

FISICAST

per
SxT

I raggi cosmici

di
Livia Soffi



I Raggi Cosmici

Livia Soffi

Abstract:

La ricerca e la scoperta dei raggi cosmici parte da lontano, da quando a fine '700 Coulomb mise in piedi un semplice esperimento con un elettroscopio. Seguiamo insieme il lungo percorso della loro ricerca, che ci porta da quel momento fino alla Stazione Spaziale Internazionale e passa per mongolfiere ed esperimenti sottomarini esplorando la natura dei raggi cosmici e le loro proprietà.

INIZIO

INTRODUZIONE: Avete mai sentito parlare dei "raggi cosmici"? Io ne ho fatto conoscenza oggi, parlando con Livia Soffi, ricercatrice dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Roma, ho scoperto la loro avvincente storia... sentiamo com'è andata.

Q: Voi cervelloni mi avevate quasi convinto che al famoso acceleratore LHC di Ginevra i fisici lanciano le particelle a energie mai raggiunte prima sulla Terra. Invece ieri ho letto (al telegiornale ho sentito) una notizia che mi ha turbato un po': pare che esistano particelle con energie anche 100 milioni di volte maggiori di quelle che girano nell'acceleratore del CERN! Ma non ho capito bene... È proprio vero?

A: Eh sì Chiara, è proprio così. Quello di cui parli sono i Raggi Cosmici, particelle e nuclei atomici di alta energia che, muovendosi quasi alla velocità della luce, colpiscono la Terra da ogni direzione.

Q: Da dove vengono queste particelle? Chi le ha scoperte? E che ce ne facciamo?

A: Calma calma, una cosa alla volta. Prima di tutto, come dice il nome stesso, i raggi provengono dal cosmo, cioè dallo spazio che ci circonda. La loro origine è sia galattica che extragalattica.

Q: Quindi vengono dal cielo... Ci piovono in testa particelle? Anche adesso mentre parliamo?

A: Esatto. Veniamo continuamente colpiti da queste particelle. In media ne arriva una al secondo per ogni metro quadrato della superficie della Terra.

Q: E dobbiamo preoccuparcene?

A: Direi di no, per fortuna le particelle che compongono i raggi cosmici sono infinitamente piccole e possono attraversarci sotto forma di radiazione, rilasciando soltanto una piccola frazione della loro energia. Inoltre, questi raggi cosmici non sono tutti energetici allo stesso modo. Anzi, quelli a bassa energia sono molto più abbondanti di quelli ad alta energia.

Q: Ma gli astronauti nello spazio vedono gli stessi raggi cosmici che osserviamo noi sulla Terra?

A: No tutt'altro. La nostra atmosfera assorbe una buona parte dei raggi cosmici che arriverebbero e inoltre il campo magnetico della Terra ci protegge, deviando le particelle cariche che li compongono. Un astronauta, o un viaggiatore interplanetario, non potrebbe sfruttare l'atmosfera e il campo magnetico terrestre e sarebbe quindi più esposto ai raggi cosmici di quanto lo siamo noi adesso. Anche in quota siamo più esposti, infatti, per esempio, le compagnie aeree devono monitorare la quantità di radiazione a cui sono soggetti i propri passeggeri, che volando ad alta quota sono meno schermati dai raggi cosmici rispetto a coloro che sono a terra.

Q: Questo mi rincuora... Però se queste particelle ci attraversano senza che ce ne accorgiamo, come abbiamo fatto a scoprirle? Come facciamo ad essere sicuri che ci siano davvero?

A: Questa è una bella domanda che ci porta lontano nel tempo. Hai presente Charles Augustin de Coulomb?

Q: Come no, il fisico francese che fondò le basi della teoria dell'elettromagnetismo alla fine del '700.

A: Proprio lui. Ecco lui per primo, nel 1785 osservò che un elettroscopio dopo un po' di tempo si scarica, anche se è perfettamente isolato.

Q: Un elettro-che?

A: Un elettroscopio. Ossia uno strumento molto semplice capace di misurare la carica elettrica posseduta da un corpo. Ricorderai certamente l'esperimento che si faceva a scuola, quello in cui si strofinava una penna biro con un pezzo di lana e la si avvicinava a un mucchietto di pezzettini di carta: che succedeva?

Q: La biro attirava i pezzettini di carta.

A: Infatti. Questo succede perché lo strofinamento della lana elettrizza la biro, cioè la rende carica di elettricità statica e più è carica più pezzetti di carta attira. Ecco, la nostra biro è un semplice elettroscopio, perché ci permette di misurare quanta carica ha, contando quanti pezzetti di carta attira.

Q: Capito. Quindi Coulomb caricava il suo elettroscopio, lo abbandonava a se stesso senza toccarlo e dopo un po' di tempo lo trovava scarico?

A: Sì.

Q: Ah. Quindi ci dev'essere qualcosa che lo scarica...

A: Esattamente. L'elettroscopio segnalava a Coulomb la presenza di un qualche agente ionizzante nell'atmosfera che potesse annullarne la carica.

Q: E cosa vuol dire esattamente?

A: Per agente ionizzante, o radiazione ionizzante, intendiamo delle radiazioni sotto forma di onda (le onde elettromagnetiche) o corpuscolari (sotto forma di particelle) dotate di sufficiente energia per "ionizzare" la materia che attraversano, cioè strappare elettroni agli atomi che la compongono, generando un grande numero di particelle elettricamente cariche che possono muoversi all'interno della materia stessa. Tuttavia, anche isolando l'elettroscopio inserendolo in una campana da vuoto l'effetto non cambiava: si scaricava allo stesso modo! A quei tempi Coulomb non poté trovare altre spiegazioni se non che questo "qualcosa" fosse una radiazione ionizzante che provenisse dal suolo.

Q: Qualcosa mi dice che sbagliava... ma lungi da me dare torto a M. Coulomb! Quindi spiegami, aveva ragione o no?

A: Beh sì e no. È vero che l'elettroscopio stesse misurando il passaggio di una radiazione carica, ma non è vero che questa radiazione venisse dal suolo.

Ma era ancora presto per concluderlo. Circa un secolo dopo, ai primi del '900, gli studi di Marie e Pierre Curie sulla radioattività naturale, supportarono in qualche modo l'opinione dominante che la radiazione che Coulomb aveva osservato venisse davvero dal suolo.

Q: Mi ricordo di Marie Curie, ce ne ha parlato a Fisicast qualche anno fa il Professor Pallottino. Ricordo che raccontò dei contributi scientifici incredibili di questa donna, che aprirono orizzonti totalmente nuovi nell'esplorazione dei fenomeni della radioattività e portarono progressi enormi nel campo della fisica e della chimica. Ma quindi anche Marie Curie si sbagliava?

A: Assolutamente no. Tutto quello che lei ci ha insegnato sulla radioattività è vero e confermato. Semplicemente però la radioattività non è responsabile del fenomeno osservato con l'elettroscopio.

Q: Benissimo. Ora però mi stai facendo incuriosire davvero... Quando arriva il colpo di scena?

A: Tra poco. Nel 1907 Padre Theodor Wulf, un gesuita tedesco, professore in Olanda e a Roma, perfezionò l'elettroscopio di Coulomb e lo rese trasportabile. Dopodiché pensò: se è vero che la radiazione che scarica il mio elettroscopio proviene dalla Terra, se salgo in un luogo molto alto con questo elettroscopio e quindi mi allontano dal suolo, mi aspetto che la radiazione che misurerà l'elettroscopio sarà minore. Più lontano vado dal suolo più dovrebbe diminuire.

Q: Non fa una piega, continua pure.

A: Padre Wulf pertanto, durante la Pasqua del 1910 prese il suo elettroscopio portatile salì sulla Torre Eiffel a circa 300 metri dal suolo. Quello che osservò con l'elettroscopio carico, fu un po' anomalo. L'elettroscopio effettivamente si scaricava di meno in cima alla torre che al suolo, ma questa diminuzione era molto minore di quanto ci si potesse aspettare nell'ipotesi che la radiazione incidente provenisse interamente dal suolo. Due erano le possibili conclusioni: la prima era che l'aria assorbiva la radiazione naturale proveniente dal suolo meno del previsto; la seconda era che esistesse un'ulteriore sorgente di radiazione, non ancora scoperta, ma che non provenisse dal suolo.

Q: Qualcosa mi dice che la seconda era l'ipotesi giusta...

A: Eh sì. Lo stesso pensò intorno al 1912 Domenico Pacini, un giovane fisico meteorologo italiano che lavorava presso l'ufficio centrale di Meteorologia e Geodinamica. Egli non accettò l'interpretazione generale che la radiazione ionizzante che scaricava gli elettroscopi fosse di origine terrestre e si inventò un esperimento per dimostrarlo. Egli ragionò così: "se è vero che la radiazione ionizzante non proviene dal suolo, ma dall'atmosfera, allora deve essere assorbita in profondità nelle acque marine. Cioè, se confronto la radiazione ionizzante misurata da un elettroscopio posto sulla terra con quella misurata da un elettroscopio posto sott'acqua nel mare, la seconda dovrà essere significativamente minore della prima."

Q: Insomma Padre Wulf salì sulla torre Eiffel e il Professor Pacini scese sott'acqua... certo che voi fisici una ne pensate e cento ne fate! Ma dimmi, come finì?

A: Finì che Pacini, confrontando i risultati di una serie di esperimenti svolti sulla superficie terrestre e nel mare a bordo del cacciatorpediniere "Fulmine" e poi sviluppando una nuova tecnica per misure sottomarine, misurò una riduzione del 20% della radiazione ionizzante sott'acqua. Questo confermò la sua ipotesi che la radiazione ionizzante non provenisse dal suolo ma che "esista nell'atmosfera una sensibile causa ionizzante, con radiazioni penetranti, indipendente dall'azione diretta delle sostanze radioattive del terreno". I suoi studi aprirono la strada a tutta una serie di ricerche sottomarine di cui se vuoi un giorno parleremo insieme.

Q: Volentieri! Ora però non divaghiamo. Siamo agli inizi del '900 e il Prof. Pacini ha dimostrato l'esistenza di una radiazione ionizzante, che proviene dall'atmosfera e che viene assorbita in acqua.

A: Esatto. Quasi in contemporanea poi, il fisico austriaco Victor Franz Hess, migliorò l'elettroscopio di Wulf e studiò le proprietà di assorbimento delle radiazioni salendo in mongolfiera fino a 5350 metri di altezza. Egli osservò che l'intensità della radiazione ionizzante misurata diminuiva con l'altezza lentamente fino a stabilizzarsi verso i 700 metri. A partire dai 1500 metri di quota il segnale riprendeva a crescere fino ad arrivare, a 5.000 metri, a un'intensità doppia di quella a terra!

Q: Quindi ad alta quota l'evidenza di una nuova radiazione proveniente dall'atmosfera e non dal suolo era ancora più forte, capisco bene?

A: Esatto. Inoltre, in successivi voli, trovò che il segnale aveva valori molto simili sia di giorno che di notte. Infine, Hess notò che il segnale non diminuiva sensibilmente neanche durante un'eclisse solare, per cui concluse che la radiazione misteriosa non poteva essere generata dal Sole, ma doveva giungere dallo spazio.

Q: Da qui il nome di "raggi cosmici", giusto?

A: Esattamente, o per dirla con le parole di Hesse:

VOCE 1: "I risultati delle presenti osservazioni potrebbero essere spiegati assumendo che una radiazione di potere altamente penetrante entra nella nostra atmosfera dall'esterno, ed ancora produce, nei livelli più bassi, parte della ionizzazione osservata in laboratorio."

Q: Ma di che cosa erano, anzi sono, fatti questi raggi cosmici alla fine?

I raggi cosmici sono frammenti di atomi (principalmente protoni) dotati di grande energia, essenzialmente costituiti da nuclei atomici di tutti gli elementi noti. Interagendo con i nuclei dell'alta atmosfera terrestre essi producono tutta una varietà di particelle secondarie tra cui non ci sono soltanto quelle che compongono la materia ordinaria (elettroni, protoni e neutroni), ma anche altre di natura a lungo tempo sconosciuta. Per esempio, il positrone e il muone. Il positrone è l'antiparticella dell'elettrone, la sua scoperta, da parte di Carl David Anderson confermò nel 1928 le predizioni di P. M. A. Dirac sull'esistenza dell'antimateria. Il muone invece è una particella elementare simile all'elettrone, ma con una massa 200 volte maggiore.

Q: E sapete anche come vengono prodotti?

A: L'origine dei raggi cosmici non è del tutto chiara e questo è uno dei motivi per cui si studiano queste particelle ancora oggi. Le ipotesi più accreditate dicono che questi frammenti di atomi vengono prodotti durante le esplosioni stellari. Altri oggetti, come ad esempio i buchi neri, potrebbero essere ottime sorgenti di raggi cosmici. Infine, anche il Sole può emettere particelle ad alta energia che raggiungono la Terra sotto forma di raggi cosmici.

Q: Ma torniamo alla vicenda di Hess e Pacini. Come fu accolta la scoperta sensazionale che fecero dalla comunità scientifica del tempo?

A: Beh, Pacini, aveva raggiunto le sue importanti conclusioni un anno prima di Hess, ma quest'ultimo non lo citò mai nei suoi lavori. Pacini stesso contattò Hesse nel 1920 per lamentarsi della mancanza di citazioni verso gli esperimenti italiani:

VOCE 2: "...ho potuto vedere alcune Sue pubblicazioni sui fenomeni elettro-atmosferici da Lei Spedite al direttore del R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica (...) mi duole che non siano stati citati affatto i lavori italiani su questo argomento, lavori a cui spetta senza dubbio la priorità, per quanto si riferisce alla previsione delle importantissime conclusioni a cui sono successivamente pervenuti il Gockel, Ella stessa, signor Hess, ed il Kolhörster; e tanto più me ne duole, in quanto, nelle mie pubblicazioni, io non ho mai dimenticato parlare e citare chi di dovere..."

A: Hess gli rispose:

VOCE 1: *"Caro professore, la sua importante lettera datata 6 marzo è stata per me particolarmente preziosa perché mi ha dato l'opportunità di ristabilire i nostri legami che, purtroppo, sono stati interrotti durante la guerra. (...) la prego di scusarmi per la mia scortese omissione, che era veramente lontana dai miei scopi [...]"*

A: Tuttavia solo nel 1936, quando Pacini era ormai morto da 2 anni, il Premio Nobel per la scoperta dei raggi cosmici fu assegnato a Victor Franz Hess e a Carl David Anderson.

Q: **Quella dei raggi cosmici sembra davvero essere stata una scoperta sensazionale per voi fisici delle particelle...**

A: Per tutti noi in generale. La conoscenza approfondita dei raggi cosmici e delle particelle che li compongono ci ha permesso negli anni di sviluppare una grandissima quantità di esperimenti, terrestri, marini e spaziali. Le applicazioni ultime di tutto quello che impariamo con questi esperimenti di fisica pura ha poi riscontri effettivi anche nella vita di tutti i giorni.

Q: **Però tu mi hai parlato finora di storie di fisici dei secoli passati, oggi voi, nel 2020, che ci fate con i raggi cosmici?**

A: Allora, nello studio attuale dei raggi cosmici, di particolare interesse sono le particelle con le più alte energie, particolarmente difficili da rilevare, tanto che, sebbene siano conosciute da oltre 50 anni, la loro origine è rimasta finora un mistero. Riuscire a studiarle, quindi, permetterebbe alla comunità scientifica non solo di comprendere la natura della materia all'esterno dalla nostra galassia, ma anche di capire quali processi e quali meccanismi creano le particelle che osserviamo nella vita di tutti i giorni. In altre parole, di rispondere finalmente alle domande fondamentali sulle origini dell'Universo, sulla nostra Galassia e su noi stessi. Per riuscire a rivelare questi raggi cosmici super energetici, sono stati realizzati molti esperimenti dai fisici delle particelle. Particolarmente interessante è l'Observatory Pierre Auger, il più grande osservatorio di raggi cosmici di tutti i tempi, che occupa una superficie pari a quella della Valle d'Aosta e che si trova nella Pampa Argentina.

Q: **Coooosa? Come è possibile costruire un esperimento grande come una regione italiana?**

A: Beh, non è un singolo esperimento, quanto piuttosto l'insieme di circa 1600 rivelatori di circa 1 metro quadrato posti a scacchiera e distanziati l'uno dall'altro fino a coprire una superficie di circa 3000km^2 .

Q: **Forse l'hai già detto, ma mi rispieghi un attimo perché questo osservatorio deve essere così grande?**

A: L'osservatorio è così grande proprio perché vuole rivelare i raggi cosmici super energetici, che sono molto molto rari. Devi pensare che per le energie in gioco (parliamo di raggi cosmici di miliardi di milioni di elettronvolt) il flusso che arriva a

terra di cui ti ho parlato prima si riduce a poche decine di particelle al metro quadro per anno. Quindi, al fine di massimizzare la probabilità di rivelare queste particelle così rare quello che davvero si studia in questo osservatorio gigante non è l'arrivo della singola particella quanto piuttosto gli sciami di particelle secondarie che il raggio cosmico primario produce quando interagisce con la nostra atmosfera. Questi sono i così detti sciami atmosferici, e dal loro studio impariamo moltissimo!

Q: Ho capito, quindi invece che guardare una particella alla volta se ne guardano tante insieme e si spera di vedere qualcosa... È come quando alla tombola di Natale io compro tante cartelle perché così è più probabile fare tombola rispetto a chi gioca con una cartella sola, giusto?

A: Esattamente!

Q: Tutto chiaro! Ma c'è qualcosa nella vita di tutti i giorni che possa farci "accorgere" in qualche modo dell'arrivo dei raggi cosmici?

A: In realtà sì. Per esempio devi sapere che alcuni dei fenomeni luminosi, tipo fulmini, osservati all'interno delle nubi temporalesche sembrano essere generati a partire da elettroni prodotti nei raggi cosmici e poi accelerati dai campi elettrici all'interno dei temporali. Inoltre l'interazione dei raggi cosmici con gli organismi biologici può provocare mutazioni genetiche, cioè modifiche stabili ed ereditabili del materiale genetico. Infine, i raggi cosmici che arrivano sulla terra possono interagire con strutture minuscole quali le celle di memoria dei nostri hard disk creando degli errori di memoria che possono compromettere il contenuto dei dati in modo irreparabile.

Q: Caspita! Senti, forse faccio una domanda assurda eh, ma esiste un modo fatto in casa per vedere i raggi cosmici?

A: Effettivamente sì, ti racconto questo esperimento che si può fare con una fotocamera digitale che permette di fare esposizioni lunghe. Tenendo l'obiettivo chiuso si apre l'otturatore e lo si lascia aperto per alcune ore. Quando si chiude si osserva la foto. Se aumenti il contrasto con gli strumenti di fotoritocco anche più rozzi è meglio. Vedrai una serie di minuscole tracce (devi zoomare molto e "viaggiare" sulla superficie della foto). Per lo più si tratta di tracce cortissime: due o tre pixel. Ma se sei fortunata puoi vederne altre più lunghe. Quelli sono i raggi cosmici!

Q: Fantastico, ci voglio provare! Tutte queste storie che mi hai raccontato sui raggi cosmici sono davvero affascinanti...

A: E non è tutto, ti dico un'ultima cosa... in questo momento, proprio sulla nostra testa, orbita un bellissimo esperimento di fisica delle particelle agganciato alla Stazione Spaziale Internazionale, chiamato AMS, che è stato progettato anche con un contributo di fisici italiani proprio per la ricerca di nuovi tipi di particelle tramite la misura ad alta precisione della composizione dei raggi cosmici.

Q: Accidenti, quindi prima la torre Eiffel, poi la mongolfiera, ora la stazione spaziale, permettimi la battuta... "stiamo puntando in alto"!

A: Proprio così! E mi piace pensare che siamo solo all'inizio!

FINE