

**FISICAST**

per  
**SxT**

# I Laboratori Nazionali del Gran Sasso

di

Laura Cardani, Giulia D'Imperio e Claudia Tomei



# I Laboratori Nazionali del Gran Sasso

*Laura Cardani, Giulia D'Imperio e Claudia Tomei*

## Abstract:

**Nelle viscere del massiccio più alto dell'Appennino, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono un luogo unico per condurre ricerche d'avanguardia sui segreti dell'Universo, e in molti altri campi della scienza. Ma perché sottoterra? E che tipo di esperimenti si fanno? Tre ricercatrici dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ci accompagnano in un viaggio nel "silenzio cosmico" alla ricerca di eventi rari, mostrandoci che la presenza delle donne nella scienza non è più così rara... per fortuna!**

## INIZIO

===== Intro (1:10) =====

**Introduzione:** In occasione della Giornata Internazionale delle Donne e delle Ragazze nella Scienza, che ricorre il prossimo 11 Febbraio, ospitiamo una discussione tutta al femminile sui Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Situati nelle profondità della montagna, in questi laboratori si crea una condizione conosciuta come "silenzio cosmico", ideale per condurre esperimenti di fisica, alla ricerca di eventi rari o mai osservati. Ce ne parlano Laura Cardani, Giulia D'Imperio e Claudia Tomei, ricercatrici dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Roma

**Claudia:** Dai Chiara, un ultimo sforzo e ci siamo, abbiamo finalmente raggiunto la vetta!

**Chiara:** *(affaticata)* ...è stato faticoso, ma che soddisfazione! E poi il panorama da qui è semplicemente meraviglioso!

**Claudia:** Sono contenta che ti piaccia, non per niente il Corno Grande viene chiamato il "Tetto d'Abruzzo"! È la montagna più alta del massiccio del Gran Sasso e di tutto l'Appennino.

**Chiara:** Sai Claudia, stare a questa altezza mi fa sentire a un passo dal cielo, mi sembra di poterlo toccare... aspetta un attimo, perché stai sorridendo?

**Claudia:** Perché penso alla faccia che farai quando ti racconterò che proprio sotto i nostri piedi, sotto 1400 metri di roccia, ci sono dei fisici, tra cui molte mie

colleghe, che stanno studiando i segreti del cosmo. E magari si sentono anche loro a un passo dal cielo, proprio come te in questo momento!

**Chiara: Cosa? Mi stai dicendo che si può studiare il cosmo rintanati nelle profondità di una montagna? Una volta tornate a casa dovrai spiegarmi meglio!**

**Claudia:** Molto volentieri, voglio anche invitare due di quelle mie colleghe che lavorano là sotto, Giulia e Laura, che sono anche mie amiche. Vedrai, sarà una chiacchierata molto interessante.

*breve stacco musica*

===== I Laboratori (2:20) =====

**Chiara: Claudia, Giulia e Laura allora, eccoci qui. Claudia mi ha detto che ci sono dei fisici sotto il Gran Sasso che fanno ricerche sul cosmo... sembra quasi fantascienza. Dimmi Giulia, ma è vero?**

**Giulia:** Sì è così, nel cuore della montagna si trovano dei Laboratori di Fisica sotterranei, che appartengono all'INFN, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Non sono dei laboratori qualunque: i Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono il centro di ricerca sotterraneo più grande e importante del mondo, all'avanguardia nella ricerca scientifica. Se qualche volta hai percorso in direzione L'Aquila il traforo autostradale che attraversa il Gran Sasso, ne avrai sicuramente visto l'ingresso. Entrando si trovano 3 enormi sale sperimentali, ognuna è grande circa la metà di un campo da calcio e alta come un palazzo di 6 piani. Ma non lavoriamo solo in galleria: appena dopo l'uscita del traforo autostradale, ad Assergi, si trova la struttura esterna con uffici, officine e altri servizi.

Pensa, Chiara, che più di 1000 ricercatori e ricercatrici, dall'Italia e da altri 25 paesi, conducono ricerche nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso: i laboratori sono nazionali nel nome e nella proprietà, ma in realtà la maggioranza di chi ci lavora non è italiana, ci conoscono in tutto il mondo!

**Chiara: Adesso sono davvero curiosa e voglio conoscervi meglio anche io, soprattutto vorrei capire il motivo per cui questo centro di ricerca è stato realizzato sotto una montagna: non è certo il luogo più comodo che possa venire in mente per fare esperimenti di fisica, giusto Laura?**

**Laura:** No, infatti non è né comodo né semplice, ma andare sottoterra è praticamente una scelta obbligata quando si vogliono studiare particolari fenomeni, che noi chiamiamo "eventi rari". Si tratta di segnali di particelle che ci aspettiamo esistano, ma non sono ancora state scoperte, come le particelle di materia oscura, o di fenomeni nei nuclei atomici così rari che non sono ancora stati osservati in decenni di ricerche... e poi ci sono i neutrini, delle particelle talmente sfuggenti che accorgersi del loro passaggio è davvero un'impresa. I neutrini vengono prodotti in abbondanza nel Sole, o anche nelle esplosioni di

stelle morenti chiamate Supernovae; pensa quante informazioni sul nostro Universo sono in grado di portarci queste particelle quando riusciamo a catturarle e a studiarle!

**Chiara: Mi sembra di aver già sentito una cosa del genere... sì, era la puntata sui "Telescopi per Neutrini Astrofisici". Anche in quel caso i fisici per studiare i neutrini conducevano esperimenti in posti davvero fuori dal comune come sott'acqua o sotto il ghiaccio. E nel vostro caso? Perché sotto la montagna?**

===== Eventi rari (2:25) =====

**Laura:** Tieni sempre in mente le parole "eventi rari", che nel nostro caso significa anche "eventi che producono un segnale molto debole" e immagina che questo segnale sia una luce, una luce molto debole appunto. Non penseresti di osservare questa luce in pieno giorno, con il sole negli occhi, vero? Sarebbe come pretendere di vedere le stelle cadenti a mezzogiorno!

**Chiara: Certo che no, sarebbe impossibile! La luce del Sole è molto più forte di quella di una stella cadente.**

**Claudia:** È proprio così. E adesso pensa ad un suono molto debole e delicato, uno strumento suonato in maniera leggera per esempio, ci vuole silenzio per poterlo ascoltare bene, in tutte le sue sfumature. Anche in questo caso, un ambiente carico di rumori forti renderebbe impossibile sentire questo suono.

Le nostre apparecchiature, cioè i rivelatori con cui osserviamo le particelle nei nostri esperimenti, sono come i nostri occhi e le nostre orecchie e se si trovano in un ambiente "rumoroso" non riescono a distinguere il segnale raro che noi vorremmo isolare. In questo caso un ambiente "rumoroso" è un ambiente pieno di tante particelle di diversa origine, per questo dobbiamo cercarne uno in cui ci siano pochissime particelle in giro!

**Chiara: E quali sarebbero queste particelle? Non mi sembra di vedere niente qui intorno!**

**Giulia:** E invece, anche se non le vedi, ce ne sono eccome: in questo momento il tuo corpo è attraversato da almeno un centinaio di particelle ogni secondo. Sono i raggi cosmici, che tu e gli ascoltatori di Fisicast conoscete già: se ne è parlato in una puntata dedicata proprio a loro. I raggi cosmici sono particelle e nuclei di alta energia che viaggiano nella nostra Galassia e colpiscono continuamente l'atmosfera terrestre, producendo una pioggia di altre particelle che arrivano fino a terra. Ecco qui il rumore che ci dà tanto fastidio e per liberarcene mettiamo i nostri esperimenti al riparo sotto la montagna del Gran Sasso. I 1400 metri di roccia che sovrastano i laboratori funzionano come una specie di schermo, che riduce di almeno 1 milione di volte il numero di particelle cosmiche che arrivano

nelle sale sperimentali. In nessun altro ambiente in superficie sarebbe possibile creare una condizione così favorevole per lo studio degli eventi rari. Abbiamo anche un nome per questo stato, lo chiamiamo il "Silenzio Cosmico", ti piace?

**Chiara:** **Moltissimo, è davvero suggestivo. Da quello che mi state raccontando mi sono fatta un'idea: che i Laboratori del Gran Sasso siano un ambiente di eccellenza non solo per gli esperimenti, ma anche per voi fisici.**

**Claudia:** Hai ragione Chiara, ci sono vari altri laboratori sotterranei al mondo, realizzati in tunnel autostradali o ferroviari, o anche in miniere, ma il nostro è il più esteso. Inoltre, è vicino ad un aeroporto internazionale, quello di Roma e la facilità di accesso alle sale sperimentali lo rende davvero unico: è anche per questo che scienziati da tutto il mondo scelgono i Laboratori del Gran Sasso per condurre i loro esperimenti.

*brevissimo stacco musica*

===== Materia oscura (2:50) =====

**Chiara:** **Parliamo allora proprio di questi esperimenti. Prima avete nominato la materia oscura, che già conosco perché me ne hanno parlato Giovanni e Gianluca in una puntata dedicata, spiegandomi che è la cosiddetta massa mancante del nostro Universo... però mi chiedo, come fanno degli esperimenti sulla Terra, per di più nascosti nel cuore di una montagna, a vedere questa massa mancante?**

**Giulia:** Facciamo un passo indietro e partiamo dalla gravità che è la forza con cui gli oggetti si attraggono reciprocamente in virtù della loro massa. Il nostro Universo è totalmente governato dalla legge di gravità, ma ormai da decenni sappiamo che la forza di attrazione dovuta alla sola materia visibile non è sufficiente a spiegare il modo in cui, per esempio, le stelle ruotano nelle galassie oppure il modo in cui le galassie stesse si muovono l'una rispetto all'altra. Deve esserci da qualche parte, come hai detto prima, una massa mancante, che non riusciamo a vedere perché non emette luce o altro segnale e che quindi chiamiamo materia oscura. Dal momento che non sappiamo cosa sia e dove sia, i fisici hanno fatto negli anni varie ipotesi, per esempio che possa essere fatta di particelle e che un alone di queste particelle circonda la nostra e le altre galassie.

Se così fosse, molte di queste particelle sarebbero anche nel nostro Sistema Solare e la Terra, muovendosi intorno al Sole, andrebbe incontro a un "vento" di materia oscura.

È qui però che le cose si complicano, perché queste ipotetiche particelle sono molto difficili da rivelare. Come ho detto, non siamo nemmeno sicuri che esistano, ma se esistessero darebbero un segnale molto molto debole... ora avrai capito dove entrano in gioco i Laboratori del Gran Sasso, vero?

**Chiara:** Ma sì, certo, adesso mi è chiaro: scommetto che solo in condizioni di "silenzio cosmico" sia possibile vedere questo segnale e capire se si tratta della materia oscura tanto cercata. Ma scusa, se si tratta comunque di particelle perché non vengono anche queste bloccate dalla roccia del Gran Sasso?

**Giulia:** Per poterci accorgere del passaggio di una particella abbiamo bisogno che questa lasci una traccia di sé all'interno di uno dei nostri rivelatori. Deve, per dirla in parole povere, urtare contro una delle particelle che costituiscono il rivelatore, come una palla da biliardo ne urta un'altra, generando in questo modo quello che chiamiamo segnale e che può essere elettrico, luminoso, o di altro tipo, a seconda del rivelatore usato. Alcune particelle, come i neutrini o le particelle di materia oscura, per le loro proprietà, fanno pochissime di queste interazioni, o urti. È questo "potere" di eludere gli urti che le rende così difficili da rivelare, però allo stesso tempo permette loro di attraversare la materia senza fermarsi o essere assorbite. Per questo riescono a penetrare lo schermo della montagna.

**Chiara:** Al contrario dei raggi cosmici, che invece vengono bloccati... furbe queste particelle di materia oscura!

**Giulia:** Talmente furbe che per catturarle nei nostri laboratori abbiamo ben 6 esperimenti dedicati alla loro ricerca, con rivelatori diversi e complementari. Infatti, un pilastro del metodo scientifico è la necessità di confermare una scoperta con più osservazioni indipendenti. E la scoperta della materia oscura al momento è una delle sfide più ardue, ma proprio per questo più avvincenti, nella fisica delle particelle.

===== Decadimento doppio beta (3:15) =====

**Claudia:** La materia oscura però non è il nostro unico interesse, per esempio io e Laura collaboriamo ad un altro progetto scientifico: la ricerca di un fenomeno molto raro chiamato "decadimento doppio beta senza neutrini". Decadimento è un termine che sicuramente hai già sentito: indica il fenomeno fisico in cui il nucleo di un atomo si trasforma e in questo processo vengono emesse delle particelle, che possono essere rivelate. Il decadimento doppio beta è un caso particolare ed estremamente raro: pensa, la probabilità che un tale processo si verifichi è così piccola che se osservassimo un solo nucleo atomico potremmo dover attendere molto più dell'età stessa dell'universo per vederlo decadere. D'altra parte, la posta in gioco è molto alta.

**Chiara:** Davvero? E quale sarebbe?

**Claudia:** Tra le particelle emesse nel decadimento doppio beta possono esserci i neutrini, o possono anche non esserci. Osservare questo decadimento raro senza emissione di neutrini, ci permetterebbe di affermare che il neutrino e l'antineutrino sono in realtà la stessa particella.

**Chiara: ...e adesso che cos'è questo antineutrino? C'entra per caso qualcosa con l'antimateria di cui mi parlò Catalina in una vecchia puntata?**

**Claudia:** Sì esattamente, ogni particella ha la sua antiparticella, una specie di particella-specchio, con la stessa massa ma altre proprietà di segno opposto, come ad esempio la carica elettrica. Hai presente l'elettrone? L'anti-elettrone è una particella del tutto uguale ad esso, ma ha carica positiva e noi lo chiamiamo positrone.

**Chiara: Ma se il neutrino si chiama così sarà neutro, cioè senza carica elettrica; come fa allora ad avere un antineutrino?**

**Claudia:** Infatti per il neutrino le cose sono un po' più complicate. La carica elettrica non è l'unica proprietà che distingue una particella dalla sua antiparticella e non sappiamo ancora per certo come funziona questo "specchio" per neutrini e antineutrini, cioè non sappiamo ancora dire se siano due particelle distinte o se siano in realtà la stessa particella. Questa strana proprietà del neutrino è stata teorizzata dal celebre fisico Ettore Majorana, ma mai dimostrata. La scoperta del decadimento doppio beta senza neutrini proverebbe che Majorana alla fine aveva ragione sulla natura speciale dei neutrini. Se riuscissimo ad osservare questo decadimento vorrebbe dire che, nel caso del neutrino, materia e antimateria coincidono. Questo fatto a sua volta potrebbe addirittura contribuire a spiegare perché, nel nostro universo, c'è molta più materia che antimateria... in effetti non esistono anti-planeti, o anti-stelle e ci chiediamo: perché?

**Chiara: A me sta bene così, non voglio certo incontrare la mia anti-me! Certo, ora capisco l'importanza di questo decadimento, ma non avevate detto prima che era rarissimo, praticamente impossibile da osservare?**

**Laura:** Sì, ma anche qui abbiamo uno stratagemma: per evitare di aspettare un tempo troppo lungo, osserviamo moltissimi nuclei insieme: infatti ogni nucleo decade in modo casuale e indipendente dagli altri, potrebbe farlo tra dieci secondi o tra dieci miliardi di anni, ma se prendiamo miliardi di miliardi di miliardi di atomi diventa molto probabile che uno di essi decada nei prossimi istanti! La nostra strategia per la ricerca del decadimento doppio beta quindi è avere rivelatori estremamente sensibili, di massa piuttosto grande, almeno qualche centinaio di chili, ed attendere tanto tanto tempo. Riconoscere un decadimento doppio beta senza neutrini in teoria non è difficile perché il segnale emesso ha una ben precisa energia, specifica del nucleo che stiamo osservando, basta controllare insomma che l'energia sia quella giusta.

**Chiara: quindi basta sedersi e aspettare?**

**Laura:** Non proprio, ormai abbiamo imparato che quando si ha a che fare con segnali rari o deboli, l'interferenza di altre particelle, come i raggi cosmici, è un

grosso problema. Sicuramente fare l'esperimento in un laboratorio sotterraneo aiuta, anzi è necessario, ma non basta.

Oltre ai raggi cosmici c'è infatti un'altra sorgente di particelle che sfortunatamente non possiamo eliminare soltanto andando sottoterra. La radioattività naturale di alcuni elementi chimici può produrre nel rivelatore un segnale che, pur essendo di natura diversa, è indistinguibile da quello che cerchiamo... in maniera del tutto casuale potrebbero avere anche l'energia giusta!

===== Radioattività (1:36)=====

**Chiara: Aspetta Laura, facciamo un passo indietro perché non ho capito molto bene cosa c'entri qui la radioattività.**

**Laura:** La radioattività è un fenomeno naturale, che da sempre ci circonda. Alcuni elementi chimici, in particolare i loro nuclei atomici, si trasformano spontaneamente ed emettono delle particelle. Questo processo di trasformazione si chiama decadimento radioattivo e abbiamo già detto che per esempio il decadimento doppio beta senza neutrini è un particolare tipo di decadimento radioattivo, estremamente raro. Ci sono altri decadimenti radioattivi tutt'altro che rari, anzi piuttosto comuni. Alcuni esempi di specie radioattive sono il potassio, che è contenuto nelle nostre cellule e in molti alimenti, oppure il carbonio, oltre a quelle più conosciute come radioattive, perché sono usate nelle centrali nucleari, cioè l'uranio, il radio e il torio. Dal momento che gli strumenti che progettiamo per studiare le particelle sono estremamente sensibili, la radioattività naturale contenuta nei materiali che li circondano o addirittura in quelli che li costituiscono, può disturbare le misure.

**Chiara: Perdonami la battuta, ma cos'è una specie di legge di Murphy applicata alla fisica delle particelle? Costruisci un rivelatore ultra-sensibile per rivelare le particelle e il rivelatore stesso produce dei segnali che lo disturbano...**

**Laura:** Hai centrato il punto dolente, ma ci siamo fatti venire un'idea per risolvere il problema. Per ridurre al minimo questo ulteriore rumore di fondo abbiamo sviluppato delle tecniche molto avanzate, che ci permettono di selezionare per i nostri rivelatori solo i materiali più adatti, quelli più radio-puri, ovvero che contengono pochissimi nuclei radioattivi.

**Giulia:** Insomma, possiamo dire che nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso non solo il rumore di fondo dovuto alle particelle cosmiche è ridotto al minimo, ma vengono impiegati i materiali più radio-puri esistenti al mondo. In poche parole l'assenza di radiazione è la nostra missione!

===== Radiobiologia (3:30)=====



**Chiara:** A questo proposito mi viene un dubbio: ho capito che i raggi cosmici e la radioattività naturale sono dannosi per i vostri esperimenti, ma siamo sicuri non abbiano anche qualche effetto su di noi?

**Giulia:** Sì infatti lo hanno, ma il nostro corpo è abituato alla radioattività naturale. Da sempre viviamo in sua presenza e anche sotto l'azione dei raggi cosmici, senza bisogno di protezione. Certo, l'azione di una singola particella può in realtà creare un danno alle molecole biologiche, fra cui il DNA, ma questo fenomeno avviene spesso anche in modo naturale, in assenza di radiazioni, e il nostro corpo è in grado di rimediare con vari meccanismi naturali di riparazione del danno subito.

**Claudia:** Anche se sembra strano, per studiare gli effetti della radioattività è molto importante capire come si comportano le cellule e gli organismi viventi in condizioni di bassi livelli di radiazione, non solo di alti livelli. Finora abbiamo parlato di noi fisici, ma anche i biologi sono interessati a condurre ricerche nei Laboratori del Gran Sasso, visto che la condizione di silenzio cosmico che si crea al suo interno è davvero unica. Vengono condotti studi con cellule animali e anche organismi viventi come moscerini, cresciuti nelle sale sperimentali dove la radioattività è ridotta e poi confrontati con quelli cresciuti fuori. Sono esperimenti alla frontiera di una scienza chiamata radiobiologia, che ha importanti ricadute anche in altri settori, per esempio in quello aerospaziale.

**Chiara:** Un altro collegamento tra i Laboratori del Gran Sasso e lo spazio...

**Giulia:** Sì, infatti, ti spiego meglio: la nostra Terra è investita da un flusso di particelle enorme, ma solo poche arrivano al suolo perché la magnetosfera ne devia la maggior parte e l'atmosfera le assorbe parzialmente. Gli astronauti invece sono sottoposti a livelli di radioattività molto superiori rispetto ai valori terrestri ed è necessario studiare l'impatto di queste condizioni sui loro organismi. La radiobiologia porta avanti anche studi finalizzati a valutare la possibilità di una vita extraterrestre: infatti, se è vero che livelli estremi di radioattività sono incompatibili con la vita, è anche vero che alcune alterazioni del DNA possono essere "costruttive", nel senso che possono innescare il meccanismo dell'evoluzione delle specie viventi, attraverso le mutazioni del codice genetico.

**Chiara:** Incredibile, non avrei mai immaginato tutto questo: fisica, biologia... qualcosa mi dice che non è finita...

===== qubits (3:30) =====

**Laura:** No infatti. E abbiamo lasciato per ultima la cosa più sorprendente: i computer quantistici!

**Chiara:** Questa davvero non me l'aspettavo, ma ormai non mi stupisco più di niente... allora parliami di questi computer quantistici!

**Laura:** Sai che i computer che conosciamo elaborano le informazioni con i bit, delle unità elementari che possono valere 0 oppure 1, vero?

**Chiara:** Sì questo lo so, i computer nei loro circuiti rappresentano ogni cosa con sequenze di zero ed uno.

**Laura:** Esatto. Invece i computer quantistici si basano sui "qubit", un'abbreviazione per "quantum bit". Questi bit quantistici hanno la capacità unica di rappresentare uno 0, un 1, oppure entrambi simultaneamente. Ciò significa che possono allo stesso tempo salvare ed elaborare dati, in parallelo, impiegando meno tempo e memoria rispetto ai computer tradizionali.

**Chiara:** Fantastico, ma allora questi computer quantistici sono davvero potenti!

**Laura:** Non ancora, siamo ai primordi di questa tecnica e c'è ancora molto lavoro da fare per poter sfruttare questi computer quantistici. Ma quel che più ci interessa qui è che i qubits sviluppati finora non sono ancora perfetti: hanno infatti un breve tempo di coerenza.

**Chiara:** Coerenza? E sarebbe?

**Laura:** Vedi, un qubit è quello che noi fisici chiamiamo una sovrapposizione quantistica di stati: all'interno di un sistema fisico coesistono due o più stati diversi. Quindi come abbiamo detto, mentre un bit può solo assumere i valori 0 o 1, in un qubit è presente contemporaneamente sia lo stato 0 che quello 1. La spiegazione di questo concetto va un po' oltre lo scopo di questa puntata, ma se vuoi la trovi nella puntata di Gianluca sul Teletrasporto. Se questa sovrapposizione di stati viene perturbata, anche di pochissimo, perde una caratteristica fondamentale detta "coerenza", per cui non è più una sovrapposizione, ma precipita in uno dei due stati 0 o 1. Il qubit, di fatto, non esiste più, perché si è trasformato in un bit ordinario. Più passa tempo, più è possibile che ciò avvenga ed è per questo che finora i computer quantistici funzionano solo per tempi molto brevi. Per capire cosa succede immagina di fare i conti con un abaco fatto di cubetti di ghiaccio: se non ti sbrighi a contare, ti si scioglie il compito mentre lo fai!

**Chiara:** Abbastanza irritante a pensarci, effettivamente, e poco utile...

**Laura:** Se invece riusciamo ad aumentare il tempo di coerenza, di fatto incrementiamo la potenza di calcolo del nostro computer quantistico e puoi immaginare come sia importante per chi lavora in questo campo.

Alcuni studi recenti indicano che la radiazione ambientale (sia quella dovuta alla radioattività naturale che ai raggi cosmici) può avere un effetto limitante sui bit quantistici. Non è strano che sia così, anche nei calcolatori classici i bit possono essere alterati dalla presenza della radiazione, che può causare errori di memoria. Per fortuna ci sono meccanismi di controllo che permettono di

correggere questo tipo di errori e garantiscono l'integrità dei dati. Nel caso dei qubits l'effetto della radioattività sarebbe quello di accorciare il tempo di coerenza.

**Chiara: Ma è proprio quello che non volete: se ho capito bene voi cercate un tempo di coerenza più lungo, in modo che il computer quantistico abbia più tempo per fare i calcoli.**

**Giulia:** Esattamente. In questo senso la radiazione è nostra nemica ancora una volta, disturba i qubits proprio come gli esperimenti per la ricerca degli eventi rari. Da questo è venuta l'idea di provare a far funzionare dei qubits all'interno dei Laboratori del Gran Sasso, approfittando del silenzio cosmico. Confrontare le prestazioni sottoterra e in superficie, come nel caso dei moscerini di cui parlavamo prima, ci aiuterà a quantificare l'effetto della radioattività e a trovare delle strategie per ridurlo o eliminarlo.

**Chiara: Fantastico, non pensavo di dirlo ma il viaggio sotto il Gran Sasso è stato interessante almeno quanto quello in cima, se non di più!**

**Claudia:** E se vuoi visitare i laboratori puoi farlo nel modo in cui si fanno molte cose adesso, nella situazione che stiamo tutti vivendo, e cioè virtualmente: vedrai che sarà bello lo stesso! Cerca Google Street View ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso: potrai muoverti tra le sale sperimentali come se fossi davvero lì. Buona visita!

**FINE**