

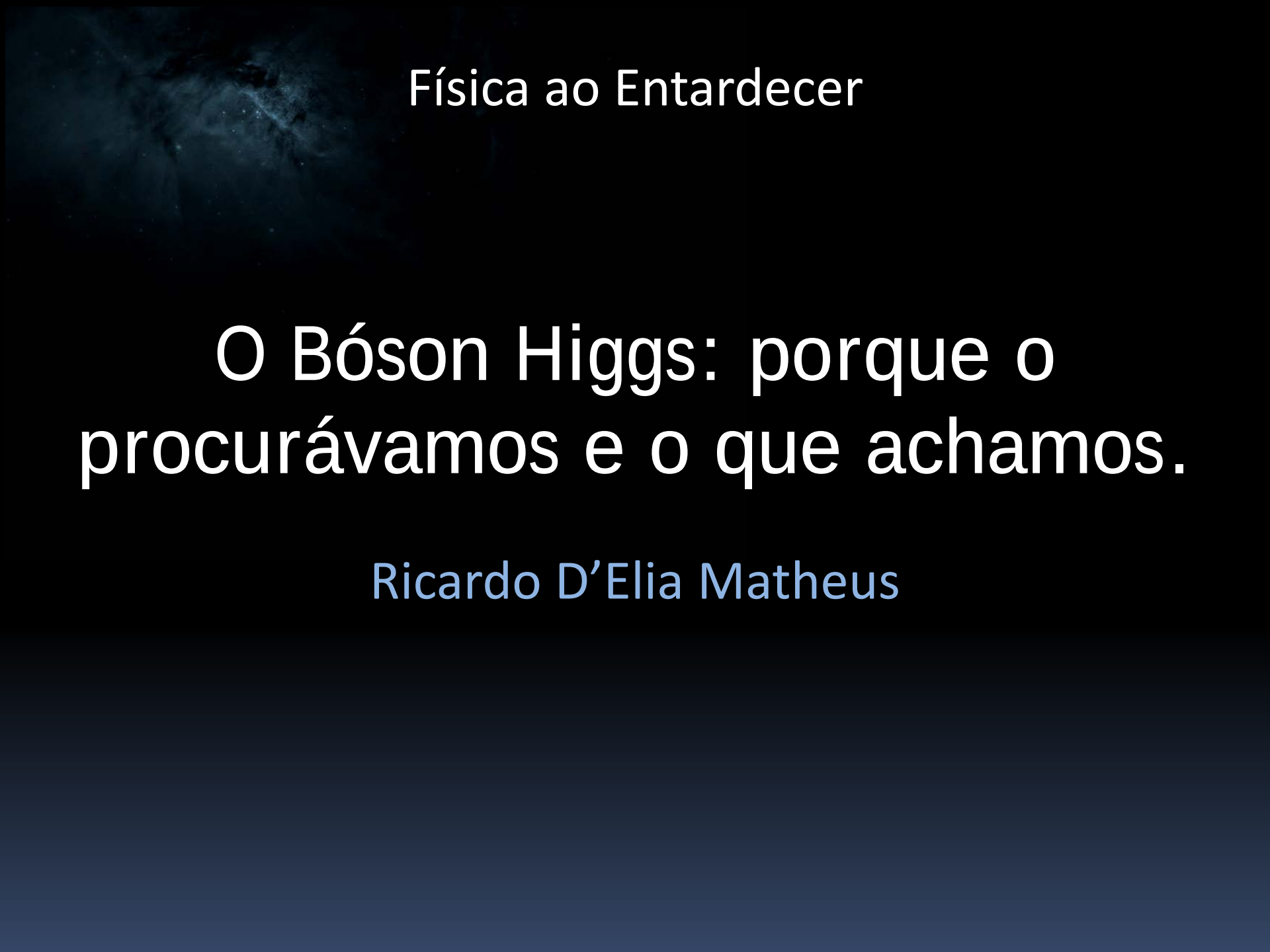
Bem vindos ao Instituto de Física Teórica!

Física ao Entardecer



Nossa página na internet: <http://www.ift.unesp.br>

Acompanhe e compartilhe: <http://www.facebook.com/ift.unesp>

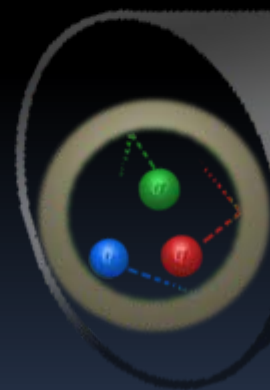
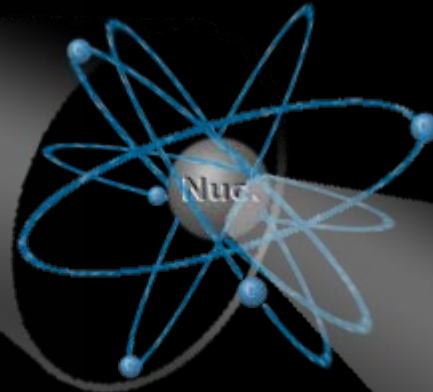
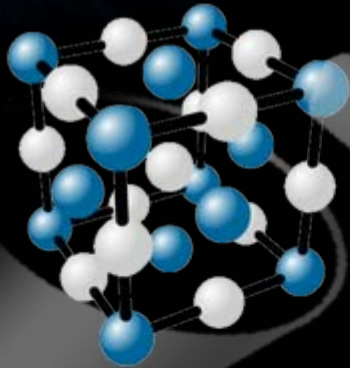
A dark, cosmic background image featuring a nebula or galaxy structure in the upper left corner, with a gradient of dark blue and black tones across the rest of the slide.

Física ao Entardecer

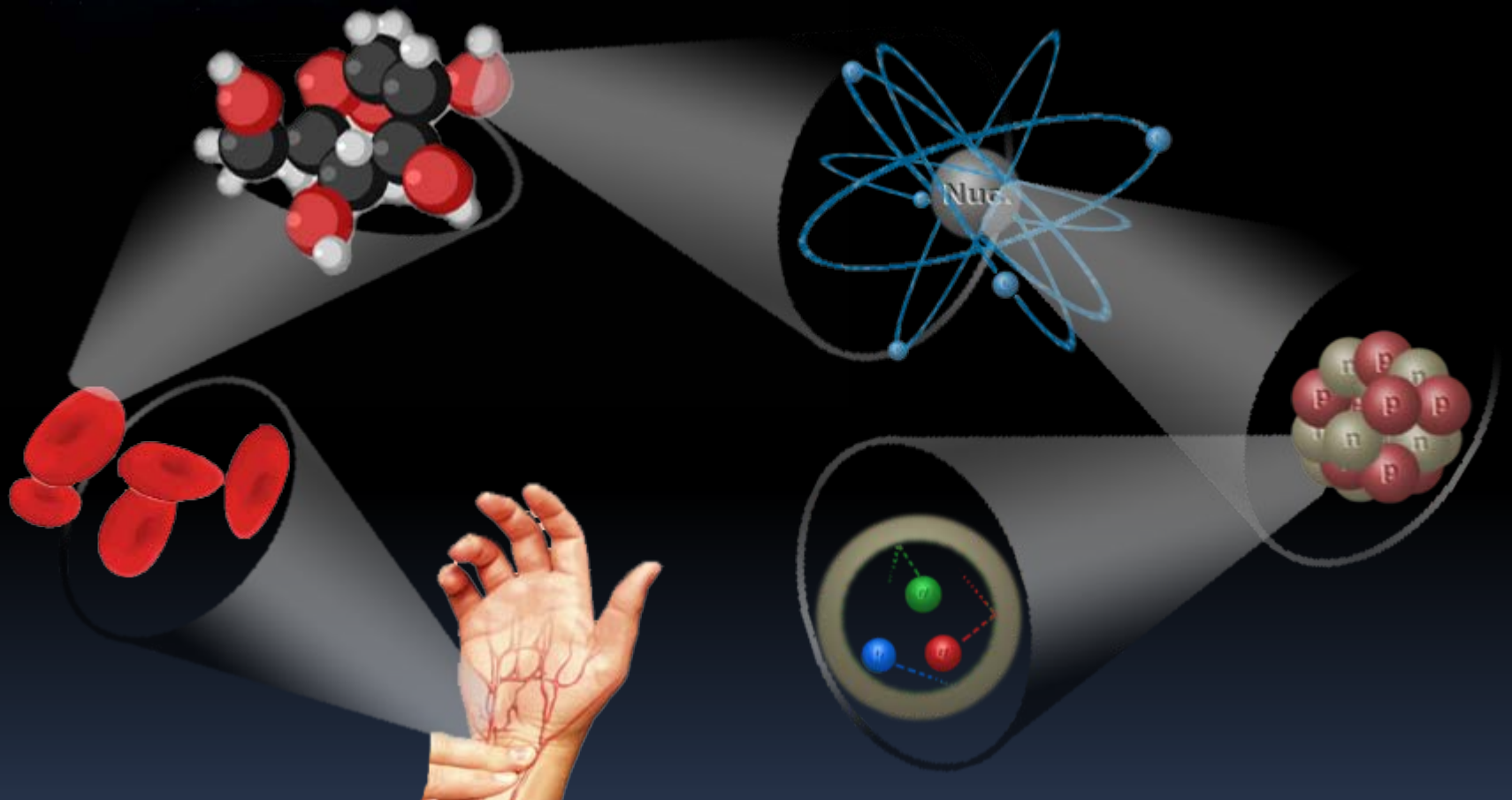
O Bóson Higgs: porque o procurávamos e o que achamos.

Ricardo D'Elia Matheus

O que queremos da Física de Partículas?

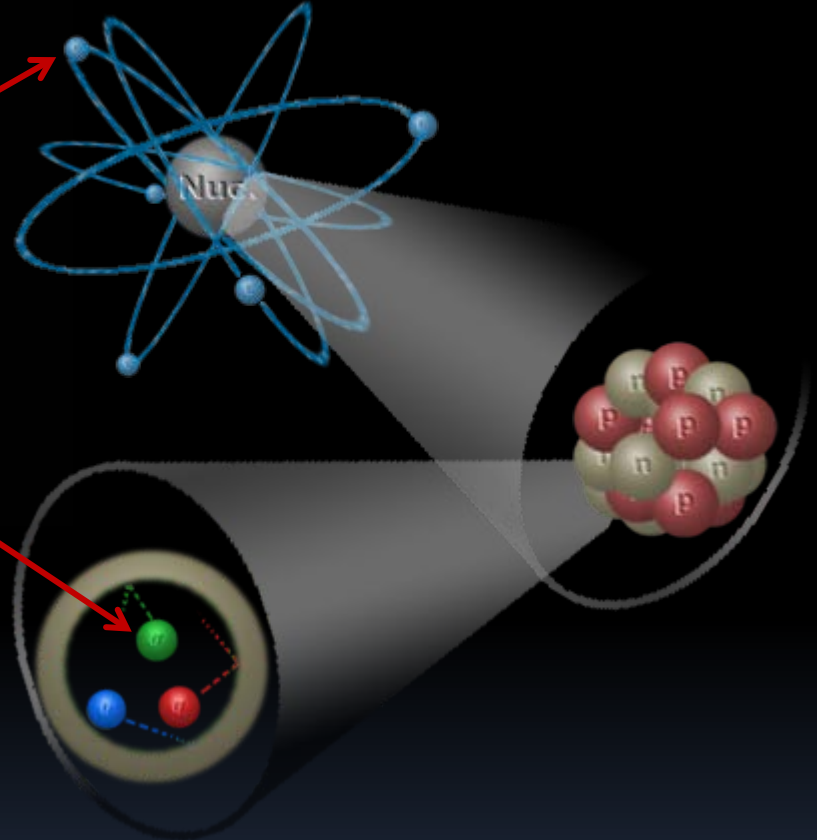


O que queremos da Física de Partículas?



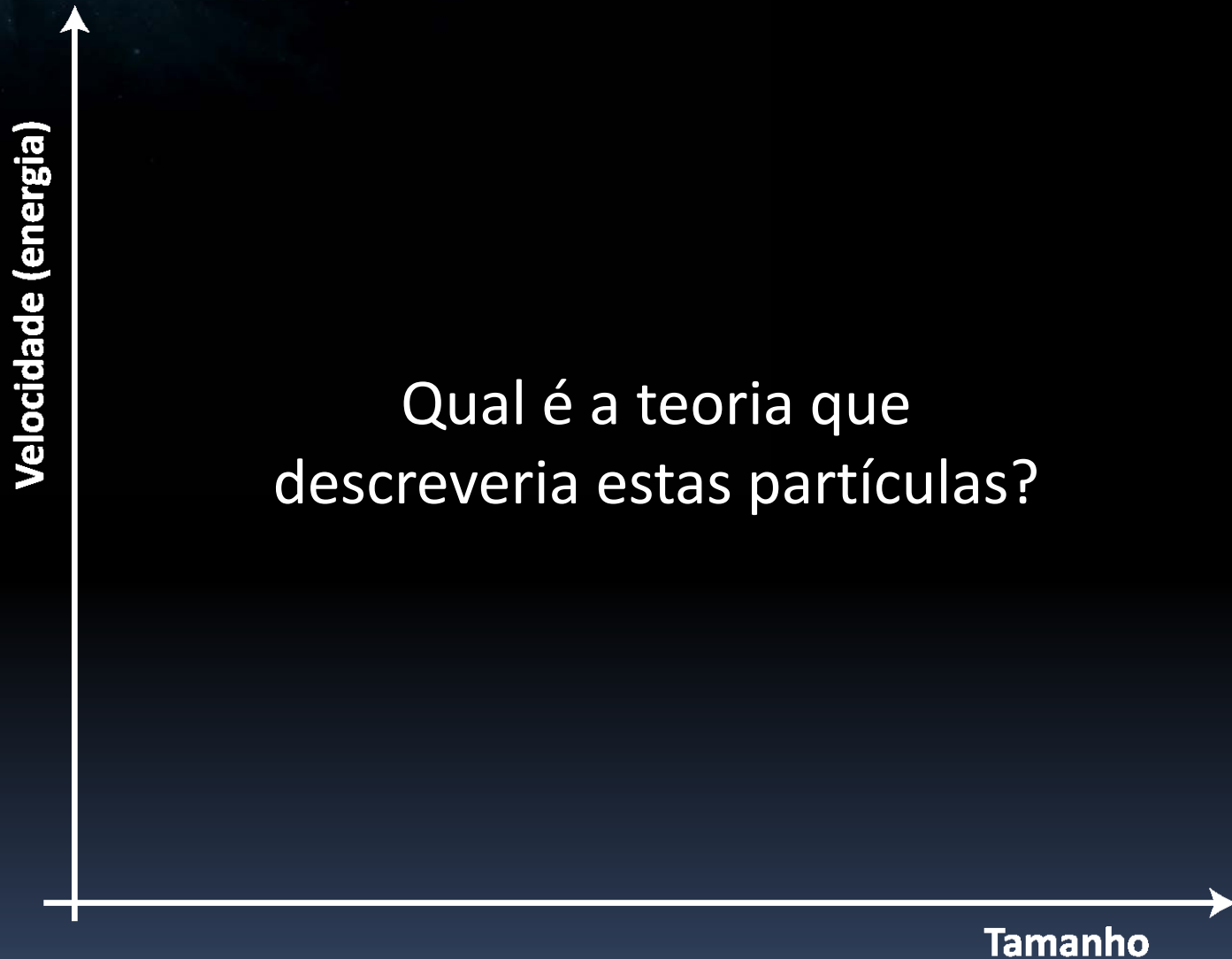
O que queremos da Física de Partículas?

Mas, estas “partículas”
podem realmente ser
tratadas como “bolinhas”?



Em física “codificamos” fenômenos naturais usando a linguagem da matemática. Quais objetos matemáticos são apropriados para estas partículas?

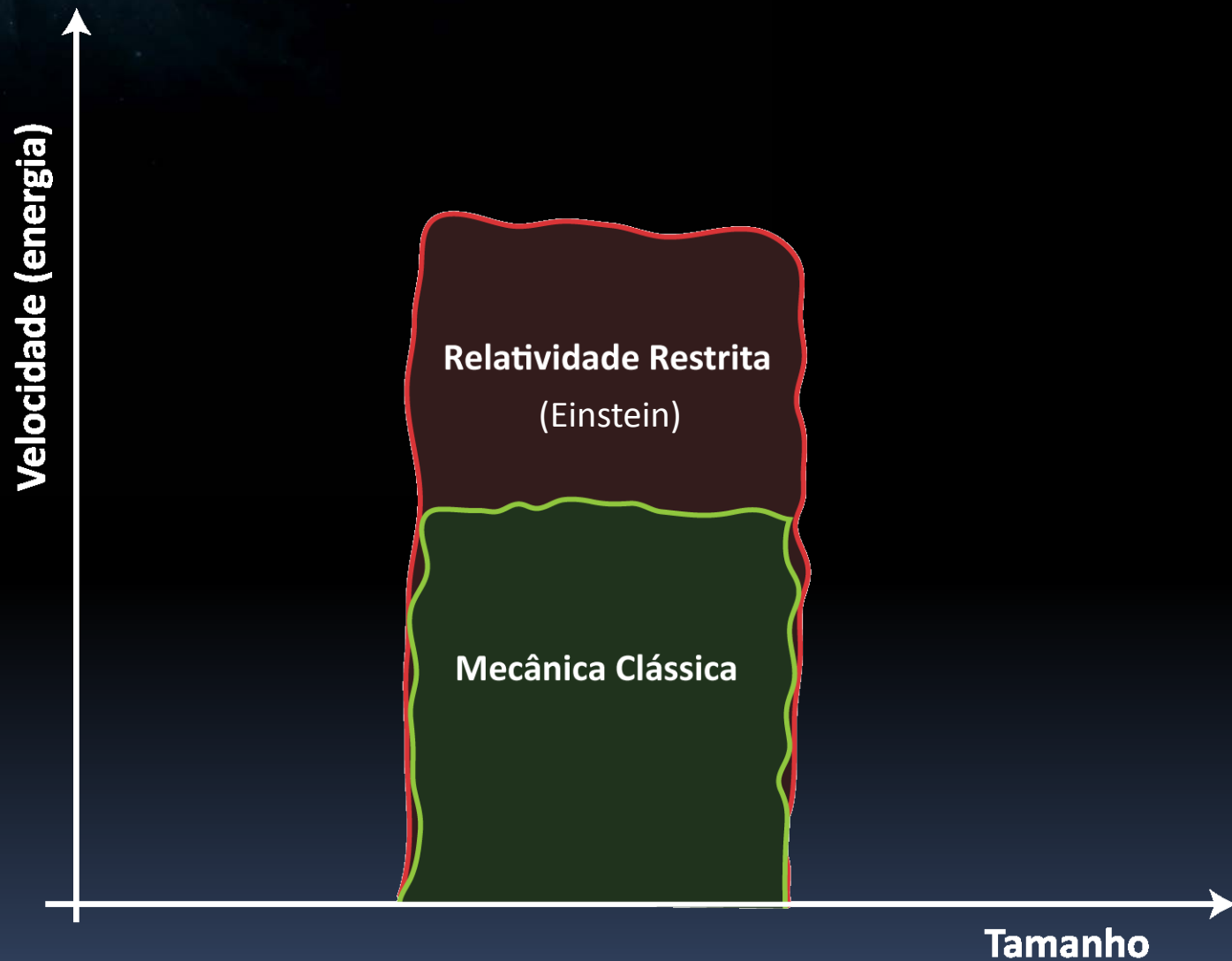
Partículas: Pequenas e Rápidas!



Partículas: Pequenas e Rápidas!



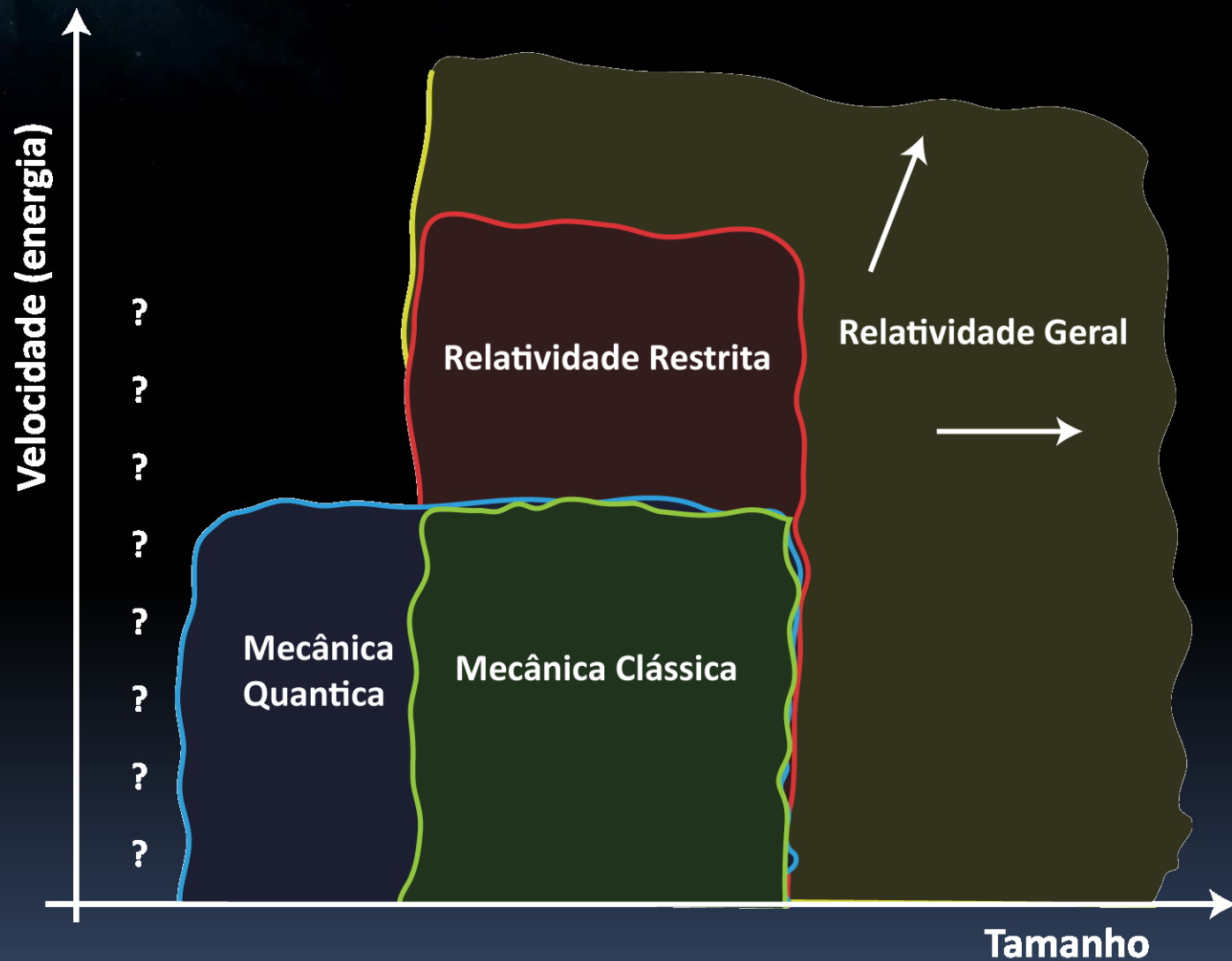
Partículas: Pequenas e Rápidas!



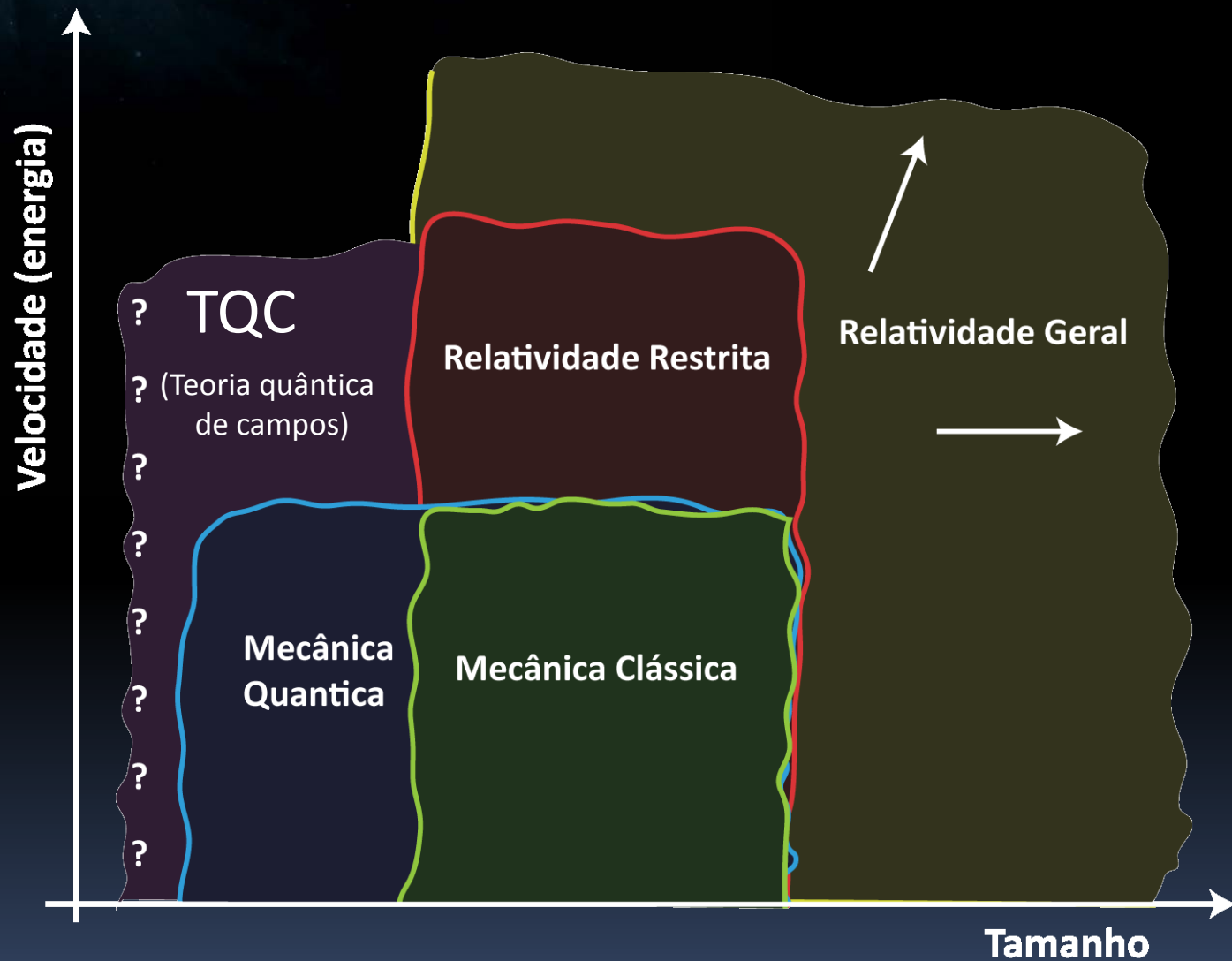
Partículas: Pequenas e Rápidas!



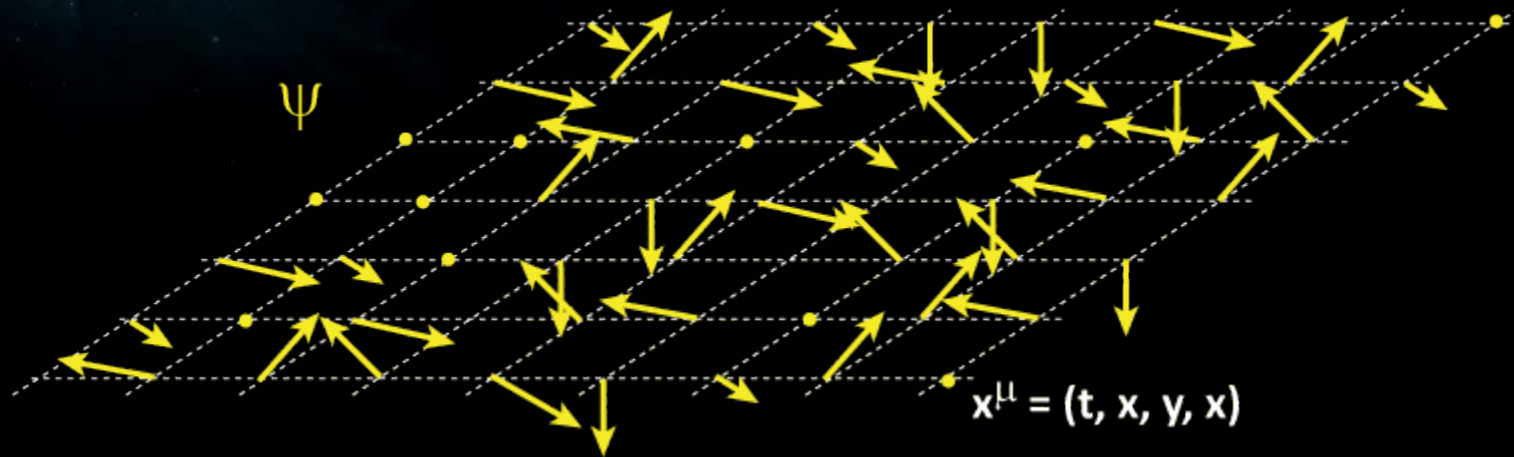
Partículas: Pequenas e Rápidas!



Partículas: Pequenas e Rápidas!



Campos

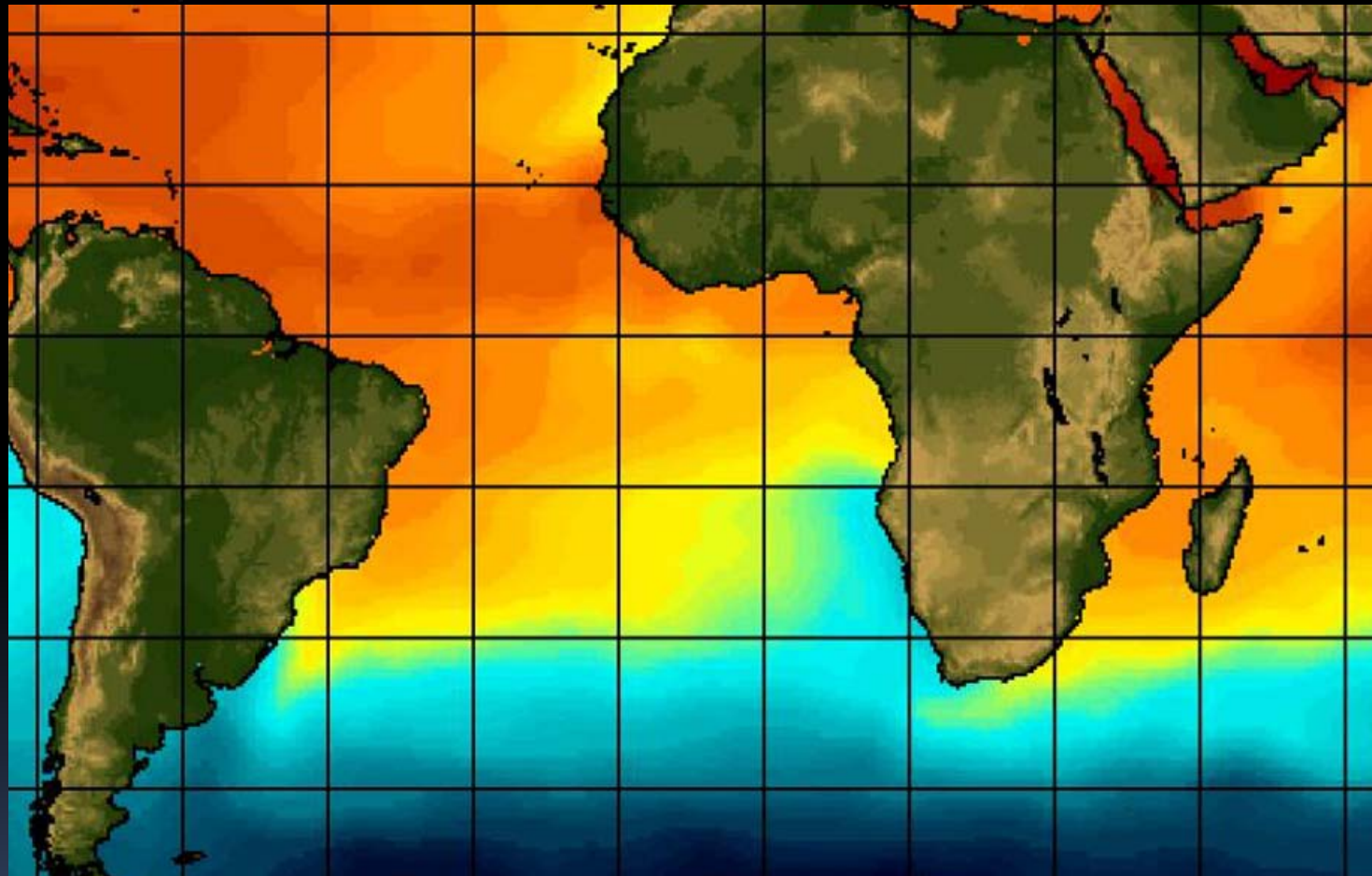


Podemos ter campos de vários tipos

- Escalares. Ex: Temperatura, Energia
- Vetoriais. Ex: Elétrico, Velocidades em um Fluido
- Outros...

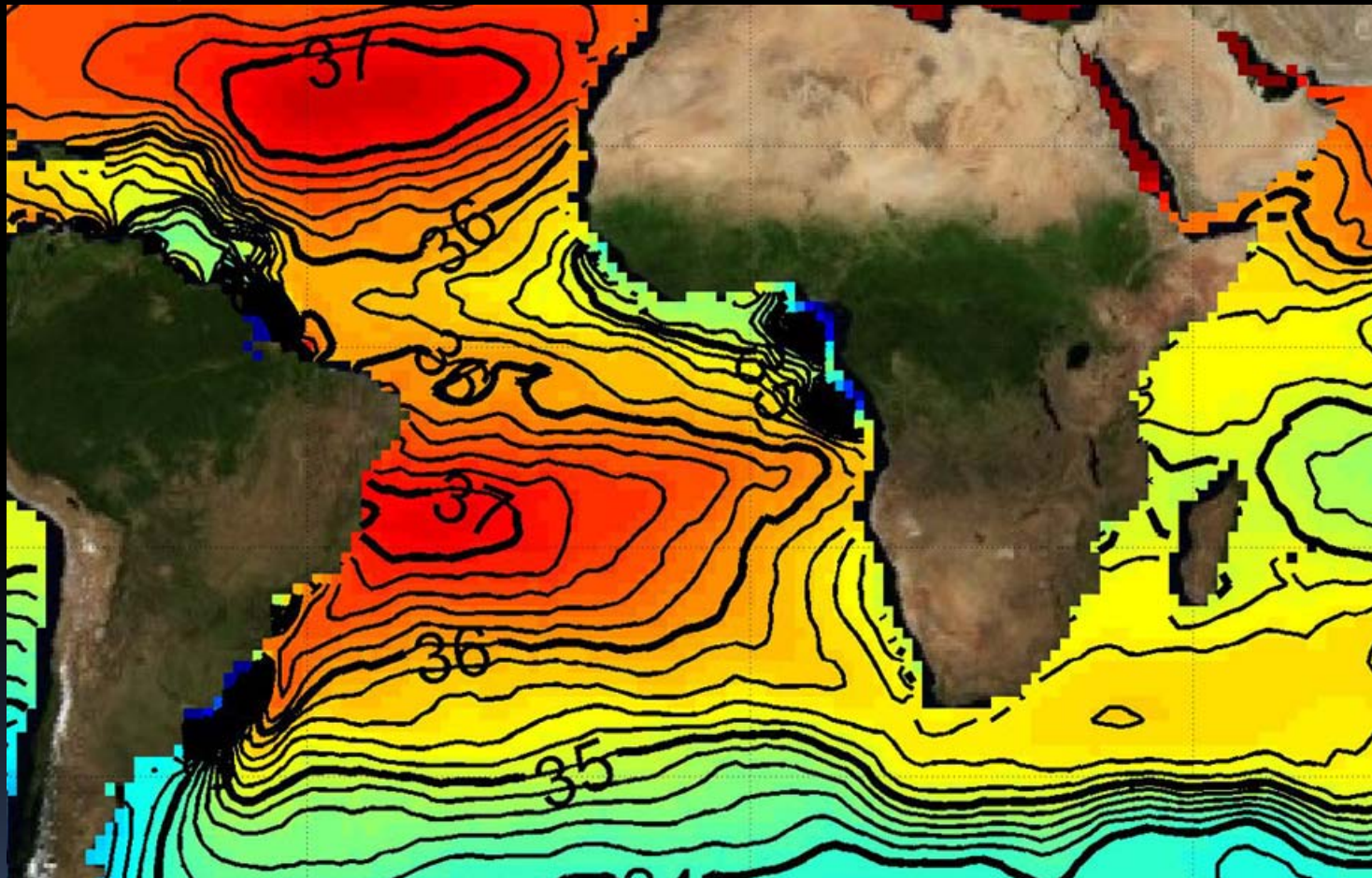
Campos

Exemplo: temperatura dos oceanos (campo escalar)



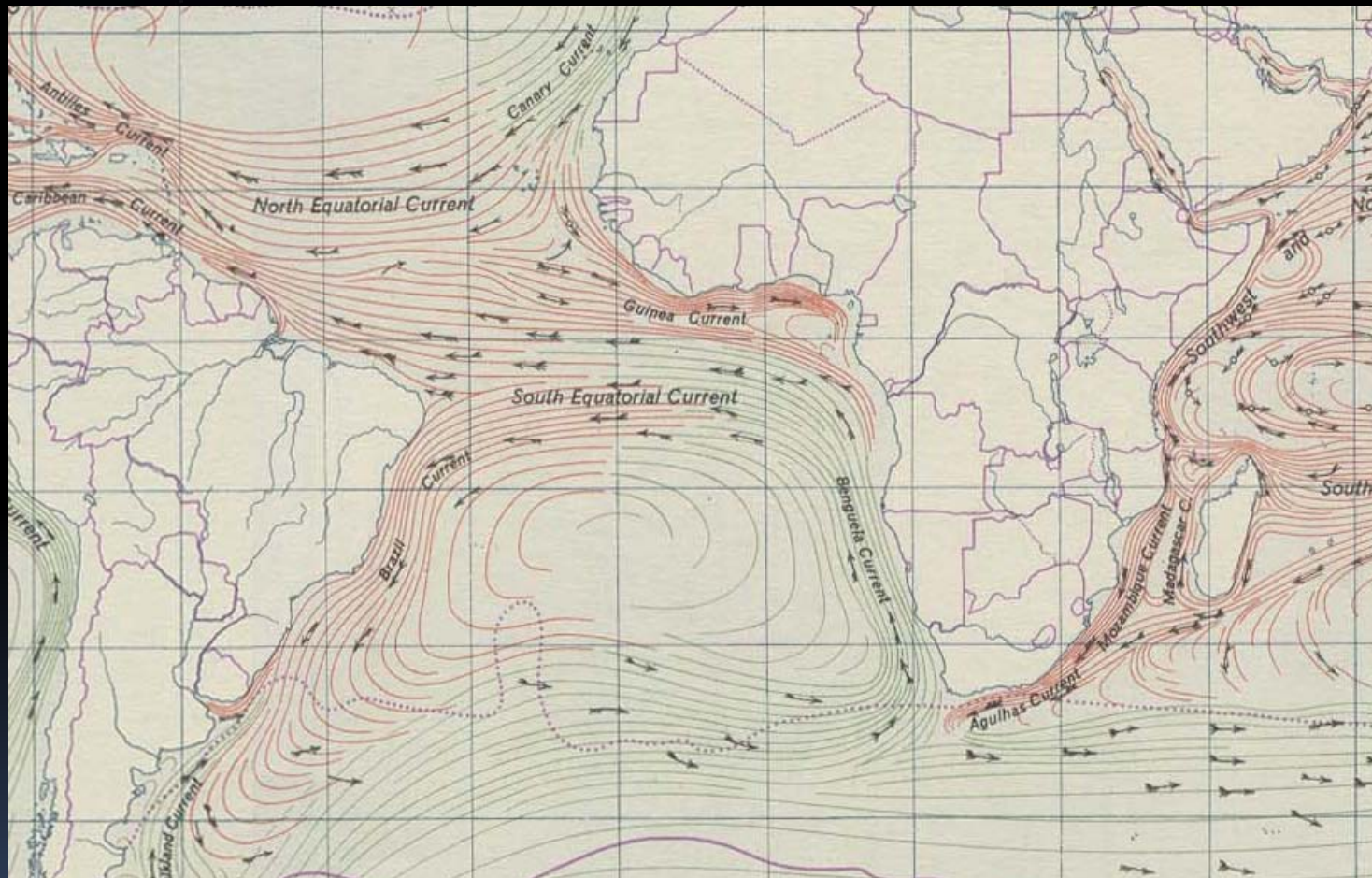
Campos

Exemplo: salinidade dos oceanos (campo escalar)



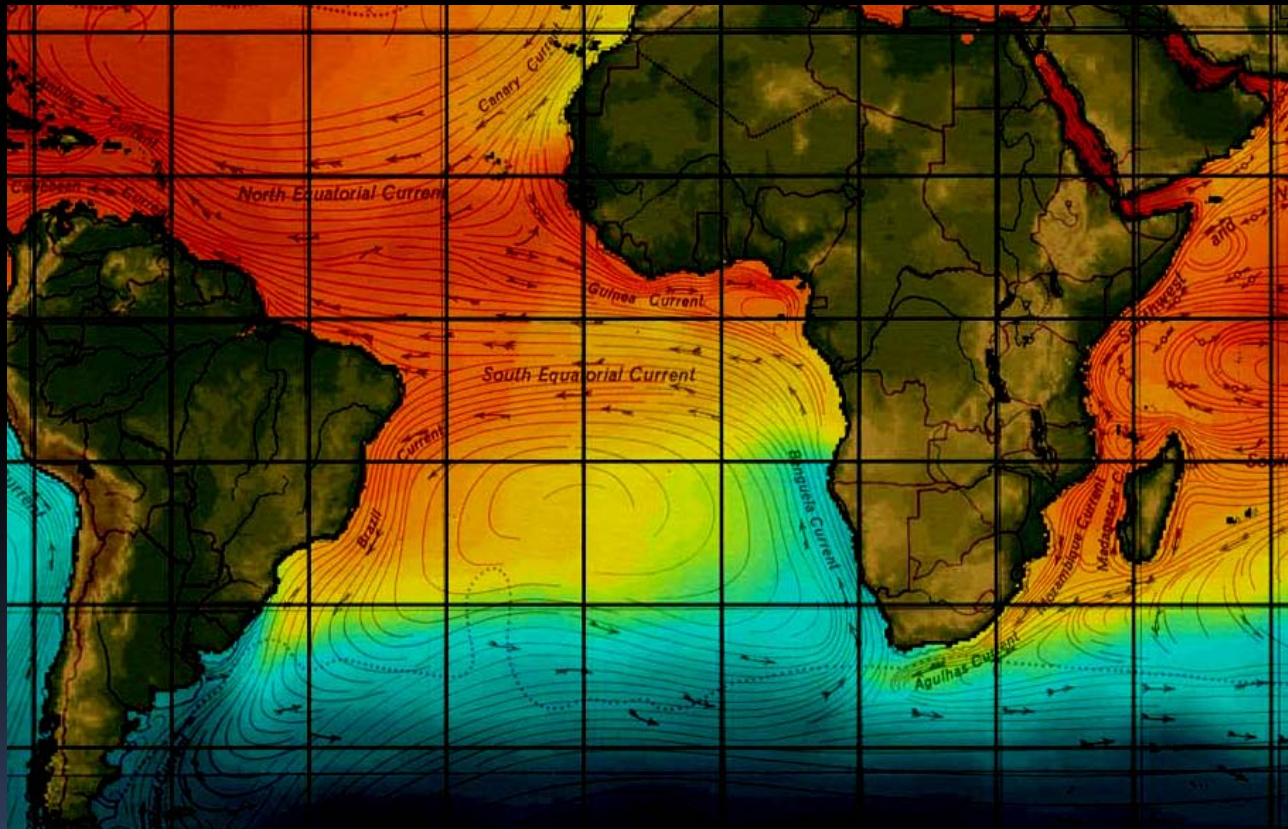
Campos

Exemplo: correntes oceânicas (campo vetorial)

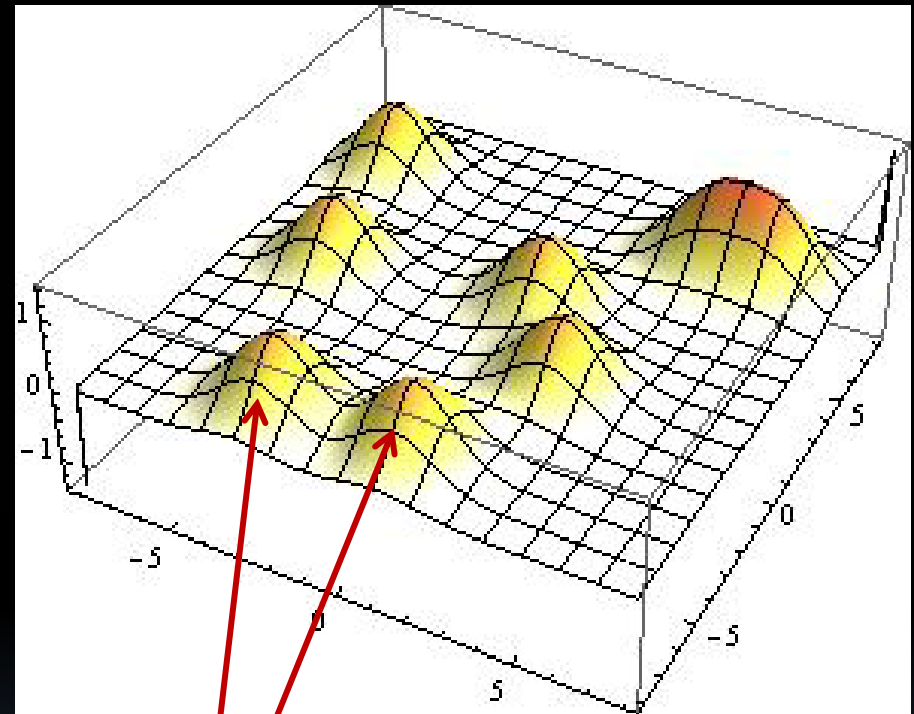
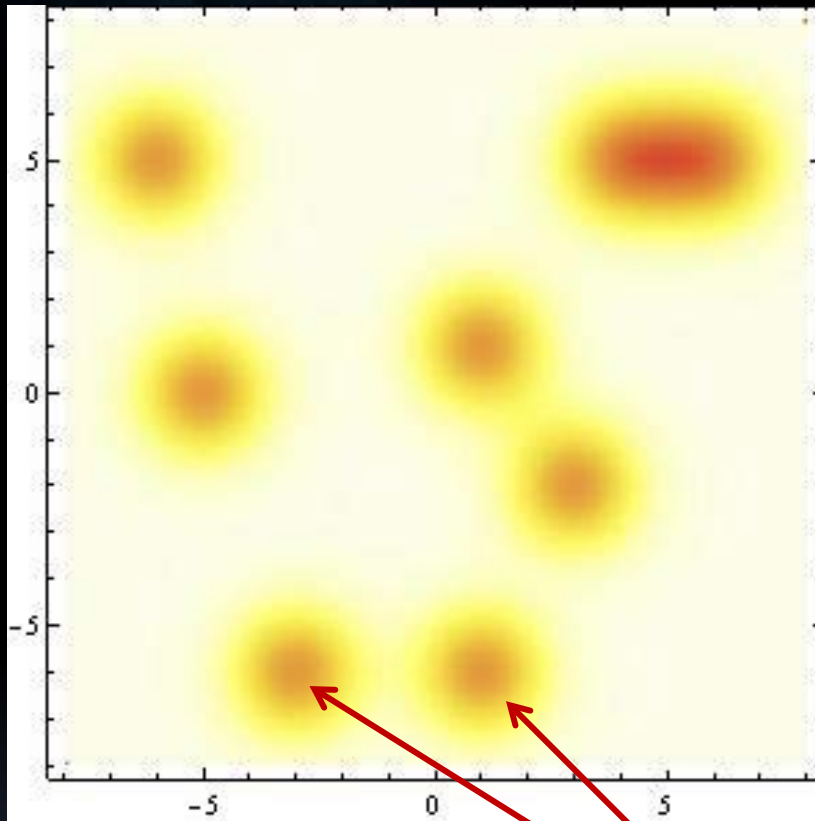


Campos

Seria ótimo se conseguíssemos combinar os diversos “campos oceânicos” em um campo composto (que associa vários números para cada ponto), e descobrir quais leis regem o comportamento deste novo campo!

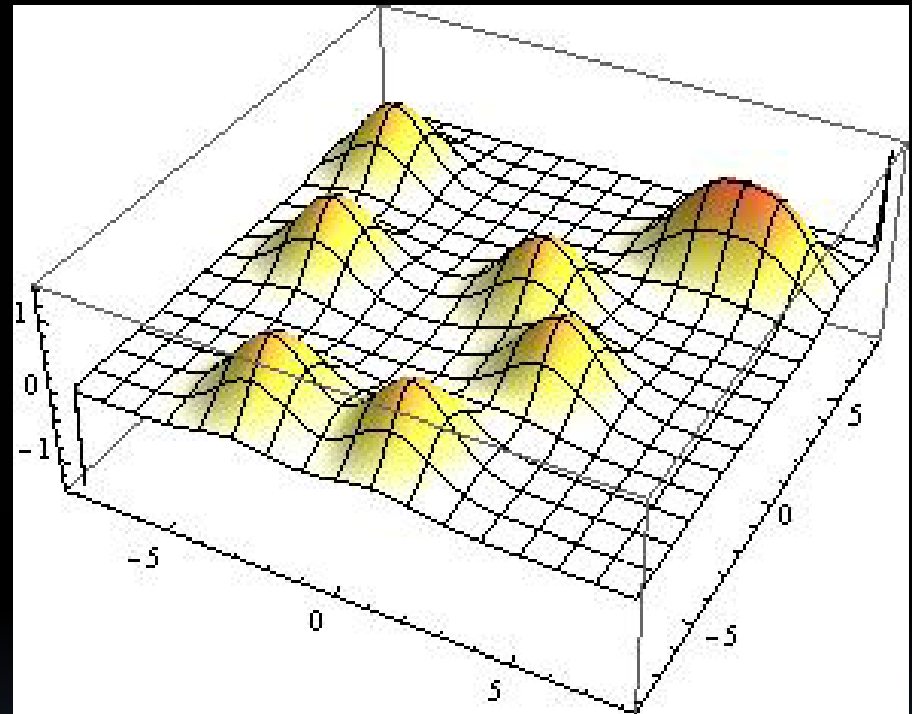
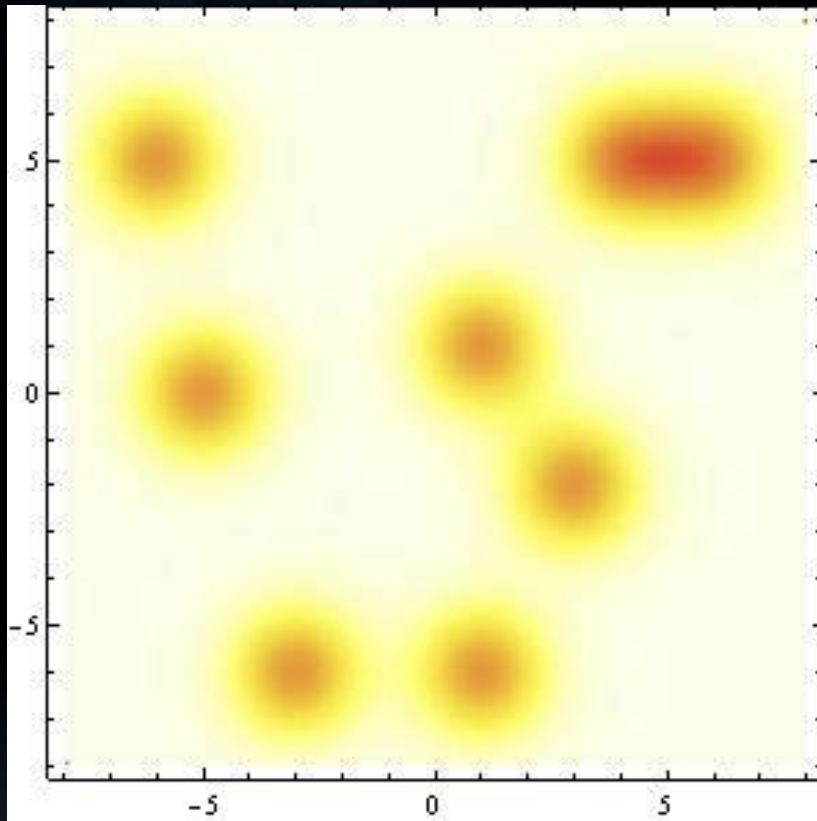


Partículas: Descritas por Campos!



Partículas

Partículas: Descritas por Campos!

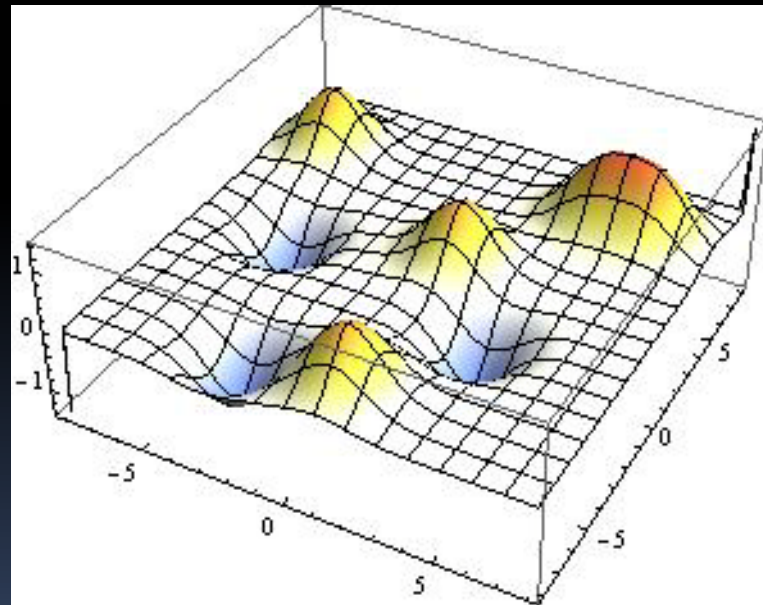
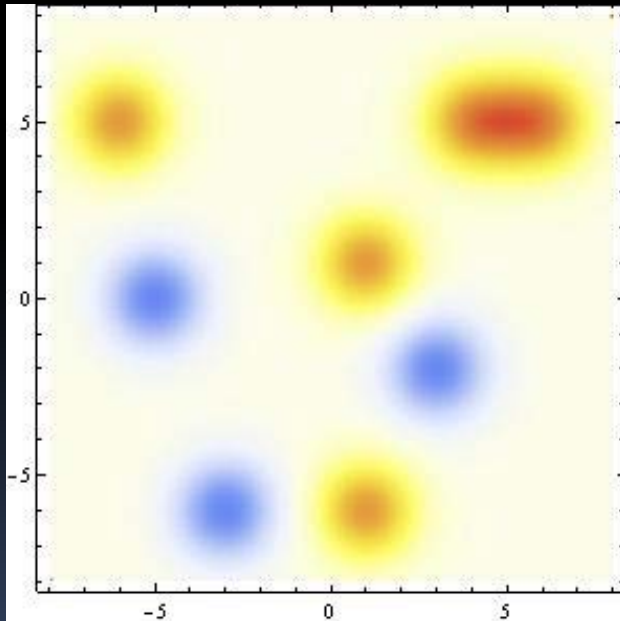


O campo codifica probabilidades de encontrar partículas numa certa região do espaço-tempo, incluindo informação sobre carga, velocidade, spin, etc..

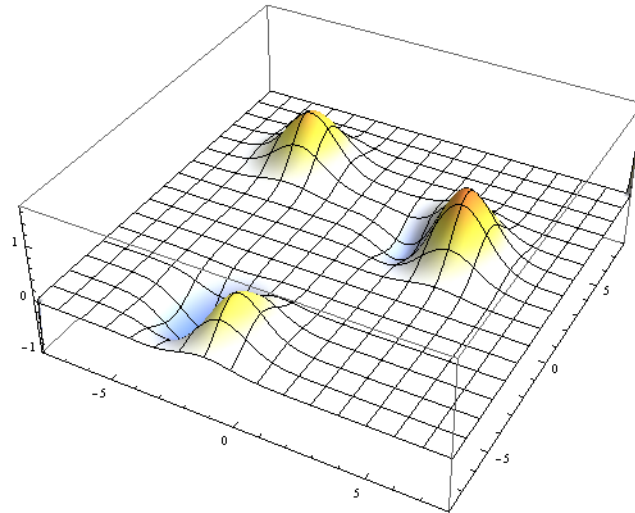
Campos Quânticos e Relativísticos

Tanto a quântica quanto a relatividade trazem “novidades” que escapam a nossa intuição (clássica). Algumas delas são:

- Excitações do campo são quantizadas (**partículas!**)
- Temos anti-partículas, numero total de partículas muda com o tempo



Campos Quânticos e Relativísticos



(note o que ocorre o que acontece quando as partículas passam umas pelas outras)

Campos Quânticos e Relativísticos

Tanto a quântica quanto a relatividade trazem “novidades” que escapam a nossa intuição (clássica). Algumas delas são:

- Campos complexos

The diagram illustrates the representation of a complex number Z . It starts with the equation $Z = a + b i = r e^{i \theta}$. A red arrow points from the underlined word "complexos" in the list above to the variable Z . Another red arrow points from the variable r to the word "Módulo" (Magnitude). A third red arrow points from the variable θ to the word "Fase" (Phase).

$$Z = a + b i = r e^{i \theta}$$

Fase

Módulo

Campos Quânticos e Relativísticos

Tanto a quântica quanto a relatividade trazem “novidades” que escapam a nossa intuição (clássica). Algumas delas são:

- Campos complexos

$$Z = a + b i = r e^{i \theta}$$

Diagram illustrating the complex number representation $Z = a + b i = r e^{i \theta}$. Red arrows point from the terms to their meanings: a and b are grouped as the real and imaginary parts; r is labeled "Módulo" (Module); θ is labeled "Fase" (Phase).

No entanto o que observamos não depende desta fase

Simetria!!



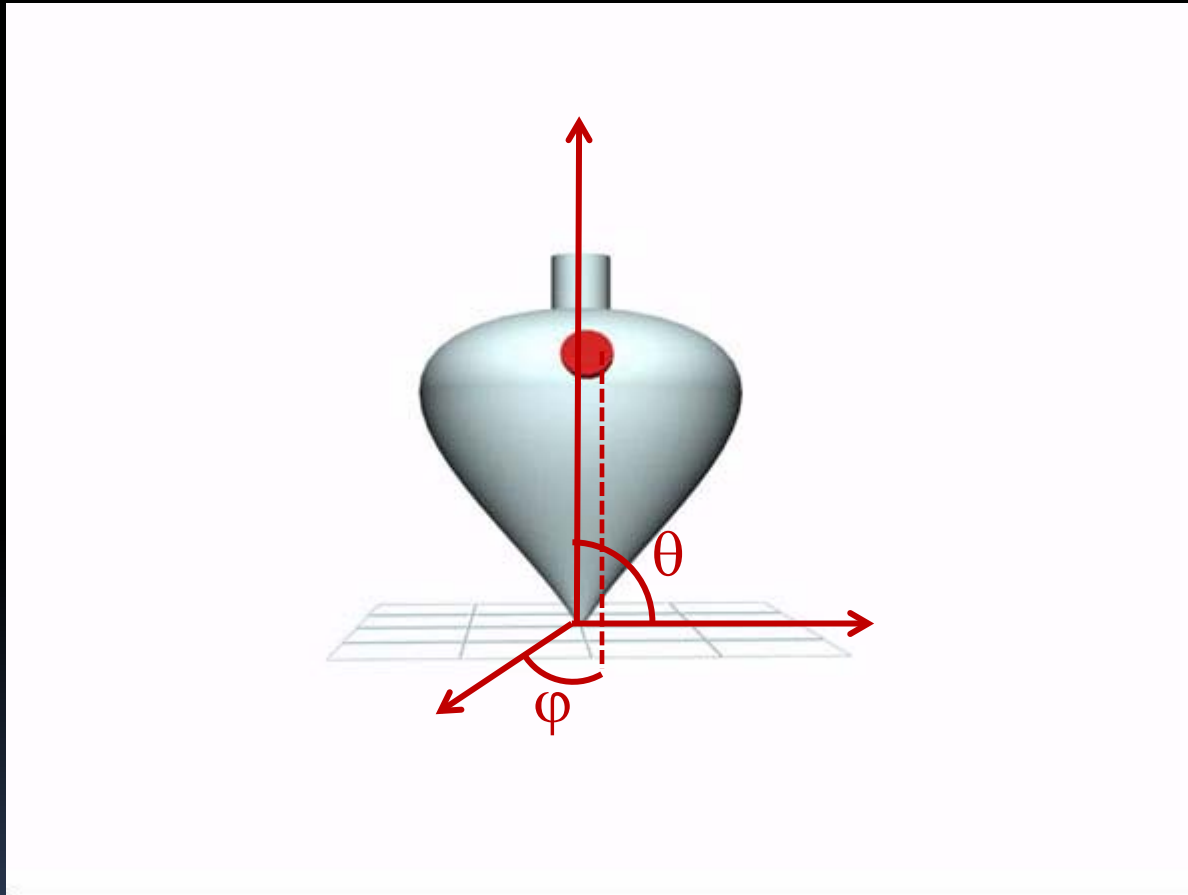
Papel das Simetrias em Física

O que é uma simetria?



Papel das Simetrias em Física

O que é uma simetria?



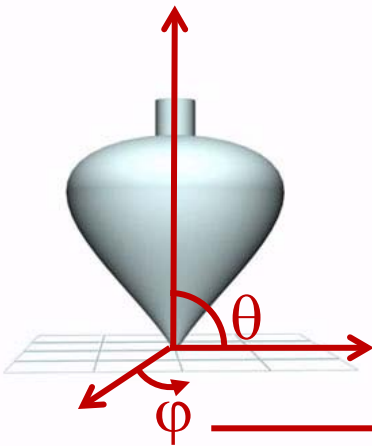
Papel das Simetrias em Física

O que é uma simetria?



Papel das Simetrias em Física

O que é uma simetria?



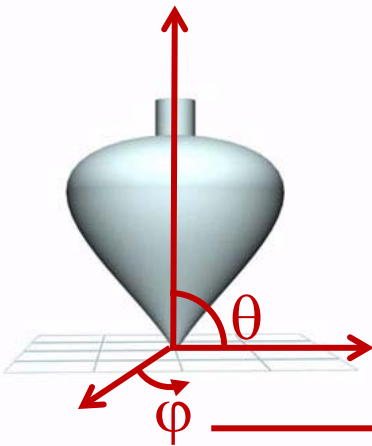
Mudanças deste ângulo não alteram em nada no sistema.



Isto nos permite prever qual é o eixo “preferido” do pião. Neste caso a presença da simetria diminui a complexidade do estudo do sistema.

Papel das Simetrias em Física

O que é uma simetria?

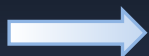


Mudanças deste ângulo não alteram em nada no sistema.



Isto nos permite prever qual é o eixo “preferido” do pião. Neste caso a presença da simetria diminui a complexidade do estudo do sistema.

Simetria



Toda vez que tivermos uma variável do sistema físico em estudo que possa ser mudada sem alterar o comportamento do sistema.

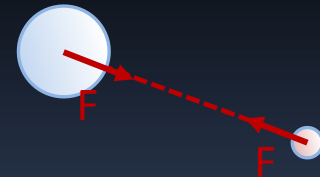
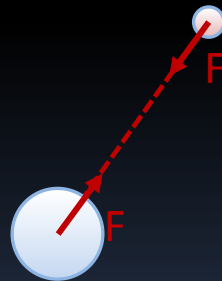
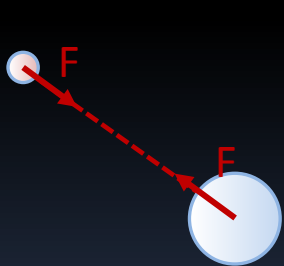
Papel das Simetrias em Física

Antes do séc. XX:



Exemplo: gravitação de Newton

...força proporcional à massa de cada um deles e inversamente proporcional ao quadrado da **distância** que separa esses corpos.



Simetria Esférica!

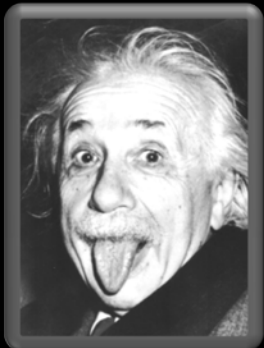
Papel das Simetrias em Física

Começo do séc. XX: os papéis começam a se inverter

Simetria



Leis da Natureza



Desenvolve a Relatividade (Especial e Geral) basicamente partindo de argumentos de simetria (leis da física não podem mudar com mudanças de referencial)



Restringe as Leis da Física “Possíveis”

A. Einstein – 1905 ~ 1915

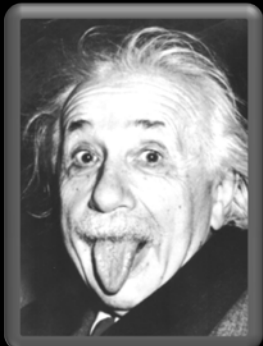
Papel das Simetrias em Física

Começo do séc. XX: os papéis começam a se inverter

Simetria



Leis da Natureza



A. Einstein – 1905 ~ 1915

➡ Desenvolve a Relatividade (Especial e Geral) basicamente partindo de argumentos de simetria (leis da física não podem mudar com mudanças de referencial)



Restringe as Leis da Física “Possíveis”



A.E. Noether – 1918

➡ Certas simetrias implicam em leis de conservação



Invariância por translação no espaço ➡ Conservação de Momento

Invariância por translação no tempo ➡ Conservação de Energia

Invariância por rotações ➡ Conservação de Momento Angular

Papel das Simetrias em Física

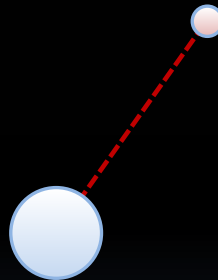
Começo do séc. XX: os papéis começam a se inverter

Simetria



Leis da Natureza

Exemplo: gravitação de Newton



Papel das Simetrias em Física

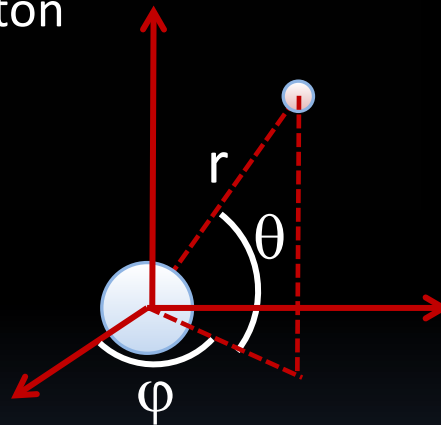
Começo do séc. XX: os papéis começam a se inverter

Simetria



Leis da Natureza

Exemplo: gravitação de Newton



Papel das Simetrias em Física

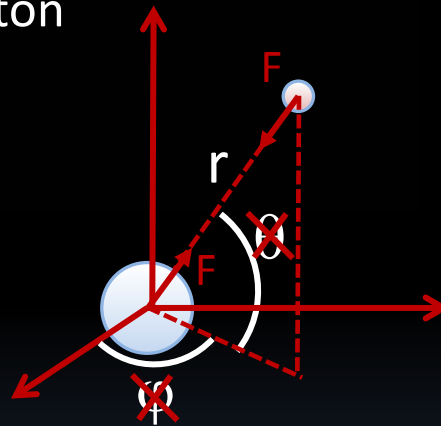
Começo do séc. XX: os papéis começam a se inverter

Simetria

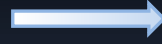
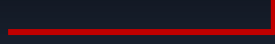


Leis da Natureza

Exemplo: gravitação de Newton

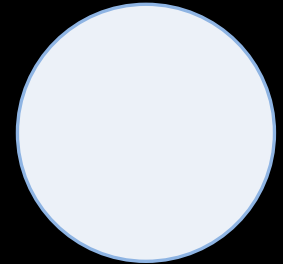
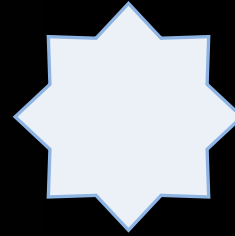


Simetria Esférica

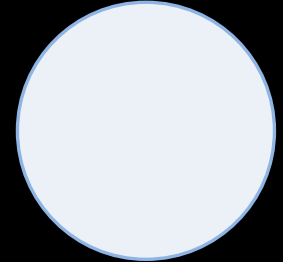
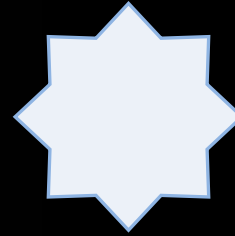


Força só depende da distância

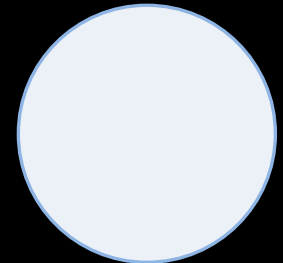
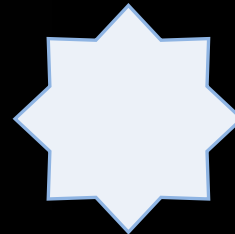
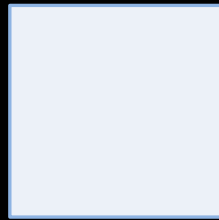
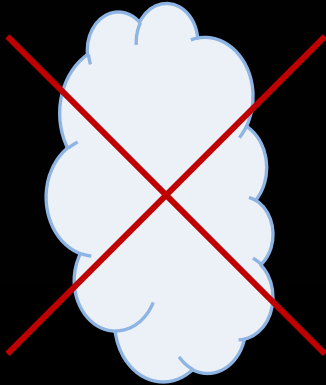
Assumir Simetrias → Restrições



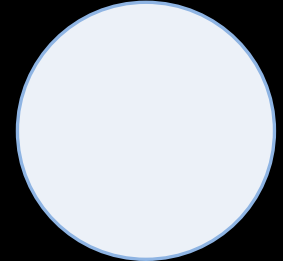
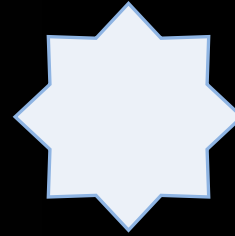
Assumir Simetrias → Restrições



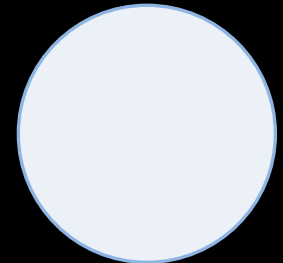
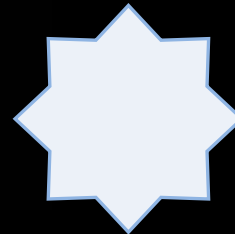
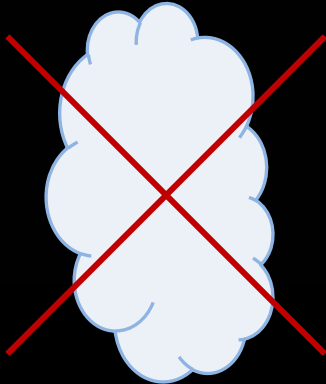
Rotação de 90°



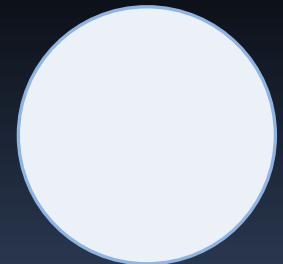
Assumir Simetrias → Restrições



Rotação de 90°



Rotação de 45°



Simetria para os Campos Quantizados



Campo Complexo: $Z = a + b i = r e^{i\theta}$ → Deve ser simétrico por mudança nesta **fase**

Simetria para os Campos Quantizados



Campo Complexo: $Z = a + b i = r e^{i \theta}$ → Deve ser simétrico por mudança nesta **fase**



Noether: Simetria → Grandeza conservada

Simetria para os Campos Quantizados



Campo Complexo: $Z = a + b i = r e^{i \theta}$ → Deve ser simétrico por mudança nesta **fase**



Noether: Simetria → Grandeza conservada

Conservação da **CARGA ELÉTRICA**

Simetria para os Campos Quantizados



Campo Complexo: $Z = a + b i = r e^{i \theta}$ → Deve ser simétrico por mudança nesta **fase**



Noether: Simetria → Grandeza conservada

Conservação da **CARGA ELÉTRICA**

Campos complexos descrevem partículas carregadas!



(o campo do elétron tem uma propriedade a mais, necessária para descrever também o seu **spin ½**, campos deste tipo não são chamados de **campos espinoriais**, em contraste com os campos escalares ou vetoriais)

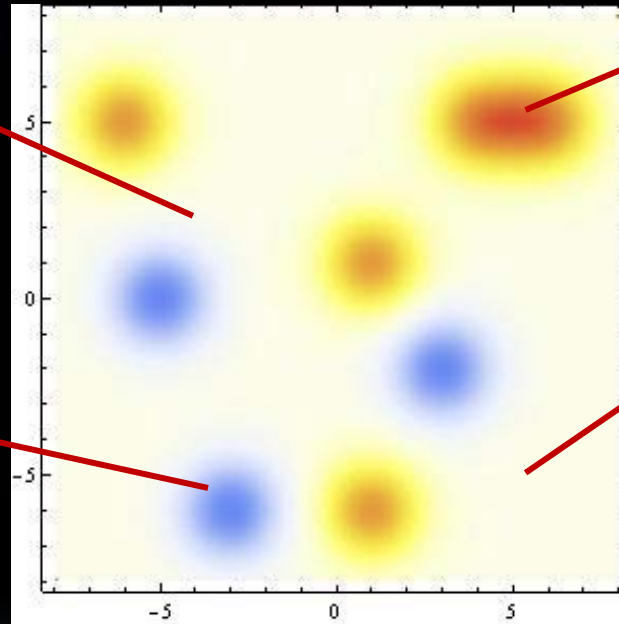
Simetrias Globais e Locais

$$Z_1 = r_1 e^{i(\theta_1)}$$

$$Z_2 = r_2 e^{i(\theta_2)}$$

$$Z_3 = r_3 e^{i(\theta_3)}$$

$$Z_4 = r_4 e^{i(\theta_4)}$$



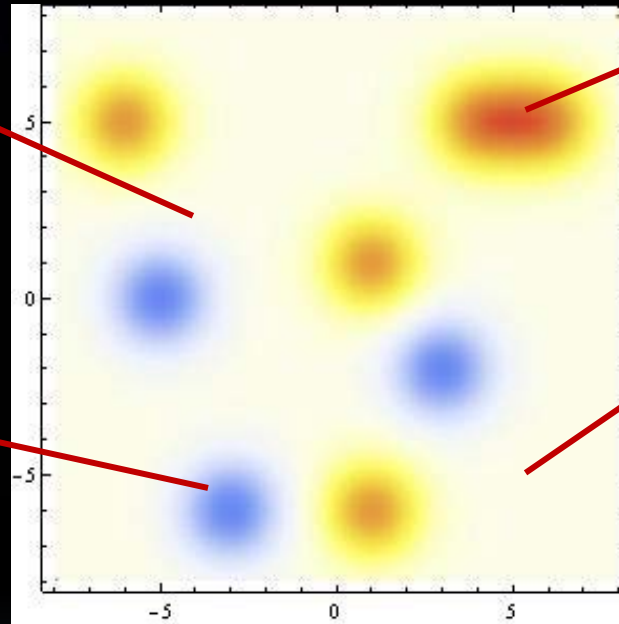
Simetrias Globais e Locais

$$Z_1 = r_1 e^{i(\theta_1)}$$

$$Z_2 = r_2 e^{i(\theta_2)}$$

$$Z_3 = r_3 e^{i(\theta_3)}$$

$$Z_4 = r_4 e^{i(\theta_4)}$$



Transformação Global: mudar todas as fases de um mesmo valor α

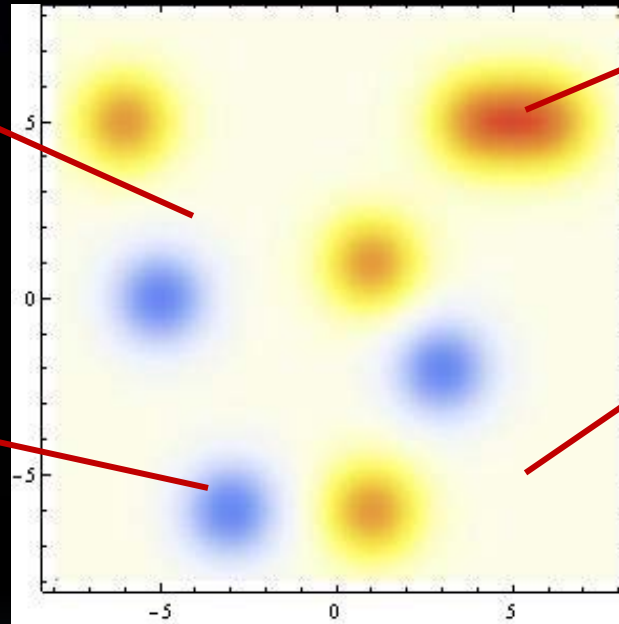
Simetrias Globais e Locais

$$Z_1 = r_1 e^{i(\theta_1 + \alpha)}$$

$$Z_2 = r_2 e^{i(\theta_2 + \alpha)}$$

$$Z_3 = r_3 e^{i(\theta_3 + \alpha)}$$

$$Z_4 = r_4 e^{i(\theta_4 + \alpha)}$$



Transformação Global: mudar todas as fases de um mesmo valor α

Se o sistema não muda $\longrightarrow$ Conservação da **CARGA ELÉTRICA**
(Simetria)

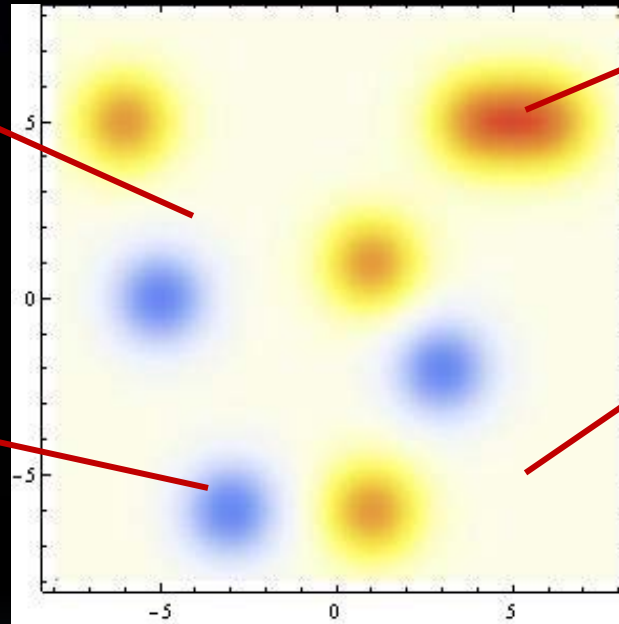
Simetrias Globais e Locais

$$Z_1 = r_1 e^{i(\theta_1 + \alpha)}$$

$$Z_2 = r_2 e^{i(\theta_2 + \gamma)}$$

$$Z_3 = r_3 e^{i(\theta_3 + \beta)}$$

$$Z_4 = r_4 e^{i(\theta_4 + \delta)}$$



Transformação Local: em cada ponto eu mudo a fase de valor diferente.

Se o sistema não muda $\longrightarrow$???
(Simetria Local)

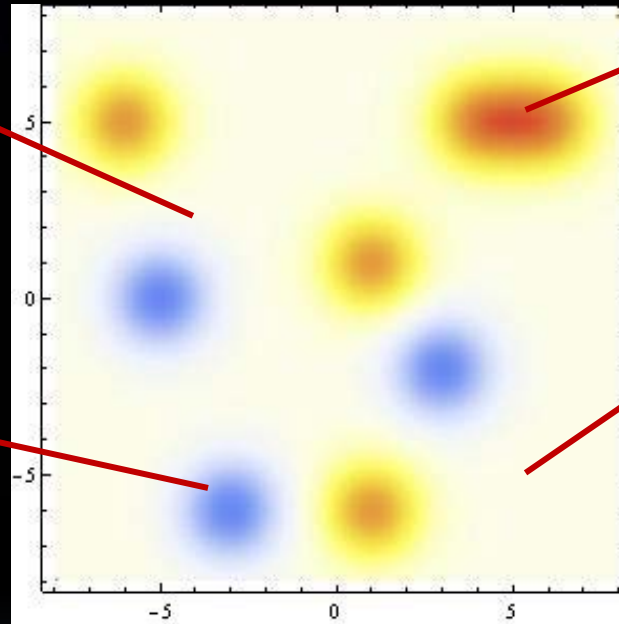
Simetrias Globais e Locais

$$Z_1 = r_1 e^{i(\theta_1 + \alpha)}$$

$$Z_2 = r_2 e^{i(\theta_2 + \gamma)}$$

$$Z_3 = r_3 e^{i(\theta_3 + \beta)}$$

$$Z_4 = r_4 e^{i(\theta_4 + \delta)}$$



Transformação Local: em cada ponto eu mudo a fase de valor diferente.

Se o sistema não muda $\Rightarrow$ Obtenho **INTERAÇÕES!**
(Simetria Local)

Simetrias Locais ➡ Interações

Campo complexo não
interagente (escalar ou
espinorial)

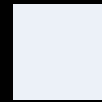
Simetria por Transformação
de Fase Local

Simetrias Locais → Interações

Campo complexo não
interagente (escalar ou
espinorial)

Simetria por Transformação
de Fase Local

Impossível!

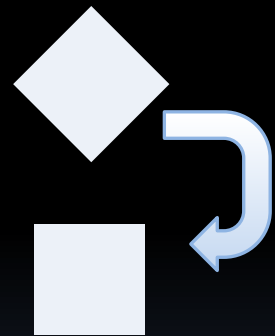
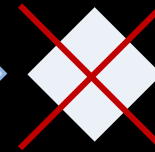
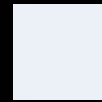


Simetrias Locais → Interações

Campo complexo não
interagente (escalar ou
espinorial)

Simetria por Transformação
de Fase Local

Impossível!



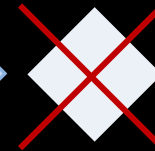
Para obter essa simetria local sou forçado a
introduzir um **novo campo**.
Este conjunto de dois campos é simétrico

Simetrias Locais → Interações

Campo complexo não
interagente (escalar ou
espinorial)

Simetria por Transformação
de Fase Local

Impossível!



Para obter essa simetria local sou forçado a
introduzir um **novo campo**.
Este conjunto de dois campos é simétrico

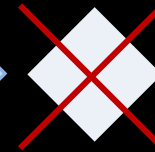
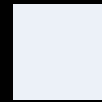


Simetrias Locais → Interações

Campo complexo não
interagente (escalar ou
espinorial)

Simetria por Transformação
de Fase Local

Impossível!



Para obter essa simetria local sou forçado a
introduzir um novo campo.

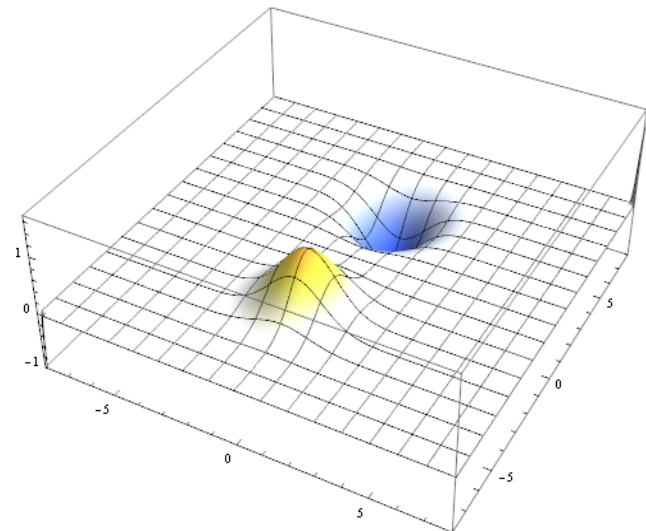
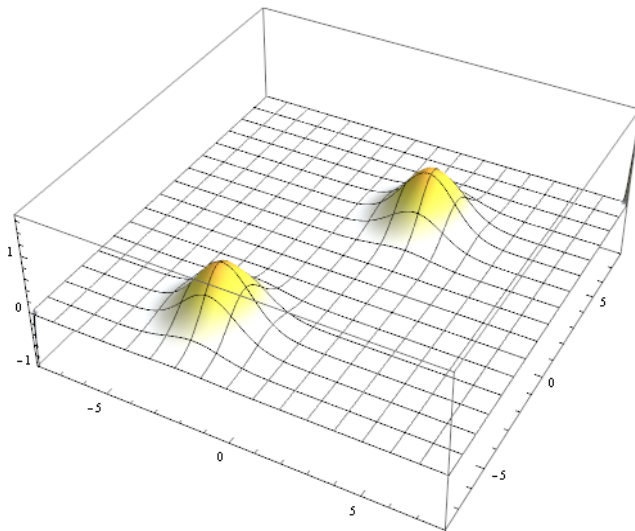
Este conjunto de dois campos é simétrico



- Campo Vetorial
- Excitações do campo **NÃO TEM MASSA** 
- Os dois campos interagem proporcionalmente à **carga conservada**

Simetrias Locais → Interações

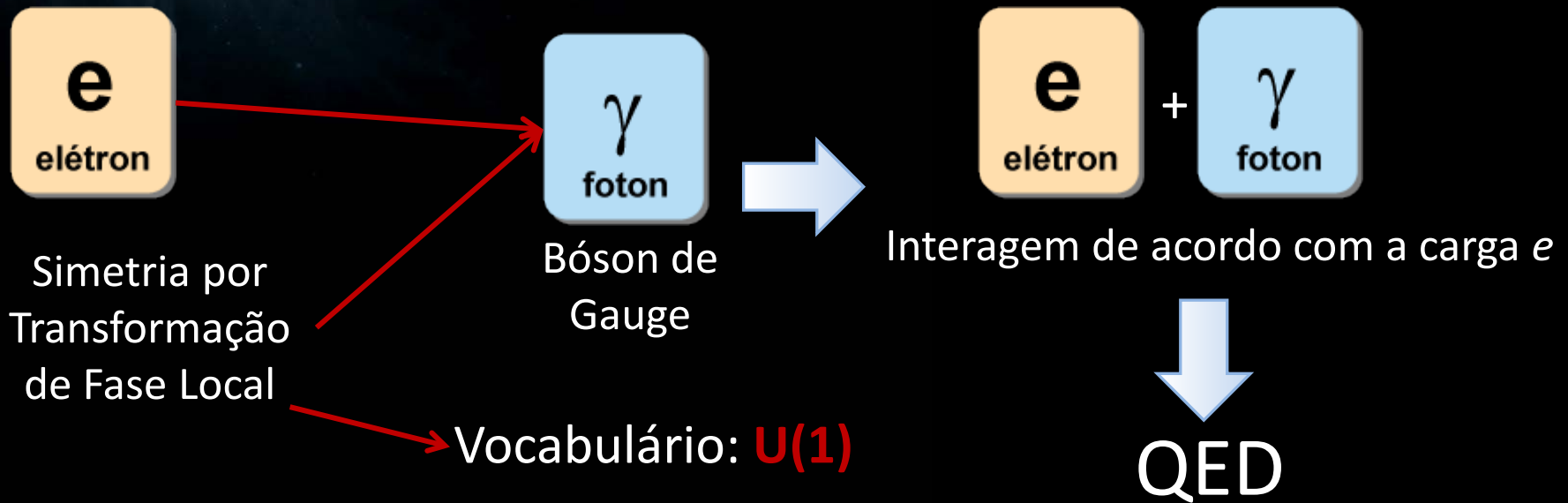
Probabilidade da interação proporcional à carga (acoplamento)



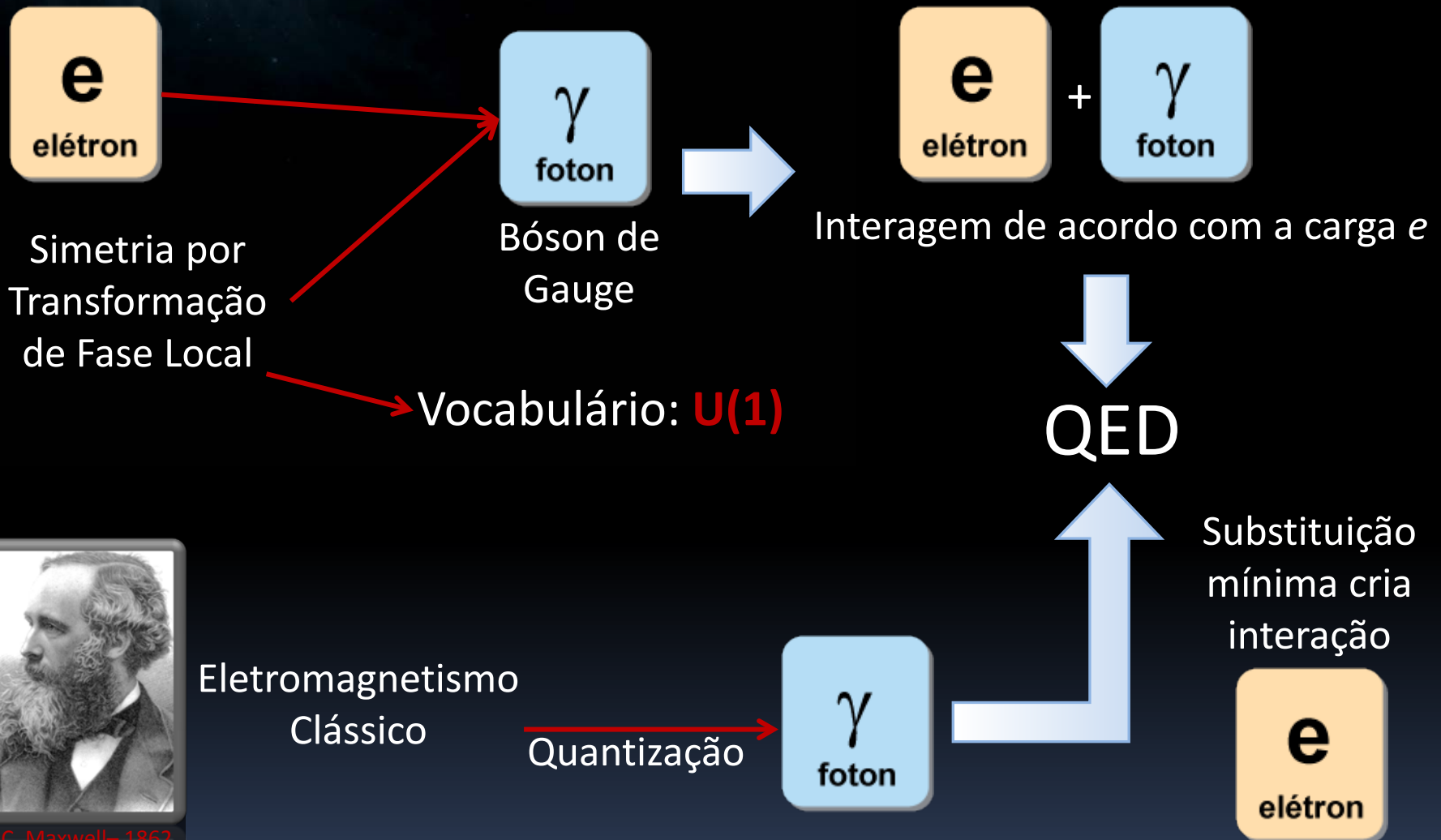
Vocabulário:

- Simetria de Fase Local: SIMETRIA DE GAUGE
- Partículas sem massa do campo novo: BÓSONS DE GAUGE

Eletrodinâmica Quântica (QED)



Electrodinâmica Quântica (QED)

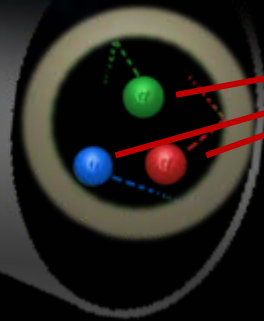


J.C. Maxwell - 1862

18/04/2013

O Bóson de Higgs - R.D.Matheus

Cromodinâmica Quântica (QCD)



Quarks

Qual força os mantém unidos?

1963



G. Zweig



M. Gell-Mann

Simetria Local: **SU(3)**

1965



Y. Nambu



M-Y Han



O.W. Greenberg

Têm cargas de SU(3)

u
up

d
down

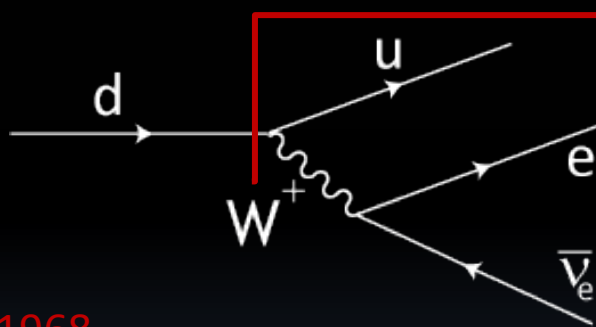
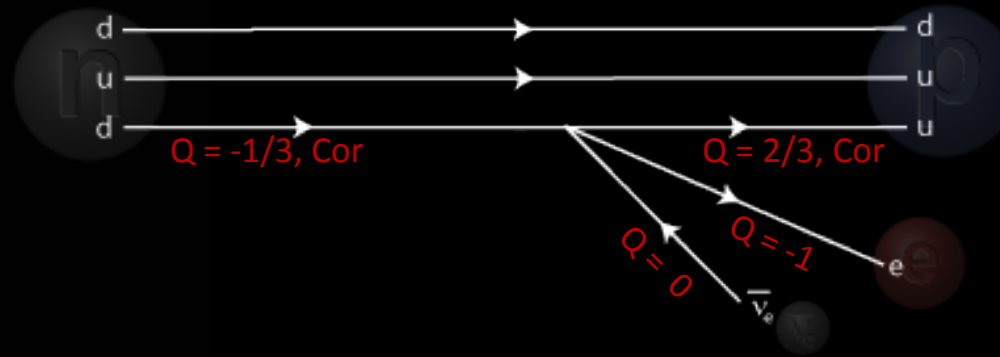
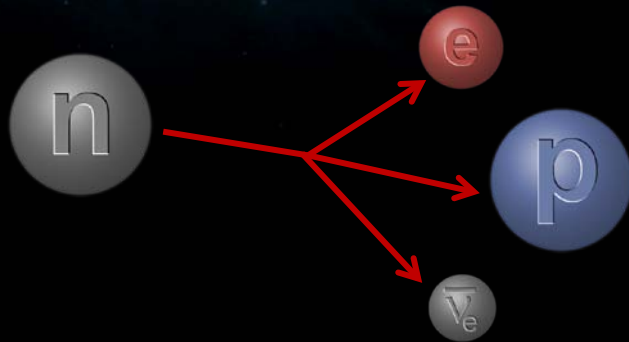
s
strange

Bóson de Gauge
de SU(3)

g
gluon

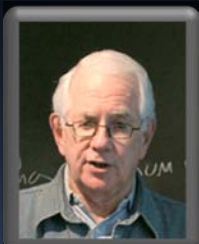
Teoria Eletrofraca (GWS)

Decaimento Beta:



Simetria Local: $SU(2)_L \times U(1)_Y$

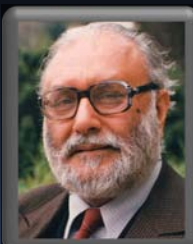
1968



Glashow



Weinberg

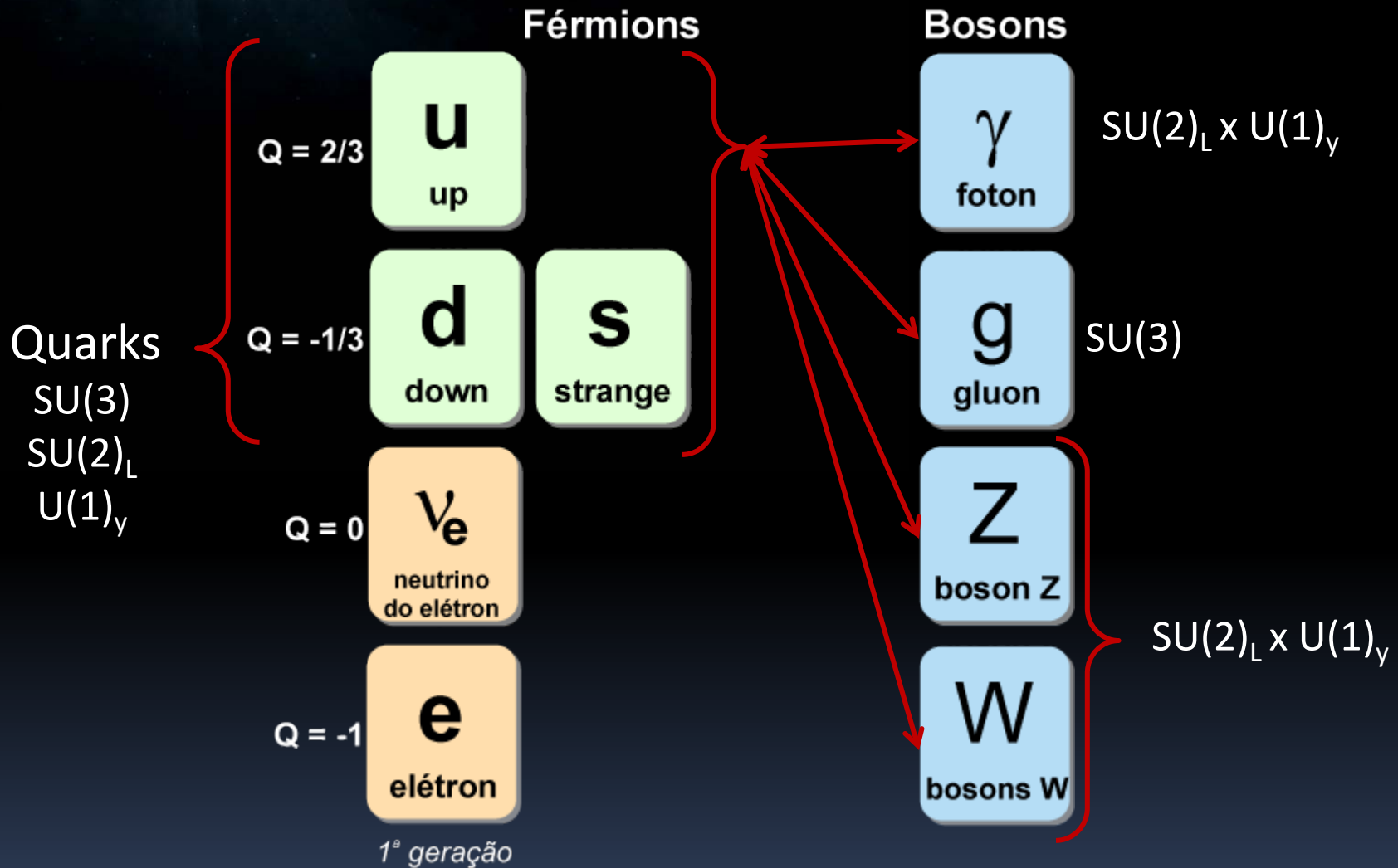


Salan

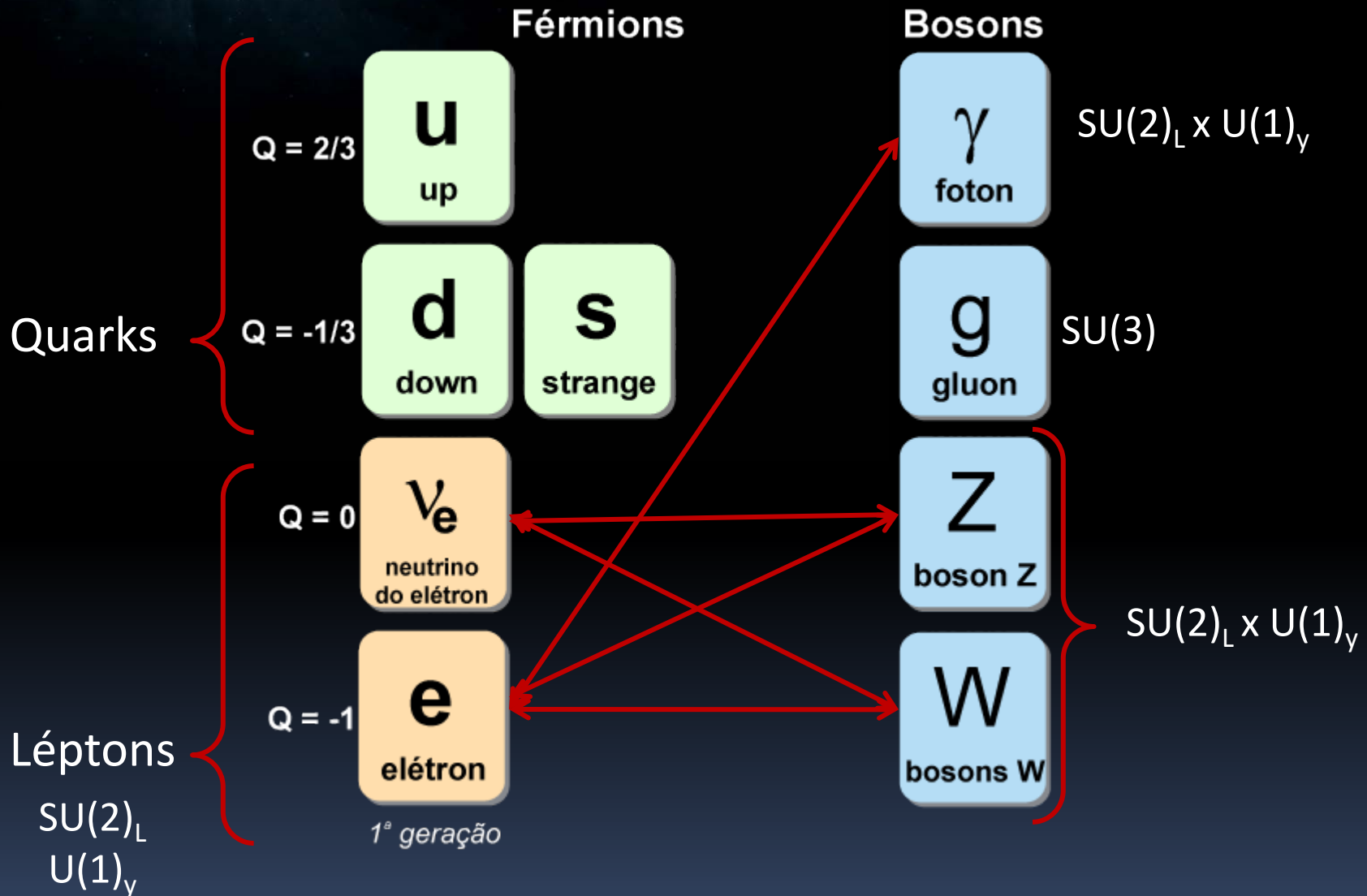
Bósons de Gauge de
 $SU(2)_L \times U(1)_Y$



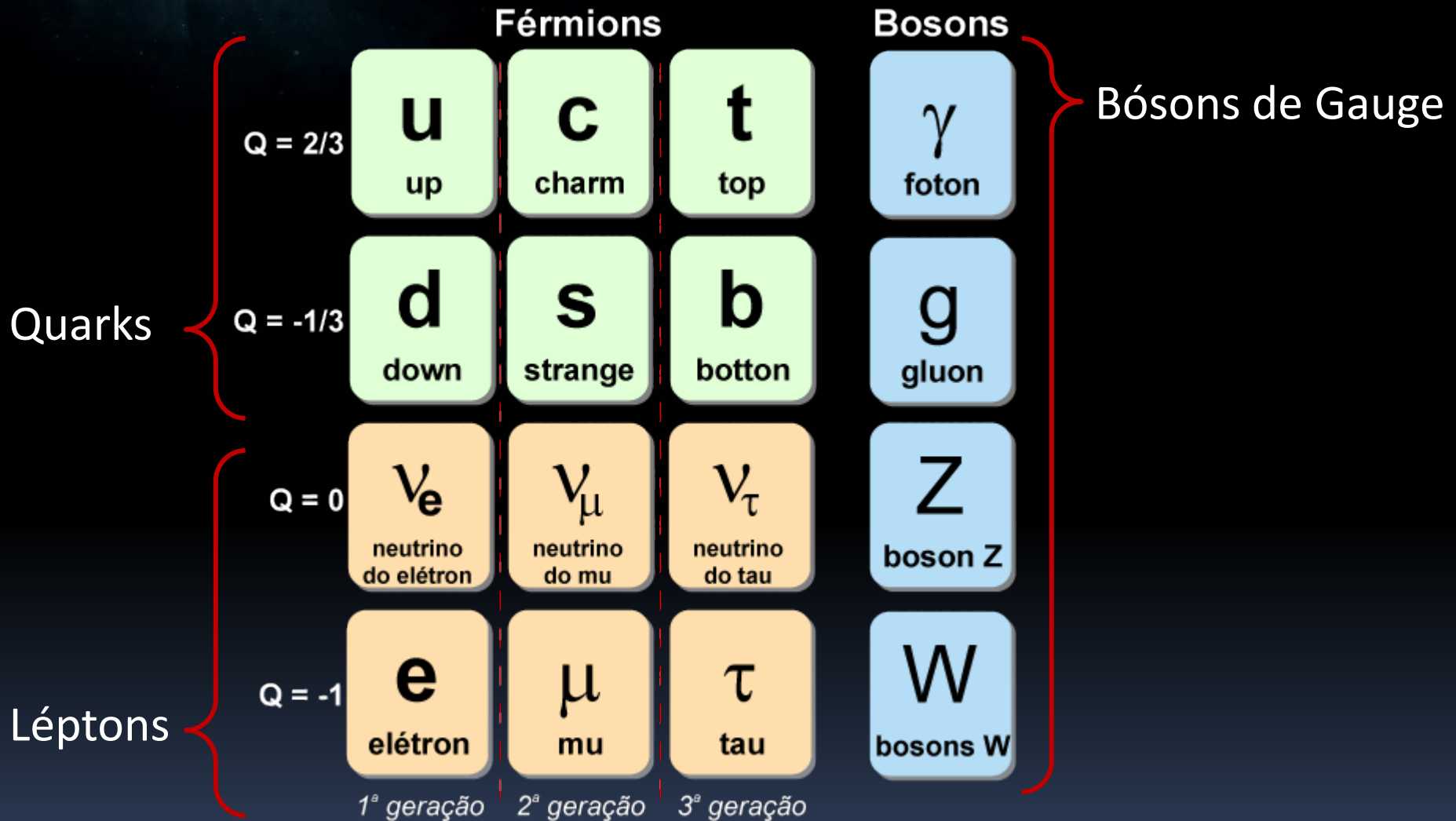
O Modelo Padrão



O Modelo Padrão



O Modelo Padrão



O Modelo Padrão

Isso é tudo então? Podemos ir para casa?

Bem, vamos lembrar de um fato:



“Excitações do campo de interação (Bósons de Gauge) **NÃO TÊM MASSA**”

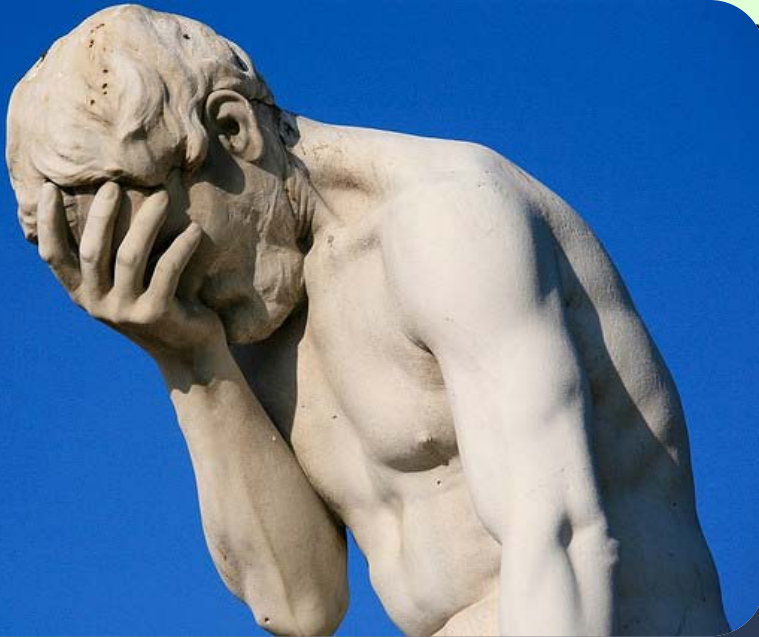
... vamos dar uma olhada.

O Modelo Padrão

	Férmions			Bosons	
$Q = 2/3$	u up	c charm	t top	γ foton	$m = 0$ ✓
$Q = -1/3$	d down	s strange	b botton	g gluon	$m = 0$ ✓
$Q = 0$	ν_e neutrino do elétron	ν_μ neutrino do mu	ν_τ neutrino do tau	Z boson Z	$m = 92 \text{ GeV}$ ✗
$Q = -1$	e elétron	μ mu	τ tau	W bosons W	$m = 80 \text{ GeV}$ ✗
	1ª geração	2ª geração	3ª geração		

O Modelo Padrão

Férmions			Bosons	
$Q = 2/3$	u up	c charm	t top	γ foton $m = 0$ ✓
	d	s	b bottom	g gluon $m = 0$ ✓
$Q = -1/3$				Z boson Z $m = 92 \text{ GeV}$ ✗
				W bosons W $m = 80 \text{ GeV}$ ✗



O Modelo Padrão

Isso é tudo então? Podemos ir para casa?

Bem, vamos lembrar de um fato:



“Excitações do campo de interação (Bósons de Gauge) **NÃO TÊM MASSA**”

Os bósons W e Z têm todas as propriedades previstas pela simetria $SU(2)_L \times U(1)_Y$, mas eles têm **MASSA**

O Modelo Padrão

Isso é tudo então? Podemos ir para casa?

Bem, vamos lembrar de um fato:

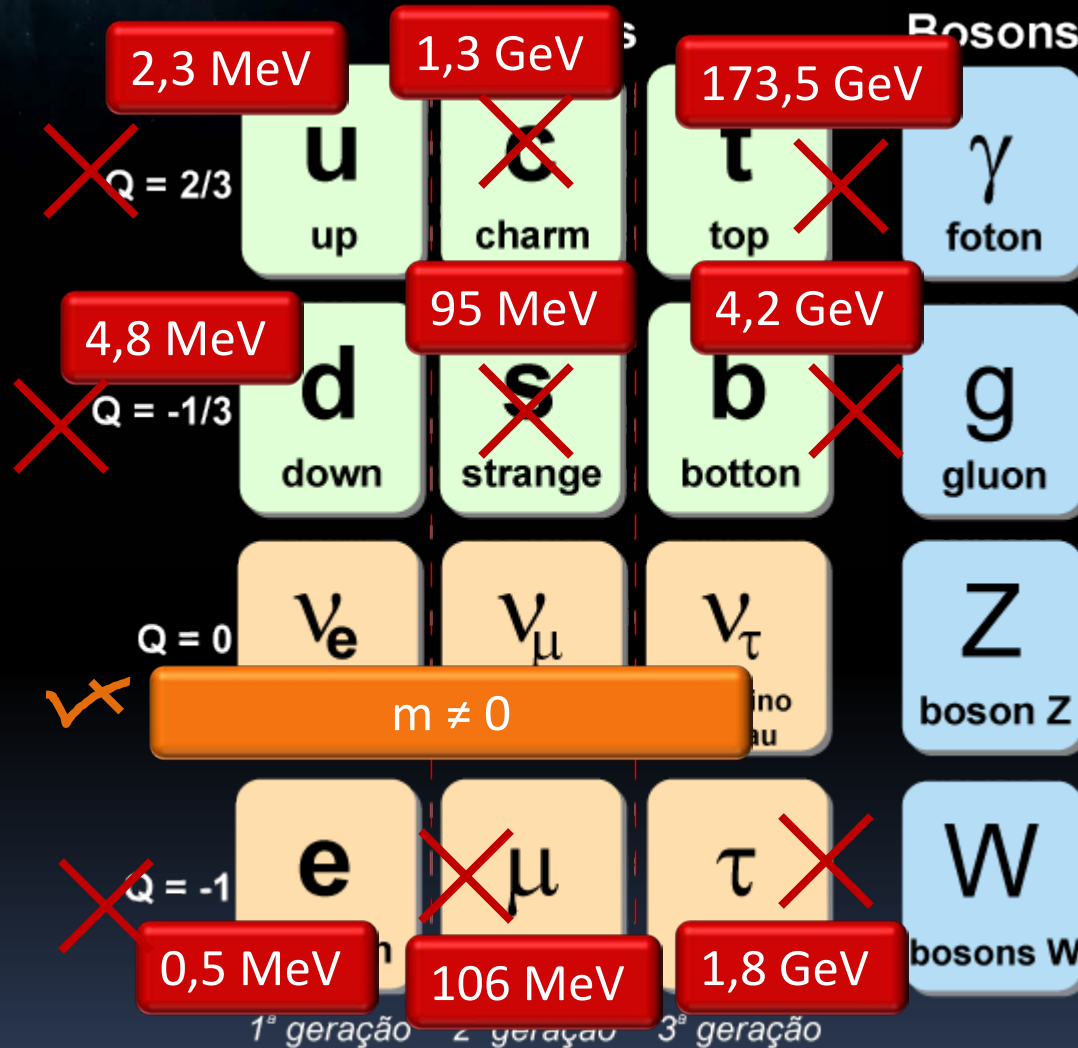


“Excitações do campo de interação (Bósons de Gauge) **NÃO TÊM MASSA**”

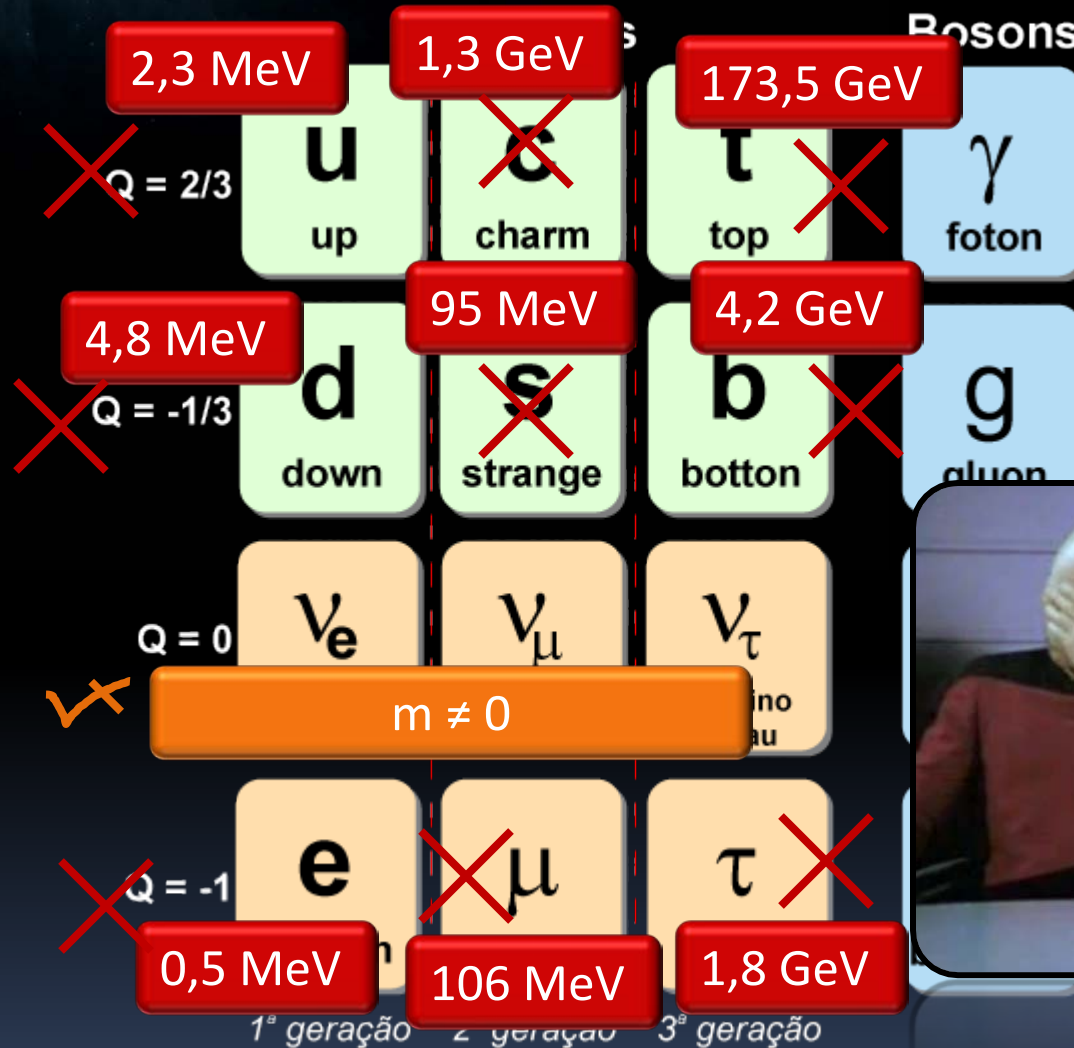
Os bósons W e Z tem todas as propriedades previstas pela simetria $SU(2)_L \times U(1)_Y$, mas eles têm **MASSA**

E não é só isso: a simetria $SU(2)_L$ proíbe que os **férmions** tenham massa também! Vamos ver...

O Modelo Padrão



O Modelo Padrão



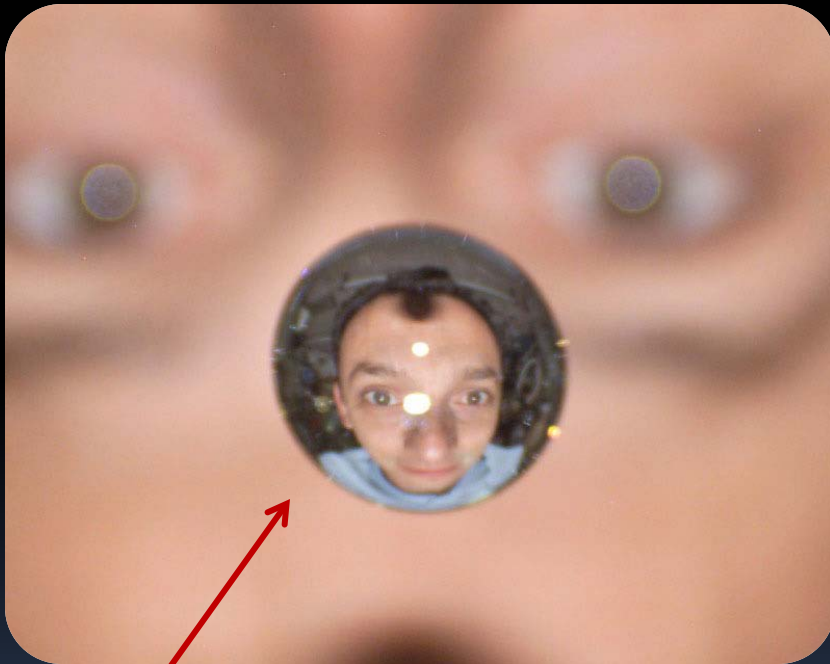
O Bóson de Higgs (finalmente)

Dilema: As simetrias funcionam! **VS** Uma delas proíbe a massa!

O Bóson de Higgs (finalmente)

Dilema: As simetrias funcionam! **VS** Uma delas proíbe a massa!

Quebra espontânea de simetria:

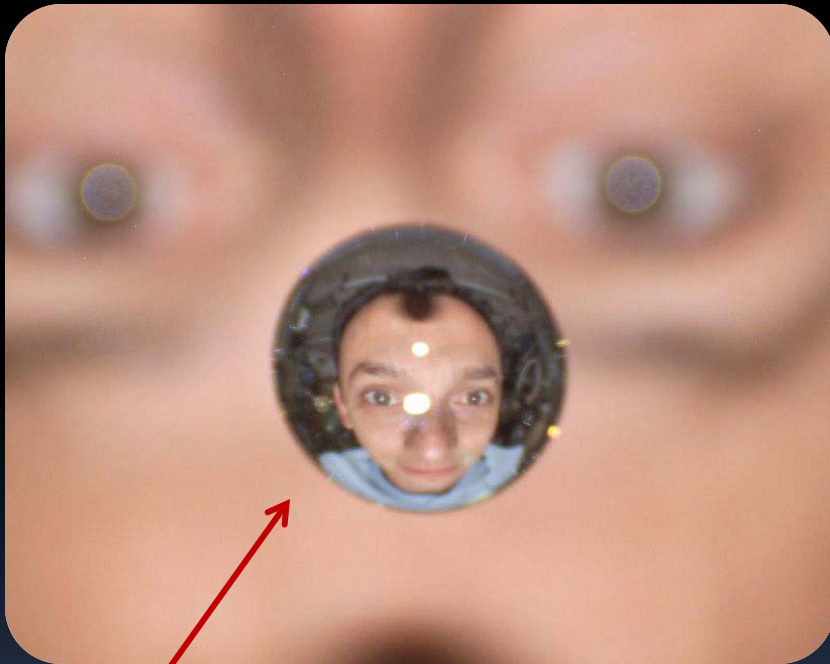


Gota de água (no espaço)

O Bóson de Higgs (finalmente)

Dilema: As simetrias funcionam! **VS** Uma delas proíbe a massa!

Quebra espontânea de simetria:



Gota de água (no espaço)

Frio
→
(abaixo a
energia do
sistema)

Simetria rotacional “menor”



Mas de fato **PERDEMOS** a simetria?

O Bóson de Higgs (finalmente)

Dilema: As simetrias funcionam! **VS** Uma delas proíbe a massa!

Mas de fato **PERDEMOS** a simetria?



Frio
→
(abaixo a
energia do
sistema)

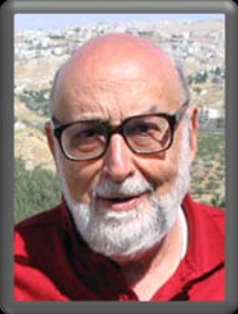
Todas possíveis e igualmente
prováveis



NÃO! Ela apenas está se manifestando de uma forma mais sutil

O Bóson de Higgs (finalmente)

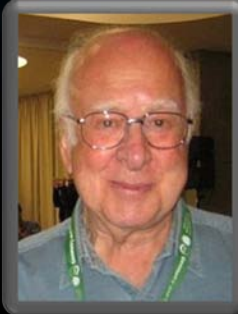
Englert



Brout



Higgs



Guralnik



Hagen



Kibble



1964

Campo escalar:



$SU(2)_L \times U(1)_Y$

Estado de menor energia (vácuo), não respeita a sim.

O Bóson de Higgs (finalmente)

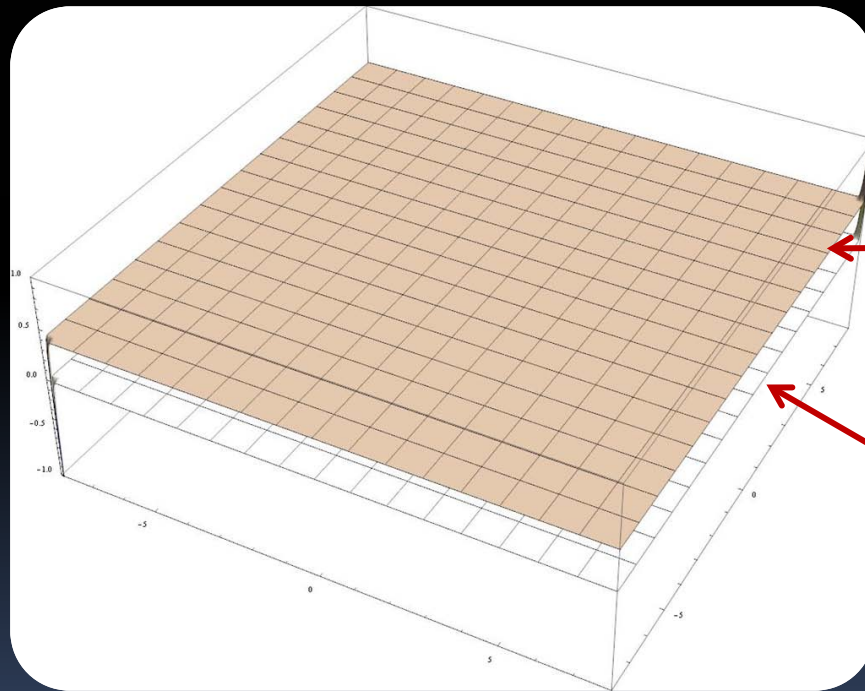
Campo escalar:



$SU(2)_L \times U(1)_Y$

Estado de menor energia (vácuo), não respeita a sim.

Efeito: Valor esperado no vácuo (**VEV**)!



Nenhuma partícula aqui

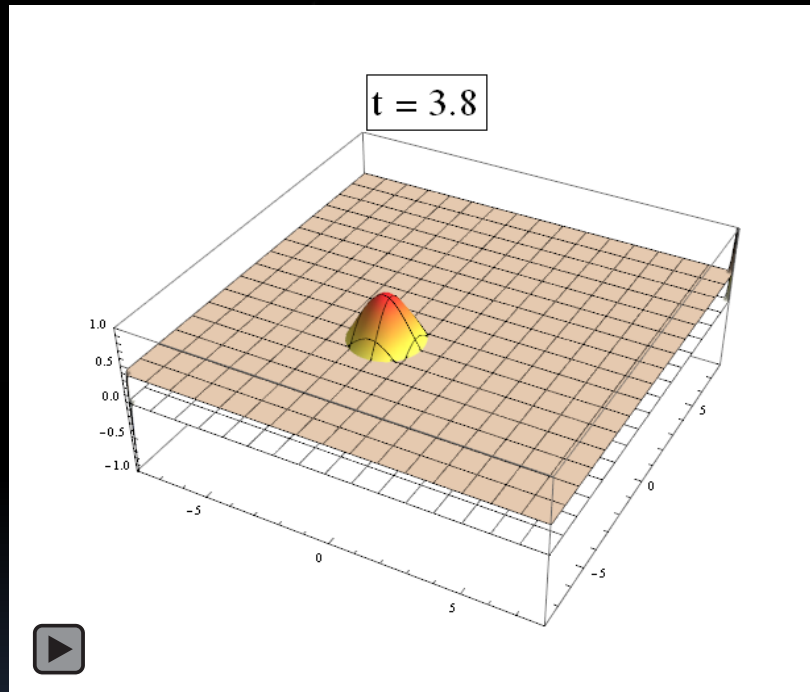
Vácuo do campo H
(246 GeV)

Vácuo normal

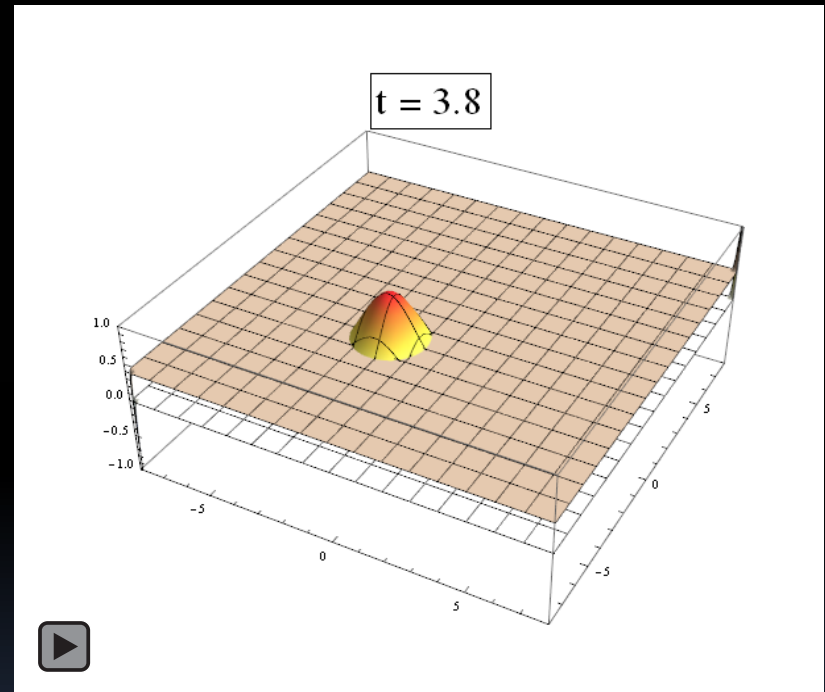
O Bóson de Higgs (finalmente)

Qualquer campo que interaja com o campo H vai sentir este VEV

Não Interage



Interage Pouco

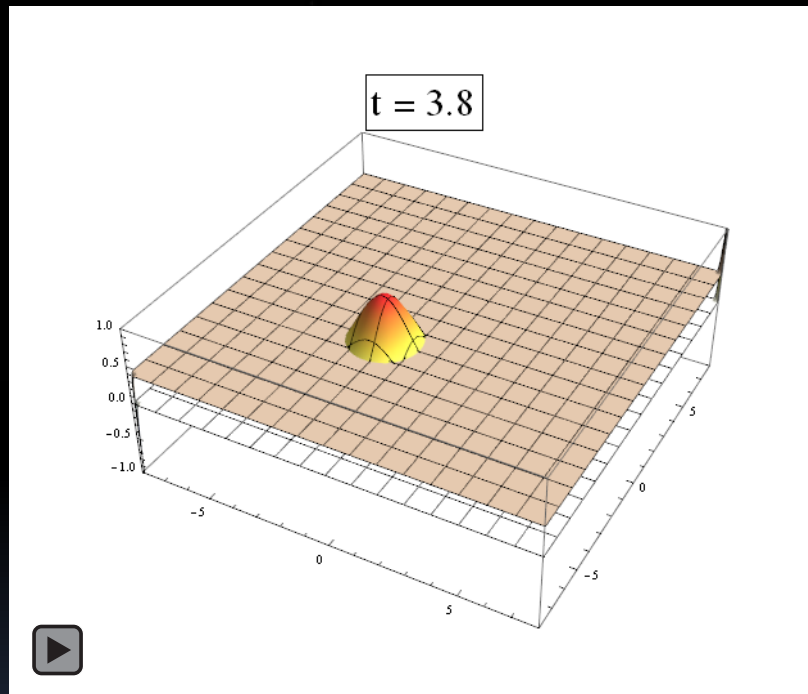


Mesmo que a excitação se mova na velocidade da luz, veremos ela efetivamente se deslocando mais devagar. Somente partículas com massa podem se deslocar em velocidade menor que a da luz.

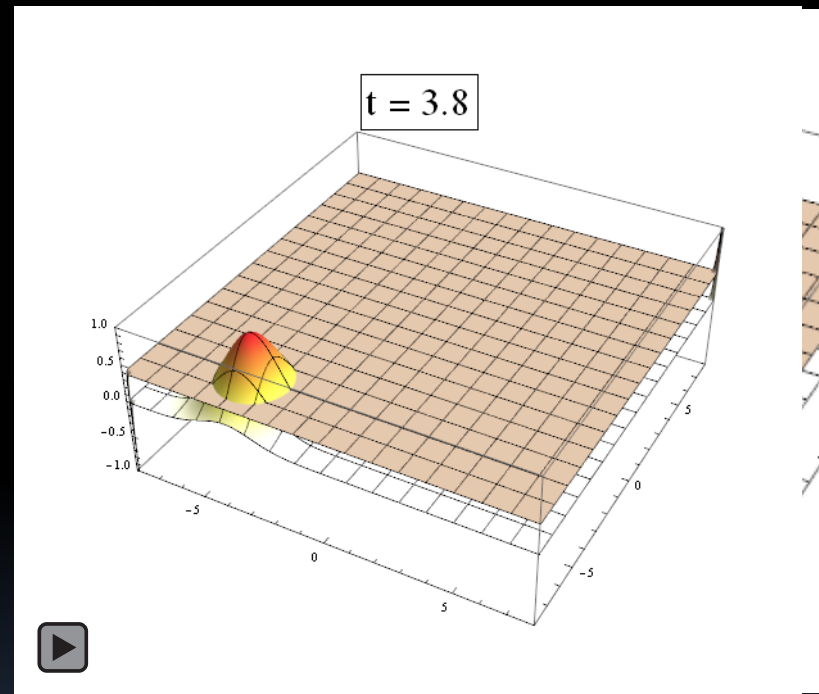
O Bóson de Higgs (finalmente)

Qualquer campo que interaja com o campo H vai sentir este VEV

Interage Pouco



Interage Muito



Quanto maior a intensidade da interação, maior vai ser este efeito, mais difícil fica chegar perto da velocidade da luz. Isso equivale a aumentar a massa.

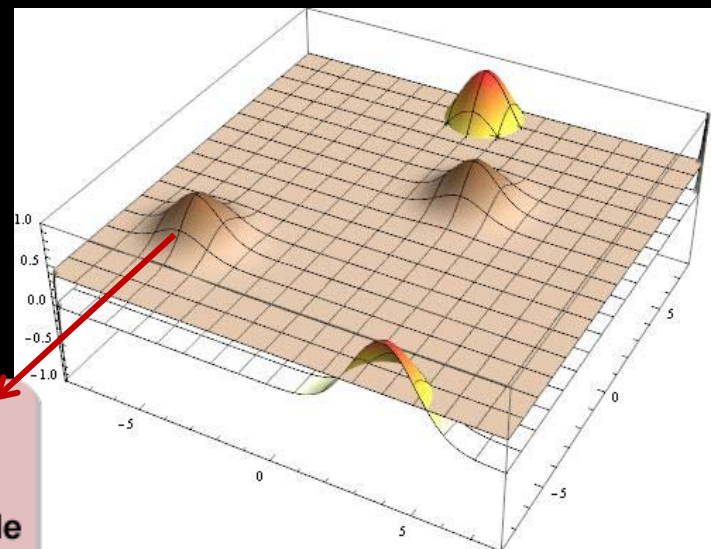
O Bóson de Higgs (finalmente)

1968

Férmions

Bosons

$Q = 2/3$	u up	c charm	t top	h boson de Higgs
	d down	s strange	b botton	
$Q = -1/3$	d down	s strange	b botton	
$Q = 0$	ν_e neutrino do elétron	ν_μ neutrino do mu	ν_τ neutrino do tau	
$Q = -1$	e elétron	μ mu	τ tau	
	1ª geração 2ª geração 3ª geração			
				γ foton
				g gluon
				Z boson Z
				W bosons W

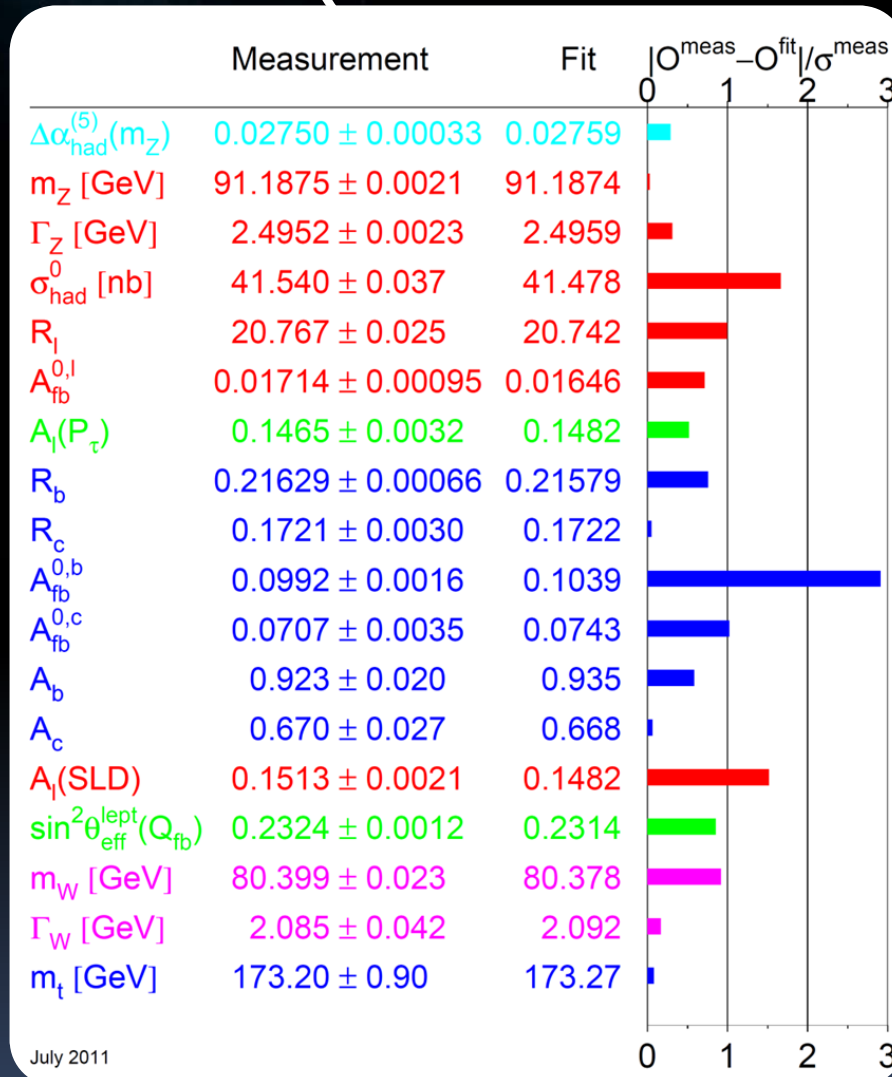


Dá massa para si próprio ($m_h = ?$)

A idéia é boa! (e resolve os problemas)
MAS... **É VERDADE?**

Leia-se: acontece na natureza?

Testes do Modelo Padrão (antes de 2012)



LEP Electroweak Working Group,
<http://lepewwg.web.cern.ch>

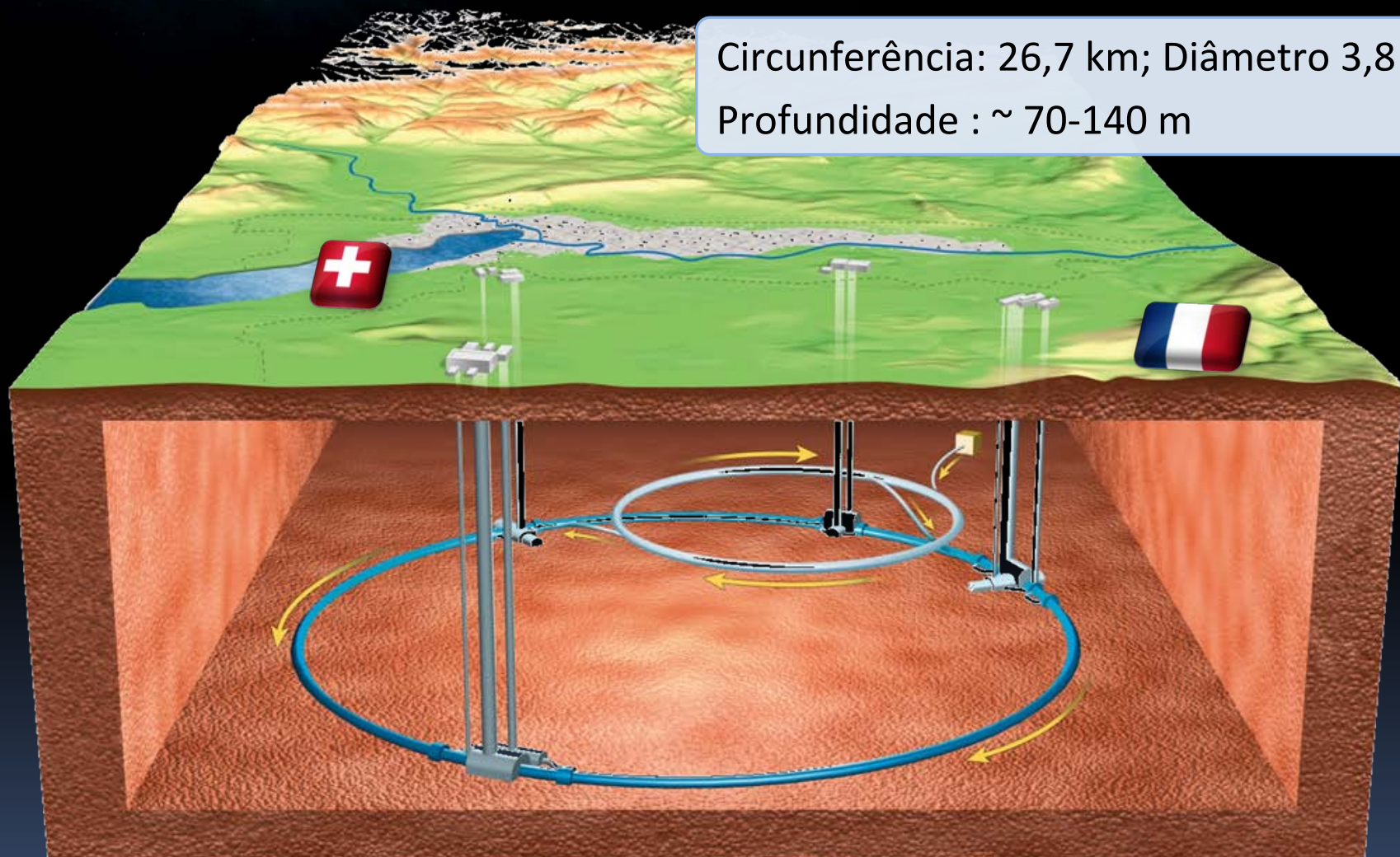
Sucesso!

Só faltava achar o Higgs!

Procurando o Higgs

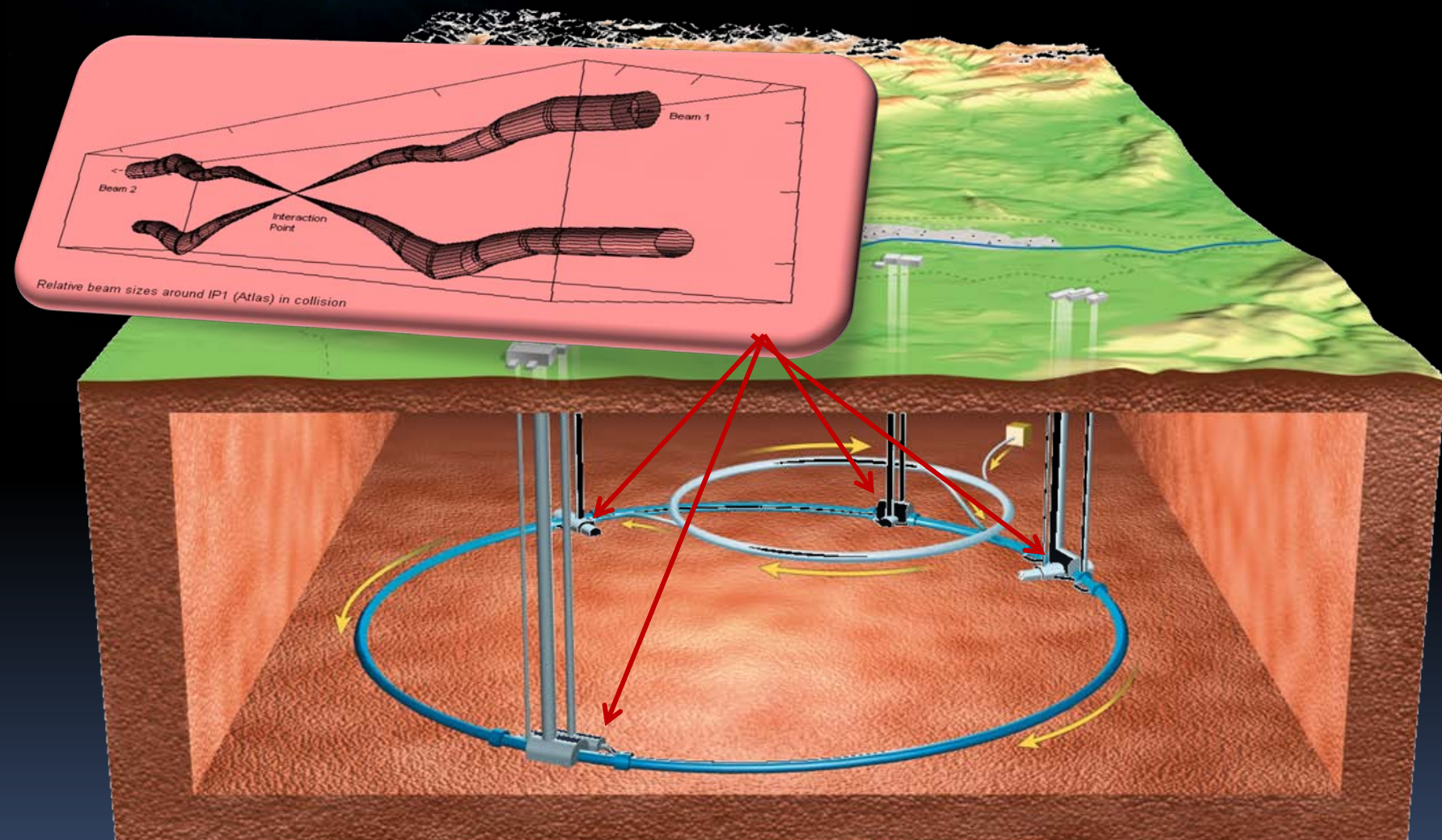
A maior máquina já construída pela humanidade: o LHC

Circunferência: 26,7 km; Diâmetro 3,8 m
Profundidade : ~ 70-140 m



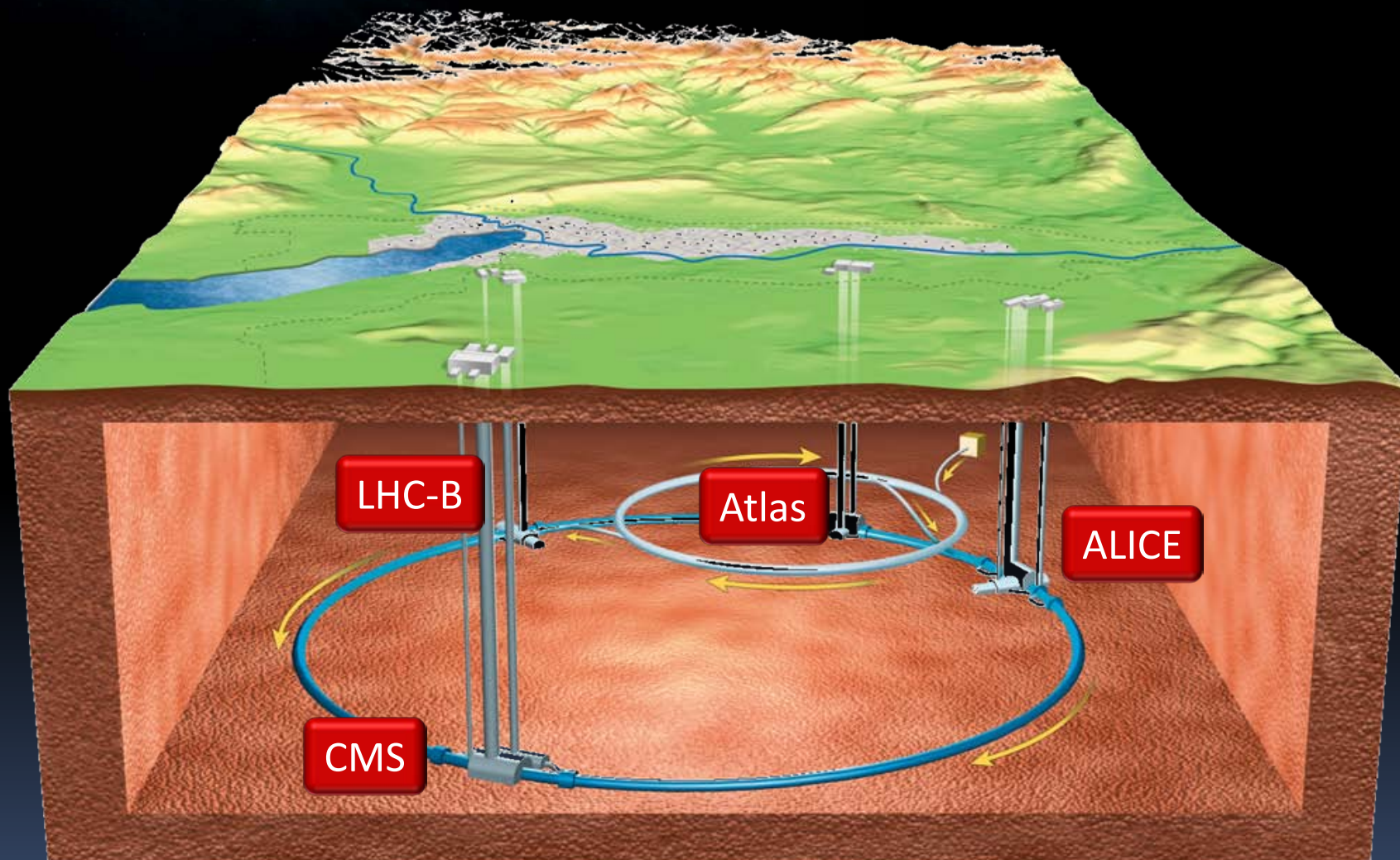
Procurando o Higgs

A maior máquina já construída pela humanidade: o LHC



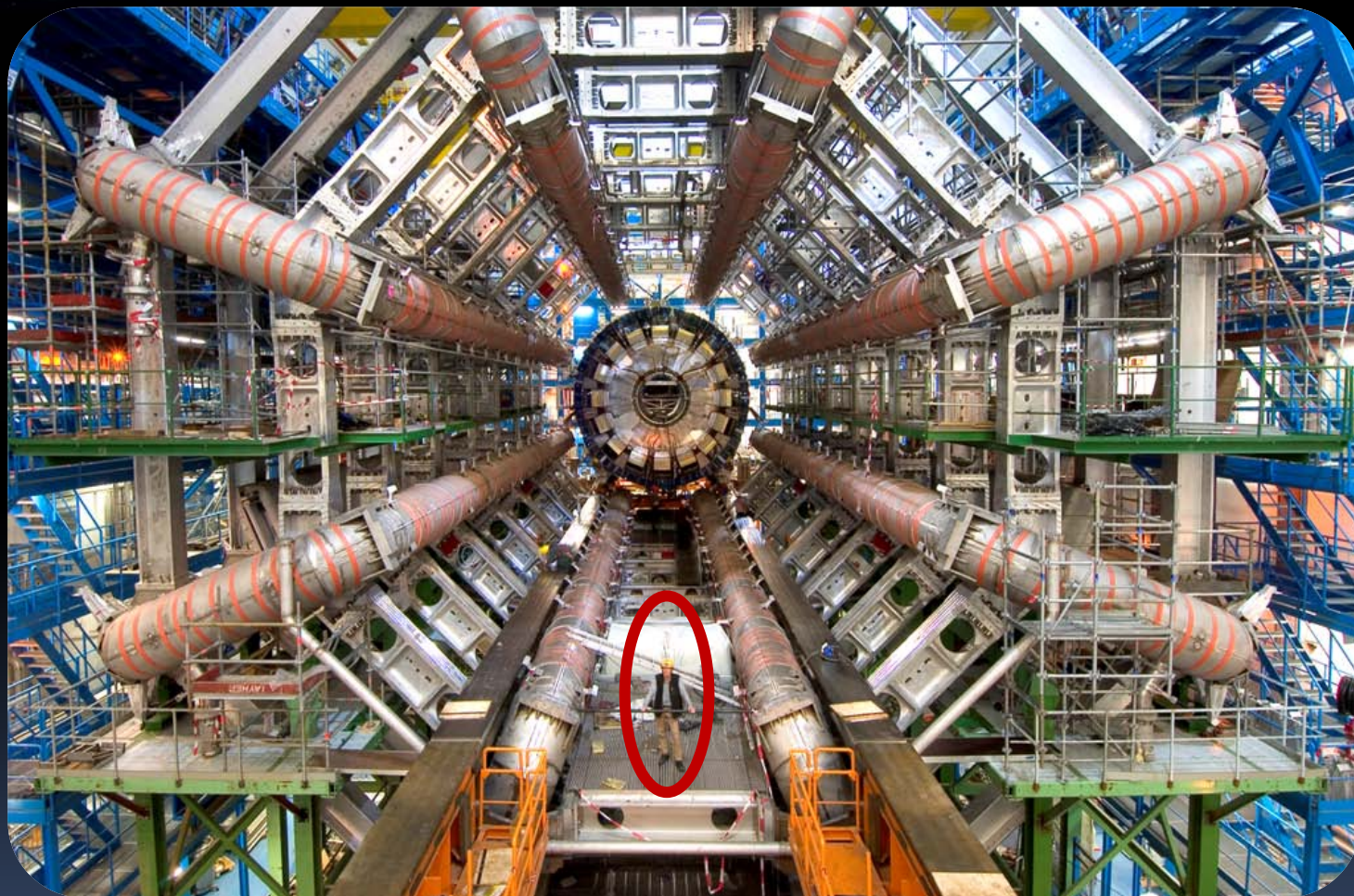
Procurando o Higgs

A maior máquina já construída pela humanidade: o LHC



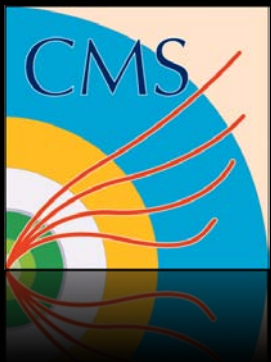
Procurando o Higgs

A maior máquina já construída pela humanidade: o LHC



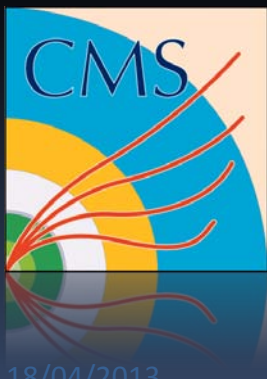
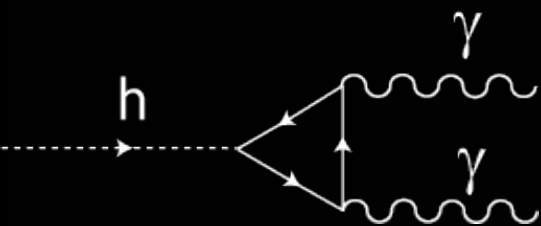
Procurando o Higgs

A maior máquina já construída pela humanidade: o LHC

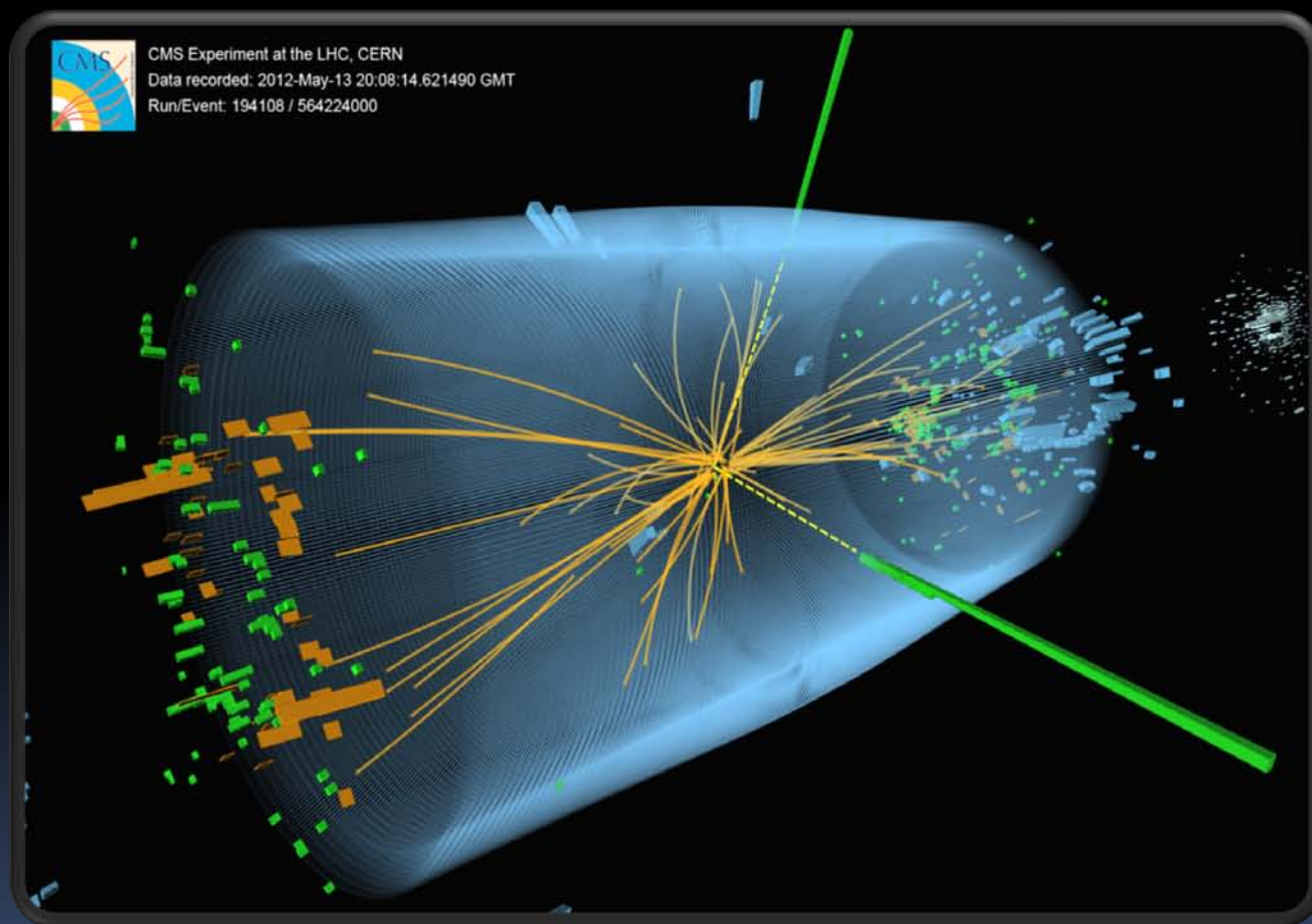


Procurando o Higgs

Procuramos eventos como o abaixo:



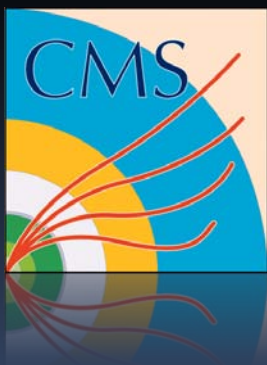
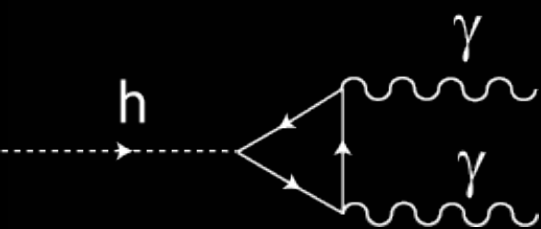
18/04/2013



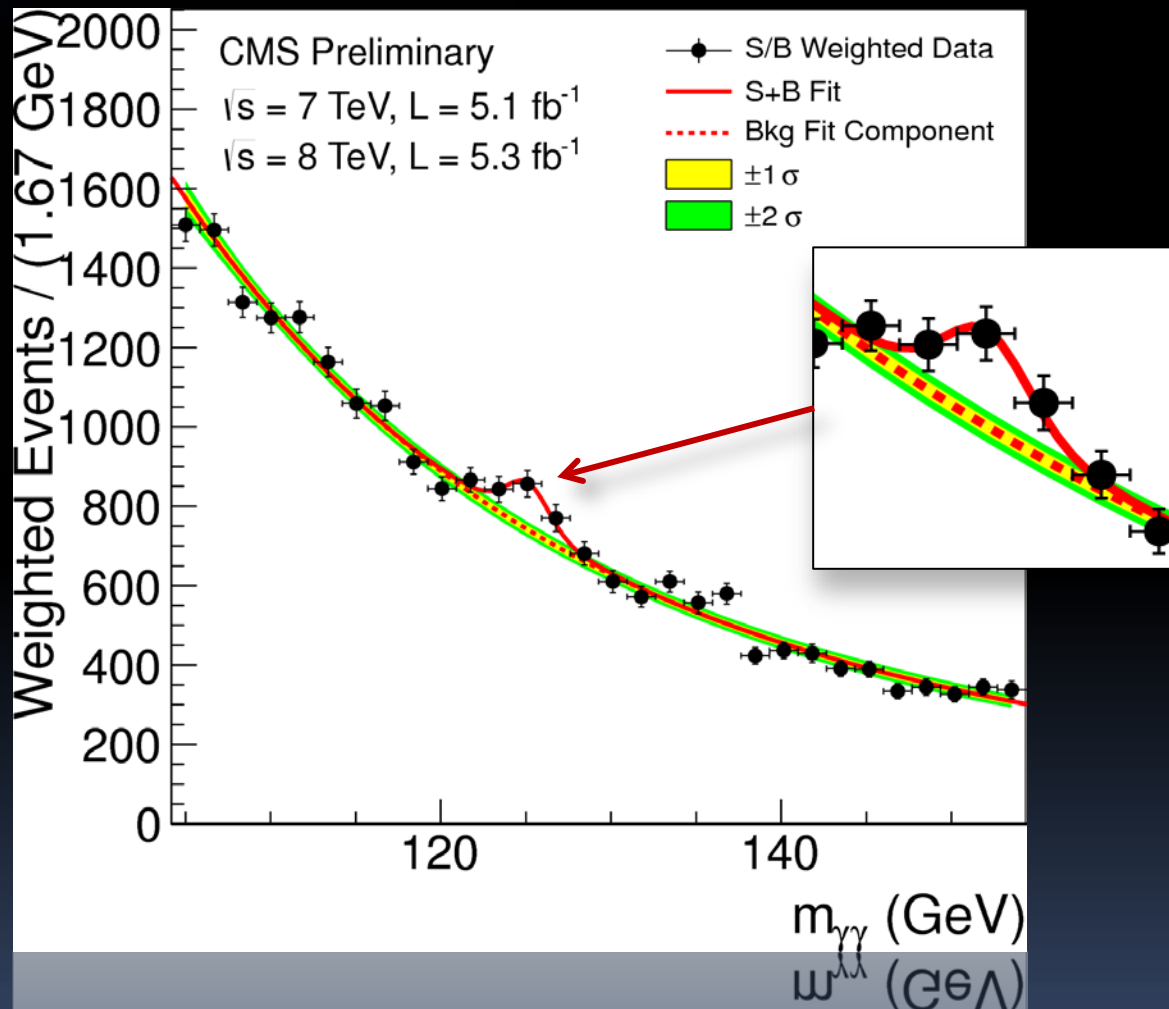
O Bóson de Higgs - R.D.Matheus

Encontrando o Higgs

Primeiros sinais em Dez/2011, e finalmente em 4/Jul/2012:



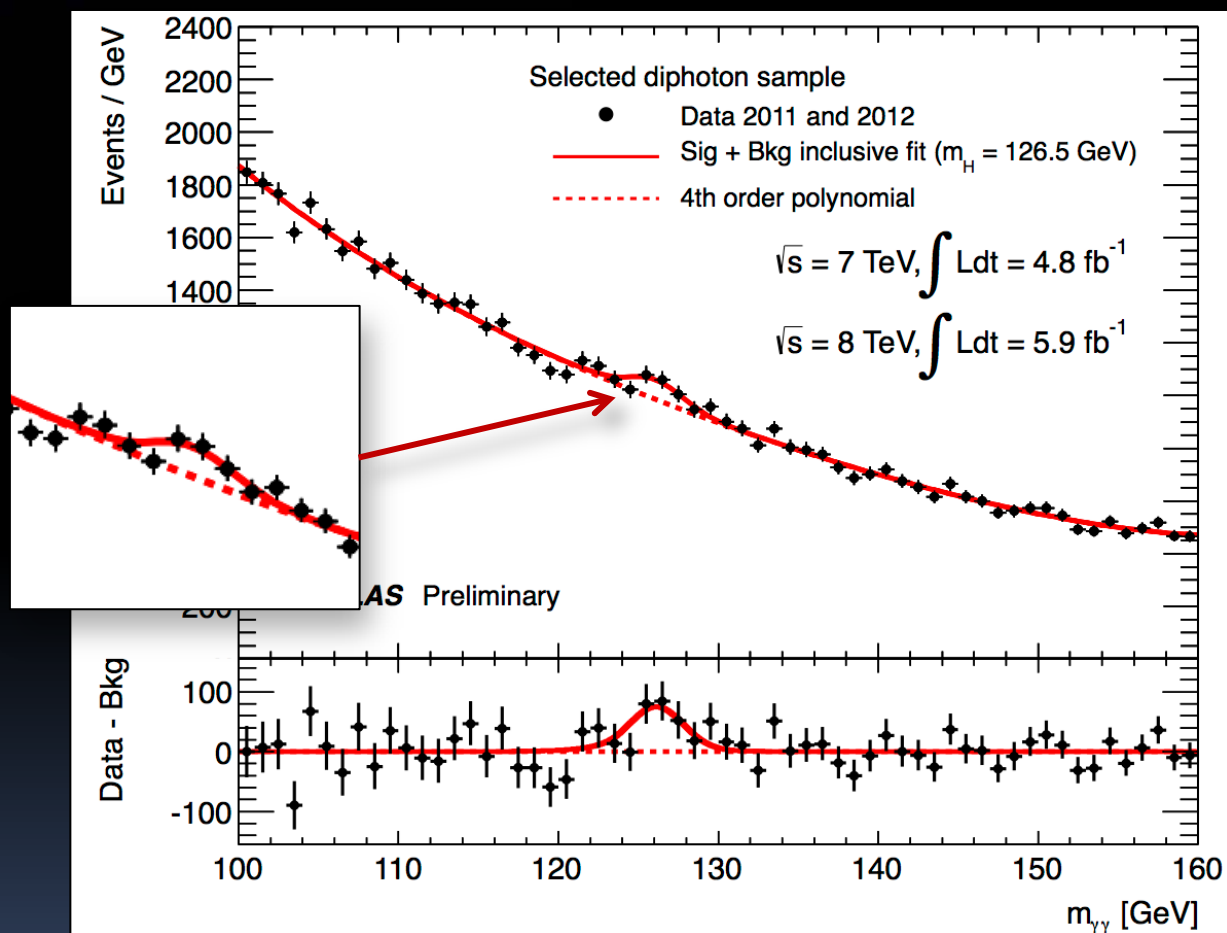
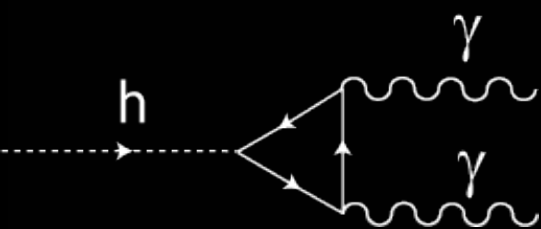
18/04/2013



O Bóson de Higgs - R.D.Matheus

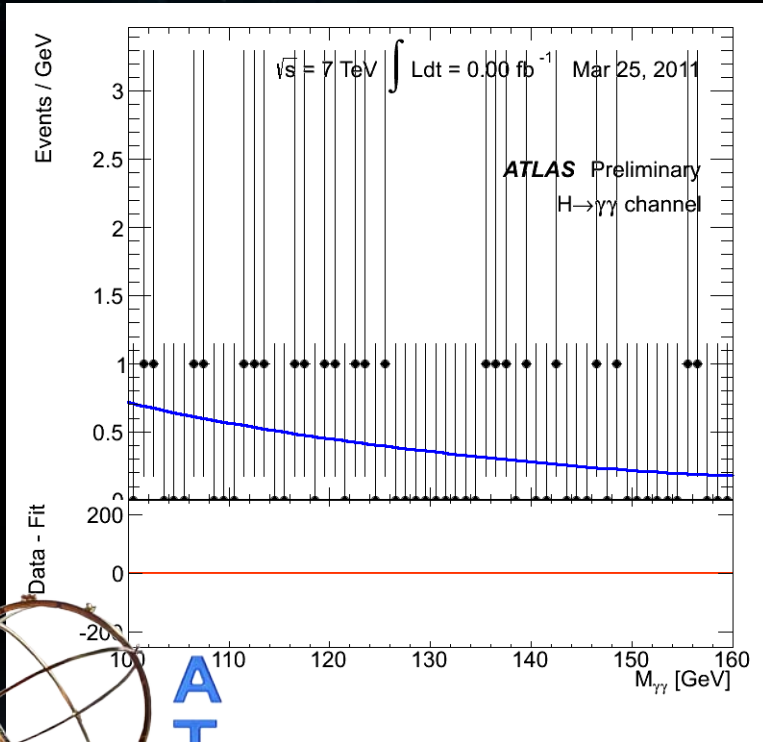
Encontrando o Higgs

Primeiros sinais em Dez/2011, e finalmente em 4/Jul/2012:

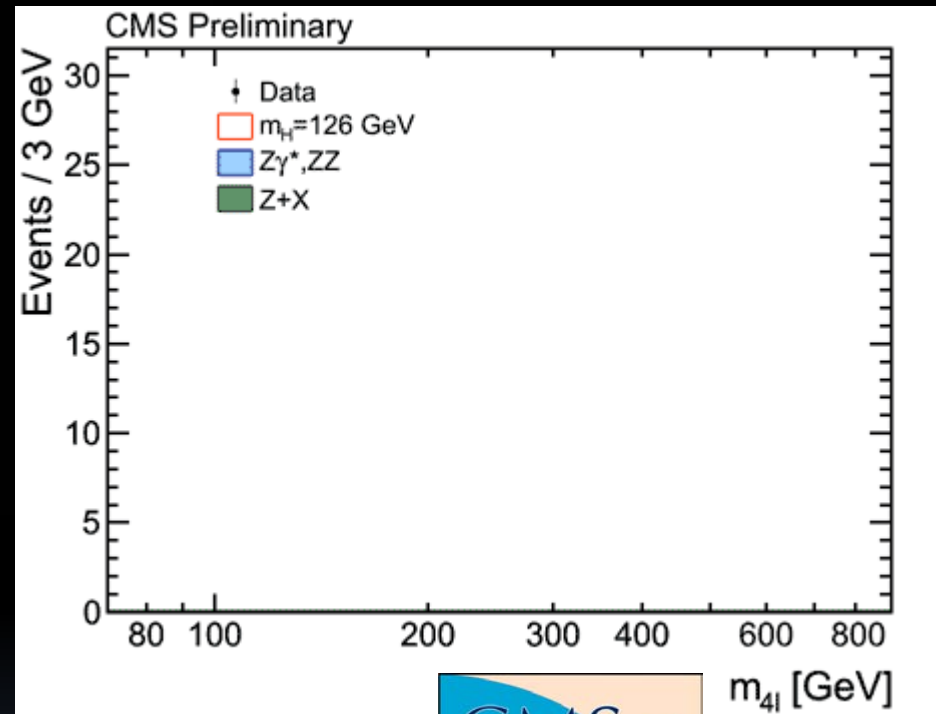


Encontrando o Higgs

CLIQUE NAS IMAGENS PARA VER A ANIMAÇÃO



18/04/2013



O Bóson de Higgs - R.D.Matheus

Propriedades do Higgs

Para ter certeza de que achamos exatamente o que estávamos procurando, precisamos testar se as propriedades batem com a previsão teórica:

- A massa não podia ser muito maior que algumas centenas de GeV

$m \sim 125 \text{ GeV}$ ✓

- Tem que interagir com o W e o Z, com a intensidade prevista ✓ ✓

- Tem que interagir com os férmions proporcionalmente a massa destes

t ✓
(indireto)

τ ?

b ?

- Tem que ser escalar ✓
(indireto)

Propriedades do Higgs

$m_H = 125.0 \text{ GeV}$
($H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4l$ $m_H = 125.8 \text{ GeV}$)

CMS preliminary

$VH \rightarrow b\bar{b}$ CMS HIG-12-044

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 4.9 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 12.1 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow \tau\tau$ CMS HIG-13-004

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 4.9 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 19.4 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow \gamma\gamma$ CMS HIG-13-001

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 5.1 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 19.6 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4l$ CMS HIG-13-002

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 5.1 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 19.6 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow 2l2\nu$ CMS HIG-13-003

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}, L = 4.9 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}, L = 19.5 \text{ fb}^{-1}$

Best Fit $\sigma/\sigma_{SM} (\mu)$

ATLAS Preliminary

$m_H = 125.5 \text{ GeV}$

$W, Z H \rightarrow b\bar{b}$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}: \int Ldt = 4.7 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 13 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow \tau\tau$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}: \int Ldt = 4.6 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 13 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow l\nu l\nu$

$\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 13 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow \gamma\gamma$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}: \int Ldt = 4.8 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 20.7 \text{ fb}^{-1}$

$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4l$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}: \int Ldt = 4.6 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 20.7 \text{ fb}^{-1}$

Combined

$\mu = 1.43 \pm 0.21$

$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}: \int Ldt = 4.6 - 4.8 \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}: \int Ldt = 13 - 20.7 \text{ fb}^{-1}$

Signal strength (μ)



ATLAS



18/04/2013

O Bóson de Higgs - R.D.Matheus

E agora?

Parece que estamos caminhando para confirmar o Modelo Padrão mas (in-)felizmente ele não responde todas as nossas perguntas. Entre outras, podemos fazer as seguintes questões:

- Porque os diferentes férmions interagem com o Higgs com intensidades tão diferentes? (o elétron é 350.000 vezes mais leve que o quark top)
- Porque o próprio Higgs tem a massa que tem? (uma das previsões da teoria é que ele deveria receber contribuições quânticas enormes)

Responder estas perguntas pode nos levar para além do Modelo Padrão

E agora?

The Scale of the Universe 2



Use the scroll bar
to zoom in and out.



Click on objects
to learn more.

By Cary Huang

Technical support by Michael Huang

Copyright © 2012 Cary and Michael Huang (<http://htwins.net>)

Music - "Frozen Star" by Kevin MacLeod (<http://incompetech.com>)

Start



A dark, cosmic background image featuring a nebula or galaxy in the upper left corner, with a gradient of dark blue and black. The main text is centered in a large, white, sans-serif font.

Obrigado pela Atenção!