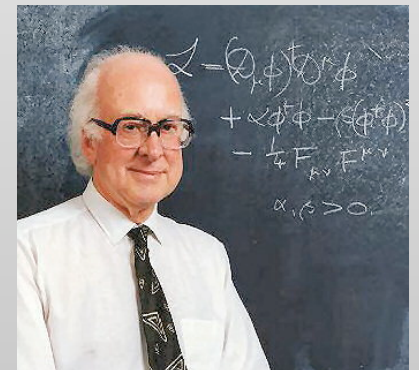
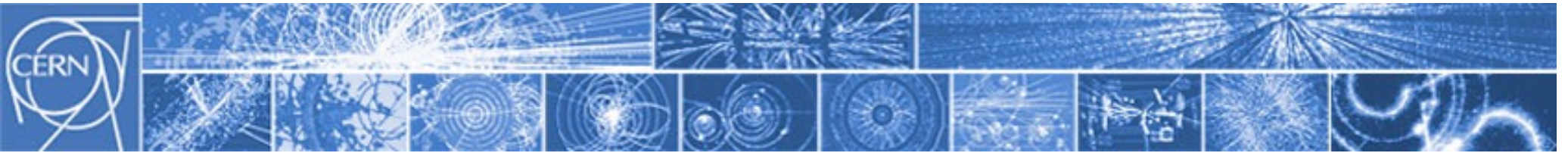


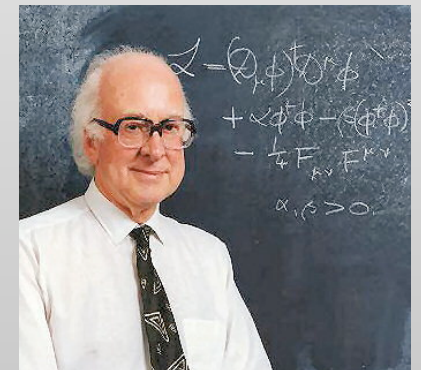
Il bosone di Higgs

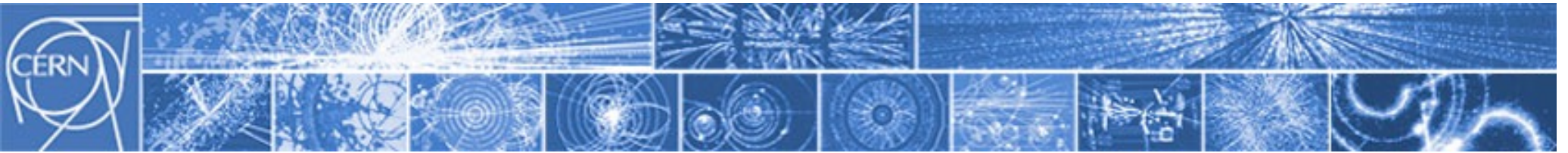




Il bosone di ~~Higgs~~

Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble





Il bosone di ~~Higgs~~

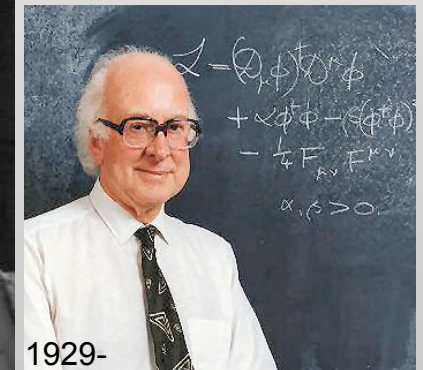
Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble



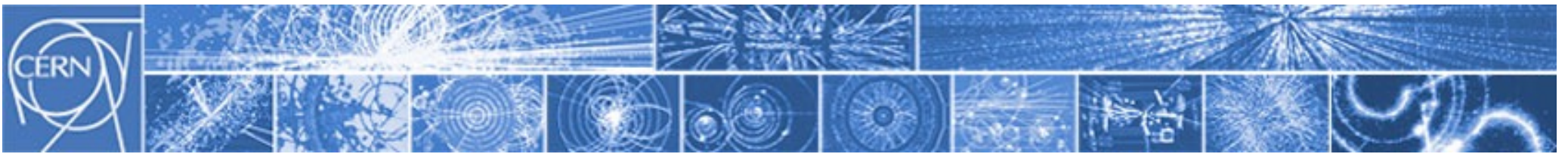
1932-



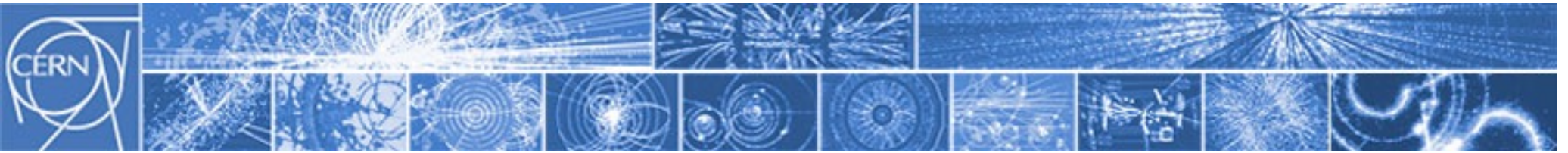
1928-2011



1929-

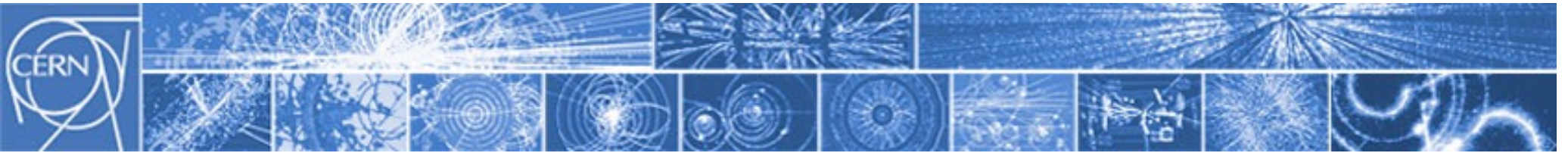


Q. Perché una particella ha massa m ?



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$




Q. Perché una particella ha massa m ?

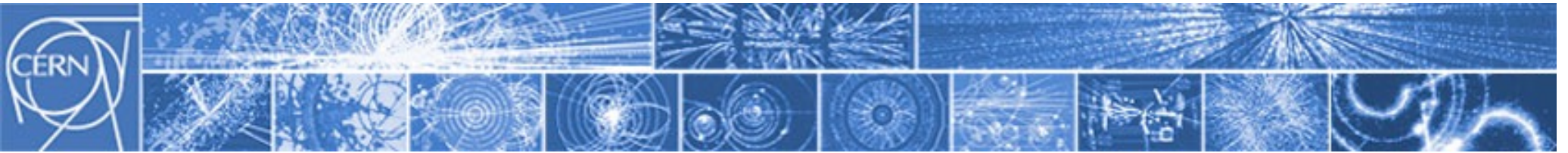
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$$

$$+i\bar{\Psi}\not{D}\Psi$$

$$+y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi$$

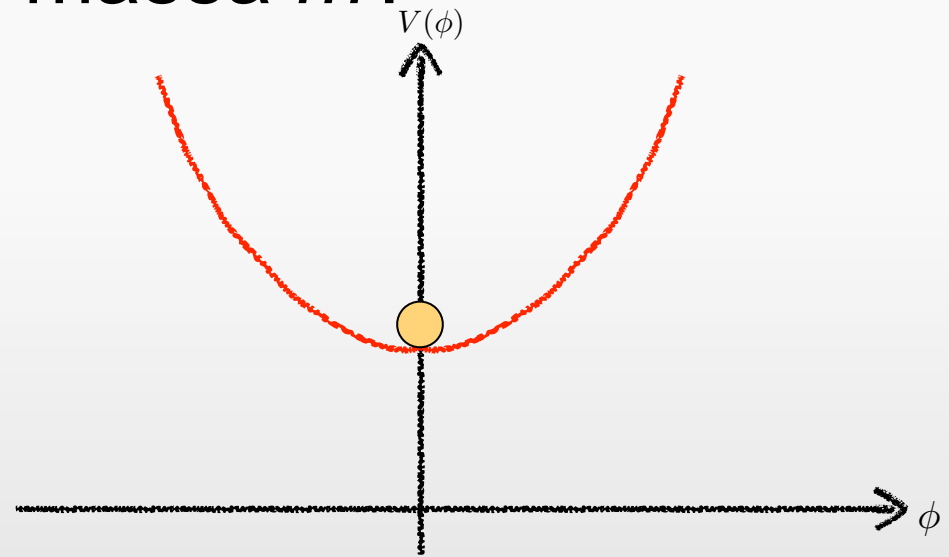
$$+|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$

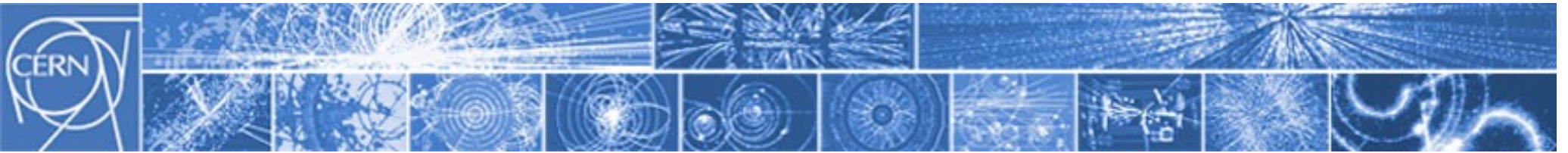
$$-m^2|\phi|^2 + \lambda|\phi|^4$$
An arrow points from the $V(\phi)$ term in the previous equation to the expanded form of the potential shown in this block.



Q. Perché una particella ha massa m ?

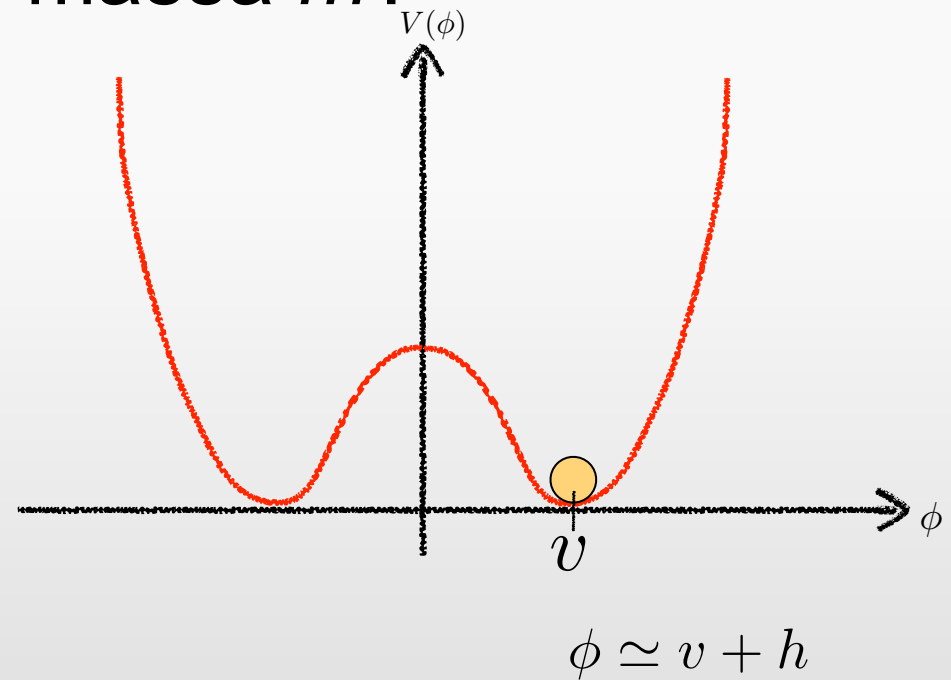
$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

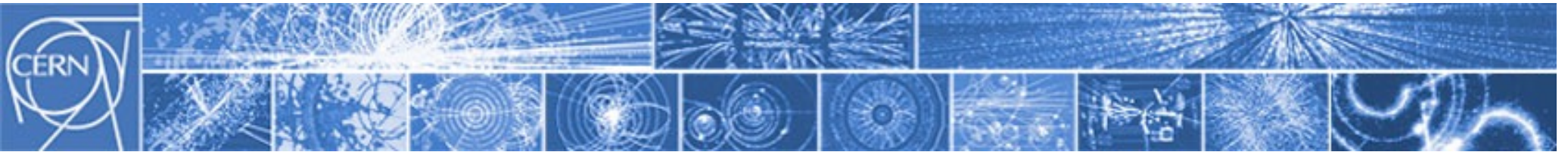




Q. Perché una particella ha massa m ?

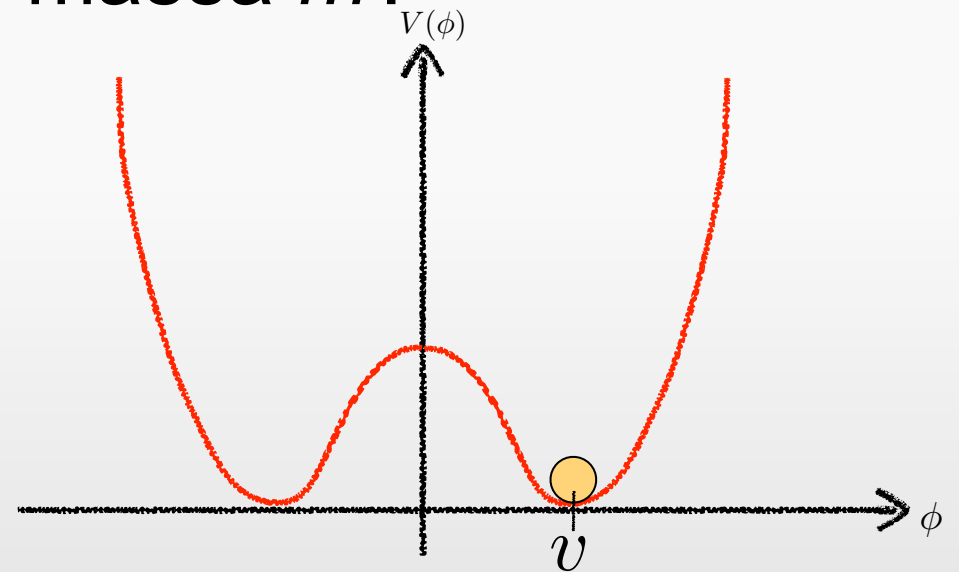
$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$



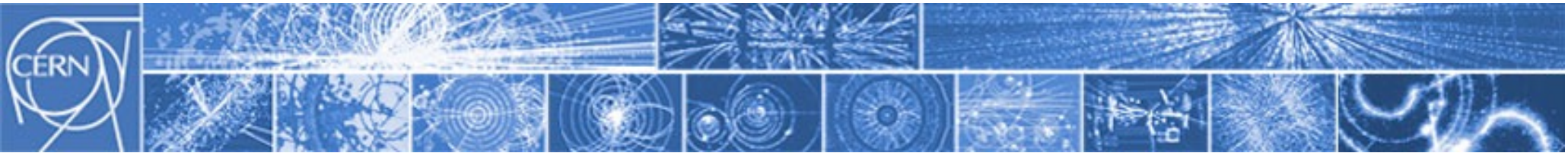


Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

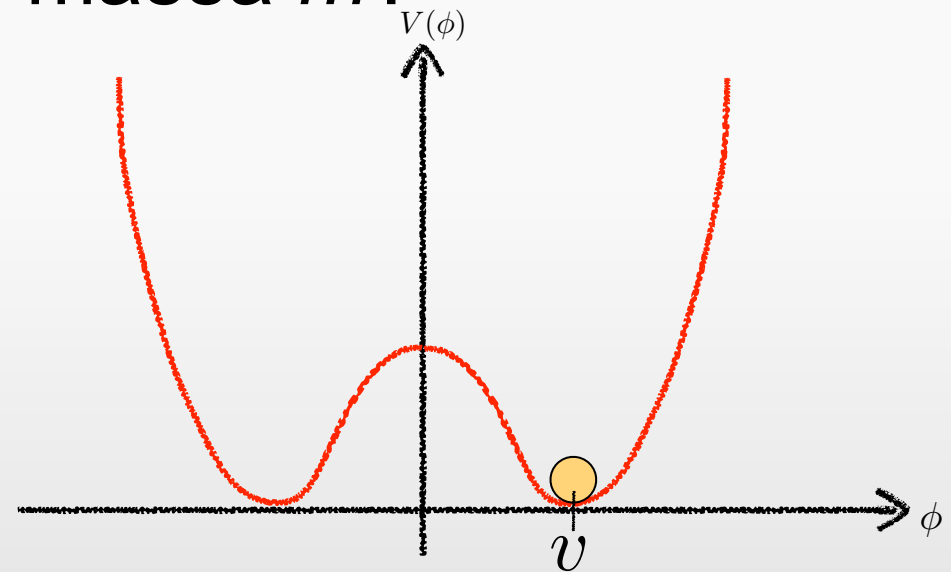


$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$$



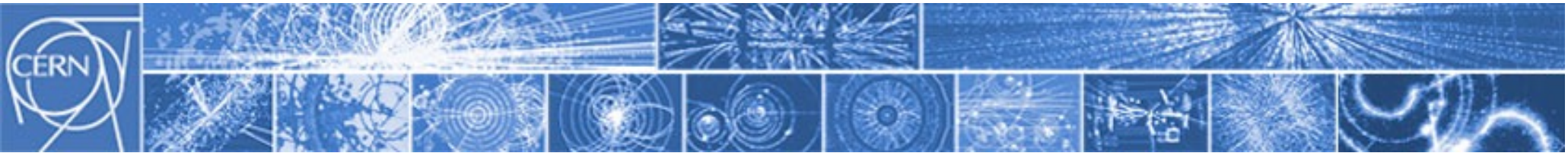
Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



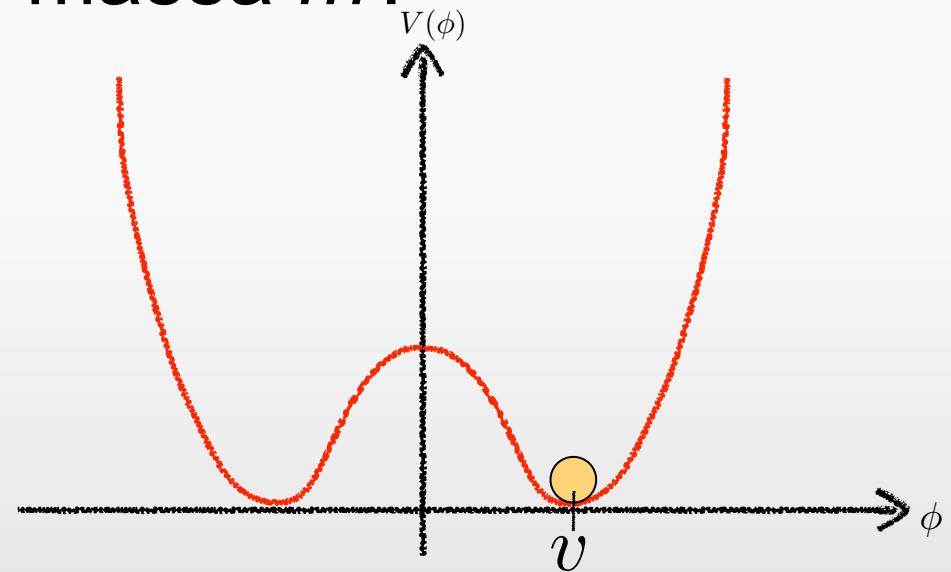
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_{\mu\nu}v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu\mu + \mu\mu h$$

$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$



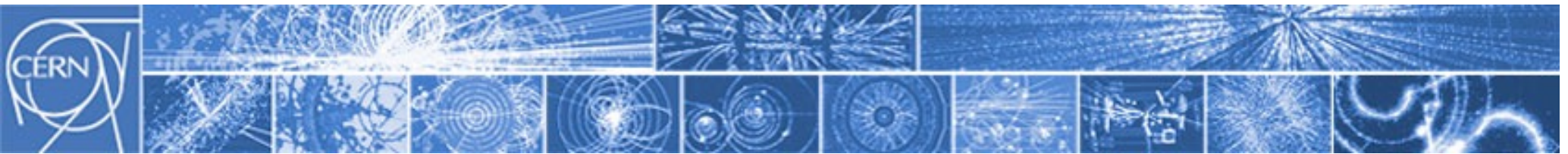
Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



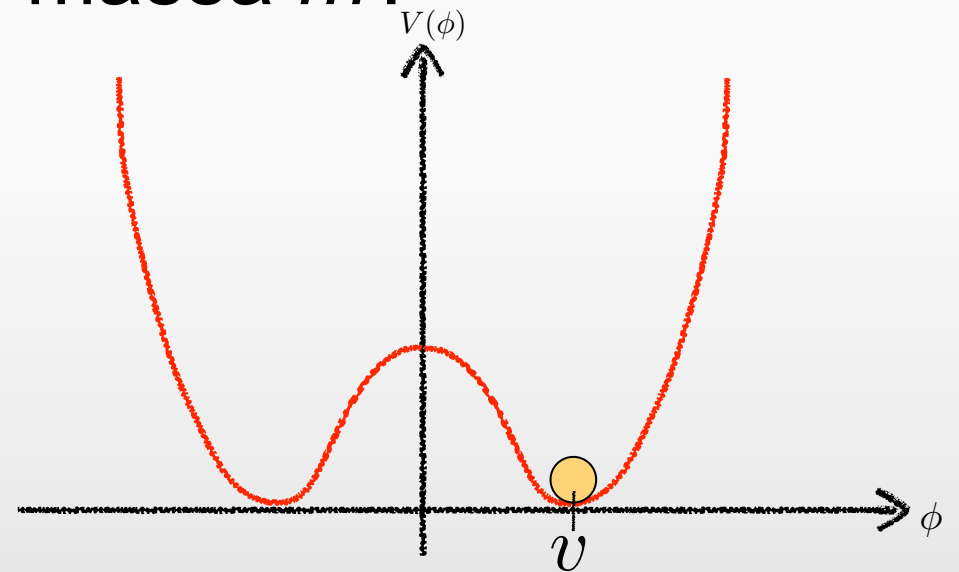
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + \mu + h$$

$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$
 $\frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \rightarrow m_\mu$
 $\frac{y_\mu}{\sqrt{2}}$



Q. Perché una particella ha massa m ?

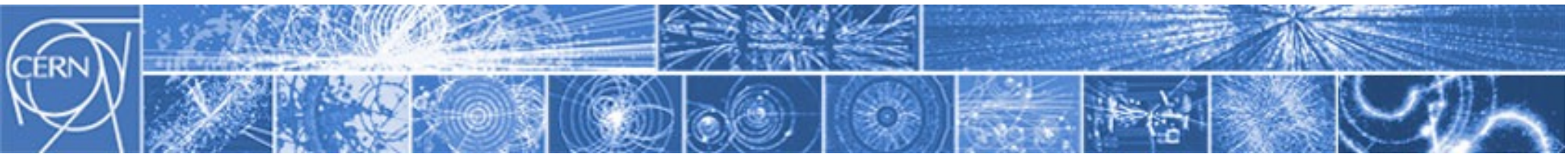
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu \text{---} \mu + \mu \text{---} \mu \text{---} h$$

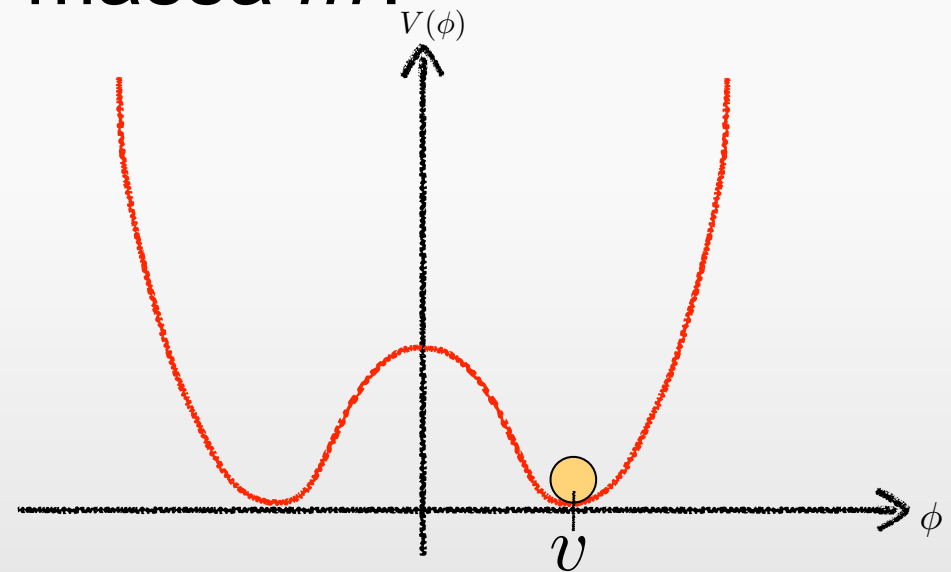
\downarrow m_μ \leftarrow $y_\mu/\sqrt{2}$

$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g^2 v^2}{2}W^+W^-$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

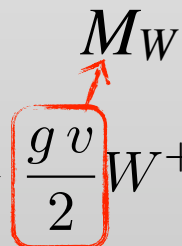
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$

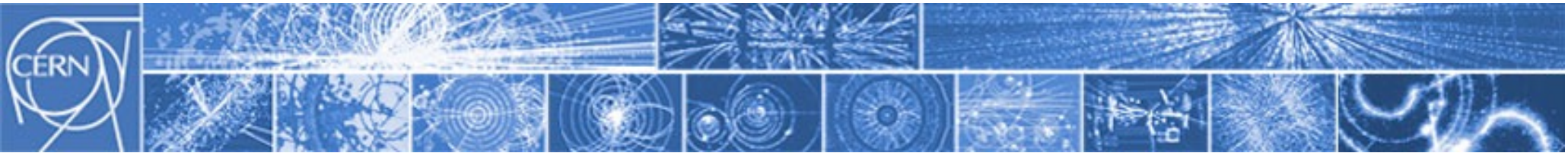


$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu \text{---} \mu + \mu \text{---} \mu \text{---} h$$

$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

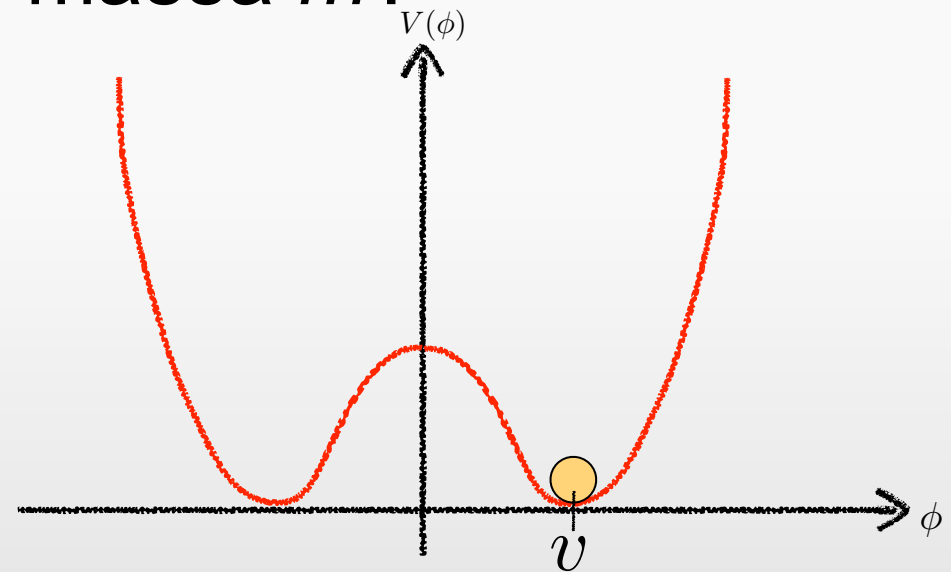
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$





Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + \mu + h$$

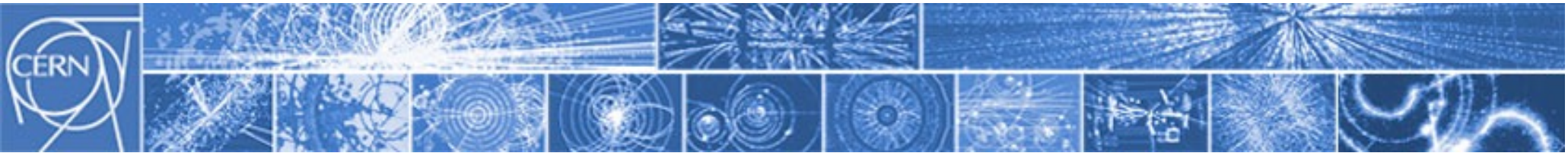
$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

The diagram shows a vertex where a dashed line labeled h (Higgs boson) meets two solid blue lines labeled μ (muon). A red arrow points to the vertex with the label $y_\mu/\sqrt{2}$. The mass term μ is shown as a solid blue line with a red arrow pointing to it from the label m_μ .

$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

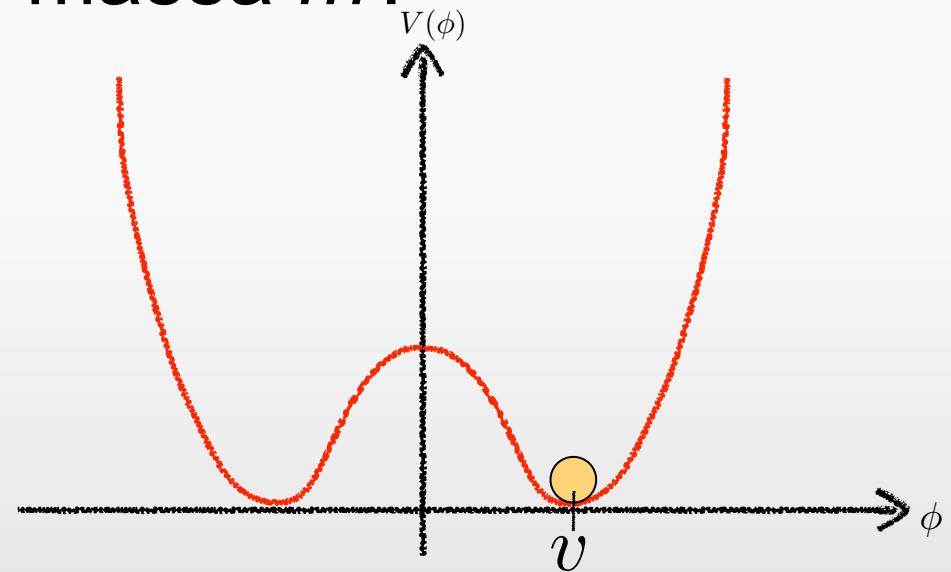
M_W

$$V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2}(2\lambda v^2) h h$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$$

$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + h$$

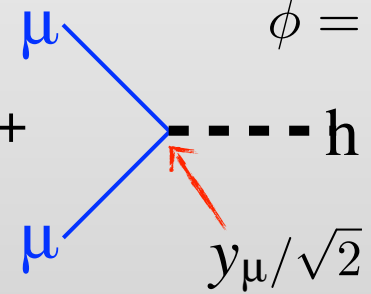
$\frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \rightarrow m_\mu$ $\frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \rightarrow y_\mu/\sqrt{2}$

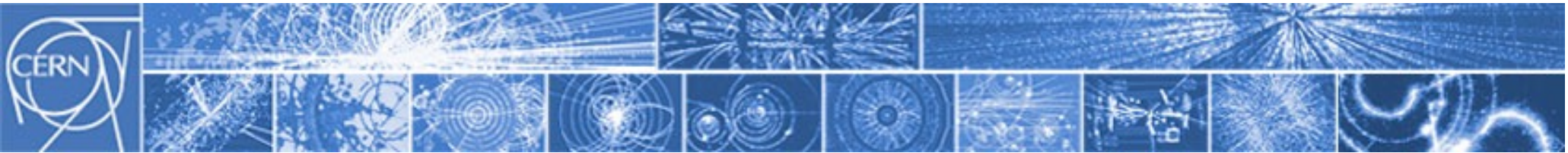
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

$\frac{g v}{2} \rightarrow M_W$

$$V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2}(2\lambda v^2) h h$$

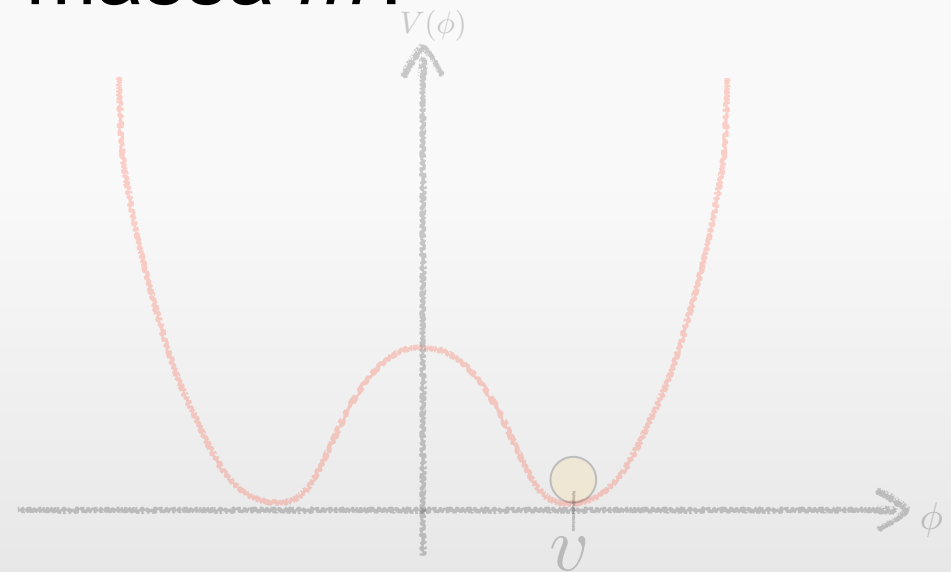
$2\lambda v^2 \rightarrow m_h^2$





Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D}\Psi + y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

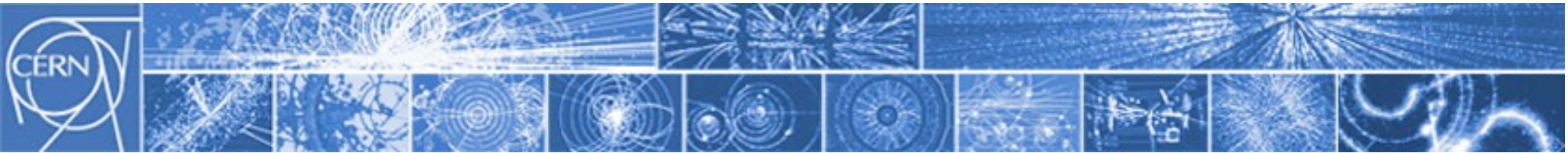


$$y_{ij} \Psi_i \Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + h$$

$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$

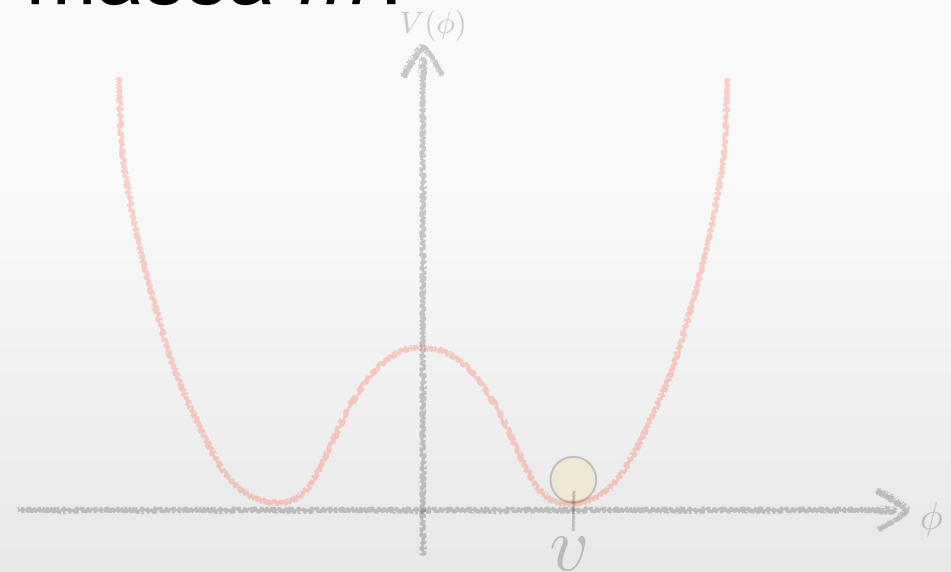
$$|D_\mu \phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^- \quad V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2} (2\lambda v^2) h h$$

A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y = \sqrt{2}m/v$!



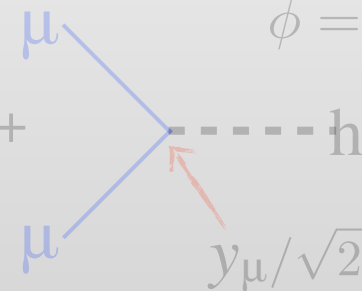
Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D}\Psi + y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$



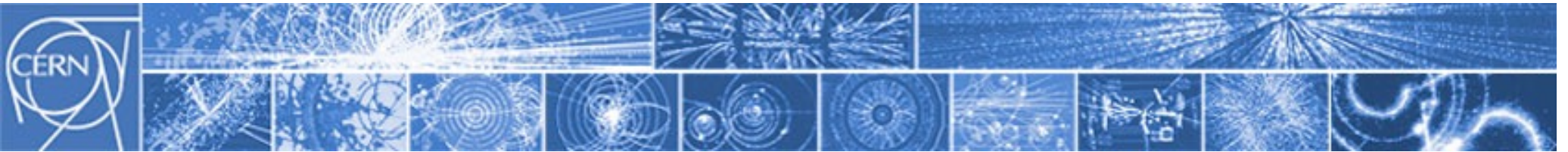
$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$$

$$y_{ij} \Psi_i \Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + h$$



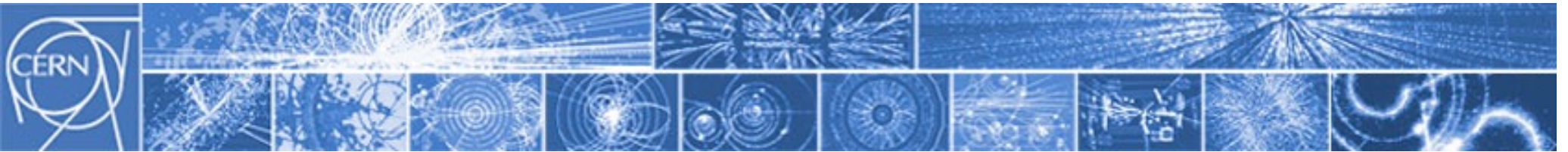
$$|D_\mu \phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^- \quad V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2} (2\lambda v^2) h h$$

Q. E se il campo di higgs non esistesse?



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



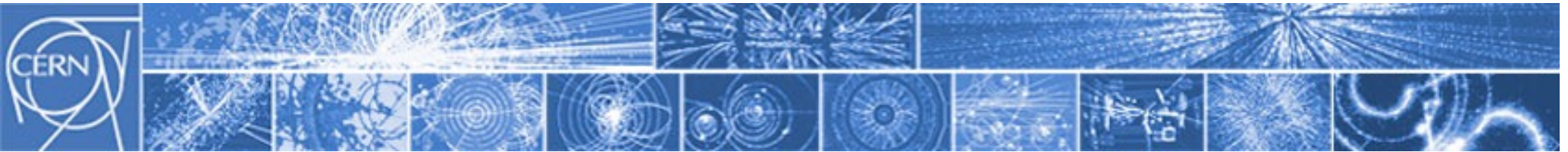
Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

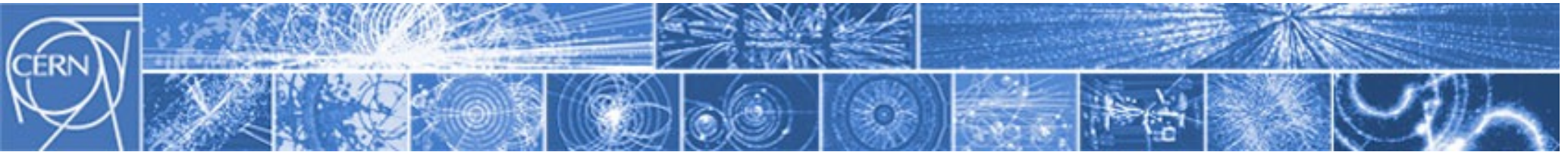
$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$D \simeq \partial - igW$$

$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

$$i\bar{\Psi} \not{D} \Psi \rightsquigarrow \mu \partial \mu - ig \mu W \mu$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

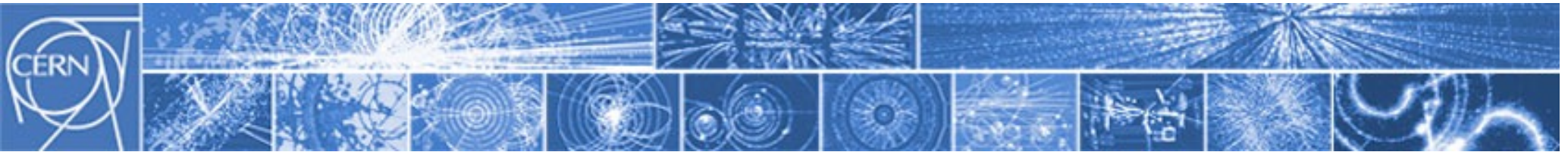
$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$D \simeq \partial - igW$$

$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

niente termini di massa!

$$i\bar{\Psi} \not{D} \Psi \rightsquigarrow \mu \partial \mu - ig \mu W_\mu$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$D \simeq \partial - igW$$

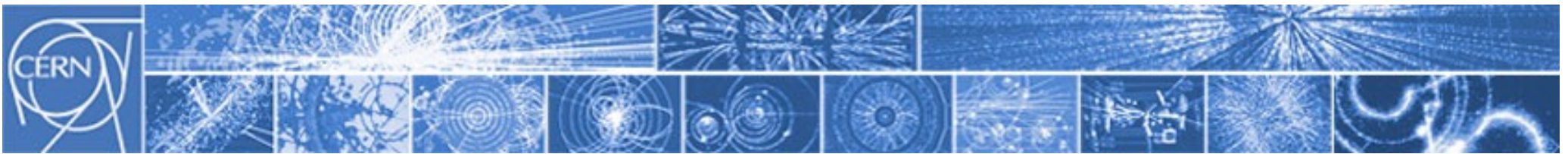
$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

niente termini di massa!

$$i\bar{\Psi} \not{D} \Psi \rightsquigarrow \mu \partial \mu - ig \mu W_\mu$$

E se li mettessimo *a mano*?

$$+ M W W \dots \quad + m \mu \mu \dots$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$D \simeq \partial - igW$$

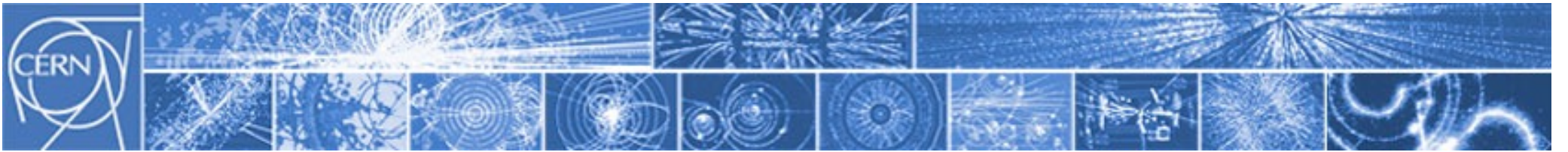
$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

niente termini di massa!

$$i\bar{\Psi} \not{D} \Psi \rightsquigarrow \mu \partial \mu - ig \mu W_\mu$$

E se li mettessimo *a mano*?

$$+ M W W \dots + m \mu \mu \dots \rightarrow \text{rottura esplicita della simmetria di gauge}$$



Q.

\mathcal{L}

$$- \partial_\nu W_\mu$$

W

$$F_{\mu\nu}$$

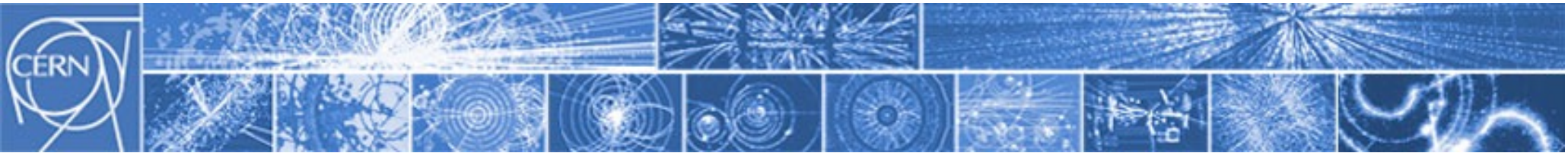
$$i\bar{\Psi}\not{D}\Psi$$

E_s

$+M$

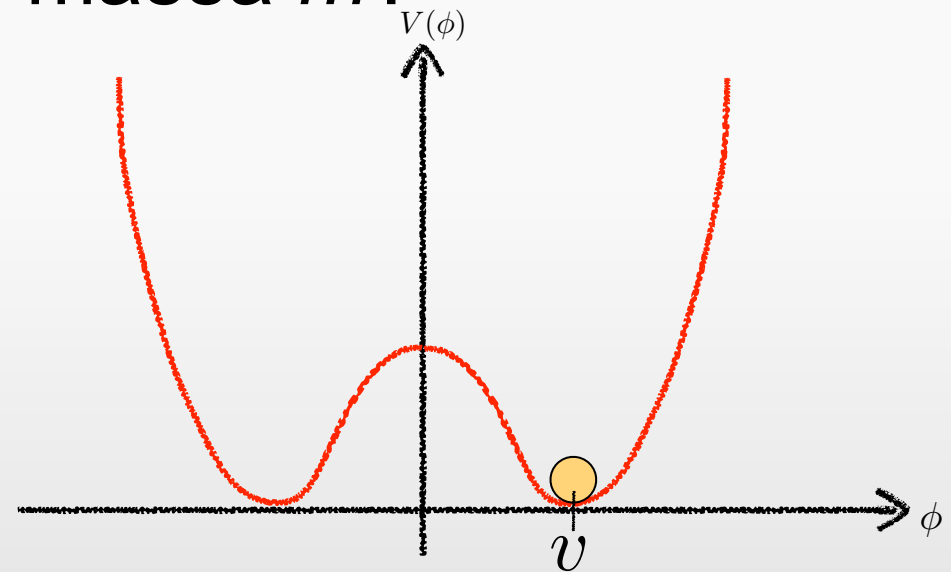


di gauge



Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + h$$

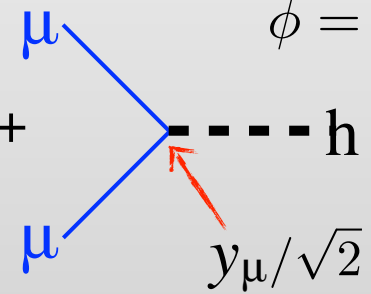
$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

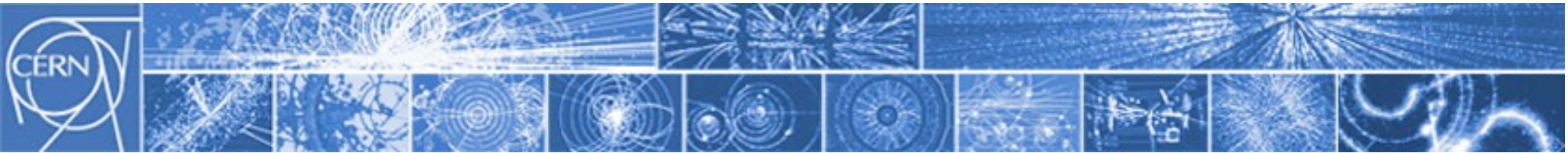
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

M_W

$$V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2}(2\lambda v^2) h h$$

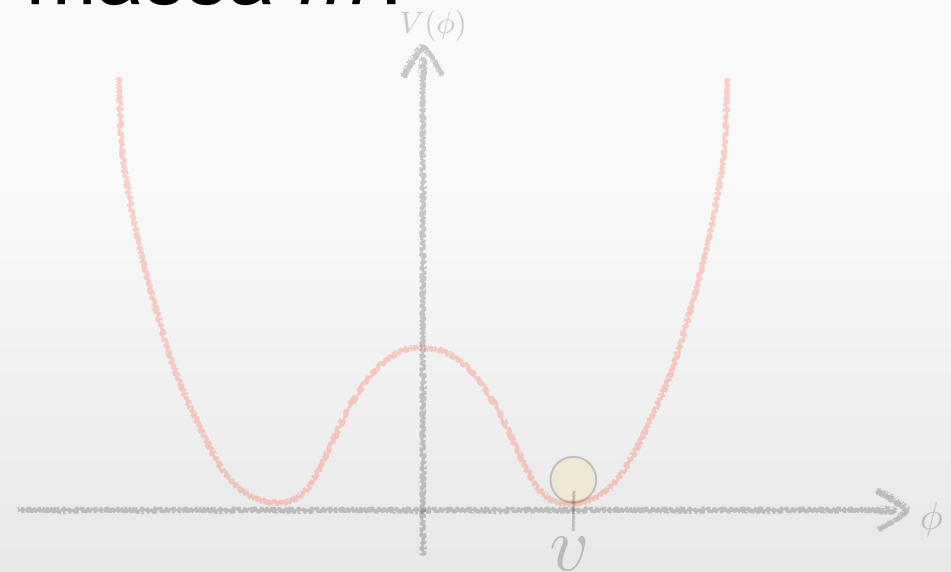
m_h^2





Q. Perché una particella ha massa m ?

$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D}\Psi + y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

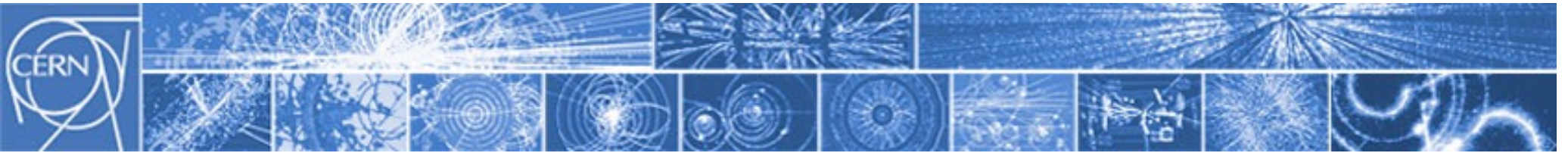


$$y_{ij} \Psi_i \Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + h$$

$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$

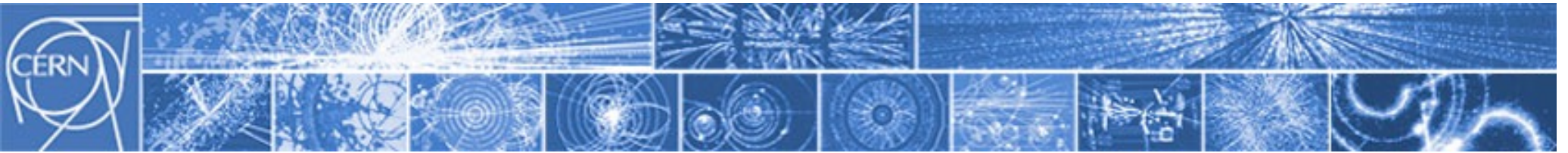
$$|D_\mu \phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^- \quad V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2} (2\lambda v^2) h h$$

A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y = \sqrt{2}m/v$!



Q. Perché una particella ha massa m ?

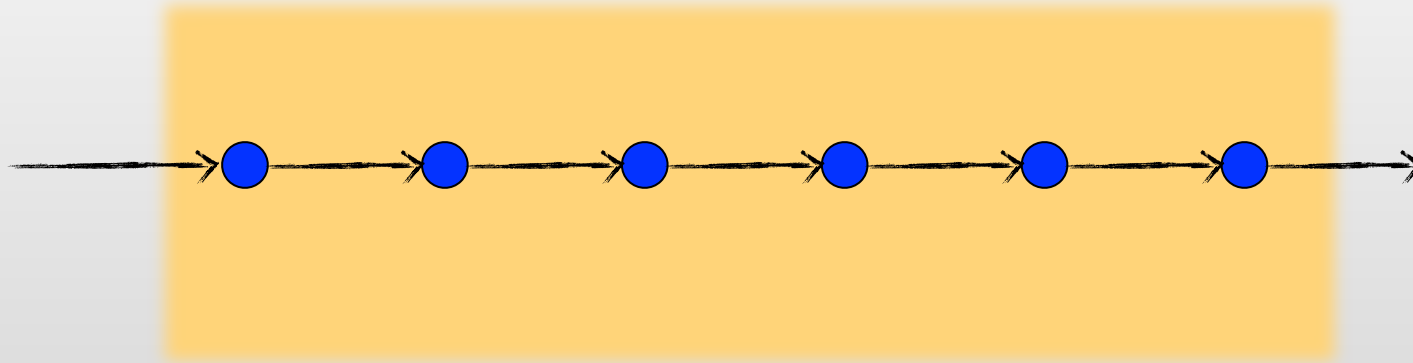
A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y=\sqrt{2}m/v!$

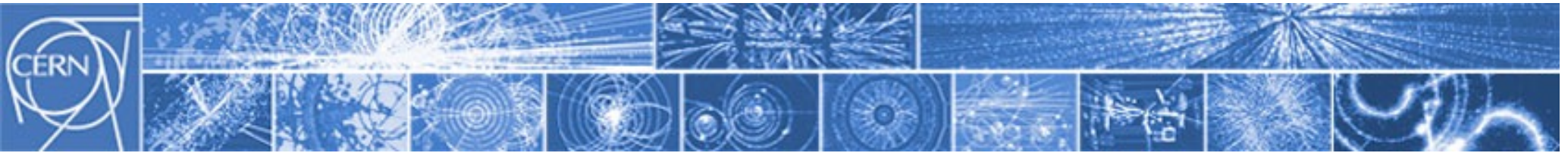


Q. Perché una particella ha massa m ?

A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y=\sqrt{2}m/v!$

Il *campo di higgs* è un mezzo continuo che permea l'universo.
Le particelle, interagendo col campo, acquistano un'inerzia/massa.

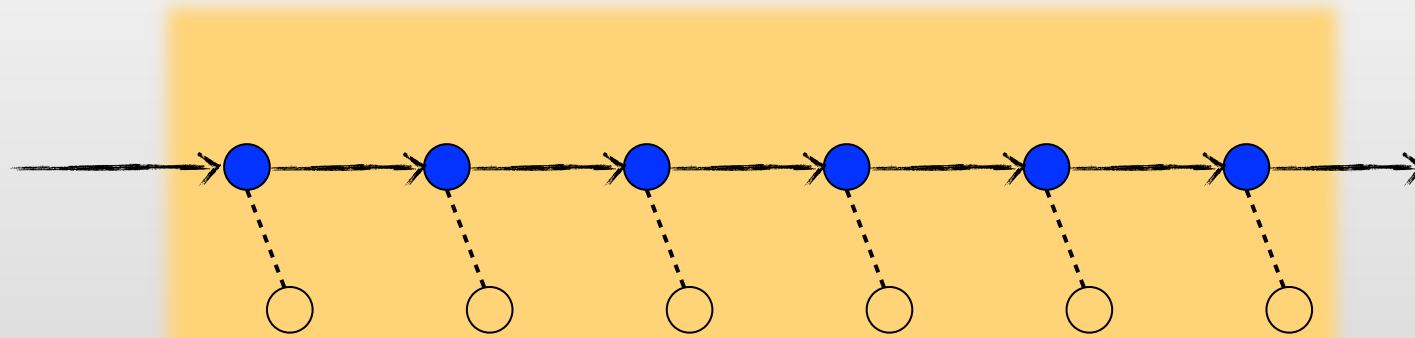


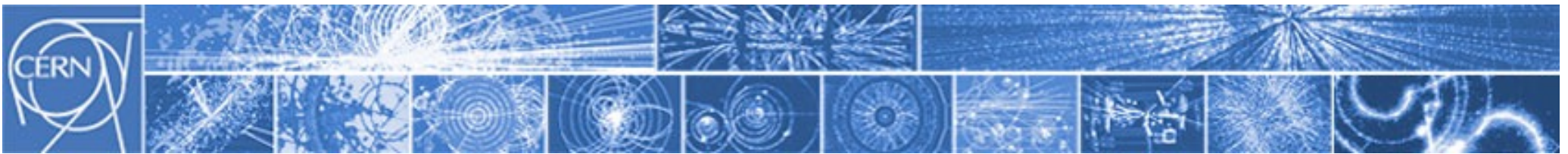


Q. Perché una particella ha massa m ?

A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y=\sqrt{2}m/v$!

Il *campo di higgs* è un mezzo continuo che permea l'universo.
Le particelle, interagendo col campo, acquistano un'inerzia/massa.

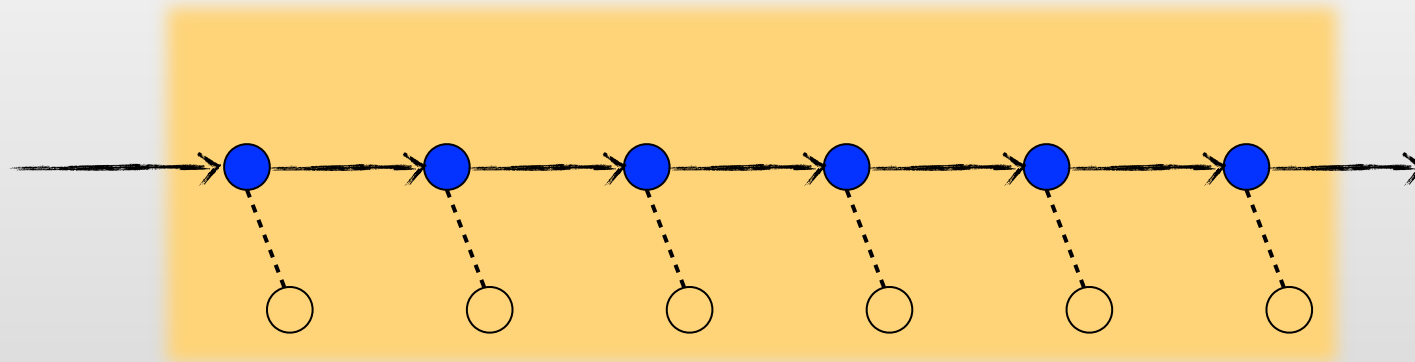




Q. Perché una particella ha massa m ?

A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y=\sqrt{2}m/v!$

Il *campo di higgs* è un mezzo continuo che permea l'universo.
Le particelle, interagendo col campo, acquistano un'inerzia/massa.



Le 'onde' del *campo* di Higgs sono una *particella*:
la particella di Higgs (bosone).

Equation (2b) describes waves whose quanta have
(bare) mass $2\phi_0\{V''(\phi_0^2)\}^{1/2}$

VOLUME 13, NUMBER 9

PHYSICAL REVIEW LETTERS

31 AUGUST 1964

BROKEN SYMMETRY AND THE MASS OF GAUGE VECTOR MESONS*

F. Englert and R. Brout

Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium
(Received 26 June 1964)

VOLUME 13, NUMBER 16

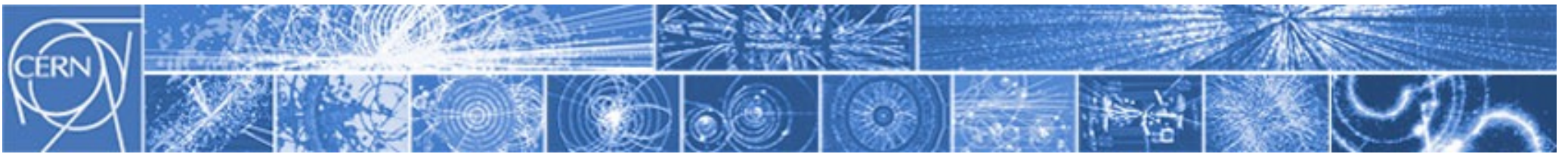
PHYSICAL REVIEW LETTERS

19 OCTOBER 1964

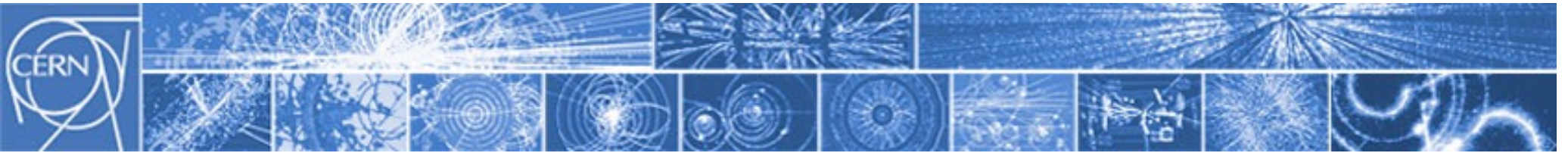
BROKEN SYMMETRIES AND THE MASSES OF GAUGE BOSONS

Peter W. Higgs

Tait Institute of Mathematical Physics, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland
(Received 31 August 1964)

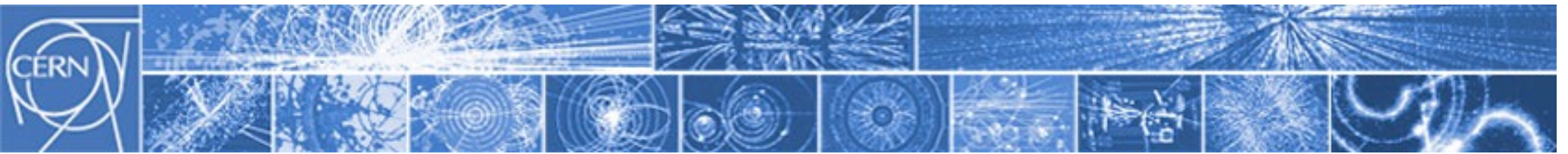


Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



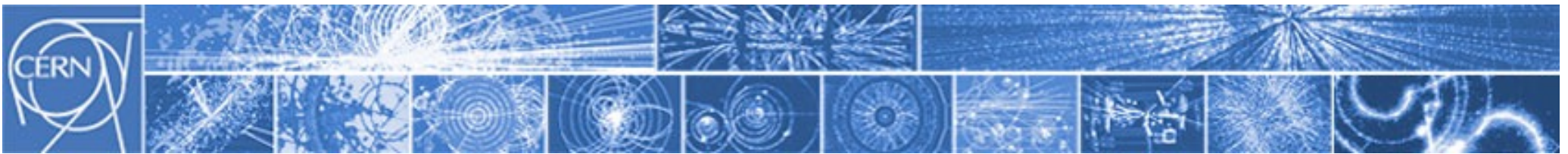
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



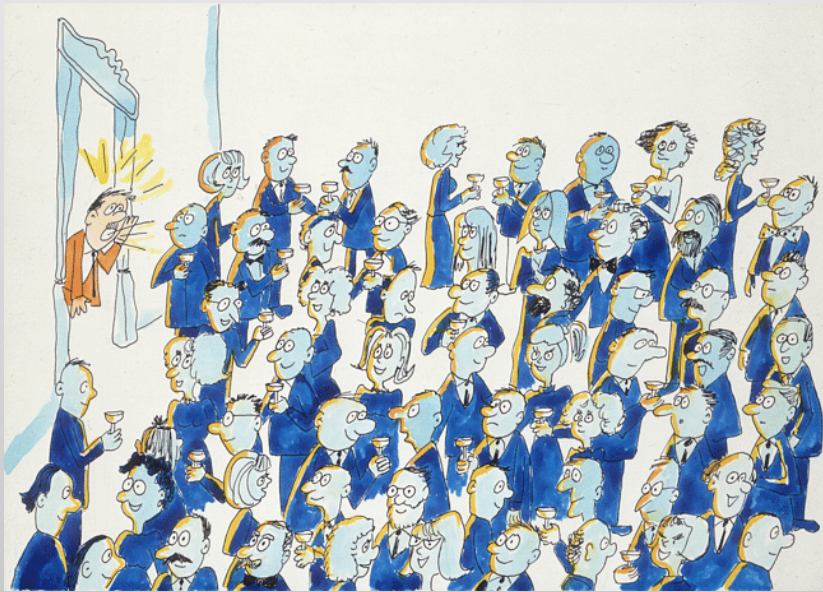
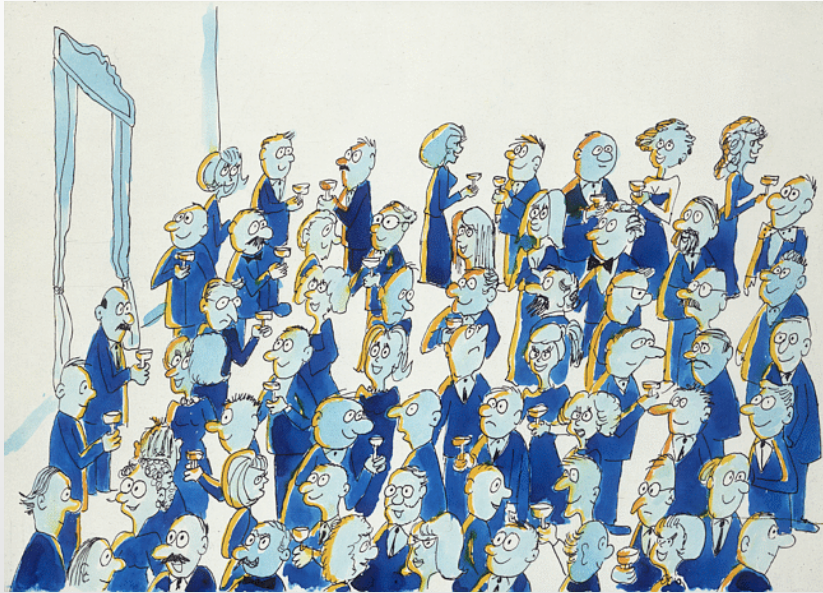


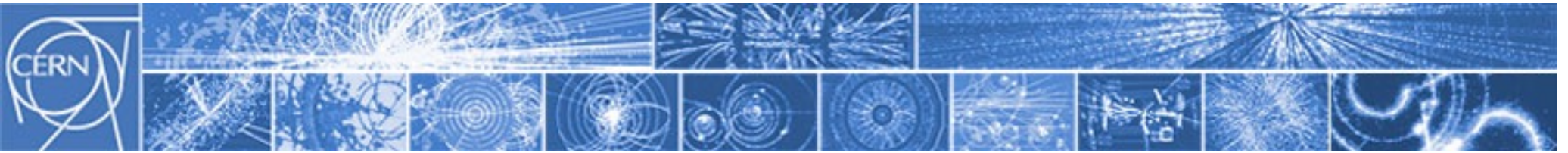
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



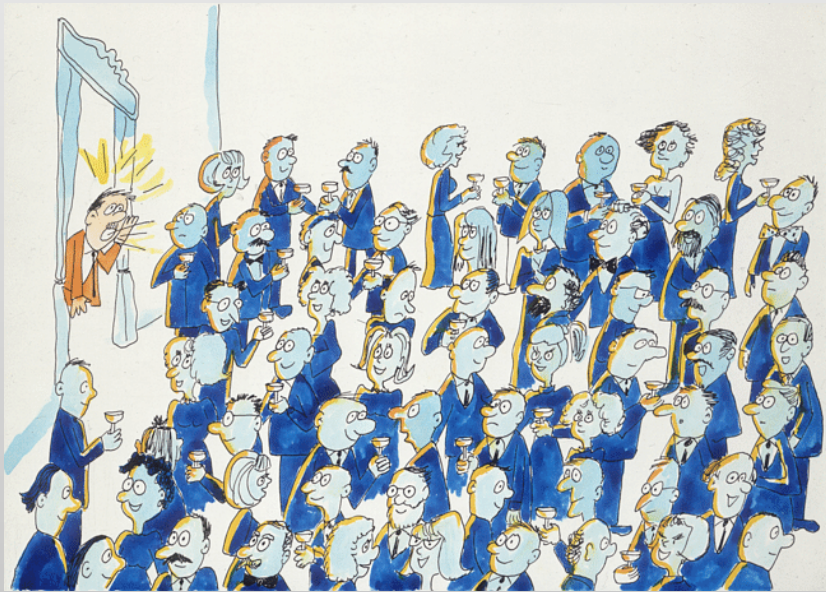


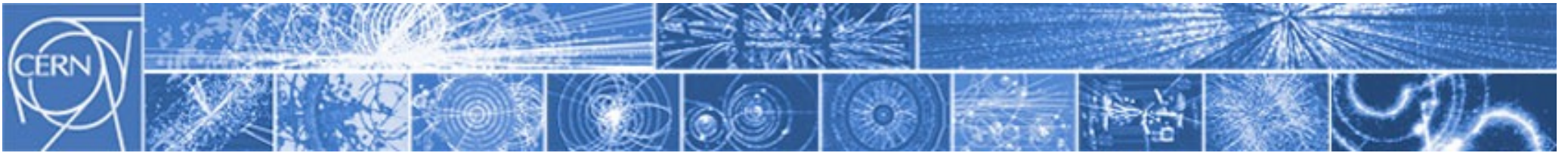
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



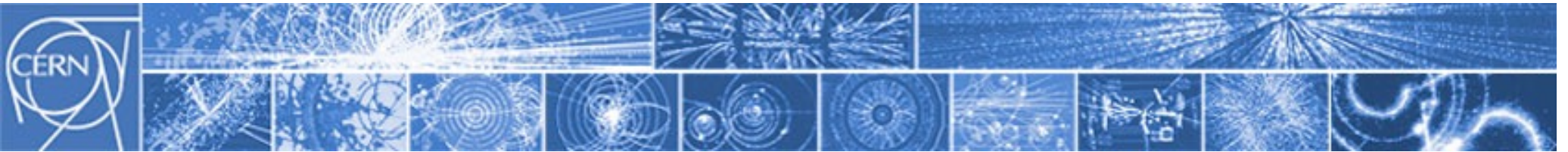


Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?





Recap: **Origine della massa**

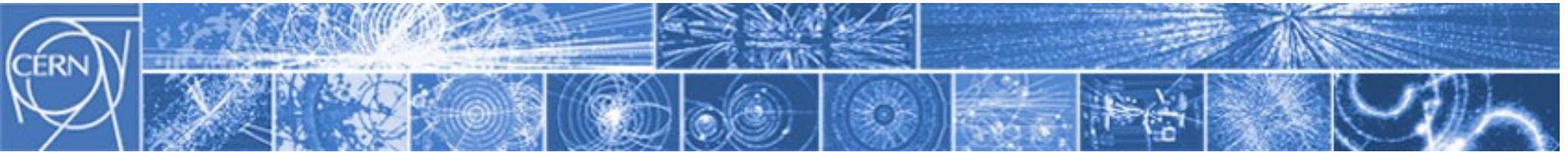


Recap: **Origine della massa**

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

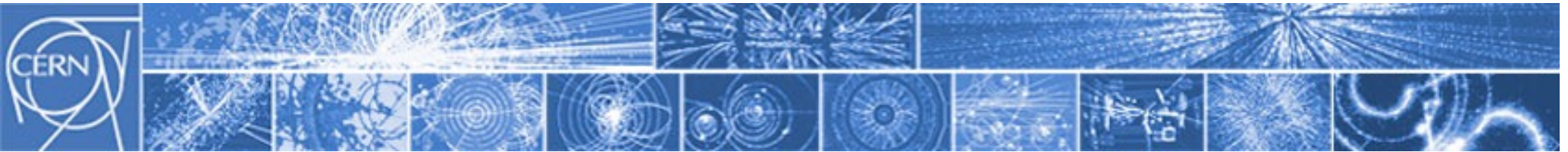
Particelle elementari

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

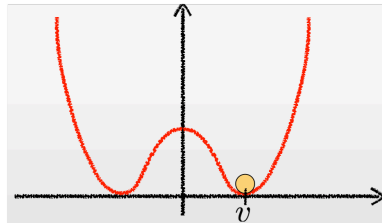
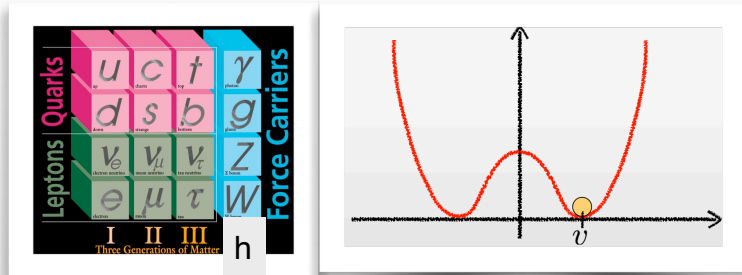
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

Particelle elementari



$$v \neq 0$$

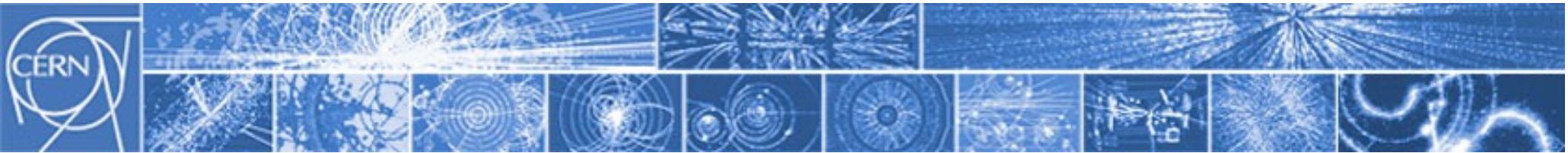
(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)

Microfisica *'spiega' da dove viene la massa*

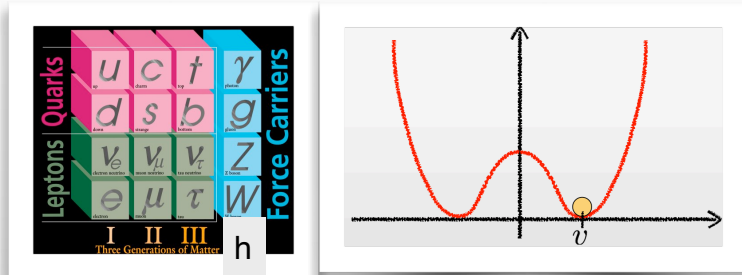
Macrofisica *descrive come la massa determina il comportamento di un corpo*

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

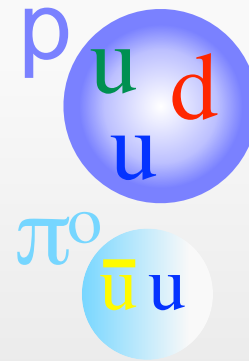
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

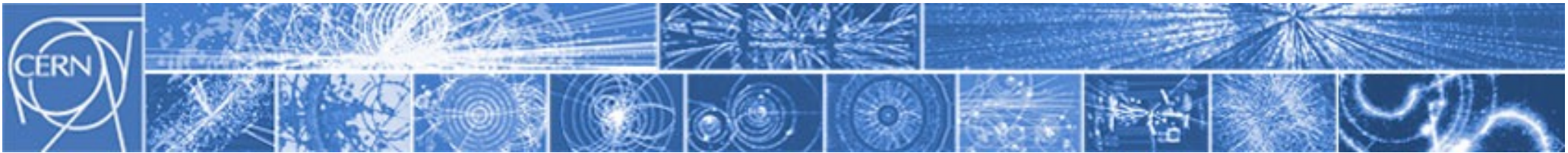
Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

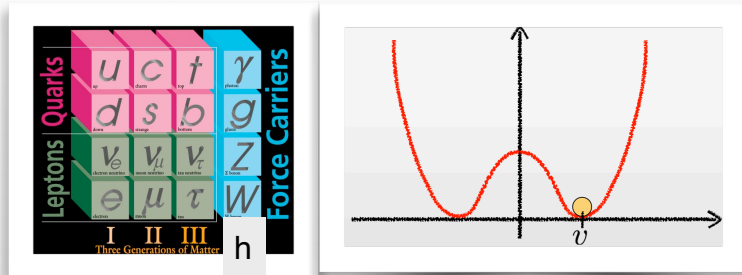
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

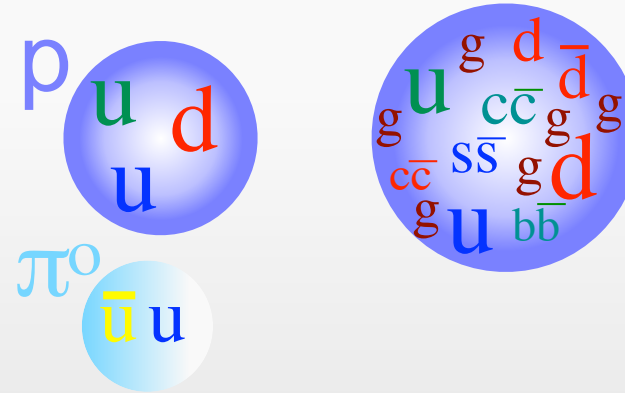
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)

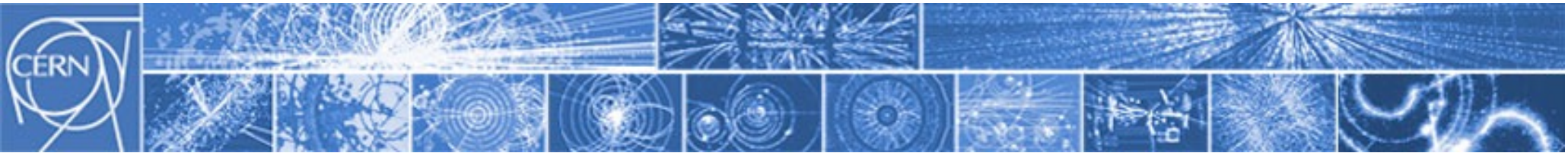


libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollio è la massa

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

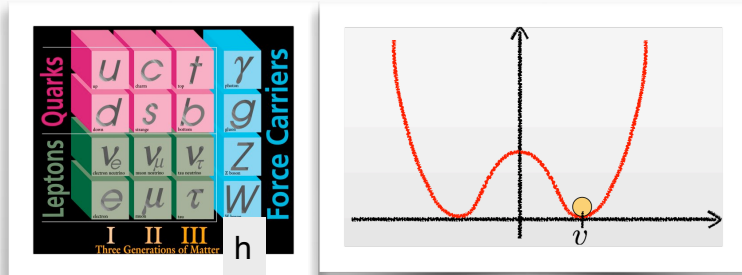
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

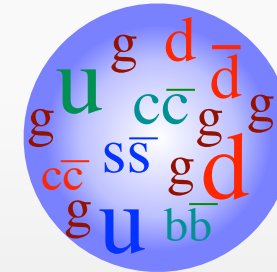
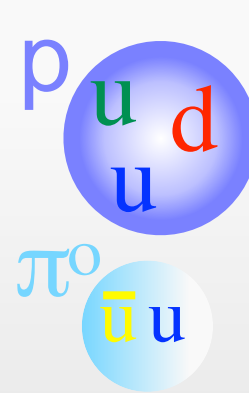
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollio è la massa

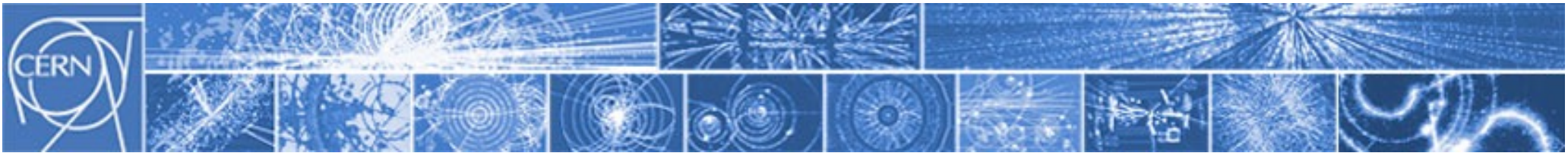
$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

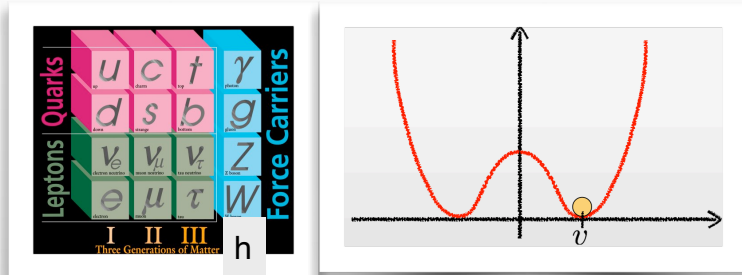
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

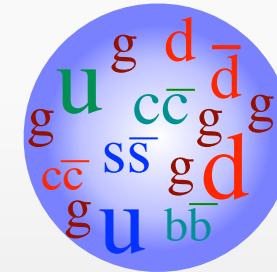
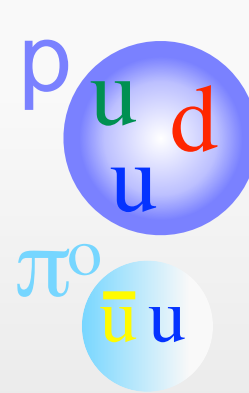
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollito è la massa

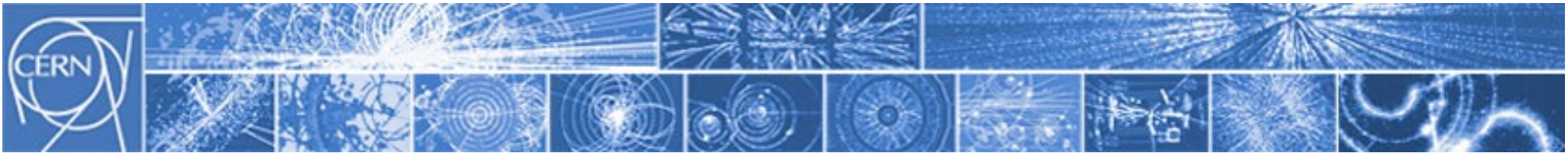
$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

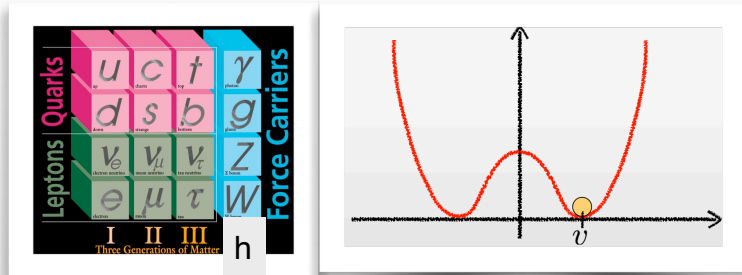
Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo



Recap: Origine della massa

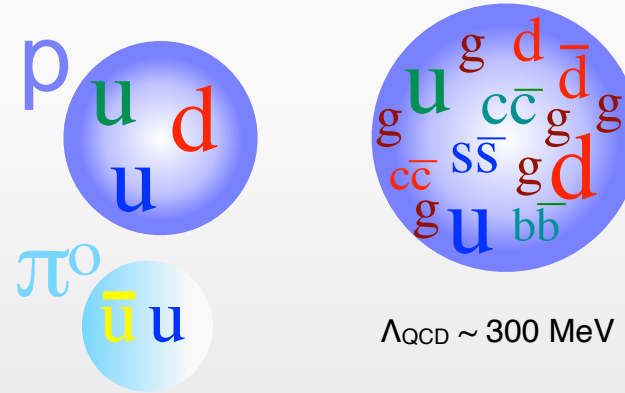
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

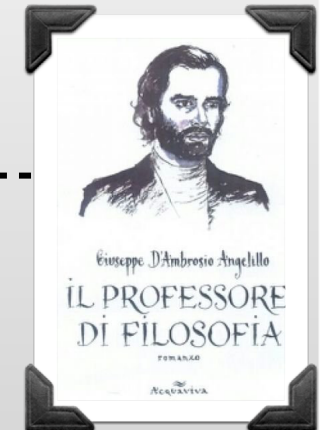
libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollito è la massa

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

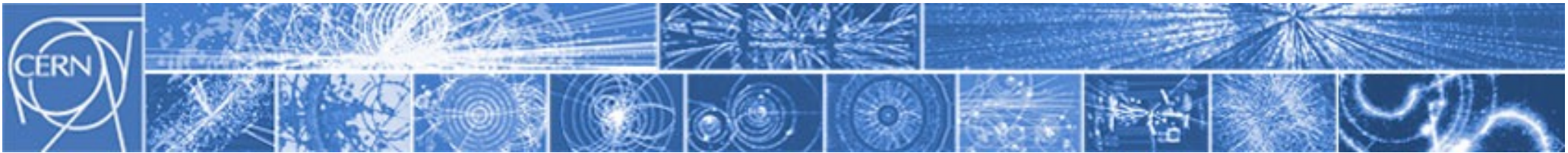
La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

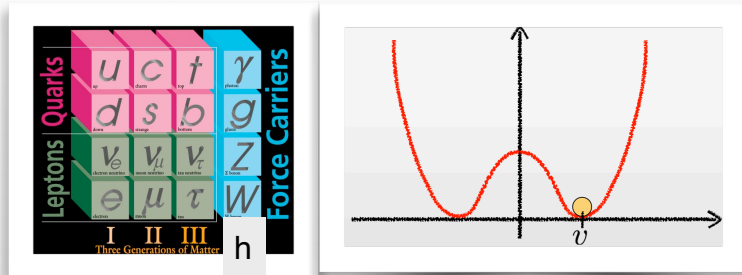


Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

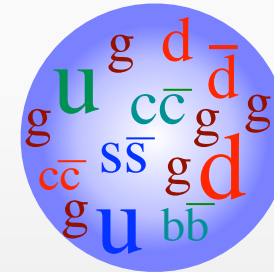
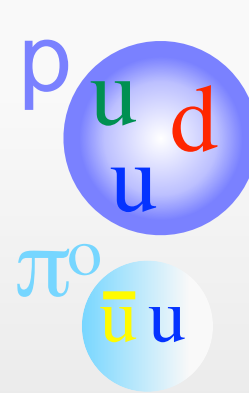
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollio è la massa

$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Massa Inerziale

resistenza opposta a una forza

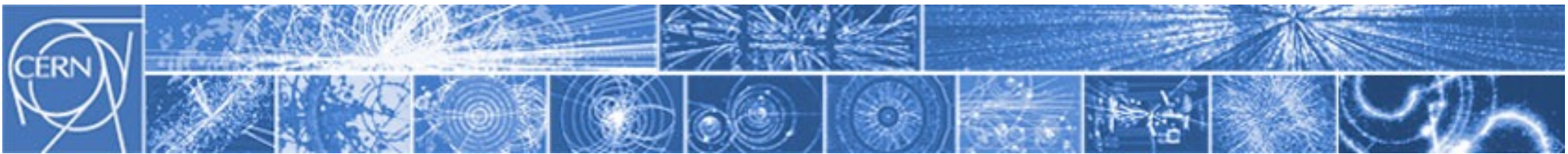
$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

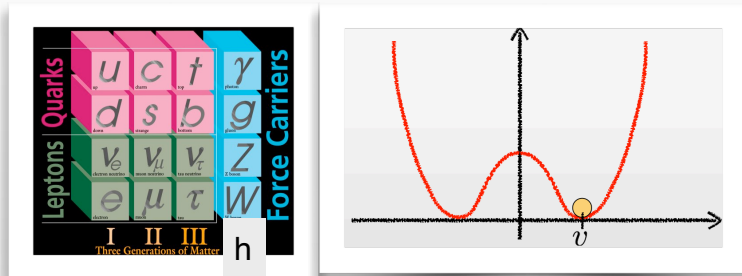
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)

libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di quarks e gluoni soffici, l'energia associata al ribollito è la massa

$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Massa Inerziale

resistenza opposta a una forza

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

=

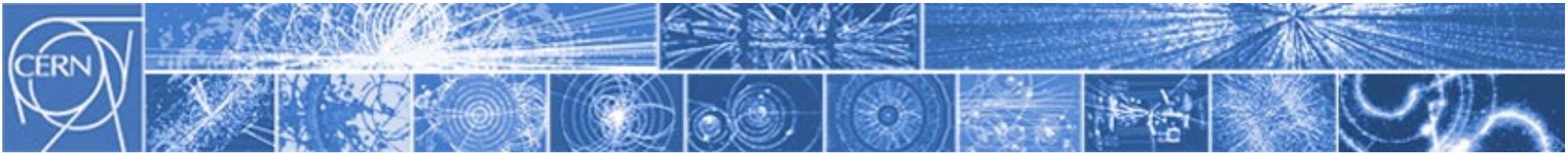
principio di
equivalenza
(Rel Gen)

Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

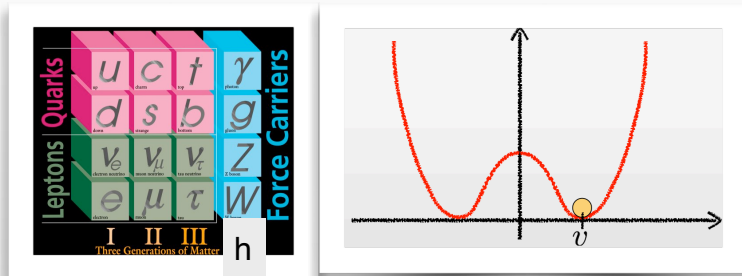
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

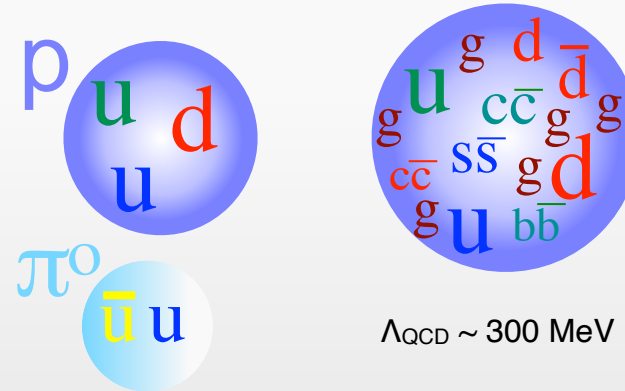
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollio è la massa

$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: break-up
 $M \ll \Lambda_{\text{QCD}}$: dress-up

La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Massa Inerziale

resistenza opposta a una forza

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

=

principio di
equivalenza
(Rel Gen)

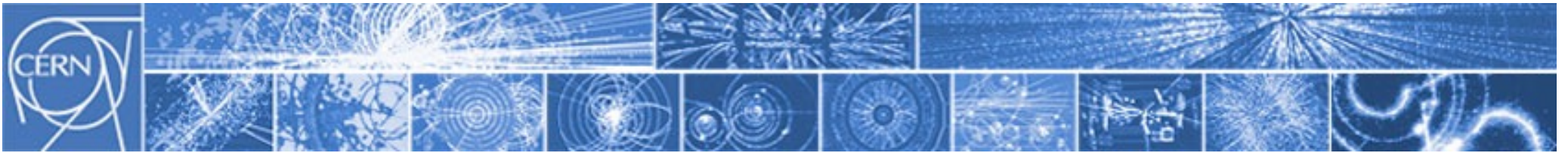
Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

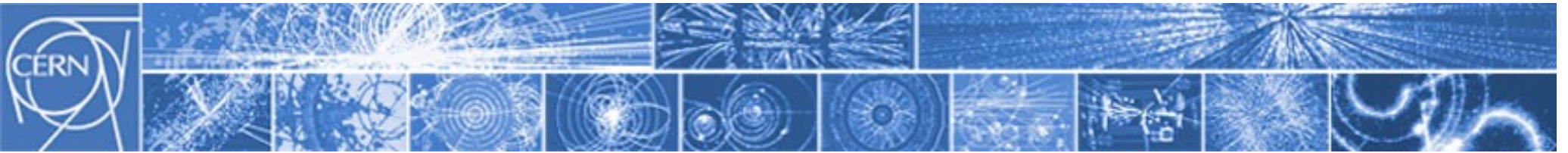
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Scienze naturali, Chimica

“La massa è il contenuto di materia di un corpo”



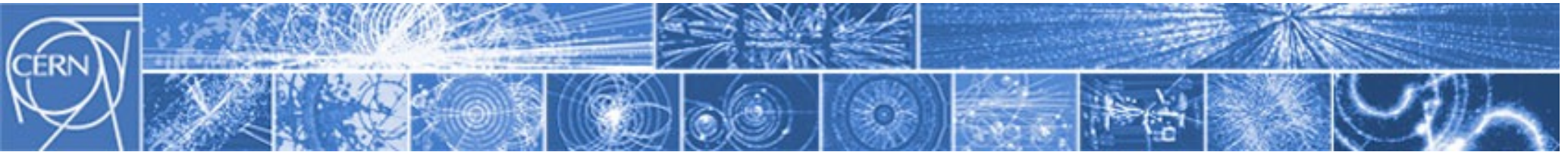
Oltre il Modello Standard



Problemi aperti in Fisica delle Particelle

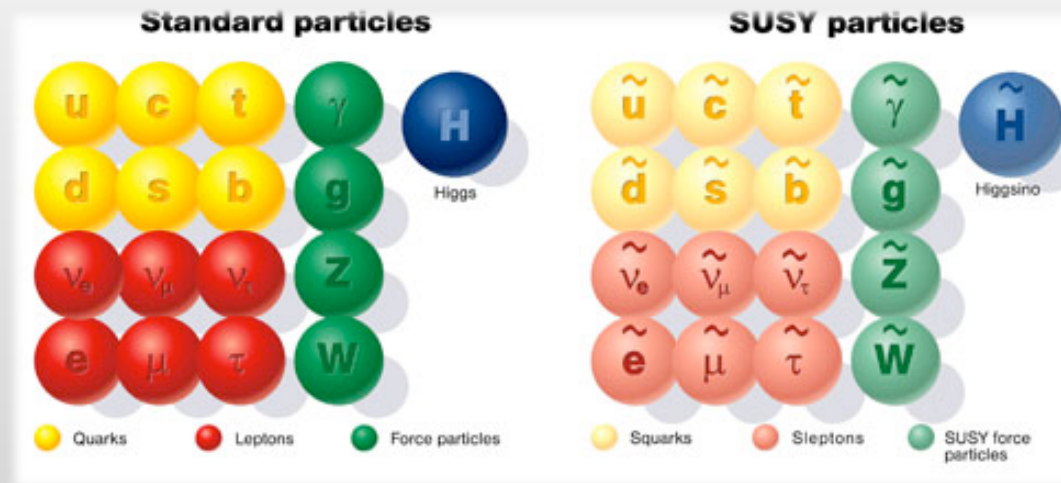
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs

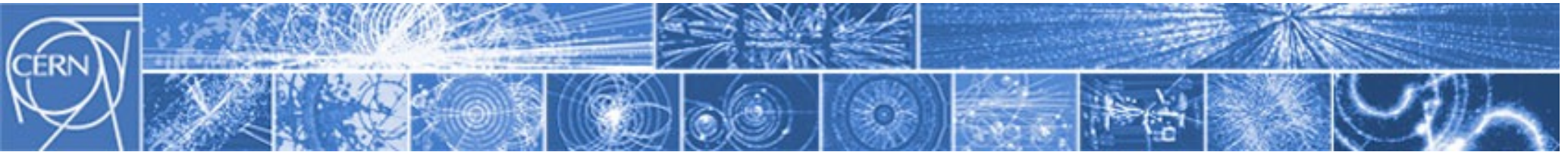




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

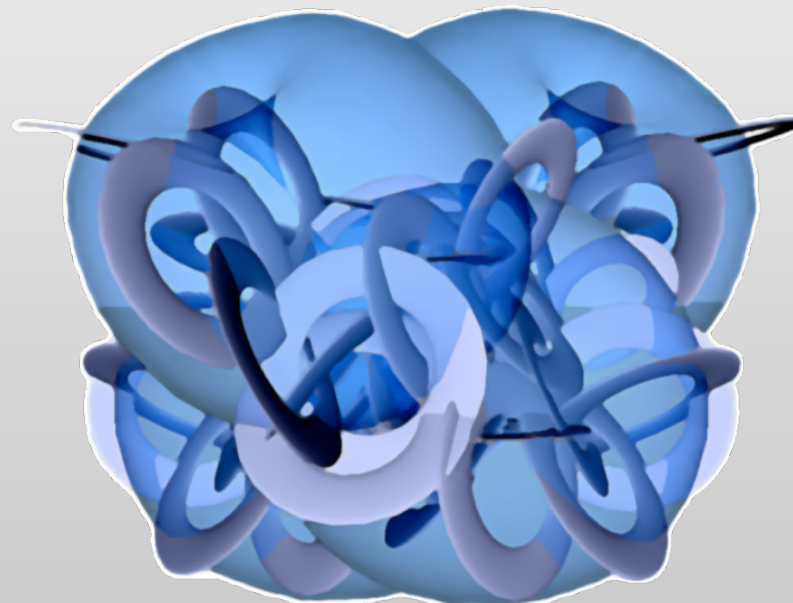
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)

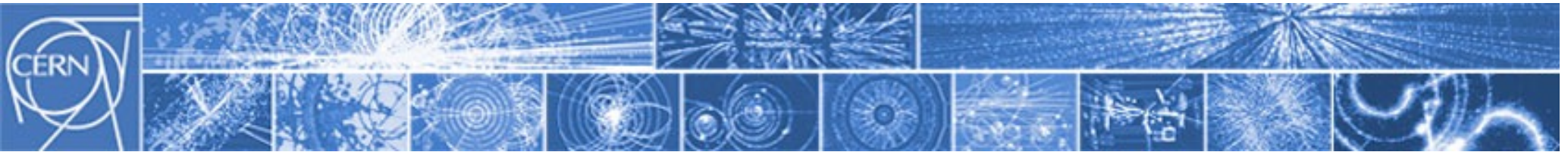




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

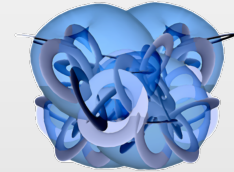
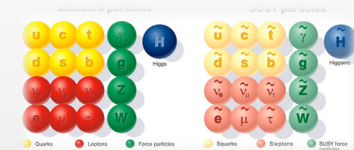
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)

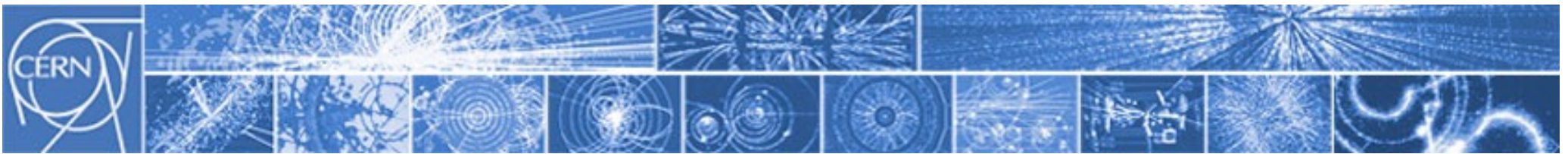




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

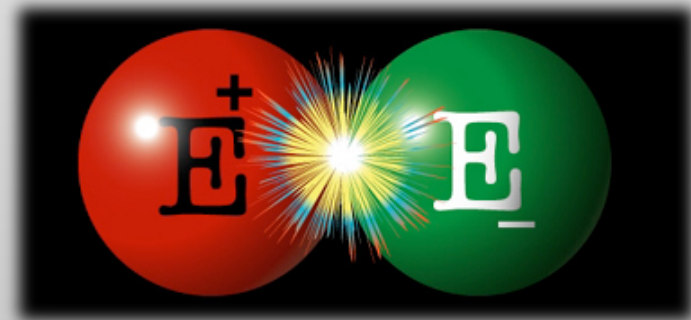
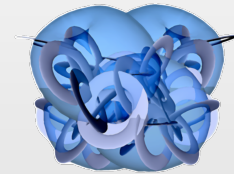
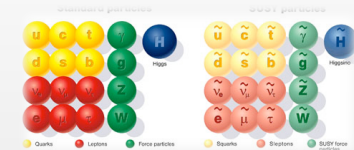
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della materia dell'Universo!)

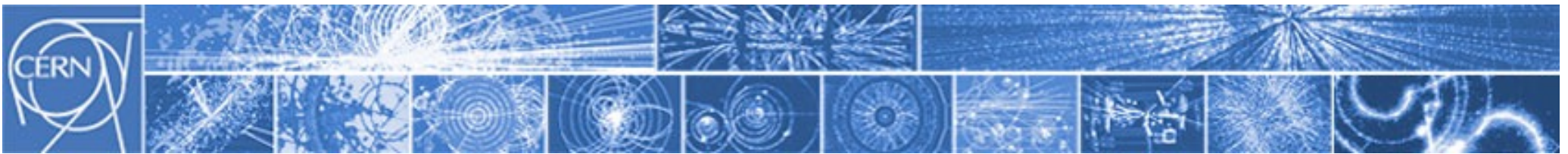




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

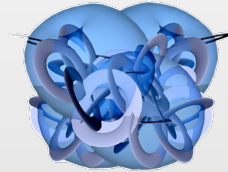
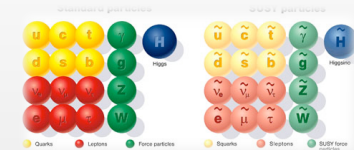
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della materia dell'Universo!)
- l'asimmetria materia-antimateria
(dove è finita tutta l'antimateria dell'Universo?)

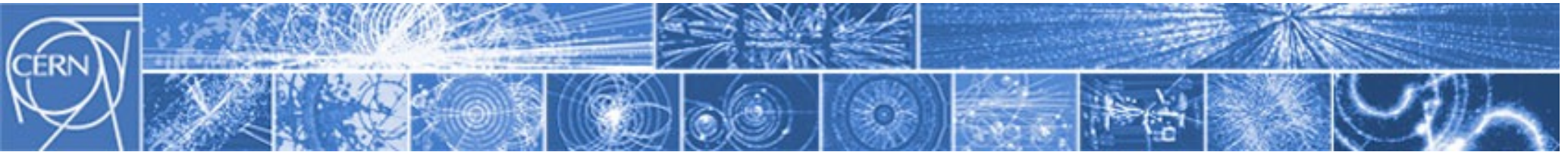




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della materia dell'Universo!)
- l'asimmetria materia-antimateria
(dove è finita tutta l'antimateria dell'Universo?)
- le masse e la natura dei neutrini
(perché particelle così speciali?)
- ...





Problemi aperti in Fisica delle Particelle

- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della materia dell'Universo!)
- l'asimmetria materia-antimateria
(dove è finita tutta l'antimateria dell'Universo?)
- le masse e la natura dei neutrini
(perché particelle così speciali?)
- il fato dell'Universo

