

# fisica

GLI SCIENZIATI DELLE  
FORZE FONDAMENTALI  
E IL LORO ISTITUTO



**INFN** Istituto Nazionale  
di Fisica Nucleare

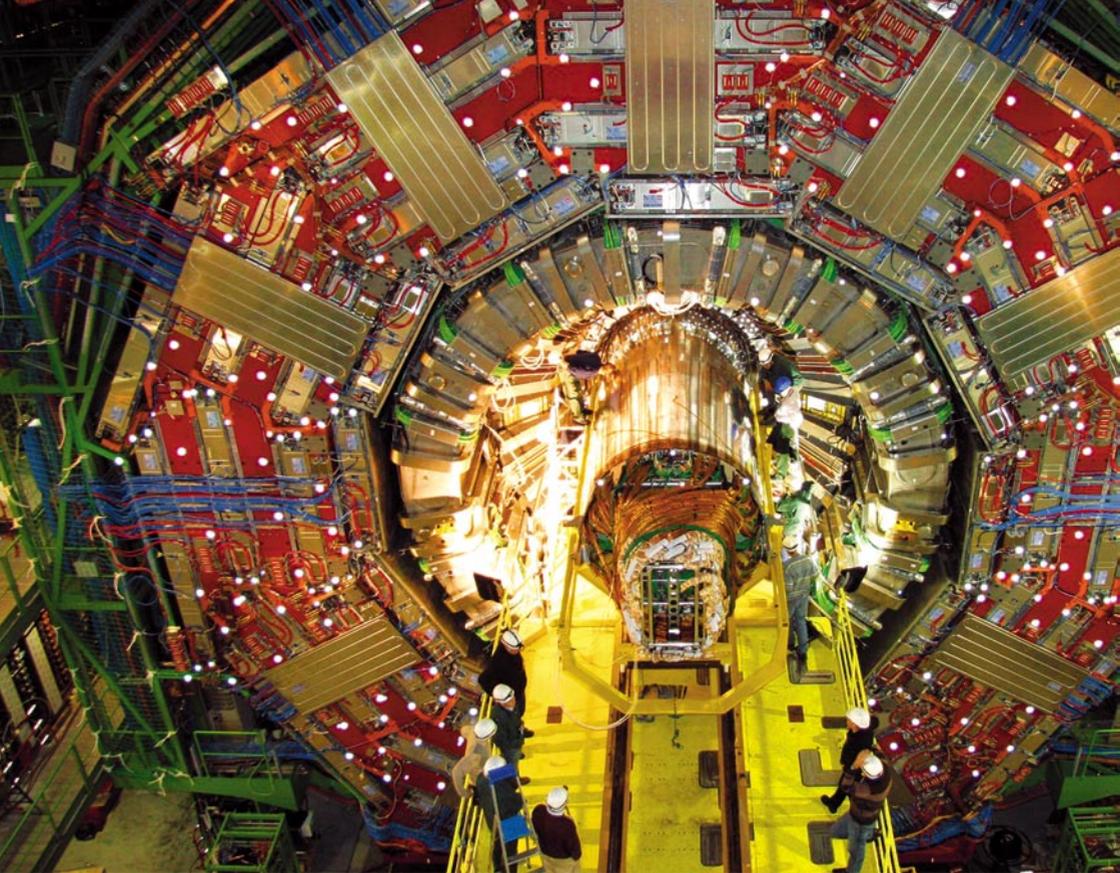


Piazza dei Caprettari, 70  
00186 Roma  
Tel. +39 06 68 400 31  
[www.infn.it](http://www.infn.it)

**Ufficio Comunicazione**  
Tel +39 06 68 68 162  
[comunicazione@presid.infn.it](mailto:comunicazione@presid.infn.it)



Noi fisici siamo  
una grande comunità  
di donne e uomini ...



Noi fisici siamo una grande comunità di donne e uomini che cercano di scoprire i meccanismi più nascosti dell'Universo, i perché e i come del tutto.

## Per fare questo costruiamo le macchine più grandi del mondo,

usiamo le tecnologie più innovative (e spesso le inventiamo), facciamo le misure più precise che l'umanità possa fare. E misuriamo le cose più piccole e più grandi che esistano.

Siamo una grande comunità internazionale, che ha lasciato alle spalle i provincialismi e i nazionalismi e realizza progetti di ricerca lavorando fianco a fianco con gente di tutti i continenti, spesso molto giovani.

Abbiamo inventato il web, progettato la Risonanza Magnetica Nucleare e costruito la più grande macchina del mondo, l'acceleratore LHC di 27 chilometri di lunghezza, a Ginevra.

**In Italia questa comunità è organizzata nell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, che raggruppa 5.000 ricercatori, la maggioranza opera in collaborazione con l'Università.**

Nell'INFN vi sono molti giovani che completano qui i propri corsi di studio: sono circa 1300 tra laureandi, borsisti e dottorandi.

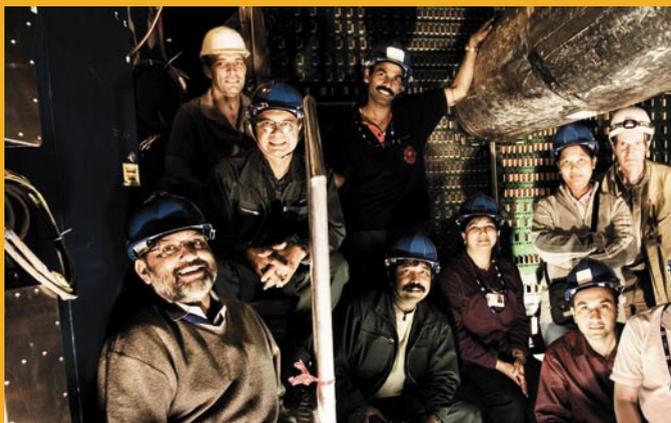
2  
3



L'INFN è un modello di successo per la ricerca italiana.

È presente nelle principali imprese scientifiche mondiali e ha collaborazioni con moltissimi enti di ricerca in tutto il pianeta, dall'America del Sud all'Australia, dal Giappone agli Stati Uniti, dalla Russia a Israele. I suoi ricercatori sono sugli altipiani del Tibet, nella pampa argentina e nelle isole Canarie.

Ha una struttura molto agile, basata sulla ricerca: tant'è che solo la metà del suo bilancio va in stipendi, che comunque sono quelli dei ricercatori qualificati, dei tecnici e degli amministrativi che partecipano alle imprese scientifiche locali e internazionali.



In Europa, gli investimenti pubblici dell'Italia nella fisica di competenza dell'INFN sono in attivo: ogni 10 euro investiti ne ritornano quasi 11 in commesse internazionali per le aziende italiane.

L'impatto dell'INFN sull'economia è molto positivo: per ogni euro investito nel sistema industriale italiano, vengono prodotti beni per un valore di 1,79 euro. Quasi il doppio.

L'impatto dell'INFN sull'economia è molto positivo: per ogni euro investito nel sistema industriale italiano, vengono prodotti beni per un valore di 1,79 euro.

4  
5



L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è presente in 16 Regioni e ha quattro grandi laboratori in Italia:

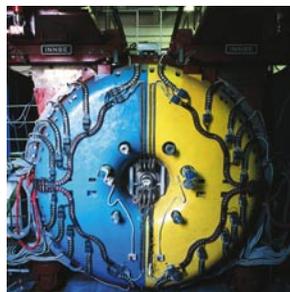
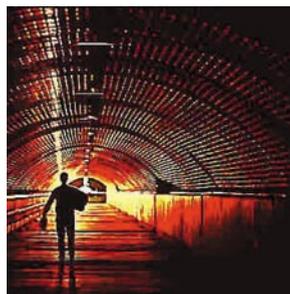
I laboratori di Legnaro, in Veneto. Qui, tra l'altro, si studierà la **fusione nucleare**, cioè la possibilità di realizzare una nuova fonte di energia usando gli stessi meccanismi che fanno brillare le stelle. A Legnaro esiste un'antenna tenuta a bassissima temperatura per catturare le "onde gravitazionali", cioè le **increspature dello spazio-tempo** provocate da catastrofi stellari o buchi neri.

I laboratori del Gran Sasso, in Abruzzo: tre grandi sale sotto oltre mille metri di roccia, al riparo dai raggi cosmici. **Laboratori sotterranei** dove arriva un milione di volte meno radiazione cosmica rispetto alla superficie, per poter osservare particelle difficilissime da vedere, cercare la **materia oscura** del Cosmo, capire i misteri dell'Universo.

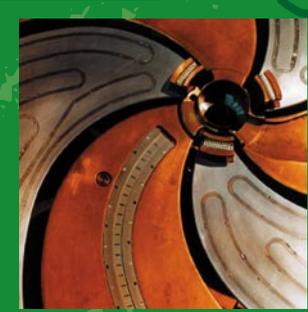
I laboratori di Frascati, nel Lazio - dove sono nati i primi acceleratori di particelle moderni - ospitano tuttora la macchina in grado di produrre fasci di particelle con **la più alta intensità del mondo**. A Frascati si fanno anche i test per futuri grandi acceleratori costruiti dalla comunità internazionale.

I laboratori del Sud a Catania, in Sicilia, dove gli strumenti della ricerca servono anche per **curare i tumori** e dove si sta realizzando un **osservatorio sottomarino** per particelle leggerissime che arrivano direttamente dal centro della galassia.

Oltre a questi laboratori, vi è anche un centro di calcolo a Bologna, in Emilia Romagna.



# L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è presente in 16 Regioni e ha quattro grandi laboratori in Italia



# A che cosa serve la fisica?

La fisica vuole spiegare il mondo ed è la scienza più ambiziosa perché deve fare i conti con tutto quello che esiste. E perché il suo scopo è capire le leggi della natura.

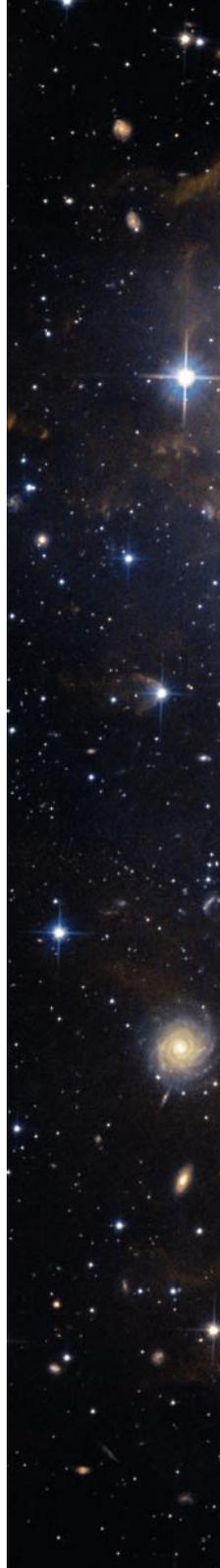
È un impegno entusiasmante in un laboratorio che, in fondo, è grande come l'intero Universo.

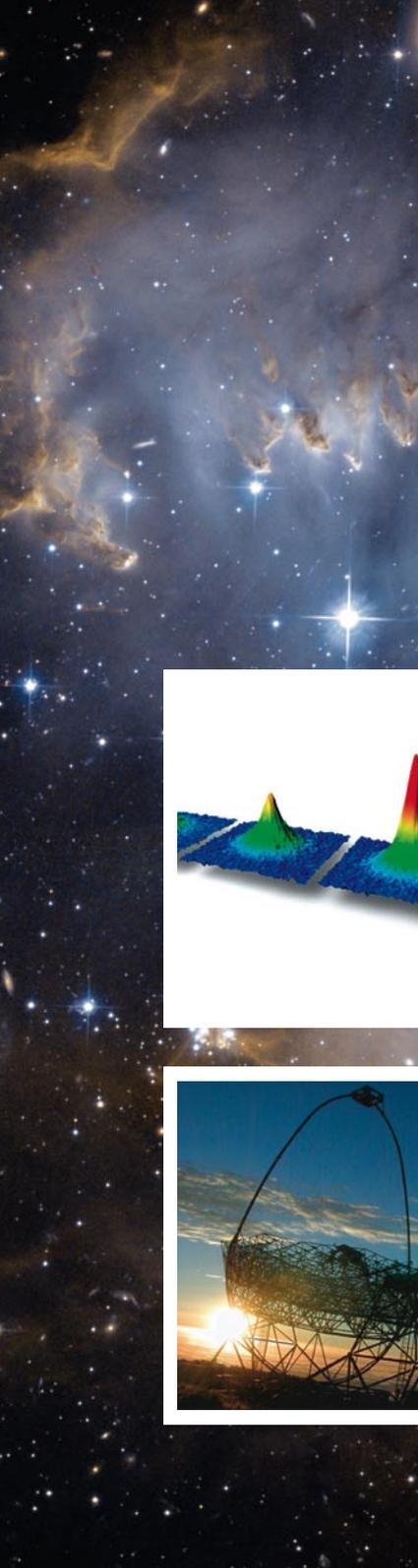
I fisici dell'INFN studiano infatti i raggi cosmici che vengono dalle profondità del cosmo, i neutrini che ci portano la testimonianza di stelle esplose, di giganteschi buchi neri o di catastrofi cosmiche, osservano le particelle accelerate fino quasi alla velocità della luce da "macchine della natura" che si trovano nelle galassie. I fisici, poi, sanno che il nostro Universo è pieno di una materia invisibile, la materia oscura, e di una energia invisibile, l'energia oscura. Ma non sanno di che cosa sono fatte.

Per questo serve costruire osservatori fatti di centinaia di torri inabissate sotto più di tremila metri di acqua, in fondo al mare. Serve mandare in orbita satelliti con degli "occhi" particolari capaci di vedere la luce più energetica dell'Universo, o mettere raffinate trappole per particelle nel cuore delle montagne per catturare quelle più leggere e sfuggenti. Oppure, seguendo l'intuizione del grande Enrico Fermi, riprodurre con gli acceleratori di particelle gli stessi fenomeni che avvengono naturalmente nel cosmo.

I fisici esplorano però anche la realtà che sfugge ai nostri sensi. Quando tocchiamo un tavolo, un foglio di carta, una roccia o il viso di una persona che amiamo, quello che percepiamo è solo la superficie degli atomi. Sono gli elettroni che si trovano attorno al nucleo dei nostri atomi a toccare gli elettroni che si trovano attorno ai nuclei degli atomi del tavolo, della carta, della roccia, della persona. Noi non possiamo andare oltre quel "guscio".

La fisica delle alte energie, quella che si fa all'INFN, supera questa barriera e si occupa di tutto ciò che accade anche al di là. Studia le particelle e come si comportano in relazione fra





di loro, si attraggono, o si respingono, stanno assieme o si distruggono una con le altre, cambiano e cambiando generano nuove particelle.

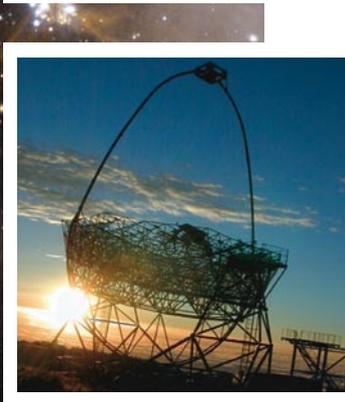
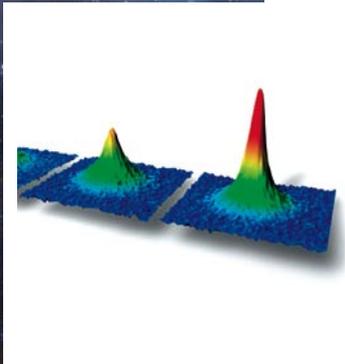
C'è un Universo straordinario e ancora molto misterioso là sotto.

Se non capiamo come funziona, come è fatto, che cosa c'è, non riusciremo a capire come è possibile che esista attorno a noi un mondo così bello e complicato e ricco, sia nel più piccolo granello di sabbia che nella vastità del cosmo.

Per questo serve costruire grandi macchine come gli acceleratori di particelle dove queste vengono accelerate e poi fatte scontrare. Le grandi energie che le particelle si porteranno dietro faranno fiorire, al momento dello scontro, fontane di materia fatta di altre particelle. Particelle che c'erano all'inizio dell'Universo, ma che gli scienziati non hanno mai visto, solo immaginate. Teorizzate dai fisici per spiegare il mondo così come lo vediamo.

Questa è l'avventura della ricerca nella fisica delle forze fondamentali.

Un'avventura che può essere una scelta anche per il tuo futuro professionale. Il lavoro dei fisici dell'INFN è studiare, capire e scoprire. Lo fanno in Italia e nel mondo collaborando a progetti di ricerca internazionali. Molti sono giovani e dopo la laurea, cominciano il loro percorso nel mondo della ricerca con un dottorato.





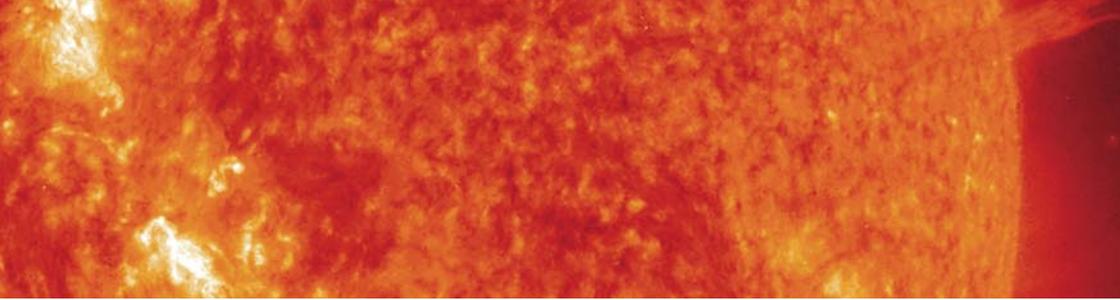
# Quattro forze per tutto

I fisici, come abbiamo visto, studiano le forze fondamentali, o meglio, per parlare con una maggior precisione scientifica, studiano le interazioni tra le particelle dovute a queste forze. Vediamole allora, queste quattro interazioni che, per semplificare, chiameremo forze.

La **forza elettromagnetica** quando corriamo e i nostri piedi fanno attrito col terreno, quando guardiamo una bussola o ricarichiamo il cellulare: tutto questo è una manifestazione della forza elettromagnetica. Nel nostro mondo di tutti i giorni, è la forza che possiamo osservare praticamente sempre, persino quando tocchiamo qualcosa. Perché in quel momento sentiamo gli elettroni della nostra pelle che si respingono con gli elettroni dell'oggetto toccato. C'è solo un'altra forza che vediamo agire così chiaramente nella nostra vita: la forza di gravità.

La **forza di gravità**. Ma sì, è la mela di Newton, è l'attrazione che un corpo esercita su un altro, è il saltare e tornare a terra. È la terra che gira attorno al Sole e la Luna attorno a noi. Ci sembra una forza imponente, in realtà è la più debole dell'Universo. Basta sollevarsi qualche centinaio di chilometri dalla superficie terrestre per avvertirla pochissimo, per avere la sensazione che non funzioni più. A livello di una singola particella, poi, è ancora peggio: due particelle caricate positivamente si respingono, grazie alla forza elettromagnetica, con una intensità che è molte, molte volte superiore





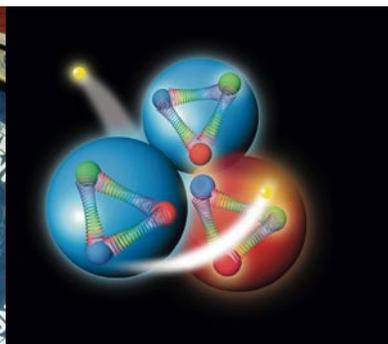
all'attrazione che le due particelle subiscono per via della forza di gravità.

La **forza forte**. Nelle centrali nucleari di tutto il mondo, quando si spezzano i nuclei dell'atomo per liberare energia, è la forza forte che viene vinta. Perché questa forza, la più intensa dell'Universo, è quella che tiene assieme i protoni tra loro e questi con i neutroni dei nuclei atomici. I protoni hanno carica positiva: dovrebbero respingersi e di fatto lo fanno, ma l'attrazione dovuta alla forza forte è maggiore della repulsione. Occorre una grande quantità di energia per separare le particelle del nucleo, vincendo la forza forte, e poi romperlo.

10

11

La **forza debole**. Guardate il Sole: un meccanismo fondamentale per mantenere stabile la nostra e tutte le stelle dell'Universo è la forza debole. Le stelle infatti sono una enorme fornace nella quale i nuclei degli atomi più leggeri si fondono fra di loro liberando immense quantità di energia. Una volta che i nuclei si sono fusi, però, danno vita a nuovi nuclei che non riescono a stare in equilibrio. Allora interviene la forza debole e trasforma alcuni protoni in neutroni emettendo delle altre particelle. La forza debole però è anche quella che ha reso possibile l'esistenza della materia: senza questa forza, all'inizio dell'Universo, materia e antimateria sarebbero state identiche e alla pari, distruggendosi a vicenda e lasciando un cosmo fatto solo di radiazione.





la  
fisica

è utile  
anche per ...

È facile immaginare che la fisica sia una bella avventura della mente, che però serve a ben poco nella vita quotidiana.

Niente di più falso. I grandi progressi delle tecnologie del secolo scorso e dei primi anni di questo secolo sono infatti dovuti in buona parte proprio alla fisica.

Spesso, se non sempre, nuove tecnologie sono nate perché prima la ricerca di base, quella che vuole solo sapere, ha scoperto nuove proprietà, nuove caratteristiche della materia o nuovi fenomeni.

Molte tecnologie hanno visto la luce perché sono state inventate e messe a punto da fisici che ne avevano bisogno per i loro esperimenti. Una volta terminata la ricerca, sono diventate un prodotto industriale.

C'è un motivo forte per tutto questo: la fisica ha bisogno di fare misure estreme, di manipolare energie estreme e di trattare quantità estreme di dati. Non può quindi che sviluppare tecnologie mai viste prima, tecnologie che altrimenti non nascerebbero, perché nessuno ne sentirebbe il bisogno.

Queste tecnologie una volta provate, trovano sempre una applicazione pratica nella vita quotidiana, stimolano le industrie, danno idee per ulteriori sviluppi e applicazioni in rami anche lontanissimi dalla fisica.

Infine, la fisica crea ricchezza, perché le sue tecnologie hanno avuto e avranno un impatto enorme sulla produzione di beni sempre più raffinati e capaci di soddisfare le esigenze umane. Non c'è ricchezza senza conoscenza.

Moltissime vite umane sono state salvate grazie alle ricadute tecnologiche della fisica.

Grazie alle ricerche dei fisici è stato possibile realizzare molte macchine che oggi vengono normalmente usate in medicina come la TAC, la Risonanza Magnetica Nucleare (RMN), la PET eccetera.

Si tratta di macchine che permettono una diagnosi della malattia senza essere invasive. Inoltre danno per la prima volta ai medici e ai ricercatori una immagine a tre dimensioni dell'interno del corpo umano.

La ricerca in fisica ha anche permesso di migliorare molto la risoluzione delle immagini delle macchine a ultrasuoni come l'ecografia. Questi grandi progressi, queste macchine, hanno evitato centinaia di milioni di interventi chirurgici e hanno reso altri milioni di interventi più efficaci e precisi.

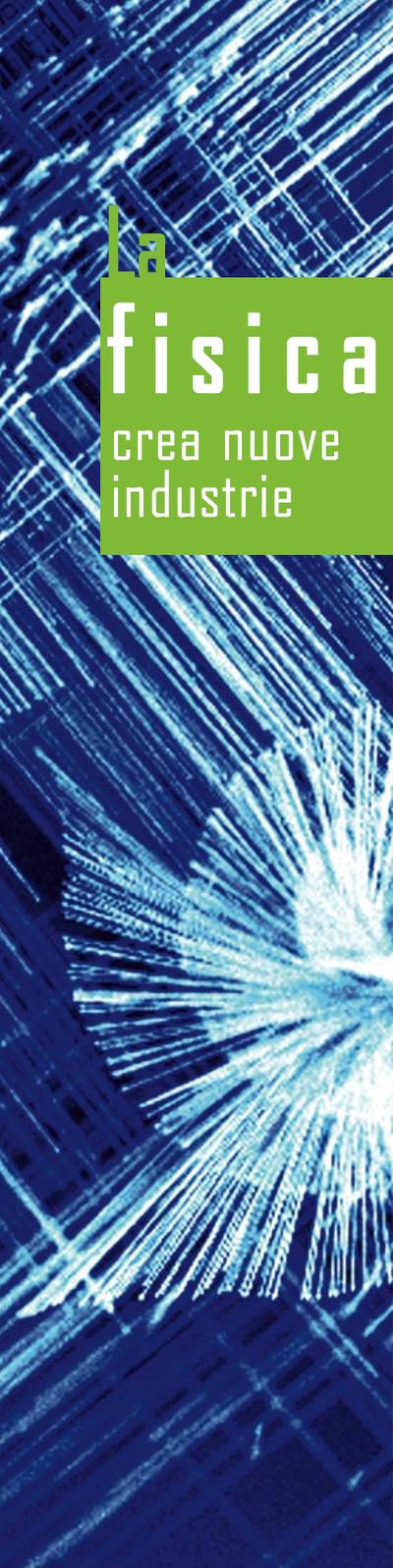
Le ecografie a più alta risoluzione ottenute sulla base dell'avanzamento delle conoscenze dei fisici hanno permesso ai medici di seguire con maggior precisione, ad esempio, gli sviluppi del feto durante la gravidanza. In questo modo, moltissimi bambini sono stati curati nel ventre materno e sono nati in condizioni molto migliori.

La fisica degli acceleratori di particelle ha sviluppato diverse macchine che curano direttamente i tumori, eliminandoli o riducendoli senza danneggiare i tessuti viventi sani dei pazienti. In Italia esistono già macchine di questo tipo e altre sono in costruzione. Molti malati sono già stati curati e guariti.

La ricerca in fisica ha realizzato anche un supermicroscopio che può "fotografare" le molecole delle cellule miliardi di volte a distanza di pochissimo tempo. È il Laser a Elettroni Liberi (Free Electron Laser, FEL) una macchina che permetterà un grande avanzamento della conoscenza sullo sviluppo delle malattie, prima di tutto dei tumori.

# La fisica salva vite umane





la  
fisica  
crea nuove  
industrie

I televisori al plasma, i computer, i lettori di musica portatile, le carte magnetiche: sono solo alcuni dei prodotti di uso quotidiano che esistono grazie alla ricerca dei fisici.

Le conoscenze dei fenomeni quantistici hanno permesso di sviluppare enormi conoscenze di ciò che avviene nell'infinitamente piccolo. Queste scoperte stanno facendo nascere industrie d'avanguardia che lavorano su chip di memoria e su computer potentissimi e ultrarapidi: saranno i computer di domani.

La ricerca delle onde gravitazionali sta dando vita a industrie ultraspecializzate nella costruzione di oggetti estremamente precisi come, ad esempio, specchi in grado di riflettere con una precisione estrema i raggi laser. Specchi che domani potranno essere usati per misure di grande precisione in molti campi.

Lo studio dei fenomeni magnetici ha portato allo sviluppo degli hard disc, creandone di sempre più potenti e sempre meno costosi. Nel 1988 un hard disc che poteva immagazzinare un gigabyte di memoria costava l'equivalente di 15.000 euro, oggi costa solo 30 centesimi di euro.

Questa drastica riduzione dei costi ha portato alla nascita delle aziende che producono minicomputer in grado di stare in una tasca e di darci anche mille ore di musica.

L'invenzione del web (il famoso "www" degli indirizzi internet) avvenuta al laboratorio europeo di fisica del CERN di Ginevra ha permesso la nascita di centinaia di migliaia di aziende che creano prodotti come i motori di ricerca della rete o moltissimi altri servizi di commercio elettronico.

Lo studio sui cosiddetti “orologi atomici”, sulle proprietà degli atomi, ha contribuito non poco a mettere a punto strumenti come il GPS, la rete di satelliti che permette di sapere in qualsiasi momento dove si trova una persona, un veicolo, una nave collegata con il sistema.

Una delle applicazioni più familiari di questo sistema è il navigatore che si può installare, ormai a prezzi bassi, su qualsiasi automobile.

La ricerca in astrofisica ha permesso di costruire dei sensori di luce molto efficienti, i cosiddetti CCD.

Oggi, con questi CCD sono attrezzate le macchine fotografiche digitali che sono così in grado di scattare fotografie ad altissima risoluzione a costi bassissimi. La tecnologia dei CCD ha contribuito a soppiantare la tradizionale pellicola fotografica ad emulsione con le macchine fotografiche e le telecamere digitali.

La tecnologia che è evoluta dalla ricerca degli astrofisici sui raggi X ha permesso di sviluppare i metal detector installati in ogni aeroporto del pianeta e in tutte le strutture che necessitano della massima sicurezza e della protezione contro attentati.

I fisici hanno sviluppato tecnologie per misurare l'estremamente piccolo, quindi anche i fattori inquinanti, piccoli ma pericolosi, come le polveri sottili.

La fisica studia i fenomeni nucleari quindi anche possibili fonti di energia efficienti e innovative.



La  
fisica  
rende più  
facile il mondo



La  
**fisica**  
aiuta l'arte  
e la conoscenza  
storica

Grazie alla ricerca sugli acceleratori di particelle è possibile comprendere come sono state realizzate opere d'arte, qual è la loro età precisa, o svolgere indagini storiche su reperti importanti.

Una delle tecniche permette ad esempio di svelare i diversi materiali che compongono i singoli strati delle varie stesure di un quadro. Il tutto senza danneggiarlo minimamente. Un'altra tecnica permette di datare con certezza dei reperti storici sacrificandone solo una parte microscopica. È stato così, ad esempio, che si sono potute datare due delle tonache di San Francesco conservate in Italia.

Esiste anche la possibilità, grazie all'utilizzo di piccoli reattori nucleari, di investigare grandi personaggi del passato. Ad esempio scoprire se Napoleone è stato o no avvelenato, esaminando l'esatto contenuto di arsenico dei suoi capelli. Anche questa misura è stata fatta in Italia.

Progetto editoriale  
**Ufficio Comunicazione INFN**

Progetto grafico:  
**Massimo Ciafrei, Francesca Cuicchio | [www.internosei.it](http://www.internosei.it)**

Realizzazione:  
**Tipografia Iacobelli srl | [www.iacobellisrl.it](http://www.iacobellisrl.it)**

Si ringraziano tutti coloro che hanno partecipato alla realizzazione del progetto.

### **Fotografie**

Copertina © Cern

*Due ricercatori al lavoro nel tunnel di Lhc (Large Hadron Collider), l'acceleratore di particelle lungo 27 km, al Cern di Ginevra.*

Pag. 1: © Cern. *Allestimento del rivelatore Alice presso Lhc, al Cern, per lo studio della materia nello stato di plasma di quark e gluoni, una condizione esistita subito dopo il Big Bang.*

Pag. 2: © Cern. *Allestimento del rivelatore Cms presso Lhc, al Cern: un campo magnetico 100.000 più intenso di quello terrestre per comprendere l'origine della massa delle particelle.*

Pag. 3: © Lmes - Lockheed Martin Energy Systems. *Una rappresentazione della Stazione Spaziale Internazionale con l'esperimento Ams per lo studio dei raggi cosmici di altissima energia e dell'antimateria.*

Pag. 4 sin: © Infn - Labec. *I ricercatori del Labec (Laboratorio per i Beni Culturali) di Firenze analizzano la composizione di un quadro di Antonello da Messina - "Ritratto di ignoto".*

Pag. 4 ds: © Cern. *Un gruppo di ricercatori impegnato nell'esperimento Cms, presso Lhc al Cern, per lo studio dei muoni e la ricerca del bosone di Higgs.*

Pag. 5: © Infn. *Un componente di Nemo, il telescopio sottomarino per lo studio dei neutrini, viene calato in mare a largo di Capo Passero, in Sicilia.*

Pag. 6, alto © Infn - Borexino. *Più di duemila "occhi" fotomoltiplicatori osservano il passaggio dei neutrini nel rivelatore Borexino, ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso.*

Pag. 6, mezzo: © Infn/Ego. *Il tunnel di 3 km che ospita uno dei due bracci di Virgo, il telescopio per onde gravitazionali costruito a Cascina, vicino a Pisa.*

Pag. 6, basso: © Infn/Enrico Sacchetti. *Kloe, l'esperimento per lo studio dei mesoni K prodotti dall'acceleratore Dafne ai Laboratori Nazionali di Frascati.*

Pag. 7, alto: © Infn - Lns. *Il ciclotrone superconduttore dei Laboratori Nazionali del Sud, l'acceleratore di particelle applicato all'adroterapia per la cura dei tumori.*

Pag. 7, basso: © Infn - Lnl. *La cavità superconduttiva a radiofrequenza di Spes, l'esperimento di fisica nucleare dei Laboratori Nazionali di Legnaro.*

Pag. 9, alto: © Science - D. Gao, D.J. Nolan, and V. Mittal University of Colorado, Boulder.

Pag. 9, basso: © Magic Collaboration. *Magic, nelle Isole Canarie, è il più grande telescopio Cherenkov per raggi cosmici di alta energia: uno specchio di 240 m<sup>2</sup> per studiare la materia e l'energia oscura*

Pag. 14: © Science

Pag. 15: © Science

Ci scusiamo se per cause del tutto indipendenti dalla nostra volontà avessimo ommesso o citato erroneamente alcune fonti.

