

# Observatoř Pierra Augera

## *Mezinárodní vědecký projekt s cílem porozumět vzniku kosmického záření s extrémními energiemi*

*Cosi kdesi ve vesmíru vysílá do svého okolí částice s extrémně vysokými energiemi. Odkud tyto částice přicházejí? Z mohutné kosmické exploze? Z blízkosti obří černé díry, která polyká hvězdy? Z místa srážky galaxií? Z rozpadajících se zbytků hmoty, která přetrvala z dob krátce po velkém třesku? Observatoř Pierra Augera hledá odpovědi na tyto otázky a snaží se tak o hlubší vysvětlení základních zákonů vesmíru.*

### **Observatoř Pierra Augera**

Observatoř Pierra Augera (angl. The Pierre Auger Observatory) je mezinárodní vědecké konsorcium, které sdružuje 17 zemí. Projektu se účastní více než 350 fyziků asi ze 60 laboratoří. Toto uskupení vzniklo na počátku 90. let a Česká republika do něj vstoupila v roce 1997. Observatoř se bude skládat ze severní a jižní větve tak, aby bylo možné sledovat celou oblohu, tj. jádro Galaxie z jižní polokoule i extragalaktické struktury viditelné ze severní polokoule. V současné době je jižní větev observatoře v Argentině těsně před dokončením a její postupně rostoucí funkční část již téměř čtyři roky získává vědecká data.

Cílem celého projektu Observatoře Pierra Augera je studium vlastností kosmického záření při nejvyšších dosud pozorovaných energiích. Jedná se o energetickou škálu od 1 EeV (exaelektronvoltu,  $10^{18}$  eV) výše. Díky svým technickým možnostem až teprve Observatoř Pierra Augera může důkladně proměřit tuto oblast a dát definitivní odpověď na otázky, které zůstávaly otevřené více než 70 let od doby, kdy Pierre Auger poprvé pozoroval rozsáhlé spršky kosmického záření. Vzhledem k malému množství dosud pozorovaných případů kosmického záření v této oblasti energií jsou dosavadní výsledky nejednoznačné a dají se těžko interpretovat. To platí zejména o existenci tzv. limitu GZK. Jedná se o to, že záření při vyšších energiích než cca 60 EeV by mělo mít podle předpovědí Greisena, Kuzmina a Zatsepina (GZK) zvýšené energetické ztráty v intergalaktickém prostoru kvůli interakcím se zářením mikrovlnného kosmického pozadí. Existence tohoto limitu dosud nebyla experimentálně spolehlivě prokázána. Experimenty detekující fluorescenční záření vyvolané rozsáhlými atmosférickými sprškami (např. experiment HiRes v USA) tento limit spíše potvrzují, zatímco experimenty, založené na povrchové detekci částic spršek dopadajících na zem, případy s vyššími energiemi registrují (např. experiment AGASA v Japonsku).

Další důležitou oblastí měření je sledování izotropie (rovnoměrného rozložení směrů příchoďů) dopadajícího záření s cílem najít buď diskrétní zdroje vysoko-energetického záření, nebo globální anizotropie typu dipólu (jako např. na severní polokouli více než na jižní) apod. Objev diskrétního zdroje by měl velký význam, neboť mechanismy urychlování na diskutované energie nejsou známy. Směrové závislosti kosmického záření budou studovány také v závislosti na energii primárního záření.

Výzkum se zaměří také na studium složení kosmického záření, tj. zda prvotní částice dopadající do zemské atmosféry jsou fotony, protony, nebo jádra různých prvků a jaké je případné zastoupení jednotlivých druhů částic – tzv. chemické složení záření. Tato pozorování jsou silně podmíněna našimi znalostmi dynamiky interakcí elementárních částic při vysokých energiích a mohou tak přispět k dalšímu poznání i v této oblasti.

### **Co je kosmické záření?**

Kosmické záření je tvořeno částicemi, které přicházejí z vesmíru a neustále bombardují Zemi ze všech směrů. Většinu z nich tvoří protony, pak též atomová jádra a elektrony. Některé z nich mají vyšší energie než jakákoli jiná částice pozorovaná v přírodě. Částice kosmického záření s extrémně vysokými energiemi se pohybují rychlostí velmi blízkou rychlosti světla a nesou tak velkou energii jako má tenisový míček vypálený rychlostí přes 100 kilometrů v hodině.

## Odkud přichází záření s extrémně vysokými energiemi?

Místa vzniku kosmického záření s nejvyššími energiemi jsou zatím neznámá. Většina kosmického záření s nižšími energiemi, dopadajícího na Zemi přichází ze Slunce a další významná část vzniká kdesi v naší Galaxii (Mléčné dráze). Mnoho takových částic se uvolňuje při výbuchích supernov, tedy během katastrického zániku hmotných hvězd. O kosmickém záření s extrémně vysokými energiemi však můžeme říci snad jen to, že vzniká mimo naši Galaxii.

Zatím neznáme s jistotou ani jediný proces, který by byl schopen produkovat částice s pozorovanými obřímími energiemi, dokonce ani ty nejdramatičtější výbuchy hvězd pro vysvětlení nestačí. Porozumění vzniku kosmického záření s extrémně vysokými energiemi by bylo velmi cenné – pronikáme totiž do oblastí, které jsou na Zemi zcela nedosažitelné – nejenergetičtější částice kosmického záření mají až stamiliónkrát vyšší energie než jsou energie dosahované pozemskými urychlovači částic, což může podstatně napomoci při odkrývání tajemství raného vývoje a snad i vzniku vesmíru.

## Jak studujeme kosmické záření?

Kosmické záření může být z povrchu Země pozorováno nepřímo prostřednictvím spršek či kaskád částic produkovaných v atmosféře. Sprška vzniká poté, co se částice s velmi vysokou energií srazí s molekulou atmosféry.

Produkty této primární srážky se mohou znovu srazit s dalšími molekulami atmosféry, čímž dochází k vzniku dalších a dalších částic – k jakési řetězové reakci. Toto drobení pokračuje dokud není energie primární částice rozdělena mezi miliardy částic dopadajících na zemský povrch. Studium těchto atmosférických spršek lze určit parametry původní primární částice (konkrétně její energii, směr dopadu na atmosféru a typ částice).

## Technická data projektu AUGER:

**Cíl měření:** Určit typ, energii a směr příchodu částic primárního kosmického záření s energiemi vyššími než  $10^{18}$  elektronvoltů (eV).

**Druh observatoře:** Tzv. hybridní observatoř, sestávající se z pozemní sítě vodních Čerenkovových detektorů a soustavy atmosférických fluorescenčních teleskopů.

**Statistika:** Desítky detekovaných spršek za rok, vyvolaných primárními částicemi s energiemi vyššími než  $5 \times 10^{19}$  eV a desetitisíce částic s nižšími energiemi.

**Umístění observatoře:** Malargüe, provincie Mendoza, Argentina, jižní polokoule a pak připravovaná severní větev observatoře ve státě Colorado v USA (plánované zahájení stavby v roce 2009).

### Pozemní detektory:

**Pokrytá plocha:** 3 000 km<sup>2</sup> na jižní polokouli.

**Počet detektorů:** 1 600 na jižní polokouli.

**Typ detektoru:** Detektor Čerenkovova záření, každý obsahuje 12 000 litrů čištěné vody a 3 fotonásobiče.

**Vzdálenost mezi detektory:** 1,5 km.

### Fluorescenční teleskopy:

**Počet:** 24 teleskopů na jižní polokouli (18 plánovaných pro severní část observatoře).

**Dosah:** 30 km pro spršky s energií  $10^{20}$  eV.

**Rozměry teleskopu:** 3,5 m × 3,5 m se zorným polem  $30^\circ \times 30^\circ$ , každý teleskop je vybaven 440 fotonásobiči.

V České republice se projektu účastní následující vědci a doktorští studenti:

### Fyzikální ústav AV ČR, Praha:

Martina Boháčová, Jiří Grygar, Michael Prouza, Jan Řídký a Petr Trávníček; doktorští studenti Petr Nečas, Tatiana Kárová a Radomír Šmída

### Společná laboratoř optiky Fyzikálního ústavu AV ČR a Univerzity Palackého, Olomouc:

Miroslav Hrabovský, Miroslav Palatka a Petr Schovánek; doktorští studenti Viktor Halenka, Dušan Mandát, Libor Nožka a Miroslav Pech

### Ústav jaderné a částicové fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha:

Dalibor Nosek