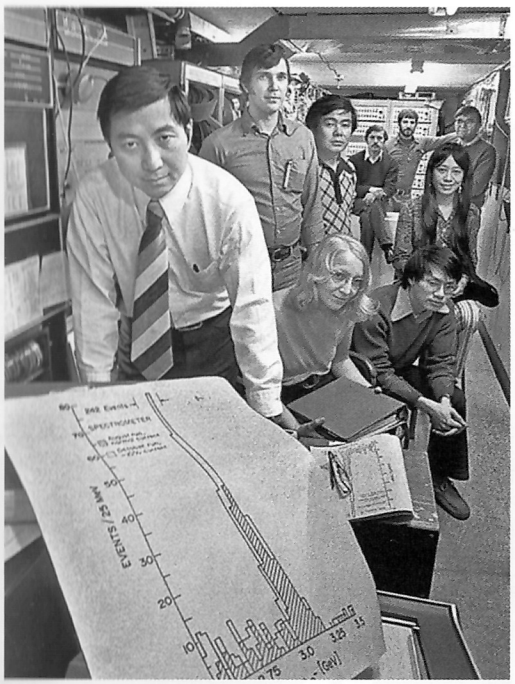


(180 volte più del protone), la quale, a dif-
media troppo breve per formare particelle

che possano esistere anche delle particelle
barioni e dei mesoni ordinari e costituite da
(i "pentaquark") o da due quark e due anti-
ultimi anni sono state scoperte varie parti-
tetraquark (la prima è stata osservata
ppone nel 2003) e, nel 2015, la collabora-
unciato la scoperta di un pentaquark di com-
e più pesante del protone, prodotto nel
one contenente il quark *b*.

La particelle elementari e il Modello Standard

Delle tre particelle di cui è fatta la materia ordinaria (elettrone, protone e neutrone), solo l'elettrone è un corpuscolo elementare, cioè privo di struttura interna; il protone e il neutrone, come tutti gli altri adroni (se ne contano alcune centinaia), sono composti da quark.

Le particelle che oggi riteniamo davvero elementari – i mattoni fondamentali della materia – sono dodici, divise in due gruppi: sei quark e sei leptoni. I quark li abbiamo già incontrati: *u*, *d*, *s*, *c*, *b*, *t*. I leptoni (dal greco *leptós*, "piccolo, sottile") sono l'elettrone, il muone, il tau (carichi negativamente) e i tre neutrini corrispondenti, il neutrino elettronico, il neutrino muonico e il neutrino tauonico. Tutte queste particelle sono accompagnate dalle rispettive antiparticelle: gli antiquark, gli antileptoni carichi e gli antineutrini.

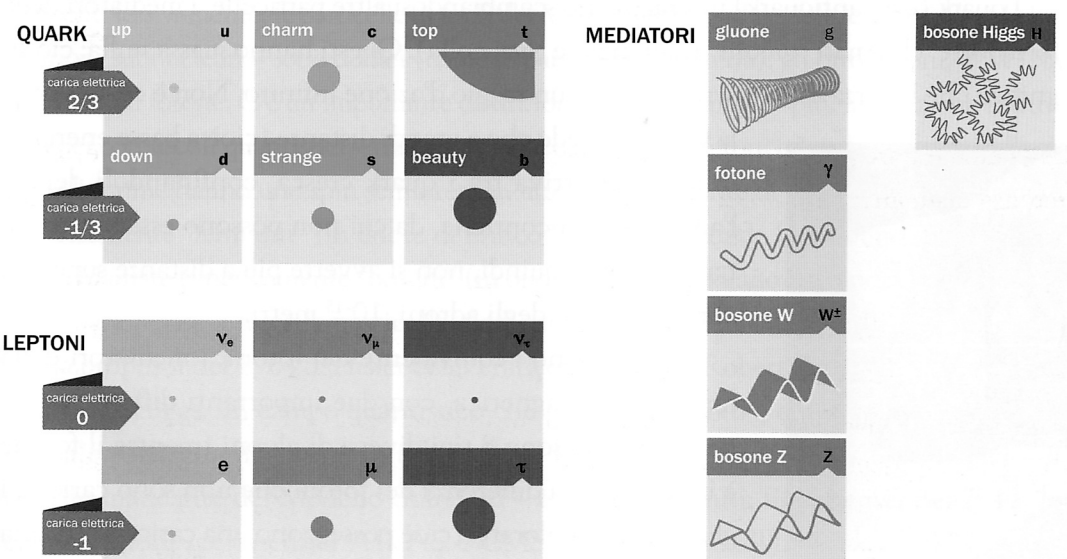


Fig. 4.27. Le particelle elementari del Modello Standard: le particelle di materia (quark e leptoni), i mediatori delle forze (fotone, gluoni, bosoni W^+, W^-, Z), il bosone di Higgs.

ccanica quantistica e di relatività
i alla quantizzazione della gravità
quanto di spazio. Nel 1934 si tra-
la di fisica. Rientrato in Italia nel
Mario Verde, dello sviluppo e dei
un altro grande esponente in Gian
istica dei campi).

ono pur bestemmie orrende
negar che v'è la *psi*,
he un valor non nullo prende
$q \times \Delta p$,

he dell'orbite ai momenti
addizionano gli spin
elettroni equivalenti
on vietati dal destin.

redon poi, con fé profonda
ui si inchina la ragion
he la luce è corpo ed onda
nda e corpo è l'elettron.

ono questi i dogmi santi
n'egli insegna agli infedel
on esempi edificanti
ppoggiandosi al Vangel.

poco dopo il suo trasferimento

Le forze della natura

Tutti i fenomeni fisici sono determinati da quattro *forze* fondamentali: la forza gravitazionale, la forza elettromagnetica, la forza forte, la forza debole. Le prime due ci sono familiari: la forza gravitazionale è responsabile del peso dei corpi, del moto dei pianeti e della struttura dell'Universo; la forza elettromagnetica, oltre a caratterizzare i fenomeni di evidente natura elettrica e magnetica, è alla base degli attriti, dell'elasticità, della coesione dei corpi, della struttura atomica e molecolare, dei legami chimici. Le altre due forze sono tipiche del mondo subatomico: la forza forte, o forza nucleare, tiene uniti i nuclei ed è responsabile della struttura interna delle particelle composte (come i protoni e i neutroni); la forza debole non è una forza di legame e si manifesta solo in certi decadimenti radioattivi e in processi subnucleari.

FORZA	Intensità	Raggio d'azione	Mediatori
 FORTE	1	10^{-15} m	Gluoni
 ELETTROMAGNETICA	10^{-2}	∞	Fotone
 DEBOLE	10^{-5}	10^{-18} m	W^+, W^-, Z
 GRAVITAZIONALE	10^{-38}	∞	Gravitone

Fig. 4.6. Le quattro forze fondamentali della natura e le loro proprietà.

Se poniamo uguale a 1 l'intensità della forza forte, l'intensità della forza elettromagnetica è 10^{-2} (un centesimo), quella della forza debole è 10^{-5} (un centomillesimo), quella della forza gravitazionale è addirittura 10^{-38} (un centesimo di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo). Per motivi che ancora non comprendiamo, la gravità è decine di ordini di grandezza meno intensa di tutte le altre forze: è quindi