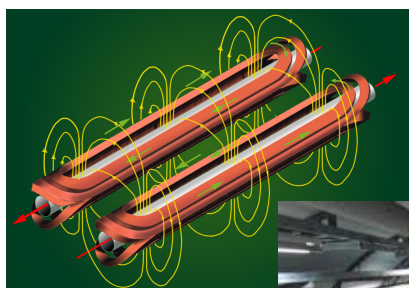


Introduzione – Il **Large Hadron Collider, LHC**, è il più grande acceleratore di particelle al mondo, un anello di 27 km installato al CERN di Ginevra. Per indagare le proprietà della materia alla frontiera dell'estremamente piccolo è necessario raggiungere altissime energie: a questo scopo si utilizzano i magneti a superconduttore. I superconduttori hanno contribuito alla realizzazione di questo ambizioso progetto con due importanti applicazioni: i **magneti a superconduttore** e le **cavità acceleratrici**. Per accelerare le particelle cariche si utilizzano campi elettromagnetici estremamente intensi che vengono creati grazie a cavità risonanti a superconduttore. Per curvare il fascio di particelle, vengono generati intensi campi magnetici grazie a magneti superconduttori posti lungo tutto l'acceleratore. 1232 magneti permettono di curvare le particelle cariche.

I superconduttori nel LHC

I magneti a superconduttore

I magneti a superconduttore sono magneti costituiti da bobine attraversate da corrente che generano un campo magnetico perpendicolare alla direzione del fascio di particelle. Nel LHC i dipoli usati generano campi magnetici tra 8 e 10 tesla. Immaginate che la Terra genera un campo magnetico dell'ordine di 10^{-4} tesla.



Dipolo magnetico nel tunnel del LHC

Schema di dipolo magnetico

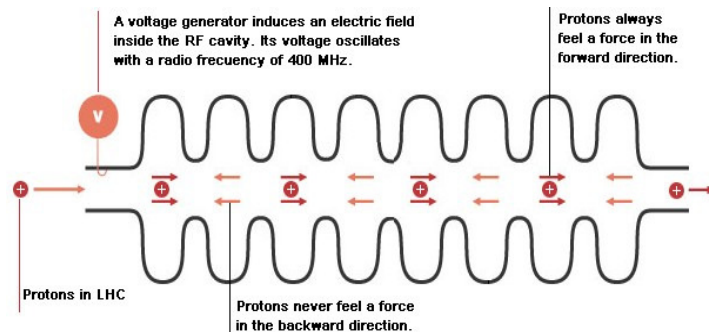


Per generare campi così intensi, è necessario utilizzare delle correnti elettriche altrettanto intense. Utilizzando normali conduttori il passaggio di correnti troppo elevate farebbe fondere tutto il sistema. Per questo motivo, sono usati i superconduttori, in quanto a basse temperature essi hanno resistenza nulla. Per raffreddare i magneti a temperature di pochi Kelvin, vengono impiegati prima l'azoto liquido a $T = 78 \text{ K}$ (-195°C), per un "pre-raffreddamento", e dopo l'elio superfluido a $T = 1,9 \text{ K}$ (-271°C).

[A Varlamov et al., *Cent'anni di superconduttività*, Il Nuovo Saggiatore, 28 (2012) 53]

Le cavità risonanti

Le cavità risonanti utilizzate nel LHC sono chiamate anche "cavità a cuscino" per la loro forma caratteristica.



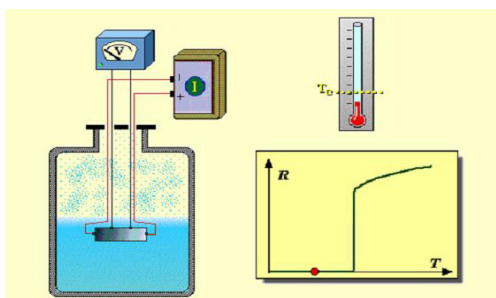
Le cavità risonanti sono necessarie per accelerare le particelle cariche, purché vengano usate alla loro frequenza caratteristica di risonanza (400 MHz). Quando una particella carica entra dentro la cavità, risente del campo elettrico presente, che è massimo lungo l'asse centrale, e viene accelerata.

L'utilizzo dei superconduttori nelle cavità risonanti migliora la resa, aumentando l'energia delle particelle e, quindi, la loro velocità che nel LHC raggiunge il 99.999999% di quella della luce.

Proprietà elettriche e magnetiche dei superconduttori

La superconduttività consiste nell'annullamento della resistenza elettrica di alcuni materiali raffreddati al di sotto di una temperatura critica, che dipende dalla natura del materiale.

Il primo materiale in cui è stata osservata tale caratteristica fu il mercurio, il quale al di sotto di 4 K diventa un superconduttore.



Un'altra proprietà che presentano i superconduttori è il diamagnetismo perfetto o *effetto Meissner*: se un superconduttore è sottoposto all'azione di un campo magnetico esterno, esso ha la capacità di annullare il campo magnetico al suo interno. Da questo effetto nasce il fenomeno della *levitazione magnetica*.

