



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

## DI CHE COSA È FATTO IL MONDO? SULLE TRACCE DI PARTICELLE SFUGGENTI

Domenica 22 agosto 2021, ore 19.00

Partecipano

**Juan José Gómez Cadenas**, professore di Fisica, Donostia International Physics Center di San Sebastian e Fondazione per la scienza Ikerbasque di Bilbao, Spagna; **Lucio Rossi**, professore di Fisica, Università degli Studi di Milano.

Introduce

**Marco Bersanelli**, professore di Fisica e Astrofisica all'Università degli Studi di Milano.

**Marco Bersanelli.** Buonasera a tutti, benvenuti a questo incontro. Abbiamo l'occasione di incontrare due scienziati di fama internazionale che da molti anni si occupano di un settore molto importante e molto profondo della fisica contemporanea. Si dedicano con grande passione e anche con grandi risultati a ricerche fondamentali che riguardano il microcosmo, l'infinitamente piccolo, le particelle elementari di cui tutte le cose materiali sono fatte: quello che, in un certo senso, regge l'universo fisico dal punto di vista fondamentale. I loro studi sono su due fronti diversi e complementari. Da una parte, come vedremo, abbiamo lo studio di quelle che sono le particelle più sfuggenti che conosciamo, i neutrini; dall'altra, lo studio di quella che ancora non conosciamo come particella ma di cui sappiamo gli effetti, la cosiddetta *dark matter*, la materia oscura. Quindi stiamo entrando in rapporto con le realtà più distanti da noi dal punto di vista della natura fisica; e i nostri due ospiti studiano queste realtà minuscole con tecnologie diverse, con esperimenti diversi e complementari. Ma vorremmo fare qualcosa di più che conoscere – e già sarebbe tantissimo – l'oggetto della ricerca dei nostri ospiti: vorremmo proprio incontrare loro, la loro persona, il loro rapporto con questa realtà del mondo materiale che studiano con tanta passione e con tanta dedizione. Vorremmo cioè incontrare anche l'io che sta dietro allo scienziato in rapporto con queste realtà così fondamentali del nostro universo. Devo anche dire che sono particolarmente felice di avere qui i nostri ospiti perché, oltre che essere dei colleghi di grande spessore, sono due carissimi amici: Lucio lo conosco da tantissimi anni, e con Juanco ci siamo visti poche volte ma non è inferiore l'intensità del rapporto. Così li ringrazio e innanzitutto li introduco. Juan José Gómez Cadenas, per gli amici Juanco, è professore di fisica al Donostia International Physics Center e, come lui ama dire, la sua funzione d'onda, ovvero la probabilità di incontrarlo in giro per il mondo, è "piccata" – è cioè particolarmente alta – a Valencia, a San Sebastian, a Canfranc e a Ginevra: insomma si muove tra i centri di ricerca in queste città. Ha dedicato la sua carriera scientifica allo studio dei neutrini con diversi esperimenti (Nomad, K2k, T2k) e nel 2016 ha ricevuto, fra gli altri premi, il *Breakthrough Prize on Physics* per i risultati ottenuti proprio sulle oscillazioni dei neutrini. Dal 2008 è leader dell'esperimento *Next* che ha lo scopo di mostrare che il neutrino è l'antiparticella di se stesso (ma di questo lo sentiremo parlare). Non solo: voglio aggiungere che Juanco ha anche una vita parallela come scrittore, ha scritto cinque romanzi e diversi libri e articoli di carattere divulgativo.

Poi abbiamo Lucio Rossi, professore al dipartimento di Fisica dell'Università di Milano, quindi mio collega diretto da poco tempo anche se, come sentirete, è da lì che lui ha incominciato. Ha appunto lavorato all'Università di Milano, ma per vent'anni, dal 2001 fino praticamente a pochi mesi fa, ha



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

lavorato al Cern di Ginevra dove ha diretto la realizzazione del superconduttore e dei magneti di Lhc (*Large hadron collider*), quello che ha scoperto il bosone di Higgs e con il quale ancora oggi si va cercando la *dark matter*, la materia oscura. Inoltre nel 2010 Lucio ha fondato (e ha diretto per dieci anni) il *High Luminosity Lhc*, il progetto attuale più importante del Cern, che potenzierà di dieci volte la capacità dell'acceleratore. Adesso a Milano continua i suoi studi sugli acceleratori, anche con applicazioni di tipo medico, in particolare per l'adroterapia. Ha ottenuto moltissimi riconoscimenti e premi; cito solo il più recente, che è del 2020: il premio della European Physical Society. Anche Lucio svolge un lavoro intenso di divulgazione scientifica con interesse per la relazione tra la scienza e la tecnologia, ma anche per tematiche più ampie come quella del rapporto tra la ricerca scientifica, la certezza e la verità.

Il tempo è breve e allora do subito loro la parola, chiedendo una prima cosa che forse è la più difficile: chiedo a ciascuno di loro di raccontarci in dieci minuti di che cosa si occupano nelle loro ricerche. In dieci minuti, una vita di ricerca.

**Juan José Gómez Cadenas.** Grazie Marco. Comincio con lo scusarmi per il mio italiano da "giocatore di calcio". Ho imparato l'italiano, o qualcosa di simile all'italiano, lavorando con il gruppo del professor Mirco Mazzucato a Padova trent'anni fa, dunque è stato un italiano "per farsi capire", non troppo corretto dal punto di vista grammaticale; però spero di farmi capire più o meno bene.

Ho una laurea in fisica nucleare e per molti anni dovevo dire a tutti che ero un fisico nucleare, perché se dicevo che ero un fisico dei neutrini nessuno capiva niente. Negli ultimi tempi fortunatamente sembra che i neutrini siano più di moda. Quello che faccio io è studiare le particelle – per utilizzare la parola che ho visto un istante fa – più "sfuggenti" dell'universo. L'interessante di queste particelle – i neutrini appunto – è il fatto che è possibile che l'universo che noi conosciamo sia tale grazie a loro, alla loro capacità di essere materia e antimateria allo stesso tempo; proprio per questo hanno giocato un ruolo fondamentale nell'universo primordiale, evitandogli di ridursi al nulla, di diventare una "zuppa di materia, antimateria ed energia" senza futuro. È possibile che i neutrini abbiano introdotto una piccola asimmetria. L'idea dell'asimmetria è molto importante per noi fisici: l'idea che qualcosa di diverso, anche di poco, possa cambiare il destino dell'universo. Ecco di cosa mi occupo io.

Per essere un po' più concreto, mi riferisco a delle immagini. Nella slide "Paesaggio con neutrini" (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=900>), si vedono una spiaggia con tanti granelli di sabbia, una galassia, un ammasso di galassie, una folla e anche i neuroni del cervello umano. La mia domanda a tutti voi è: che cosa hanno in comune tutti questi paesaggi, tutte queste fotografie diverse? Lo dirò tra poco. La seconda immagine è "Paesaggio con Comanche" (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=931>); i Comanches sono indiani americani che erano famosi per essere silenziosi, per essere in grado di scomparire dietro a un cactus o a una pietra: "sono qui e non sono qui". I neutrini sono esattamente lo stesso; sono particelle evanescenti, che non interagiscono con la materia, sono particelle per le quali noi tutti siamo come dei fantasmi.

Però noi sappiamo che l'universo è fatto di materia e antimateria; la materia è totalmente simmetrica all'antimateria: abbiamo elettroni di materia e antielettroni di antimateria; abbiamo protoni di materia e antiprotoni di antimateria (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=989>). Queste due coppie, nella realtà, se si incontrano si annichilano, producono energia e spariscono. Sappiamo che tutte le particelle elementari dell'universo hanno la loro particella di antimateria; con una sola eccezione: il neutrino. È stato il



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

grande fisico italiano Ettore Majorana ad aver fatto l'ipotesi che il neutrino poteva essere l'unica tra le particelle elementari ad essere la sua propria anti-particella.

Perché questo è importante? Immaginiamo un universo che abbia identica quantità di materia e antimateria: questo universo è condannato a non esistere, perché per ogni particella c'è un'anti-particella, c'è l'annichilazione totale delle due e non c'è più universo. Immaginiamo adesso una piccola asimmetria. Questa asimmetria viene prodotta da una particella, il neutrino, che decide di introdurre un po' più di materia che di antimateria nell'universo primordiale. Possiamo allora immaginare una formula per l'universo, una formula molto semplice che è mostrata nella figura (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1109>): a sinistra ci sono particelle che possono disintegrarsi in materia o antimateria; in mezzo, la piccola asimmetria; questa particella (o la natura che ha creato la particella) decide di introdurre una piccola asimmetria, un po' più di disintegrazione in materia che in antimateria. Allora cosa succede? Succede che tutto l'universo primordiale, dove abbiamo milioni di particelle elementari, sparisce con le anti-particelle; però c'è un piccolo eccesso e questo piccolo eccesso è l'universo che conosciamo tutti. Quindi, non è una storia tanto banale! È la storia per cui siamo qui.

Però questa che ho raccontato è una teoria, è un modello, è quello che i fisici teorici credono. Si deve dimostrare. C'è un modo di dimostrarlo sperimentalmente ed è quello di cui mi occupo io: io non sono teorico, sono sperimentale, vuol dire che faccio esperimenti che cercano di dimostrare che le teorie che abbiamo sono giuste, sono corrette. Nei nostri esperimenti cerchiamo una disintegrazione nucleare molto sottile, che chiamiamo "doppio decadimento beta privo di neutrini". Sono esperimenti molto difficili; più ancora che cercare un ago in un pagliaio, che in realtà è abbastanza facile: noi cerchiamo di trovare un granello di sabbia in una spiaggia, questo sì che è difficile. Allora ci servono esperimenti molto precisi, che prendono molto tempo; a me piace dire che i tempi dei nostri esperimenti si contano in "viaggi a Itaca", perché Ulisse ci mette vent'anni per andare a Troia e ritornare, e uno degli esperimenti che facciamo noi prende anche vent'anni, da quando si abbozza il concetto originale su un pezzo di carta a quando si realizza il prototipo.

Nelle immagini (link alle slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1252> e <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1261>) si vede il primo prototipo con un mio studente di dodici anni fa e poi un ricercatore con il rivelatore più grande in funzione ora nel laboratorio sotterraneo di Canfranc, in Spagna: è la stessa persona, che ha passato dodici anni della sua vita sotto la montagna facendo esperimenti. E può accadere che con dodici anni in più facciamo una scoperta. Speriamo bene!

**Lucio Rossi.** Inizio subito con un'immagine (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1386>) dove vediamo uno strumento, una lunga fila di tubi blu (ne abbiamo anche già parlato al Meeting), che è l'Lhc (Large hadron collider), un grande strumento sotterraneo col quale vogliamo gettare luce sui misteri dell'universo.

Perché sono importanti gli strumenti? Perché lo strumento è l'estensione del mio io: il mio io, quello di cui parliamo in questi giorni. Domandiamoci: come incontriamo, noi, la realtà? La ragione non la incontra immediatamente: è risvegliata dall'impatto con la realtà attraverso i sensi; sono essi che ci permettono di impattare la realtà. E lo strumento è l'estensione dei nostri sensi. Per questo mi vanto di essere continuatore, nel mio piccolissimo, della grande tradizione degli strumentisti iniziata da Galileo, che inventò il primo grande strumento telescopico (adesso il nostro amico Bersanelli ne fa di molto più grandi, ma quello è stato il primo!). Realizzare uno strumento non è solo un gesto



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

tecnico (io sono un tecnologo, lavoro nella tecnologia), ma un gesto culturale: uno strumento risponde a un'idea di realtà e permette all'io di crescere impattando con la realtà, conoscendola di più.

Gli strumenti che io realizzo sono degli acceleratori. A cosa servono gli acceleratori? Servono a vedere l'infinitamente piccolo, sono come dei microscopi potentissimi. Gli acceleratori sono letteralmente dei generatori di luce: noi vediamo grazie alla luce della meccanica quantistica, grazie all'equazione  $\lambda = h/p$  (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1395>). Ma non voglio parlare troppo tecnicamente: l'importante è che vi rendiate conto che grazie a questo noi vediamo fino a un milionesimo di milionesimo di metro. Oggi noi siamo dominati dalle nanotecnologie, ma queste sono le nano-nanotecnologie. In realtà abbiamo visto cinquanta volte meglio e stiamo ormai navigando in quello che chiamiamo lo zeptospatio, cioè un milionesimo di milionesimo di metro.

Per costruire questi strumenti, che ormai sono diventati enormi (l'Lhc è una circonferenza di 27 km), c'è bisogno di mettersi assieme. L'io per andare incontro alla realtà ha bisogno di diventare un noi e quindi c'è bisogno di mettersi assieme, di operare in compartecipazione. E ci mettiamo insieme a livello planetario: oggi il Cern ha 23 stati membri più tanti osservatori; siamo circa 15mila persone, spendiamo circa un miliardo all'anno dei vostri soldi per produrre gli strumenti che vanno incontro alla realtà e permettere ai fisici come Juanco di scoprire nuovi pezzi di realtà.

In particolare quello di cui io mi occupo sono i magneti superconduttori dell'Lhc, quell'insieme di magneti blu che sono un po' il simbolo dell'acceleratore. La superconduttività è un fenomeno bellissimo, ma su cui ora non mi soffermo. L'importante è capire che non basta incontrare la realtà: ci vuole un soggetto che la possa capire, che la possa conoscere. E il primo atto è aprire gli occhi. L'Lhc genera la luce (cioè le collisioni di particelle) ma poi questa luce è letteralmente vista da quattro grandi occhi, i quattro grandi strumenti che si vedono nell'immagine (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1529>). Ma gli occhi non bastano per vedere, ci vuole il soggetto. Chi è il soggetto? È il cervello distribuito dei diecimila fisici che svolgono il lavoro di analisi. Questo mi stupisce sempre: come dallo strumento si arriva all'io, in questo caso quasi un io collettivo, formato – diciamo così – da tanti io.

Che cosa fa questo strumento? Genera le collisioni di particelle, come abbiamo detto. Nell'immagine (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1560>) c'è un'espansione di quello che succede in uno dei quattro strumenti, il mega-rivelatore Atlas, nei due centimetri dove succedono le collisioni. Questa luce non la vediamo in modo diretto. Basta pensare che, ad esempio, il bosone di Higgs vive un milionesimo di milionesimo di milionesimo di secondo: non c'è alcun modo di vederlo direttamente; è una visione, una conoscenza, altamente indiretta. Vediamo veramente in maniera indiretta, anche se ciò non significa che non arriviamo alla certezza, grazie alla precisione dei nostri strumenti.

Restiamo al bosone di Higgs. Adesso che l'abbiamo trovato (siamo venuti qui a parlarne con il professor Bertolucci ormai diversi anni fa) abbiamo finito? No, e questo è proprio ciò che mi colpisce di più come strumentista, come generatore di strumenti: più conosciamo e più abbiamo questioni, più rispondiamo alle domande – e rispondiamo in maniera certa, perché adesso sappiamo che il bosone di Higgs esiste – più nascono interrogativi. A me colpisce tantissimo questo aspetto della inesauribilità della conoscenza scientifica. Un po' come con le persone: puoi mai esaurire la conoscenza di una persona a cui vuoi bene? No! Più la conosci e più si mostra in tratti nuovi. Tutta la realtà è così: ci chiama, ci attrae e ci spinge ad andare avanti. Anche adesso per noi fisici è così:



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

abbiamo scoperto il bosone di Higgs, ma non andiamo a casa. Pensate che il bosone di Higgs, così fondamentale, spiega soltanto il cinque per cento del contenuto di materia ed energia dell'universo. E il resto? Il resto è una chiamata! Dobbiamo fare strumenti più robusti, più complicati (un po' come l'esperimento di cui ci ha parlato Juanco) per vedere il resto.

Veniamo quindi al progetto *High Luminosity Lhc* (Lhc ad alta luminosità): letteralmente, più luce per vedere meglio. È uno snodo fondamentale nello sviluppo di un percorso che è iniziato con il Lep (*Large Electron-Positron Collider*) negli anni Ottanta e che ci permette di pensare già al progetto successivo, che si chiamerà Fcc (*Future Circular Collider*). È un progetto non ancora approvato, ma se lo sarà ci porterà al limite del 2040-2050. Questi sono i tempi della fisica delle particelle. È come per le cattedrali: chi inizia in genere non vede la fine. Io ho avviato un progetto ma non lo vedrò finire (almeno come persona del Cern); mentre per l'Lhc l'ho finito, ma non l'avevo iniziato io. Ci si passa la mano.

Per fare tutto questo occorre andare avanti, fare più tecnologia, in un circolo virtuoso in cui la conoscenza chiama la tecnologia e la tecnologia permette la conoscenza. È il circolo virtuoso in cui l'Occidente ha veramente sfondato: non è stato il primo – l'Occidente – a fare tecnologia, probabilmente la ruota l'hanno fatta prima i cinesi, o la polvere da sparo eccetera; però, grazie alla valorizzazione della conoscenza, anche la tecnologia ha avuto un'accelerazione enorme.

Questa tecnologia poi, come quella dell'*High Luminosity Lhc*, non è finalizzata solo agli esperimenti: alla fine porta anche a cose utili, come l'applicazione degli acceleratori per l'adroterapia oncologica (link alla slide del video: <https://youtu.be/SCP7sQQn3Ys?t=1690>). Io stesso, ora che da Ginevra torno a Milano, mi occupo delle applicazioni mediche degli strumenti della fisica delle particelle.

Un'ultima osservazione, per concludere. Parlando di questi strumenti, come di tutta la ricerca, si tende sempre a mettere l'accento sull'io. Ed è vero: chi di noi non vuole riuscire, chi non vuole aver successo? È ovvio, è la cosa giusta, è una delle molle. Eppure vi assicuro: per avere veramente successo, l'io deve trovare le motivazioni per diventare noi. Alla fine, chi costruisce lo strumento è un noi. Che però, è vero, è fatto da tanti io; senza l'io non c'è il noi, senza la creatività e la voglia dello scienziato; che tuttavia solo mettendosi al servizio dello scopo comune può arrivare a realizzare strumenti come questi e riuscire letteralmente a incontrare nuovi pezzi di realtà.

**Marco Bersanelli.** Si pensa spesso che la scienza progredisca quasi automaticamente, senza rapporto con il soggetto che sta dietro, ma io penso che già dalla passione che avete messo nel raccontarci il vostro lavoro si capisce che non è così, che dietro al vostro lavoro c'è un'umanità. Allora la mia domanda è questa: qual è per voi il contraccolpo nel pensare, guardare e riflettere sull'oggetto della vostra ricerca? Qual è il fascino, qual è l'ammirazione, qual è lo smarrimento che uno può avvertire nel rapporto con quell'universo che abbiamo davanti, così affascinante ma anche misterioso, così presente e così sfuggente?

**Juan José Gómez Cadenas.** Hai già detto tutto tu! Quando uno inizia a studiare l'universo, quando uno inizia a essere fisico delle particelle, è preoccupato di affrontare i problemi; da giovane non ti poni tante questioni trascendentali: vuoi risolvere questo problema, e poi quest'altro, e poi quest'altro. Poi c'è un momento in cui cominci a farti delle domande e queste domande sono: com'è possibile che l'universo che abbiamo e che studiamo sia simultaneamente (ed è per questo che ti ho detto che hai pronunciato le parole giuste) così ordinato e così comprensibile? Ci sono le leggi che ci permettono di scrivere la storia dell'universo dal momento del Big Bang ad adesso: come è



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

possibile che abbiamo tutta questa certezza, questa comprensione profonda dell'universo e, allo stesso tempo, non capiamo niente? Come ha detto Lucio, il cinque per cento dell'universo lo capiamo, è l'universo visibile, ma l'energia oscura non sappiamo cos'è! Vent'anni fa nessuno aveva mai sentito parlare dell'energia oscura: adesso è il grosso problema da capire, in fisica e in cosmologia. Questa capacità di sorpresa dell'universo, che ti sta dicendo allo stesso tempo "sono comprensibile e sono misterioso", a me genera una sensazione di trascendenza, una convinzione che il mio mestiere è la cosa più nobile, più interessante che uno può fare nella vita: cercare di capire questi misteri, cercare di mettere un po' di ordine e allo stesso tempo essere in grado di capire e accettare che non arriviamo mai abbastanza in profondità nel mistero. Questo è il mio rapporto con la realtà che studio ogni giorno.

**Lucio Rossi.** Mi aggancio a una cosa che ha detto Juanco: per questa capacità di sorpresa continuiamo a cambiare. Io sono un po' più vecchio di loro; quando ho iniziato a studiare, i neutrini non avevano massa, mentre adesso Juanco e gli altri hanno dimostrato che ce l'hanno. Quando Bersanelli ha iniziato a lavorare sull'astronomia, non si sapeva se l'universo è aperto o chiuso, se cioè può re-implodere: adesso la risposta è stata data, appunto l'energia oscura può indicare che si sta aprendo. Andiamo sempre avanti e sembra non finire mai; l'ho detto anche prima. All'inizio quello che mi colpiva di più era proprio il fascino e la bellezza del nuovo. Invecchiando, starei per dire che la cosa che più mi colpisce, che mi lascia inquieto nel vero senso della parola cioè non quieto, è questo aspetto di inesauribilità, quasi senza fine, *endless*. Come è possibile? E di che cosa è segno questa inesauribilità della conoscenza?

Spesso parlando con i miei figli, con alcuni amici, mi sono reso conto che c'è una simmetria incredibile tra il mondo inanimato e il mondo animato, cioè il mondo con l'anima, il mondo retto dall'io. Come dicevo prima, quando conosci una persona a cui vuoi bene puoi dire di averla esaurita? No: più la conosci, più ti impegni, più le vuoi bene e più questa persona mostra ricchezze, è insondabile. Ecco, il mondo in effetti è sondabile (infatti "insondabile" penso sia una parola sbagliata) ma è inesauribile; lo conosci (che il bosone di Higgs ci sia, che i neutrini abbiano la loro massa, lo sappiamo), eppure questa conoscenza rimanda ad altro, ci chiama oltre. Ogni limite, quello che sembra essere un limite, in realtà è posto lì non per essere una barriera ma per chiamarti oltre, per farti vedere oltre.

Questo aspetto di inesauribilità non mi lascia quieto perché mi fa sorgere una domanda su di me: "Ma allora tutta questa attrattiva per cosa è fatta? Perché ci diamo tanta pena anche a fare esperimenti che durano venti, venticinque anni?". Certo, per "portare a casa la pagnotta": è già una buona risposta. Però, in fondo, perché darsi tanto da fare? Dico la verità, sembra essere quasi una cosa difficile da reggere; e infatti mi chiedo come facciano certi colleghi a reggere in questa sfida continua (se penso che cinquant'anni fa, quando ho iniziato a studiare, non c'erano i quark, nel senso che non si sapeva che c'erano; adesso sappiamo che ci sono, ma ci stiamo chiedendo se c'è un livello di realtà ulteriore). Come si riesce a reggere, sapendo che tutto è precario? Si riesce perché siamo attratti dalla bellezza, dall'ordine, come veniva detto prima. E credo che tutto questo sia fatto per uno scopo: per farci – diciamo così – riflettere, per fare emergere l'io, perché l'io si renda più cosciente. Sono arrivato alla conclusione che tutto questo lavoro, tutto questo meccanismo è fatto perché io mi renda conto di qualcosa (e per questo non mi lascia quieto, ma inquieto); ma a questo qualcosa io devo rispondere, quindi mi chiama a una responsabilità. Incredibile: io che lavoro con cose meccaniche, cacciaviti, bulloni (anche se sono cacciaviti e bulloni un po' particolari) mi rendo



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

conto che questo è fatto perché il mio io si risvegli e non sia domo, non sia quieto e quindi non mi lasci in pace. In questa coscienza di non essere in pace, in un certo senso trovo l'attrattiva per andare più avanti.

**Marco Bersanelli.** Un'altra cosa vi vorrei chiedere, che già dal vostro intervento iniziale si capiva molto bene. Noi sappiamo che fare questo mestiere, e devo dire soprattutto ultimamente, vuol dire collaborare con un grande numero di persone; e credo anche che, qualunque mestiere facciamo, parte del lavoro consista nel rapporto con le persone con cui si lavora. Queste grandi collaborazioni – parliamo di centinaia, a volte addirittura migliaia di persone –, questi progetti che durano decenni (il viaggio a Itaca o la costruzione della cattedrale) per cui si parla di *lifetime*, di un tempo che si misura con il proprio futuro e oltre: ecco, in questa situazione in cui la ricerca fondamentale si trova e penso si troverà per molto tempo, secondo la vostra esperienza, come è possibile, e in che modo, valorizzare il contributo della singola persona? Perché, come accennava Lucio prima, ci sono dei soggetti: penso a tutti i giovani che iniziano un lavoro, che desiderano iniziare un lavoro in questo settore, al collaboratore di Juanco che abbiamo visto a dodici anni di distanza sullo stesso esperimento. Ecco, mi interessa sentire la vostra esperienza su questo aspetto.

**Juan José Gómez Cadenas.** Per me questo è interessante. C'è un vecchio adagio francese che dice "l'art c'est moi, la science c'est nous", l'arte sono io, la scienza siamo noi. La scienza si fa di fatto con noi, con gruppi, con persone. Secondo me per fare scienza (per fare scienza di prima qualità) c'è bisogno di due cose: c'è bisogno della nozione di un noi, di un gruppo, e bisogna che tutto il gruppo abbia, anche se nessuno lo sa, la fede. Attenzione, mi metto in un territorio pericoloso... Quando dico la fede, sto dicendo che nessuno mette la sua vita sul piatto, nessuno compromette vent'anni della sua vita se non ha dentro la sensazione che quello che fa è utile, che ha senso, che contribuisce in qualche maniera a una cosa più grande di lui. Non sempre lo formuliamo così, secondo me non lo formuliamo mai così, però è una realtà. Non conosco nessuno scienziato di livello che non abbia la fede: la fede nella scienza – attenzione! – però la fede. Quando hai questa fede in quello che fai, nella trascendenza del tuo lavoro, nel senso della tua ricerca, allora lavorare in gruppo è possibile, perché il gruppo ha una cosa in comune, ha un valore condiviso e tutto diventa facile.

Ai nostri tempi è difficile fare scienza perché le domande che stiamo ponendo ai giovani sono molto diverse da ciò che sto dicendo: i giovani devono fare carriera, devono guadagnare posti accademici, devono pubblicare come pazzi. Tutte queste sono domande su "io, io, io": devi essere più furbo, più veloce, più simpatico degli altri. Invece se non si lavora insieme, non si lavora. Secondo me questo è uno dei grandi problemi che la scienza moderna, la scienza dei grandi acceleratori, dei grandi apparati cosmologici, deve risolvere: come facciamo a lavorare insieme? Perché non si va avanti certificando l'individuo particolare: abbiamo bisogno del gruppo, come nel passato quando la gente si metteva per mare per scoprire nuovi mondi. Ma il gruppo deve avere una credenza comune. Questa credenza secondo me è la fede nella scienza e nell'universo: se non cerchiamo di rafforzarla è probabile che non ce la faremo.

**Lucio Rossi.** Tutti vogliamo riuscire, vogliamo avere successo, vogliamo essere importanti. Chi vuole essere poco importante? Eppure per fare queste cose, come diceva Juanco, bisogna mettersi assieme. Oggi chi fa ricerca sono i gruppi: c'è sempre spazio per un singolo ma, soprattutto nel campo della fisica sperimentale o strumentista, sicuramente ci vogliono i grandi team, almeno nel



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

nostro settore. Allora come posso far sì che non ci sia antinomia tra stare in un gruppo e il desiderio di essere valorizzati? Questo inizia dal leader, perché chi è capace di dire io deve anzitutto riconoscere che anche l'altro vuole dire io; e allora l'io può diventare un noi. L'io si esprime quando riconosce che c'è un altro io, un tu, diremmo. Secondo me questa dinamica è importantissima nella scienza, è l'unica maniera per avere una leadership (cioè una continuità di costruzione, per poter fare un progetto che magari dura vent'anni) che sia sostenibile, come si dice adesso.

Altrimenti diventa uno sfruttamento, in cui ciascuno cerca solo di trovare la sua convenienza; ma alla lunga questo è uno spreco di risorse. Quello che sto dicendo è che non mettere l'io contro il noi non è soltanto un dovere: gli altri non sono solo un dovere morale, sono anche una convenienza, professionale. Io questo l'ho capito quando c'è stato il grande incidente dell'Lhc, che forse qualcuno ricorderà: l'Lhc è partito nel 2008 e poi c'è stato un gravissimo incidente che ci ha azzoppati per un anno (sollevando tante questioni: "la macchina funzionerà mai?"). L'incidente riguardava la parte magnetica, proprio quella che io dirigevo: una parte che avevo preso molto tardi, verso la fine, ma di cui comunque ero responsabile. Mi sono accorto all'inizio che tutti erano bloccati e mi sono chiesto: ma perché gli altri sono bloccati? Perché, esattamente come me, la cosa che non vogliono è avere la colpa. Allora me la sono presa io, come responsabile. Facendo questo sono diventato credibile, ma soprattutto mi sono accorto che mettendo in risalto questo aspetto, capendo il problema degli altri, si liberavano le energie: di colpo l'io di ciascuno è diventato un noi, l'errore è diventato l'opportunità per fare meglio l'acceleratore. L'abbiamo riparato ed è più robusto di quando l'abbiamo fatto.

Ecco, un io che riconosce gli altri e che diventa un noi secondo me riesce a fare una cosa meravigliosa: l'errore, che è intrinseco in tutti noi – direi anzi che è il crisma dell'umano (chi non ha fatto un errore, in tante cose, non solo moralmente, ma anche nella professione?) – diventa un'opportunità anziché essere una pietra d'inciampo. Un'opportunità: non per rimanere nell'errore, ma per andare avanti. Di questo me ne sono accorto e a questo ho educato anche i miei figli; è questo il meccanismo con cui fai andare avanti un figlio, perché altrimenti rimani imprigionato dal moralismo: "Non devi sbagliare!". Non è vero, non è che non devi sbagliare, devi poter guardare all'errore, abbracciarlo e farlo diventare occasione per andare avanti. Questo si vede benissimo nella dinamica dei gruppi: quando i gruppi sono terrorizzati dal leader perché "non bisogna sbagliare", non vanno avanti, vi assicuro che producono molto meno. Nei gruppi dove si sa che si può sbagliare, tutti trovano la loro libertà: l'io diventa un noi e diventa una partecipazione e si costruiscono le cattedrali, che sono i nostri acceleratori, i nostri esperimenti.

**Marco Bersanelli.** C'è un'ultima domanda che vorrei proporre. Può sembrare a volte che questo tipo di lavoro, di ricerca, appaia bello e interessante, ma un po' inutile, come se fosse completamente sganciato dalla vita di tutti. Per certi versi è anche un po' vero che è lontano dalla vita dei più, ma vorrei che voi interveniste sul senso di utilità del lavoro che voi fate, che noi facciamo (mi ci metto anch'io), e nel vostro caso se ci sono anche degli esempi di ripercussioni, di applicazioni di quello che tecnologicamente emerge dalla ricerca fondamentale, che si proiettano sulla vita di tutti.

**Juan José Gómez Cadenas.** Certo. Abbiamo parlato più di volte delle cattedrali. Mi piace tanto l'idea delle cattedrali perché, per cominciare, erano esempi perfetti di cose grandi, laboriose e inutili. Non servivano a niente le cattedrali; però mille anni dopo ancora servono, ancora le guardiamo e diciamo





Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

“mamma mia!”. Se dovesse esserci una razza extraterrestre che dovesse perdonarci, forse ci perdonerà per le cattedrali, prima che per altre cose.

Il nostro mestiere in effetti “sembra” essere inutile. Bisogna fare molta attenzione con le cose “inutili”, perché nella scienza niente è inutile. Pensate a uno scienziato che sta giocando con un apparecchio che gli fa cose strane: guarda, gioca, non è che vuole fare una scoperta speciale. Guarda la mano e vede le ossa della mano: ha scoperto i raggi X! Con la scoperta dei raggi X si è salvata una quantità pazzesca di vite. Dunque la ricerca fondamentale conduce in maniera naturale a scoperte che sono utili per tutti.

Nel nostro caso, noi facciamo rivelatori che cercano se il neutrino ha la sua propria antiparticella: non può esserci niente di più inutile di questo. Però lavorando, riflettendo su queste cose con una delle mie collaboratrici, Paola, abbiamo capito che la stessa tecnologia potrebbe servire per fare uno scanner Pet, un tipo di scanner medicale che può identificare con grande precisione le regioni di attività metabolica, in particolare un cancro. Così abbiamo avuto un aiuto europeo e adesso lei, e anche io e parte del nostro gruppo, stiamo mettendo tanta energia per sviluppare questa tecnologia che, fra qualche anno, servirà. Al momento la tecnologia Pet non si può applicare, ad esempio, ai bambini perché la quantità di radioattività che devono assorbire per fare la scansione è troppo grande. Grazie alla tecnologia che noi stiamo proponendo, che viene dai neutrini, potrebbe essere che fra non molti anni questa tecnologia sia applicabile anche ai bambini, e in maniera molto più sicura, economica e anche più efficace.

Dunque la ricerca fondamentale porta intrinsecamente, in modo quasi automatico, questi vantaggi. Come dice spesso Fabiola Gianotti (la direttrice del Cern), ci sono due modi di vedere la scienza: uno è pensare che passiamo il tempo a perfezionare una lampada a gas, a costruire macchinette sempre più precise per fare una bella lampada a gas; l'altro è pensare di inventare l'elettricità. L'elettricità viene sempre dalla ricerca fondamentale. È in questa direzione che noi abbiamo cercato di dare il nostro piccolo contributo.

**Lucio Rossi.** Vorrei coprire due aspetti. Uno è quello metodologico. Secondo me una delle cose più interessanti della ricerca scientifica, alla quale anche le industrie adesso stanno guardando, è il fatto che grandi collaborazioni funzionano con una struttura organizzativa relativamente leggera. Perché? Perché la gente condivide uno scopo. E qual è il metodo fondamentale? È “seguire”, come dico sempre ai miei studenti, che poi secondo me è il metodo dell'umano. Come fai a imparare dal prof. Cadenas? Lo segui, ci stai insieme, lavori con lui! Come quello studente, che probabilmente adesso è diventato un bravissimo ricercatore: dopo dodici anni, lo sa fare lui il rivelatore. Seguire non è la cancellazione dell'io; anzi, è il fiorire dell'io, se segui con intelligenza ovviamente. Questo quanto al metodo.

Dal punto di vista pratico, per fare un esempio, come ho detto prima a Milano mi sto dedicando, almeno in parte, alle applicazioni di fisica medica. Come mi ha insegnato il mio maestro Ugo Amaldi, c'è la fisica bella – così la chiamava – cioè fare gli acceleratori, scoprire il bosone di Higgs o i neutrini, e la fisica utile. In realtà sono due facce della stessa medaglia. Faccio notare che due tra i grandi “occhi” della medicina moderna, cioè la Pet di cui ha parlato anche Juanco, e la risonanza magnetica (o immagine medica a risonanza magnetica), discendono da ricerche sui rivelatori e sugli acceleratori. Chi entra in un apparato per risonanza magnetica, entra in un magnete superconduttore, meno potente ma simile a quelli dell'Lhc.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
XLII edizione, 20-25 agosto 2021  
Il coraggio di dire «io»

Trascrizione non rivista dai relatori

L'altra grande applicazione, su cui sto lavorando adesso a Milano con il Cnao (Centro nazionale di adroterapia oncologica) è quella dell'adroterapia: l'utilizzo diretto delle particelle accelerate (con piccoli acceleratori, ma comunque lunghi duecento metri: non sono i 27 km dell'Lhc, ma non stanno certo in questa stanza) per curare certi tumori che sono radio-resistenti, cioè resistenti ai raggi X.

Mi consola quindi il fatto di vedere che non c'è antinomia tra la ricerca di base e quella applicata: si aiutano l'una con l'altra. Perché la ricerca applicata fa anche sviluppare nuovi strumenti che poi servono per la ricerca fondamentale. Tutto si tiene, come si dice: il bene è unico, lo vediamo con tante facce diverse.

**Marco Bersanelli.** Beh, verrebbe voglia di continuare questo dialogo e in effetti lo continueremo, perché domani alle 16 nello spazio scientifico qui al Meeting, curato da Euresis e Camplus, Juan José e Lucio e saranno ancora presenti, proprio per continuare questa conversazione.

A me sembra che oggi sia stato possibile apprezzare – diciamo così – la bellezza sotto due aspetti. Il primo è l'aspetto naturale dell'oggetto che loro studiano, l'infinitamente piccolo: la finezza con cui, ad esempio, una particella così minuscola come il neutrino potrebbe fare l'intera differenza di tutto ciò che esiste fa venire le vertigini! L'altra dimensione di bellezza che abbiamo vissuto è quella di un cammino umano: cioè abbiamo conosciuto due uomini per i quali la ricerca è dentro un orizzonte ampio, dentro un orizzonte umanamente credibile, affascinante, in cui c'è una vera ricerca che riguarda il soggetto, che riguarda anche il nesso tra quell'oggetto particolare che è il mondo fisico e tutto l'orizzonte dell'umano, che aspira a qualcosa di grande. Così abbiamo sentito, abbiamo potuto cogliere aspetti che valgono per tutti noi, qualunque sia il lavoro che facciamo e la vita che conduciamo. Ad esempio quando Lucio dimostrava, con un'esperienza personale così densa, come l'errore, quella cosa di cui tutti hanno paura e fobia, se guardato con occhi semplici, umani e intelligenti diventa una risorsa per entrare di più in rapporto con l'oggetto. Come pure mi ha molto colpito Juanco quando parlava della fede, laicamente intesa, come strumento di conoscenza necessario anche per conoscere i neutrini.

Penso che questa conversazione realmente ci abbia dato un esempio di quanto piccolo e quanto grande è questo io umano, che è il tema del Meeting. Questo "dire io" è dentro la sproporzione con la vastità, con la misteriosità dell'universo e al tempo stesso è la gratitudine per un esserci che non ci diamo noi, continuamente stupiti di quello che abbiamo davanti e di quello che riconosciamo nel nostro rapporto con ciò che abbiamo davanti a noi.

Vi ringraziamo veramente e ringraziamo il Meeting di Rimini che ci permette di incontrare persone così, di avere queste occasioni, in modo non formale ma autentico.