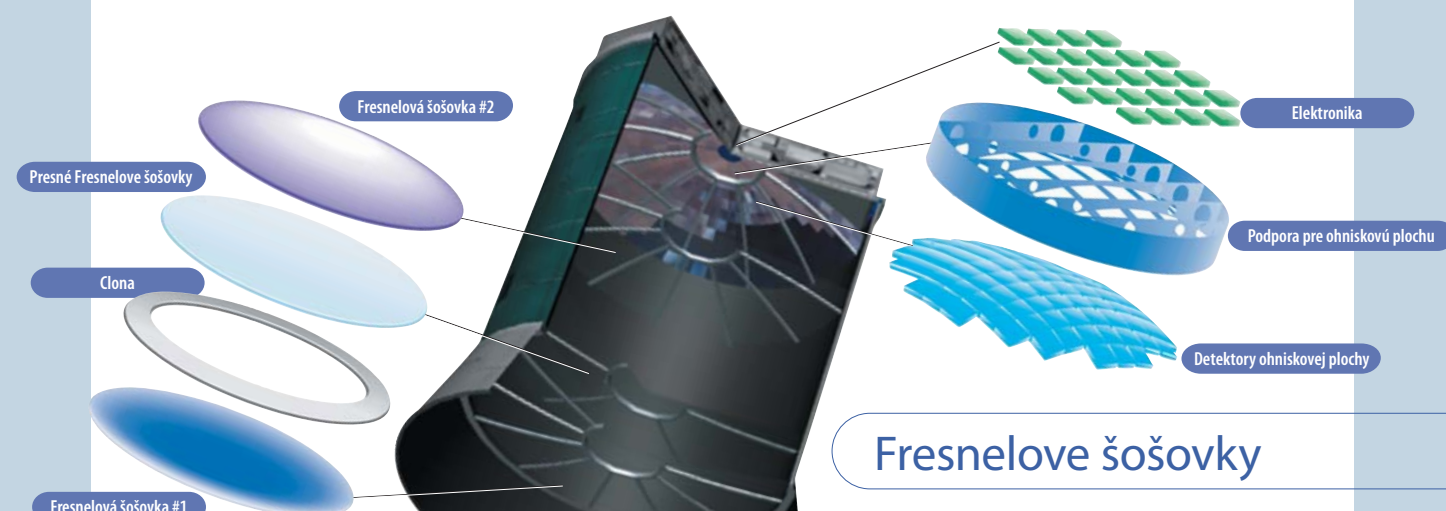


Najnovšie Technológie v službách JEM-EUSO



Fresnelove šošovky

Realizácia širokého zorného poľa pri nízkej hmotnosti

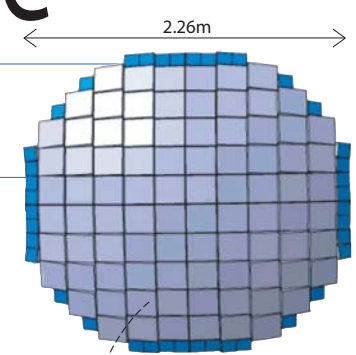
JEM-EUSO teleskop používa Fresnelove šošovky. Fresnelova šošovka je poloplochá šošovka, ktorá má kruhové drážky, ktoré eliminujú veľkú hmotnosť štandardných konvexných a konkávných šošoviek. Tenkosť a ľahkosť Fresnelovej šošovky je nevyhnutnou podmienkou jej využitia vo vesmíre, pričom ponúka rovnaké optické funkcie ako hrubé a ťažké šošovky. JEM-EUSO používa dve zakrivené obojstranné Fresnelove šošovky z UV priepustného plastu a jednu mikromriežkovú Fresnelovu šošovku. Tento dizajn umožňuje najvyššiu účinnosť širokého zorného poľa. Veľkosť trojitej šošovky je 2.5 m v priemere, zložená zo stredovej 1.5 m časti a kruhového povrchu prstencových šošoviek.

Zloženie

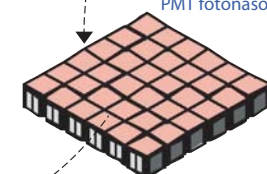
Detektory ohniskovej plochy

6,000 fotonásobičov

Ohnisková plocha je zakrivená s priemerom 2.26 m. 6000 1-palcových štvorcových multianódových rúriek fotonásobičov (PMTs) detektuje svetlo z rôznych miest v zemskej atmosfére. Predchádzajúce fotonásobiče (PMTs) mali obmedzenú fotosenzitívnu plochu približne 45%. JEM-EUSO a Hamamatsu Photonics spoločne vyvinuli fotonásobiče (PMTs), ktoré majú účinnú plochu 85%.



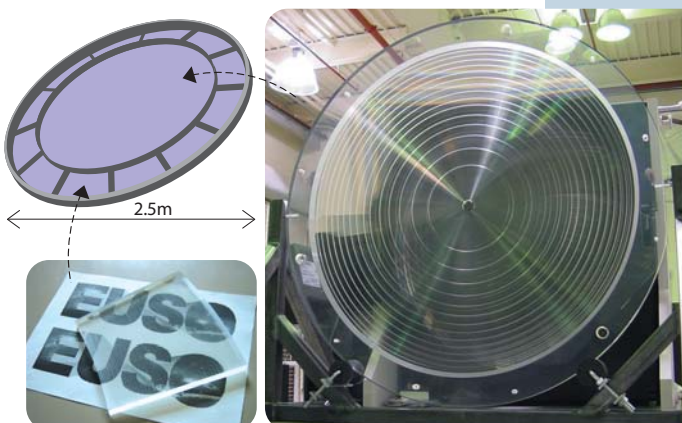
→ Ohnisková plocha
Pozostáva zo 164 modulov a celkového počtu 5,904 PMT fotonásobičov.



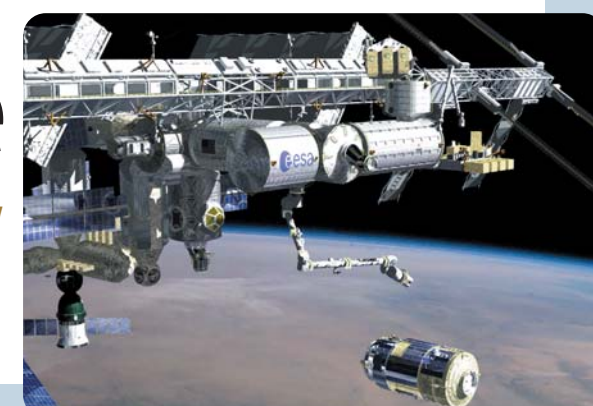
→ Svetl citlivý modul
Pokrýva ohniskovú plochu s priemerom 2.26m s 5,904 PMT fotonásobičmi, z ktorých má každý 6 x 6 = 36 svetl citlivých jednotiek.



→ Fotonásobiče
85% povrchu PMT fotonásobičov tvorí aktívna plocha, majúca 6 x 6 pixelov s celkovou plochou 26.2 mm štvorcových.



→ Konfigurácia stredovej šošovky a prstencových šošoviek umožňuje vyvoriť väčšiu šošovku než aká môže byť vytvorená na jednom stroji.



→ Transportný dopravník kozmickej stanice (HTV) prilietá k ISS ©JAXA

Vypustenie

Transportný dopravník agentúry JAXA pre kozmickú stanicu (HTV) nesie JEM-EUSO

HTV bude vypustený H-IIIB raketou (JAXA) ktorá preniesie JEM-EUSO k ISS. Robotické ramená na ISS umiestnia JEM-EUSO na JEM modul "Kibo."

Porovnanie JEM-EUSO s najväčšími pozemnými observatóriami

	AGASA	HiRes	Auger	Telescope Array	JEM-EUSO
Organizácia	Tókijská Univerzita	Univerzita v Utahu	Medzinárodné konzorcium	Tókijská Univerzita a Univerzita v Utahu	Medzinárodné konzorcium
Miesto	Yamanashi, Japonsko	Utah, USA	Argentína	Utah, USA	Medzinárodná vesmírna stanica
Typ detektorov	Pozemná sieť	Fluorescenčný pozemný teleskop	Pozemná sieť + Fluorescenčný pozemný teleskop	Pozemná sieť + Fluorescenčný pozemný teleskop	Fluorescenčný vesmírny teleskop
Doba prevádzky	1990~2004	1997~2006	2005~	2007~	Vypustenie očakávané v 2013
Efektívna apertúra (km ² ·sr)	150	500	~7,000	760	125,000
Výskyt EHE udalostí (počet/rok)	1, experimenty ukončené	Menej ako 1 experimenty ukončené	50 (očakávané), 3 (pozorované)	10 (očakávané)	350 - 1,700 (očakávané)

JEM-EUSO misia

Výška	okolo 400km	Počet pixelov ohniskového povrchu	okolo 0.2 miliónov
Pozorovacia dĺžka a šírka	N51°-S51° x všetky dĺžky	Rozlíšenie na zemi	okolo 0.8 km
Zorné pole	60°	Strieda	12~25%
Apertúra (pozemná plocha)	0.2 miliónov km ²	Trvanie misie	3 (+2) rokov
Priemer teleskopu	2.5 m	Celková hmotnosť	~1.9 ton
Optický Systém	Dve zakrivené obojstranné Fresnelove šošovky a vysoko-presné Fresnelove šošovky	Príkion	< 1kW

Medzinárodní Partneri

	Japonsko	RIKEN Konan Univ. Fukui Tech. Univ. Aoyama Gakuin Univ. Saitama Univ. NIRS Univ. Tokyo Tohoku Univ. ICRR, Univ. Tokyo KEK Chiba Univ. NAOJ ISAS/JAXA Kanazawa Univ. Nagoya Univ. STE Lab., Nagoya Univ. Yukawa Inst., Kyoto Univ. Kyoto Univ. Kobe Univ. Kinki Univ. Hiroshima Univ. Hokkaido Univ. Tokyo Inst. Tech.
	USA	NASA/MSFC UAH LBL, UCB UCLA Vanderbilt Univ. Univ. Arizona.
	Francúzsko	APC-Paris 7 LAL, IN2P3-CNRS
	Nemecko	MPI Munich Univ. Tuebingen MPI Bonn Univ. Erlangen LMU&MPQ
	Taliansko	Univ. Florence Univ. Naples Univ. Palermo Univ. Rome "Tor Vergata" Univ. Turin INOA/CNR IASF-PA/INAF IFSI-TO/INAF INFN
	Mexiko	ICN-UNAM BUAP UMSNH
	Kórejska republika	Ehwa W. Univ. Yonsei Univ.
	Rusko	SINP MSU Dubna JINR
	Švajčiarsko	Neuchatel, CSEM IACETH
	Španielsko	Univ. Alcalá
	Poľsko	IPJ Podlasie Univ. Kielce Univ. Jagiellonian Univ.
	Slovensko	Inst. Experimental Physics, Košice

Spolupáca JEM-EUSO

Japonsko
Computational Astrophysics Laboratory, RIKEN
2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198 Japan
Tel : +81-48-467-9417 Fax : +81-48-467-4078
E-mail : jem-euso-staff@riken.jp URL : http://jemeuso.riken.jp/

Slovensko
Ústav Experimentálnej Fyziky, Košice
Watsonova 47, 040 01 Košice, Slovensko
Tel : +421 55 622 45 54 Fax : +421 55 633 62 92
E-mail : jem-euso@saske.sk URL : http://space.saske.sk/



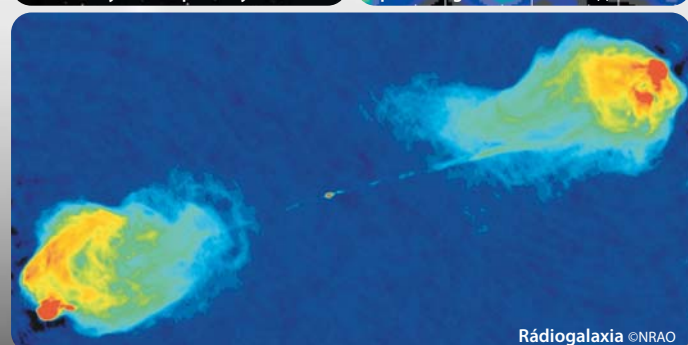
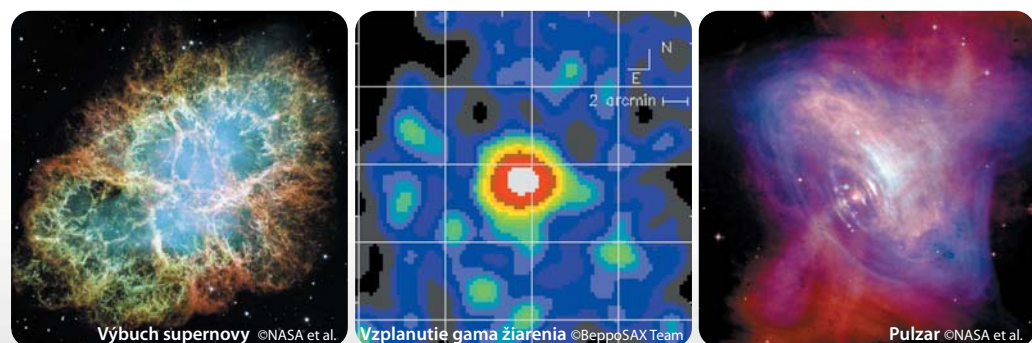
Nová Astronómia využívajúca Zemskú Atmosféru ako Gigantické Observatórium

Extreme Universe Space Observatory onboard Japanese Experiment Module
Kozmické Observatórium Extrémneho Vesmíru na palube Japonského Experimentálneho Modulu

JEM-EUSO

Genéza

Najvyššie energie nad 10^{20} eV pozorované vo svete



Tisíce nabitých častíc narážajú na Zem, každú sekundu na každý m². Sú nazývané kozmickým žiarením. Ich tok klesá so zvyšovaním energie častíc. Očakáva sa, že prichádzajúce nabité častice s energiami nad 4×10^{19} eV budú extrémne tienené stratami spôsobenými kolíziami s mikrovlnným pozadím nachádzajúcim sa všade vo vesmíre.

Po objavení častice s energiou 10^{20} eV* v 1962 Linsley, tucet nových častíc s podobnými energiami bol spozorovaný v 90. rokoch v projekte Akeno-Giant-Air-Shower-Array (AGASA) na Univerzite v Tokyu a Fly's Eye/Hi-Res Experiment-om na Univerzite v Utahu. Pôvod vysokoenergetických častíc je neznámy a fascinujúci, a púta značný vedecký záujem.

* 10^{20} eV: 16 Joulov energie, táto môže zohriať 1 centimeter kubický vody o 4°C

Záhada

Je relativita limitovaná? Existujú neznáme objekty a mechanizmy?

Očakávané odfiltrovanie vysokoenergetických častíc bolo teoreticky predpovedané Greisenom, Zatsepinom a Kuz'minom (GZK cutoff) na základe skutočnosti, že vesmír je vyplnený reliktovým žiarením (kozmicke mikrovlnné pozadie CMB) – najvýznamnejším pozostatkom Veľkého tresku. Vysokoenergetické častice s najvyššou energiou sa zrážajú s CMB a strácajú energiu, kým sa na vzdialenosti 150 miliónov svetelných rokov (50 mega parsekov) sa ich energia nezredukuje na 4×10^{19} eV (pokiaľ platí Einsteinova špeciálna teória relativity pre akúkoľvek energiu a všade v celom vesmíre).

Skutočnosť, že boli spozorované častice s energiami nad GZK-odrezaním nie je v súlade s našimi súčasnými vedomosťami o fyzike a astrofyzike. Môžu existovať významné zdroje častíc s vysokou energiou blízko našej galaxie do vzdialenosti 50 Mpc. Zdroje môžu zahŕňať dobre známu najjasnejšiu rádiovú galaxiu (Kentaur-A a Panna M-87), alebo to môžu byť neznáme objekty. Ak žiaden z javov nepoukáže na žiaden známy objekt, môže to vyvolať pochybnosť o platnosti špeciálnej relativity alebo iných fundamentálnych fyzikálnych princípov. Dodnes získané pozorovania môžu ale nemusia byť správne, a rébus na energetickej hranici vesmíru očakáva podrobnejšie skúmanie.

Vesmír

Pozorovanie Zeme z Medzinárodnej Vesmírnej Stanice

JEM-EUSO bol projektovaný na rozhodné vyriešenie GZK-tienenia a na identifikáciu astronomického pôvodu týchto častíc. JEM-EUSO môže počas svojej počas trojročnej misie zaregistrovať až 1000 častíc s energiou nad 7×10^{19} eV. Energia častíc a smer ich príchodu budú presne merané s cieľom objasnenia pôvodu vysokoenergetických častíc.

Japonský experimentálny modul (JEM) na Medzinárodnej vesmírnej stanici (ISS) bude hostiť JEM-EUSO. Tento astronomický teleskop nie je

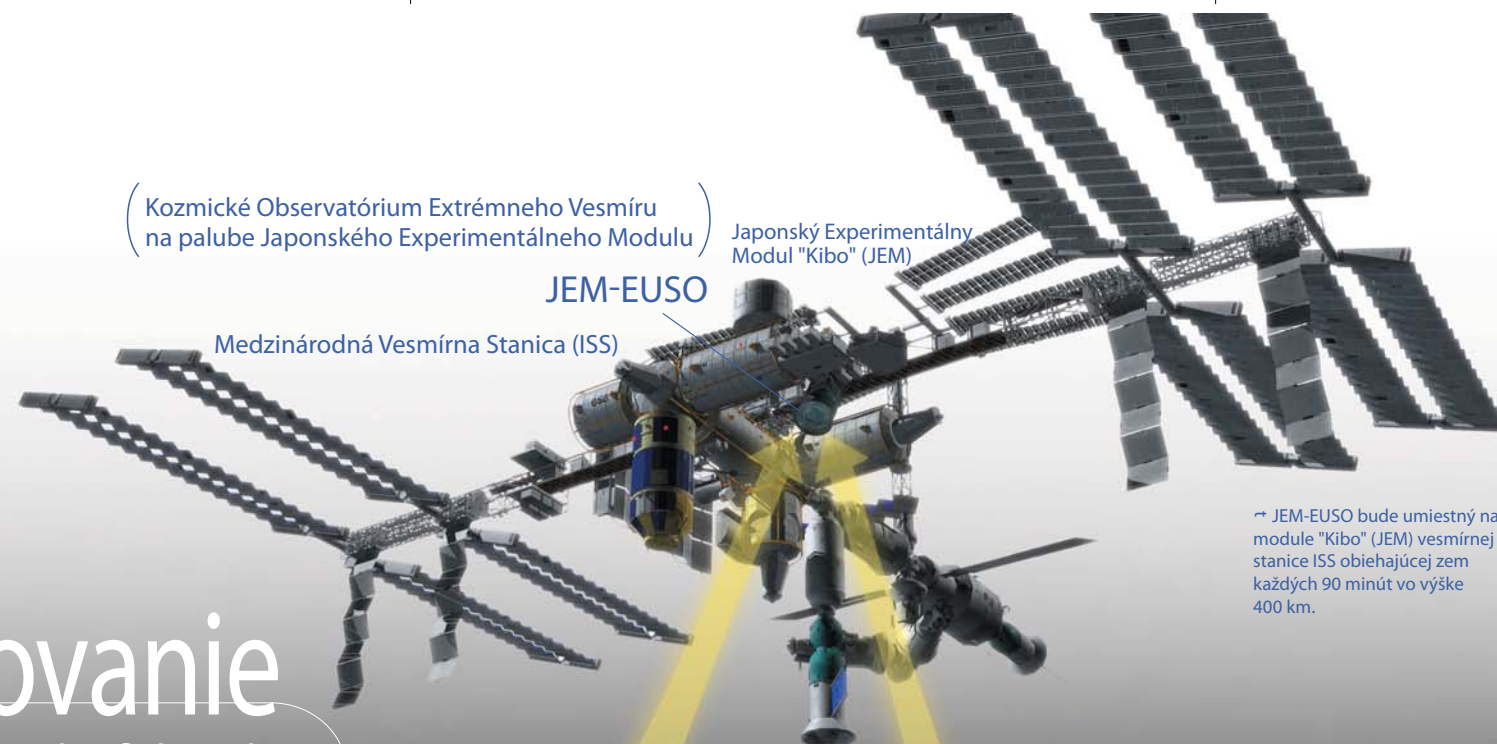
smerovaný do vesmíru, ale skôr dolu k zemskému povrchu. Zatiaľ čo bežné astronomické observatórium vzhliada k vesmíru zo Zeme, JEM-EUSO pozoruje vesmír smerom k zemi, pretože zemská atmosféra je najrozsiahlejším doposiaľ využívaným detektorom v našom skúmaní pôvodu týchto nezachytiteľných častíc prichádzajúcich z vesmíru. JEM-EUSO je nový typ astronomického observatória, konkrétne „Zem- pozorujúci“ astronomický teleskop.

(Kozmické Observatórium Extrémneho Vesmíru na palube Japonského Experimentálneho Modulu)

Japonský Experimentálny Modul "Kibo" (JEM)

JEM-EUSO

Medzinárodná Vesmírna Stanica (ISS)



JEM-EUSO bude umiestnený na module "Kibo" (JEM) vesmírnej stanice ISS obiehajúcej zem každých 90 minút vo výške 400 km.

Sledovanie

Zachytávanie ultrafialových lúčov z atmosférickej spršky

Nabité častice dopadajúce na zemskú atmosféru sa zrážajú s jadrami atómov atmosféry a generujú veľký počet elektrónov, mezonov a gama-žiarenia. Sekundárne častice produkujú ďalšiu generáciu častíc, popri ich prechádzaní atmosférou. Celá „stopa“ javu sa nazýva „atmosférická sprška“. Vysokoenergetický kozmický event s energiou 10^{20} eV generuje 100 miliárd častíc, ktoré zasiahnu zem na ploche s polomerom 3 km.

Elektrón v atmosférickej sprške excituje dusíkové molekuly v atmosfére, ktoré okamžite vysielať ultrafialové fluorescenčné fotóny pozdĺž celej stopy eventu. JEM-EUSO zachytáva toto svetlo diaľkovým prístrojom, a zobrazuje pohyb stopy každých pár mikro-sekúnd (milióntina sekundy) ako extrémne vysokorychlostná digitálna videokamera. Nárast a pokles intenzity svetla pri nadol smerujúcej trajektórii atmosférickej spršky ukazuje energiu a smer príchodu eventu kozmického žiarenia.

Extrémne vysokoenergetické kozmické žiarenie

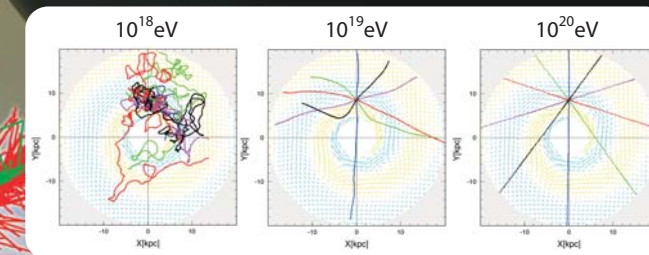
Fluorescenčné UV žiarenie

Zemská atmosféra

Atmosférická sprška

Neutrína

Atmosférická sprška



Skúmanie neutrín pri najvyššej energii

Neutrína veľmi slabo interagujú s hmotou a nie sú predmetom GZK odrezania. Žiadne takéto eventy neboli doposiaľ spozorované kvôli veľmi nízkej efektívnosti u detektorov s limitovanou hmotnosťou. Vysokoenergetické neutrína však môžu byť spozorované JEM-EUSO experimentom, pretože celá zemská atmosféra má dostatočne veľkú terčíkovú hmotnosť aj na objavenie pár takýchto eventov za rok.

Energetická hranica – prevyšujúca LHC fyziku

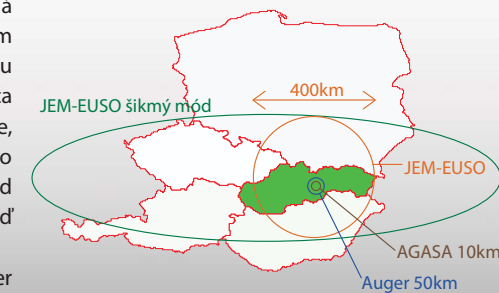
Najväčší človekom vyrobený urýchľovač, „Veľký hadrónový urýchľovač“ (LHC), začal svoju činnosť v roku 2008. Bude generovať častice s vysokou energiou na skúmanie elementárnej fyziky. Doposiaľ objavené vysokoenergetické častice kozmického žiarenia majú laboratórne energie viac ako o tri rády vyššie. Energetická hranica elementárnej fyziky môže byť rozšírená vysokoenergetickými časticami registrovanými JEM-EUSO experimentom.

Skok

Apertúra prevyšuje AGASA apertúru viac než 1000 krát

Na skúmanie unikátnych vysokoenergetických javov je potrebná rozsiahla oblasť na pozorovanie. Tókijský Inštitút pre Výskum kozmického žiarenia práve vybudoval "Sieť teleskopov" s rozlohou 760 km², v Utahu, USA, ako nástupcu AGASA. Najväčšia sieť existujúca v súčasnosti, s rozlohou 3,500 km², vznikla v roku 2005 v Argentíne, Observatórium Pierra Augera (PAO). (Pierre Auger je meno francúzskeho vedca, ktorý ako prvý objavil atmosférickú spršku pred 70 rokmi). Pozemné observatóriá sú obmedzené pozorovaním buď severnej alebo južnej oblohy, nasledujú obe naraz.

Pozemné detektory týchto rozsiahlych observatórií dosiahli takmer maximálny možný rozsah na zemi. Observatórium diaľkového prístroju zeme, JEM-EUSO, robí veľký skok vo veľkosti pozorovanej oblasti, pokrývajúc 100,000 – 500,000 km² (viac ako tisíckrát AGASA) majú výhodné postavenie vo výške 400 km na oblohe a široké zorné pole 60°. ISS prelieta nad oboma hemisférami, severnou a južnou. Homogénne pozorovanie celej oblohy jediným zariadením nám umožňuje pátrať po korelácii so všetkými známymi objektmi.



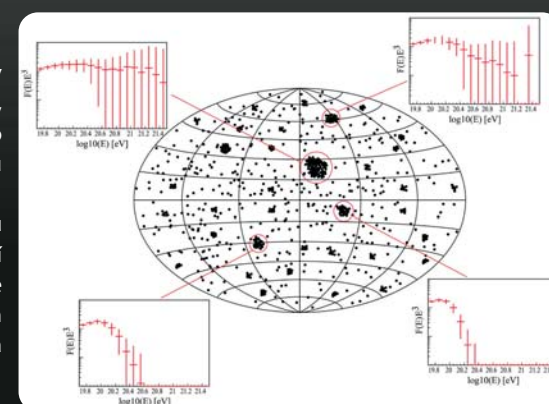
Výzva

Očakávané výsledky vesmírneho teleskopu JEM-EUSO

Astronómia nabitých častíc vo Vesmíre

Trajektórie nízkoenergetických nabitých častíc sú ohybané magnetickými poľami v medzagalaktickom a galaktickom priestore. Informácia o ich pôvode sa tým stráca. Avšak, trajektórie vysokoenergetických častíc sú ohybané menej, a tak zachovávajú informáciu o smere k ich zdroju, o ich pôvode. Týmto spôsobom, vysokoenergetické častice tiež nesú informáciu pre astronómiu, popri viditeľnom svetle, röntgenovom a infračervenom žiarení.

Rôzne zdroje, ktoré by mohli generovať častice s vysokou energiou: kandidáti zahŕňajú Supernovy, Vzplanutia gama žiarenia, Aktívne Galaktické jadrá, pulzary, a kolízie rádiogalaxií a supermasívnych čiernych dier v ich centre. Napriek tomu, väčšina týchto kandidátov, nie je schopná urýchliť častice nad 10^{20} eV akýmkoľvek známym mechanizmom. Dosaiahnutým konsenzom je, že musí existovať nejaký neznámy urýchľovací mechanizmus, alebo dokonca neurýchľujúci mechanizmus produkujúci veľmi vysoké energie.



Očakávané smery pôvodu častíc s najvyššími energiami (1,000 eventov s JEM-EUSO). Cluster mnohonásobných eventov v bode kde je umiestnený ich zdroj.

Trajektórie nabitých častíc nízkych energií sú ohybané magnetickým poľom, no tie s energiami nad 10^{20} eV sa pohybujú po takmer priamočiarej trajektórii s veľmi malým účinkom od magentického poľa, tak je zachovávaná informácia o smere ich pôvodu.

Monitorovanie atmosférického osvetlenia z celej Zeme

JEM-EUSO môže zachytiť prechodné atmosféry osvetľujúce javy na nočnej oblohe: príkladmi sú blesky, meteory, a vlastné žiarenie atmosféry. Blyskanie sa vyskytuje medzi oblakmi a zemou, a medzi oblakmi. Niektoré z najzručujúcejších svetelných javov sú rozsiahle výboje v horných vrstvách atmosféry, nazývané modré trysky, príznaky a elfovia. Tieto javy vychádzajú z oblakov do vonkajšieho priestoru. Bude monitorované ako často a kde sa vyskytujú na zeme, aby to pomohlo objasniť príčinu týchto mučivých fenoménov. Meteory sú malé telieska z vesmíru vnikajúce hlboko do zemskéj atmosféry. Od pozorovaní ich veľkosti a svetielkujúceho spektra sa očakáva, že nám pomôžu dozvedieť sa niečo o ich materských asteroidoch, a iných zdrojoch snečnej sústavy.



Zaujímavý výboj: Jav Carrot Sprite. Fotografia poskytol Koji Ito (Suginami-ku, Tokyo).

JEM-EUSO na Medzinárodnej Vesmírnej Stanici skúma pôvod vysokoenergetických častíc vo Vesmíre.

Zemská atmosféra odfotografovaná z raketoplánu Space Shuttle ©NASA