

## IN QUESTO NUMERO:

- I. *Il ruolo dei Raggi Cosmici nelle analisi delle Meteoriti*
- II. *Anisotropia dei raggi cosmici anche nell'emisfero Sud*
- III. *Altre notizie in breve*
- IV. *News Libri*
- V. *News da astroparticelle.it*

## Il ruolo dei Raggi Cosmici nelle analisi delle Meteoriti



Raggi cosmici e meteoriti sembrerebbero non avere relazioni comuni se non quella di viaggiare liberamente nello spazio. Prima di scoprire quale relazione ci possa essere tra queste due componenti del cosmo è necessario un chiarimento sulla terminologia. Un meteorite è un corpo roccioso rinvenuto a terra e caduto al suolo dopo aver attraversato l'atmosfera terrestre, prima di diventare tale era una meteora infuocata nel cielo, e prima ancora un meteorioide che vagava nello spazio. In terminologia tecnica un meteorioide in prossimità della Terra è anche definito meteorite pre-atmosferico. Ma non è finita, i meteoroidi generalmente sono classificati tali se presentano ordini di dimensioni non superiori al metro; essi sono quindi dei frammenti di corpi più grandi formatisi o per collisione con altri corpi nello spazio, o attraverso altri processi cosmici.

I raggi cosmici nello spazio si comportano come una pioggia costante che colpisce tutti gli oggetti del cosmo senza esclusioni, i meteoroidi sono quindi colpiti costantemente dal flusso dei raggi cosmici. Lo "scontro" tra le astroparticelle e la materia dà luogo a diverse interazioni con produzione di vari tipi di nuclidi, o isotopi che variano in composizione a seconda della natura ed energia della particella incidente e dell'elemento bersaglio. Tali isotopi sono definiti cosmogenici ovvero prodotti dai raggi cosmici (vedi tabella a pag. 2). In sostanza i raggi cosmici trasformano i minerali dei meteoroidi in altri elementi, alcuni stabili e altri radioattivi, perciò facendo un'analisi chimica dei meteoriti si riesce a conoscerne la loro storia e molto altro.



La datazione dei meteoriti avviene attraverso isotopi radioattivi - similmente alla datazione degli elementi terrestri - di cui il più noto è sicuramente il metodo del carbonio-14. Un metodo comune per datare i meteoriti è invece quello del decadimento del potassio-40, il cui nucleo contiene 19 protoni e 21 neutroni. La forma più comune del minerale potassio in natura è composta principalmente da potassio-39 (con 20 neutroni), con una piccolissima percentuale di potassio-40. Un nucleo di potassio-40 può trasformarsi in calcio perdendo un elettrone oppure in argon per cattura di un elettrone, il secondo processo fornisce i risultati più soddisfacenti. Il rapporto tra gli isotopi di potassio e quelli di argon misurati in un meteorite può fornire l'età del meteorite assumendo che l'argon presente sia prodotto solo dal decadimento del potassio[1]. Se, come si pensa, i meteoriti fanno parte dell'evoluzione del sistema solare, essi ci possono dire quanti anni ha il sistema solare stesso e ci possono anche raccontare come variava il flusso dei raggi cosmici nel passato.

(Caffee et al., 1988)

Nuclide	Half-life <sup>(*)</sup> [y]	Main Targets
<sup>3</sup> H	12.3	O, Mg, Si, Fe
<sup>3</sup> He, <sup>4</sup> He	S	O, Mg, Si, Fe
<sup>10</sup> Be	1.6 · 10 <sup>6</sup>	O, Mg, Si, Fe
<sup>14</sup> C	5730	O, Mg, Si, Fe
<sup>20</sup> Ne, <sup>21</sup> Ne, <sup>12</sup> Ne	S	Mg, Al, Si, Fe
<sup>22</sup> Na	2.6	Mg, Al, Si, Fe
<sup>26</sup> Al	7.1 · 10 <sup>5</sup>	Si, Al, Fe
<sup>36</sup> Cl	3.0 · 10 <sup>5</sup>	Fe, Ca, K, Cl
<sup>36</sup> Ar, <sup>38</sup> Ar	S	Fe, Ca, K
<sup>37</sup> Ar	35 days	Fe, Ca, K
<sup>39</sup> Ar	269	Fe, Ca, K
<sup>40</sup> K	1.3 · 10 <sup>9</sup>	Fe
<sup>39</sup> K, <sup>41</sup> K	S	Fe
<sup>41</sup> Ca	1.0 · 10 <sup>5</sup>	Ca, Fe
<sup>46</sup> Sc	84 days	Fe
<sup>48</sup> V	16 days	Fe
<sup>53</sup> Mn	3.7 · 10 <sup>6</sup>	Fe
<sup>54</sup> Mn	312 days	Fe
<sup>55</sup> Fe	2.7	Fe
<sup>59</sup> Ni	7.6 · 10 <sup>4</sup>	Ni
<sup>60</sup> Co	5.27	Co, Ni
<sup>81</sup> Kr	2.1 · 10 <sup>5</sup>	Rb, Sr, Zr
<sup>78</sup> Kr, <sup>80</sup> Kr, <sup>82</sup> Kr, <sup>83</sup> Kr	S	Rb, Sr, Zr
<sup>129</sup> I	1.6 · 10 <sup>7</sup>	Te, Ba, La, Ce
<sup>124-132</sup> Xe	S	Te, Ba, La, Ce, (I)

Lista di nuclidi cosmogenici, generalmente rinvenuti nelle meteoriti [2].

Gli scienziati però non si fermano a questo, si può anche conoscere da quanto tempo il meteorite pre-atmosferico abbia vagato nello spazio prima di raggiungere il nostro pianeta, una datazione che è definita "età di esposizione ai raggi cosmici" o "tempo di radiazione cosmica" (dall'inglese Radiation Age o CRE Age, Cosmic Rays Exposure Age). Se il meteorite faceva parte di un corpo più grande come un pianeta o un asteroide, si presuppone che originariamente era sepolto e quindi non esposto ai raggi cosmici. Il tempo CRE si può calcolare solitamente utilizzando il rapporto tra gli isotopi radioattivi e quelli stabili presenti nel meteorite. Ad esempio un metodo è basato sul rapporto tra trizio ed elio-3. L'elio-3 (<sup>3</sup>He), il cui nucleo è composto da due protoni e un solo neutrone è estremamente raro in natura, un altro raro elemento è il trizio che è sostanzialmente un atomo di idrogeno arricchito con due neutroni, il trizio è prodotto dalle particelle dei raggi cosmici che bombardano i meteoroidi e il suo tempo di dimezzamento è di 12 anni, trasformandosi in elio-3, quindi misurando la quantità di elio-3 o meglio il rapporto trizio/elio-3 e utilizzando modelli creati con esperimenti in laboratorio si può conoscere il tempo passato nello spazio dal meteorite.

Il fenomeno si può anche invertire, in pratica dal numero e rapporto dei vari isotopi misurati si può ricavare il tasso di produzione di raggi cosmici nello spazio e la loro variazione nel tempo, quindi i meteoriti diventano anche degli importanti rivelatori di raggi cosmici.[2]

L'età CRE ha implicazioni in diverse domande interconnesse ancora aperte: da quanti corpi originari proviene il meteorite? arrivano dalla fascia degli asteroidi? quale è la natura della differenziazione dei vari tipi di meteoriti? quanto spesso avvengono le collisioni? e altro ancora.

Si è visto ad esempio che l'età dei meteoriti aumenta nell'ordine rocciosi>ferro-rocciosi>ferrosi. L'età di quelli rocciosi raramente supera i 100 milioni di anni, per quelli ferro-rocciosi varia tra 50 e 200 milioni di anni e per quelli ferrosi varia a seconda della classificazione, ma spesso si aggirano sui 200 milioni di anni [3], fino a raggiungere il miliardo di anni[2].

Malgrado questa esposizione semplifichi di molto i procedimenti di analisi, rispondere alle domande sopra esposte è una questione estremamente complessa. Fortunatamente il numero di campioni raccolti negli ultimi anni è aumentato, soprattutto grazie ai nuovi rinvenimenti in Antartico. Questo aiuta molto a fare chiarezza su molti dei processi chimici che avvengono in un meteorite esposto all'ambiente cosmico, molti dei quali si sovrappongono.

A carattere esemplificativo, di seguito si espone il metodo di base per il calcolo del tempo di esposizione CRE ai raggi cosmici.

Prima di tutto si calcola la concentrazione degli isotopi, quello stabile e quello radioattivo, per quello stabile  $s$  si ha:

$$s = P_s t \quad [3]$$

dove  $P_s$  è il tasso di produzione dell'isotopo stabile preso in considerazione.

Analogamente per quello radioattivo  $r$  si ha:

$$r = \frac{P_r(1 - e^{-\lambda t})}{\lambda} \quad [3]$$

dove  $P_r$  è il tasso di produzione dell'isotopo preso in considerazione e  $\lambda$  la costante di decadimento.

Infine il rapporto  $s/r$  può fornire l'età cercata:

$$\frac{s}{r} = \frac{P_s}{P_r} \frac{\lambda t}{(1 - e^{-\lambda t})} \quad [3]$$



Dar Al Gani 489, un meteorite venuto da Marte.

Il tutto funziona se si conosce il tasso di formazione degli isotopi e presupponendo un flusso di raggi cosmici pressoché costante. Questi due parametri non sono semplici da prevedere perché nella produzione di isotopi ci sono tre tipi di raggi cosmici in gioco, quelli galattici (GCR), quelli solari (SCR) e lo stesso vento solare (SW) anche se con un ruolo differente, dato che le particelle SW trasportano energie molto inferiori rispetto ai primi due.

Per riuscire a risolvere questi problemi sono stati fatti e si fanno esperimenti in laboratorio. Tramite gli acceleratori di particelle si simulano i raggi cosmici e si studia la formazione degli isotopi su dei target campione. Con i risultati si sviluppano modelli di calcolo sempre più raffinati che possono essere applicati in concomitanza delle analisi chimiche sui meteoriti.

Parallelamente agli studi sugli isotopi cosmogenici, in un meteorite si fanno numerose altre indagini, in modo di ricavare informazioni non solo sullo stato pre-atmosferico, ma anche sullo stato pre-meteorite e così risalire al corpo "parente" a cui esso apparteneva; è così che si scoprono i meteoriti "marziani" o "lunari".

Testo e immagini di Marco Arcani

[1] Germaine and Arthur Beiser, The Story of Cosmic Rays, Phoenix House Publications

[2] P. K. F. Grieder, Cosmic Rays at Earth, Elsevier

[3] J. W. Truran, Jr. and A. Heger, Treatise on Geochemistry- Vol 1 - Meteorites, Comets, And Planets , University of Chicago

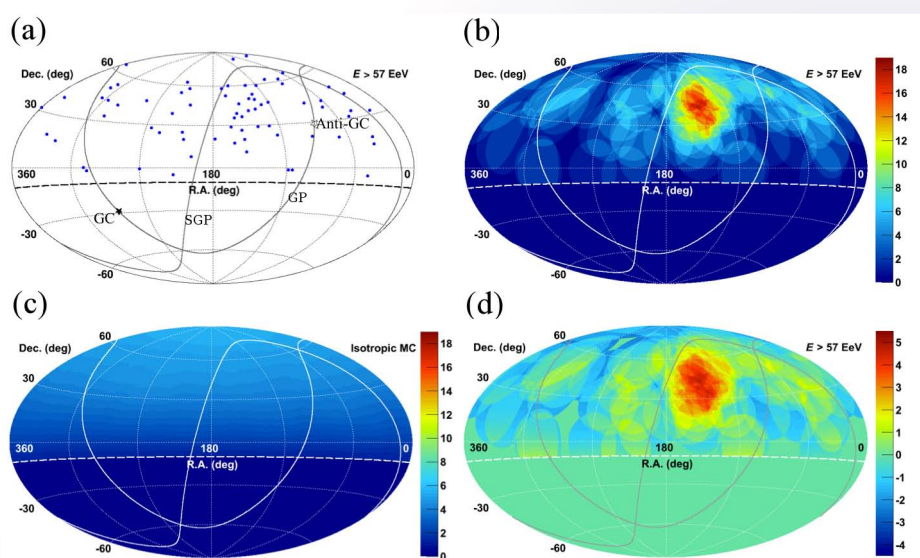
## IceCube e IceTop hanno mappato l'anisotropia dei raggi cosmici nell'emisfero Sud.

I raggi cosmici provengono da diverse direzioni con una distribuzione praticamente uniforme. In alcuni osservatori tuttavia è stata notata una certa anisotropia - non del tutto inattesa - dato che ci si aspetta una distribuzione dipolare, seppur debole dovuta al campo magnetico galattico. La struttura osservata dagli osservatori al Polo Sud nella distribuzione di arrivo dei raggi cosmici è molto simile a quella identificata da altri osservatori dell'emisfero Nord, un lavoro di sei anni che è stato recentemente inviato all'Astrophysical Journal.

I ricercatori di IceCube (il grande osservatorio situato in Antartide) stanno ora aggiornando i risultati usando 318 miliardi di eventi (muoni) rivelati tra maggio 2009 e maggio 2015. Questo grande campione di dati ha permesso di discriminare nuove regioni di anisotropia nella mappa del cielo. Le indicazioni di anisotropia dovrebbero fornire nuove informazioni sui processi fisici che rendono

differenti le direzioni di arrivo dei raggi cosmici. Gli scienziati stanno anche osservando la dipendenza di tale anisotropia in relazione alle energie o alle variazioni nel tempo. Essi confermano una forte dipendenza sulle energie delle particelle, mentre la direzione di arrivo non sembra essere dipendente dalle variazioni temporali, quanto osservato è in accordo con gli attuali modelli teorici.

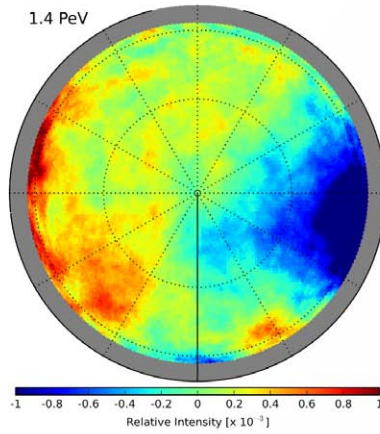
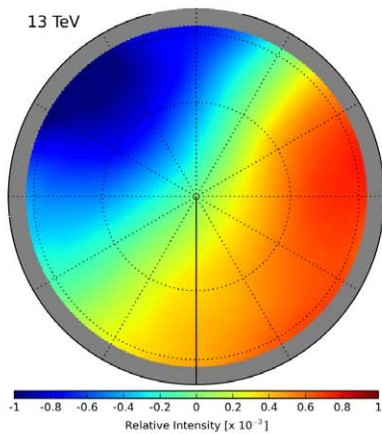
I raggi cosmici vengono creati nella nostra galassia con energie tra decine di GeV fino a qualche EeV e si propagano nel mezzo interstellare in modo diffuso e isotropico fino a raggiungere la Terra. Tuttavia seguendo i modelli teorici è attesa un'anisotropia dipolare (analogamente a come si distribuiscono le cariche nel dipolo di un magnete NDT) quantificabile in millesimi di percentuale, o anche inferiore e che a energie intorno al TeV è infatti già stata osservata nell'emisfero Nord (vedi immagine a lato) e ora confermate da IceCube anche per l'emisfero Sud.



Concentrazione di eventi provenienti da una regione di circa  $20^\circ$  di raggio vicino alla costellazione dell'Orsa Maggiore. Dei 72 raggi cosmici di ultra-alta energia (UHECR) rilevati, 19 provengono da questa regione, che rappresenta solo il 6% del cielo. Se la distribuzione fosse isotropa, sarebbero attesi solo 4.5 eventi. Sebbene il risultato non è statisticamente significativo, questo è l'indizio più solido sulla direzione di provenienza. Sorprendentemente queste particelle, non sembrano provenire da quelle fonti che gli astronomi e gli astrofisici credevano fossero i candidati più probabili: i cosiddetti nuclei galattici attivi, quei buchi neri massicci, nuclei di galassie capaci di emettere intense onde radio, raggi X e gamma. La regione dell'apparente hotspot è popolata da galassie che sono relativamente tranquille a queste lunghezze d'onda.

Comunque un tale valore di anisotropia a energie intorno al TeV è spiegabile anche con l'interazione tra i raggi cosmici e il turbolento campo magnetico interstellare. Le perturbazioni nella direzione di arrivo dei raggi cosmici dovute a instabilità magnetiche può produrre regioni localizzate di eccesso o di deficit che non ci si aspetti varino nel tempo. La nuova mappa di IceCube sull'anisotropia realizzata utilizzando gli ultimi sei anni di dati non mostra alcuna dipendenza sulla variazione di tempo, in accordo con i dati attesi. Con l'aumentare dei dati campione, IceCube ha svelato due nuove regioni entrambe molto significative.

Come sottolineato prima, la mappa di anisotropia globale (immagine successiva) mostra una grande dipendenza in relazione all'energia, con un grande eccesso nel cielo tra  $30^\circ$  e  $120^\circ$  e un deficit tra  $150^\circ$  e



250° che scompare gradualmente. Sopra i 100 TeV l'anisotropia in deficit appare tra 30° e 120°, la quale aumenta con energie di almeno 5 PeV. L'origine di questa transizione non è completamente capita, ma può essere spiegata con un cambiamento della sorgente dominante: dal braccio di Orione, al centro galattico. Sono state anche osservate differenze nell'ampiezza dei valori di anisotropia tra IceTop (il rivelatore in superficie) e IceCube (il rivelatore sotto la superficie) che può esser spiegata con una

differente composizione chimica delle componenti misurate dai due rivelatori.

Autore: *M.G.Aartsen et al. (The IceCube Collaboration)*  
 Pubblicato su *The Astrophysical Journal*, [arxiv.org/abs/1603.01227](https://arxiv.org/abs/1603.01227)  
 (<https://icecube.wisc.edu/news/view/402>)

## Un anno di notizie in breve:

### I neutrini solari influenzano i decadimenti nucleari sulla Terra?



Un trio di fisici ha evidenziato che i neutrini solari potrebbero influenzare i tempi di decadimento radioattivi dell'ambiente terrestre. Mentre precedenti ricerche mostravano una fluttuazione di un anno, il nuovo studio presenta oscillazioni tra gli 11 e i 12,5 anni (che corrisponde a un ciclo solare), l'ultimo dato è ricavato dal Superkamiokande, il grande osservatorio di neutrini in Giappone.

Fonte: Physicsworld

(<http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/nov/24/do-solar-neutrinos-affect-nuclear-decay-on-earth>)

### 31.10.2016 Un mistero per i muoni di Auger

Il flusso dei muoni, dei raggi cosmici di alta energia misurato dall'Osservatorio Auger, sembra essere superiore a quanto previsto dai modelli basati sui dati di LHC.

Questo probabilmente può indicare che i processi ad alta energia si comportino in modo diverso, da quanto sperimentato a energia inferiore negli acceleratori terrestri. La ricerca è pubblicata sul *Physical review letters*

Fonte: APS

(<http://physics.aps.org/articles/v9/125>)

## Tiangong 2

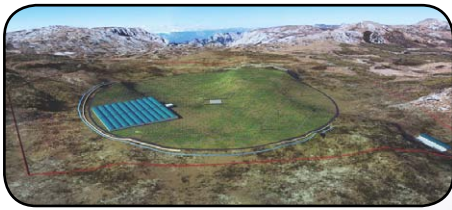


Il 15 settembre è stato lanciato Tiangong-2, il razzo che ha portato in orbita un modulo della stazione spaziale cinese. Questo vettore ha trasportato anche il satellite POLAR per lo studio della polarizzazione dei fotoni gamma prodotti dai GRB. La polarizzazione viene misurata attraverso l'effetto di scattering Compton.

POLAR è una collaborazione tra Cina Polonia e Svizzera.

Fonte: *UNIGE*  
(<http://www.isdc.unige.ch/polar/>)

## LHAASO



In Cina è stata approvata la costruzione di un grande osservatorio per raggi cosmici: LHAASO (Large High Altitude Air Shower Observatory) indagherà gli sciami di raggi cosmici prodotti sia da fotoni gamma che da particelle cariche; essendo costruito ad alta quota - oltre i 4000 metri - esso permetterà di ottenere dati più precisi sulle particelle primarie dei raggi cosmici a bassa energia e sui raggi gamma provenienti da resti di supernove.

Fonte: *Physicsworld*

(<http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/aug/09/construction-starts-on-huge-chinese-cosmic-ray-observatory>)

## I risultati di CLOUD del CERN pubblicati su NATURE!

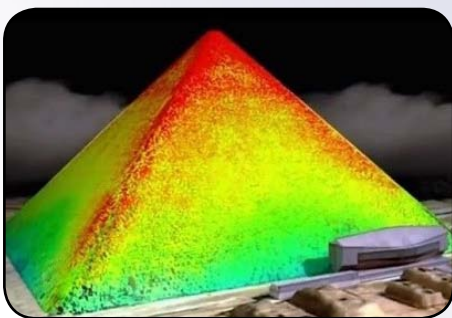


Da diversi anni (2011) è attivo un esperimento al CERN chiamato CLOUD, per studiare gli effetti dei raggi cosmici sul clima. Recentemente su Nature sono stati pubblicati due articoli con i risultati (J Kirkby et al. 2016 Nature 533 521. - J Tröstl et al. 2016 Nature 533 527). I risultati mostrano il ruolo degli aerosol nei cambiamenti climatici in relazione all'attività umana, una questione molto articolata che tra l'altro conferma i raggi cosmici come importanti attori sulla scena del clima.

Fonte: *CERN Courier*

(<http://cerncourier.com/cws/article/cern/65490>)

## 8.05.2016 Vedere l'interno di una piramide



Termografia di una piramide della piana di Giza (Scans Pyramid).

I ricercatori del progetto "Scans Pyramid" (<http://www.scanpyramids.org/>) hanno inaugurato l'inizio dei lavori analizzando la Piramide Rombooidale, tramite una scansione di quaranta giorni ottenuta con i muoni cosmici. Il progetto è stato approvato nel 2015 in seguito ad alcuni indizi ottenuti da un'indagine nella Grande Piramide di Giza (<http://www.theguardian.com/world/2016/jan/18/cosmic-particles-inside-pyramids-could-unlock-mystery-of-how-they-were-built>) L'analisi con le camere termografiche aveva infatti mostrato anomalie termiche, ovvero la possibilità che ci siano ancora camere inesplorate. L'analisi di tomografia a muoni nelle piramidi egiziane dovrebbe continuare per tutto il 2016 (videoclip: <http://www.ibtimes.co.uk/tv/embed/18243>).

Fonte: *IBT* (<http://www.ibtimes.co.uk/cosmic-particles-reveal-what-inside-ancient-egypts-pyramids-look-like-1558891>)

08.04.2016 **Altri indizi per le supernove del "recente" passato**

Due team indipendenti di ricercatori hanno scoperto che supernove esplose entro 330 anni luce di distanza dal nostro pianeta, possono essere esplose durante gli ultimi 2.3 milioni di anni. Questa scoperta è stata possibile grazie all'analisi dei fondali oceanici, in cui è depositato il ferro-60 prodotto dalle esplosioni di supernove. Esplosioni così vicine possono essere state fatali per la vita e il clima sulla Terra.

Fonte: *Physicsworld*

(<http://physicsworld.com/cws/article/news/2016/apr/06/finding-the-earth-bound-evidence-for-supernovae-in-the-galactic-neighbourhood>)

### **Ricercatori identificano un acceleratore di particelle al centro della Galassia capace di emettere energie mai viste prima.**

Gli scienziati dell'Osservatorio HESS hanno identificato un'area al centro della Via lattea che emette intensa radiazione gamma con energia estremamente alta. La sorgente è un acceleratore di particelle che spinge i protoni fino a energie intorno ai PeV ( $10^{15}$ eV, più di 100 volte le capacità di LHC al CERN). Le analisi dei risultati pubblicati su "Nature" mostrano l'identificazione di una sorgente interna alla nostra Galassia e molto probabilmente si tratta del buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea.

Fonte: *HAP* (<http://www.hap-astroparticle.org/news-2016.php>)

### **9.03.2016 Aggiornamenti da LOFAR**



Array di antenne LOFAR (cortesia LOFAR).

LOFAR, LOW-Frequency Array Radio telescope, è un dispiegamento di antenne in Olanda che "sente" le onde radio emesse dai raggi cosmici in atmosfera. Per la prima volta ora gli astronomi sono riusciti a capire che tipo di particella produce determinati segnali. Questo apre un nuovo campo di ricerca sull'astrofisica delle alte energie, tramite semplici antenne, un campo che forse potrà estendersi anche a livelli amatoriali...

Fonte: *HAP* (<http://www.hap-astroparticle.org/news-2016.php>)

### **10.12.2015 L'Osservatorio Pierre Auger si espande.**



I ricercatori di "Auger" saranno aiutati da una ulteriore superficie di rivelazione pari a 23 km<sup>2</sup> di nuovi rivelatori di muoni. L'aggiornamento che posticipa anche la durata dell'esperimento fino al 2025 coinvolgerà l'installazione di nuovi rivelatori a scintillazione a fianco dei 1660 rivelatori Cherenkov ad acqua esistenti.

I nuovi scintillatori, di 4 metri quadri l'uno saranno installati sotto terra per consentire l'individuazione indipendente di elettroni e muoni, delle cascate in atmosfera, in modo separato e più efficiente; come afferma il portavoce di Auger, Karl-Heinz Kampert "Il rapporto tra elettroni e muoni risulta essere molto sensibile alla massa della particella primaria".

Auger affronterà una serie di problemi scientifici fondamentali che non possono essere affrontate in qualsiasi altro luogo entro il prossimo decennio e oltre...

Fonte: *Physicsworld*

(<http://physicsworld.com/cws/article/news/2015/dec/08/pierre-auger-cosmic-ray-observatory-set-for-expansion>)

11.02.2016 **Onde gravitazionali rilevate da LIGO**

I ricercatori del Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory (LIGO) e dall'interferometro VIRGO (Ita) riportano sul Physical Review Letters la prima rilevazione diretta delle onde gravitazionali, deboli distorsioni nella geometria dello spazio-tempo predette da Einstein nel 1916.

I segnali interpretati come onde gravitazionali sembrano essere stati emessi dalla fusione di due buchi neri, questa è l'alba per una nuova era dell'astrofisica osservativa.

Fonte: APS (<http://physics.aps.org/articles/v9/17>)

1.03.2016 **Modulazione solare dei raggi cosmici**

Alcuni ricercatori hanno sviluppato una nuova formula analitica per calcolare e prevedere la modulazione solare sullo spettro dei raggi cosmici che raggiungono la Terra, questo è stato possibile grazie anche ai dati registrati dalle sonde Voyager arrivate ai confini del sistema solare...

Fonte: APS

([http://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.93.043016?utm\\_source=email&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=prd-alert](http://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.93.043016?utm_source=email&utm_medium=email&utm_campaign=prd-alert))

**Il ciclo solare influenza il flusso dei positroni**

Recenti osservazioni indicano che l'inversione di polarità del campo magnetico solare (che avviene ogni 11 anni) influisce sul flusso di positroni a bassa energia. I ricercatori hanno trovato questo collegamento analizzando oltre 10 anni di dati della sonda PAMELA. Questa ricerca - pubblicata sul Physical Review Letters - può anche aiutare a capire l'anomalia riscontrata da AMS2 nel rapporto positroni-elettroni di alte energie.

Fonte: APS

(<http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.116.241105>)

*Traduzioni e impaginazione di Marco Arcani.*





### **Il fantasma dell'universo. Che cos'è il neutrino**

**Autore:** Lucia Votano

**Editore:** Carocci ; 2015

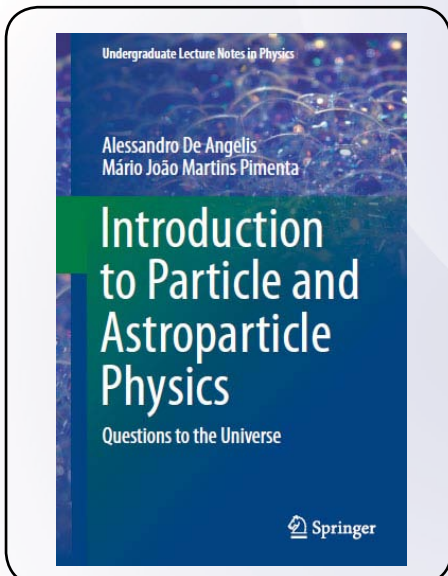
Ben prima della luce, a un decimillesimo di secondo dal Big Bang, i neutrini sono apparsi nell'universo. Dopo un secondo il brodo primordiale si era raffreddato abbastanza da consentire loro di muoversi liberi e ancora oggi, dopo quasi quattordici miliardi di anni, sono numerosissimi. Ma che cosa sono i neutrini? Elusivi come fantasmi, camaleontici, viaggiano indenni attraverso la materia arrivando dritti sino a noi dagli angoli più remoti e nascosti dell'universo. Per saperne di più seguiremo i fisici che li studiano in laboratori sotterranei o in luoghi estremi come i ghiacciai polari o le profondità marine.

### **Introduction to Particle and Astroparticle Physics**

Questions to the Universe (in lingua inglese)

**Autori:** Alessandro De Angelis, Mário João Martins Pimenta

**Editore:** Springer-Verlag; 2016 edizione (14 settembre 2015)



'Questions to the Universe', fare domande all'Universo potrebbe essere una frase Galileiana e le risposte si ottengono tramite gli esperimenti. Il libro parte da questo concetto per introdurre tutti gli aspetti della fisica delle particelle, dell'astrofisica e della cosmologia, tre discipline che nella fisica delle astroparticelle non possono restare separate.

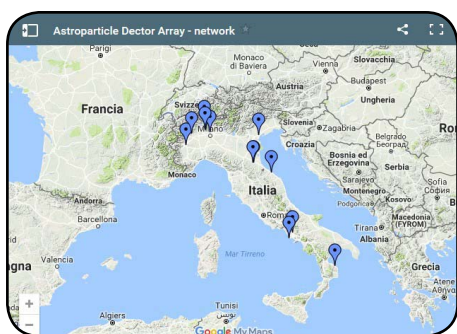
Questo è il primo volume in cui la fisica delle particelle elementari viene presentata partendo dai raggi cosmici, i capitoli sono arricchiti da prestigiose e ben oculte immagini, di cui molte storiche, che stimolano la lettura.

Il libro è indirizzato principalmente a studenti universitari o laureati in fase di specializzazione, tuttavia può essere molto utile anche a ricercatori o a insegnanti come "manuale di consultazione". Pur essendo un libro specialistico, è leggibile anche dai non addetti ai lavori con conoscenze di fisica classica e fisica quantistica di base.

Gli autori, Alessandro De Angelis e Mário J.M. Pimenta sono stati professionisti nel campo della fisica degli acceleratori, prima di diventare leader di gruppi di fisica astroparticellare.

Introduction to Particle and Astroparticle Physics è nella top 10 tedesca di amazon, in fisica delle alte energie, e nella top 100 inglese e americana.

### Aggiornamenti sul progetto A.D.A.

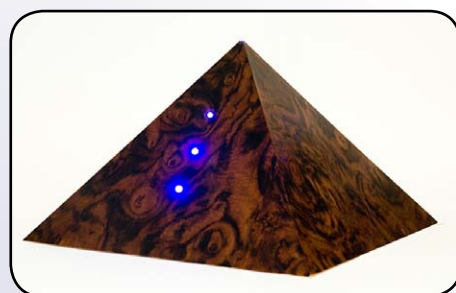


Mappa dei rivelatori installati che partecipano al progetto ADA (<http://www.astroparticelle.it/ADA-array.asp>).

Il progetto sperimentale ADA consiste in una rete composta da rivelatori di raggi cosmici distribuiti sul territorio nazionale e oltre. Il fine primario dell'esperimento ADA è quello di promuovere la divulgazione scientifica e portare la fisica moderna nelle scuole, attraverso una didattica multidisciplinare. ADA utilizza semplici ma efficaci rivelatori di particelle subatomiche (muoni) chiamati AMD5; tutti insieme questi rivelatori formano anche un osservatorio astronomico di raggi cosmici volto a individuare astroparticelle prodotte da esplosioni di supernove o eventi ad altissima energia come gli UHECRs (Ultra High Energy Cosmic Rays). Attualmente sono 15 i rivelatori distribuiti tra Svizzera e Italia, di cui 12 sono funzionanti online e altri tre rivelatori sono in fase di preparazione o installazione.

### AMD5 a forma di piramide

Solitamente gli AMD5 sono costruiti utilizzando come involucro un comune contenitore (case) per computer, da tempo si sta cercando una soluzione alternativa per cercare di migliorare alcuni aspetti della costruzione. A questo scopo saltuariamente vengono costruiti alcuni prototipi come questo rivelatore di raggi cosmici a forma di piramide. La "piramide Chephren" essendo oggetto destinato alla partecipazione a un concorso sull'artigianato è stata prodotta in collaborazione con il celebre artigiano Antonio Paganoni.



Antonio Paganoni col primo prototipo di rivelatore a piramide (<http://www.antoniopaganoni.it/>).

Come tutti i rivelatori di raggi cosmici, questa piramide in legno è uno strumento elettronico che rivela e conta le particelle dei raggi cosmici che provengono dall'alta atmosfera, a loro volta generate da nuclei di atomi provenienti dal cosmo.

Piramidi e raggi cosmici sono indipendentemente attornati da un'aura di mistero. Questo nostro prototipo è costruito con le esatte proporzioni delle piramidi egiziane. La piramide di Chephren è stata la prima grande struttura a essere analizzata, geologicamente e archeologicamente, tramite il flusso dei raggi cosmici dal fisico statunitense Louis Alvarez negli anni settanta; una tecnica oggi nota come tomografia a muoni.

### Software

Durante l'ultimo anno sono stati migliorati i software di analisi, in particolare l'applicazione ESA-ADA (autori: Domenico Liguori e Pasquale Barone, <http://www.astroparticelle.it/esa-ada.asp>) permette ora di ottenere anche un'analisi al volo dei dati giornalieri relativi alle coincidenze tra rivelatori. Prossimamente sarà rilasciata la nuova versione 5 di AstroRad adibita alla registrazione dei dati con il rivelatore AMD5.

