

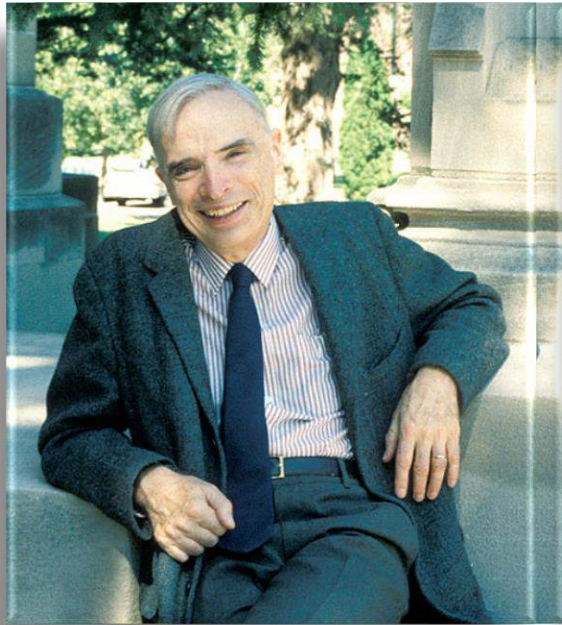


Fé Cristã e Ciência Contemporânea

AULA 5: CAOS, FÍSICA QUÂNTICA E TEOLOGIA

Roberto Covolan

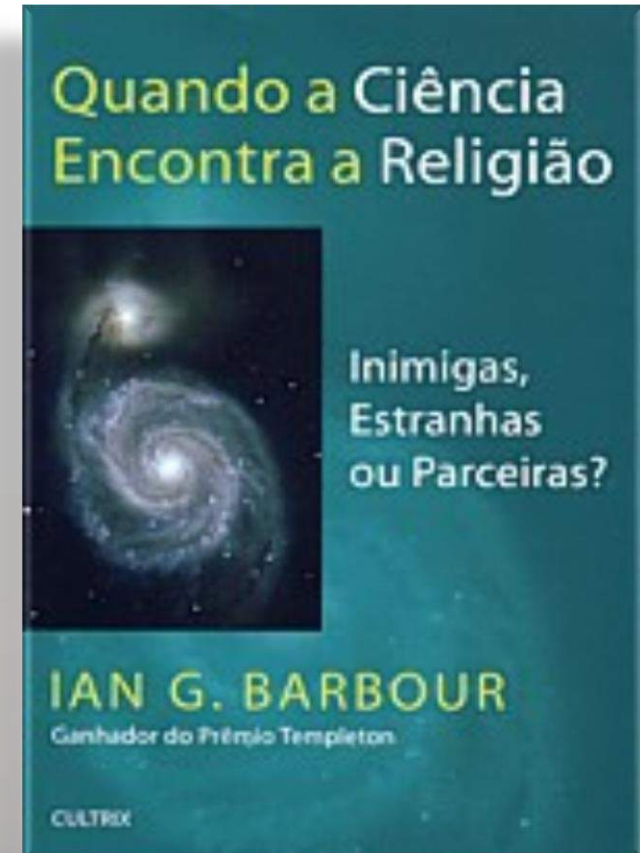
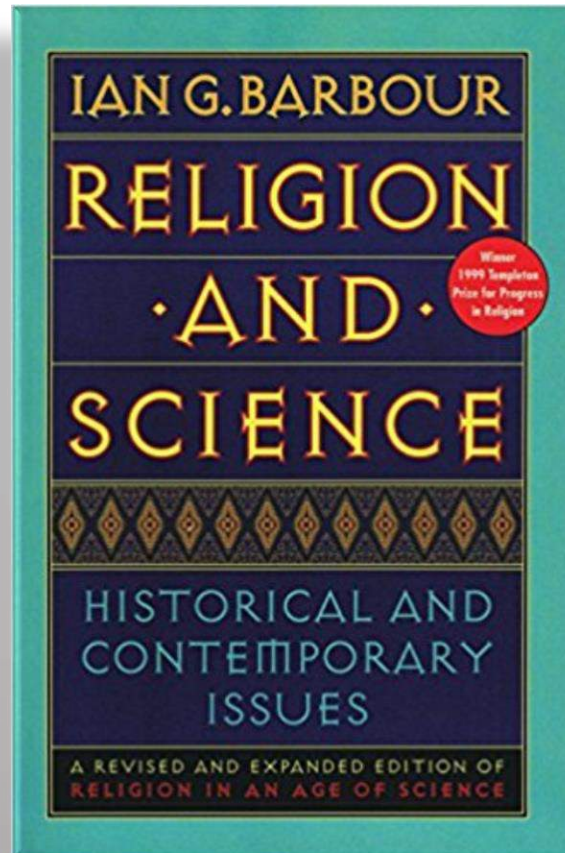




Ian Barbour

(1923 – 2013)

Físico, formado em Divindade



► Gênese da Ciência Moderna



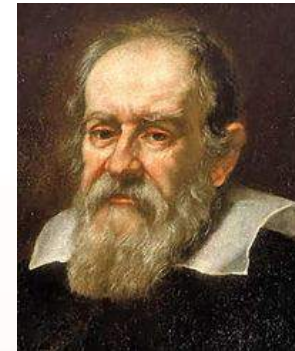
Tomás de Aquino (1225 - 1274)

O mundo medieval



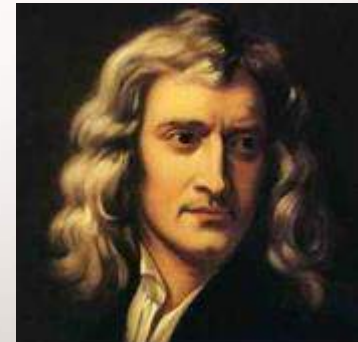
Galileu Galilei (1564 - 1642)

As duas novas ciências



Isaac Newton (1642 - 1727)

O universo mecânico



► Gênese da Ciência Moderna



Tomás de Aquino (1225 - 1274)

O mundo medieval



Galileu Galilei (1564 - 1642)

As duas novas ciências



Isaac Newton (1642 - 1727)

O universo mecânico



► Aula passada – Galileu Galilei



“Diálogo sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo” (1632)



DIALOGO
D I
GALILEO GALILEI LINCEO
MATEMATICO SOPRAORDINARIO
DELLO STUDIO DI PISA.
E Filosofo, e Matematico primario del
SERENISSIMO
GR.DVCA DI TOSCANA.

*Due ne i congressi di quattro giornate si discorre
sopra i due*

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO
TOLEMAICO, E COPERNICANO;

*Proponendo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali
tanto per l'una, quanto per l'altra parte.*

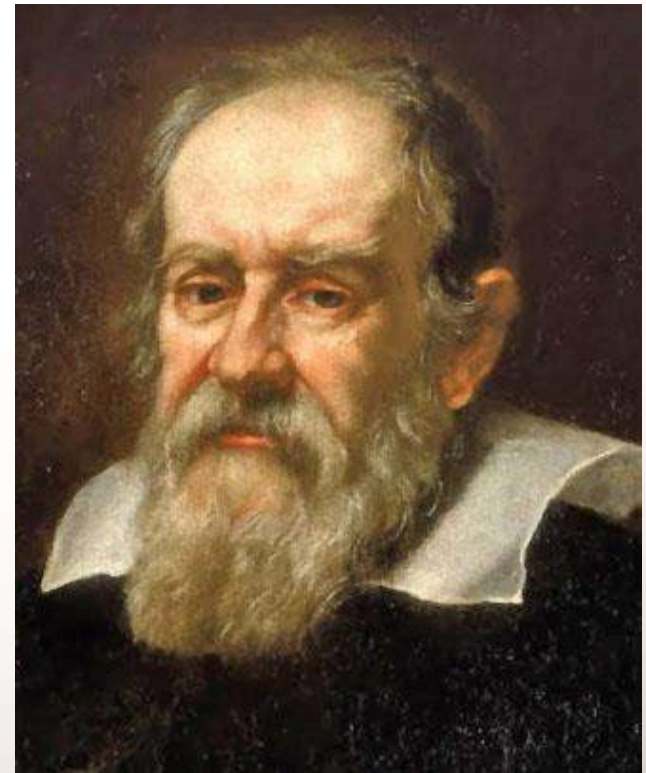


CON PRI

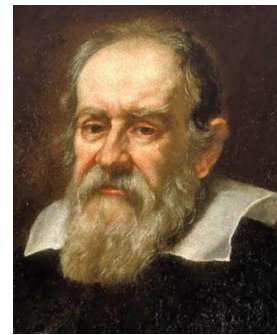
VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio:Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

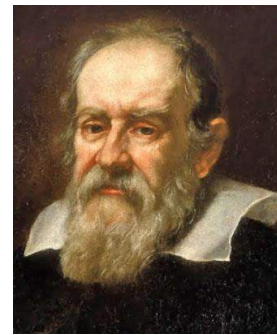


► Deus: Autor da Natureza e das Escrituras



Galileu usava **dois princípios de interpretação** quando as teorias científicas pareciam entrar em conflito com a interpretação literal das Escrituras:

- 1. Independência.** Em algumas passagens, **Galileu afirma que a ciência e as Escrituras têm objetivos diferentes e são irrelevantes um para o outro.** Ele cita a afirmação de Agostinho de que as Escrituras não nos ensinam sobre assuntos que não são relevantes para a nossa salvação. Galileu cita o cardeal Baronius: **"A intenção do Espírito Santo é nos ensinar como se vai para o céu, e não como o céu vai."**

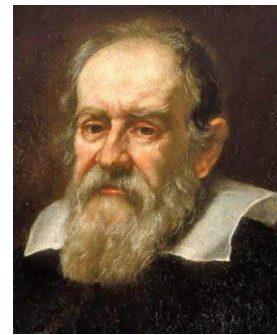


2. Conflito em potencial. Em outras passagens, **Galileu afirmava que uma interpretação metafórica das Escrituras é aceitável somente quando uma interpretação literal está em conflito com uma teoria científica** que pode ser provada com certeza.

As teorias científicas que não podem ser irrefutavelmente demonstradas deve ser rejeitadas em favor de uma interpretação literal das Escrituras.

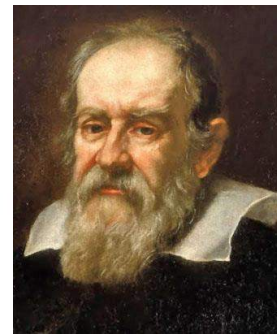


Deus: Autor da Natureza e das Escrituras



- O conceito de Galileu de Deus **não se afastava** significativamente daquele **do Cristianismo clássico**
- **Ele dizia que o Livro da Natureza e o Livro das Escrituras não pode entrar em conflito, porque eles vêm do mesmo autor.**
- No entanto, a ideia de que Deus é conhecido através do Livro da Natureza abriu a porta para uma maior confiança na **Teologia Natural** como ciência expandida, que **em gerações posteriores levariam a novas visões da relação de Deus com a natureza.**

► Deus: Autor da Natureza e das Escrituras



- Com Galileu, começou o desenvolvimento de um conceito pela qual **a Natureza, uma vez criada, era considerada independente e autossuficiente.**
- A solução proposta pelo panteísta **Baruch Spinoza** (1632 - 1677) foi muito mais longe em rejeitar o conceito tradicional de Deus. **Não há propósito cósmico para todas as coisas, tudo ocorre de acordo com as leis inflexíveis de causa e efeito.**
- **O mundo é uma ordem mecânica e matemática e não tem qualquer sentido moral ou pessoal.**

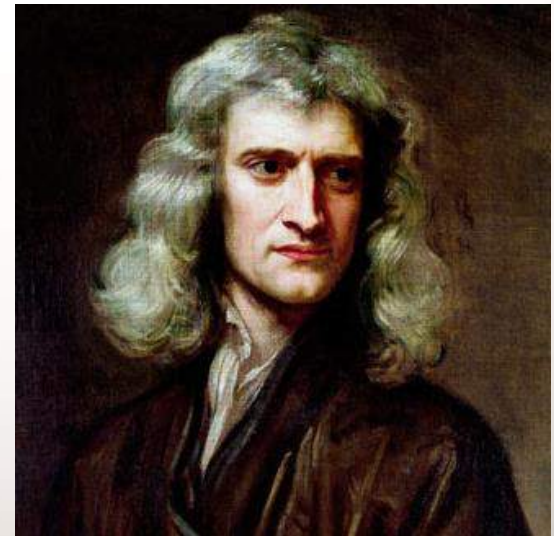
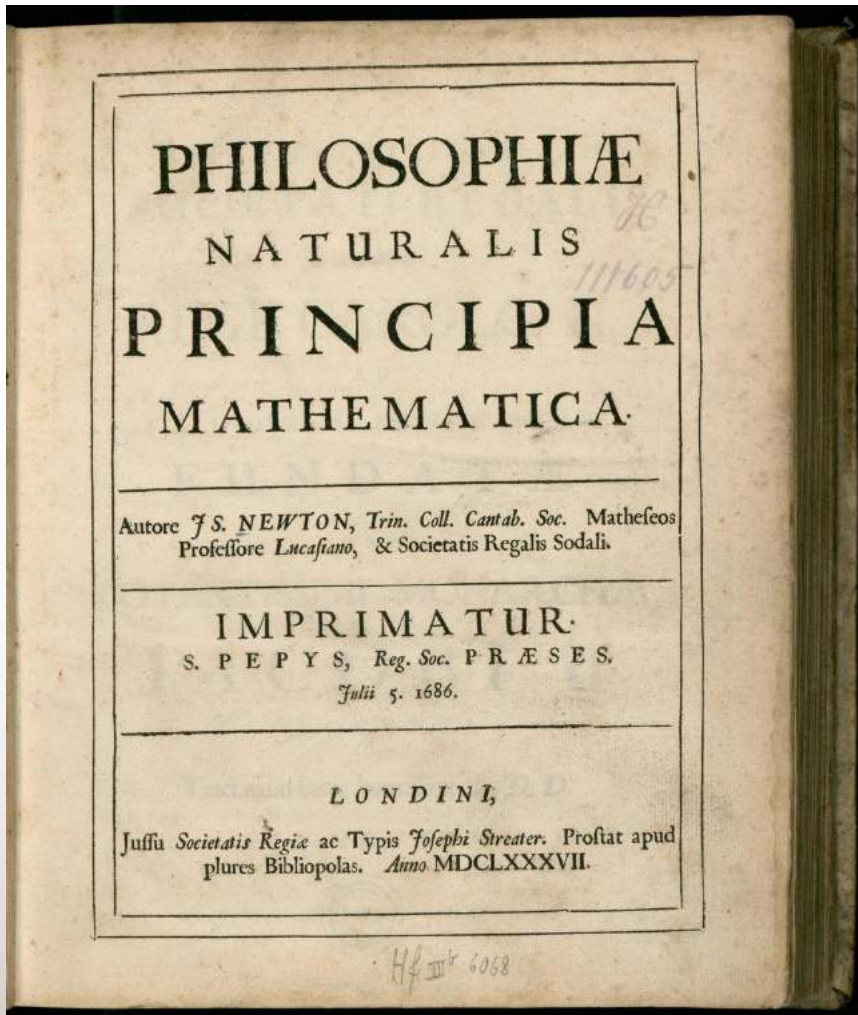


► Aula passada – Isaac Newton

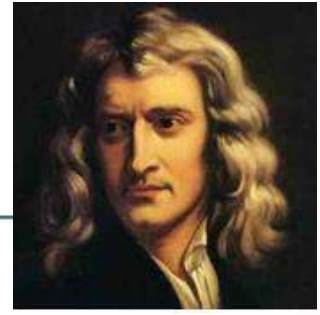


“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural” (1687)

Uma das mais importantes obras científicas de todos os tempos

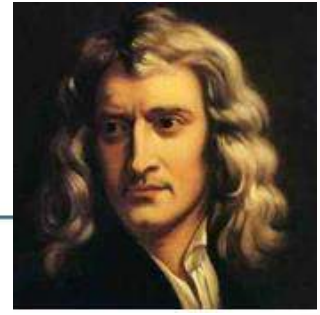


► Isaac Newton: O universo mecânico



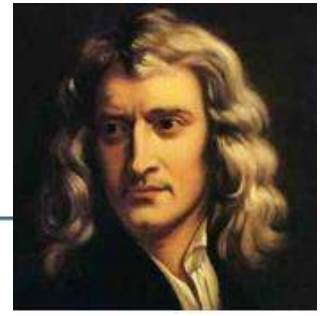
- **Isaac Newton** nasceu no ano Galileu morreu e, ao final do século, ele era a **figura mais proeminente da revolução científica**
- Sua ideia da **natureza como uma máquina obediente à lei** teve uma enorme influência, que se estendeu muito além da própria ciência
- Apesar de algumas **ideias teológicas pouco ortodoxas**, Newton manteve ao longo da vida um **conceito bastante tradicional do Deus Criador** (o mesmo não pode ser dito sobre sua visão de Jesus)

► Isaac Newton: O universo mecânico



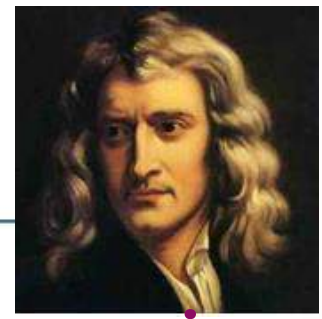
- Ele inventou o **cálculo integral e diferencial**, mas foi também um engenhoso experimental em mecânica e óptica.
- O seu método envolvia uma **contínua interação entre observação e teoria**
- Novos conceitos são produto, **não apenas de observações precisas ou de deduções matemáticas isoladas**, ou mesmo das duas coisas juntas, mas **dependem de imaginação criativa**

► Isaac Newton: O universo mecânico



- Newton acreditava que esse mundo mecânico fora desenhado por um **Criador inteligente** e que expressava o propósito de Deus; mas para os **futuros interpretes das suas teorias**, as forças cegas e impessoais pareciam ser inteiramente autônomas
- Os conceitos da física newtoniana, que haviam sido extremamente bem sucedidos em astronomia e mecânica, foram cada vez mais adotados como base de uma **metafísica abrangente**

► Isaac Newton: O universo mecânico



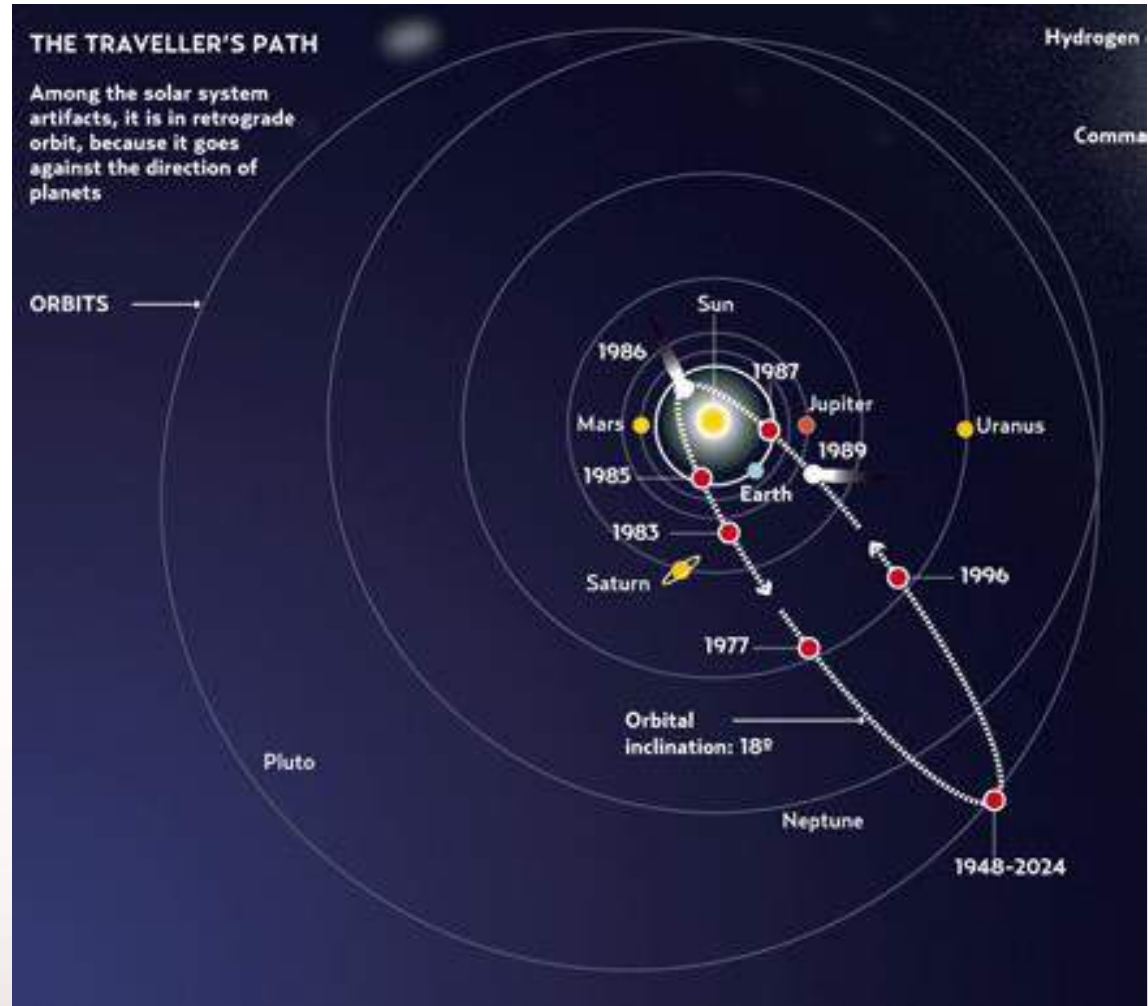
- A abordagem da religião foi se afastando cada vez mais do Cristianismo tradicional
- Dizia-se que as áreas de suposto **consenso entre as religiões do mundo** implicavam em uma "fé religiosa racional e universal" aberta para todas as culturas e independente de qualquer revelação histórica particular
- Este núcleo comum de crença incluía três ideias: **a existência de um Ser Supremo, a imortalidade da alma e a obrigação de conduta moral**
- Eles acreditavam estar defendendo a essência do Cristianismo, quando isto representava um afastamento da fé bíblica

► Cometa Halley - previsibilidade



O cometa Halley foi o primeiro cometa a ser reconhecido como periódico

O próximo periélio do Cometa Halley será em 28 de julho de 2061





► Mitos comuns sobre o nascimento da Física

A cosmologia mecanicista de Newton eliminou a necessidade de Deus

Dizem-me que você escreveu este grande livro sobre a Mecânica Celeste sem mencionar Deus?



Napoleão Bonaparte

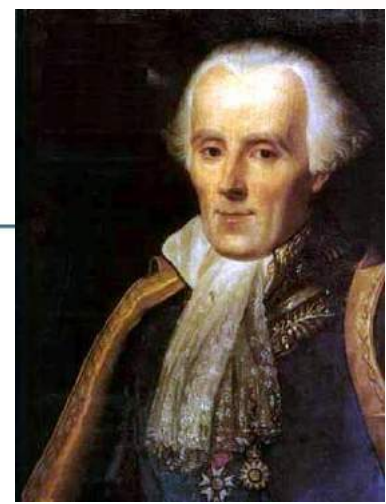
Eu não preciso desta hipótese!



Pierre-Simon Laplace

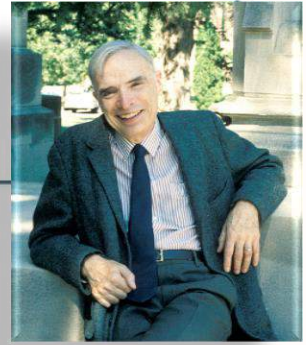
► Determinismo científico

- **Pierre-Simon Laplace** (1749 – 1827): levou 26 anos para concluir a sua obra **Mecânica Celeste** (5 vols.)



"Podemos considerar o estado presente do universo como o efeito do seu passado e a causa do seu futuro. Um intelecto que, em um certo momento, conhecesse todas as forças que colocam a natureza em movimento, e todas as posições de todos os itens de que a natureza é composta, se este intelecto fosse também vasto o suficiente para submeter todos esses dados à análise, ele poderia incluir em uma única fórmula desde os movimentos dos maiores corpos do universo até aqueles dos menores átomos; para tal intelecto nada seria incerto e o futuro, assim como o passado, estaria presente diante de seus olhos."

Ian Barbour diz:



“A religião tornou-se menos uma questão de experiência de vida do que de manifestação intelectual. A ética foi reduzida à prudência utilitária e um código mínimo moral. A natureza, e não a história, passou a ser a chave para o conhecimento de Deus.”

“Deus como Criador, e não Deus como Redentor, era cada vez mais o foco de interesse. A relação de Deus com o indivíduo e a experiência do perdão e da reorientação eram raramente citados. [...] Essa “religião racional” havia sido concebida como suporte para os fundamentos do Cristianismo, mas no século seguinte ela terá se tornado um substituto para eles. A razão, originalmente suplemento para a revelação, começa a substituí-la como caminho para o conhecimento de Deus. Inicialmente, essa mudança não veio na forma de um conflito aberto, mas pela reinterpretação do Cristianismo a partir de dentro.”



- **Mecânica Newtoniana: grande triunfo do método científico**
- **Acertos na descrição das órbitas de planetas e cometas**
- **Capacidade de fazer previsões científicas**
- **Extrapolação metafísica: cosmovisão materialista e determinista**

O **deísmo** é a forma de religião mais associada ao Iluminismo. Segundo o deísmo, podemos saber pela luz natural da razão que o universo é criado e governado por uma inteligência suprema; no entanto, embora esse ser supremo tenha um plano de criação desde o início, este ser não interfere na criação; o deísta tipicamente rejeita os milagres e a confiança na revelação especial como fonte de doutrina e crença religiosa, em favor da luz natural da razão. Assim, um deísta tipicamente rejeita a divindade de Cristo, como algo repugnante à razão; o deísta tipicamente rebaixa a figura de Jesus de agente de redenção miraculosa a extraordinário mestre de moral. O deísmo é a forma de religião adaptada às novas descobertas da ciência natural, segundo as quais o cosmos exibe uma intrincada ordem de máquina; os deístas supõem que a hipótese de Deus é apenas necessária como fonte ou autor dessa ordem.

Contexto histórico



- **Aplicação bem sucedida da mecânica newtoniana ao movimento de corpos;**
- **Surgimento do determinismo, a crença de que a mecânica poderia explicar satisfatoriamente todas as coisas do mundo natural;**
- **Surgem anomalias** que colocam em xeque a visão determinista:
 - **Evidências de uma grande sensibilidade em sistemas dinâmicos**

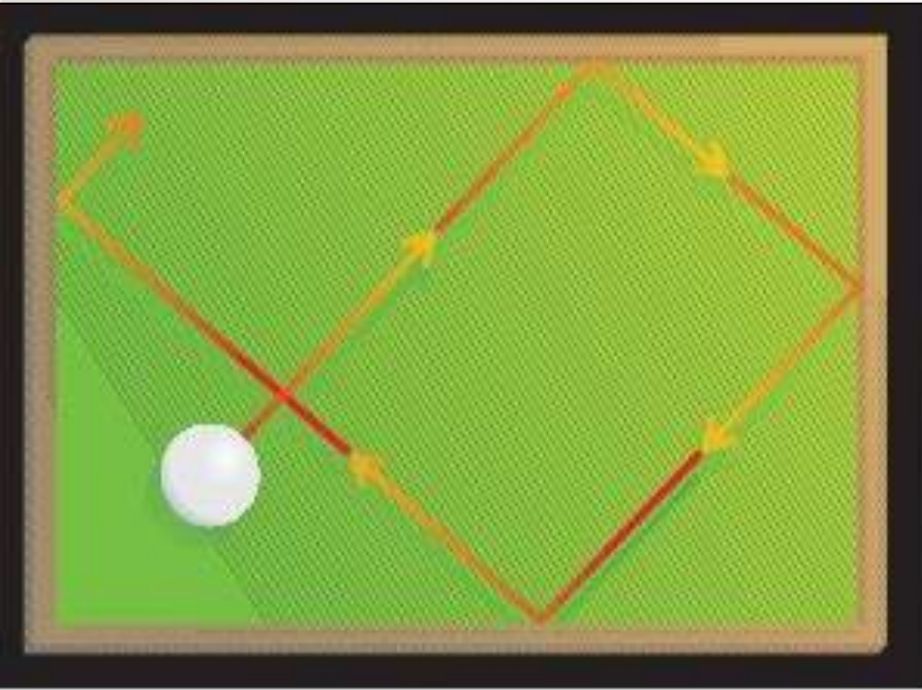
► Introdução ao Caos



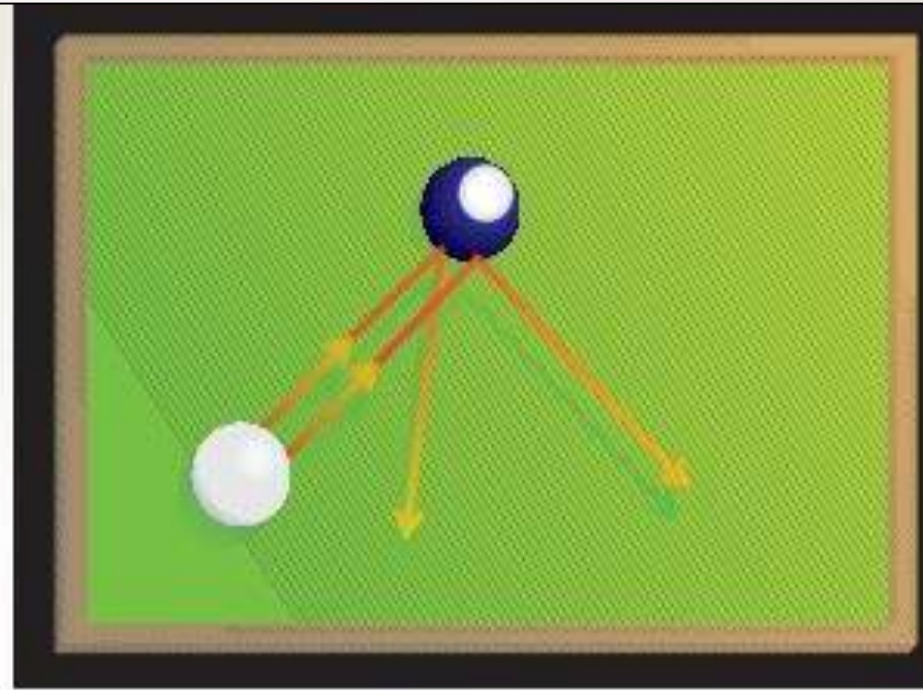
- **Furacão Patrícia (2015)**



► Sistemas caóticos



a)



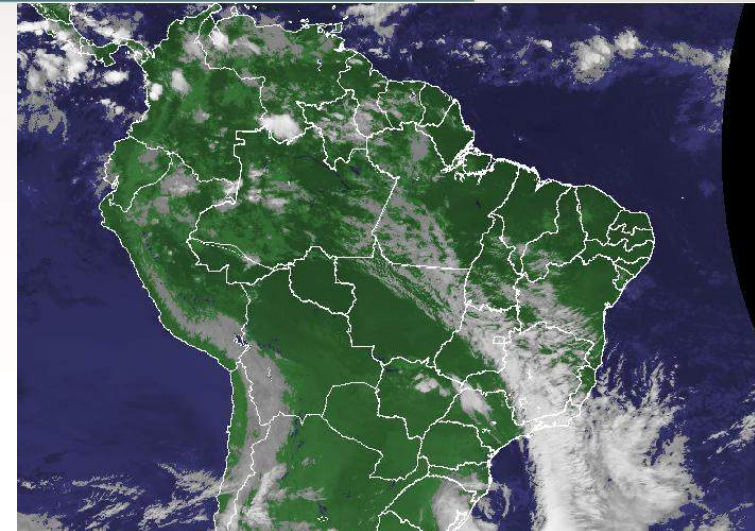
b)



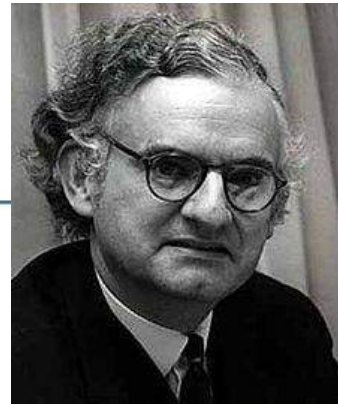
► Sistemas caóticos



- Dependência extremamente sensível de sistemas às condições iniciais → mudanças profundas na evolução do sistema;



► Apresentando a “Teoria do Caos”



Coletivamente, desejamos nos desculpar por ter enganado o público educado geral, espalhando ideias sobre o determinismo dos sistemas que satisfazem as leis do movimento de Newton que, depois de 1960, se mostraram incorretas. As teorias modernas de sistemas dinâmicos demonstraram claramente o fato inesperado de que os sistemas governados pelas equações da dinâmica newtoniana não necessariamente exibem a propriedade de 'previsibilidade'.

► Mr. Chaos: Edward Norton Lorenz



- Fundação da Teoria do Caos
- paper de 1963: "Deterministic Nonperiodic Flow" - Journal of the Atmospheric Sciences

130

JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCES

VOLUME 20

Deterministic Nonperiodic Flow¹

EDWARD N. LORENZ

Massachusetts Institute of Technology

(Manuscript received 18 November 1962, in revised form 7 January 1963)

ABSTRACT

Finite systems of deterministic ordinary nonlinear differential equations may be designed to represent forced dissipative hydrodynamic flow. Solutions of these equations can be identified with trajectories in phase space. For those systems with bounded solutions, it is found that nonperiodic solutions are ordinarily unstable with respect to small modifications, so that slightly differing initial states can evolve into considerably different states. Systems with bounded solutions are shown to possess bounded numerical solutions.

A simple system representing cellular convection is solved numerically. All of the solutions are found to be unstable, and almost all of them are nonperiodic.

The feasibility of very-long-range weather prediction is examined in the light of these results.

► Mr. Chaos: Edward Norton Lorenz

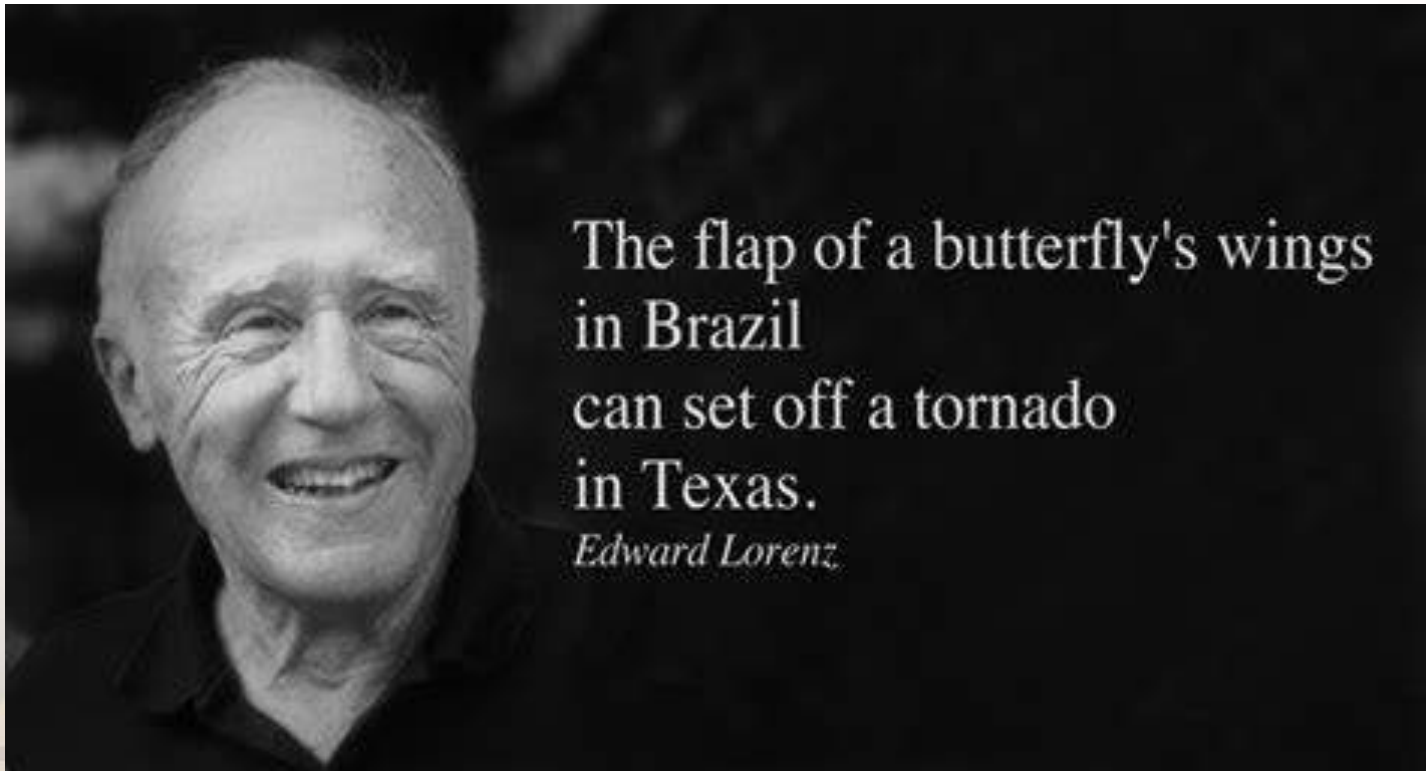
- Fundação da Teoria do Caos
- paper de 1963: "Deterministic Nonperiodic Flow" - Journal of the Atmospheric Sciences



“Dois estados diferindo por quantidades imperceptíveis podem eventualmente evoluir para dois estados consideravelmente diferentes ... Se, então, houver algum erro na observação do estado atual - e em qualquer sistema real, tais erros parecem inevitáveis - uma previsão aceitável de um estado instantâneo num futuro distante pode muito bem ser impossível ... Em vista da inexatidão e da incompletude inevitáveis das observações meteorológicas, a previsão precisa de longo prazo pareceria inexistente.”

► Mr. Chaos: Edward Norton Lorenz

- Fundação da Teoria do Caos
- paper de 1963: "Deterministic Nonperiodic Flow" - Journal of the Atmospheric Sciences



► Caos: definição

Chamamos caos à evolução irregular, e imprevisível no tempo, dos **sistemas dinâmicos não lineares**. O movimento caótico é não periódico, nunca se repete, e é extremamente sensível às condições iniciais e a outros parâmetros do sistema.

Condições iniciais ligeiramente diferentes podem produzir movimentos completamente diferentes e as suas trajetórias no espaço de fases divergem entre si de uma forma exponencial em relação ao tempo [...]. Concluimos assim que, embora os sistemas caóticos não lineares sejam descritos por equações deterministas [...], são imprevisíveis a longo prazo



Coisas caóticas



- **o fluxo de gases e líquidos através da atmosfera ou através de canos,**
- **o comportamento de certas soluções químicas,**
- **circuitos eletrônicos,**
- **batimentos cardíacos humanos,**
- **a propagação de doenças através de uma população,**
- **o gotejamento de gotículas de água de uma torneira,**
- **a formação de padrões e fraturas em superfícies metálicas e cristalinas,**
- **a formação de flocos de neve,**
- **o comportamento do mercado de ações, ...**

► Determinismo e Previsibilidade

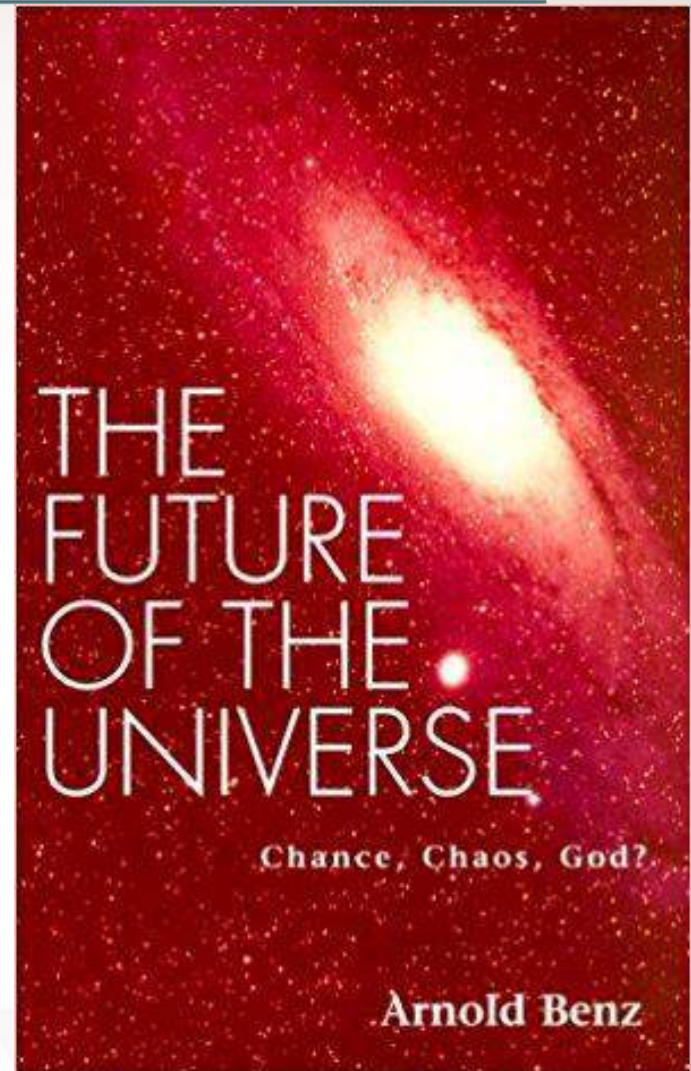


A pesquisa recente na teoria do caos, que começou a surgir na década de 1960, estabeleceu o resultado notável que sistemas descritos por tais equações não-lineares, enquanto em princípio sejam deterministas e obedeçam às leis da física newtoniana clássica, caracterizam-se pela imprevisibilidade a longo prazo

► Caos = acaso e aleatoriedade??



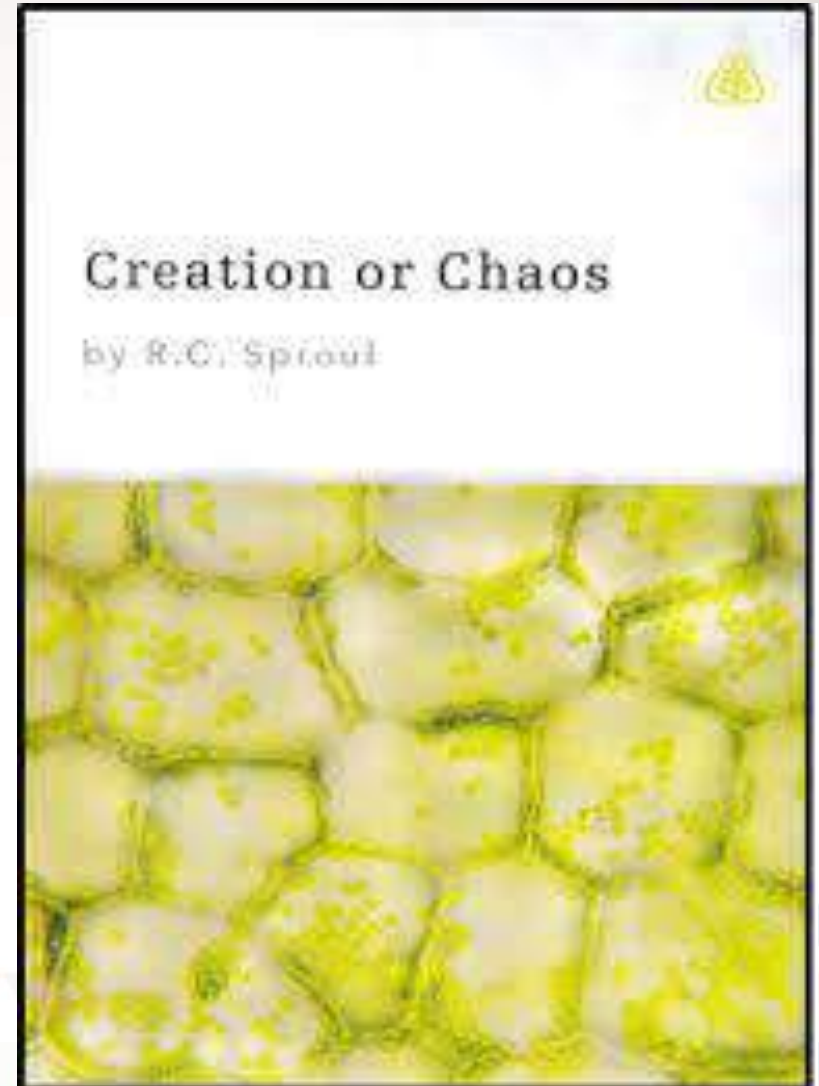
**Ateus: existência de caos
como indício da não
existência de Deus**



► Caos = acaso e aleatoriedade??



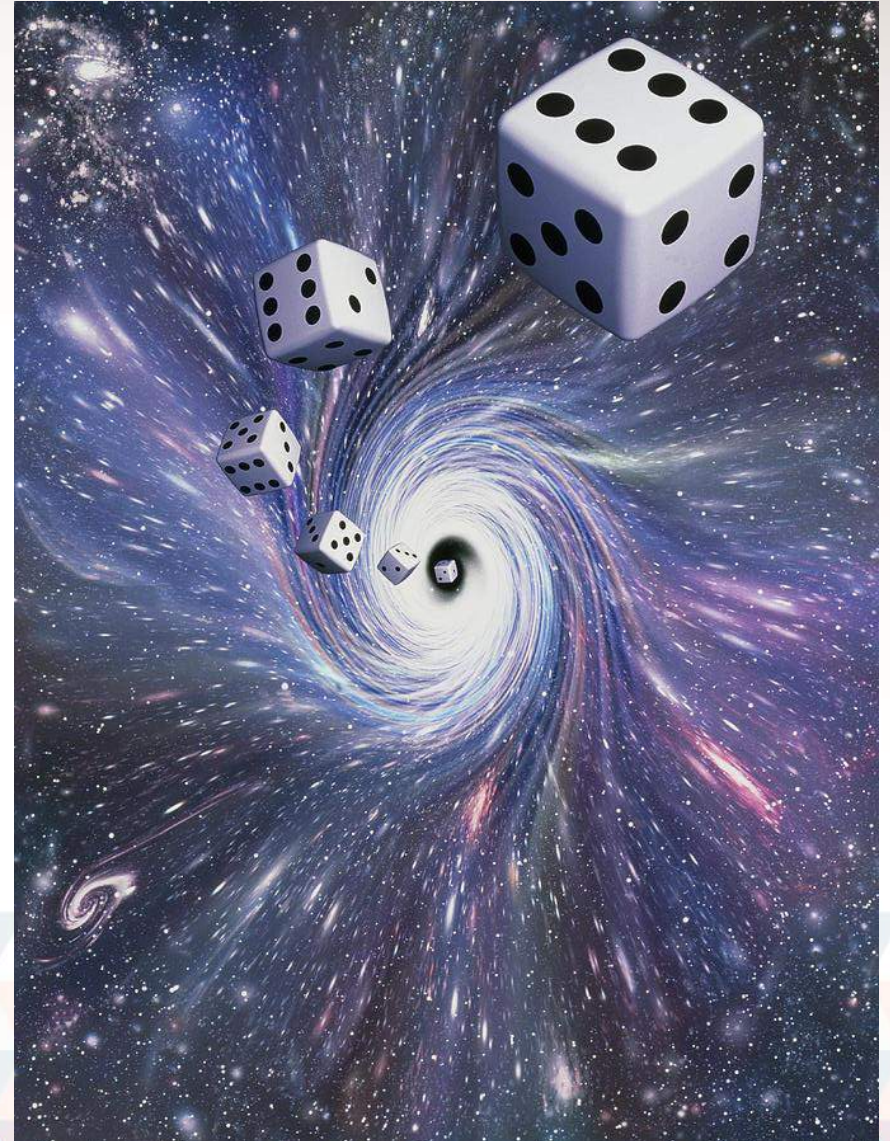
**Literalistas bíblicos: meio
de retirar de Deus o
controle do universo**



► Caos = acaso e aleatoriedade??



Teísmo aberto: criação divina do universo, porém, sem controle sobre ele.



► Caos = acaso e aleatoriedade??



- **Formação de padrões de regularidade (fractais):**
cada componente possui as mesmas propriedades de semelhança com o todo



► Caos = acaso e aleatoriedade??



- **Formação de padrões de regularidade (fractais): cada componente possui as mesmas propriedades de semelhança com o todo**



► Caos = acaso e aleatoriedade??



- **Formação de padrões de regularidade (fractais):**
cada componente possui as mesmas propriedades de semelhança com o todo



► Ação divina na natureza



- **O caos pode ser determinista (regido por equações determinísticas)**
- **Existência de uma espécie de *caos primordial* (Gn. 1:2)**
- **Formação de padrões de regularidade (fractais)**
- **Interpretações da Mecânica Quântica que dão plausibilidade a explicações físicas e religiosas**

Acaso e aleatoriedade sem recorrer ao Teísmo Aberto



O que é o Teísmo aberto:

A) Crença no conhecimento não-eterno de Deus;

B) Negação da presciência (conhecimento do futuro) divina;

C) Crença no poder de Deus limitado pelo livre-arbítrio humano;

D) Negação do controle de Deus sobre o futuro;



► Acaso e aleatoriedade sem recorrer ao Teísmo Aberto

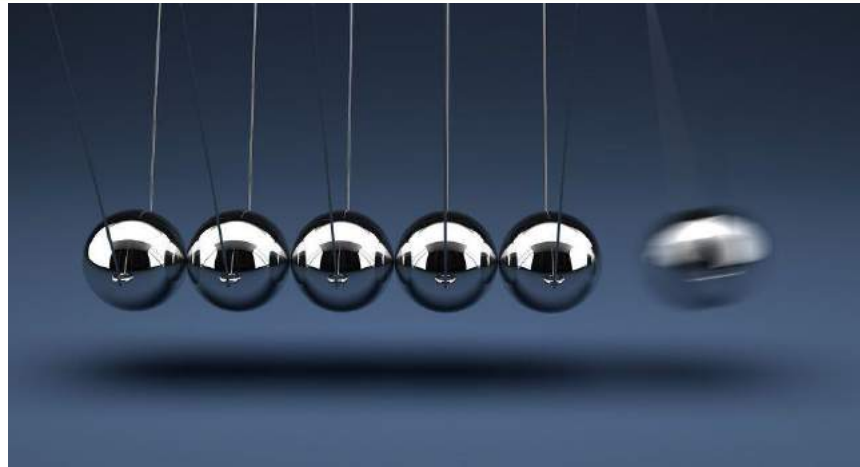


Existem propostas que pretendem compatibilizar a ação divina na natureza com a existência do caos a partir do Teísmo Aberto

Há, porém, um preço a pagar por essa acomodação: o abandono das doutrinas clássicas da soberania divina



► Acaso e aleatoriedade sem recorrer ao Teísmo Aberto



É necessário buscarmos fundamentos teológico-filosóficos para interpretar esses fenômenos **sem abrir mão das doutrinas clássicas;**

Distinção entre determinismo físico e conhecimento humano, com determinismo bíblico e conhecimento de Deus: **limitações do conhecimento humano sobre caos e aleatoriedade;**

► Acaso e aleatoriedade sem recorrer ao Teísmo Aberto



- Para Deus, não existe nenhuma incerteza ou aleatoriedade ou acaso fora do seu controle e conhecimento;
- O que é aleatório para o homem, não é necessariamente aleatório para Deus.

Mateus 10

Buscar por...

29 Não se vendem dois passarinhos por um ceitil? e nenhum deles cairá em terra sem a vontade de vosso Pai.

30 E até mesmo os cabelos da vossa cabeça estão todos contados.



► 1 Reis 22:29-34



- Então o rei de Israel e Josafá, rei de Judá, foram atacar Ramote-Gileade.
- E o rei de Israel disse a Josafá: "Entrarei disfarçado em combate, mas tu, usa as tuas vestes reais". O rei de Israel disfarçou-se, e ambos foram para o combate.
- O rei da Síria havia ordenado aos seus trinta e dois chefes de carros de guerra: "Não lutem contra ninguém, seja soldado seja oficial, senão contra o rei de Israel".
- Quando os chefes dos carros viram Josafá, pensaram: "É o rei de Israel", e o cercaram para atacá-lo, mas Josafá gritou,
- e quando os comandantes dos carros viram que não era o rei de Israel, deixaram de persegui-lo.
- De repente, *um soldado disparou seu arco ao acaso*, e atingiu o rei de Israel entre os encaixes da sua armadura. Então o rei disse ao condutor do seu carro: "Tire-me do combate. Fui ferido!"

AULA 5: CAOS, FÍSICA QUÂNTICA E TEOLOGIA

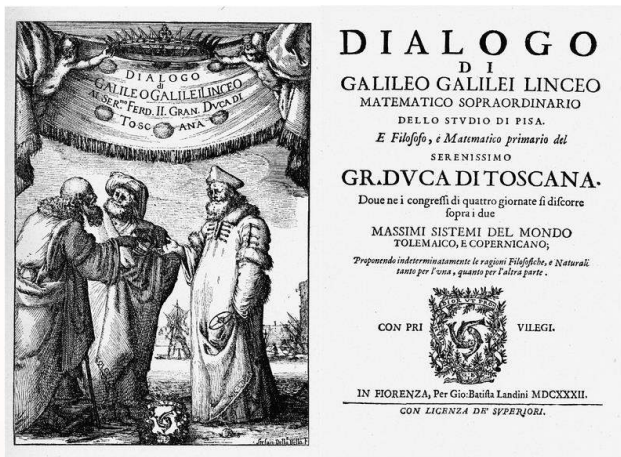


***Retomando e
Continuando...***

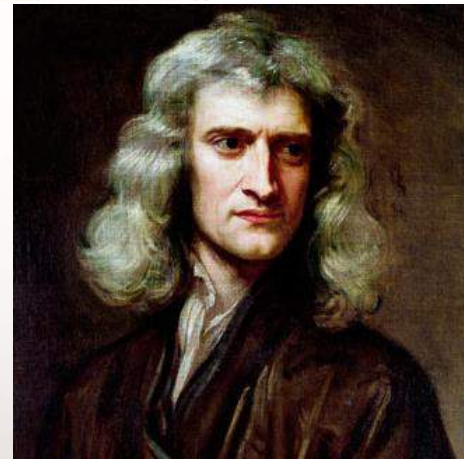
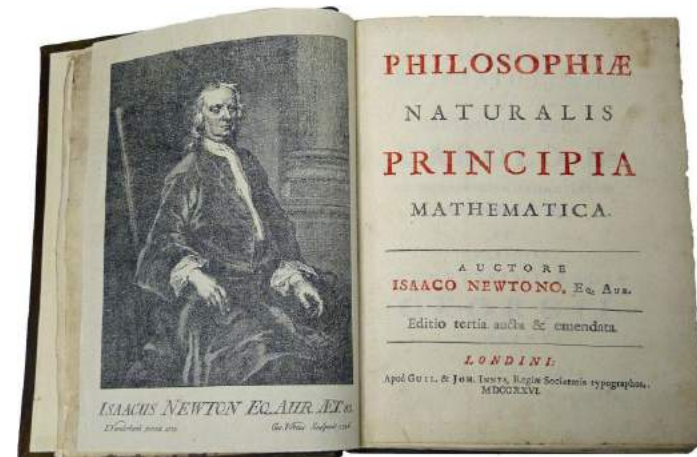
► Galileu Galilei e Isaac Newton



“Diálogo sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo” (1632)



“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural” (1687)





► Mitos comuns sobre o nascimento da Física

A cosmologia mecanicista de Newton eliminou a necessidade de Deus

Dizem-me que você escreveu
este grande livro sobre a
Mecânica Celeste sem
mencionar Deus?



Napoleão
Bonaparte

Eu não preciso
desta hipótese!



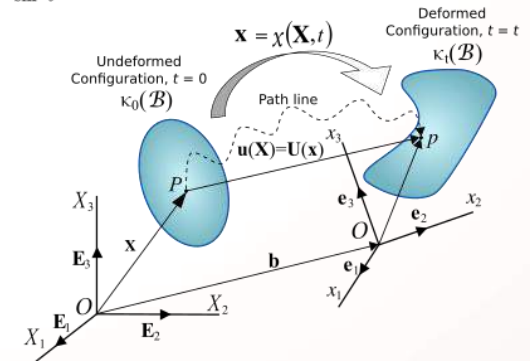
Pierre-Simon
Laplace



Mecânica Analítica: robusto formalismo matemática

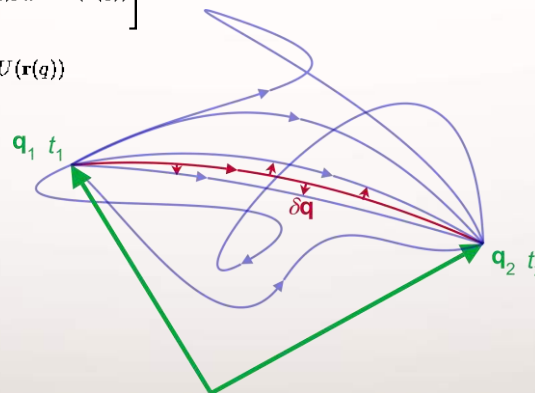


$$\begin{aligned} R(r, \dot{r}, \theta, \dot{\theta}) &= p_\phi \dot{\phi} - L \\ &= p_\phi \dot{\phi} - \frac{m}{2} \dot{r}^2 - \frac{m}{2} r^2 \dot{\theta}^2 - \frac{p_\phi \dot{\phi}}{2} + V(r) \\ &= \frac{p_\phi \dot{\phi}}{2} - \frac{m}{2} \dot{r}^2 - \frac{m}{2} r^2 \dot{\theta}^2 + V(r) \\ &= \frac{p_\phi^2}{2mr^2 \sin^2 \theta} - \frac{m}{2} \dot{r}^2 - \frac{m}{2} r^2 \dot{\theta}^2 + V(r). \end{aligned}$$



Joseph-Louis Lagrange William Rowan Hamilton

$$\begin{aligned} H(p, q) &= \sum_{\alpha, \beta} p_\alpha G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\beta - \left[\frac{1}{2} \sum_{\alpha, \beta} G_{\alpha\beta}(q) \sum_\gamma G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\gamma \sum_\lambda G_{\beta\lambda}^{-1}(q) p_\lambda - U(\mathbf{r}(q)) \right] \\ &= \sum_{\alpha, \beta} p_\alpha G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\beta - \frac{1}{2} \sum_{\alpha, \beta, \gamma, \lambda} G_{\alpha\beta}(q) G_{\alpha\gamma}^{-1}(q) G_{\beta\lambda}^{-1}(q) p_\gamma p_\lambda + U(\mathbf{r}(q)) \\ &= \sum_{\alpha, \beta} p_\alpha G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\beta - \frac{1}{2} \sum_{\alpha, \gamma, \lambda} \delta_{\alpha\lambda} G_{\alpha\gamma}^{-1}(q) p_\gamma p_\lambda + U(\mathbf{r}(q)) \\ &= \sum_{\alpha, \beta} p_\alpha G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\beta - \frac{1}{2} \sum_{\gamma, \lambda} p_\lambda G_{\lambda\gamma}^{-1}(q) p_\gamma + U(\mathbf{r}(q)) \\ &= \frac{1}{2} \sum_{\alpha, \beta} p_\alpha G_{\alpha\beta}^{-1}(q) p_\beta + U(\mathbf{r}(q)) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} L &= L(q, \dot{q}, t) && \text{Lagrangian} \\ H &= H(q, p, t) && \text{Hamiltonian} \\ \text{Lagrangian: } L &= T - V = \frac{m}{2} \dot{q}^2 - \frac{k}{2} q^2 \end{aligned}$$

$$p = \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) = m\dot{q}$$

$$H = p\dot{q} - L = m\dot{q}^2 - \frac{m}{2} \dot{q}^2 + \frac{k}{2} q^2$$

$$H = \frac{m}{2} \dot{q}^2 + \frac{k}{2} q^2$$

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{k}{2} q^2$$

$$\dot{p} = -kq$$

Hamilton's Equations of Motion for a simple harmonic oscillator

$$\begin{aligned} L &= L(q, \dot{q}, t) \\ H &= H(q, p, t) \end{aligned}$$

VERY IMPORTANT!

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p} = \frac{2p}{2m} = \frac{p}{m}$$

$$\text{and } \dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q_k} = -\frac{k}{2} q$$

(i.e. $f = -kq$)

Hamilton's Equations
TWO first order equations



Dois períodos importantes

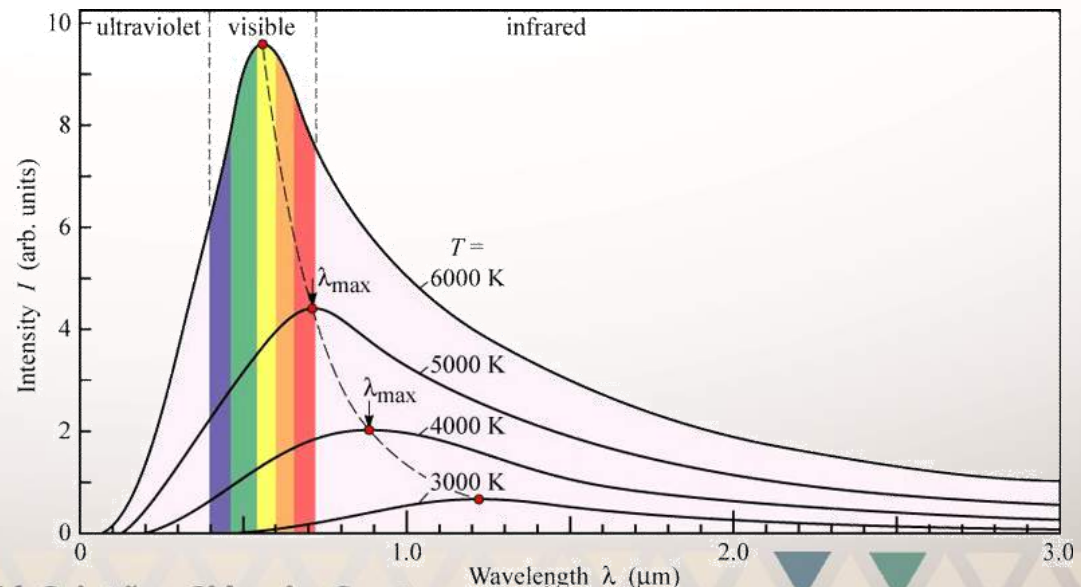
- **A Física Quântica Antiga (1900 – 1925)**
- **A Mecânica Quântica (1925 em diante)**



► Nascimento da Física Quântica



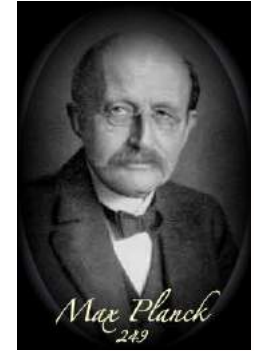
- Uma cavidade quente (“**corpo negro**”) emite radiação contínua
- A teoria previa que ela deveria emitir mais radiação de pequenos comprimentos de onda do que de grandes comprimentos de onda. **Mas não era isso o que se observava**



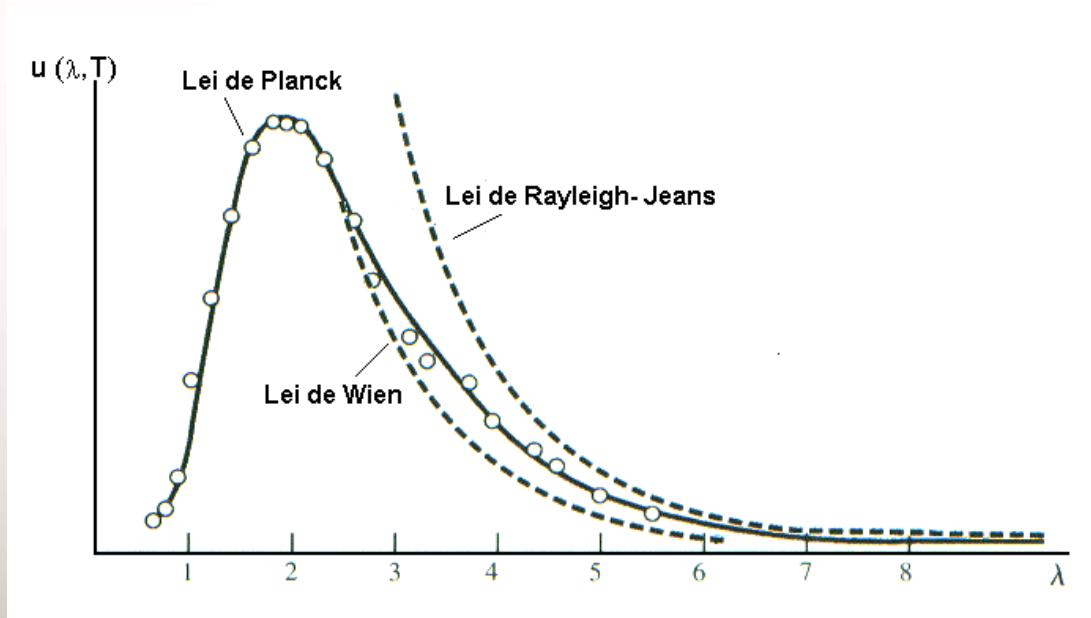


- **Lei de Planck (1900) para radiação de corpo negro:**

$$D_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp^{hc/k_B T \lambda} - 1}$$

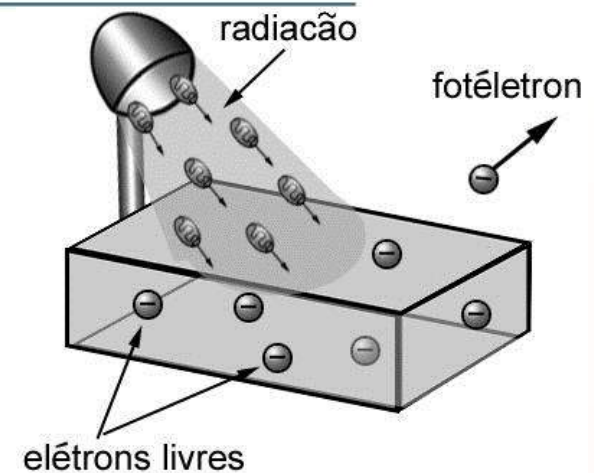


- Planck usou uma ideia que considerou desesperadora: a de que a radiação só era emitida em “pacotes de energia”, que chamou de *quanta* (plural de *quantum*)





- **Efeito Fotoelétrico:** emissão de elétrons para superfícies de metais quando iluminado com luz de frequência adequada

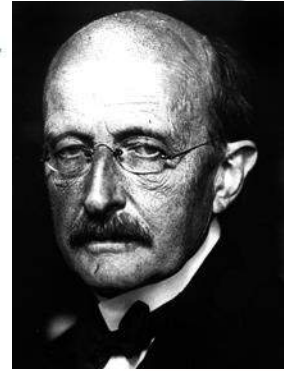


- Em 1905, **Einstein** fornece a explicação para o efeito fotoelétrico usando a **Lei de Planck** e a *teoria dos quanta*



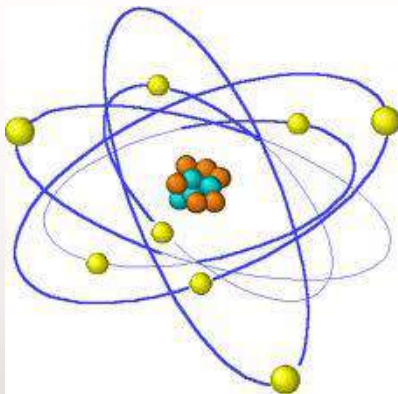


- **Nos primeiros anos do século XX, a teoria quântica começou a resolver diversos problemas:**
 - radiação do corpo negro - Planck
 - efeito fotoelétrico - Einstein
 - calor específico de sólidos - Einstein
 - espectro atômico descontínuo – Bohr
- **Questão importante: Mas, então, a luz é uma partícula?**





- **Descoberta do núcleo atômico**
- Em 1911, **Rutherford** defendeu que os átomos têm sua carga positiva concentrada em um pequeno núcleo
- Criou o modelo atômico de Rutherford, ou modelo planetário do átomo

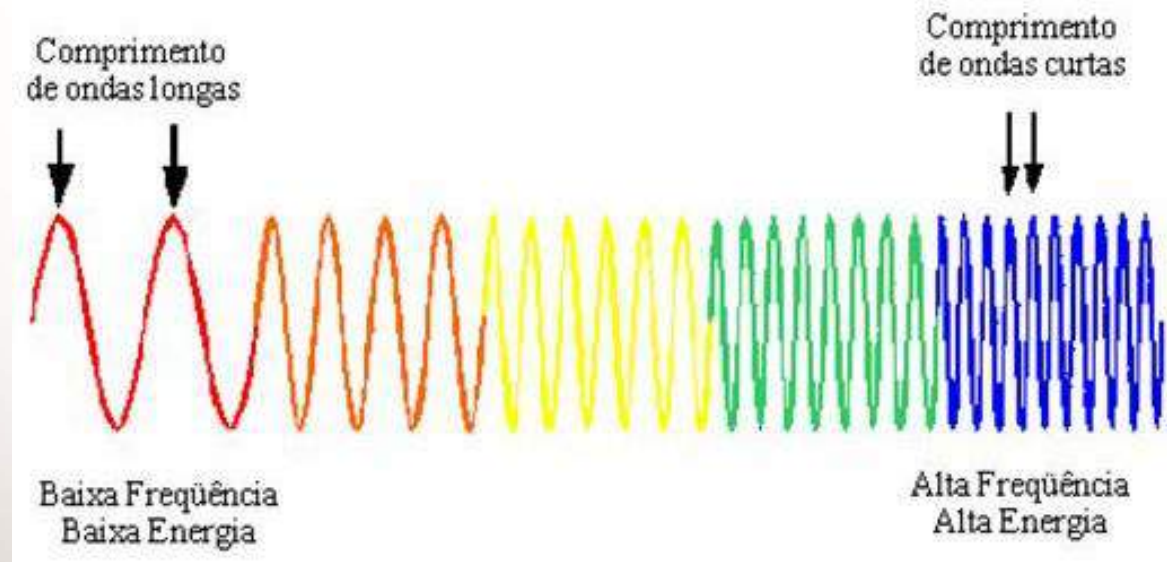
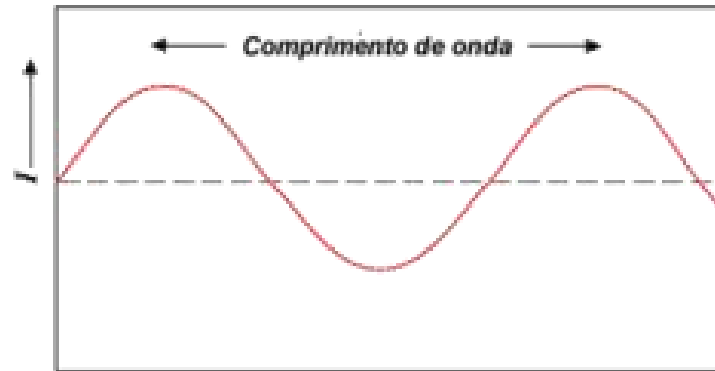




Luz: Ondas eletromagnéticas



Onda

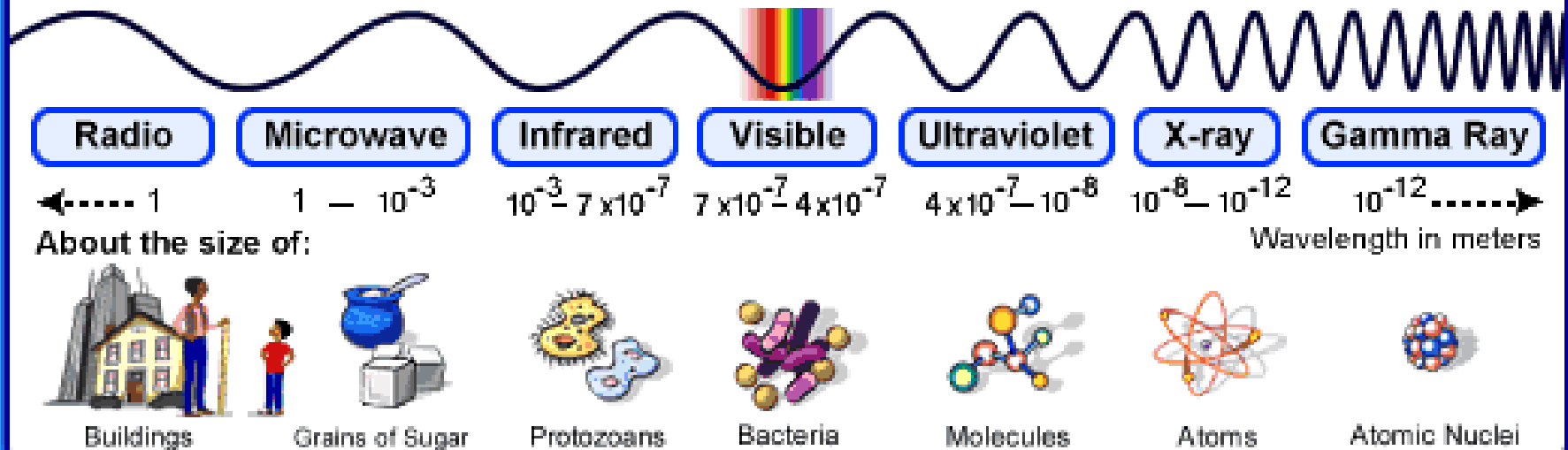




Espectro Eletromagnético



The Electromagnetic Spectrum

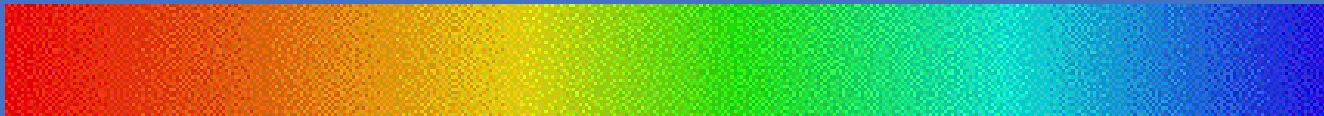




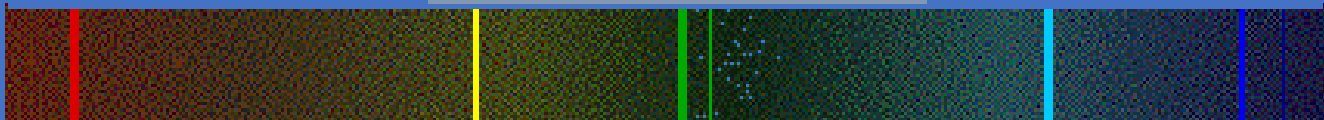
Diferentes tipos de espectro



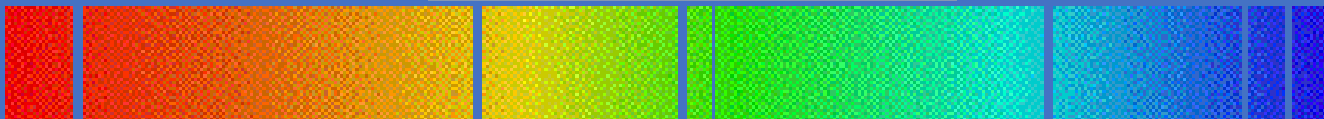
Espectro contínuo



Espectro de emissão



Espectro de absorção

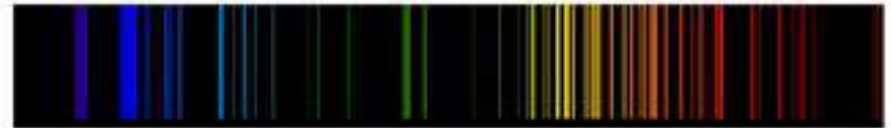




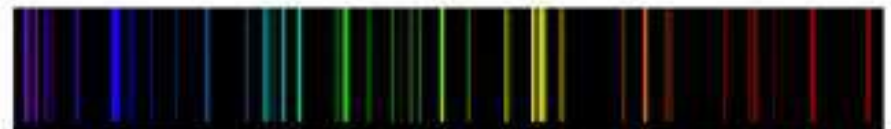
Hidrogênio



Hélio



Neônio

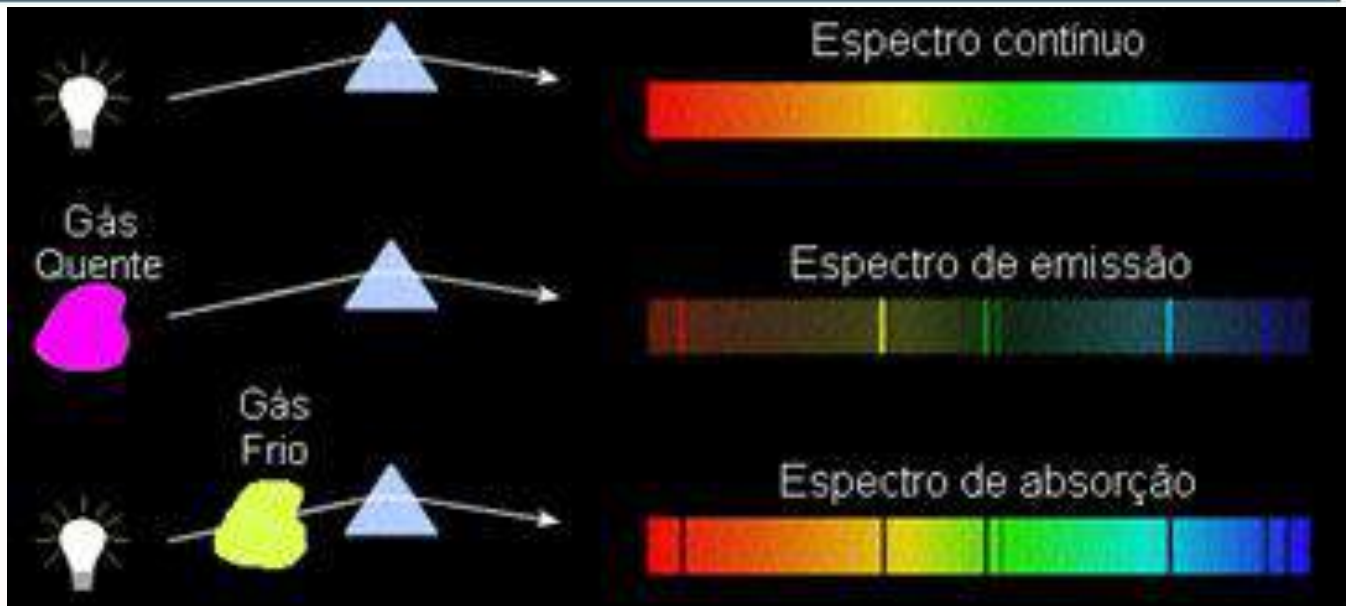


Mercúrio

- **Espectro descontínuo:** observa-se apenas algumas linhas luminosas coloridas intercaladas por regiões sem luz
- Cada **elemento químico** tem um espectro diferente

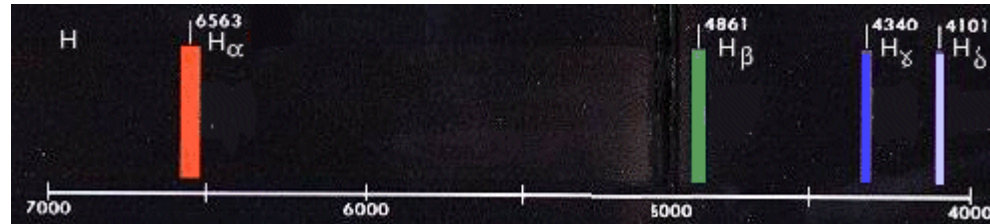


Diferentes tipos de espectro





Espectro do Hidrogênio - série de Balmer -



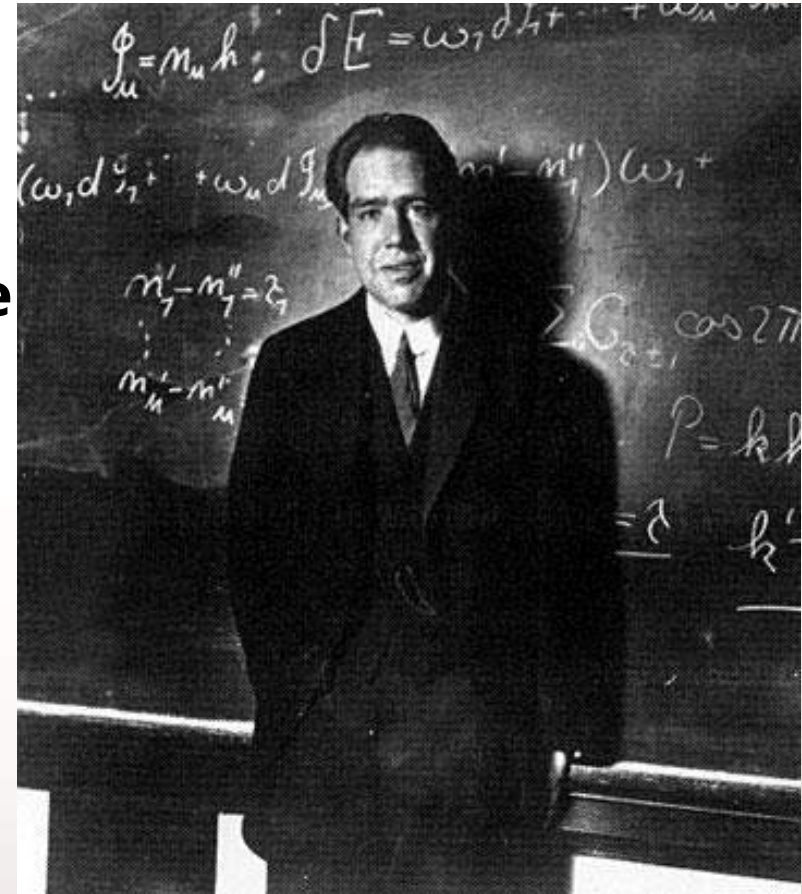
COR	NOME	λ (em Angstroms)	n
VERMELHO	H_{α}	6563	3
VERDE	H_{β}	4858	4
AZUL	H_{γ}	4340	5
VIOLETA	H_{δ}	4101	6

$$\lambda_n = 3644 \left(\frac{n^2}{n^2 - 2^2} \right)$$

$$\lambda_3 = 3644 \left(9 / (9 - 4) \right) = 6562,8 \text{ Angstroms!}$$



- Teoria do Átomo de Bohr (1913)
- Propôs uma teoria para a explicação do modelo atômico de Rutherford, baseada na **teoria quântica**



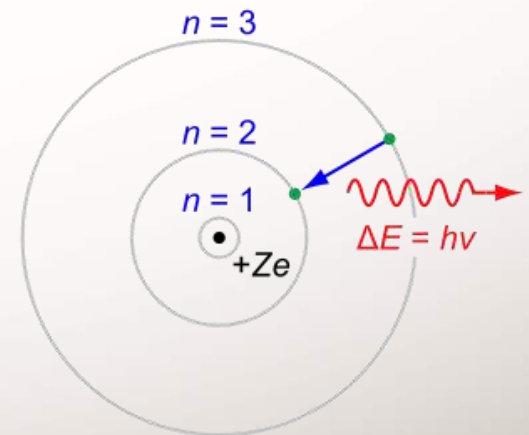
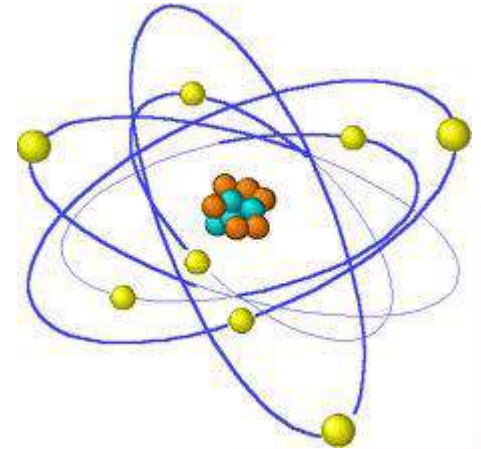


- Níveis de energia do átomo de Bohr

$$E = E_i - E_f = R_E \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

- Fórmula de Rydberg

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$





Schrödinger



Heisenberg



Dirac

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - U)\Psi = 0$$

Equação de Schrödinger

► Alguns complicadores importantes



- ***Dualidade Onda-Partícula***
- ***Princípio de Incerteza***
- ***Função de Onda***
- ***Não-localidade***
- ***Emaranhamento quântico***



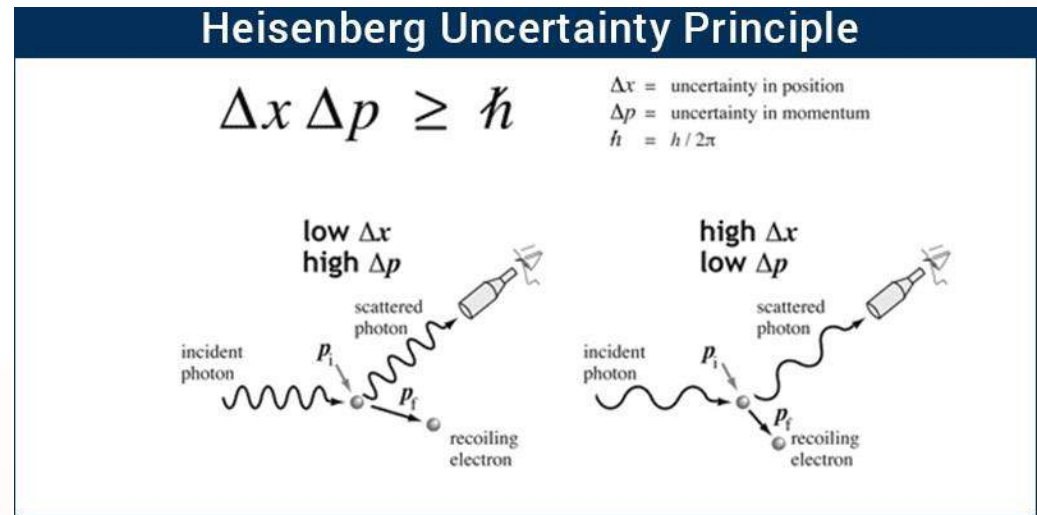
- **Louis-Victor-Pierre-Raymond**, 7.º duque de Broglie, geralmente conhecido por **Louis de Broglie** (1892 - 1987), foi um físico francês.
- Em 1924, escreve sua tese de doutoramento, "Recherches sur la théorie des quanta".
- de Broglie introduz a sua **teoria de ondas de elétrons**, que inclui a teoria de **dualidade onda-corpúsculo** da matéria, baseada na **teoria dos quanta** proposta por Max Planck e Albert Einstein.





- Não se pode medir com precisão arbitrariamente alta, *ao mesmo tempo*, o momentum e a posição de uma partícula

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/2\pi$$



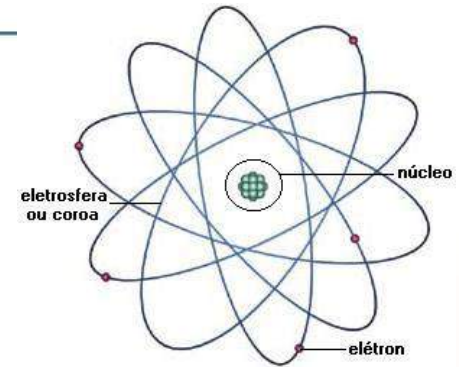
- Consequência: não se pode definir trajetórias para as partículas subatômicas

► Função de Onda

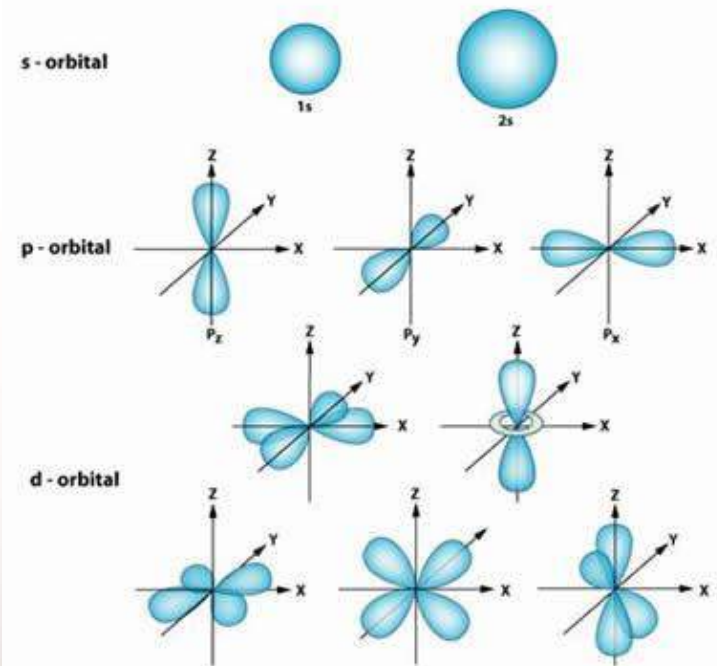


Schrödinger

Órbitas atômicas



Orbitais atômicos



$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - U)\Psi = 0$$

Equação de Schrödinger

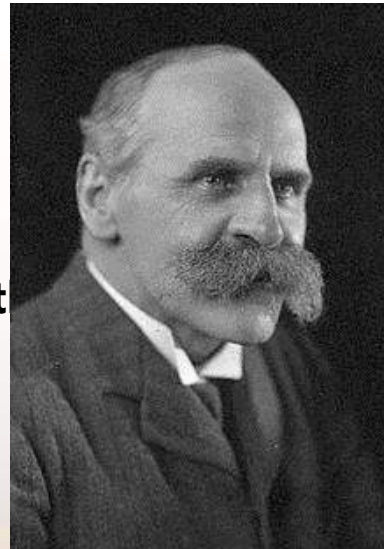
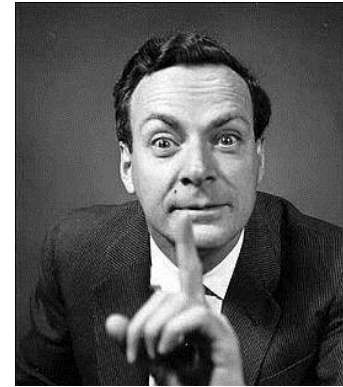


Modos de Interpretação da Mecânica Quântica



1. Copenhagen interpretation
2. Many worlds
3. Consistent histories
4. Ensemble interpretation
5. De Broglie-Bohm theory
6. Relational quantum mechanics
7. Transactional interpretation
8. Stochastic mechanics
9. Objective collapse theories
10. Consciousness causes collapse (von
11. Many minds
12. Quantum logic
13. Quantum information theories
14. Modal interpretations of quantum t
15. Time-symmetric theories
16. Branching space-time theories
17. Quantum Bayesianism

Richard Feynman:
"Acho que posso dizer
com segurança que
ninguém entende a
Mecânica Quântica."



interpretation)

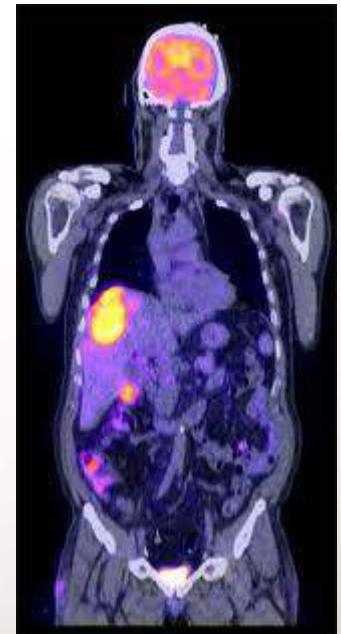
J.B.S. Haldane: "O
Universo não é
apenas mais
estranho do que
supomos, mas mais
estranho do que
podemos supor."

No campo filosófico:

- Indeterminismo quântico: *“Deus joga dados com o Universo?”*

Na vida real:

- Bombas Atômicas
- Energia nuclear
- Aplicações médicas
- Alta tecnologia





III THE PARALLELS

एतस्य यज्ञस्य धूर्षदं धुरि निर्वहणे मौदन्तं यज्ञनिर्वाहकमग्निं
मित्रं न मित्रमिव ममिधानः दधेदपियमानः अञ्जते । प्रमाधयति ।
अञ्जतिः प्रमाधनकर्मा । इत्यानः । सम्यग्दोषमानः । अकः ।
ज्वालामिदादिभिराकालः । अत्येरनाकालो वा । क्रसेच्छान्दमो
डः । विदथेषु । यज्ञेषु वेदयत्सु स्तोत्रेषु निमित्तभूतेषु दाद्यत
स्वयं दोषमानोऽस्मादोषां धियं प्रजां यागादिविषयां गुरुवर्णां
गृभ्रवर्णां निर्मलां ज्योतिष्टोमादि कर्म वा उद् यंषते । उद्योतय-
त्येव । यमेल्लेखडागमः । मिष् । उग्रव्योऽवधारणे । धीरिति कर्म
नाम । धीः शमाति तन्नामसु पाठात् ॥

अप्रयुच्छन्प्रयुच्छद्भिर्मै

शिवेभिर्नः पायुभिः पाहि शम्भैः ।

अदब्धेभिर्हृदिपितेभिरिष्टे-

निमिषद्भिः परि पाहि नो जाः ॥ ८ ॥

पठपाठः ।

अप्रयुच्छन् । अप्रयुच्छत्सुभिः । अग्ने । शिवेभिः ।
नः । पायुभिः । पाहि । शम्भैः । अदब्धेभिः ।
अदृष्टेभिः । इष्टे । अनिमिषत्सुभिः । परि । पाहि ।
नः । जाः । ८ ॥

$$\mathcal{L} = \bar{\psi} i \gamma^\mu D_\mu \psi - \frac{1}{2} g \bar{\psi} \gamma^\mu \tau^a (D_\mu U) \psi - m \bar{\psi} U \psi + \frac{1}{4} T_r (D^\mu U D_\mu U^\dagger) \\ = \bar{N} i \gamma^\mu (D_\mu + M_\mu) N - m \bar{N} N + \frac{1}{4} T_r (D^\mu U D_\mu U^\dagger)$$

$$D_\mu U = \partial_\mu U - 2ig f_{\mu\nu} \tau^a (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu) + ig f_{\mu\nu} \tau^a \vec{e}_\nu \vec{e}_\mu - 2gf_\mu \vec{e}_\nu \vec{e}_\mu \\ D_\mu N = \partial_\mu N - ig \left[\tau^a \frac{\vec{e}_\mu}{2} - (ig) f_{\mu\nu} \tau^a (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu) + \frac{2if_\mu}{16} \tau^a (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu) \right] N \vec{e}_\mu \\ - ig \left[(ig) f_{\mu\nu} \tau^a \frac{\vec{e}_\mu}{2} - f_\mu (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu) + (ig) f_{\mu\nu} \frac{2if_\mu}{16} \tau^a (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu) \right] N \vec{e}_\mu \\ M_\mu = U^\dagger \partial_\mu U^\dagger + \frac{1}{2} (U^\dagger \partial_\mu U) U^\dagger$$

$$\mathcal{L} = \bar{N} i \gamma^\mu (D_\mu + M_\mu) N - m \bar{N} N + \frac{1}{4} T_r (D^\mu U D_\mu U^\dagger) \\ - \frac{1}{4} \vec{R}_\mu \cdot \vec{R}_\mu - \frac{1}{4} \vec{A}_\mu \cdot \vec{A}_\mu + \frac{1}{2} m_f^2 (\vec{e}_\mu \cdot \vec{e}_\mu + \vec{e}_\mu \cdot \vec{e}_\mu)$$

$$\vec{R}_\mu = \partial_\mu \vec{e}_\nu - \partial_\nu \vec{e}_\mu + g (\vec{e}_\mu \times \vec{e}_\nu) + g (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu)$$

$$\vec{A}_\mu = \partial_\mu \vec{e}_\nu - \partial_\nu \vec{e}_\mu + g (\vec{e}_\mu \times \vec{e}_\nu) + g (\vec{e}_\nu \times \vec{e}_\mu)$$

$$\partial^\mu \vec{R}_\mu = -g \vec{V}_\mu' + m_f \vec{e}_\mu ; \vec{V}_\mu = \vec{V}_\mu' + \frac{1}{2} \partial^\mu \vec{R}_\mu$$

$$\partial^\mu \vec{A}_\mu = -g \vec{A}_\mu' + m_f \vec{e}_\mu ; \vec{A}_\mu = \vec{A}_\mu' + \frac{1}{2} \partial^\mu \vec{A}_\mu$$

$$[V_\mu^a(x), V_\nu^b(y)] = [A_\mu^a(x), A_\nu^b(y)] = i \epsilon^{abc} V_\mu^c(x) \delta^3(x-y)$$

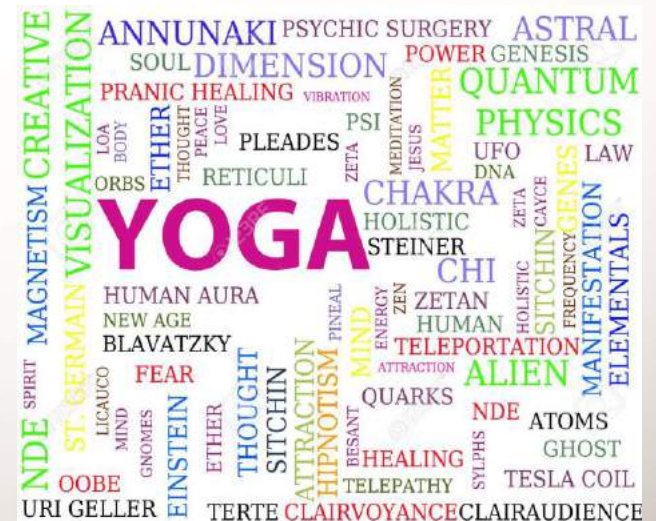
$$[V_\mu^a(x), A_\nu^b(y)] = [A_\mu^a(x), V_\nu^b(y)] = i \epsilon^{abc} A_\mu^c(x) \delta^3(x-y)$$

$$[V_\mu^a(x), A_\nu^b(y)] = [A_\mu^a(x), V_\nu^b(y)] = i \epsilon^{abc} A_\mu^c(x) \delta^3(x-y)$$

► E a tal da Física?



- **Física da Nova Era:**
 - “Misticismo Quântico”
 - “Holismo quântico”
 - “Cura quântica”

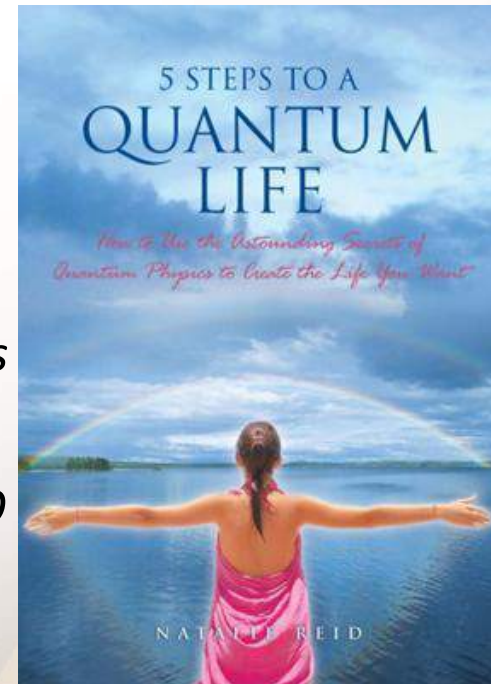


5 passos para uma “Vida Quântica”:

Como usar os segredos surpreendentes da Física Quântica para criar a vida que você quer

Este livro explica, em linguagem simples, como as partículas subatômicas são os blocos de construção de nosso universo físico e mostra como podemos criar o que desejarmos usando as nossas próprias mentes subconscientes em combinação com os **segredos maravilhosos da Física Quântica**.

Os cientistas provaram que não podemos observar o mundo quântico sem perturbá-lo. Por exemplo, se você faz um experimento envolvendo o quantum e não vê o processo, você tem um resultado. Mas, se você vê o processo, você tem um resultado completamente diferente. Em outras palavras, as partículas subatômicas realmente respondem às pessoas que as observam. Isto significa que, onde quer que você ponha a sua atenção, você cria uma mudança no nível subatômico, que é o próprio fundamento do mundo. De acordo com o quantum - e O Segredo - cabe a você selecionar o que você observa e onde coloca a sua atenção. Tendo feito essa escolha, o próprio ato de observação transforma o que acontece em sua realidade física.



5 passos para uma Vida Quântica:

Como usar os segredos surpreendentes da Física Quântica para criar a vida que você quer

Este livro explica, em linguagem simples, como as partículas subatômicas são os blocos de construção de nosso universo físico. Mostra como podemos criar o que desejamos usando as nossas próprias mentes conscientes em combinação com a Física Quântica.

Besteirol Quântico

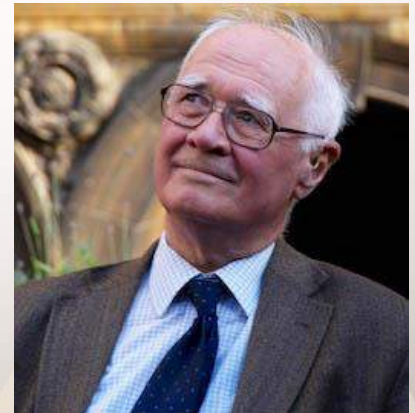
Os cientistas não devem perturbá-lo. Por exemplo, se você tem um experimento envolvendo o *quantum*, não vê o processo, você tem um resultado. Mas, se você observa o processo, você tem um resultado completamente diferente. Em outras palavras, as partículas subatômicas realmente respondem às pessoas que as observam. Isto significa que onde quer que você ponha sua atenção, você causa uma mudança no nível subatômico, que é o próprio fundamento do mundo. De acordo com o *quantum* - e O Segredo - cabe a você decidir o que você observa e onde coloca a sua atenção. Então, nessa escolha, o próprio ato de observação transforma o que você vê em sua realidade.





"A teoria quântica é certamente **estranha** e **surpreendente**, mas não é tão estranha para que, de acordo com ela, **valha qualquer coisa**. Claro, ninguém realmente colocaria isso com tanta crueza, mas há um tipo de discurso que pode chegar perigosamente perto de aprovar essa **atitude caricaturesca**. Pode-se chamá-la de 'exagero quântico' (**quantum hype**)."

"Quero sugerir que, quando se faz apelo à visão quântica, a palavra de ordem é **sobriedade**."



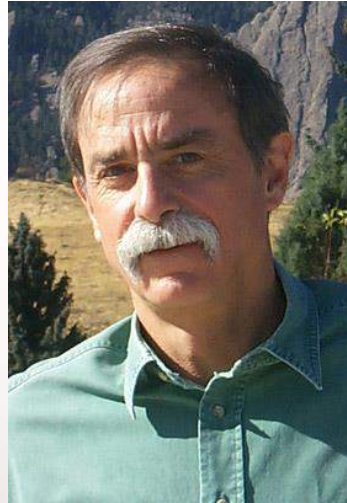
► Mecânica Quântica – comprovada!



- Mecânica Quântica: comprovada **experimentalmente** desde a década de 20
- **Premio Nobel de Física de 2012**



Serge Haroche



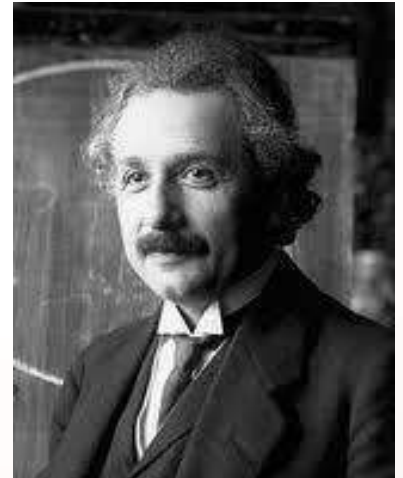
David Wineland

Foi atribuído conjuntamente a Serge Haroche e David Wineland *por métodos experimentais inovadores que permitem a medição e manipulação de sistemas quânticos individuais.*

► Problemas Interpretativos



- O **caráter probabilístico** da Mecânica Quântica significava uma dificuldade intransponível para alguns



- Por exemplo, Einstein:

"A mecânica quântica é, certamente, imponente. Mas uma voz interior me diz que não é ainda a coisa real. A teoria diz muita coisa, mas realmente não nos traz nenhum pouco mais perto dos segredos do "Velhão". Eu, de qualquer forma, estou convencido de que **Ele não joga dados.**"

► Por que tratar do Mundo Quântico?

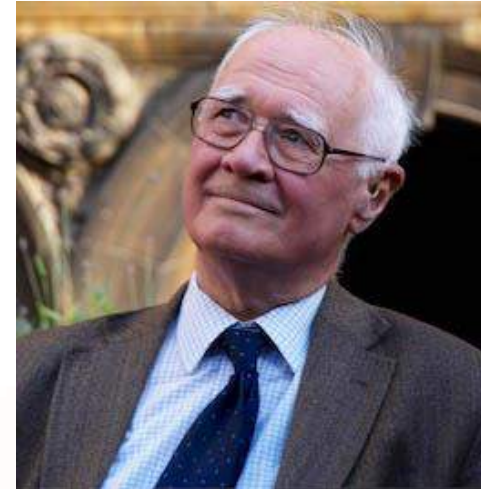


- **A Física Quântica** é, muitas vezes, vista como apoio a diversas formas de misticismo
- **A Física Clássica era mecanicista:** objetiva, determinista e materialista
- **Física Quântica** parece ser subjetiva, indeterminista e idealista
 - Idealista no sentido filosófico de dar primazia à realidade mental sobre a realidade material

► John Polkinghorne – Razão e Realidade



“... a nossa experiência do **mundo quântico** nos prepara para **visões da realidade** que não vão se submeter a nenhuma **tirania** indevida do **senso comum**, mas que buscarão, por mais que essa tarefa seja difícil, **respeitar a natureza daquilo com que temos de lidar.**”



“Nossa investigação do mundo físico **estendeu as nossas mentes** e ampliou as nossas noções daquilo que é concebível. De fato, seria surpreendente se em **nosso encontro com Deus** não acontecesse o mesmo.”



- **Ação Divina vs. “Intervenção Divina”**
- **Intervenção tem conotação de “ação divina” como violação de leis naturais que o próprio Deus estabeleceu**
 - **Como se, para agir no mundo, Deus “devesse” agir de fora do mundo**
- **Natural vs. Sobrenatural**



- **Ação Divina Objetiva Não-Intervencionista**
- **Questões de interpretação na mecânica quântica:** não-localidade, indeterminação, o significado da equação de Schrödinger, medições quânticas...
- Robert John Russell, através de NIODA, **usa a indeterminação para oferecer um mecanismo pelo qual Deus interage com a natureza**



(Robert Russell)

Fenômenos aleatórios fazem parte da realidade



- A Mecânica Quântica introduziu o indeterminismo genuíno na visão do mundo científico
- A teoria do caos mostrou que a previsibilidade total não pode ser encontrada sequer em Mecânica Clássica
- Hoje, os métodos estocásticos são aplicados desde *games* até simulações computacionais de sistemas bioquímicos complexos ou mesmo para prever o comportamento do mercado de ações

► Ação divina na natureza



(...) a capacidade humana de compreender o universo ao seu redor, vai muito além do mero acaso, pois é a mente de Deus que faz a conexão entre a matemática de nossas cabeças, com a estrutura do mundo. A inteligibilidade do universo só é possível pela graça divina que criou o ser humano feito à imagem e semelhança do Criador.

(Harley Mourão)



- **Abordamos nesta aula o conceito físico de Caos, que consiste na sensibilidade de um sistema em relação às condições iniciais. Uma pequena modificação em uma ou mais variáveis pode ocasionar uma mudança geral (e radical) em todo o sistema;**
- **Sistemas caóticos são bastante comuns na natureza e no cotidiano: massas de ar, crescimento populacional, taxas econômicas, etc.;**





- **A noção de caos tem sido utilizada como artifício para negar a existência de Deus ou limitá-lo.**
- **Porém, é possível desenvolvermos uma proposta de diálogo entre fé cristã e teoria do caos, sem abrir mão das doutrinas clássicas da nossa fé, e considerando que não existe aleatoriedade para Deus.**





Autor:

- **Lucas Guimarães Barros**

Revisor:

- **Glênon Dutra**

Colaboradores:

- **Marcelo Cabral**
- **Guilherme de Carvalho**
- **Roberto Covolan**
- **Pedro Dulci**
- **Glênon Dutra**



Associação Brasileira
Cristãos
na **Ciência**



Associação Brasileira

Cristãos
na **Ciência**

