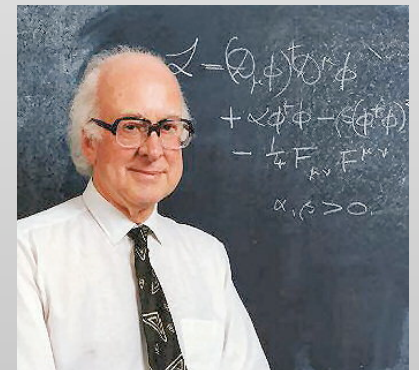
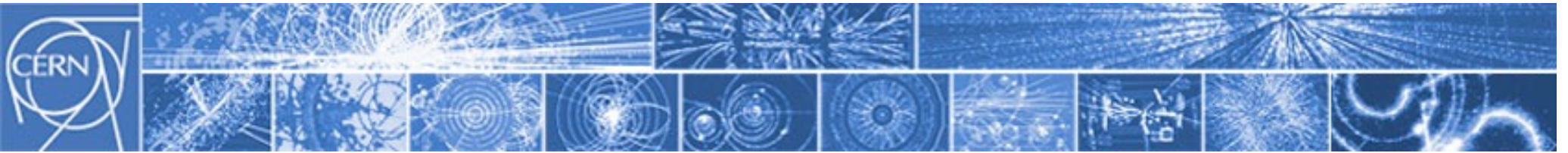


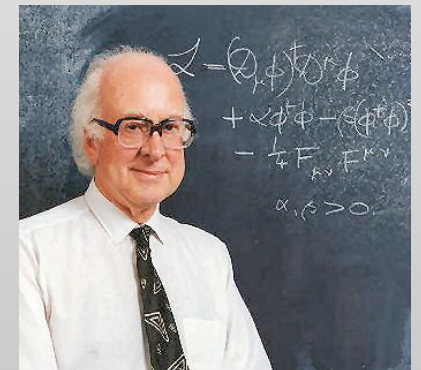
Il bosone di Higgs

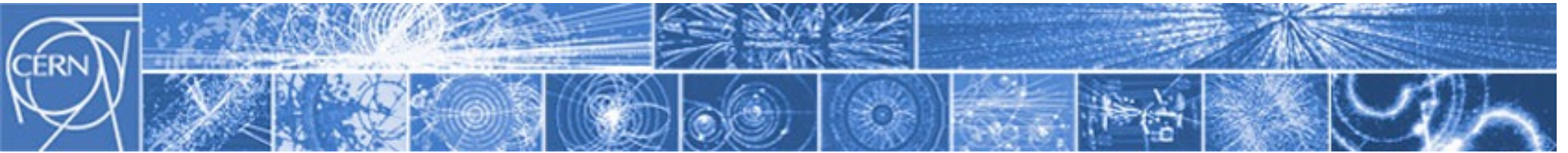




Il bosone di ~~Higgs~~

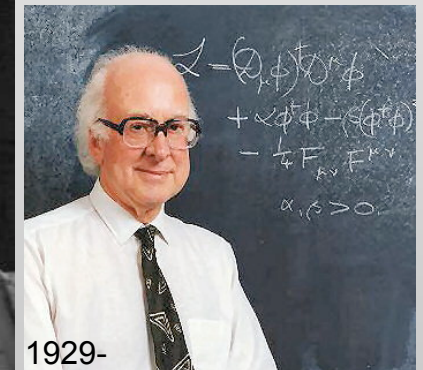
Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble

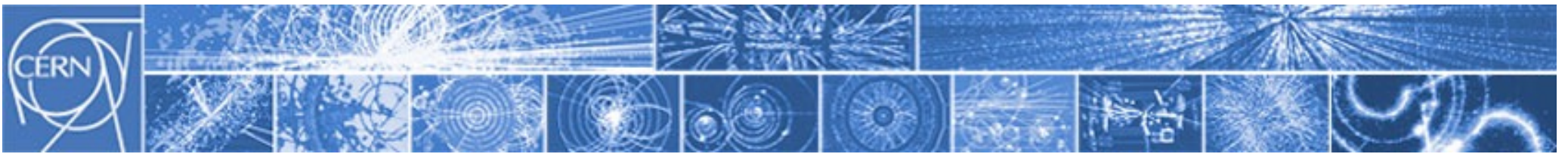




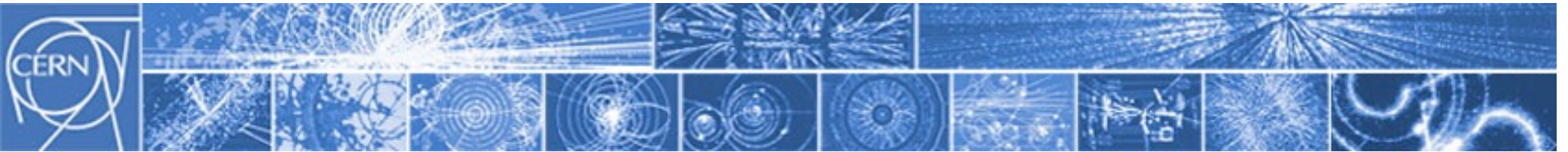
Il bosone di ~~Higgs~~

Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble



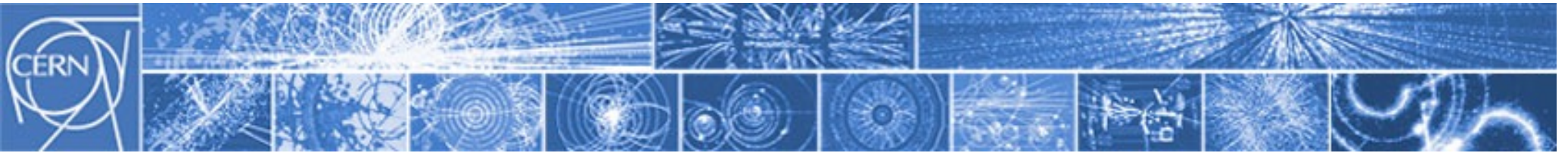


Q. Perché una particella ha massa m ?



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 ?

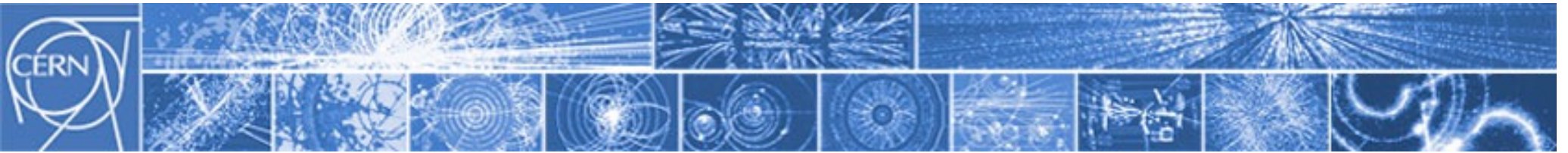
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$$

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

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

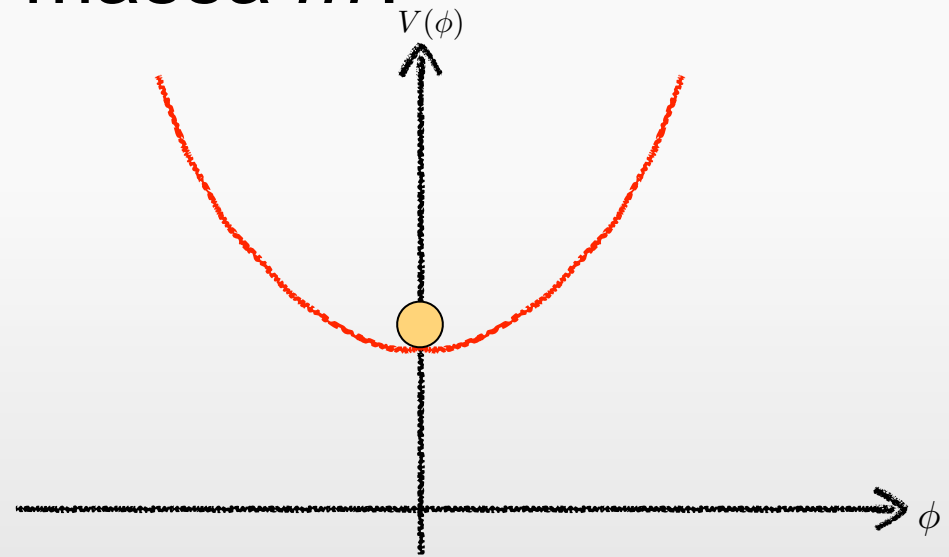
$$+|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$

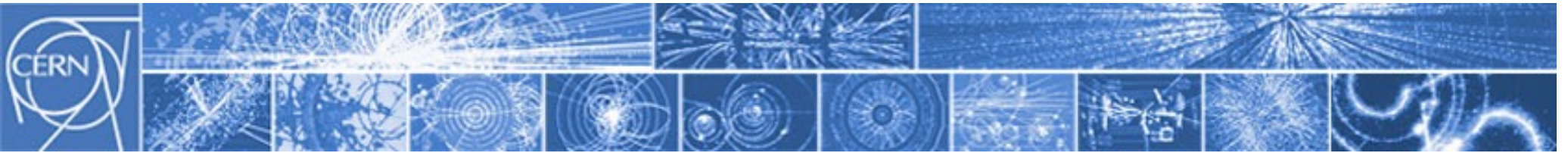
$$-m^2|\phi|^2 + \lambda|\phi|^4$$
An arrow points from the expanded potential equation below to the $V(\phi)$ term in the equation above.



Q. Perché una particella ha massa m ?

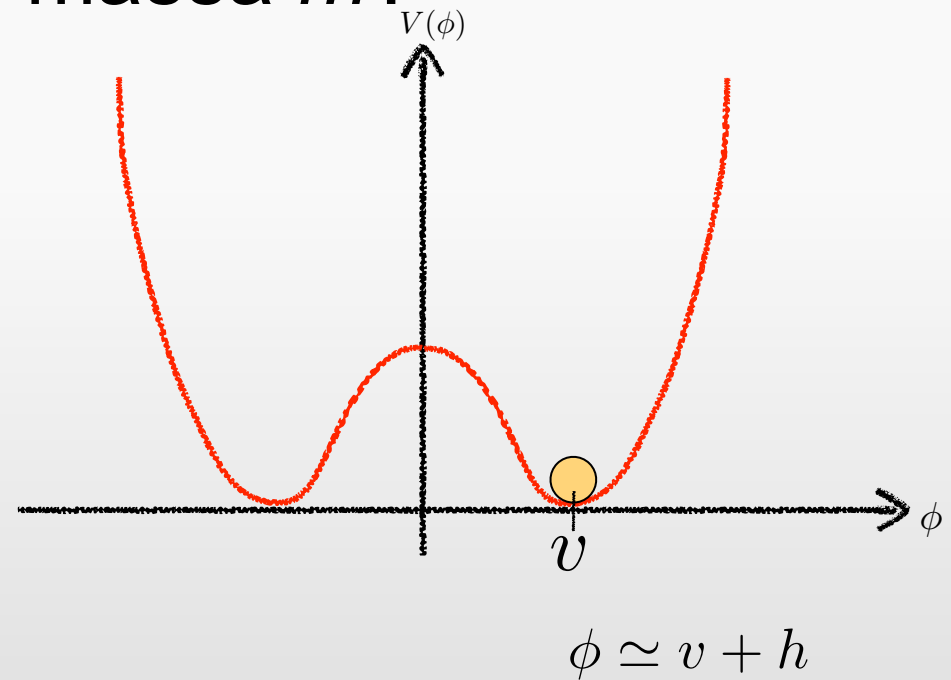
$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

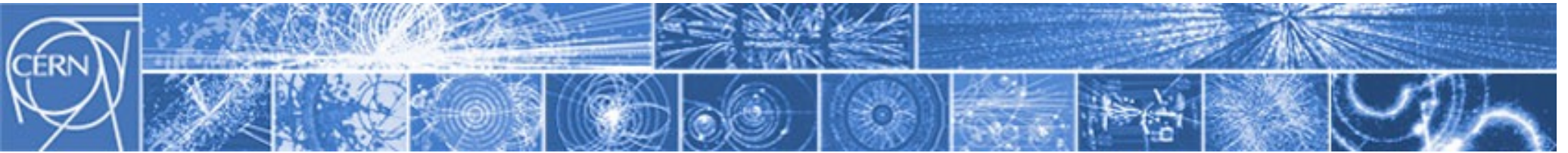




Q. Perché una particella ha massa m ?

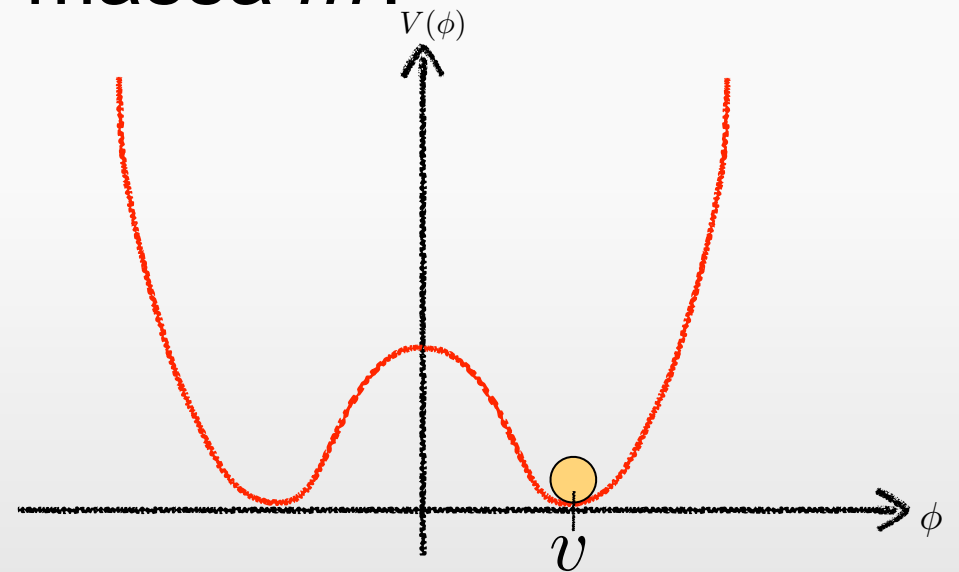
$$\begin{aligned}\mathcal{L} \simeq & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} \\ & +i\bar{\Psi}\not{D}\Psi \\ & +y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi \\ & +|D_\mu\phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$



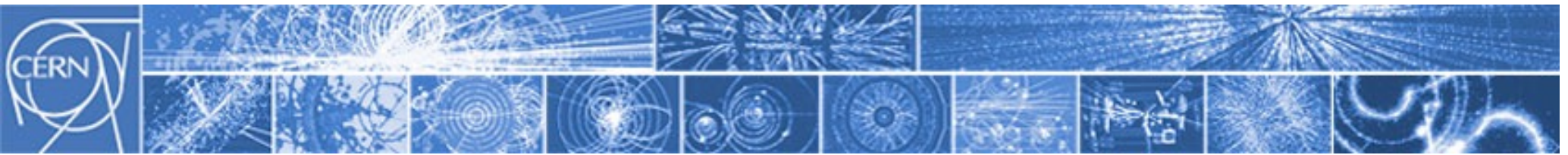


Q. Perché una particella ha massa m ?

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

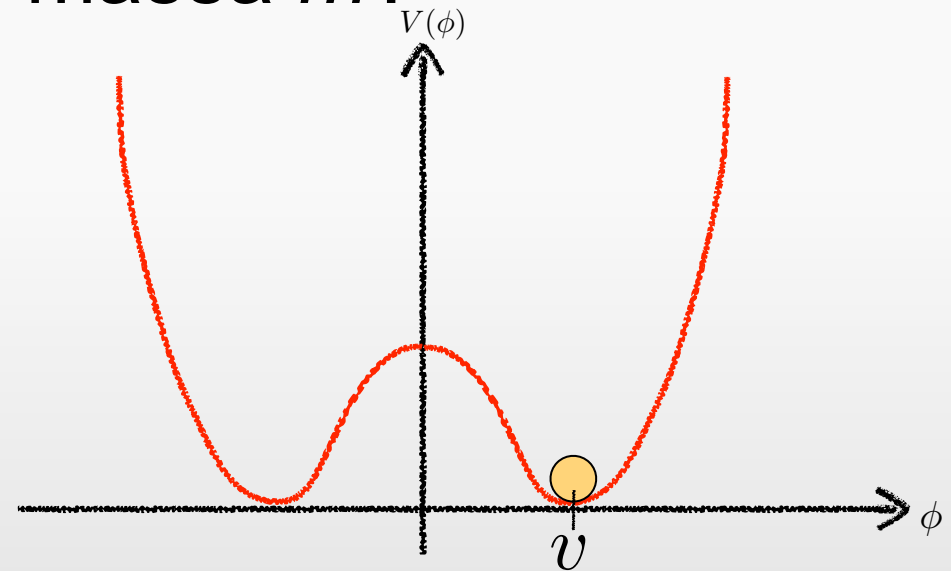


$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$$



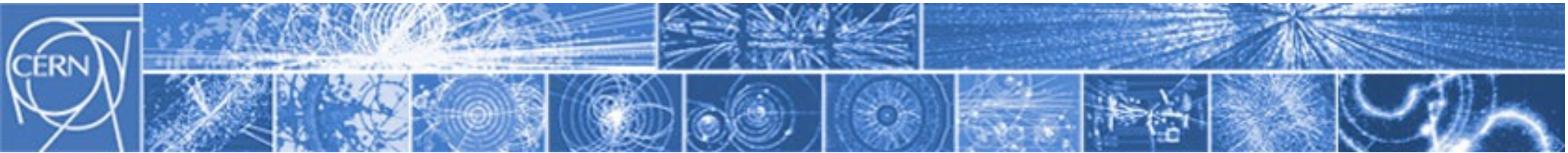
Q. Perché una particella ha massa m ?

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



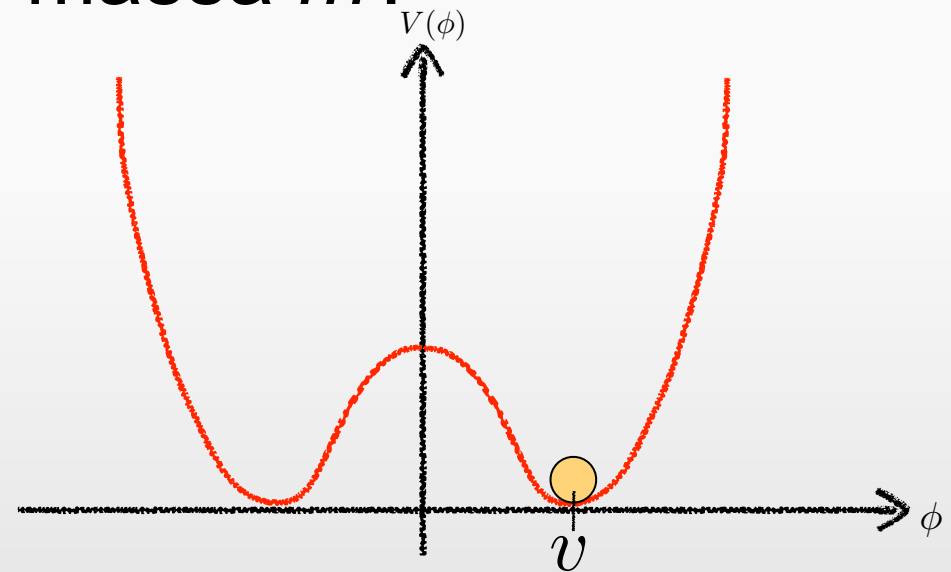
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + \mu \rightarrow h$$

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



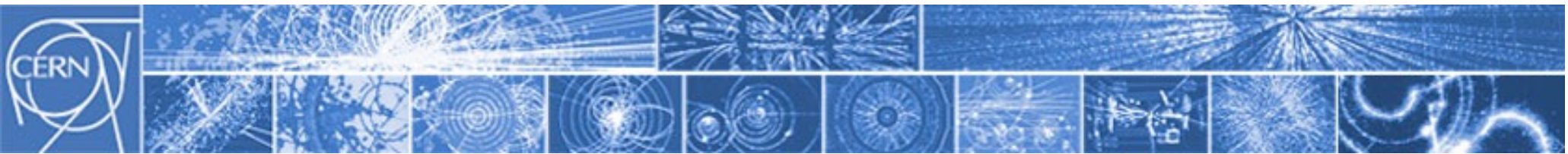
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + h$$

\downarrow m_μ
 μ
 $+$
 μ
 \rightarrow

 h

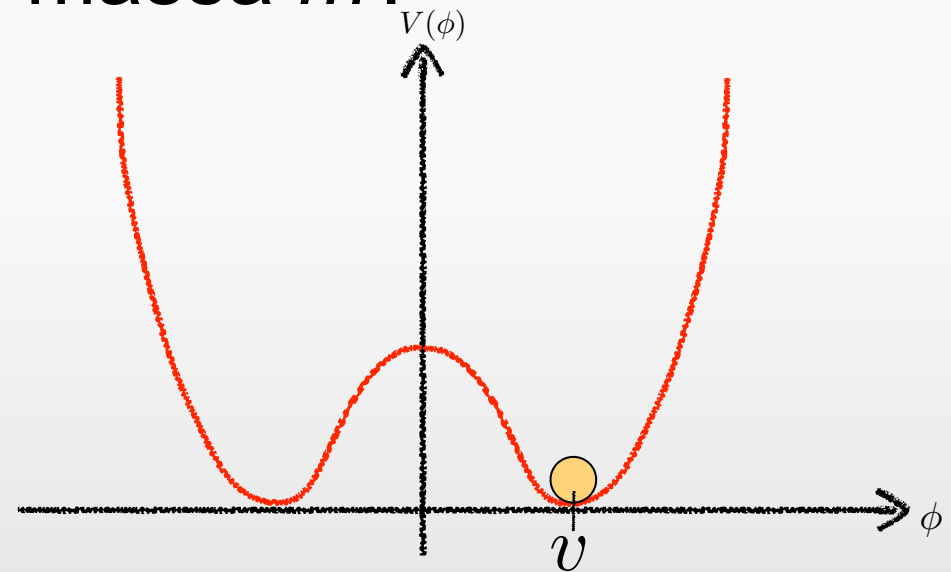
$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

\uparrow $y_\mu/\sqrt{2}$



Q. Perché una particella ha massa m ?

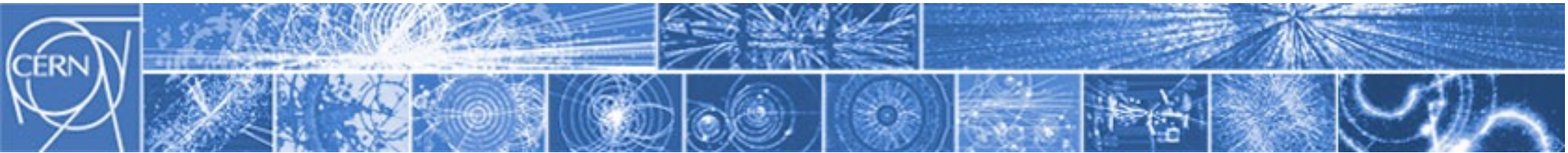
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi}\not{D}\Psi + y_{ij}\Psi_i\Psi_j\phi + |D_\mu\phi|^2 - V(\phi)$$



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

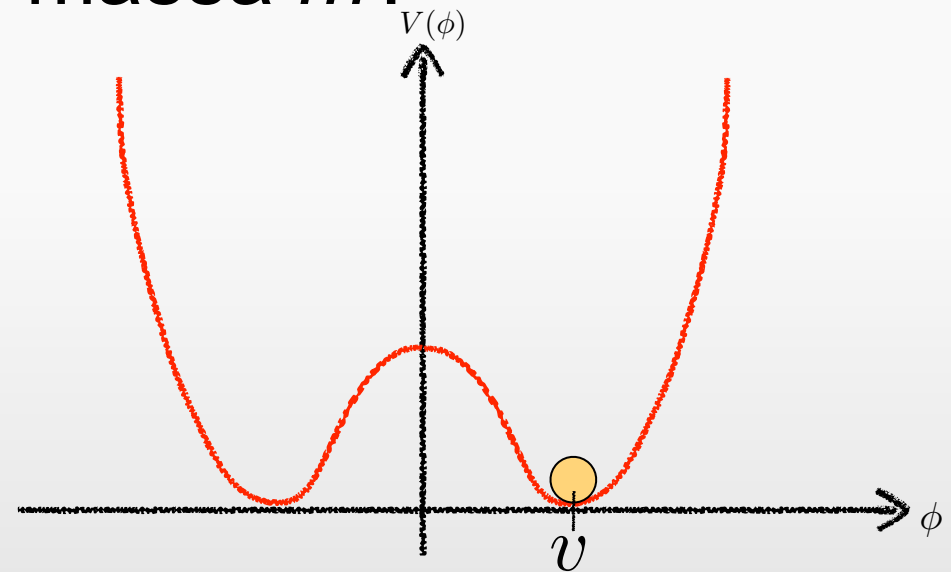
\downarrow m_μ + - h
↖ $y_\mu/\sqrt{2}$

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



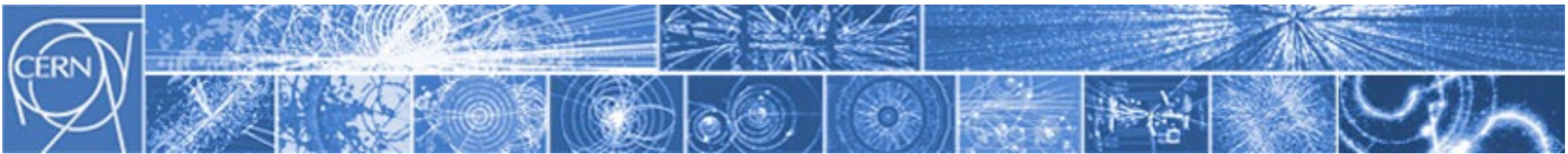
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + \mu + h$$

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

The diagram shows two blue lines labeled μ and a dashed line labeled h . A red arrow points from the coefficient $y_\mu/\sqrt{2}$ to the dashed line h .

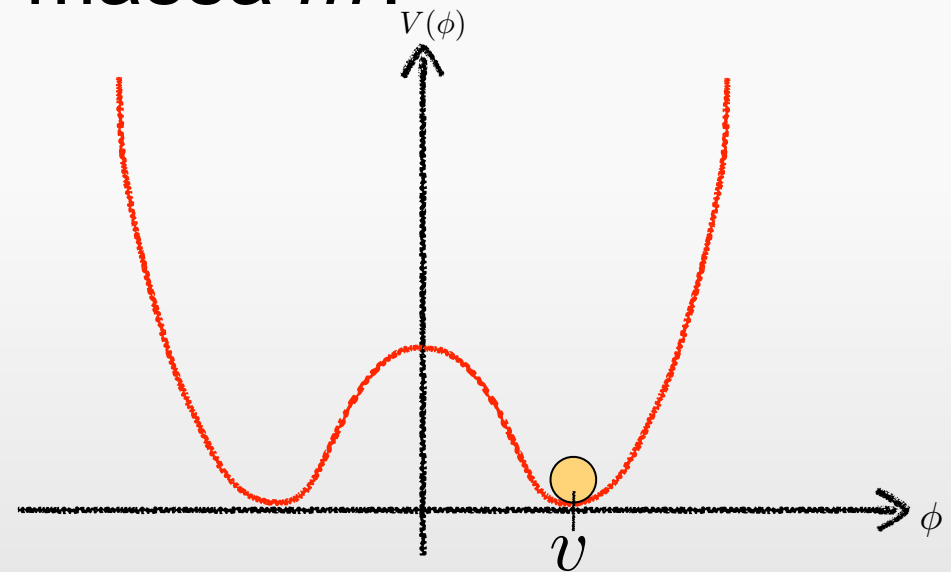
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

The coefficient $\frac{g v}{2}$ is enclosed in a red box, and a red arrow points from it to the label M_W .



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



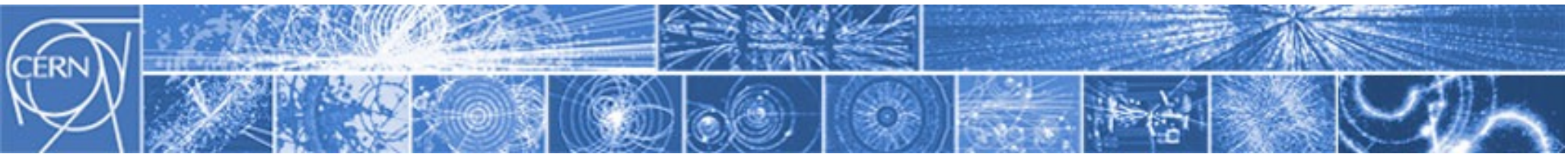
$$y_{ij}\Psi_i\Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}}\mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}}\mu\mu h = \mu + \text{---} h$$

μ (pointing to the first μ) μ (pointing to the second μ) $y_\mu/\sqrt{2}$ (pointing to the coefficient of h)

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

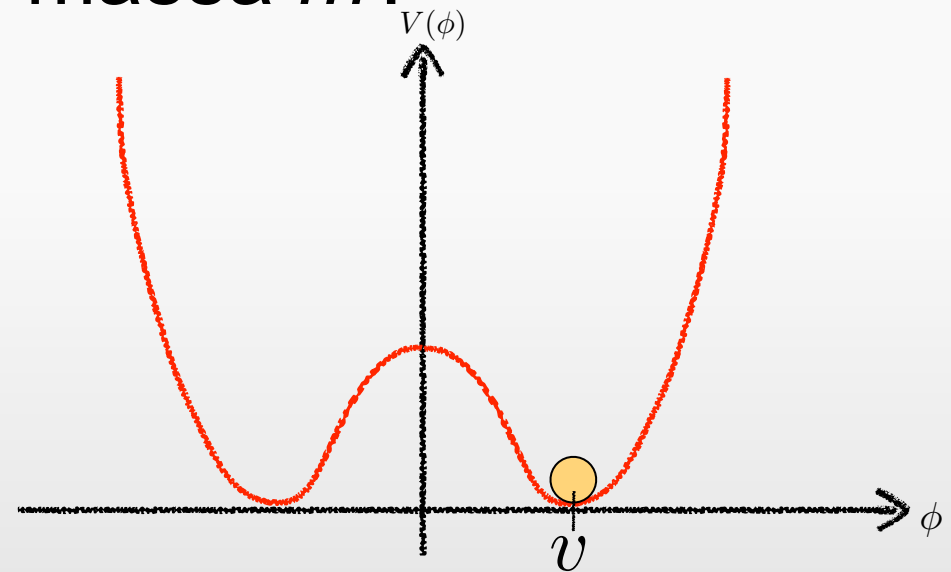
M_W (pointing to $\frac{g v}{2}$)

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



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

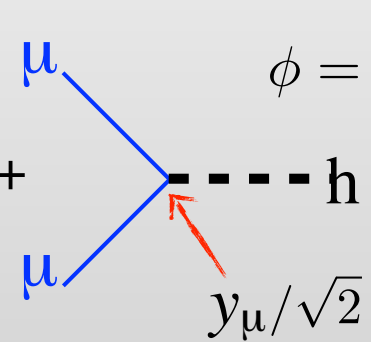
$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

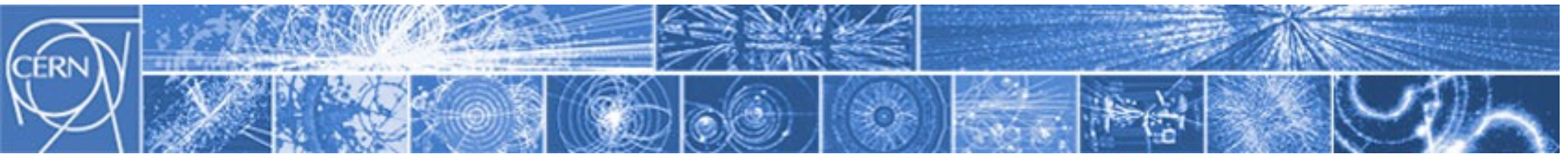
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

M_W

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

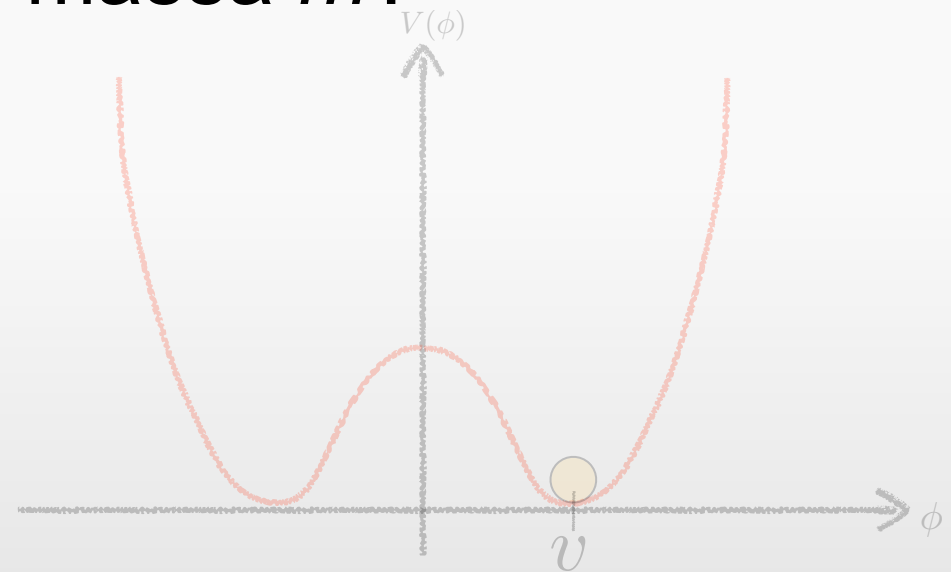
m_h^2





Q. Perché una particella ha massa m ?

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

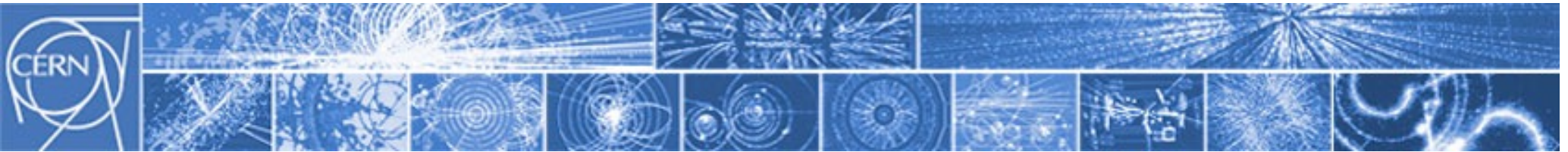


$$y_{ij} \Psi_i \Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + h$$

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

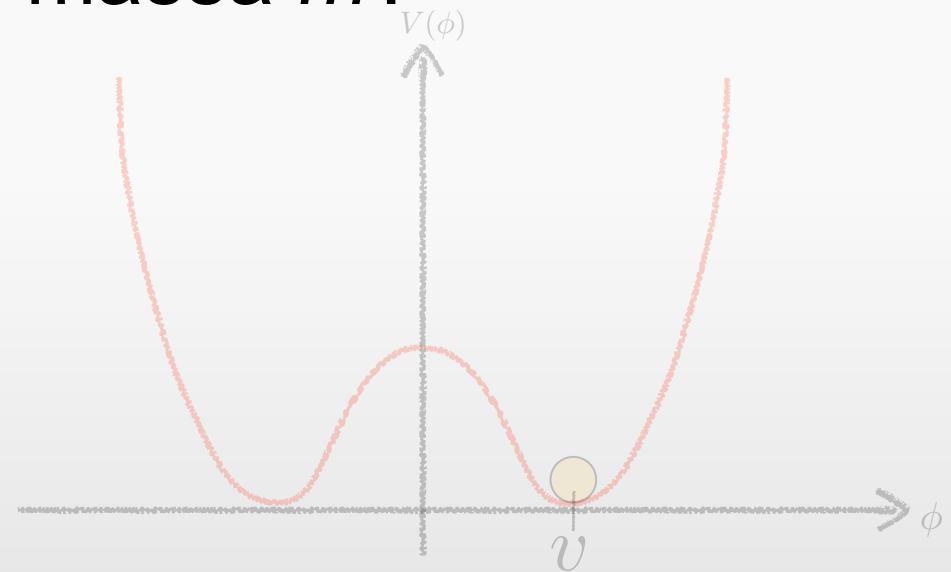
$$|D_\mu \phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^- \quad V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2} (2\lambda v^2) h h$$

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



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

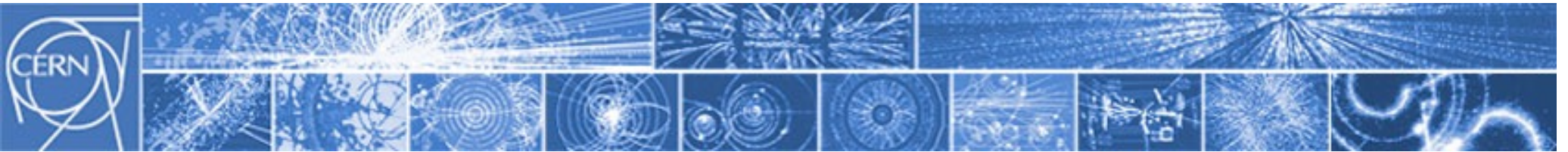
$$y_{ij} \Psi_i \Psi_j \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h) \rightsquigarrow \frac{y_\mu v}{\sqrt{2}} \mu\mu + \frac{y_\mu}{\sqrt{2}} \mu\mu h = \mu + \mu h$$

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

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

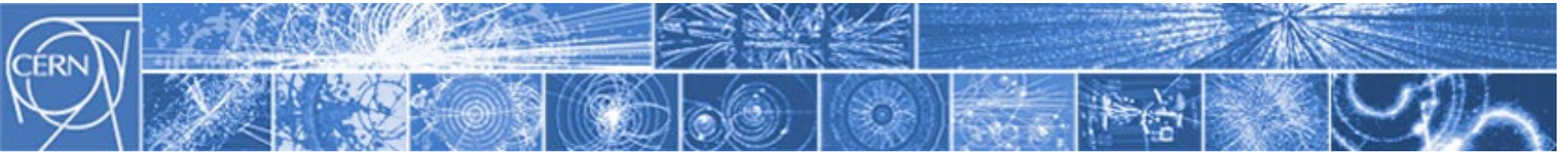
$\frac{g v}{2} \rightarrow M_W$ $2\lambda v^2 \rightarrow m_h^2$

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 ?

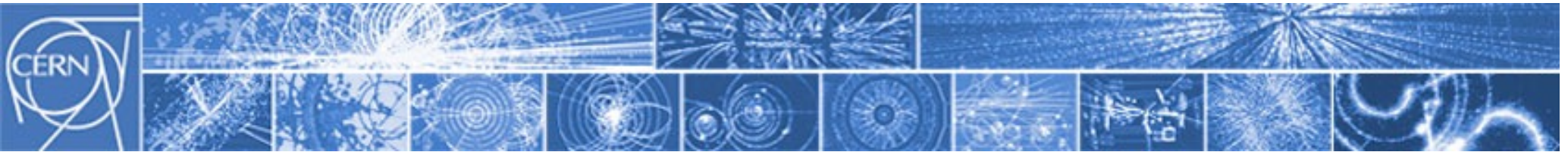
$$\mathcal{L} \simeq -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

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

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

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

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

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

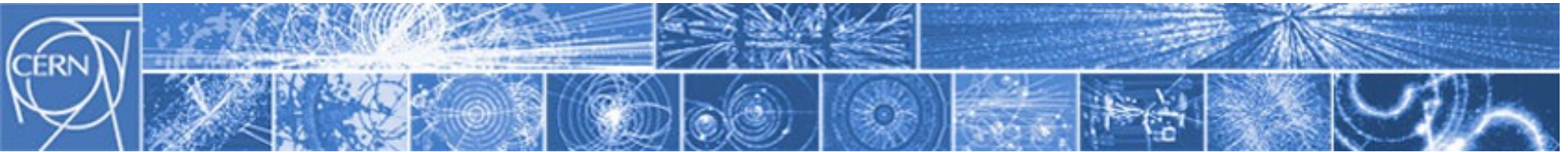
$$+ y_{ij} \Psi_i \Psi_j \phi + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)$$

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

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

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

$$D \simeq \partial - igW$$



Q. Perché una particella ha massa m ?

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

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

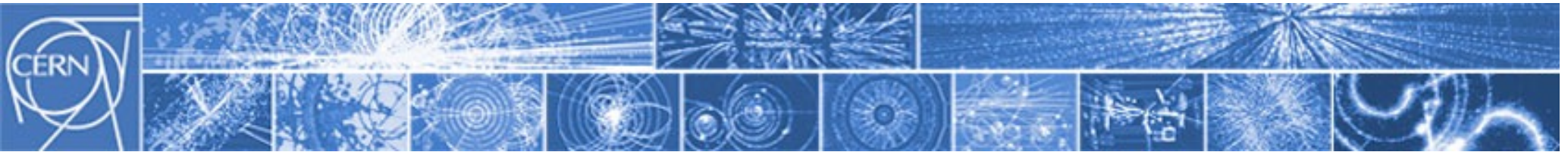
$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu W_\nu - \partial_\nu W_\mu$$

$$D \simeq \partial - igW$$

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

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 ?

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

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

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

$$D \simeq \partial - igW$$

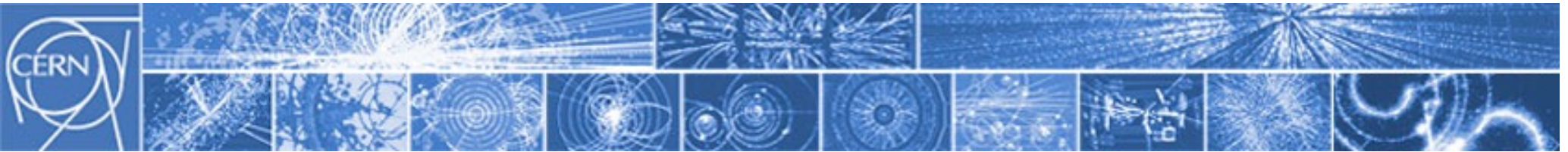
$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

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 ?

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

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

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

$$D \simeq \partial - igW$$

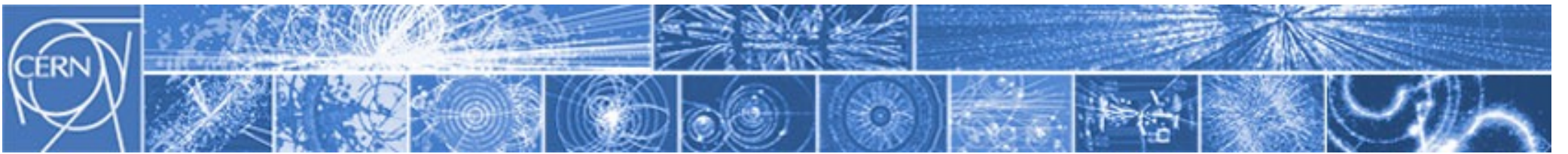
$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \rightsquigarrow \partial_\mu W_\nu \partial_\nu W_\mu + \dots$$

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. Parity violation in the weak interaction

$$\mathcal{L} = \bar{\psi} i \not{\partial} \psi - \partial_\nu W_\mu \partial^\nu W^\mu - \bar{\psi} \gamma^\mu \not{W}_\mu \psi$$

$$F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

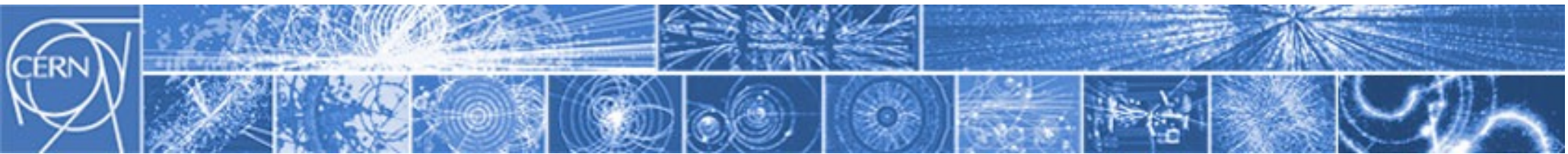
$$i\bar{\Psi} \not{D} \Psi$$

$$E S$$

$$+ M$$

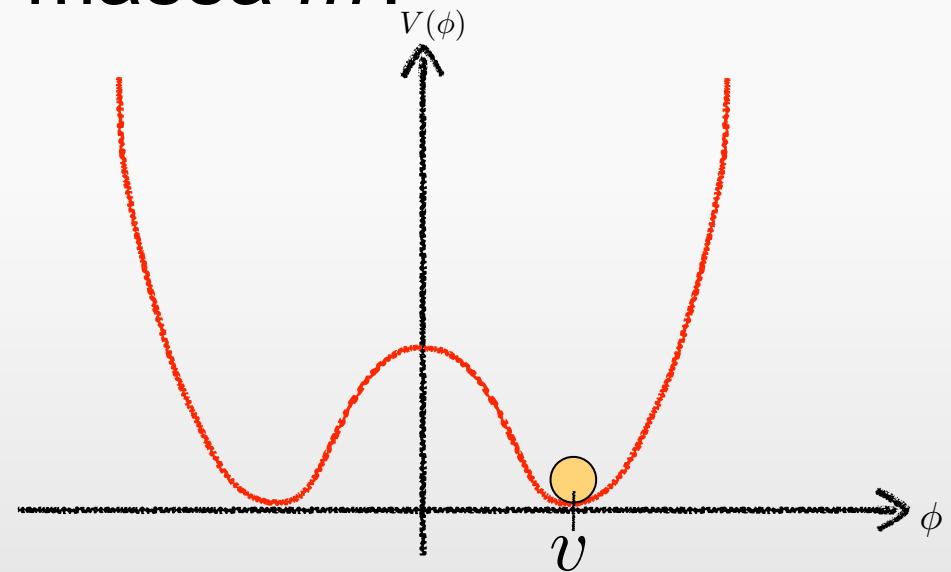


di gauge



Q. Perché una particella ha massa m ?

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



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

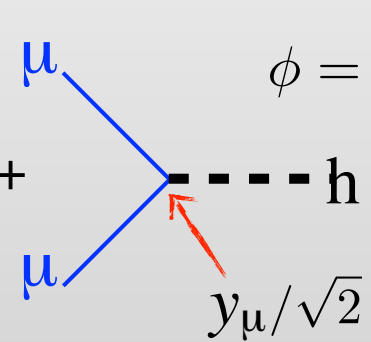
$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v+h)$

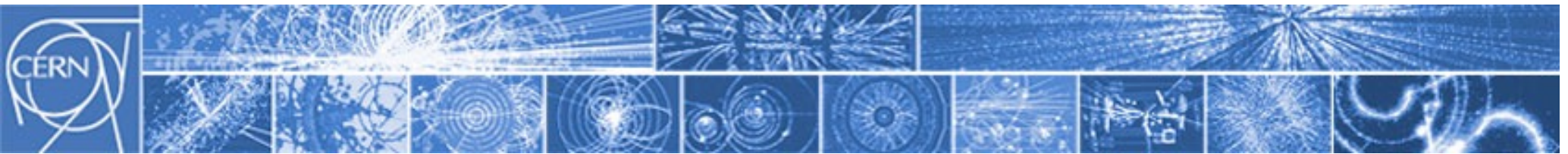
$$|D_\mu\phi|^2 \rightsquigarrow \frac{g v}{2} W^+ W^-$$

M_W

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

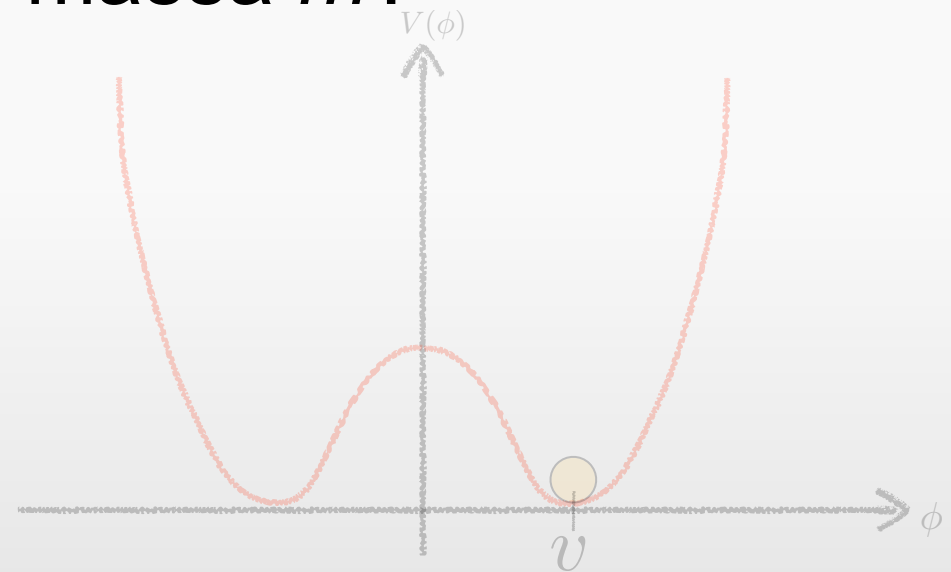
m_h^2





Q. Perché una particella ha massa m ?

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



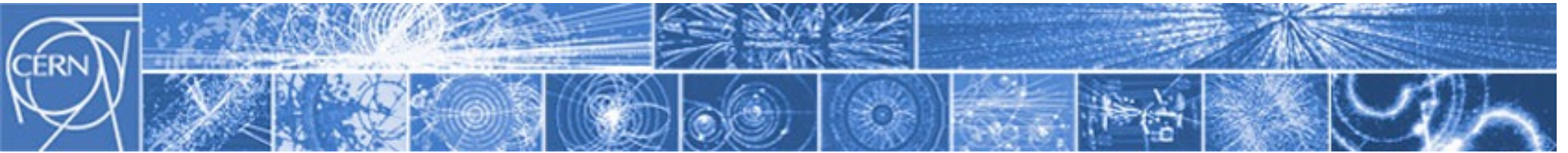
$$\phi = \frac{1}{\sqrt{2}}(v + h)$$

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

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

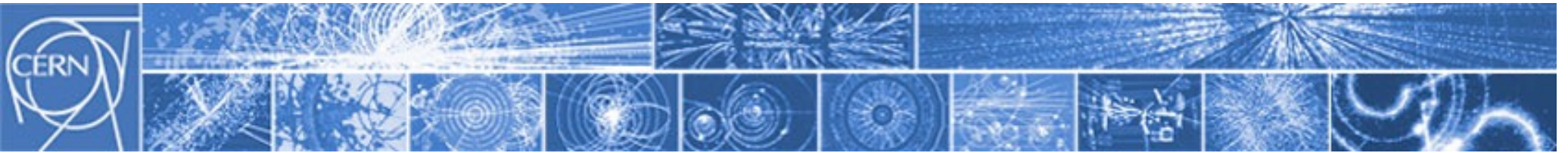
$$V(\phi) \rightsquigarrow \frac{1}{2} (2\lambda v^2) h h$$

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



Q. Perché una particella ha massa m ?

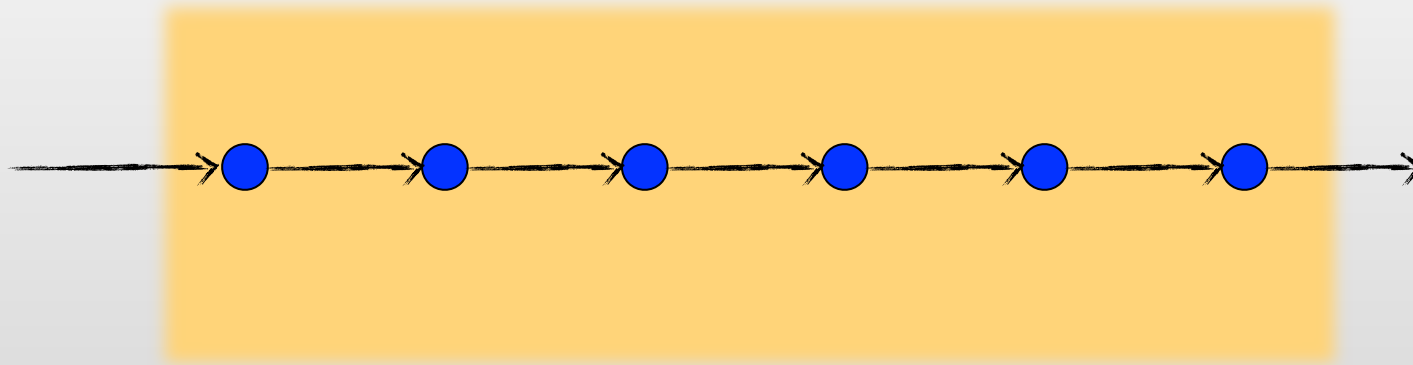
A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y=\sqrt{2}m/v!$

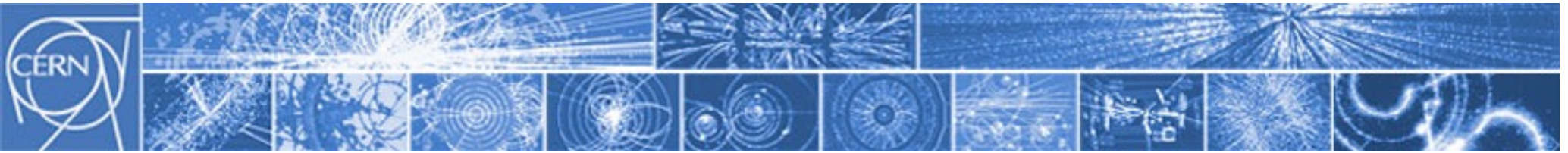


Q. Perché una particella ha massa m ?

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.

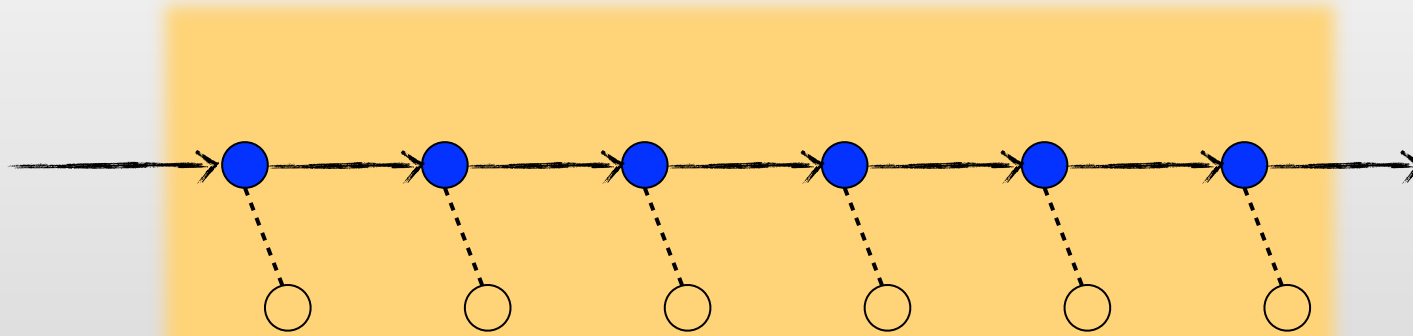


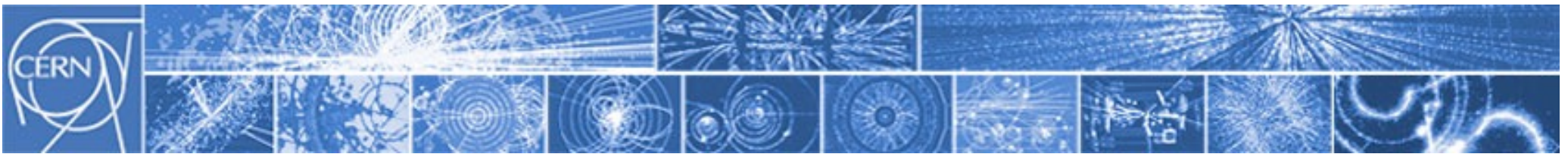


Q. Perché una particella ha massa m ?

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.

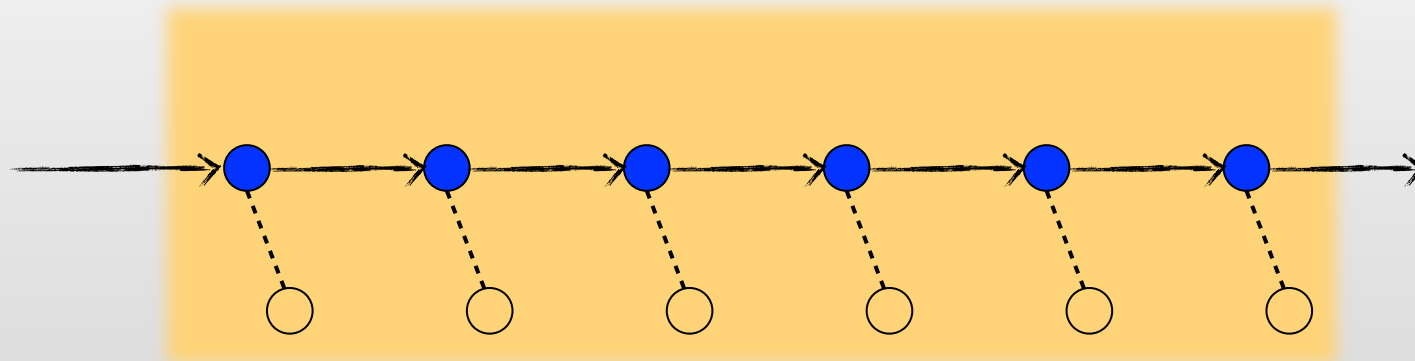




Q. Perché una particella ha massa m ?

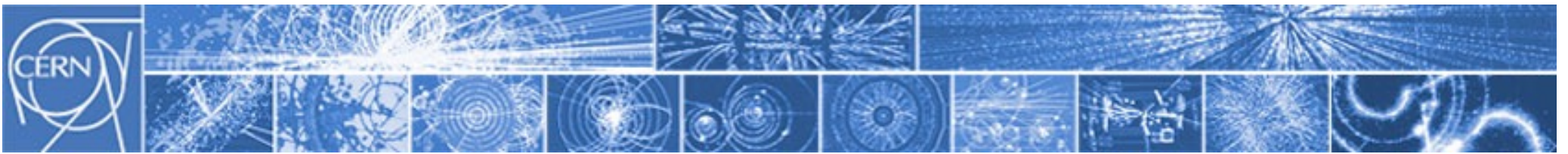
A. Perché interagisce con l'higgs con intensità $y = \sqrt{2} m/v$!

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

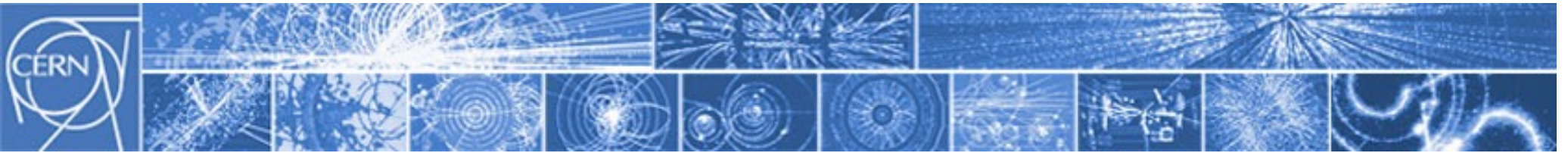


Le 'onde' del *campo* di Higgs sono una *particella*: la particella di Higgs (bosone).

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

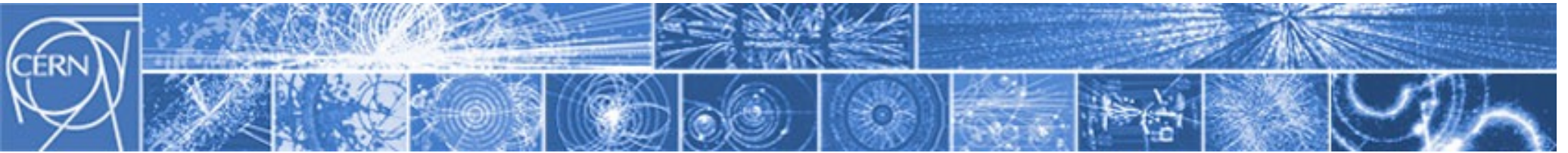


Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?

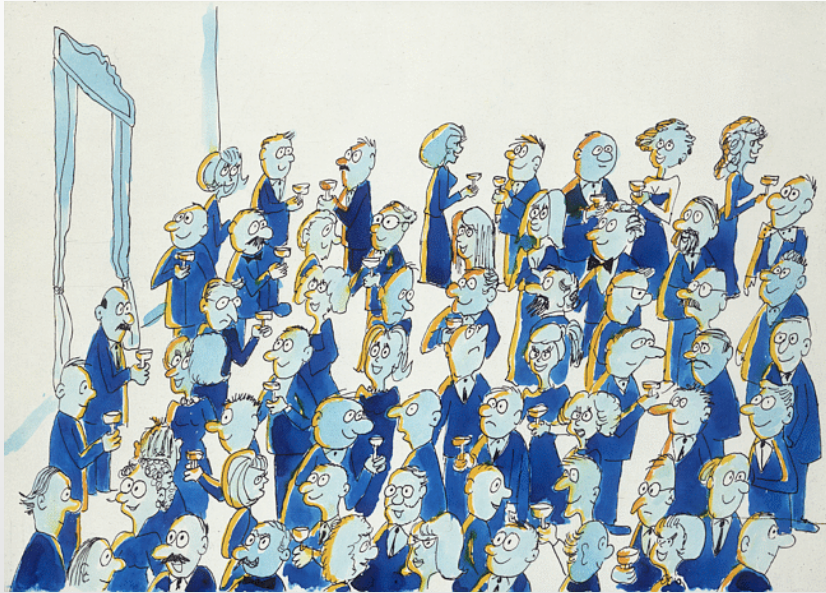


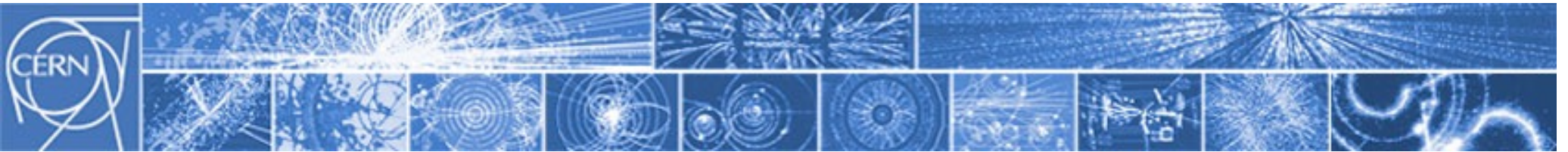
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?





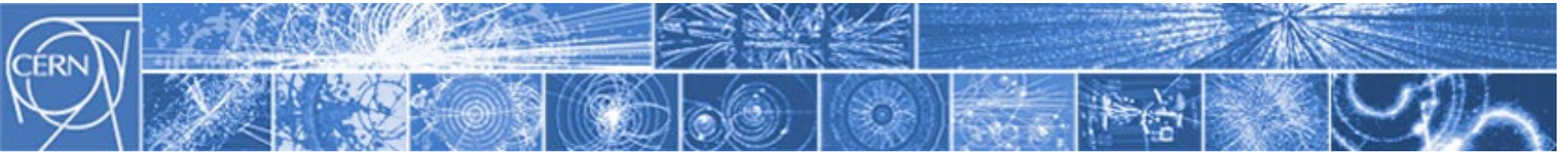
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



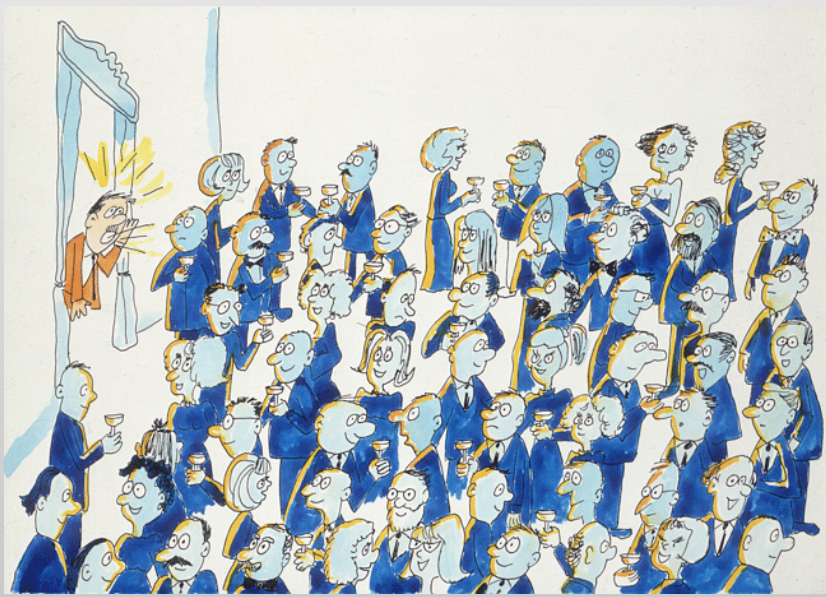


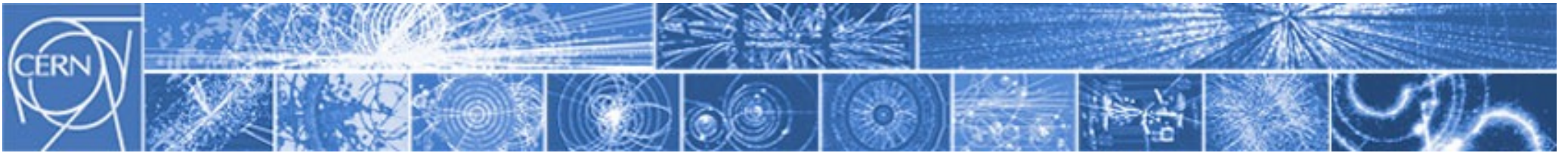
Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?



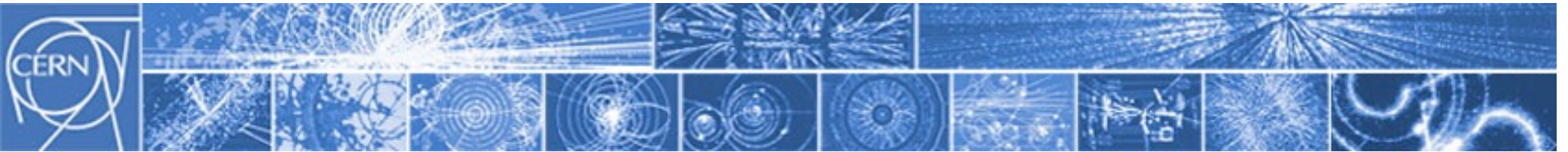


Migliore analogia per il meccanismo e il bosone di higgs?





Recap: **Origine della massa**

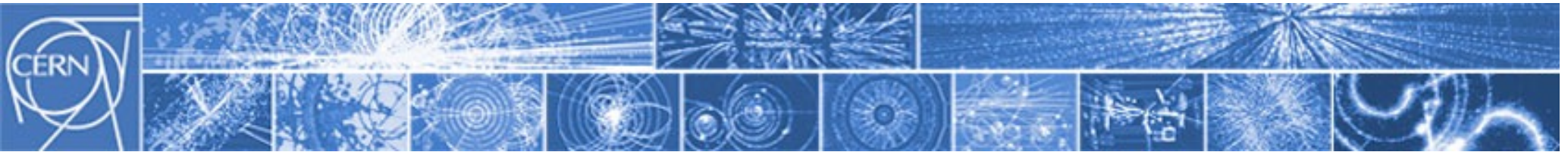


Recap: **Origine della massa**

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

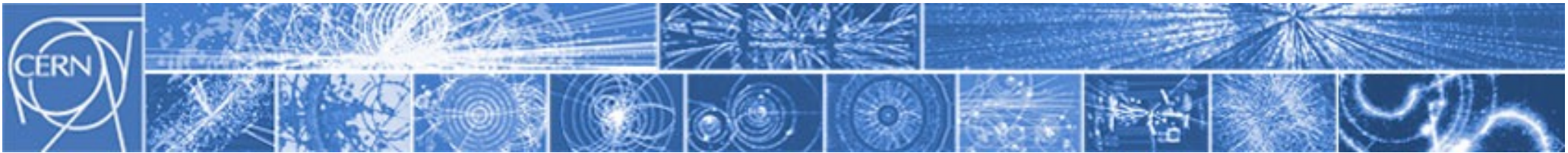
Particelle elementari

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

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

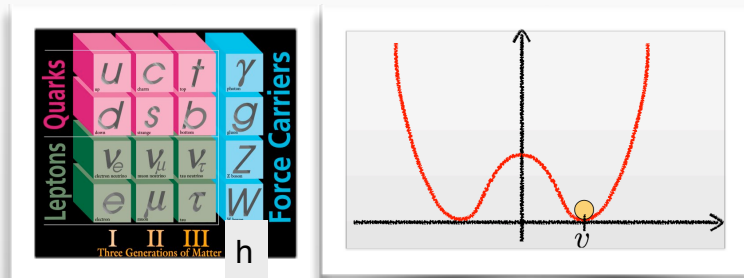
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

Particelle elementari



$$v \neq 0$$

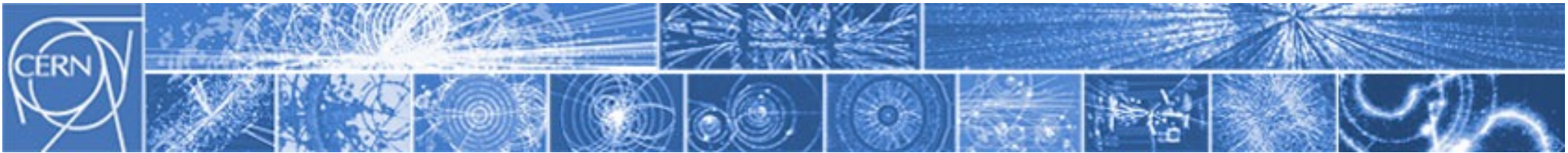
(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

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

Microfisica *'spiega' da dove viene la massa*

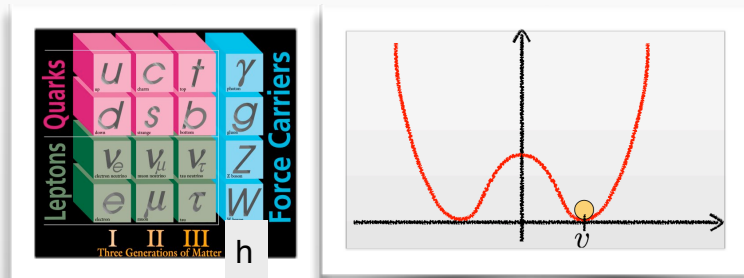
Macrofisica *descrive come la massa determina il comportamento di un corpo*

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

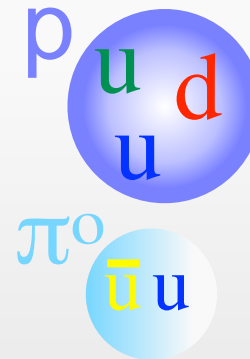
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

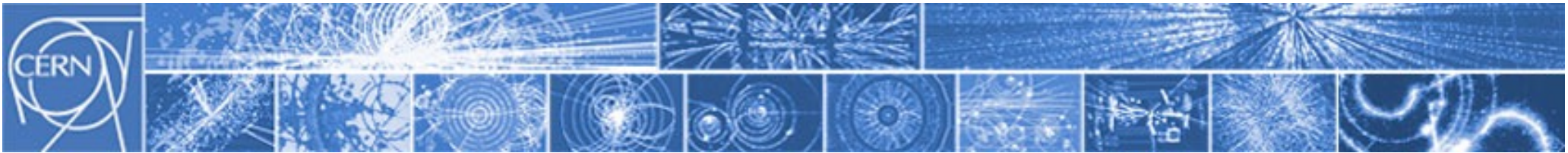
Particelle composte (il 99.9% della massa di un oggetto quotidiano)



Microfisica *'spiega' da dove viene la massa*

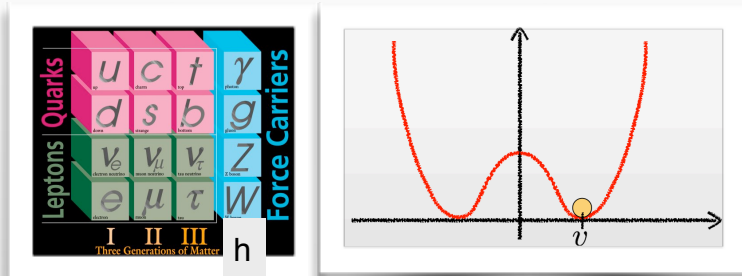
Macrofisica *descrive come la massa determina il comportamento di un corpo*

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

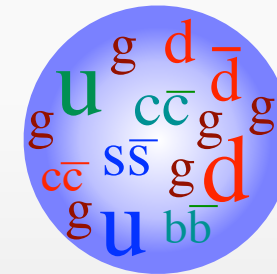
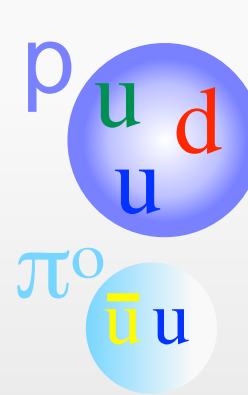
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(la proprietà intrinseca è y_i , non m_i)

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

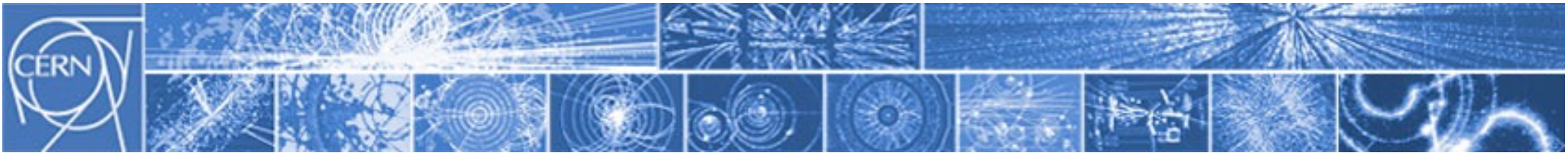


libertà asintotica (QCD):
i quarks si rivestono di
quarks e gluoni soffici,
l'energia associata al
ribollio è la massa

Microfisica *'spiega' da dove viene la massa*

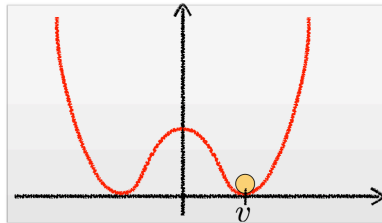
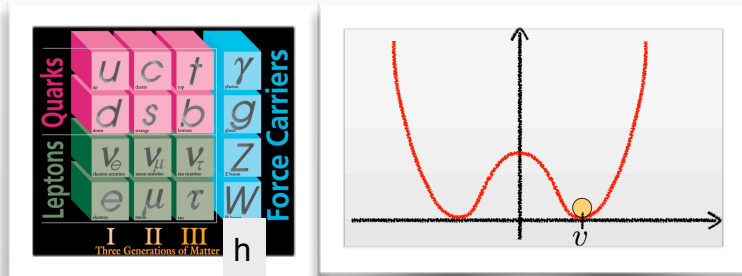
Macrofisica *descrive come la massa determina il comportamento di un corpo*

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

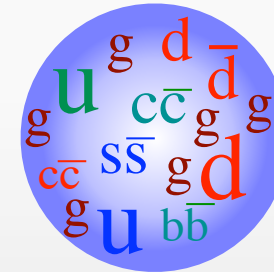
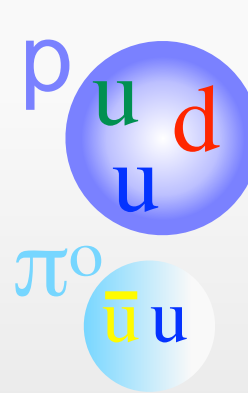
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(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

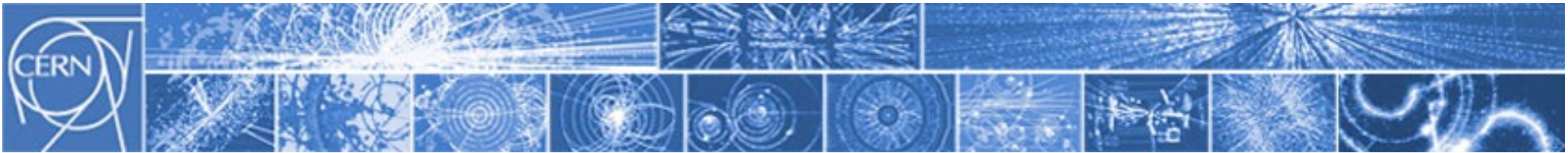
$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

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

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

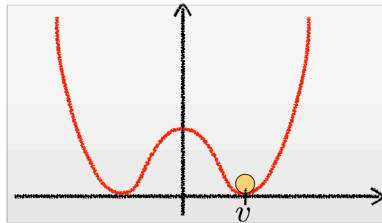
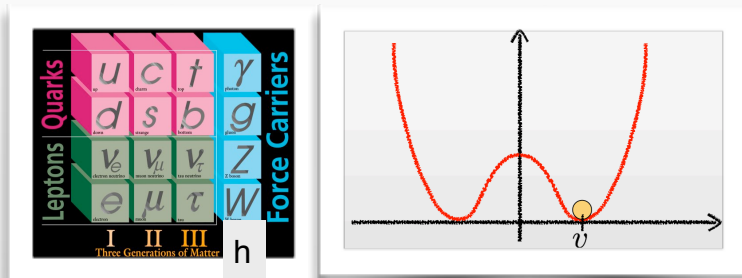
Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

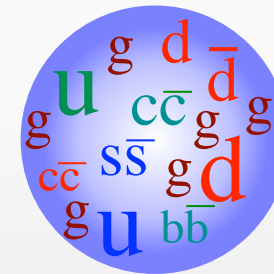
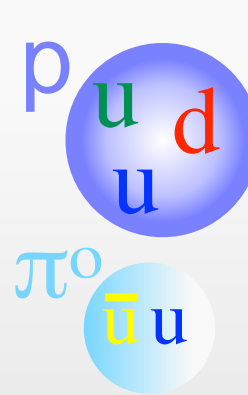
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(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
ribollio è la massa

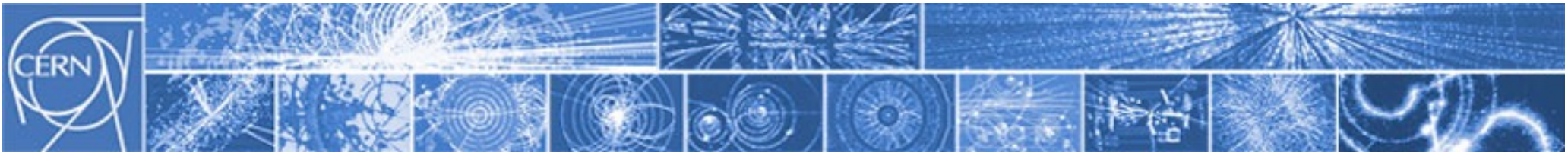
$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

$M \gg \Lambda_{\text{QCD}}$: 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.

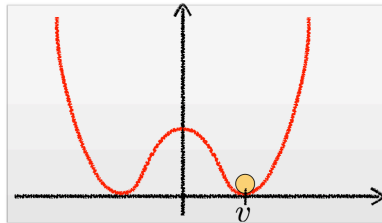
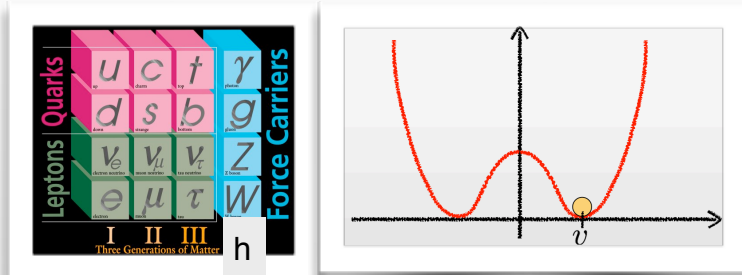
Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo



Recap: Origine della massa

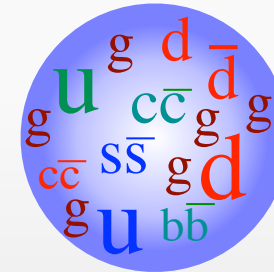
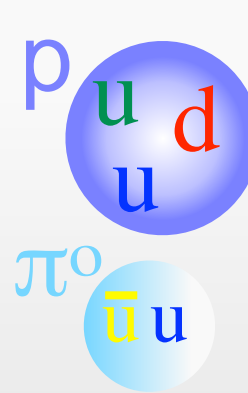
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(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

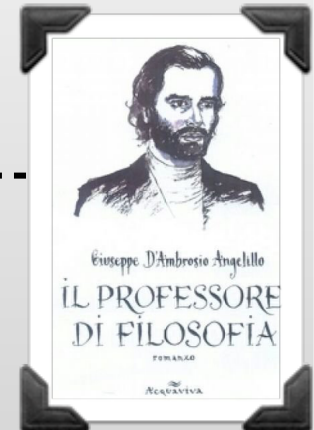
$$\Lambda_{\text{QCD}} \sim 300 \text{ MeV}$$

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

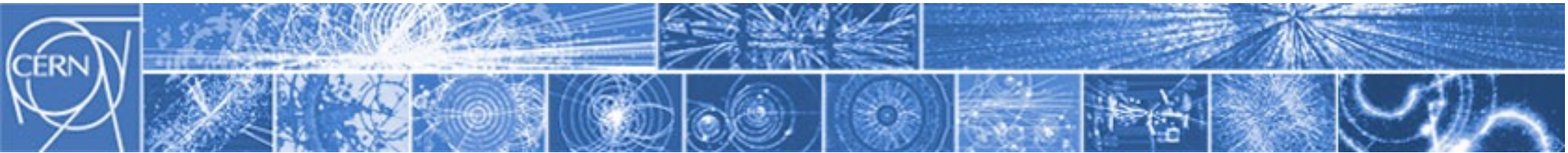
La *sorgente ultima* è la porzione di energia del Big Bang cristallizzata nella transizione (di fase) EW e di QCD.

Microfisica 'spiega' da dove viene la massa

Macrofisica descrive come la massa determina il comportamento di un corpo

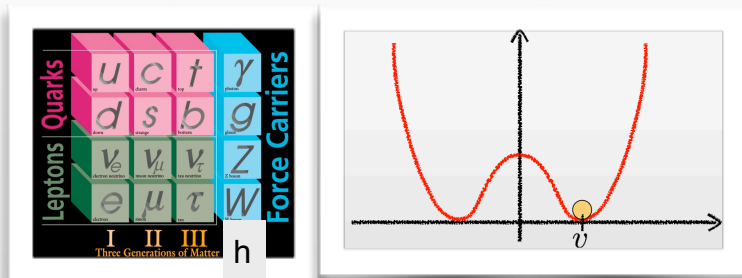


Scienze naturali, Chimica



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

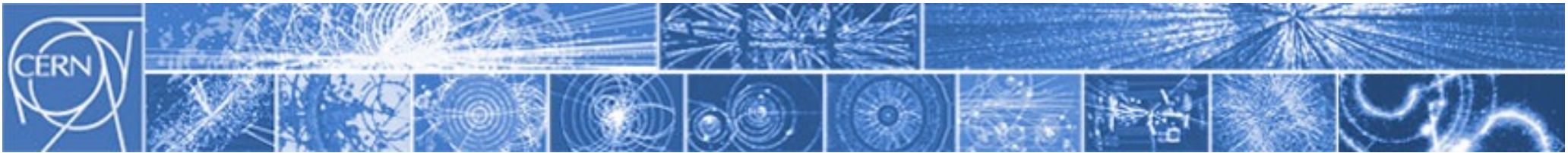
$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

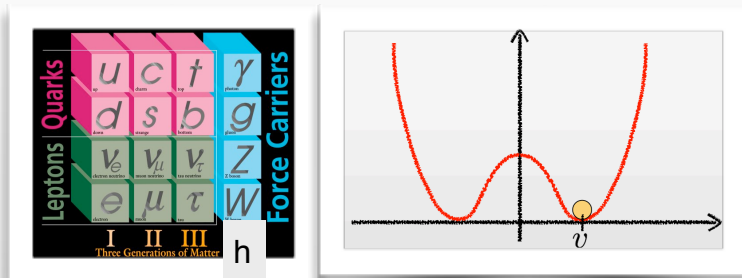
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Scienze naturali, Chimica



Recap: Origine della massa

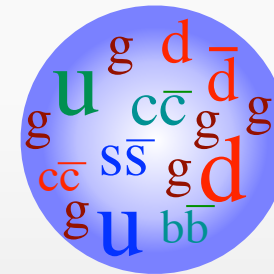
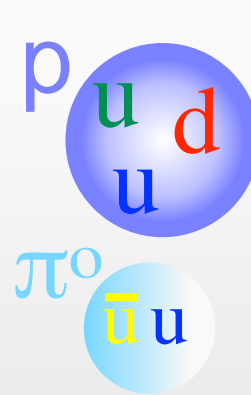
Particelle elementari



$$v \neq 0$$

(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

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

=

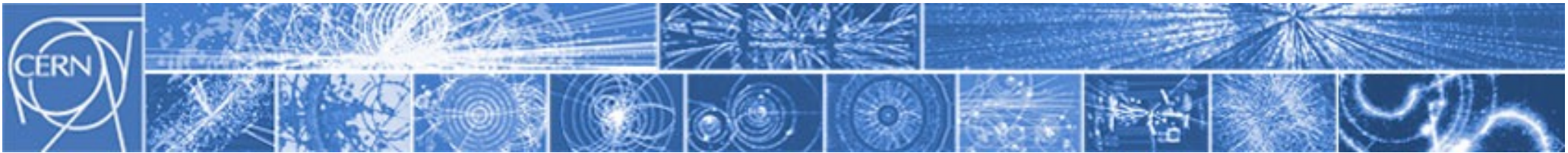
principio di
equivalenza
(Rel Gen)

Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

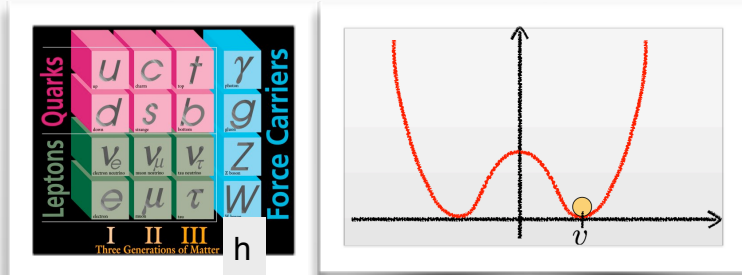
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

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 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)

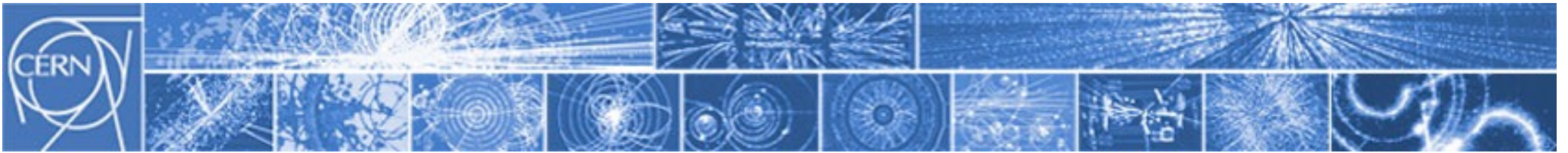
Massa Gravitazionale

sorgente dell'attrazione gravitazionale

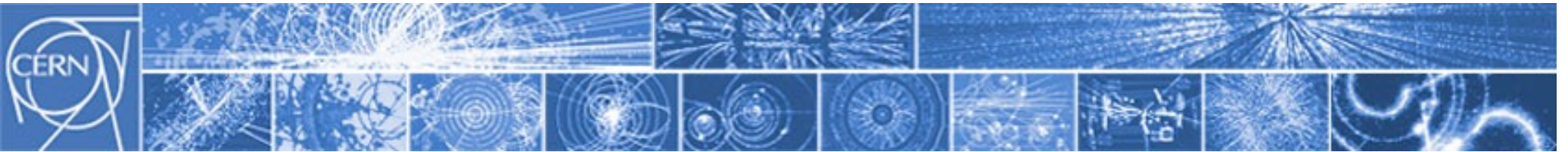
$$F = G_N \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Scienze naturali, Chimica

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



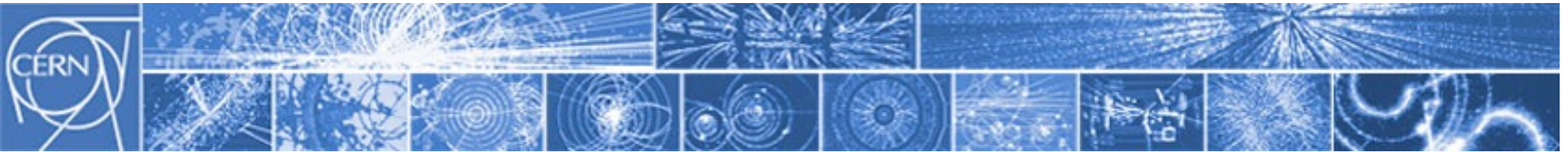
Oltre il Modello Standard



Problemi aperti in Fisica delle Particelle

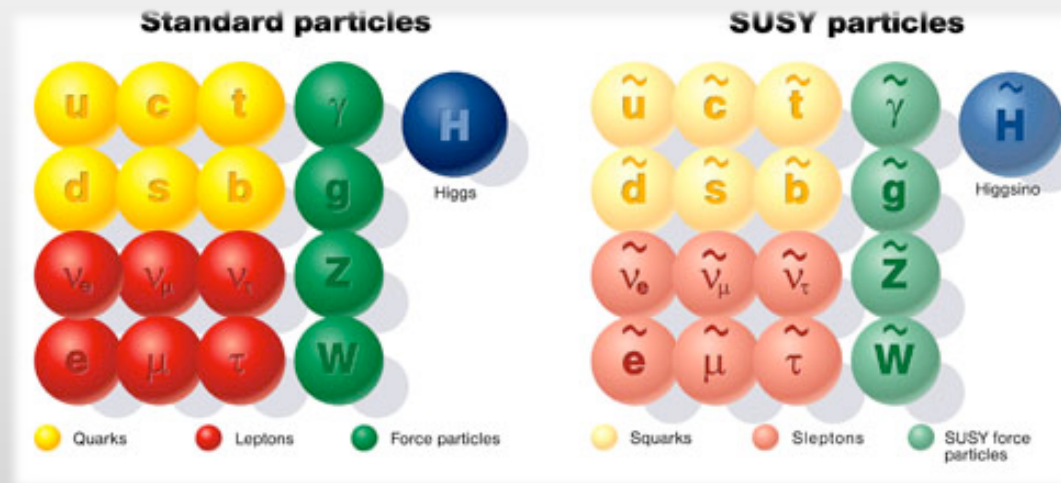
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs

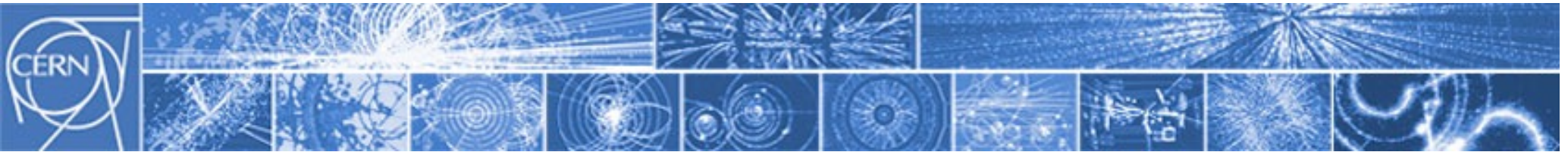




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

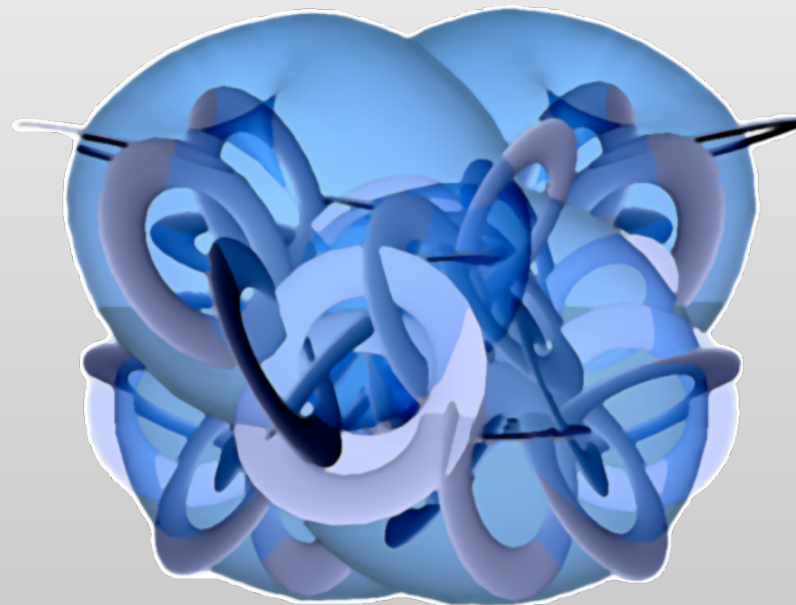
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)

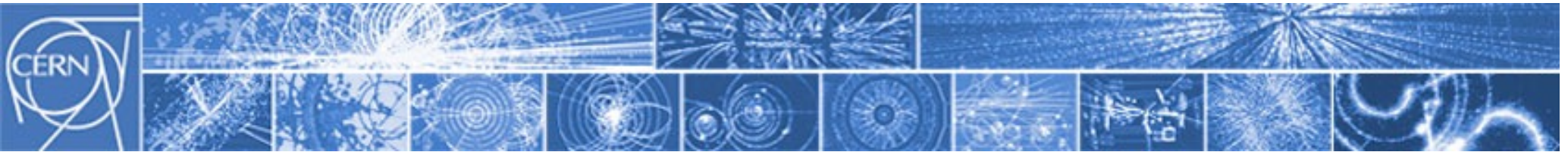




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

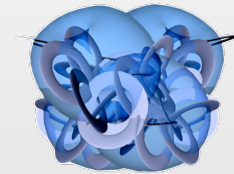
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)

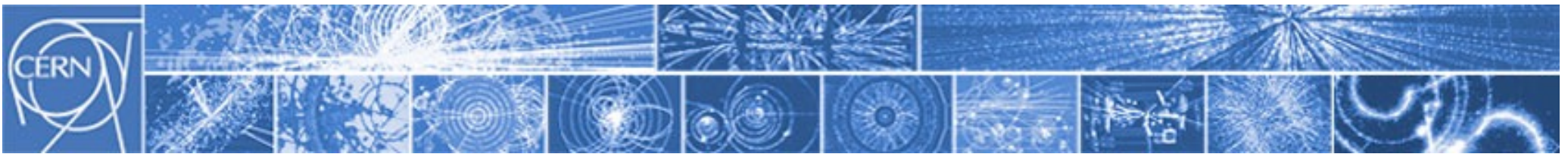




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

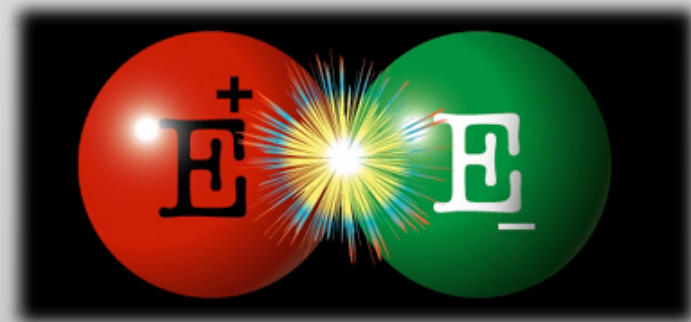
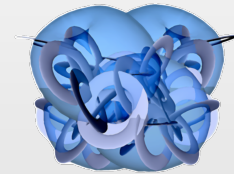
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della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

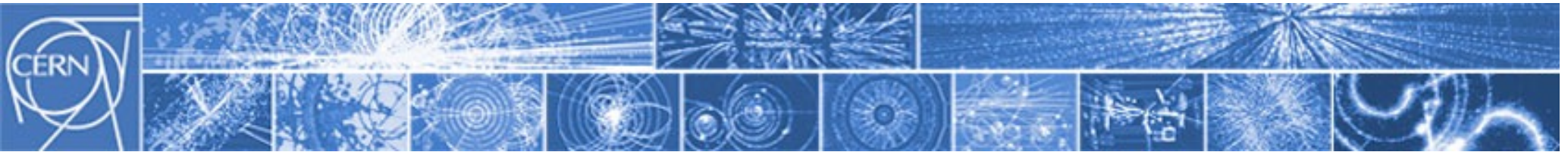




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

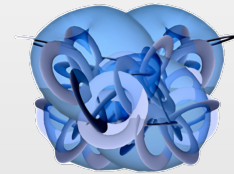
- il *pattern* delle masse e le proprietà dell'higgs
- la supersimmetria
(forse c'è un partner supersimmetrico per ogni tipo di particella nota!)
- le dimensioni dello spazio-tempo
(forse ci sono più di 3 dimensioni spaziali!)
- la Materia Oscura
(una particella sconosciuta che costituisce l'80% della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

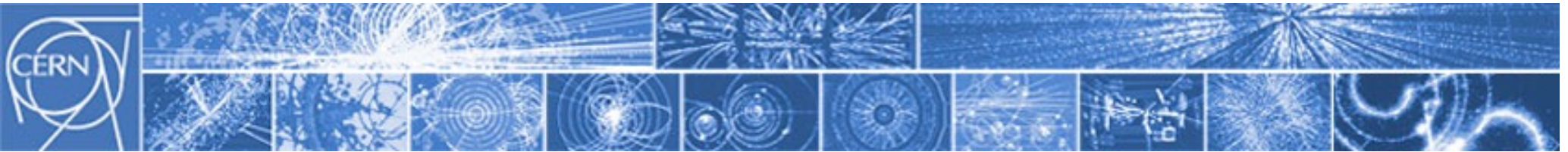




Problemi aperti in Fisica delle Particelle

- 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

