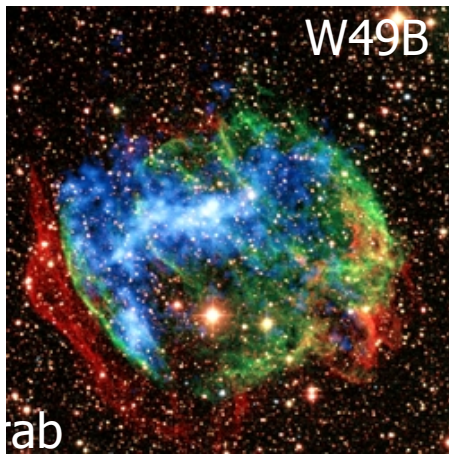
EU FP7

OTKA

NKTH ...

HiSPARC projekt esetén: ~20 támogató
HiSPARC + Skyview közös EU FP7 téma:
elvi fogadókésztség biztosított.

Köszönöm a figyelmet!



Ajánlott irodalom – új elemei

Károlyházy Frigyes: Igaz Varázslat (Gondolat, Budapest, 1976)
<http://mek.oszk.hu/09400/09461/09461.pdf>

Raics Péter: Atommag és Részecskefizika (Debreceni Egyetem)
<http://www.kfki.hu/~csorgo/szeged/magfiz/12/10-AJANLOTT-IRODALOM-Raics-Peter-Debrecen.pdf>