

TEACHING ENQUIRY  
with MYSTERIES INCORPORATED

# Discussione per un percorso didattico sul meccanismo di Brout – Englert - Higgs

**Marco Giliberti**

Università degli Studi di Milano

CERN Italian Teachers Programme 6-11 September 2015



Co-funded by  
the Seventh Framework Programme  
of the European Union



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

FP7-Science-in-Society-2012-1, Grant Agreement N. 321403

Il mistero che soggiace al meccanismo di Higgs è “**che cos’è la massa?**”

Questa domanda è estremamente difficile e completamente innaturale per gli studenti.

Occorre creare un background in cui questa domanda prenda senso.

Il meccanismo di Higgs inoltre:

- ha stringente analogia con **l’effetto Meissner-Ochsenfeld** in superconduttività,
- si basa sul concetto di **forze di gauge e rottura spontanea della simmetria** (ma non troppo...)

## Dal percorso per insegnanti al percorso per studenti: quali scelte didattiche?

- 1) Le **forze apparenti** sotto una nuova luce.  
Solo un accenno se si inizia il lavoro in quinta.
- 2) Simmetrie collegate alla “**sovrabbondanza**” **delle variabili**.  
Solo un accenno se si inizia il lavoro in quinta.
- 3) Le **lagrangiane**.  
No, in una ristrutturazione minimale del curriculum. Solo equazioni del moto.
- 4) Il legame tra **simmetria e quantità conservate**.  
No, ma se si parte dalla quarta è possibile un approccio alla Wigner.

5) **L'interazione con vuoto a campo non nullo.**

No, ma concetto di massa efficace, con esperimenti di induzione elettromagnetica e effetto Meissner.

6) **Equazione di Klein-Gordon e potenziale di Yukawa.**

No, ma relazioni di Heisenberg per introdurre le particelle virtuali e il range di interazione.

7) **Potenziale vettore.**

Sì, ma a partire da quando si introducono i primi concetti di elettromagnetismo.

8) **Oscillatore armonico.**

Certamente sì, ma non in quinta.

Il gruppo di ricerca in didattica della fisica a Milano ha sviluppato percorsi didattici su:

oscillatore armonico – modi normali – onde – fisica quantistica – potenziale vettore – superconduttività.



# STRUTTURA DEL PERCORSO

Per affrontare la complessità del meccanismo di BEH è quindi necessario ricostruire il programma da proporre agli studenti per tutti e 5 gli anni, non basta lasciare del tempo per trattarlo alla fine. Occorre preparare il terreno rivedendo la presentazione anche degli argomenti di base, come l'approccio alle forze apparenti.

Questa proposta è quella che consente le minime variazioni di programma.

**Saranno sviluppati 4 cicli delle 5E**

Induzione elettromagnetica

Massa indotta da un'interazione

Correnti superconduttive e fotone massivo

Rivelazione del bosone di Higgs



# CICLO 5E

## Induzione elettromagnetica

### ENGAGE

Come può un magnete essere frenato nel suo moto quando interagisce con un conduttore?

### EXPLORE

Magnete rettangolare su lastra di alluminio: esplorazione della fenomenologia.

### EXPLAIN

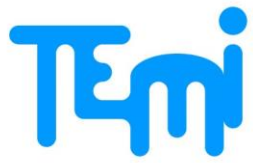
Supponendo di essere nel sistema di riferimento della lastra ferma rispetto al laboratorio, ricordando la legge di Faraday-Neumann-Lenz, modello del fenomeno.

### EXTEND

Tubo in plexiglass con avvolgimenti collegati a LED, analogie e differenze col tubo di rame.

### EVALUATE

...



# CICLO 5E

## Massa indotta dall'interazione

### ENGAGE

Si predispongono due carrellini con la stessa massa ma con struttura differente (uno di essi ha dei magneti nella sua parte inferiore) e si accelerano con un peso lungo una rotaia.

### EXPLORE

Si realizzano misure di accelerazione dei due carrelli e si trovano due valori diversi, nonostante la massa e il peso accelerante siano identici.

### EXPLAIN

Se la forza magnetica rimane sconosciuta, allora occorre introdurre il concetto di massa efficace (evidentemente lontanissimo dal concetto di "quantità di materia" di un corpo)

### EXTEND

E' possibile definire la massa efficace solo in funzione dell'energia, infatti, in assenza di interazioni  $E = p^2/2m$  e quindi  $m = (d^2E/dp^2)^{-1}$ .

### EVALUATE

...

# CICLO 5E

## Il fotone massivo

### ENGAGE

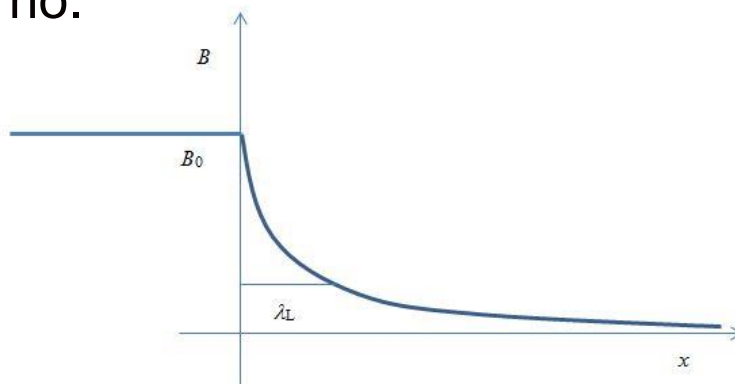
Perché il magnete si solleva quando il superconduttore raggiunge una certa temperatura (critica)?

### EXPLORE

Esplorazione sperimentale con superconduttori di YBCO ad alta temperatura critica.

### EXPLAIN

Deve esistere una corrente superficiale che crei un campo magnetico opposto a quello che attraversa il superconduttore, così da rendere il campo nullo all'interno.







# CICLO 5E

## Il fotone massivo

### EXTEND 1

Il campo magnetico ha range finito all'interno del superconduttore ( $\lambda$ );  
Attraverso le relazioni di Heisenberg è possibile ricavare la massa del mediatore dell'interazione, se è noto il range:  $m=h/(\lambda c)$ ;

### EXTEND 2

Giochi sulla rottura spontanea di simmetria:

- Scegliere un bicchiere da un tavolo rotondo apparecchiato
- Una penna posta verticalmente su un piano e lasciata cadere
- Una pallina su una superficie a forma di sombrero



# CHE COSA FARE?

**Utilizzando la metodologia enquiry,  
basata sul ciclo delle 5E di TEMI**

**Realizzare:**

- 1. Una parte del percorso didattico visto**
- 2. La parte relativa alla rivelazione del bosone di Higgs;**
- 3. Un intero percorso sul meccanismo BEH alternativo a quello visto**



# CHE COSA FARE?

Realizzare un frammento di percorso didattico di tipo enquiry, basato sul ciclo delle 5E, lavorando in gruppo.

1. **Meccanismo di Brout – Englert – Higgs, o una delle sue parti;**
2. **Rivelazione del bosone di Higgs;**

Oppure:

3. **Come ristrutturare il curriculum per creare le condizioni su cui lavorare al meccanismo BEH nella scuola superiore.**