

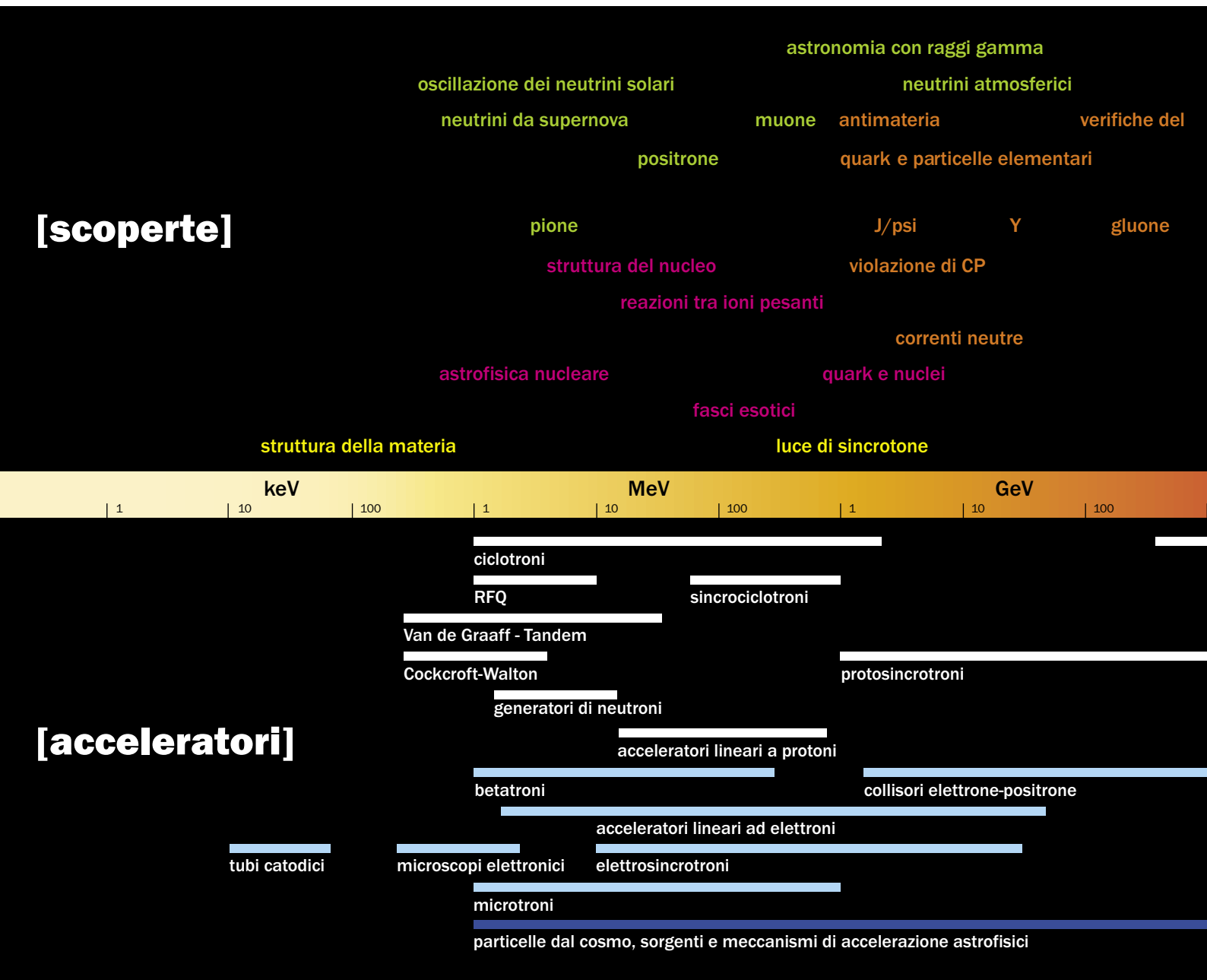
Acceleratori, non solo ricerca

Sviluppi, scoperte e applicazioni.

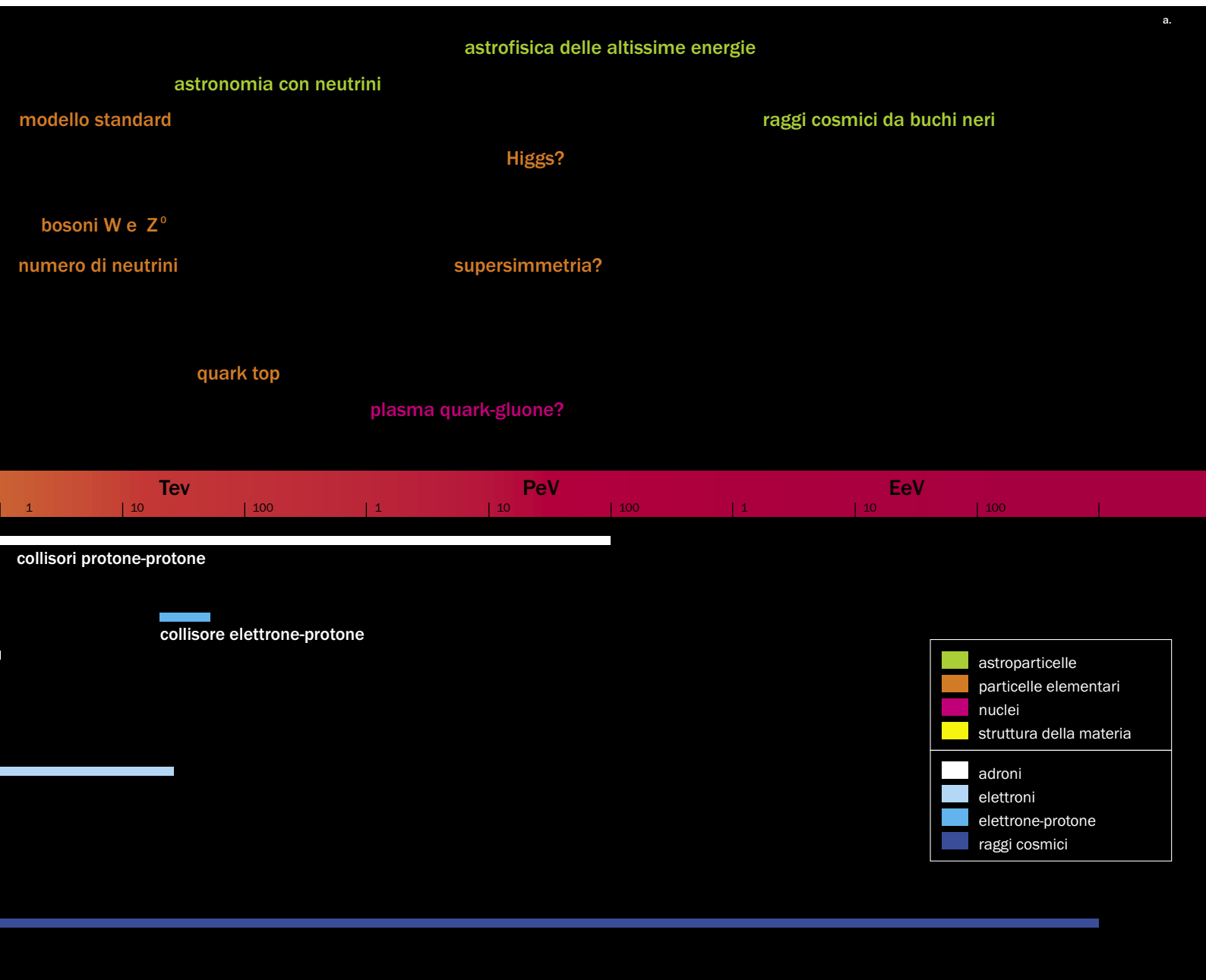
di Crisostomo Sciacca

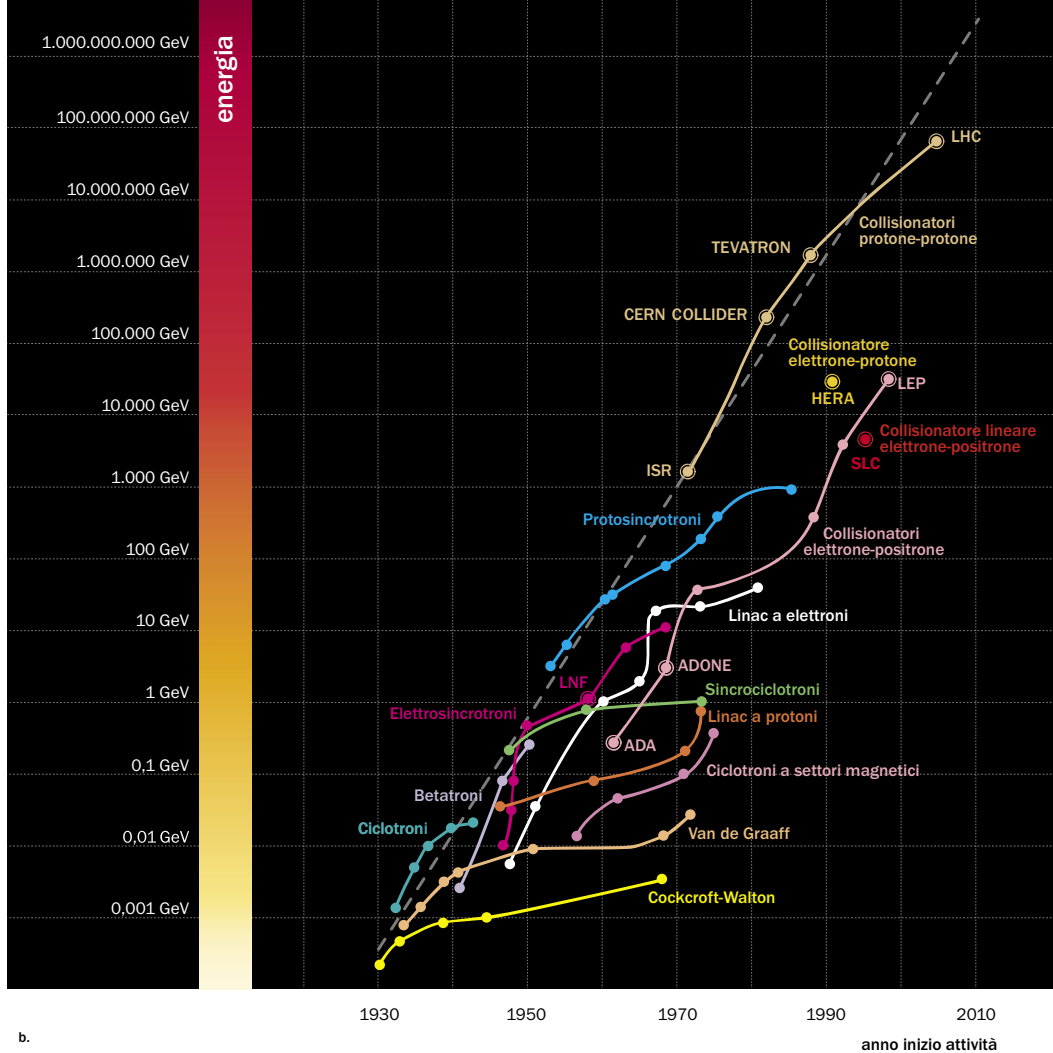
[scoperte]

[acceleratori]



a.
Le scoperte e le macchine.
 A ogni scoperta, l'energia
 e le macchine giuste.
 E anche il cielo aiuta, con raggi
 cosmici di tutte le energie, anche
 quelle alle quali gli acceleratori
 più potenti non possono arrivare.





b.

Acceleratori lineari e circolari, piccoli o grandissimi, per materia o per antimateria... ma per fare che cosa? Innanzitutto ricerca di base sulla struttura del mondo che ci circonda, a scala via via più elementare e quindi a energie sempre più elevate. Basta guardare la storia raccontata dalla figura b per rendersi conto dei progressi fatti in meno di ottant'anni: l'energia disponibile si è moltiplicata per mille miliardi! Idee geniali, tecnologie innovative e duro lavoro hanno prodotto una moltitudine di soluzioni diverse.

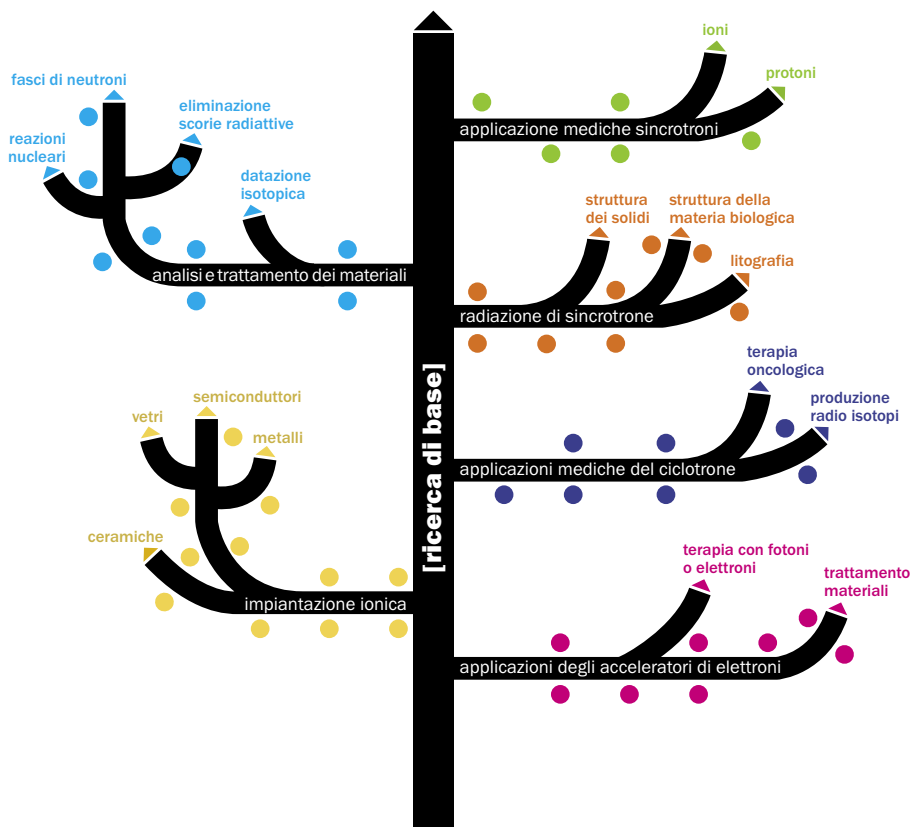
A un osservatore attento non sfuggirà che, sempre in questa figura, tra le macchine acceleratrici d'avanguardia, appaiono anche macchine italiane costruite nei Laboratori di Frascati dell'Infn, come Ada, Adone e il sincrotrone. E non sono le uniche: anche altre macchine sono state costruite nel nostro Paese, ad esempio Dafne sempre ai Laboratori di Frascati dell'Infn, che però non è presente nel grafico perché "corre" in un altro campionato, quello dell'abbondanza di eventi prodotti e non quello dell'energia massima. I fisici, inoltre, hanno imparato ad accelerare anche ioni leggeri

o pesanti, e in tal caso l'energia che ciascuno di essi può raggiungere nella collisione è multipla di quella di un protone singolo: anche in questo campo l'Italia è competitiva.

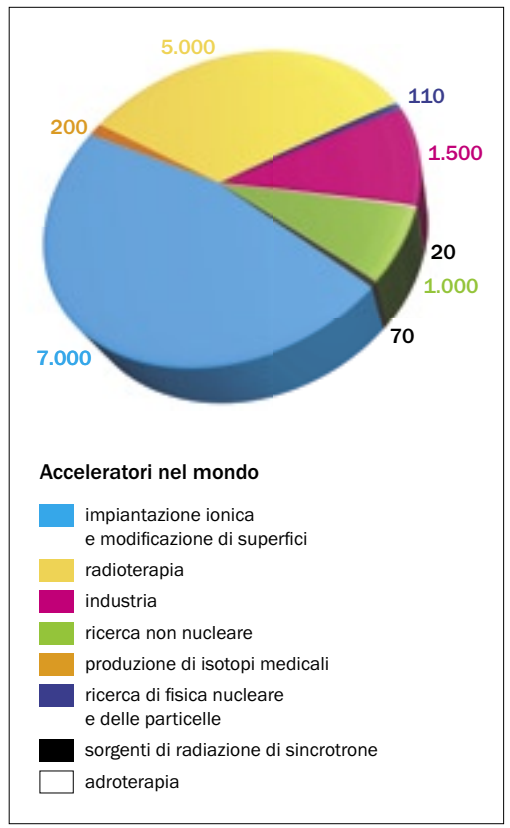
Quali sono i tipi di acceleratori costruiti e quali energie hanno reso possibili ricerche e scoperte sulla costituzione della materia? Nella figura a è presentato il rapporto tra acceleratori, energia e scoperte: i progressi nella comprensione della natura a livello fondamentale sono stati imponenti ma mancano ancora molte risposte, per non parlare delle domande ancora da inventare! Alcuni campi di ricerca richiedono esperimenti che coprono intervalli di energia molto ampi, e sono distribuiti indicativamente lungo l'asse orizzontale della figura. Per la scoperta di nuove particelle (alcune delle quali sono indicate, come J/psi, Y, i mediatori della forza debole W e Z⁰ e l'Higgs, la particella che si pensa responsabile della massa) è necessaria un'energia almeno corrispondente alla loro massa. Ma può essere necessaria anche un'energia molto maggiore, richiesta quando esse emergono dall'urto in velocità oppure sono accompagnate da altre particelle, anch'esse

b.

La corsa alle energie sempre più alte. Il grafico di Livingston, dal nome di chi lo inventò cinquant'anni fa, prevedendo l'andamento esponenziale indicato dalla curva tratteggiata. Linee di diverso colore connettono tra loro alcuni singoli acceleratori della stessa famiglia, identificati dall'anno di inizio attività e dall'energia del loro fascio. Nel caso dei collisori, però, il valore dell'energia che si legge sull'asse verticale non è quello dei loro fasci, bensì l'energia che dovrebbe avere una macchina tradizionale (fascio contro protoni fermi) per disporre della stessa energia del corrispondente collisore: con questa scelta, i due tipi di macchine hanno la stessa energia nel centro di massa, l'energia cioè che misurerebbe, in ambedue i casi, un osservatore "seduto" sul baricentro del sistema proiettile-bersaglio.



c.



d.

veloci. Ad esempio, per produrre una Z^0 (di massa pari a circa $91 \text{ GeV}/c^2$), in un collisore in cui si scontrano elettroni e antielettroni è necessario che ciascun fascio possieda, almeno, un'energia pari alla metà della massa M moltiplicata per il quadrato della velocità della luce c , mentre su protone fermo (la situazione sperimentale a cui abbiamo scelto di riferire tutte le energie) serve come minimo un proiettile con energia di circa 4 TeV. Nella figura, la posizione delle varie particelle lungo l'asse dell'energia vuole ricordare indicativamente quali energie minime sono richieste: nei casi più "energetici" i collisori sono l'unica risposta. Ma qui non vogliamo parlare di ricerca di base ma delle innumerevoli applicazioni che gli acceleratori hanno reso possibili: esse raggiungono i settori più lontani, dalla medicina all'elettronica, dallo studio della struttura delle proteine allo sviluppo di materiali innovativi. L'albero rappresentato nella figura c indica schematicamente i rami che sono germogliati dal tronco della ricerca di base in fisica nucleare e subnucleare, e quale impatto hanno avuto i loro frutti su altri settori di ricerca e sulla nostra vita

quotidiana. Solo alcune applicazioni saranno qui presentate, mentre altre di grande interesse (come lo studio dei beni culturali e le analisi ambientali) saranno trattate in futuro. Ma dove si trovano gli acceleratori di particelle? Probabile risposta: nei laboratori di fisica nucleare e subnucleare, naturalmente. Niente di più lontano dal vero. Sono *anche* lì, ma soprattutto sono "al lavoro" negli ospedali, nelle industrie, tra chi si occupa di beni culturali, in altri settori di ricerca come sorgenti di luce di sincrotrone o di neutroni. La figura d risponde, infine, alla domanda iniziale: gli acceleratori nel mondo sono oltre 15.000, ma nei laboratori di ricerca ce ne sono appena un centinaio!

c.
L'albero degli acceleratori, un albero con tanti frutti.

d.
I principali settori applicativi.
I circa 15.000 acceleratori nel mondo, suddivisi in base al settore di applicazione.

Biografia
Crisostomo Sciacca insegna all'Università di Napoli e ha svolto attività di ricerca nel campo della fisica sperimentale delle particelle elementari ai Laboratori di Frascati, di Stanford e al Cern.