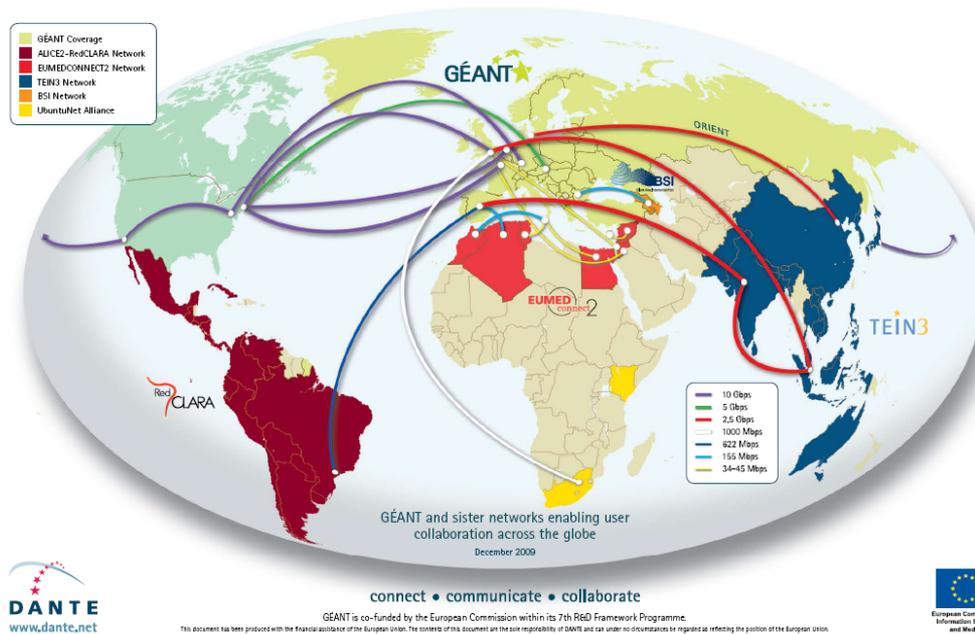


Anteprima

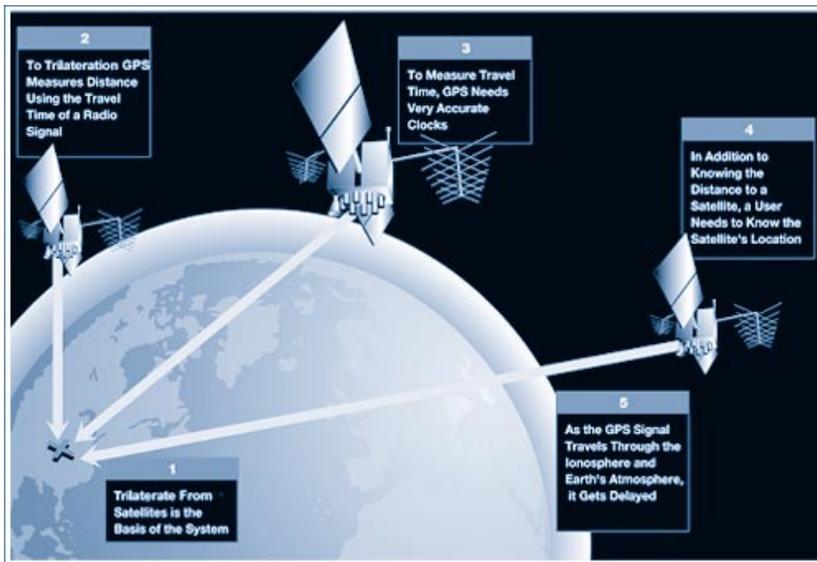


In questa PET operano i rivelatori che hanno rivelato il Bosone di Higgs

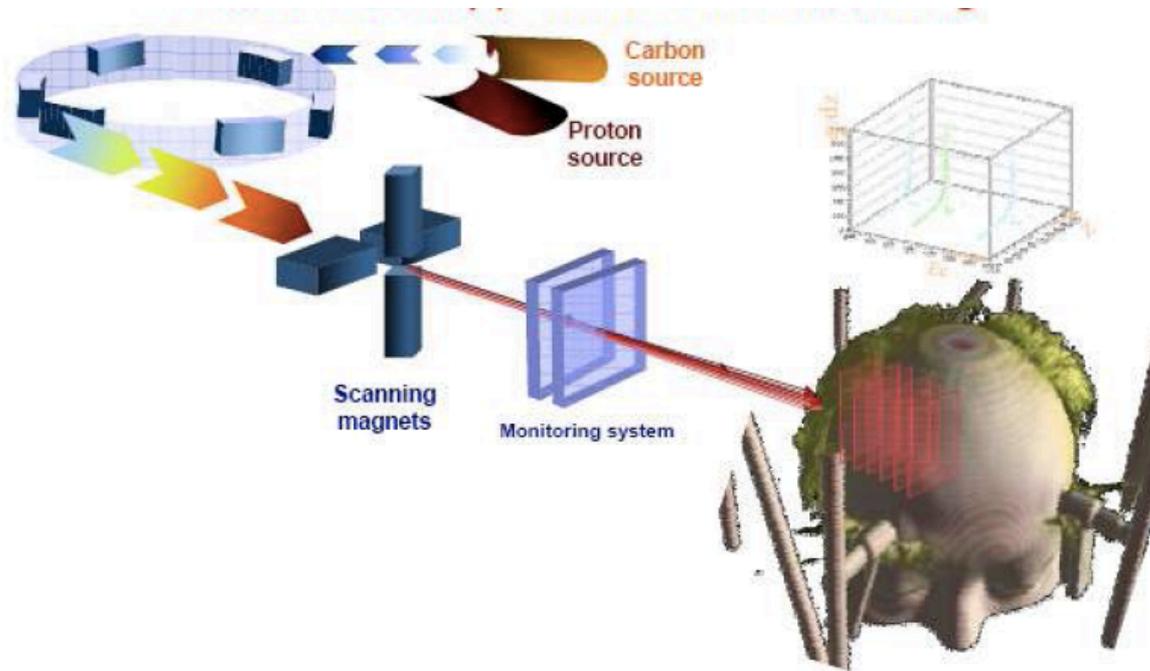
GÉANT At the Heart of Global Research Networking



Il vostro biglietto aereo elettronico nasce da un'applicazione inventata al CERN



Telefonini e GPS usano le formule della Relativita' Generale di Einstein



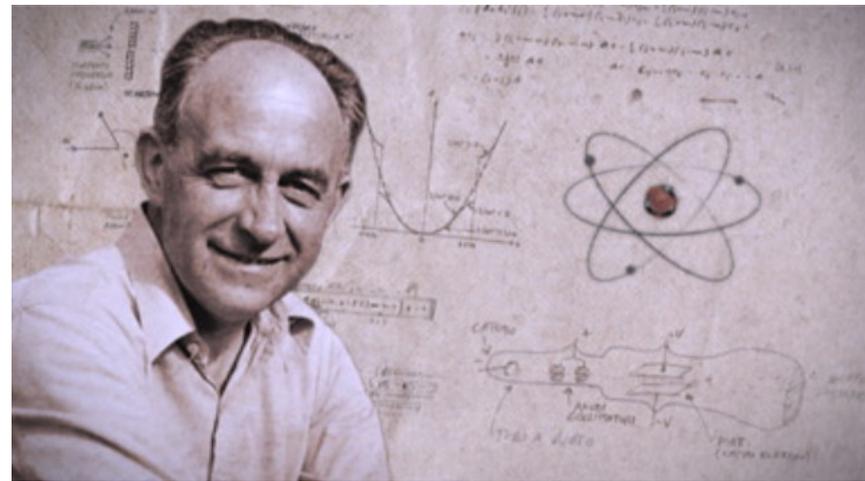
Le moderne terapie di cura dei tumori sono figlie della tecnologia di LHC

The background of the slide features a complex network of white lines on a dark grey background, resembling particle tracks or a network diagram. The lines are of varying thickness and intersect at various points, creating a sense of depth and movement.

Scienza e Tecnologia dei Laboratori di Fisica delle Particelle: benefici per la società'

P. Campana – IDF 2016 – 5 ottobre 2016, Frascati

La Fisica delle Particelle nasce negli anni '30 dal desiderio di capire – con gli strumenti della rivoluzione quantistica – il mondo che ci circonda



Da allora un salto tecnologico e teorico fenomenale che con lo sviluppo di

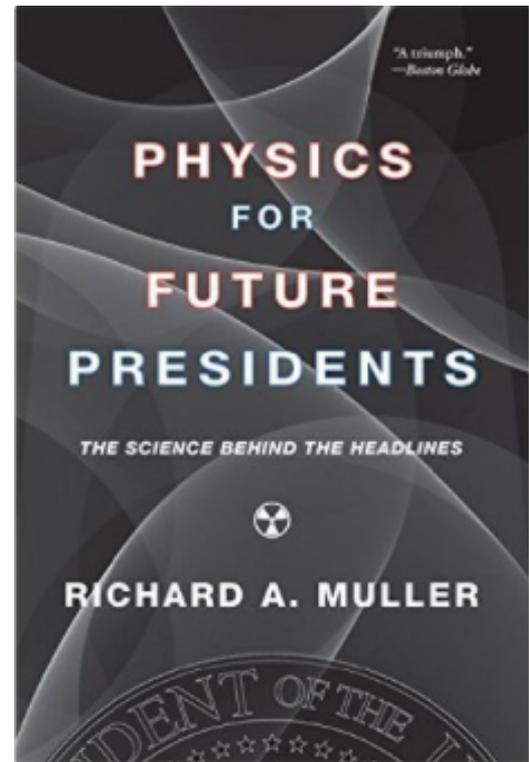
- acceleratori
- rivelatori
- elettronica e calcolo

ci ha portato alla descrizione della Natura attraverso lo Standard Model della Fisica delle Particelle

E piu' recentemente, gli straordinari risultati:

- il Bosone di Higgs a LHC (2012)
- la scoperta delle Onde Gravitazionali (2016)

In questi anni, alcuni economisti – ma non tutti – hanno capito che la Fisica delle Alte Energie ed in generale le grandi infrastrutture di ricerca sono capaci di generare molte ricadute sulla società e di operare da volano dello sviluppo economico



Il problema – come al solito – e' di spiegare questi concetti ai politici ...

Noi abbiamo adottato la strategia di spiegarli a voi, affinché li trasmettiate ai futuri Presidenti del Consiglio o Ministri delle Finanze che a vostra insaputa, attualmente frequentano le vostre classi ...

Atto Primo : Accelerare le Particelle

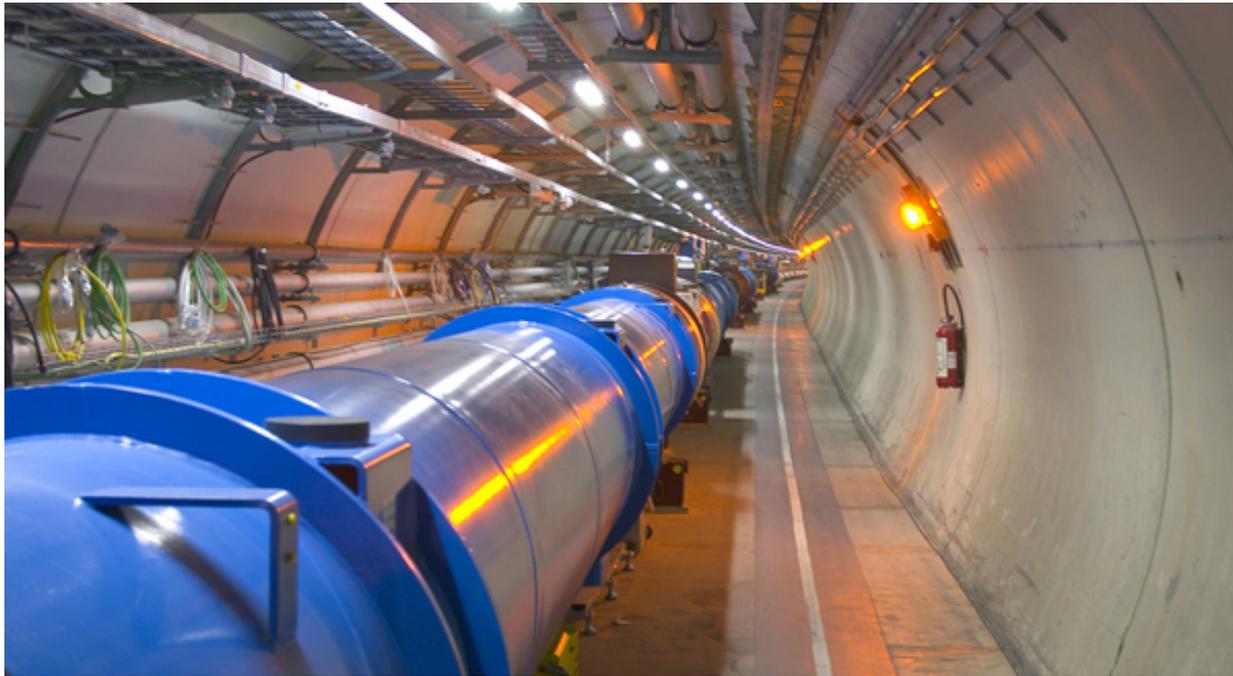


Nel mondo sono in funzione oltre 35,000 acceleratori, ma la grandissima maggioranza (99%) hanno applicazioni industriali o mediche
400 GE il volume di affari dei materiali legati a queste tecnologie

Acceleratori per diagnosi medica, terapie, trattamento del cibo, costruzione di componenti micro-elettronici, sicurezza nazionale, produzione di prodotti farmaceutici, applicazioni di scienza dei materiali



LHC, un gioiello di tecnologia avanzata



1200 dipoli magnetici superconduttori (tenuti a $T=1.5\text{ K}$) ad Elio superfluido
2800 pacchetti circolanti, ciascuno con $\sim 10^{11}$ protoni $\sim 370\text{ MJ}$
→ l'energia di un treno a 150 km/h capace di fondere 1 T di rame

27 km di vuoto ultraspinto con magneti ad altissimo campo

Un flusso di dati impressionante ($\sim 500\text{ TB/day}$) scritti su disco/nastro
($\sim 50\%$ del traffico Internet mondiale, cfr. Facebook 500 TB/day)

I protoni che scontrandosi a 13 TeV hanno permesso agli esperimenti del CERN di scoprire il Bosone di Higgs, sono gli stessi che possono essere usati per combattere e curare alcune tipologie di cancro

Anche le tecnologie che servono per accelerarli sono le stesse, ed infatti, da una collaborazione tra il CERN e l'INFN e' nato il CNAO, Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica, con sede a Pavia

Un fascio di protoni di bassa energia (~ 200 MeV – 1/65000 di quella a LHC) viene inviato con grande precisione su tumori profondi ed inoperabili

Solo 35 siti operanti nel mondo, 2 in Italia (Trento, Pavia)

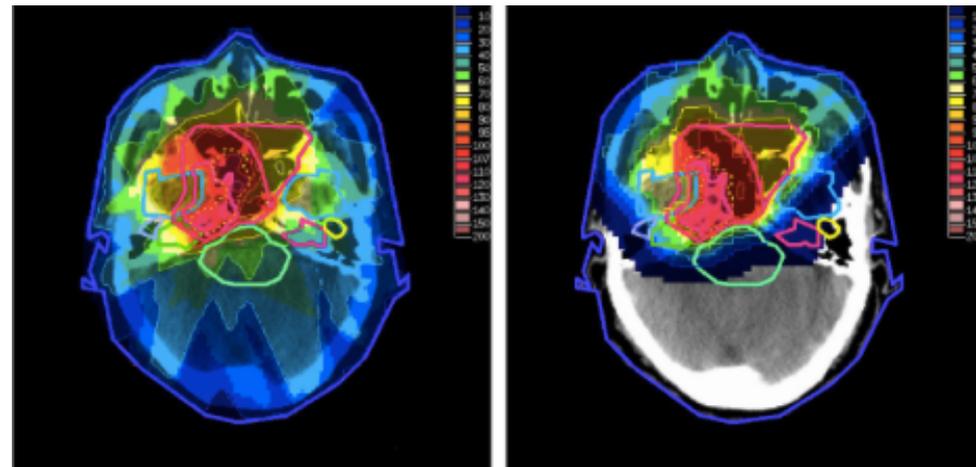
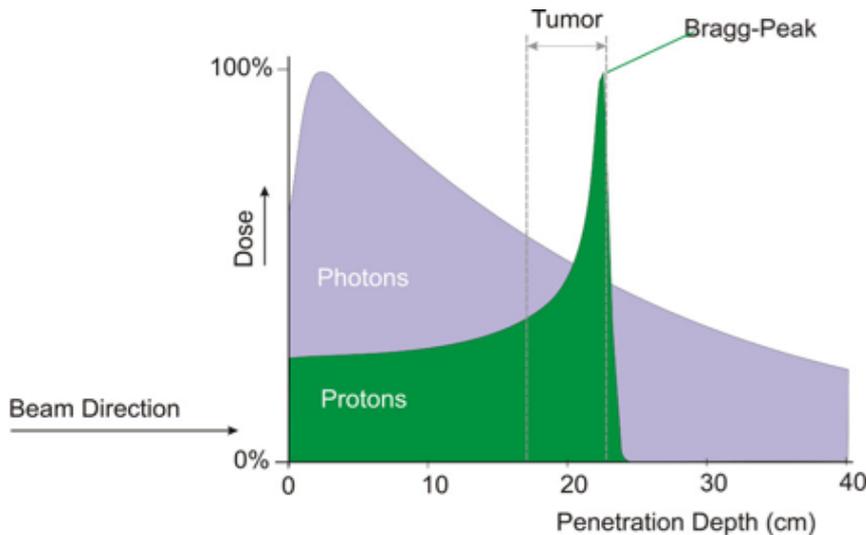


Schema del circolo virtuoso:

La Fisica delle Particelle → La Tecnologia degli Acceleratori → I benefici

I protoni perdono energia principalmente a fine tragitto (picco di Bragg)
Quindi si può “aggiustare” tramite l’energia e la direzione del fascio la zona dove queste particelle verranno assorbite

Questo rende più efficace la dose e riduce l’esposizione di altri tessuti rispetto a dose massicce della radioterapia, ad es. con raggi X

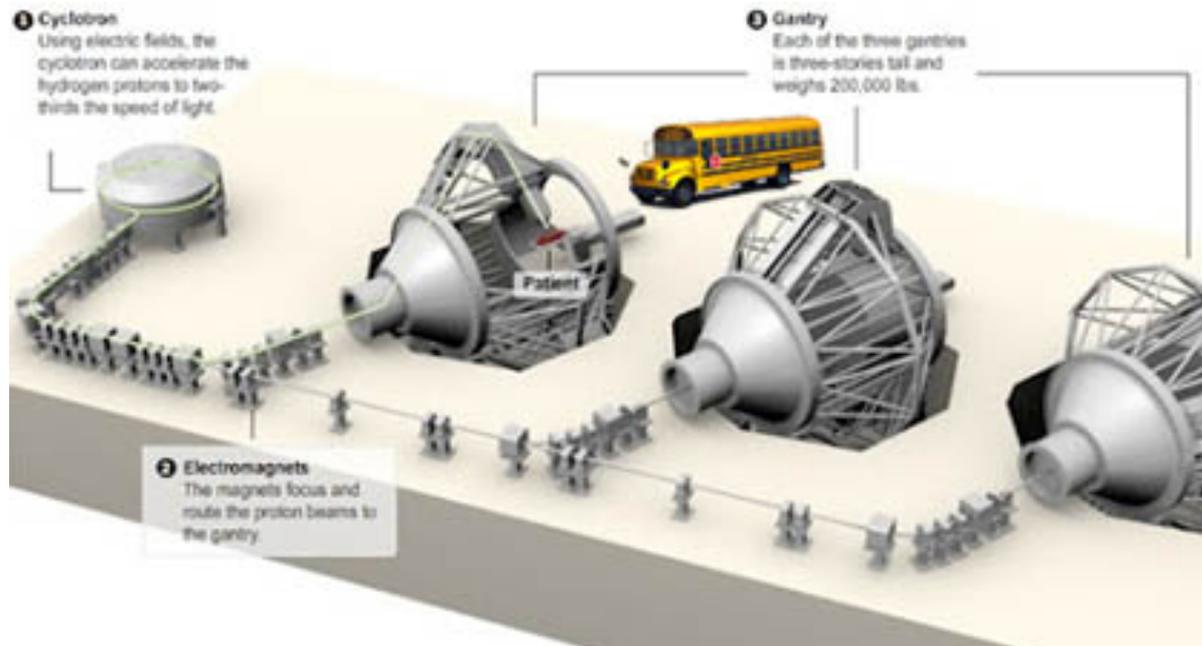


Terapia con X-ray

Terapia con protoni

Tuttavia la tecnologia e' molto complessa

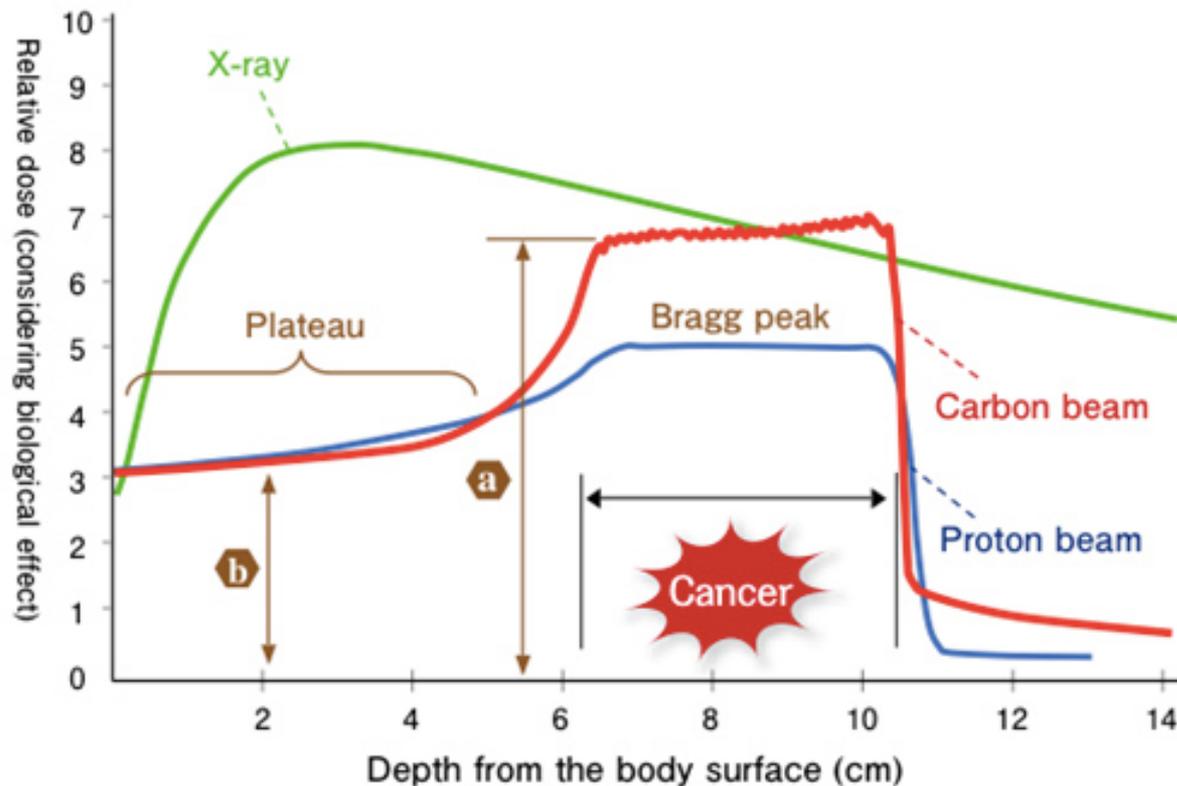
- sistemi di controllo molto raffinati e protocolli rigidi
 - moltissimi anni di sperimentazione
 - si deve poter aggiustare l'energia in continuazione
 - bisogna portare un fascio sul lettino del paziente e poterlo "girare"
 - lavorare con protoni di bassa energia e' piu' difficile che a LHC
- ... bisogna combattere con i medici, le ASL, etc...

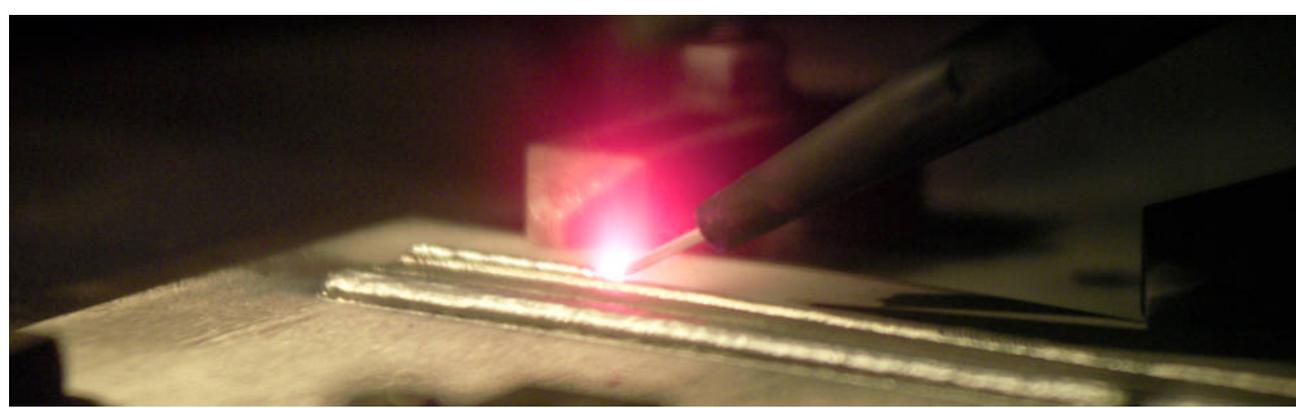


Ma si pensa di fare ancora meglio.

Accelerando nuclei (He, C, ...) si aumentano gli effetti del picco di Bragg e quindi si migliora ancora di più la terapia, rendendo ancora più intenso il deposito di energia locale

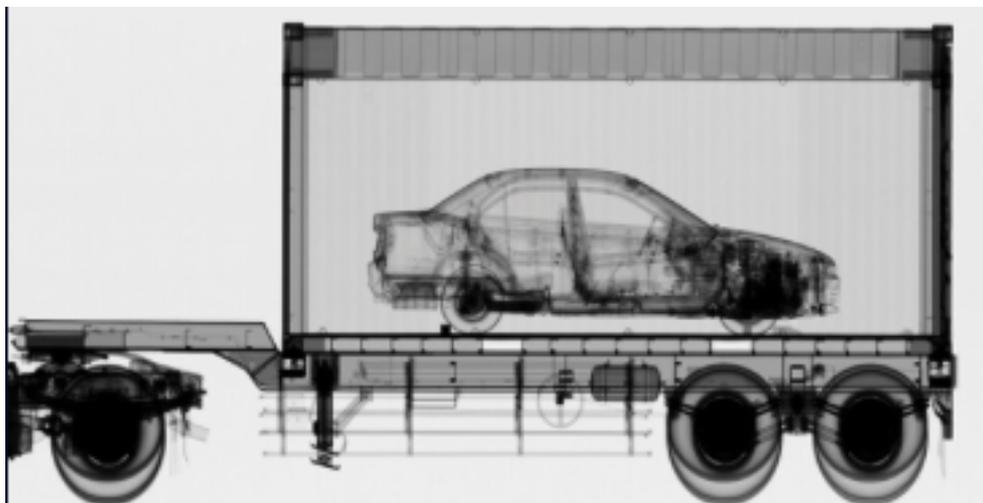
Solo 6 centri al mondo (incluso il CNAO) possono accelerare ioni





Fasci di elettroni per
saldature di grande
complessita'

Indagini sui beni
culturali (datazione,
materiali, etc...)

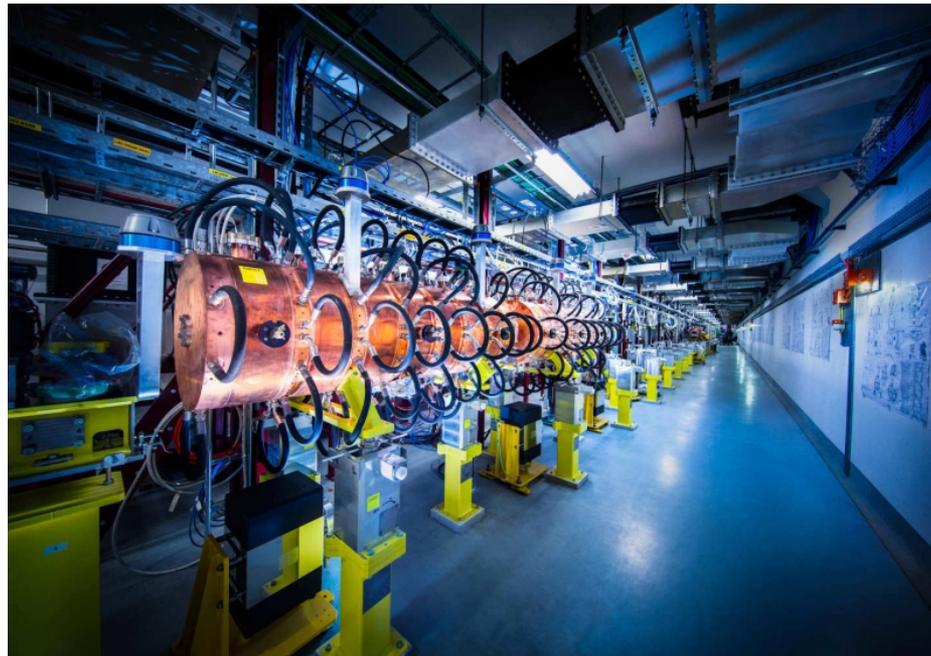


Cargo scanning con
varie tecnologie per
combattere il traffico
di materiale fissile ed
il contrabbando

Con LHC si e' arrivato (quasi) al limite di grandezza degli acceleratori costruibili

La prossima frontiera e' rappresentata dagli acceleratori di particelle sempre piu' corti, sia per proseguire a costi ragionevoli lo studio dell'infinitamente piccolo, sia per ridurre i costi e le dimensioni di quelli per usi industriali o medici, che attualmente sono relativamente alti

Ad es. con le attuali tecnologie, per accelerare un positrone ed un elettrone che scontrandosi possano generare almeno un bosone di Higgs o una coppia di quark top (Linear Collider, 500 GeV c.m.) servirebbero due Linac contrapposti da oltre 8 km ciascuno (con costi proibitivi)

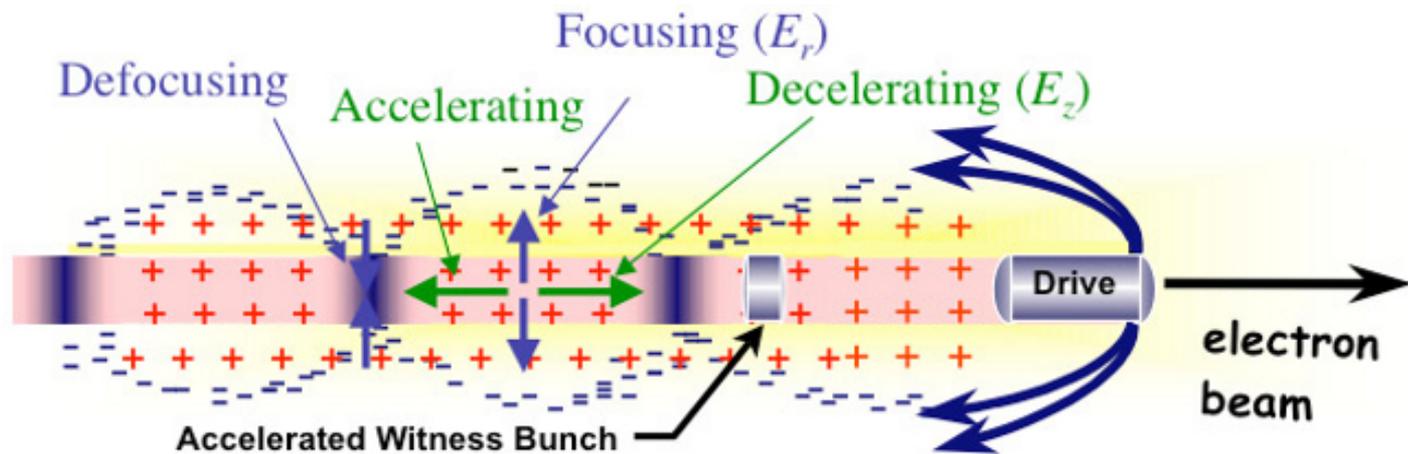


Quindi per proseguire nella caccia al “Beyond the Standard Model” occorre accelerare in meno spazio

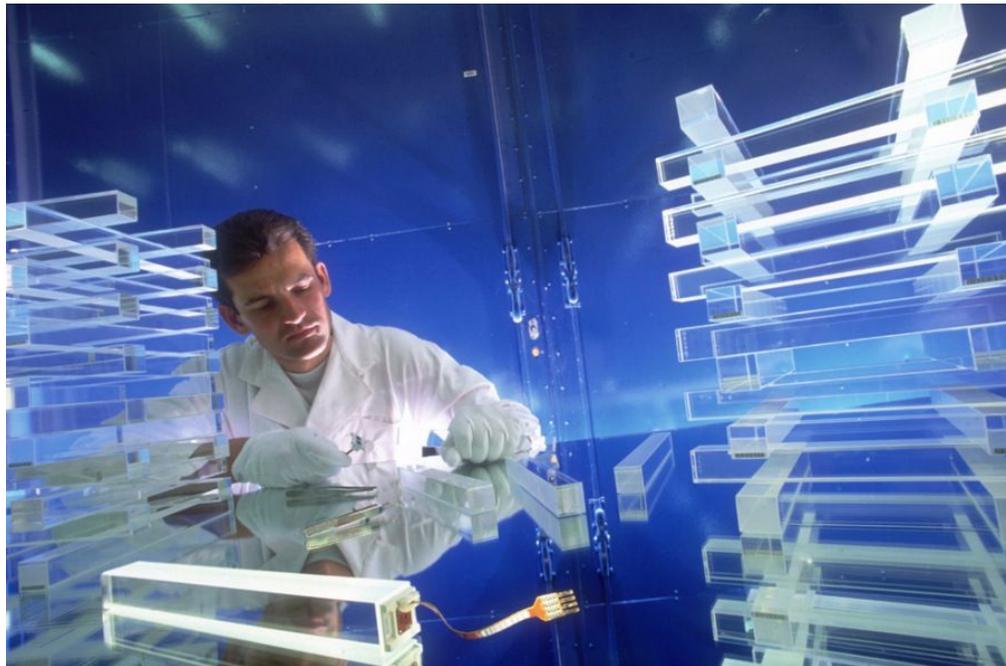
Anche a Frascati (nel laboratorio SPARC_LAB) si stanno studiando queste tecniche. Una di queste consiste nello sfruttare gli enormi campi elettrici di un plasma di gas ionizzato, per accelerare le particelle

Ricerca tecnologica di punta con l’ambizione di ridurre i km a poche decine di metri ! Molte decadi di lavoro davanti a noi ...

Ma anche con interessanti ricadute industriali: laser, radiazione THz, ecc ...



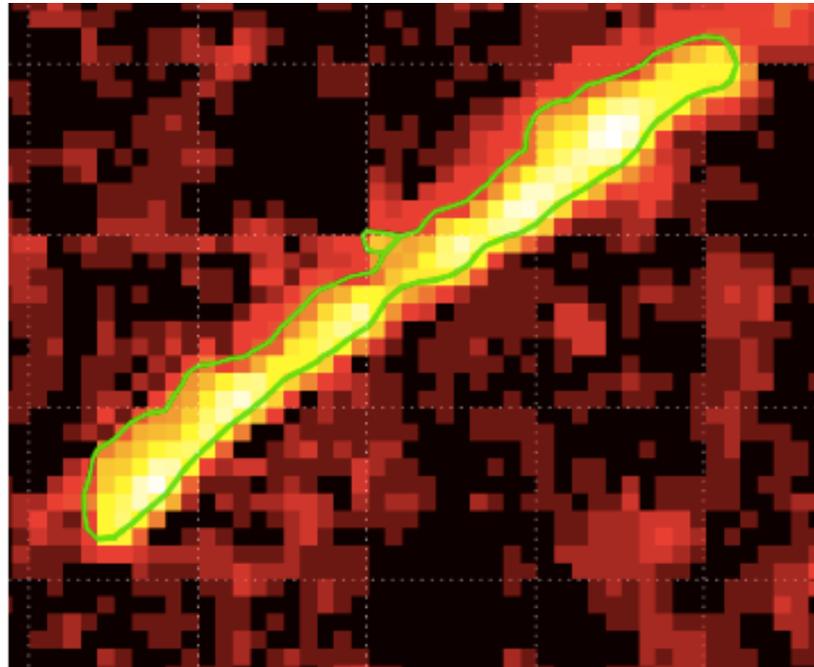
Atto Secondo : Osservare le Particelle



Il piu' diffuso e semplice rivelatore di particelle al mondo.
Una camera a ionizzazione che risente del passaggio di eventuali fumi al suo interno e genera l'allarme



Un altro oggetto di largo uso che puo' essere trasformato in un rivelatore di particelle (*DECO app*) sfruttando il silicio con il quale e' costruito. Si puo' fare anche la tracciatura del raggio cosmico



6:43 PM

43.07515° Latitude -89.40767° Longitude
238.00m Altitude 293° Bearing

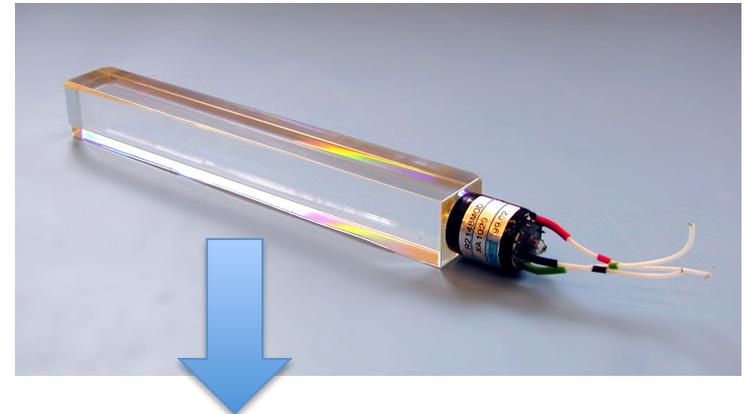
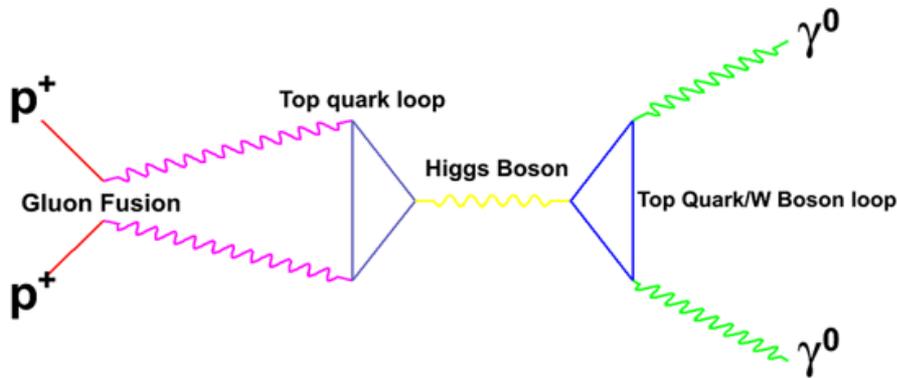
Device Id: 00000000-7f71-62fb-f647-baf70033c587
Status: Scanning
Battery: 90% (32.0°C / 89.6°F) discharging
RGB Noise: (99,99,99)

Samples	Candidates	Events
2292781	310	142
Count	Count	Count
1.6 sec	---	---
Rate	Rate	Rate

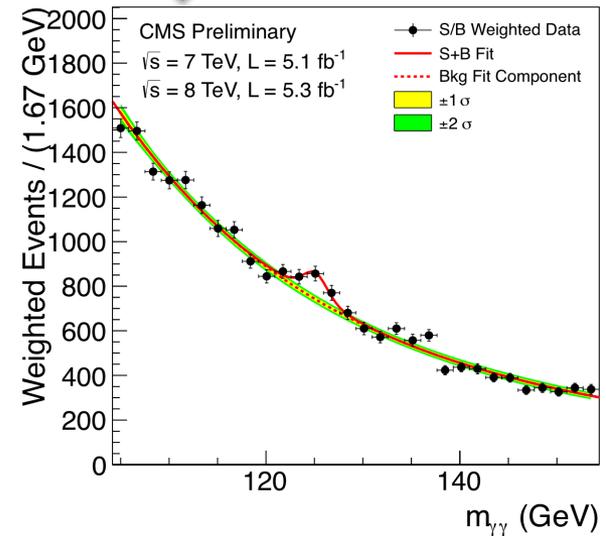
Orientation: -3° / -5° / 293°
Magnetic Field (μT): 29 / 7 / -51

Un rivelatore piu' complesso e' quello che ha permesso di scoprire negli esperimenti a LHC il Bosone di Higgs nell'esperimento CMS (cristalli di tungstanato di Piombo).

Al passaggio di particelle neutre o cariche, il cristallo scintilla emettendo fotoni che poi sono rivelati da "occhi" elettronici (fotodiodi)



ma questi cristalli hanno applicazioni meno esotiche e li incontriamo quando il medico ci prescrive una PET ...

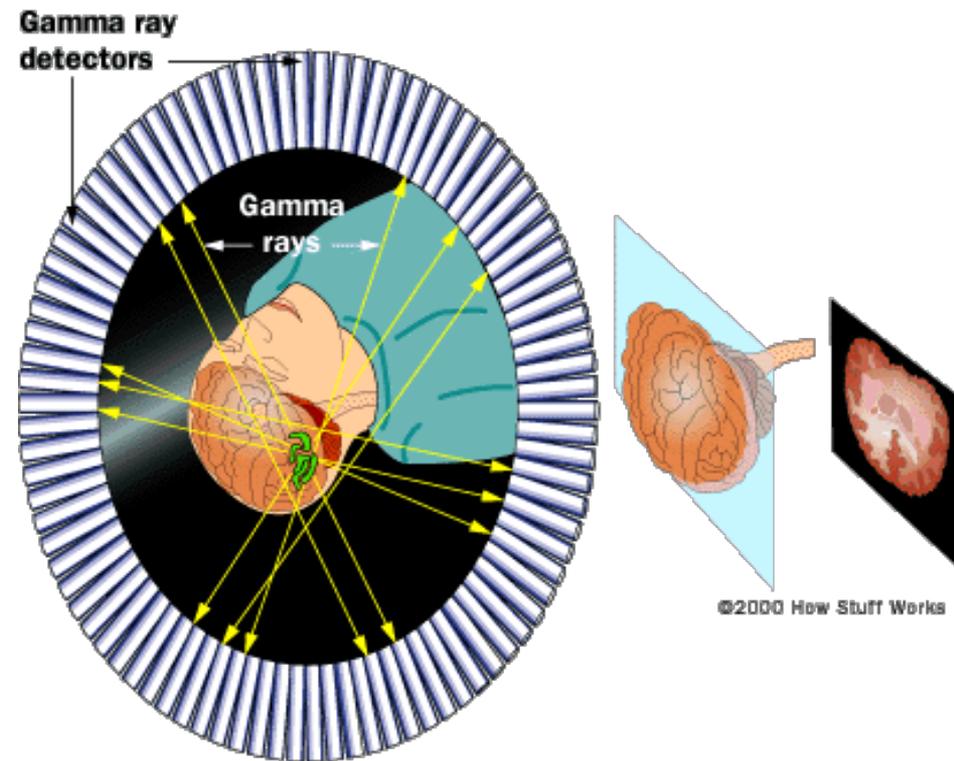


Un esame PET consiste nell'ingerire una dose di radiofarmaco (18-FDG) che si lega con le cellule ed indica attività anomale

Il 18-FDG (fluoro-desossi-glucosio) decade emettendo un positrone (decadimento β^+ , proprio quello studiato a lungo da Fermi e dalla scuola di via Panisperna)

Il positrone viaggia per < 1 mm nel tessuto e poi si annichila con un elettrone ivi presente. Dall'annichilazione si generano 2 fotoni emessi in direzioni opposte, che sono rivelati dai cristalli

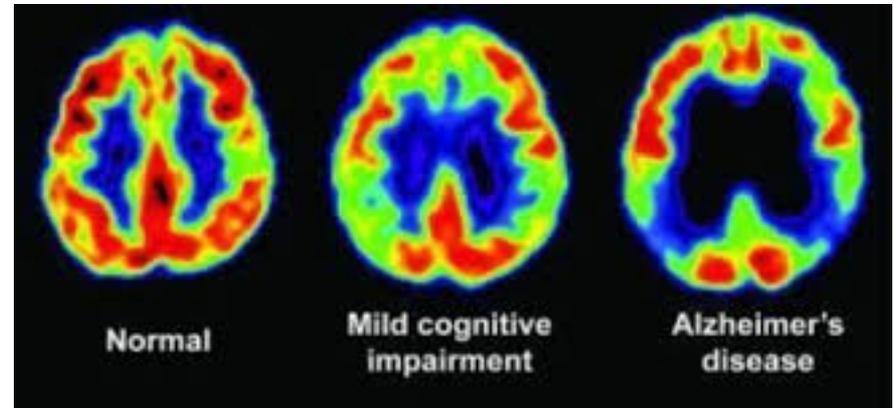
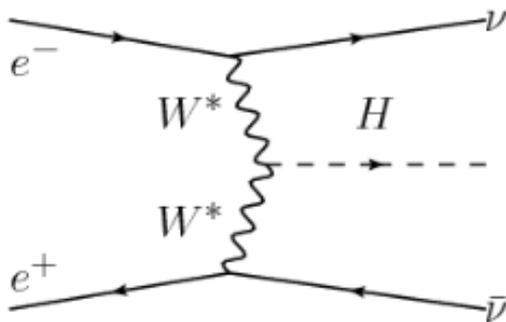
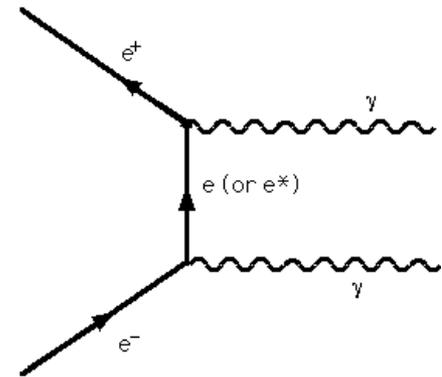
Ricostruendo la direzione dei due fotoni, si ricostruisce con buona precisione da dove venivano (e si fa una specie di radiografia molto più accurata: si studia la *dinamica*, anziché la *statica* dei tessuti)



La fisica che ci salva la vita: reminder per la prossima PET

18-FDG β^+ emettitore ($p \rightarrow n e^+ \nu$) *Teoria del decadimento beta, Fermi, 1933*

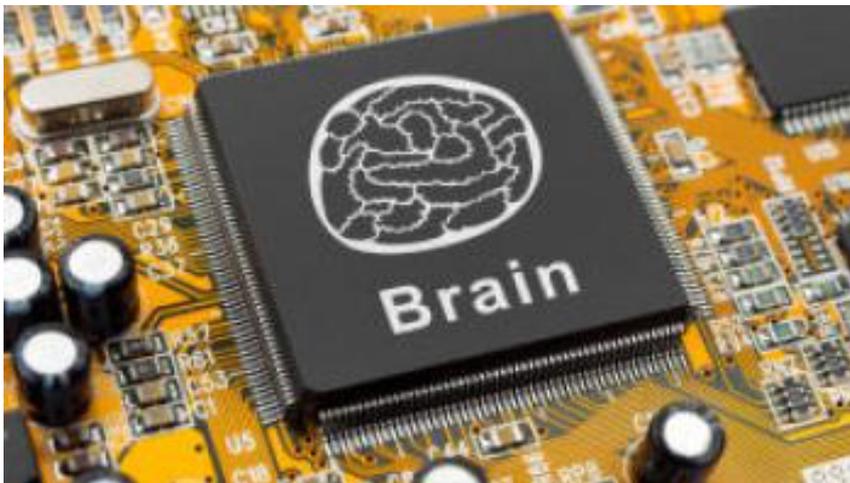
Annichilazione elettrone-positrone che genera due fotoni (a queste energie basse si possono produrre solo fotoni – ad alte energie esiste anche la produzione del Bosone di Higgs !)



PET utile non solo in Oncologia
ma anche in Neurologia e
Cardiologia, ormai associata con la Risonanza Magnetica Nucleare

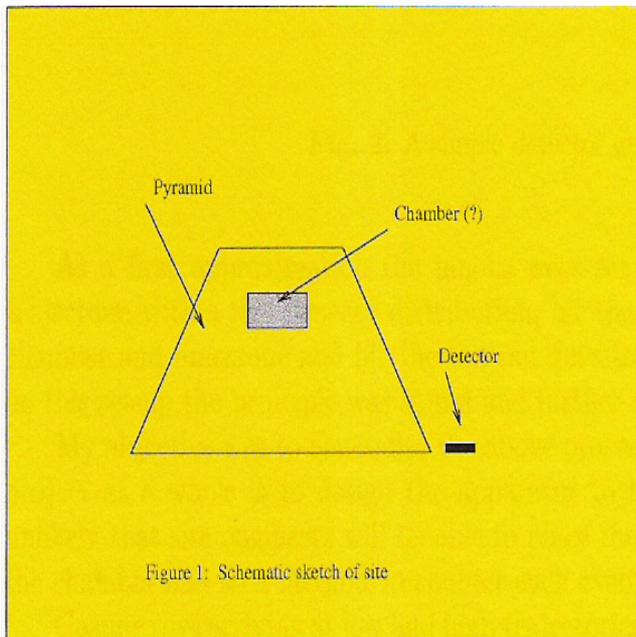
Si stanno usando rivelatori a micro-strip sviluppati nell'ambito della Fisica delle Particelle, da usare come minuscole sonde per analizzare il comportamento cerebrale di un topo (Mouse Brain Architecture Project)

Caschi con sensori sensibili all'infrarosso (un'evoluzione di quelli che leggono i rivelatori a cristalli degli esperimenti) studieranno la nostra funzionalità cerebrale derivante dall'emissione di onde



I muoni e le Piramidi egiziane

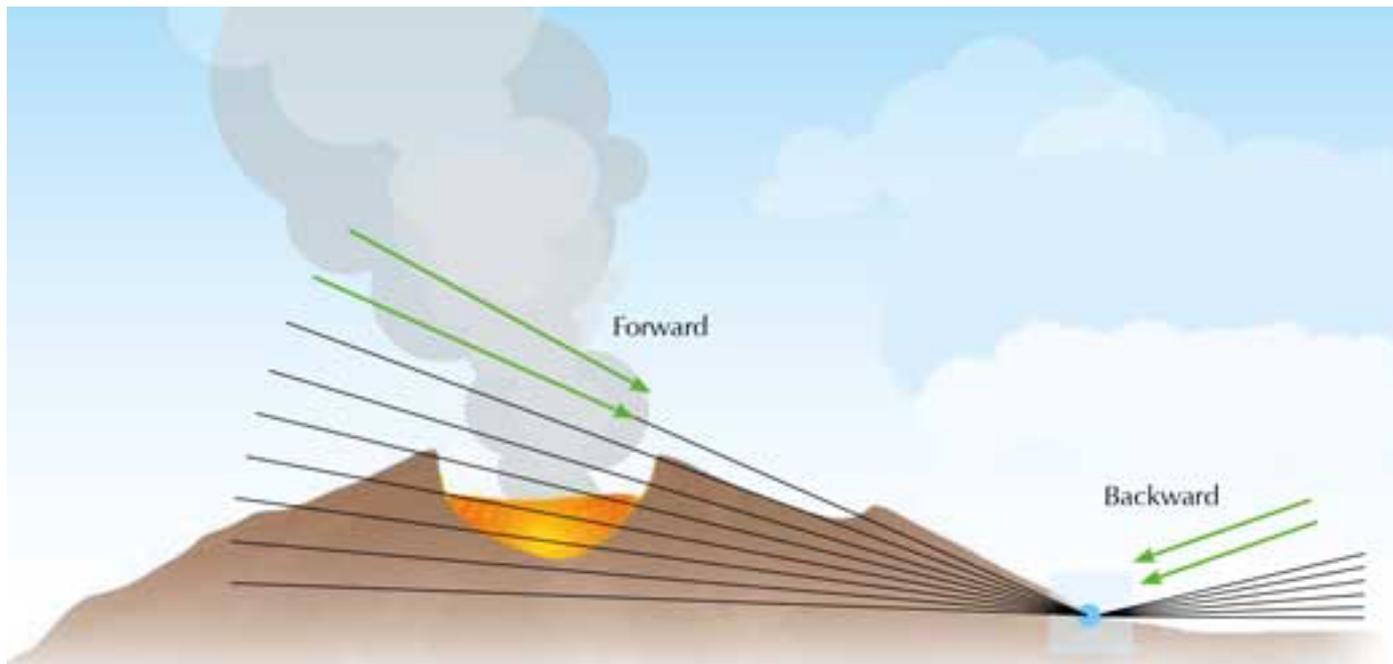
Nel 1968 Alvarez, studiando il flusso di raggi cosmici attraverso la Piramide di Chefren, determino' che non vi erano "camere nascoste" al suo interno, ossia che non vi erano zone a piu' bassa densita'



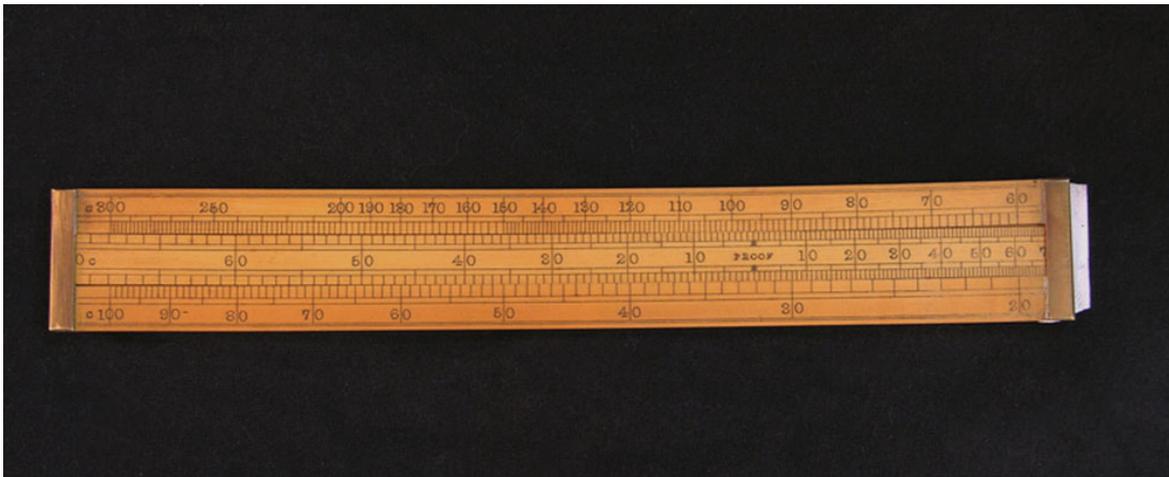
Nasceva la Tomografia a Muoni che oggi e' pensata per molte applicazioni, dalla lotta al contrabbando di materiale fissile ad altre davvero – a prima vista – molto interessanti !

Da un'idea nata nell'Università di Tokyo, si pensa di “radiografare” l'interno dei vulcani misurando il flusso di raggi cosmici (principalmente muoni). La presenza di regioni a bassa densità può essere impiegata in simulazioni al computer per predire come potrebbero svilupparsi eventuali eruzioni, indicando le zone più pericolose intorno al vulcano

Inoltre, la radiografia a muoni permette la sorveglianza continua, permettendo potenzialmente di rilevare l'evoluzione delle strutture nel tempo. Gruppi INFN, giapponesi e francesi progettano di studiare l'interno del Vesuvio



Atto Terzo : Calcolare, Comunicare



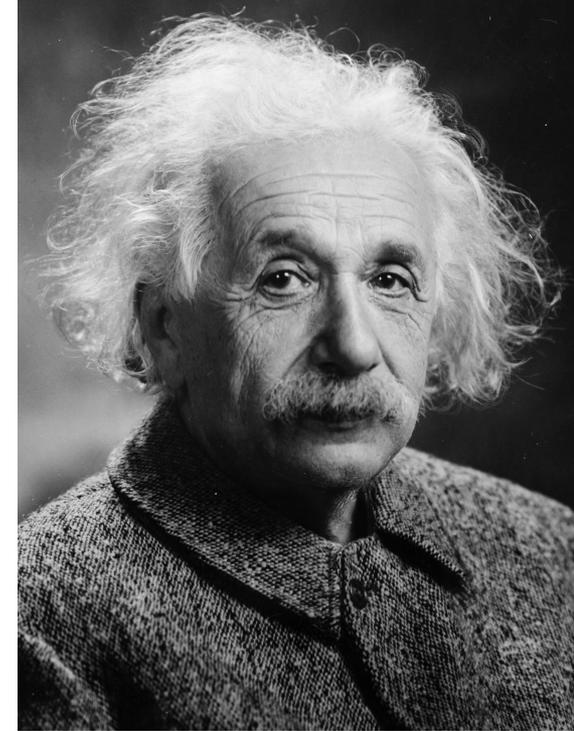
Einstein ha sempre ragione ...

I satelliti del sistema GPS ruotano a 14,000 km/h intorno alla Terra.

La teoria di Einstein della relatività Generale ci dice che gli orologi rallentano quando sono in movimento (“paradosso dei gemelli”): **- 7 μ s** per giorno

I satelliti del sistema GPS ruotano a 20,000 km di distanza dalla Terra.

La forza gravitazionale è 4 volte meno forte che sulla Terra e gli orologi (per la teoria di Einstein) risentono di questo effetto e accelerano: **+ 48 μ s** per giorno. Totale **+35 μ s** → **11 km di errore.**

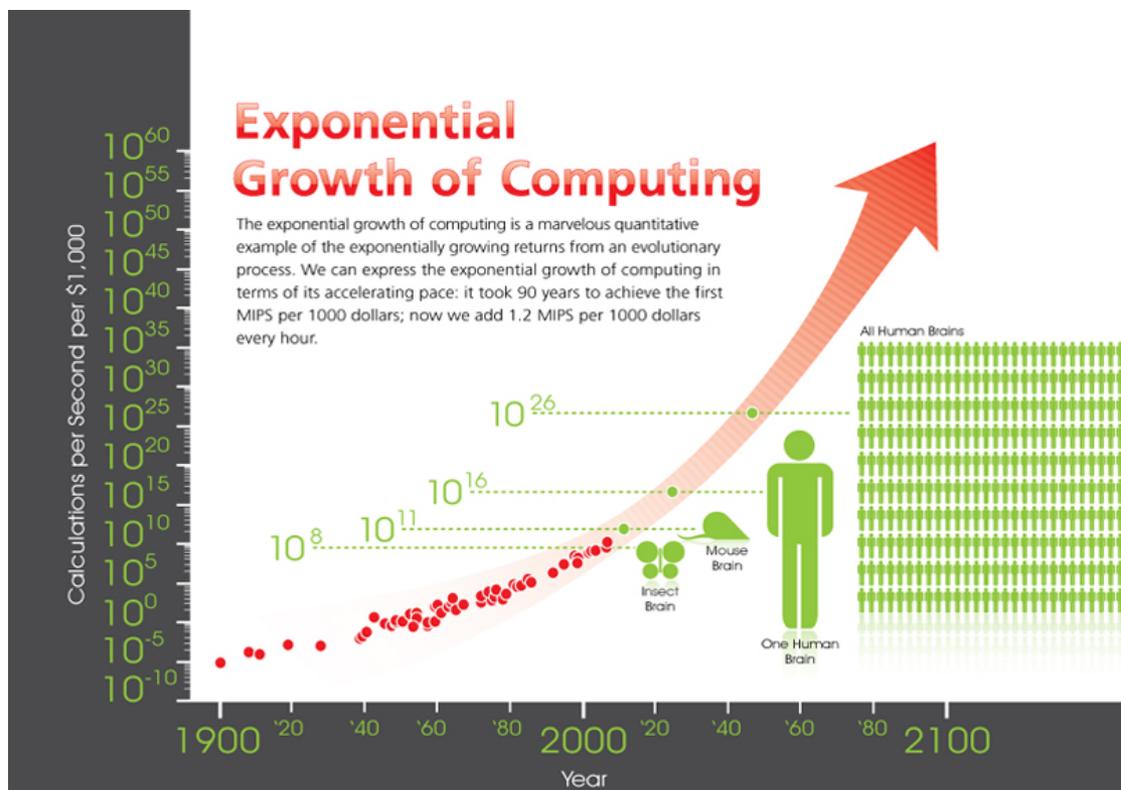


Senza la correzione gravitazionale il sistema GPS non potrebbe funzionare
La stessa teoria che ci ha permesso di rivelare le Onde Gravitazionali !

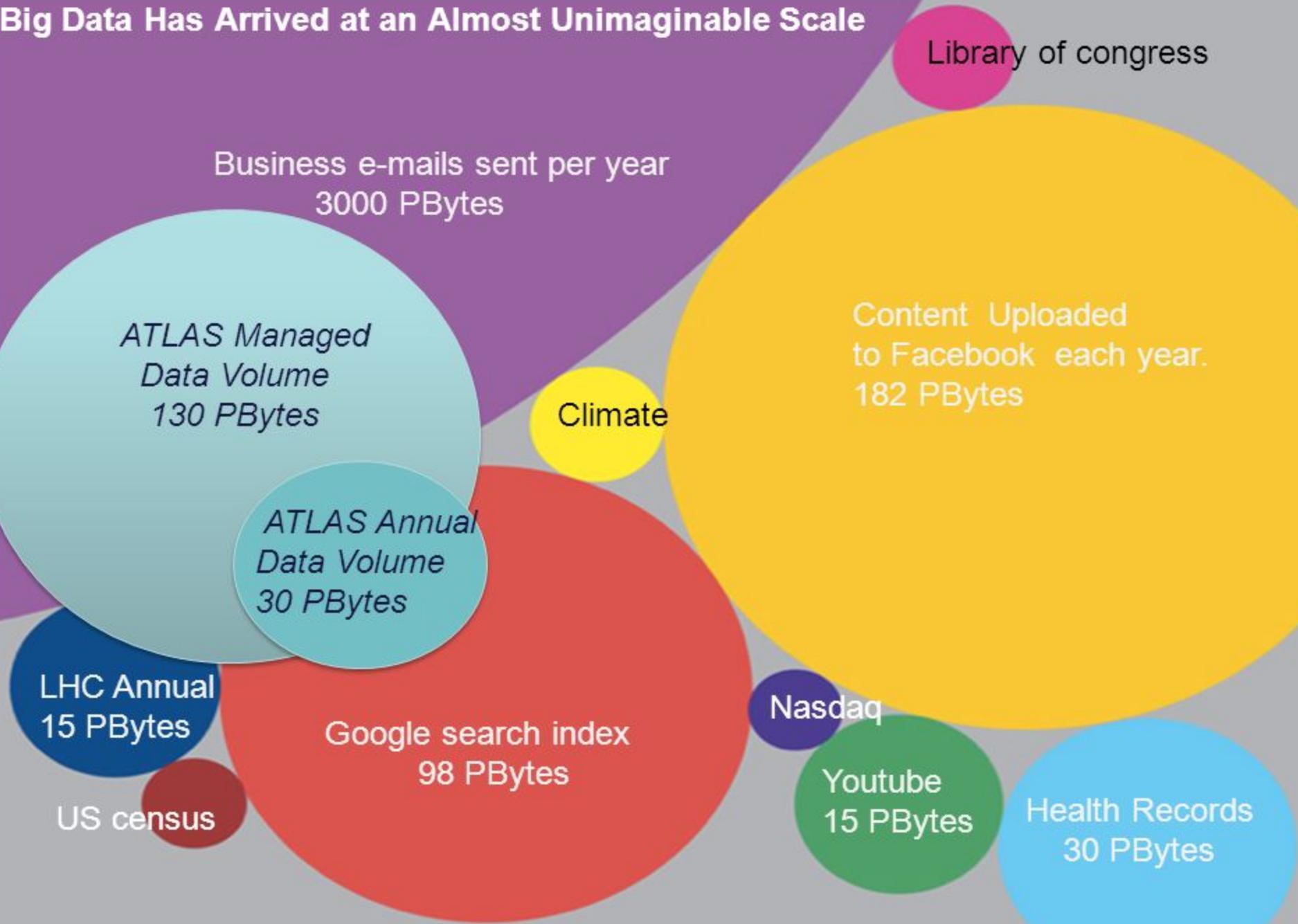
Così come il XX secolo è stato il secolo della Fisica Quantistica e della Relatività Generale, il XXI è iniziato certamente con i grandi successi delle Biotecnologie e il forte sviluppo dei mezzi di Calcolo e di Comunicazione

La Fisica delle Particelle che fino agli anni Sessanta faceva da “apripista” allo sviluppo dei calcolatori scientifici e di elettronica ultra-avanzata è stata sorpassata dallo sviluppo prepotente della tecnologia, teso soprattutto al miglioramento delle tele-comunicazioni

Cio' nonostante, le applicazioni di altissima tecnologia (ad es. gli esperimenti a LHC, ma anche la simulazione della struttura dei quark e dell'interazione adronica) necessitano ancora di grandissime potenze di calcolo e di elettronica avanzata



Big Data Has Arrived at an Almost Unimaginable Scale



Atto Quarto (ed ultimo) : Paghi 1, prendi (almeno) 1.2

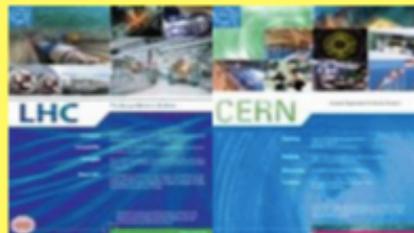
**COST-BENEFIT ANALYSIS OF THE LHC
TO 2025 AND BEYOND:
Was it Worth it ?**

Massimo Florio
Università degli Studi di Milano

In presenza del progetto di grandi infrastrutture – ad es. il Ponte di Messina ... – gli economisti sono in grado di valutarne l'impatto economico con metodi analitici (Cost Benefit Analysis)

Recentemente e' stato messo a punto per LHC uno studio CBA

Da un lato il costo (13.5 GSF), dall'altro il rendimento secondo 5 categorie



**KNOWLEDGE
OUTPUT
(S)**



**HUMAN CAPITAL
FORMATION
(H)**



**TECHNOLOGICAL
EXTERNALITIES
(T)**



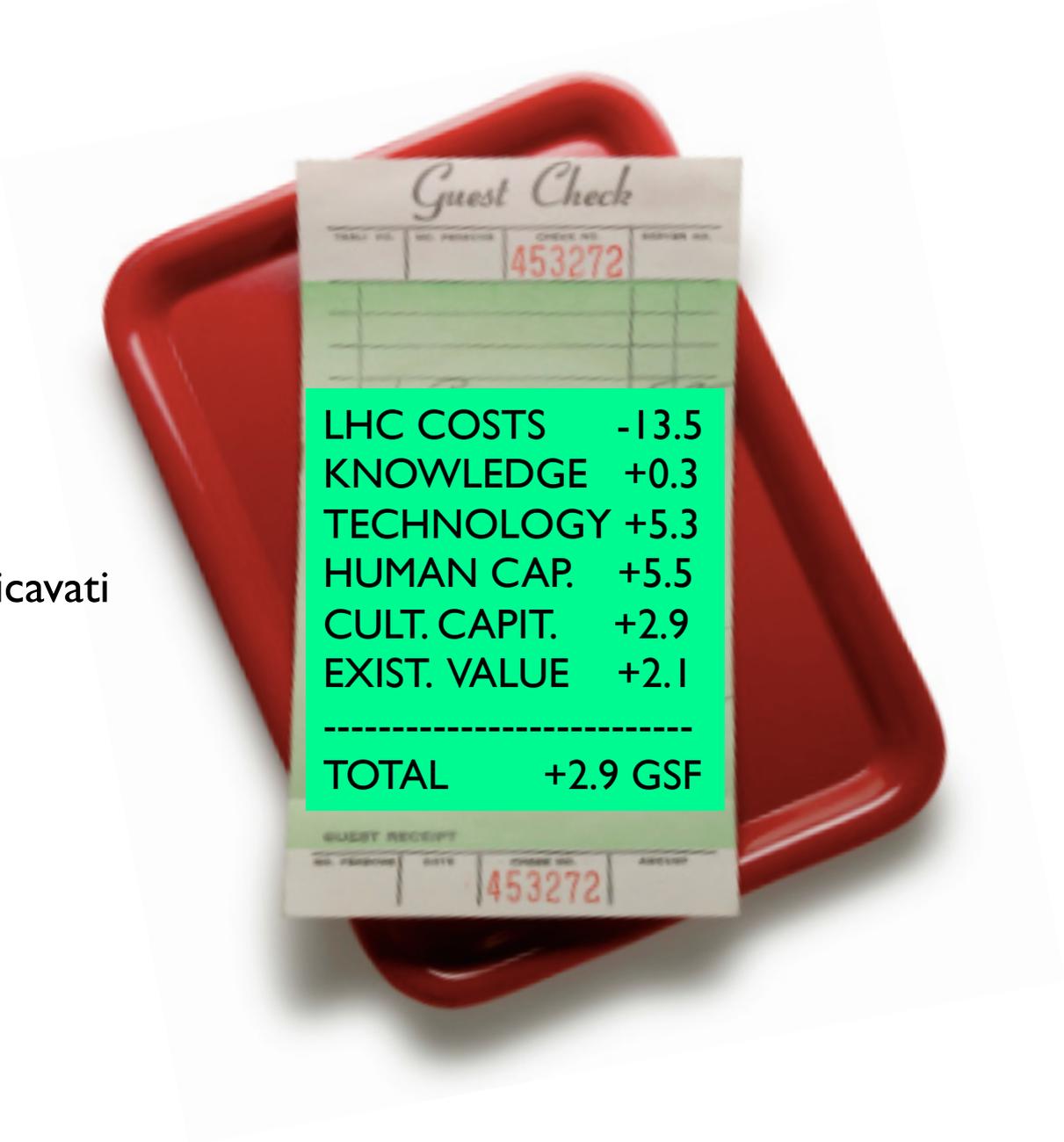
**CULTURAL
EFFECTS
(C)**



**EXISTENCE
VALUE
(EXV)**

Volutamente sono stati messi a **zero** i benefici derivanti da scoperte che per ora non hanno apparente efficacia economica (ad es. il Bosone di Higgs)

Per ogni SF messo
su LHC se ne sono ricavati
1.2 (almeno)



Guest Check

TAXI NO.	NO. FRENCH	CHECK NO.	SERVER NO.
		453272	

LHC COSTS -13.5
KNOWLEDGE +0.3
TECHNOLOGY +5.3
HUMAN CAP. +5.5
CULT. CAPIT. +2.9
EXIST. VALUE +2.1

TOTAL +2.9 GSF

Guest Receipt

NO. FRENCH	DATE	CHECK NO.	SERVER NO.
		453272	

Particle physics – it matters

A forward look at UK research into the building blocks of the Universe and its impact on society



In partnership with



Science & Technology
Facilities Council

Underpinning the knowledge-based economy

Our future economic competitiveness depends on maintaining a strong technological base and a highly-skilled workforce, and training and investment in research in the physical sciences are key drivers. Students are attracted into physics because of an interest in basic science. Furthermore, a training in particle-physics research provides a range of skills much sought-after by employers.

Transferable skills

Particle-physics PhD students are often involved in large-scale data analysis and mathematical modelling of complex systems – skills that are in demand in the computing and financial sectors. They also work in large international collaborations, often in other countries, where they engage in teamwork and broaden their life experience. These skills are much in demand in multinational organisations. The training given in areas such as advanced electronics and computing is also invaluable. About one-half of all particle-physics PhD students eventually take up high-level careers in business and industry helping to furnish the highly skilled workforce needed in the current economic climate.

Extending engineering capabilities

The stringent precision and quality-control requirements of the LHC have provided opportunities for several small companies to improve their testing and manufacturing facilities in areas as diverse as specialist transportation containers, large-area precision-machined steel structures, clean-rooms and precision-mounting of digital electronics.

Widening the customer base

Working with organisations like CERN automatically enhances a company's reputation. Elonex, a UK computer company found that collaboration with CERN introduced the company to other key manufacturers.

International collaboration

Particle physics thrives on transnational collaboration and many of the best physicists come from overseas to work in UK-based teams. One-third of the particle-physics academics and one-half of the young postdoctoral researchers in UK universities are from overseas. This fosters good international relations, keeps the UK at the heart of cutting-edge technological development and makes it a desirable place to work.

Attracting students into physics

A recent survey (p14) has revealed that particle physics, along with nuclear physics and astrophysics, is the most popular subject for physics undergraduates. They retain this interest through to postgraduate level – even if they eventually use their training in more applied areas. Places on particle-physics PhD courses are much sought-after, with many highly qualified undergraduates applying for each place.

Popular culture

Particle physics is about 'big ideas' – what happened in the first moments after the Big Bang and where did matter – and thus ourselves – come from? Contemplating these questions is part of the nation's intellectual life and generates numerous factual – and fictional – books, documentaries and films aimed at the general public. Around a quarter of popular science-magazine covers feature basic science. The physicists that are the most well-known are frequently those working in curiosity-driven research. Media coverage of particle physics, alongside astronomy helps to attract into science young people who will be the future entrepreneurs and leaders in a knowledge-based economy.



Epilogo



Bone Flute – Homo Sapiens (40,000 BC) – Hohle Fels - Germany

Ho cercato di farvi partecipe di come nei nostri Laboratori la Scienza rivesta – ANCHE - un ruolo rilevante nel migliorare il nostro futuro

Rimane, come base, la tensione e il fascino di scoprire cose nuove ... così come sarà stato affascinante per l'uomo cacciatore-raccoglitore ascoltare il suono di un flauto ricavato da un osso ...

E' questo il motore di noi tutti, MA IN PARTICOLARE DEI GIOVANI, che vanno stimolati ed incentivati a scegliere materie “dure” per il prosieguo dei loro studi

A noi il piacere di rendervi partecipe di quest'avventura
A voi il mandato (*arduo*) di trasmetterla ai più giovani