

BUSCA DA TEORIA DA UNIFICAÇÃO: o grande legado de Einstein

Alaor Chaves

UFMG - 2012



René Descartes

1596 – 1650

A primeira grande idéia de unificação veio de Descartes:

Os gregos apregoavam que os corpos celestes obedeciam a leis distintas das que regem os corpos terrestres. Tal distinção foi aceita também por Galileu.

Para Galileu, quando livres de forças os corpos terrestres tinham movimento retilíneo uniforme. Mas os corpos celestes tinham movimento circular uniforme.

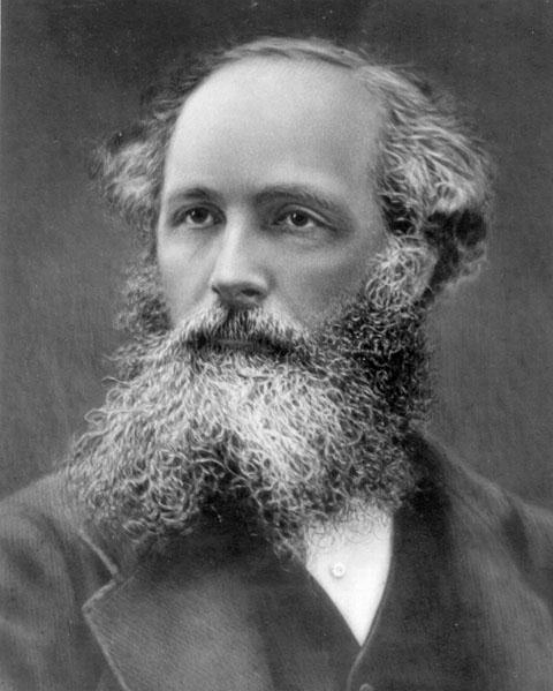


Isaac Newton

1643 – 1727

Segundo **Descartes**, as leis seguidas pelos corpos celestes são as mesmas seguidas pelos corpos terrestres. Assim, quando livres de forças os corpos celestes teriam movimento retilíneo e uniforme.

Newton baseou-se na unificação das leis defendida por **Descartes** para formular a **lei da gravitação universal**.



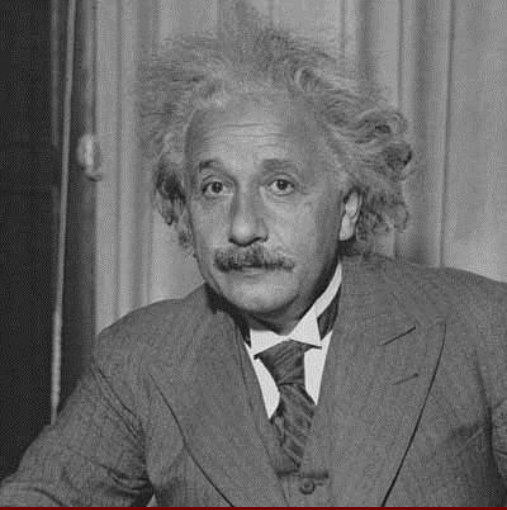
James C Maxwell

1831 – 1879

No século 19, as forças elétrica e magnética foram unificadas na **força eletromagnética**. As bases experimentais dessa unificação foram criadas principalmente por **Oersted, Ampère e Faraday**.

Nos anos 1860, **Maxwell** unificou esses campos de força eletromagnética em uma grande teoria.

As equações de Maxwell contêm as leis gerais segundo as quais os campos elétrico e magnético são gerados por cargas e por correntes, e também como se geram mutuamente. Mas não revelam que os campos elétrico e magnético são componentes distintas de um mesmo campo.



Albert Einstein
1879 – 1955

No seu trabalho de 1905 sobre cargas elétricas em movimento, que passou a ser conhecido como **teoria da relatividade restrita**, **Einstein** mostrou como campos elétrico e magnético se transformam um no outro dependendo do **movimento do observador em relação à carga elétrica**.

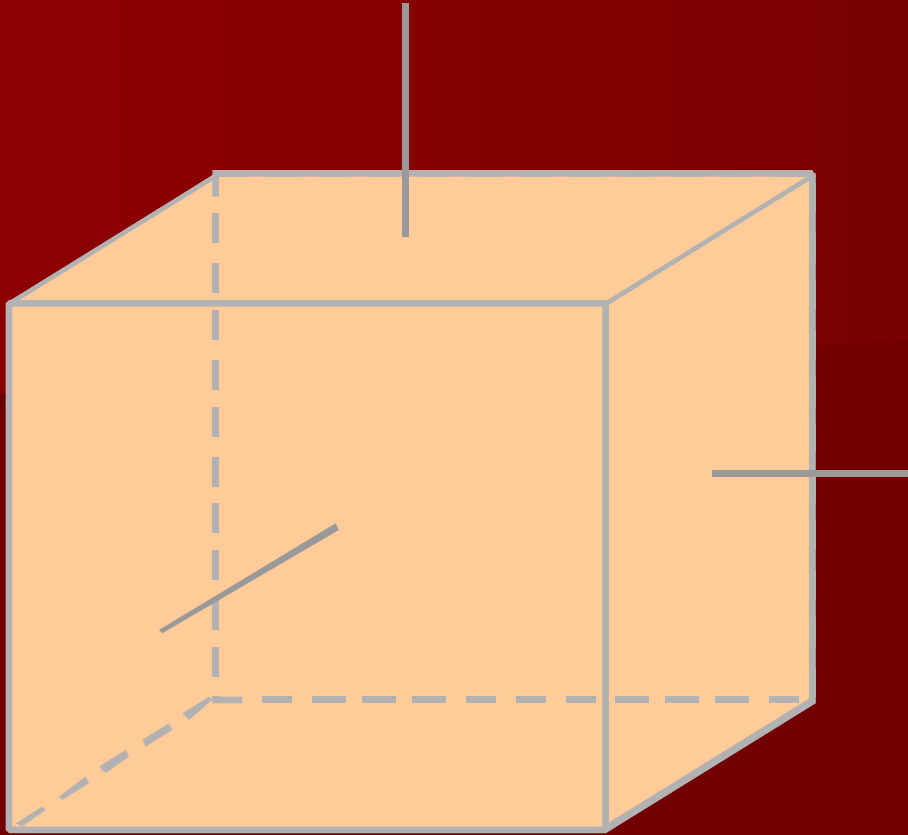
O termo **Teoria da Relatividade** é
impróprio e infeliz.

Na verdade, **Teoria da Invariância** seria
um nome muito mais apropriado.

As teorias de Einstein na verdade se apóiam em princípios de
invariância:

- A velocidade da luz não depende do movimento da fonte ou do observador
- As leis da relatividade restrita são as mesmas para todos os observadores com movimento não-acelerado
- As leis da relatividade geral são as mesmas para qualquer observador.

Einstein dedicou os últimos 25 anos de sua vida quase inteiramente à busca de uma teoria que unificasse as forças da natureza. Ou seja, procurava uma teoria de unificação que explicasse todas as 4 forças e o seu comportamento. Alguma simetria fundamental, ou um conjunto de simetrias, seria o gerador das leis gerais dessas forças. **Essa visão foi seu grande legado para a posteridade.**



Se giramos o cubo 90° em torno de um dos 3 eixos indicados, ele ficará invariante.

Objetos, como um cubo, têm simetrias (**invariâncias**).
Outras entidades abstratas também apresentam **invariâncias**.



Evariste Galois
1811 - 1832



Seminar Sophus Lie

Babeş-Bolyai University, Cluj Napoca, July 4-6, 2008

(Sophus Lie
1842 - 1899

Galois, que morreu aos 21 anos, criou a teoria matemática da invariância, hoje chamada **Teoria dos Grupos**. Lie estendeu a teoria de Galois para grupos contínuos (**Grupos de Lie**), usada nas teorias de campos modernas.



Herman Weyl
1885 - 1955

Herman Weyl criou o termo “**calibre**”, em um esforço de unificar as forças eletromagnética e gravitacional.

Suas idéias não estavam corretas, mas o conceito de calibre permaneceu e mostrou-se útil.

Calibre é sinônimo de escala.

Depois de criada a mecânica quântica, Weyl, Vladimir Fock e Fritz London trocaram a mudança de calibre (mudança de escala) pela multiplicação da função de onda por um número complexo e construíram uma teoria de calibre para o eletromagnetismo.



Chen Ning Yang
1922 -

Robert L Mills
1927 - 1999

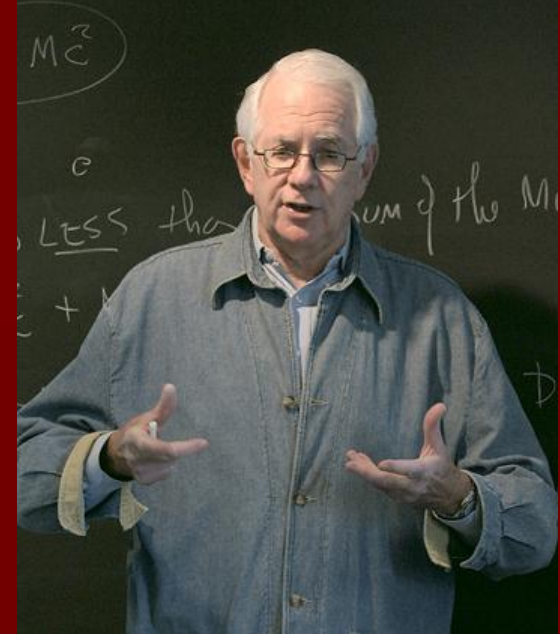
Em 1954, Yang e Mills elaboraram um novo conceito de **teoria de calibre**. As teorias de campos entraram em uma nova era.



Abdus Salam
1926 - 1996



Steven Weinberg
1933 -



Sheldon L. Glashow
1932 -

Em 1967-1968, Salam, Weinberg e Glashow construíram a Teoria Eletrofraca: uma teoria de calibre que unifica a força eletromagnética e a força nuclear fraca. Ganharam o Nobel de 1979.



Carlo Rubia
1934 -



Simon van der Meer
1925 -

A teoria eletrofraca previu a existências das partículas W e Z, que foram observadas no CERN. Rubia e van der Meer ganharam o Nobel de 1984 pela descoberta das partículas.



Vista aérea do CERN, onde foram descobertas W e Z.

O círculo indica o LHC, o maior acelerador de partículas do mundo, posto em operação recentemente.

O túnel subterrâneo do LHC tem em 27 km de circunferência.



Howard Georgi

Em 1974, com Glashow, Georgi propôs a **Teoria da Grande Unificação**, uma teoria de calibre em que as forças eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte são unificadas. Tal teoria tem sido aprimorada por vários pesquisadores.



Murray Gell-Mann

1929 –

Nobel 1969

Em 1964, Gell-Mann propôs que os hádrons (próton, nêutron e mais duas centenas de outras partículas) eram compostos de **quarks**, partículas com cargas fracionárias. Para realizar cálculos e fazer previsões sobre os hádrons, construiu uma teoria baseada em princípios de invariância e teoria de grupos.

As teorias de calibre para os campos de força eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte, complementadas pelas teorias sobre a constituição da matéria, compõem o chamado **MODELO PADRÃO DAS PARTÍCULAS E CAMPOS.**

O **Modelo Padrão** das partículas e campos, inteiramente baseado em simetrias, tem enorme sucesso. Nenhum fato experimental conhecido contraria o modelo.

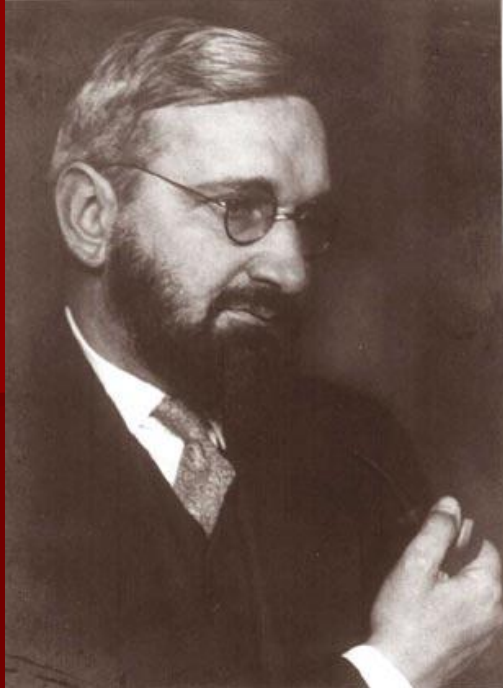
Mas ele tem uma falha gritante: não consegue compatibilizar a teoria da gravitação com a mecânica quântica.

Temos aqui um fato curioso. As forças elétrica e gravitacional são formalmente semelhantes.

Entretanto, já em 1947, conseguiu-se a compatibilidade entre força elétrica e mecânica quântica, na teoria chamada **Eletrodinâmica Quântica**. A gravidade, porém, até hoje ficou de fora.

Em outros termos, a mecânica quântica é compatível com a relatividade restrita, mas não com a relatividade geral.

Aqui temos a explicação do fracasso de Einstein em construir uma teoria unificada das forças da natureza: a teoria da gravitação parece ser incompatível com a mecânica quântica. Até hoje ninguém conseguiu construir uma teoria quântica da gravidade.

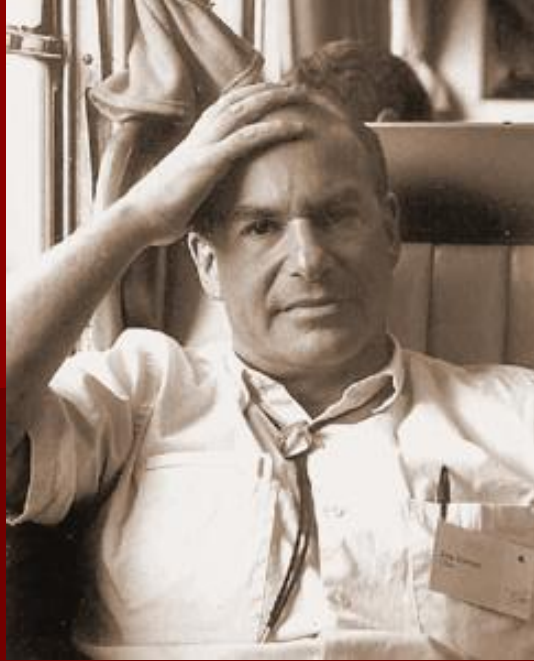


Theodor Kaluza
1885 – 1954



Oskar B Klein
1894 – 1977

Em 1921, Kaluza mostrou que em um espaço de 4 dimensões as equações de Einstein da relatividade geral contêm também as equações de Maxwell. Klein elaborou a teoria. Teorias que postulam novas dimensões para o espaço são denominadas **teorias de Kaluza-Klein.**



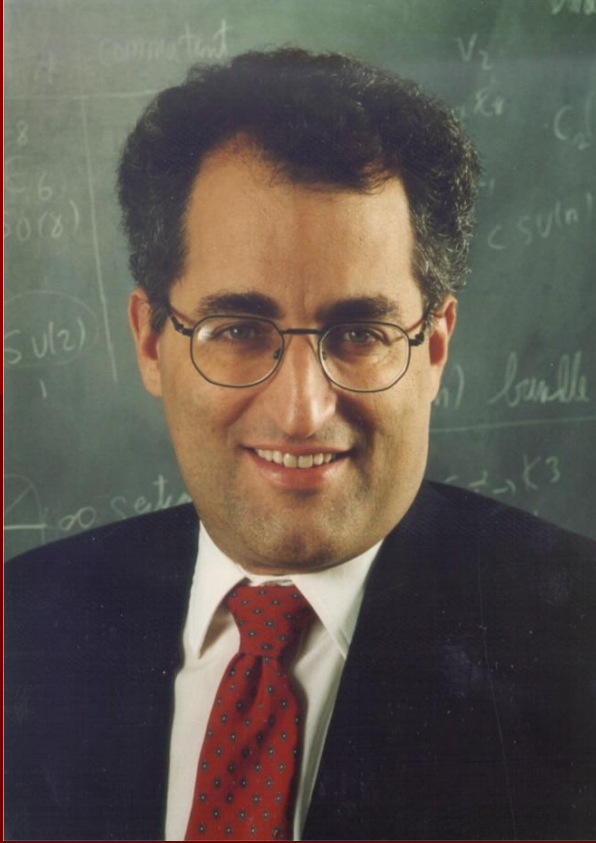
John Henry Schwarz



Michael Boris Green

Schwarz e Green são dois dos pioneiros das **Teorias de Cordas**.

A teoria das cordas pretende compatibilizar a gravitação com a mecânica quântica.



Edward Witten

Witten é o físico
mais citado do
mundo.

Witten, ganhador da Medalha Fields, transformou a teoria de cordas em um campo de enorme complexidade matemática.

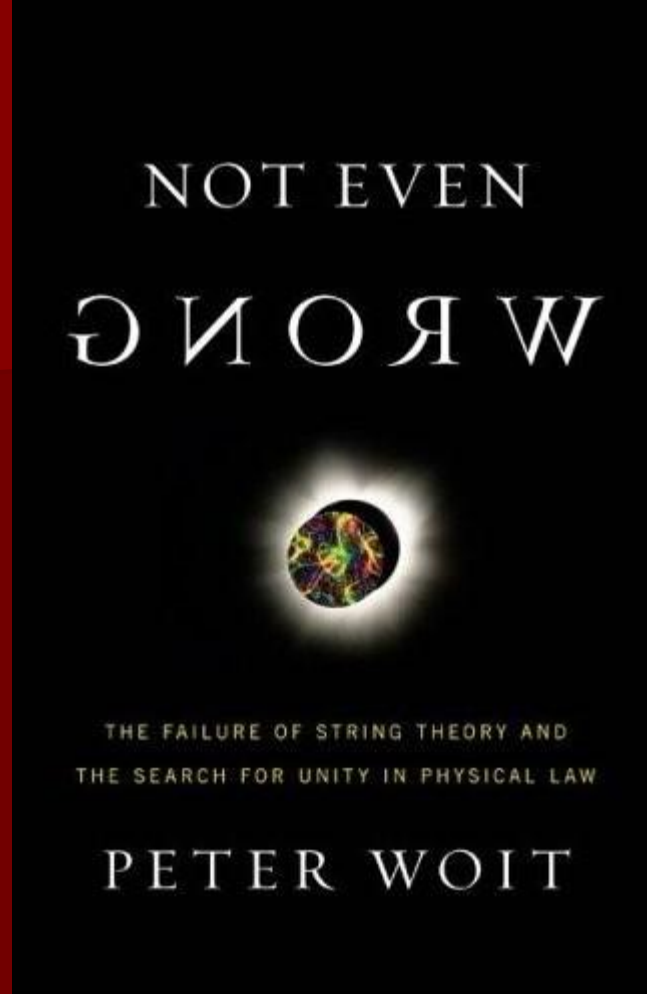
As teorias de cordas são do tipo Kaluza-Klein. Só funcionam em um espaço de 10 dimensões.

A teoria das cordas ainda não foi capaz de fazer qualquer predição sobre a natureza que pudesse ser testada experimentalmente. Suas predições referem-se a escalas de tamanho muito pequenas, inacessíveis experimentalmente.

Isso, além do fato de ela conter hipóteses muito fortes (espaço com 10 dimensões etc.), faz com que seu prestígio esteja em declínio.



Peter Woit



Not Even Wrong
(Nem Mesmo Errada)

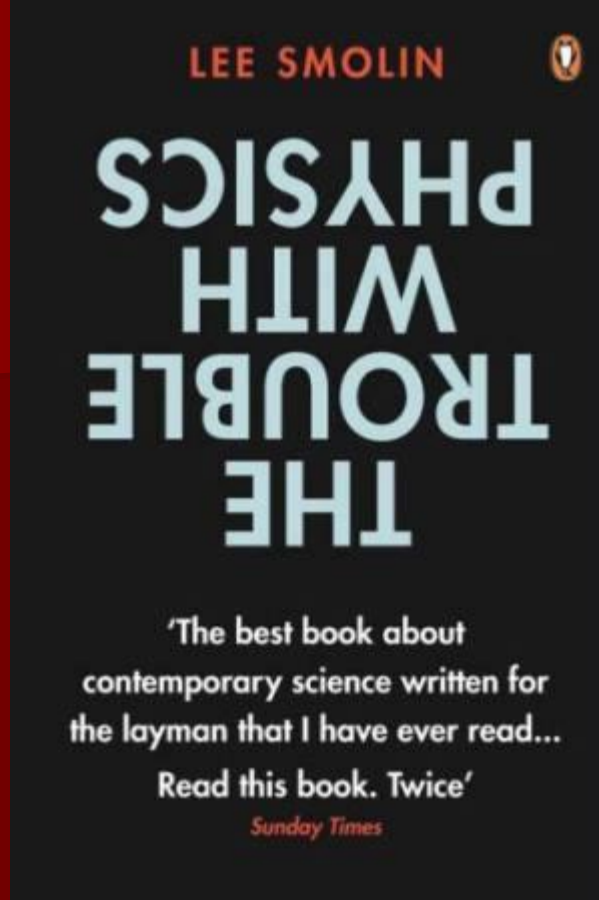
Livro de Peter Woit (2006) critica a teoria de cordas.
Para ele, ela é tão pobre em poder preditivo que não está
nem mesmo errada.

Uma nota histórica

A expressão **not even wrong** foi usada pela primeira vez por Wolfgang Pauli, que disse: *This paper is not right. It is not even wrong*. Pauli referia-se ao fato de que o artigo não fazia previsões novas e portanto não podia ser desmentido (falseado) por experimentos. Nos anos 1960, Karl Popper transformou o **not even wrong** em um dos critérios para se dizer se algo é científico ou não. Segundo Popper, uma teoria, para ser considerada científica, tem de conter previsões por meio das quais possa ser falseada.



Lee Smolin



The Trouble With Physics

(O problema com a Física)

Em seu livro de 2006, Lee Smolin discute os embaraços da física atual e as dificuldades de se dar o próximo passo.

CONCLUSÃO

O sonho de Einstein, de se construir uma teoria única para toda a física, tem produzido frutos fantásticos, mas está longe de se completar.

Talvez se tenha de modificar a mecânica quântica ou a teoria da relatividade geral.

Há quem pense que o novo grande passo envolverá uma mudança de paradigma. Ou seja, precisamos talvez de um novo Einstein!