



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

## ENERGIA DALLA FUSIONE NUCLEARE. È POSSIBILE IMITARE UNA STELLA?

Mercoledì 24 agosto 2022, ore 21.00

Partecipano

In collaborazione con **Associazione Euresis**

**Fernanda Rimini**, Ricercatrice, Culham Centre for Fusion Energy, Regno Unito

Introduce

**Carlo Sozzi**, Ricercatore, Istituto per la scienza e tecnologia dei Plasmi del CNR

**Carlo Sozzi:** Buonasera alle persone presenti in sala e buonasera alle collegate in streaming per l'incontro di questa sera dal titolo *energia dalla fusione nucleare è possibile imitare una stella?* l'incontro di questa sera tocca allo stesso tempo due temi importanti e affascinanti, da un lato il tema della riproduzione in laboratorio del fenomeno fisico che alimenta le stelle e quindi le fa brillare sopra il nostro cielo e d'altra parte il tema collegato ad esso che è quello del grande significato economico sociale e alla fine anche politico di come impiegare questo stesso fenomeno per produrre l'energia di cui abbiamo bisogno della nostra civiltà.

Quindi sono diciamo uniti due argomenti uno strettamente fisico e l'altro che ha, diciamo, a fuoco l'utilità possibile, potenziale che ci aspettiamo in realtà dello sfruttamento di questo di questo fenomeno.

I temi legati all'energia così come la disponibilità delle risorse, l'impatto ambientale legato alla produzione energetica, le tensioni geopolitiche legate agli approvvigionamenti sono molto presenti sui mezzi di comunicazione nelle agende dei governi e anche, di conseguenza, nei piani di Ricerca e Sviluppo istituzioni sia pubbliche che private.

Gli eventi di quest'anno diventi drammatici accaduti a febbraio in poi ma in realtà diciamo la situazione dal punto di vista energetico è in qualche modo critica da molto tempo, almeno per una buona parte dei paesi europei, questi eventi con le conseguenze che hanno avuto sui costi dell'energia se possibile hanno dato enfasi ancora maggiore a questi temi.

In questo panorama, dovrebbero partire delle slide adesso, nel febbraio di quest'anno abbiamo visto comparire sui maggiori giornali e telegiornali titoli e notizie a riguardo di importanti risultati scientifici nel campo della ricerca sull'energia, in particolare sull'energia da fusione, ottenuti presso il dispositivo europeo Joint European Torus, JET è l'acronimo che useremo più spesso che è situato nel Regno Unito nelle vicinanze di Oxford.

Leggo alcuni e questi titoli giusto per dare un'idea della risonanza che ha avuto questa notizia: dalla Stampa *fusione nucleare più vicina test da record per il reattore europeo Jet* oppure da Rai News *la fusione nucleare è più vicina record di produzione di energia da un test effettuato a Oxford* o dal Corriere *Passo avanti verso la fusione nucleare nuovo record di energia prodotta* o da Repubblica *Un altro passo verso la fusione nucleare nuovo record di energia dall'esperimento europeo*; anche sulla Stampa internazionale c'è stata risonanza per questo evento per esempio la



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

BBC titola *Major breakthrough on nuclear fusion energy* oppure il Wall Street Journal titola *European Scientist set nuclear fusion Energy War Record*; non traduco ma penso che si capisca il senso.

Questa sera il Meeting ospita è molto lieto di ospitare devo dire la dottoressa Fernanda Rimini per parlarci di questo fatto e del significato che ha in questa fase della ricerca sulla fusione anche in questa fase diciamo così connotata dall'importanza del tema energia nella nostra civiltà.

Fernanda si è laureata in fisica all'Università degli Studi di Milano ha poi lavorato da subito presso il centro JET per gran parte della sua carriera, dal 1987 al 2000 e poi dal 2009 a oggi con una parentesi di alcuni anni, di 8 anni, trascorsi in Francia presso il commissariato all'energia Atomica che è l'agenzia atomica francese.

Fernanda è un esperto di fisica del plasma che è lo stato della materia in cui l'altissima temperatura causa la totale separazione degli elettroni dei nuclei atomici dando vita a questa diciamo a questa fase della materia inusuale sulla terra, ma comune relativamente comune nel resto dell'universo tipicamente delle stelle ed è un'esperta non solo della fisica di base di questo Stato della materia ma anche delle operazioni delle macchine a confinamento magnetico ovvero di tutti quegli aspetti che riguardano il funzionamento dei dispositivi che permettono di mantenere il plasma, questo gas a temperatura elevatissima, in condizioni stabili utilizzando un complesso insieme di processi fisici e di tecnologie di controllo per realizzare questa condizione di stabilità.

Fernanda è stata nella sua carriera dal 2015 al 2021 leader del gruppo di Scienziati e tecnici responsabili delle operazioni di Jet delle operazioni di plasma di Jet quindi diciamo in presenza di questo di questo gas ad altissima temperatura e attualmente è Jazz Senior Expectation manager con il compito di assicurare lo svolgimento del programma scientifico di Jet proposto e condotto dal consorzio di ricerche europeo Eurofusion e la sua attività consiste nel coordinare le attività di preparazione necessarie allo svolgimento del programma scientifico.

Nella sua carriera ha dato importanti contributi con esperimenti rivolti a definire i parametri di funzionamento dei futuri reattori a fusione nucleare, anche coordinando il lavoro scientifico di molti colleghi, tra cui il sottoscritto tra l'altro; è autrice e coautrice di oltre 600 articoli pubblicati su riviste specializzate del settore.

Una cosa molto diciamo importante in generale ma per la serata di questa sera in particolare e che Fernanda ha avuto l'opportunità di partecipare in prima persona alle due campagne sperimentali condotte a Jet utilizzando la miscela di gas di isotopi di idrogeno che permettono la reazione termonucleare con produzione di energia da fusione, rispettivamente nel 1997 e nel 2021; e questo è proprio diciamo una delle motivazioni centrali dell'invito di questa sera e uno dei punti fondamentali che toccheremo.

Allora cominceremo facendo qualche domanda a Fernanda su questa sua attività così rilevante: che cos'è la fusione nucleare e perché è così importante?

**Fernanda Rimini:** Buonasera, posso far partire questo da cui cominciamo. La fusione nucleare come dice il titolo è quello che succede nelle stelle è un fenomeno per cui si combinano due nuclei di atomi leggeri in un elemento diverso, la combinazione è tale che l'elemento risultante ha un peso meno di massa di materia degli originali e questa materia attraverso la  $E = mc^2$  viene trasformata in energia e quindi è un fenomeno nucleare che dà una enorme quantità di energia.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

Nelle stelle, come il nostro sole, questo fenomeno viene accelerato e facilitato dal fatto che questi nuclei vengono tenuti vicini dalla gravità dalla pressione e noi sulla terra stiamo cercando di riprodurlo o comunque di riprodurre la fusione anche se non sarà, sappiamo già che non sarà quella del sole, proprio perché noi sulla terra non riusciamo ad avere queste condizioni.

Allora noi stiamo andando in condizioni diverse invece di avere una densità altissima e delle temperature alte abbiamo una densità molto bassa e delle temperature altissime.

Ci sono due linee generali di diffusione di cui parleremo una si chiama confinamento inerziale e confinamento magnetico. Questa è una foto di una di una camera del maggiore esperimento a confinamento inerziale negli Stati Uniti si chiama Nife. Nel confinamento magnetico come detto come ha detto Carlo il plasma ionizzato quindi le particelle sono cariche e lo scaldiamo a temperature altissime per tenere questo plasma per tenere questo gas ionizzato per tenerlo lontano dalle pareti del contenitore usiamo campi magnetici perché quando c'è un campo magnetico le particelle hanno un moto, rimangono in un certo senso attaccate al campo magnetico e quindi riusciamo a confinarle.

Questo che vedete all'interno della camera della del jet di cui stiamo parlando che è quello della macchina dell'esperimento che è quello che su cui ho lavorato maggiormente: la fusione che succede nelle stelle ha elementi leggeri come l'idrogeno, come abbiamo detto sulla terra lo facciamo in modo leggermente diverso però usiamo comunque due isotopi dell'idrogeno quindi sono particelle, uno si chiama Deuterio e Trizio: le abbiamo scelte perché è quella che sappiamo che è più facile da realizzare sulla terra, è meno difficile almeno bisogna scaldare per esempio il plasma molto meno.

Il risultato di questo deuterio e del Trizio è una particella alfa che è un nucleo di Elio e un neutrone, un neutrone ad altissima energia che è quello che poi ci dà tramite il riscaldamento di acqua o di un materiale raffreddante è quello che poi ci darà l'energia.

Abbiamo detto la fusione come fonte di energia, la fusione ha la promessa di avere un'energia continua senza emissioni di gas serra, si basa su un fenomeno nucleare, quindi è molto più efficiente: produce per la stessa quantità di materia molta più energia dei combustibili fossili ed è adatta ad usi industriali, quindi, è adatta a rimpiazzare le centrali le centrali elettriche, le centrali a gas, le centrali a carbone normale. I combustibili sono questi isotopi dell'idrogeno l'euterio è abbondante in natura, il Trizio dovrà essere prodotto nel reattore stesso ed è sicura.

È sicura perché a differenza della fissione nucleare che è quella che ci dà le centrali al momento non c'è la possibilità di reazioni a catena incontrollate, ci sono delle scorie radioattive ma sono di alto volume di molta più bassa reattività per la fissione e quindi il problema delle scorie è diverso, è molto più gestibile.

**Sozzi:** Vediamo adesso un breve filmato per introdurci appunto alla spiegazione degli esperimenti svolti recentemente a JET.

video 15.40-17.00

**Sozzi:** Come dicevamo la fusione nucleare e gli esperimenti compiuti a Jet nella seconda metà dell'anno scorso sono stati ampiamente ripresi dai mezzi di comunicazione, ma che cosa è accaduto



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

in quei giorni quelle settimane in quelle ultime tre settimane? Qual è il passo importante che sia compiuto? E si tratta di un risultato in qualche modo sorprendente, inatteso o tutto si è svolto secondo i piani?

**Rimini:** Dobbiamo tornare al 1997 una delle cose che si vede in questo filmato in questo all'inizio è il filmato che abbiamo fatto nel '97 eravamo giovanissimi il '97 sono state fatte nel '97 comunque negli anni 90 sono stati fatti i primi esperimenti con il Deuterio e il Trizio nei tokamak e nelle macchine a confinamento magnetico; ed è stata la dimostrazione che per esempio la fusione Deuterio Trizio funzionava dava risultati; però questi esperimenti hanno anche evidenziato delle dei fenomeni fisici che avrebbero potuto essere dei problemi per i reattori.

E quindi da lì è partita tutta una serie di ricerche di miglioramenti per, in particolare dei materiali per i reattori, e in vista della costruzione di un reattore sperimentale che si chiama ITER che è un progetto mondiale certe scelte tecnologiche sono state messe sul Jet quindi il jet in piccolo sembra questa macchina, questo nuovo reattore e quindi sono state provate sul Jet.

Quindi il jet nel 2021 è in pratica in piccolo una scala 2 a metà scala quello che sarà ITER e quindi la dimostrazione, come vedete la dimostrazione del fatto che non solo abbiamo ripetuto i risultati ma siamo andati due volte al di là dei risultati che abbiamo avuto nel domani '97 vuol dire che tanto per cominciare le scelte tecnologiche che sono state fatte per ITER e che sono state messe sul Jet per provare funzionano, quindi sono scelte dal punto di vista tecnologico e ingegneristico che hanno senso; e l'altra cosa importante è che tutti questi esperimenti che abbiamo fatto nel 2021 erano stati predetti, sono stati fatti una serie di calcoli dei modelli li abbiamo fatti prima, non li abbiamo fatti dopo; li abbiamo fatti prima li abbiamo messi lì da lato poi quando abbiamo avuto i risultati li abbiamo confrontati con le predizioni.

E cosa bellissima secondo me è stato che le predizioni erano in accordo con i risultati che poi abbiamo avuto.

**Sozzi:** In qualche modo è una cosa sorprendente nella ricerca di punta.

**Rimini:** È una cosa sorprendente perché quello che stiamo simulando è un sistema molto complesso è un sistema che non è non è solo il plasma non è solo questa parte calda ma stiamo simulando anche l'interazione di questa parte calda con la parete di queste pareti di metallo più fredde e quindi c'è tutto uno specchio di fisica, che va dal centro del plasma, che è a 150 150 milioni di gradi, alla parete che è a 200 gradi di temperatura; da questo plasma caldissimo di idrogeno a una parete di metallo.

Siamo riusciti in un certo senso a simulare quasi tutti questi processi.

**Sozzi:** Dopo questo risultato cosa possiamo dire sul punto in cui è la ricerca sulla fusione? Quali sono a questo punto i maggiori problemi scientifici e tecnologici che rimangono da risolvere? C'è un qualche modo un percorso definito di cui si vede, si intravede la fine o è ancora necessario la scoperta di qualche cosa di nuovo, l'invenzione di qualcosa di nuovo per arrivare al risultato?



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

**Rimini:** Allora come dicevo prima c'è una macchina, cioè io le chiamo macchine, sono degli esperimenti in costruzione nel sud della Francia che è il passo successivo si chiama ITER e lì è dove troveremo su scala che è quasi un reattore le soluzioni tecnologiche le soluzioni di fisica. Abbiamo ancora delle domande che ci stiamo facendo, sono domande che per quanto sia favoloso, JET l'esperimento di adesso non può rispondere, ci sono delle domande, in particolare delle questioni su come questo plasma caldo reagisce con questa parete un pochino più fredde. Quindi come possiamo isolarlo, qual è il modo migliore per isolare la parete dal plasma caldo perché plasmi sono molto più caldi quindi per esempio se abbiamo una fascia di radiazione in cui irraggiamo più potenza e quindi proprio isolarlo con certi modi.

Dal punto di vista tecnologico secondo me c'è un due grandi problemi a cui sono un pochino accennato prima: uno è il fatto che i materiali del reattore diventeranno, bombardati da questi neutroni diventeranno, radioattivi per cui c'è tutto uno studio di materiali in modo che siano adatti a essere vicino a questo plasma però allo stesso tempo non diventino così tanto radioattivi; e l'altro è la generazione del Trizio quindi la generazione del combustibile stesso all'interno della macchina, all'interno del reattore.

Queste sono purtroppo domande a cui solo questa nuova generazione di macchine che arriveranno che cominceranno a iter si parla di dei primi esperimenti verso il 2026/2027 quindi stiamo parlando fra una decina d'anni, questa nuova generazione di macchine comincerà a darci risposte a queste domande a cui non possiamo ancora non possiamo ancora dare risposta.

**Sozzi:** Quindi ITER sarà il prossimo diciamo grosso passo ma ci sono anche diciamo non è l'unica attività in corso al momento?

**Rimini:** Ci sono attività, ITER è internazionale e coinvolge credo l'80% in termini economici l'80% del mondo: Cina, India, Stati, Uniti Russia, l'Unione Europea Corea e Giappone, quindi sono tutti.

In aggiunta a ITER cominciano a esserci delle associazioni fra privati e pubblici in particolare se n'è una che è molto interessante per noi italiani, si chiama Spark negli Stati Uniti e ha la partecipazione dell'Eni e non è una partecipazione da niente, una partecipazione con un livello di tecnologia molto molto raffinato e molto veramente molto avanzato.

In aggiunta questi a questi tokamak a queste macchine confinamento magnetico siamo anche cominciando o tornando ad altre macchine a confinamento magnetico un pochino diverse quindi questo panorama di esperimenti a dimensione reattore si sta allargando sempre di più quindi non stiamo mettendo tutto su una sola macchina su una sola linea ma altre.

E altre linee, per esempio c'è una un esperimento in Italia che si chiama DTT che verrà costruito a Frascati che studia proprio questa interazione fra il plasma e la parete, quindi, è proprio dedicato a studiare questo che è un aspetto molto importante per un reattore.

Poi c'è ci sono macchine c'è una macchina in Giappone con i contributi e alcuni contributi europei.

Il passo successivo, quindi se il primo passo è iter questa macchina in cui tutti stanno insieme e contribuiscono tecnologie varie, il passo successivo, l'accordo è che ogni partner ognuno dei partner; quindi, ognuno di queste nazioni cercherà di costruire il prossimo reattore: quindi ce ne sarà uno in Europa che si chiama DEMO, quello cinese si chiama xxx.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

Cominciano a esserci quelli più o meno privati quindi abbiamo parlato di questo negli Stati Uniti con la collaborazione dell'Eni che si chiama Spark avrà un successore che si chiama Ark, tutti questi acronimi sono cercano di avere sempre dei magari anche dei significati e in Gran Bretagna ce n'è uno che si chiama STEP.

Quindi ci sono tutte queste macchine questi reattori e questa generazione di mentre iter non produrrà elettricità, sfortunatamente questa generazione quindi STEP, Park produrrà l'elettricità.

**Sozzi:** Magari puoi precisare cioè non produrrà elettricità ITER, ma qual è il suo obiettivo?

**Rimini:** L'obiettivo di iter è produrre più energia con le reazioni di diffusione di quella che usiamo per scaldare il plasma quindi un fattore 10 fra l'energia che mettiamo per scaldare il plasma a queste temperature è quella che viene prodotta dalla fusione.

**Sozzi:** Mentre per un reattore ci vuole ancora più energia?

**Rimini:** Un reattore potrebbe essere infinito in realtà, il guadagno potrebbe essere guadagno infinito. Nel senso che a un certo punto la reazione sia autosostiene senza che noi dobbiamo mettere niente.

**Sozzi:** Ora facendo diciamo così un passo indietro piuttosto danno uno sguardo a tutte queste traiettorie nel suo insieme vediamo sappiamo che le prime ricerche sulla fusione termonucleare sono cominciate nel secondo dopoguerra il tokamak credo sia stato introdotto degli anni 60 e quindi sono passati ormai più di 60 anni ma anche un periodo lungo, anche lungo rispetto all'esempio che abbiamo sentito ieri sera del telescopio web che ha richiesto 27 anni di sviluppo se non erro.

Ora perché ci si può chiedere, ci possiamo chiedere perché i progressi sono così così lenti o così lunghi se non lenti perché occorre tanto tempo?

**Rimini:** Un motivo sicuramente è stata la mancanza di volontà politica, ci sono stati degli errori di politica scientifica non di politica politiche di politica e scientifiche, in cui a un certo, per esempio iter a un certo punto una delle nazioni - stavano erano il progetto era già molto avanzato non lo stavano costruendo ma era già lì proprio il progetto era molto avanzato - una delle nazioni principali sia ritirata e quindi il progetto non si è fermato ma ha avuto un ritardo notevole poi questa nazione è rientrata, quindi non dico qual è.

Ma è rientrata e quindi riassorbire tutti questi cambiamenti per un progetto del genere hanno provocato molti rallentamenti; la mia impressione è che anche se anche se la fusione è stata promessa per molto tempo sin dagli anni 50 come la produzione di energia per la produzione di energia, fra due anni fra dieci anni, fra vent'anni, i mezzi che sono stati messi per farla sono stati sempre in mezzi della ricerca dei laboratori piuttosto piccoli o della ricerca universitaria, in cui i mezzi sono limitati.

E soprattutto In molti casi non c'è stata non c'è stato il collegamento con le alte tecnologie quindi si è fatta ricerca con quello che si poteva fare ma non si è andati non si è andati a cercare almeno per



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

molto tempo non si è andati a cercare la tecnologia avanzata e questa è una cosa che invece sta succedendo adesso.

Adesso parlavamo dell'Eni di questi fatto che stanno facendo questo lavoro per il reattore negli Stati Uniti per questo reattore privato pubblico e quello che sta facendo l'Eni è stato studiando delle bobine magnetiche super conduttrici ad alte temperature non sto a spiegare cosa sono anche perché io non sono un'esperta quindi non potrei spiegarvelo. Ma questo vuol dire che

Queste bobine consumano molto meno, potenzialmente consumano meno delle bobine normali e per esempio il fatto che l'Eni e altre compagnie abbiano sviluppato queste bobine come spin off, ha fatto ripartire una linea di ricerca che si chiama stellaretor di confinamento magnetico che era che era stata abbandonata negli anni all'inizio degli anni 80, la metà degli anni 80 appunto perché si pensava di non riuscire ad avere di non riuscire ad avere le bobine magnetiche per farla.

Adesso che li abbiamo adesso che la cosa è molto più molto più avanzata si può pensare anche a ripartire su questa linea quindi a darci un'alternativa rispetto al tokamak e quindi un po' è un po' il fatto che l'industria e la tecnologia, la fusione va avanti un po' a balzi\_ c'è stato il balzo di quando abbiamo cominciato a fare veramente la fusione di Euterio e Trizio e adesso c'è il balzo di questo utilizzo del superconduttore ad alte temperature.

**Sozzi:** Ecco si parla comunque diciamo di tempi ancora relativamente lunghi no? Prima hai citato iter con il funzionamento previsto dalla fine degli anni Venti diciamo ehm, vedi dei modi per accelerare questo processo o intrinsecamente richiede comunque un tempo scala dei decenni ancora?

**Rimini:** Probabilmente richiede ancora un tempo scala dei decenni. C'è stato ultimamente negli Stati Uniti, sempre negli Stati Uniti succedono queste cose, il presidente Biden ha fatto un convegno con gli esperti di diffusione proprio per cercare di capire se la fusione poteva avere un impatto sulla produzione di energia e su quale scala di tempi e diciamo che in generale molti hanno detto che il primo reattore che metterà elettricità che effettivamente produrrà elettricità sulla rete arriverà tra gli anni 2040/2050 probabilmente quello europeo nel 2050 ARK e il progetto britannico sono negli anni 2040.

Comunque siamo su quelle scale di tempi.

C'è stata gente ci sono molti privati negli Stati Uniti, ce ne sono anche un paio d'Europa c'è stata gente che ha promesso un reattore entro 10 anni e secondo me questo non è non è realistico non è assolutamente no anche perché comunque anche se avessimo la tecnologia, che non abbiamo, proprio la tecnologia del reattore che non abbiamo, comunque per costruire una centrale anche se fosse una centrale nucleare normale a fissione ci vorrebbero dieci anni, quindi i tempi sono una ventina d'anni 20/30 anni per avere il reattore di dimostrazione che proprio produca elettricità da mettere sul circuito e poi in scala la produzione industriale dei reattori, però siamo comunque siamo sempre su quei tempi.

La barzelletta della fusione se vogliamo è che la fusione è sempre fra 50 anni; ecco secondo me non siamo non siamo fra i 50 anni però siamo comunque dobbiamo renderci conto che siamo ovunque tra i 30 anni però è abbastanza realistico, insomma ci sono dei progetti ci sono dei progetti realistici al momento.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

**Sozzi:** Ecco questo introduce una questione anche come dire personale no? Quella della fusione un'impresa quanto mai irrealizzata, non si tratta solo di conseguire un progresso di conoscenze ma di ottenere un risultato utile ai fini pratici cioè la costruzione di un dispositivo che funziona e dà certi da certi risultati appunto.

D'altra parte, le persone che lavorano a questa impresa scienziati ingegneri appunto sono persone che giustamente hanno il desiderio che gli sforzi del proprio lavoro producano un risultato utile e riconosciuto.

Sorge la domanda di che cosa permette di reggere a livello personale, nel tempo in un'impresa di un'ambizione così grande da richiedere una durata addirittura molti di generazionale, di lavorare per un obiettivo che si sa che non sarà pienamente compiuto nell'arco della propria vita professionale?

**Rimini:** È vero che c'è questo arco e c'è questo obiettivo a lungo termine ed è quello che probabilmente ha spinto molti di noi a entrare nella ricerca della fusione e che ci ispira ancora; però è anche vero che noi lavoriamo su pezzettini di ricerca e su quelli vediamo il progresso. Quindi per esempio noi abbiamo lavorato a dispetto al fatto appunto, lavoriamo su cose decennali, però dal 2011 fino all'anno scorso abbiamo lavorato in vista di questi nuovi esperimenti di Euterio e Trizio e adesso li abbiamo visti quindi adesso abbiamo chiuso un certo senso chiuso un ciclo e siamo passati al prossimo al prossimo ciclo ai prossimi esperimenti.

Quindi spezzettando la ricerca generale sulla fusione in argomenti in pezzi gestibili a dimensione umana riusciamo comunque a mantenere un certo ritmo, a mantenere una certa voglia, anche perché noi siamo esseri umani e quindi siamo spinti anche dal desiderio di pubblicare dal desiderio di avere il nostro lavoro riconosciuto, di pubblicare, di andare a conferenze cose del genere e questo lo possiamo fare con un lavoro fatto in due anni, in un paio d'anni: è un pezzettino di lavoro che si può concludere che si può finire.

E poi puoi vedere la puoi vedere la puoi vedere come guardando indietro per esempio noi guardando gli esperimenti nel 97 possiamo vedere dove eravamo allora e dove siamo adesso rispetto alle conoscenze rispetto alla nostra capacità di capire di fare il modello, di non solo di fare gli esperimenti e poi guardiamo i dati e non sappiamo che cosa vogliono dire.

Cercare di fare la predizione, fare gli esperimenti confrontarli e vedere che cosa abbiamo capito, che cosa non abbiamo capito cosa possiamo migliorare.

**Sozzi:** Da questo punto di vista consiglieresti a un giovane di dedicarsi a questo campo di lavoro? Sulla base di quali motivazioni e quali sono i percorsi diciamo di avvicinamento di training che sono necessari per entrare nella fusione?

**Rimini:** Allora tanto per cominciare molto più In generale io consiglierei di fare ricerca qualunque tipo di ricerca non solo fisica; dal punto di vista della fusione, sì, consiglierei ancora anche se e mio marito lo sa ci sono giorni in cui uno non ha voglia, anche con il mio lavoro che è un bellissimo lavoro è favoloso, praticamente ogni giorno è diverso, ci sono giorni in cui non hai voglia di andare a lavorare ti svegli la mattina e dici: che cosa vado a fare?



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

Però è sempre c'è sempre qualcosa di nuovo c'è sempre qualcosa di inaspettato, ci sono proprio perché proprio perché l'ambiente e l'ambiente di ricerca ci sono, ecco consiglieri ai ragazzi di fare ricerca perché è un ambiente vivo, un ambiente in cui ci si confronta, poi alcune di queste idee valgono tantissimo, altre no. E comunque è un ambiente in cui in generale si rispetta l'opinione degli altri, si rispetta, anche almeno io cerco, non è sempre facile, uno cerca di rispettare l'opinione anche dei giovani.

Purtroppo, non tutti gli ambienti sono così, io credo di essere fortunata perché il mio laboratorio è un laboratorio in cui abbiamo bisogno in cui gli stipendi sono bassi quindi abbiamo bisogno dei giovani perché possiamo assumerli solo a livelli appena laureati, in generale, per cui li assumiamo gente molto giovane gli diamo responsabilità da subito e hanno le proprie responsabilità e quindi come dice Spiderman bisogna, insomma se ti danno delle responsabilità bisogna prenderle seriamente.

Non vale per tutti gli ambienti ehm in particolare ci sono degli ambienti più accademici in cui c'è sempre questa gerarchia, in cui gli studenti o ricercatori più giovani hanno più difficoltà a rientrare, hanno più difficoltà a farsi sentire a far sentire la propria voce.

Io sono stata chiamata, mi è stato detto che io sono un cervello in fuga, come ha detto Carlo io ho fatto la mia tesi all'Università di Milano, al CNR e poi sono partita sei mesi dopo con una borsa di studio di un anno: mi sono trovata bene, la borsa di studio di un anno è diventato una borsa di studio di due anni non sono più rientrata.

Ecco quello che consiglieri ai giovani è di laurearsi, fare esperienze anche all'estero e poi vedere se ci sono le condizioni giuste tornare tranquillamente tornare in Italia perché la ricerca è fatta anche in Italia, la ricerca c'è della ricerca ottima fatta in Italia, è veramente avanzata fatta in Italia sulla fusione per esempio DTT, per esempio anche delle anche degli studi di più di fisica.

Se invece vi va bene stare all'estero state all'estero.

**Sozzi:** Ma ci sono diciamo dei percorsi disciplinari particolari?

**Rimini:** Una delle una delle una delle cose che caratterizzano la ricerca sulla fusione è che è una ricerca in cui la fisica e l'ingegneria vanno veramente passo a passo e si tengono per mano; quindi, l'avanzamento di una permette l'avanzamento dell'altra e per esempio nelle nostre nelle nostre riunioni, nei nostri laboratori fisici e ingegneri lavorano veramente insieme.

Per cui una laurea in fisica, una laurea in ingegneria, un dottorato se possibile: io non ho un dottorato, sono partita senza un dottorato anche perché mio padre mi ha detto: qui bisogna cominciare a guadagnare qualche soldo perché sennò...

Però appunto un dottorato e quindi sia fisica che ingegneria, e la fisica può essere fisica sperimentale o fisica teorica ci sono degli italiani ottimi in fisica teorica degli italiani ottimi in fisica sperimentale.

**Sozzi:** Da come hai descritto diciamo i passi della tua carriera si capisce, lo sappiamo il lavoro della ricerca di frontiera è certamente molto impegnativo sul piano personale, richiede magari che uno appunto prendeva dall'estero ad esempio.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

Come si concilia questo impegno con il resto della vita? In primo luogo, con le relazioni più strette e gli impegni legati presenti agli affetti o la famiglia?

E poi più particolare è più difficile per una donna essere intensamente impegnata nella ricerca scientifica?

**Rimini:** Allora cominciamo dalla seconda cosa che forse è più facile. È difficile, è ancora difficile per una donna essere riconosciuta, è meno difficile che nel passato nel in generale quando si adesso quando si guarda in Europa e nel mondo ci sono donne a capo dei lavoratori donne a capo dei progetti donne a capo di gruppi importanti, quindi siamo risaliti un po' di livello.

Quindi quando abbiamo quando ho cominciato io eravamo pochissime, io ho avuto la fortuna di andare per sei mesi a lavorare negli Stati Uniti e nel laboratorio in cui ero c'ero io e ce n'era un'altra quindi arrivando io è raddoppiato il nome il numero di donne che lavoravano.

Adesso ci sono molte donne ci sono donne che una volta - adesso sto per dire qualcosa che magari non a cui magari voi non pensate - una volta per lavorare nella fusione o per lavorare nella ricerca bisognava in un certo senso far finta di essere uomini quindi vestirsi molto tranquilli, adesso no adesso si può essere donne come si può essere uomini come si può essere, insomma dal punto di vista di orientamento sessuale o qualunque cosa si può andare in giro con un tatuaggio, nessuno ha un problema.

Quindi l'ambiente è molto più largo il che aiuta quindi ci si sente ci si sente più libero ed è molto più facile fare la ricerca.

A me è successo quando ha avuto quando ho avuto il mio secondo figlio, sono stata a casa in maternità per 6 mesi, quando sono arrivata a lavorare a fine anno ho avuto la discussione annuale con il mio capo per vedere cosa aveva fatto durante l'anno e lui mi ha detto chiaramente - questo non stiamo parlando del 1800 - stiamo parlando di una ventina di anni fa lui mi ha detto chiaramente: Sai quest'anno non ti posso presentare per promozioni o cose del genere perché in fondo hai lavorato solo 6 mesi.

Quindi certe cose succedono certe cose succedono ancora.

Ecco questo mi questo mi collega alla famiglia: io lavoro con mio marito cioè lavoro nello stesso nello stesso laboratorio di mio marito, ci siamo conosciuti e uno dei motivi per cui siamo ancora insieme a dispetto del fatto che sia io che lui siamo un po' strani magari sia un po' difficili di carattere è proprio perché riusciamo a capire quanto la ricerca possa essere importante per l'altro, quanto ogni tanto abbiamo un problema che è insormontabile o che o che ci prende così tanto che ce lo portiamo a casa mentalmente che continua a girare continua a rigirare.

Lavorando tutti e due nello stesso posto quindi capiamo le cose possiamo parlarci questo ci ha aiutato moltissimo durante degli ultimi due anni della pandemia perché ho avuto molti colleghi che invece erano a casa il lockdown lavoravano da casa erano soli e invece noi due potevamo continuare a parlarci con avevamo comunque una discussione.

Sempre col desiderio che a un certo punto però si smette e ci sono i figli, c'è la famiglia c'è il resto quindi a un certo punto ci si si prende cura anche dell'altro anche della famiglia di fare cose; quindi, dipende dai periodi ci sono periodi in cui ho una vita abbastanza normale, ho un week end, il sabato e la domenica posso fare cose normali; ci sono periodi in cui lavoro al sabato, alla domenica, se ci sono delle scadenze, delle cose da finire. Ci sono serate in cui arrivo a casa tardi, io lavoro anche di



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

turno quindi magari arrivo a casa anche alle 22.30 di sera; mio marito straniero ha imparato a fare la pasta; quindi, magari arrivo a casa e trovo un piatto di pasta e aiuta!

**Sozzi:** Cosa cambierebbe in un mondo in cui una parte importante di energia fosse prodotta tramite la fusione nucleare? In che senso sarebbe un mondo migliore?

**Rimini:** Sarebbe un mondo tanto per cominciare un mondo in cui non la gran parte dell'energia non viene prodotta con gas effetto serra quindi siamo riusciti a gestire questa emergenza climatica, siamo riusciti probabilmente a fermarla, non so se riusciremo mai a tornare indietro in qualche modo, ma comunque siamo riusciti a fermarla senza perdere il nostro modo di vita, senza perdere un modo di vita basato su un consumo intenso di energia.

Perché l'alternativa se non abbiamo energia alternativa è tornare a un modo di vita molto più primitivo. Noi abbiamo tutte queste applicazioni favolose dagli schermi ai telefonini e queste cose che ci aiutano essere interconnessi consumano tutte energie. Stiamo parlando di andare su automobili elettrica che consumano tutte le elettricità energia.

Queste sono tutte cose che a cui il rischio è che dovremo rinunciare a queste cose al nostro modo di vita occidentale non solo noi ma dovremmo forzare i paesi in via di sviluppo, i paesi che stanno arrivando che - non è colpa loro se stanno arrivando adesso - noi abbiamo avuto una vita favolosa negli ultimi 100 anni noi ce la siamo goduta.

Adesso però a loro diciamo no voi non potete usarla perché stiamo riscaldando il pianeta no. Avere queste fonti di energia fusione che queste centrali a fusione insieme alle energie solari, eoliche, idroelettriche questo ci darebbe la possibilità di continuare uno sviluppo che ci dà una vita tutto sommato molto piacevole, molto comoda, abbiamo caldo nelle case popolari e dare allo stesso tempo dare la possibilità agli altri di fare lo stesso percorso o di venire con noi su un percorso simile.

**Sozzi:** Vorrei toccare un ultimo un ultimo tema un po' collegato con questo.

Oggi vediamo l'importanza del tema della dipendenza o indipendenza energetica in un contesto internazionale che mette in luce tutta la criticità della situazione di paesi che non sono indipendenti da questo punto di vista e la fusione nucleare permetterà una maggiore autonomia in questo senso dal punto di vista energetico, oppure potrebbe risolversi in un semplicemente in una differente indifferente tipo di dipendenza una dipendenza tecnologica.

**Rimini:** Ci sono due tipi secondo me ci sono due tipi di paesi di cui stiamo parlando ci sono come abbiamo detto i sette partner di ITER hanno questi progetti, ognuno ha il suo progetto per il reattore quindi c'è una condivisione della tecnologia che viene sviluppata per iter per il reattore successivo quindi dal punto di vista sicuramente dell'Europa, degli Stati Uniti, ma anche di paesi che stanno crescendo come la Cina, come l'India, questi paesi dovrebbero avere la tecnologia proprio perché hanno partecipato a ITER, proprio perché sono parte dei paesi che hanno partecipato molto allo sviluppo.

Quindi da questo punto di vista no, non dovrebbero essere ci queste dipendenze tecnologiche per questi paesi. Il rischio è che ci siano dipendenze tecnologiche per paesi più lontani in termini di sviluppo e che quindi bisogna costruire una centrale bisogna fargliela in un certo senso. Il vantaggio



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

Trascrizione non rivista dai relatori

è che mentre adesso potremmo costruire delle centrali a fissione che hanno dei rischi piuttosto specifici non trascurabili, l'idea è che la centrale a fusione avrà dei rischi minori potrà essere gestita in modo più facile, in caso di incidenti gli incidenti avranno conseguenze minori, per cui sono anche centrali che uno può dire, anche dal punto di vista della gestione proprio del personale, potrebbero avere delle richieste minori.

**Sozzi:** Grazie civici abbiamo alla conclusione quindi ringraziamo la dottoressa Rimini.

Grazie per questa interessantissima conversazione e a conclusione volevo sottolineare qualche spunto che mi sembra importante tenere presente da quanto abbiamo ascoltato.

La prima cosa è che non possiamo anche queste ultime considerazioni non possiamo dare per scontata la situazione in qualche modo facilitante che abbiamo nel vivere nella nostra società: è una situazione in qualche modo privilegiata e non mantenere il privilegio ma permettere ad altri di godere gli stessi benefici è un serio impegno civile e cristiano anche ed è un serio impegno di ricerca che è richiesto.

Per andare più nello specifico del tema sottolineo l'importanza del lavoro di squadra che tante volte hai citato, della interdisciplinarietà quindi della capacità di lavorare prendendo il meglio da ciascuno, da ciascuna competenza coinvolta.

Un altro punto che mi sembra molto interessante questa combinazione di prevedibilità e di sorpresa cioè avendo l'obiettivo di costruire un oggetto che deve funzionare uno non vuole brutte sorprese, non può aspettare l'inaspettato, deve costruire una cosa che funzioni ragionevolmente vicino al progetto e quindi questa fatto che hai citato negli esperimenti recenti di buona consonanza tra le previsioni e risultati mi sembra un fatto molto rilevante.

Ovviamente abbiamo colto l'importanza della portata del cambiamento nel panorama attuale che il successo di questa impresa tecnologica e scientifica può portare alla nostra società, riducendo l'impatto ambientale, riducendo la dipendenza energetica e contribuendo a ridurre le disuguaglianze tra varie parti del mondo.

Naturalmente tutto questo non avviene automaticamente ed è necessaria una vera e ben fondata e diffusa condivisa passione per l'uomo per fare di un risultato scientifico, di un risultato tecnologico, di uno strumento alla fine, una vera opportunità di bene per molti.

Un altro aspetto che mi sembra importante sottolineare è questo della perseveranza, della perseveranza su un campo che per sua natura richiede tempi lunghi e collaborazioni tra generazioni quasi, che sicuramente un punto molto importante in una società dove molto spesso il modello è quello del risultato immediato, della scorciatoia.

Infine, mi sembra anche questo è un punto che in qualche modo ci rimanda nuovamente al titolo del Meeting di quest'anno una passione per l'uomo infine vuole sottolineare come l'impresa della fusione nucleare è uno sforzo internazionalmente condiviso e pertanto fornisce una condizione privilegiata di dialogo di confronto tra culture diverse anche molto diverse nell'approccio al lavoro, anche questo lo abbiamo visto tante volte nella nostra vita lavorativa.

Questo livello di dialogo, questo livello di scambio di collaborazioni sull'impresa difficile è una cosa molto importante, è qualcosa di cui c'è grande bisogno: parlarsi dialogare e lavorare insieme, invece che ricorrere a mezzi come dire, scorciatoie violente.



Meeting per l'amicizia fra i popoli  
43° edizione, 20-25 agosto 2022  
Una passione per l'uomo

E con questo concludiamo l'incontro approfitteremo ancora della disponibilità di Fernanda domani alle 12:30 nell'arena scienza e nel padiglione C1 per la serie di eventi *per continuare un incontro* in cui sarà possibile in questo diciamo spazio di tempo sarà possibile da parte del pubblico oppure domande e interloquire su questo tema.

In questo sforzo internazionale il nostro paese gioca ruolo di importanza primaria con alcune delle sue maggiori istituzioni di ricerca che hanno nel loro programma attività che riguardano lo sviluppo della fusione: tra le principali cito l'enea l'Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie energie e lo sviluppo economico sostenibile, il CNR il consiglio nazionale delle ricerche, alcuni consorzi di ricerca dedicati come il consorzio RFX o il consorzio CREATE vari gruppi di ricerca nelle università.

E più recentemente anche alcune realtà industriali sono entrate in questa impresa ambiziosa come l'Ansaldo nucleare Rina Consulting, l'ENI come avevo sentito dire, ingegneria e con questo cito solo le società per azioni quelle più grandi all'incontro di domani per diciamo aiutarci in questa panoramica anche delle attività in Italia su questo campo interverrà anche per Giorgio sonato dell'Università degli Studi di Padova che ci darà appunto una panoramica di quanto è in corso in Italia per questo obiettivo.

Infine ricordo che occasioni come questa sono permesse da un evento culturale come il Meeting che è reso possibile dal lavoro di tanti volontari di molti mesi, ma non basta non bastano il lavoro occorrono anche delle risorse finanziarie; per questo vorrei ricordare la possibilità di aderire all'iniziativa *Dona ora* cercando nel Meeting il cuore rosso che dovrebbe essere da qualche parte anche alle mie spalle poi e i volontari con la maglietta rossa qui è possibile appunto dare un contributo finanziario che tra l'altro da quest'anno è anche detraibile ai fini fiscali.

E con questo vi saluto e vi ringrazio per l'attenzione e la partecipazione.