



Fé Cristã e Ciência Contemporânea

# AULA 6: ORIGEM DO UNIVERSO - PARTE I -

Roberto Covolan





## ► Cosmologia e Doutrina da Criação

---

- ***O universo teve um início e veio da existir a partir do nada (creatio ex-nihilo)***
- ***O universo parece ter, desde o início, uma "sintonia fina" para a existência de vida***



## ► Cosmologia e Doutrina da Criação

- ***Criação a partir do nada (creatio ex-nihilo)***

### ***João 1:1-3***

***No princípio era o Verbo, e o Verbo estava com Deus, e o Verbo era Deus. Ele estava no princípio com Deus. Todas as coisas foram feitas por ele, e, sem ele, nada do que foi feito se fez.***



## ► Cosmologia e Doutrina da Criação

---

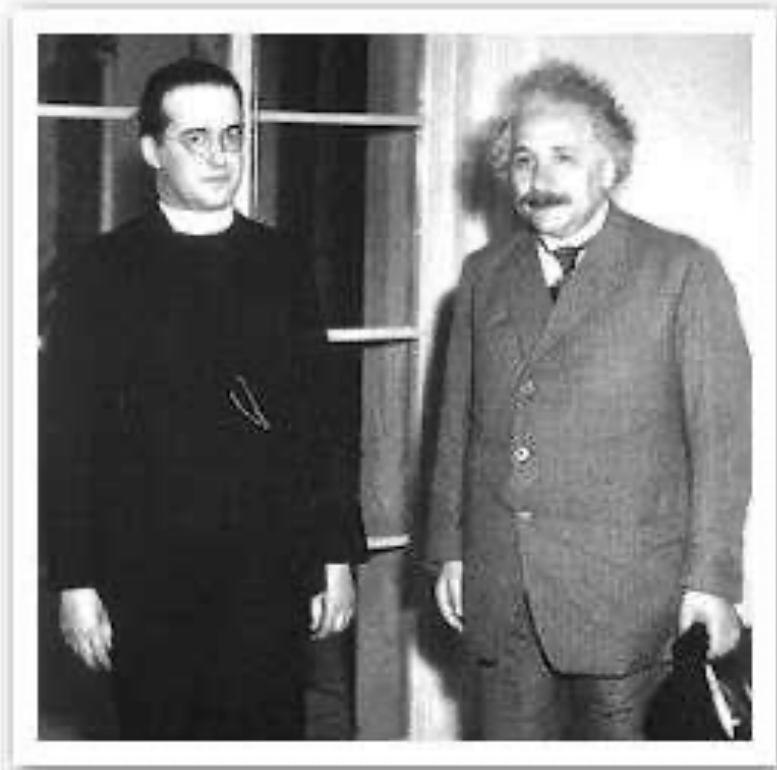
- ***Criação a partir do nada (creatio ex-nihilo)***

### ***Hebreus 11:3***

***Pela fé, entendemos que o universo foi formado pela palavra de Deus, de maneira que o visível veio a existir das coisas que não são visíveis.***



# ▶ Personagens Importantes



**George Lemaître e Albert Einstein**

**Edwin Hubble**



**George Gamow**

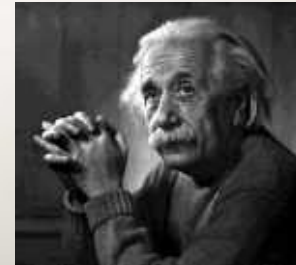
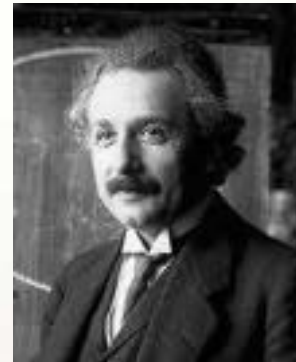


**Fred Hoyle**

# ▶ Albert Einstein: 1905, o ano miraculoso



1. *Über einen die Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt* (Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz)
2. *Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen* (Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares)
3. *Über die von der molekulartheoretischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* (Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor)
4. *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* (Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento)
5. *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* (A inércia de um corpo depende da sua energia?) - neste artigo, Einstein propõe sua famosa equação  $E=mc^2$ .



# ► Teoria da Relatividade Geral (1916)



## Os Fundamentos da Teoria da Relatividade Geral

1916.

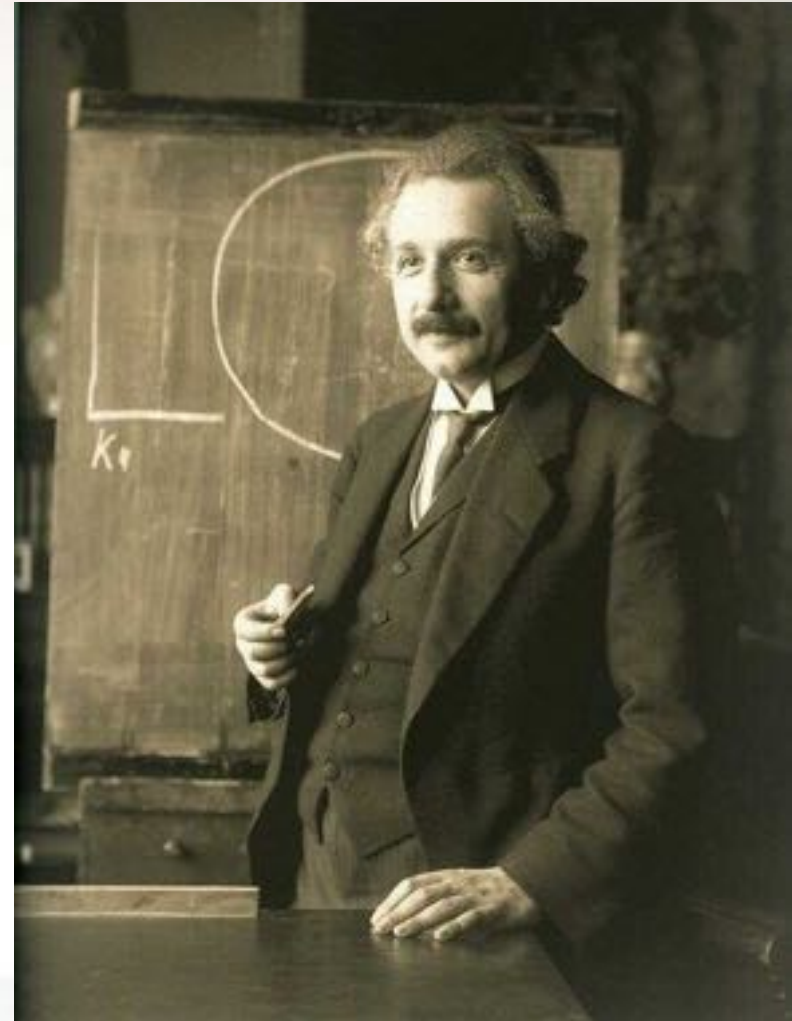
Nº 7.

### ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 49.

1. *Die Grundlage  
der allgemeinen Relativitätstheorie;  
von A. Einstein.*

Die im nachfolgenden dargelegte Theorie bildet die denkbar weitgehendste Verallgemeinerung der heute allgemein als „Relativitätstheorie“ bezeichneten Theorie; die letztere nenne ich im folgenden zur Unterscheidung von der ersteren „spezielle Relativitätstheorie“ und setze sie als bekannt voraus. Die Verallgemeinerung der Relativitätstheorie wurde sehr erleichtert durch die Gestalt, welche der speziellen Relativitätstheorie durch Minkowski gegeben wurde, welcher Mathematiker zuerst die formale Gleichwertigkeit der räumlichen Koordinaten und der Zeitkoordinate klar erkannte und für den Aufbau der Theorie nutzbar machte. Die für die allgemeine Relativitätstheorie nötigen mathematischen Hilfsmittel lagen fertig bereit in dem „absoluten Differentialkalkül“, welcher auf den Forschungen von Gauss, Riemann und Christoffel über nichteuklidische Mannigfaltigkeiten ruht und



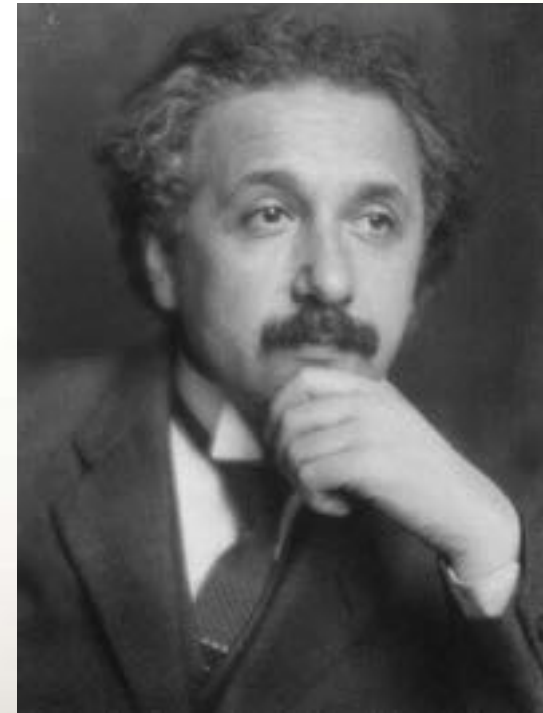


## ► Teoria da Relatividade Geral (1916)

- **A Relatividade Geral é uma alternativa à Teoria da Gravitação de Newton**

**Esta generalização tem implicações profundas no nosso conhecimento do espaço-tempo, levando, entre outras conclusões, à de que a matéria curva o espaço e afeta o tempo à sua volta**

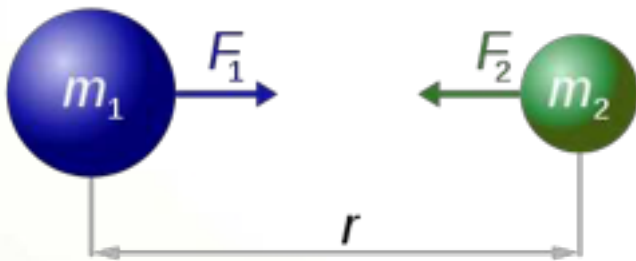
**A gravitação aparece como um efeito da geometria do espaço-tempo**



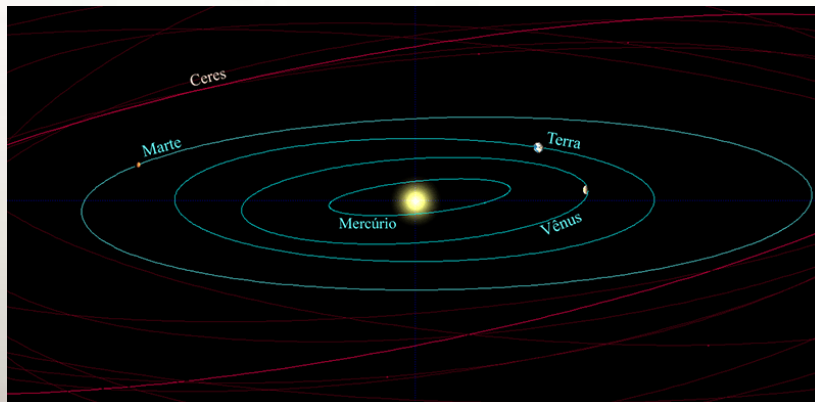


# ► Teoria da Relatividade Geral (1916)

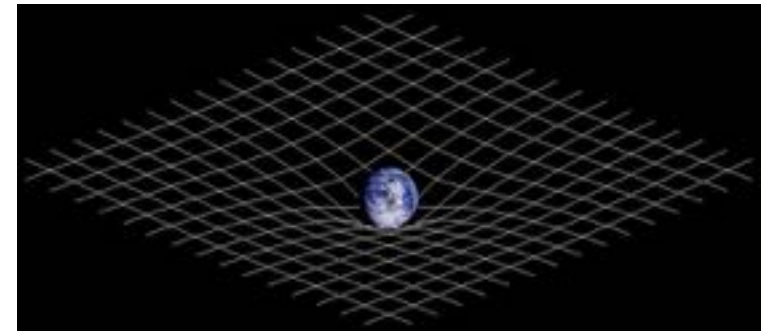
## Gravitação de Newton



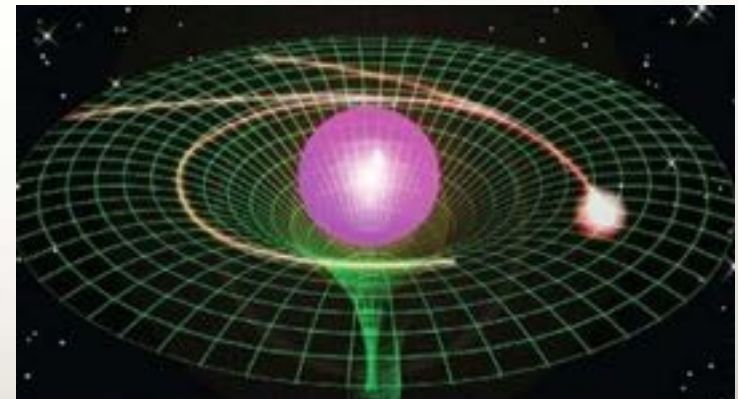
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



## Gravitação de Einstein



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu} \Lambda = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

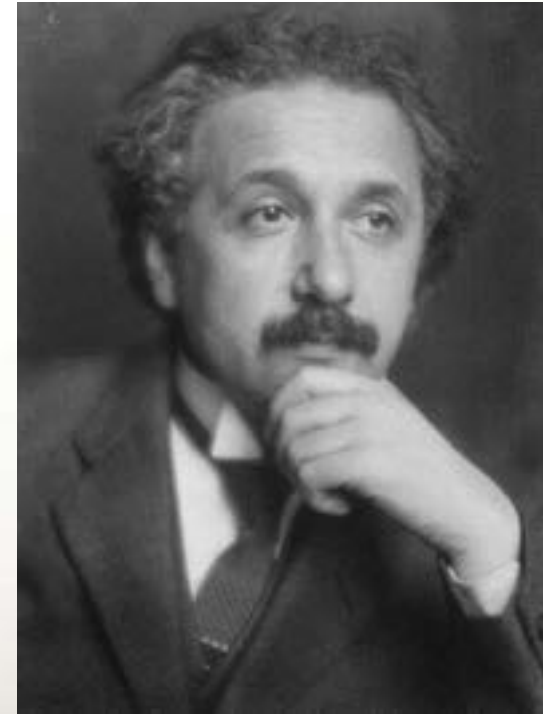




## ► Teoria da Relatividade Geral (1916)

- **Três efeitos importantes:**

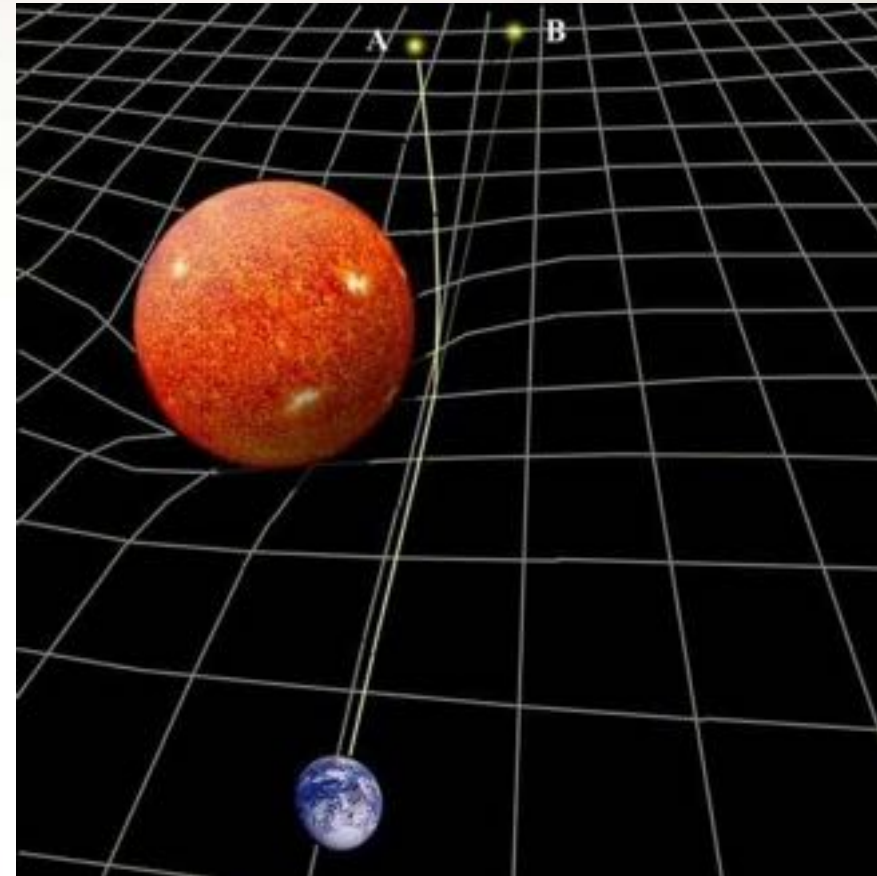
- 1. Curvatura da trajetória da luz**
- 2. Precessão do periélio da órbita de Mercúrio**
- 3. Desvio gravitacional do espectro para o vermelho**





## ► Curvatura da trajetória da luz

***Previsão do desvio da luz proporcionado por campos gravitacionais de corpos extremamente massivos, tais como estrelas e galáxias.***





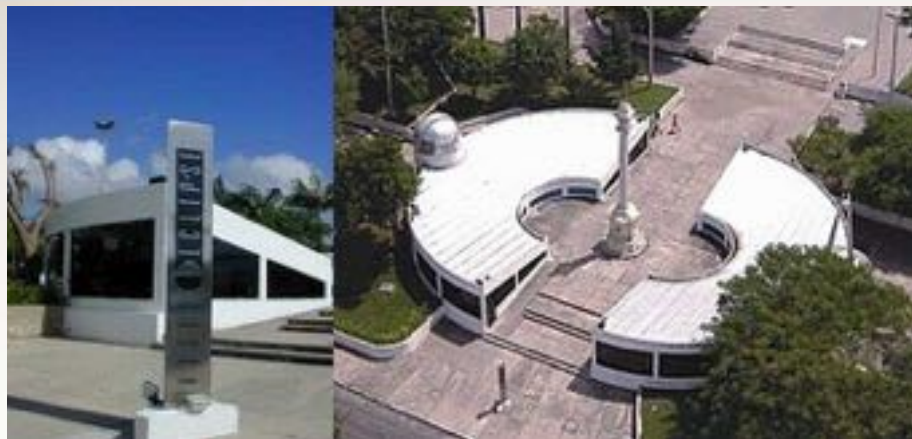
## ► Curvatura da trajetória da luz

**O desvio foi observado durante um eclipse solar, ocorrido em 1919 e observado na cidade cearense de Sobral.**





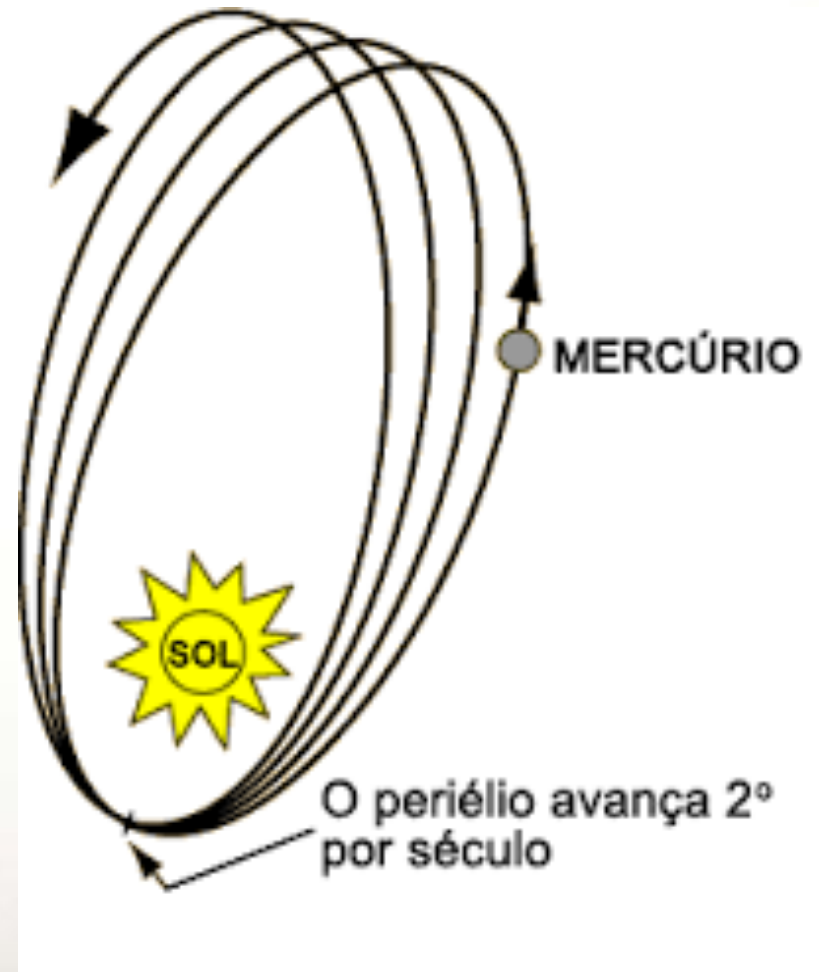
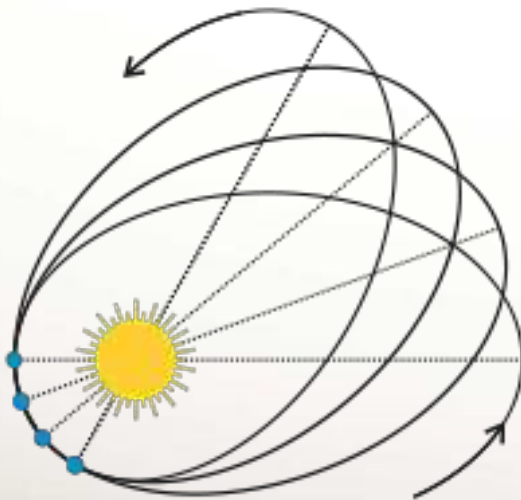
# ► Curvatura da trajetória da luz





## ► Precessão do periélio da órbita de Mercúrio

### Correção de limitações da Mecânica Newtoniana (o problema da órbita de Mercúrio)

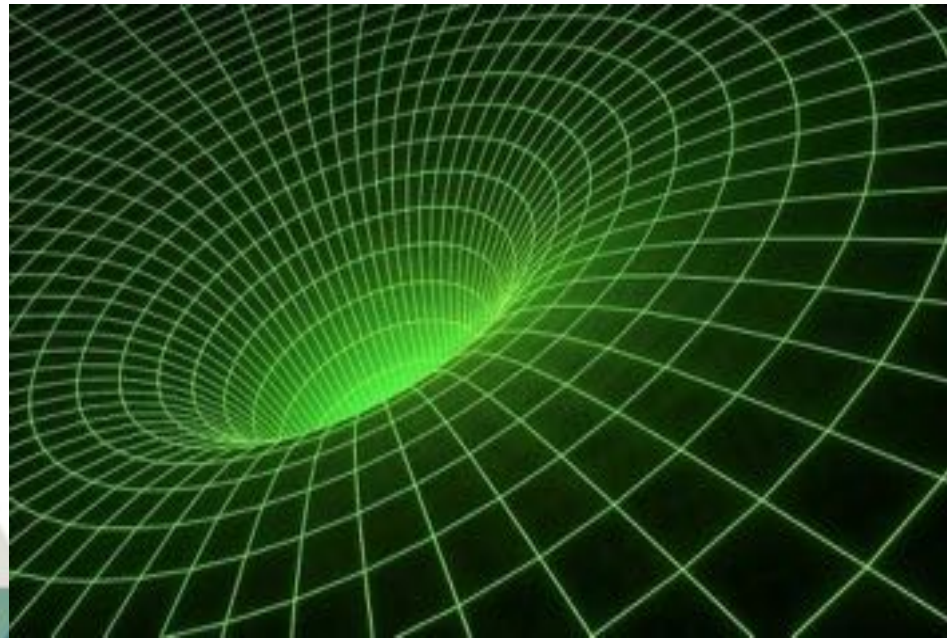




# ► Teoria da Relatividade Geral

Fundamentos da TRG:

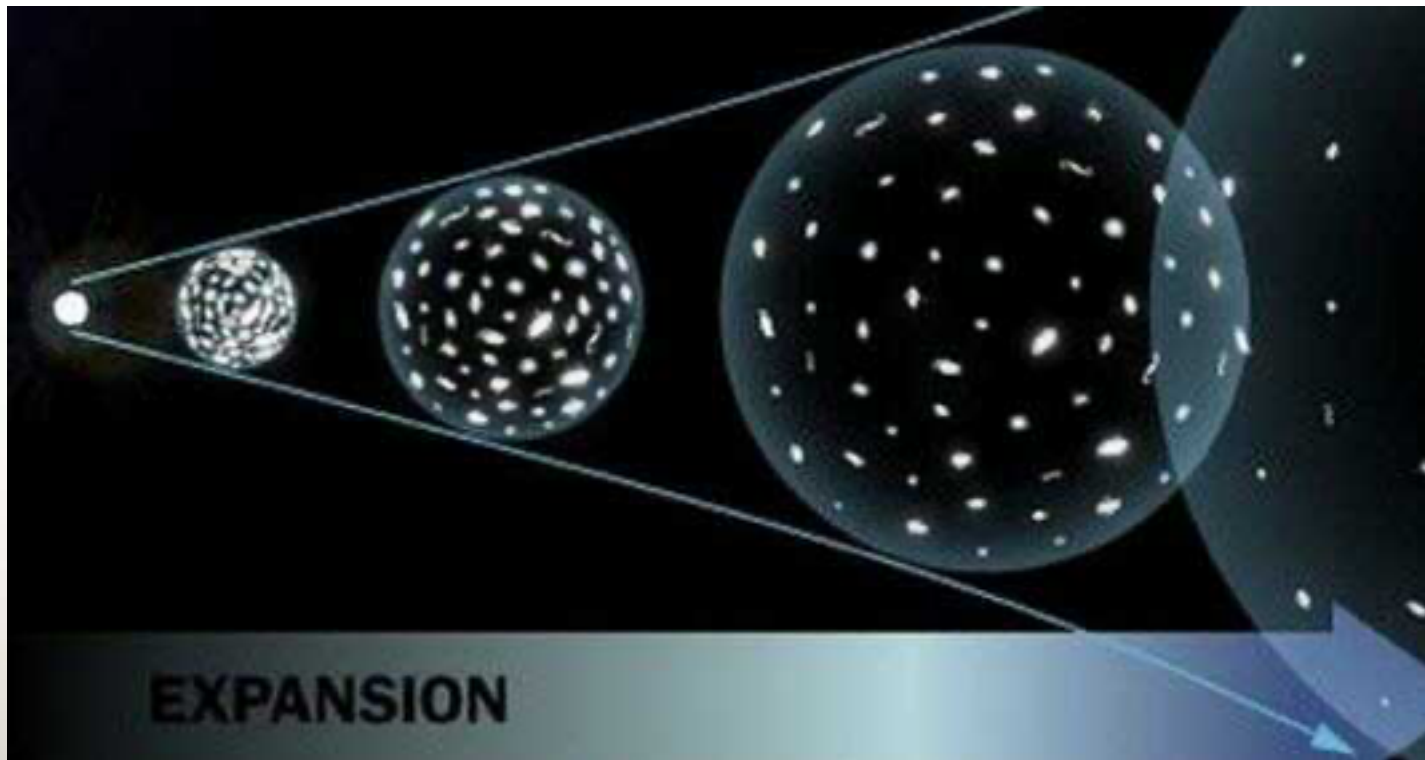
- 1) Conceito de **espaço-tempo**;
- 2) Noção de espaço **curvo**;
- 3) Geometrias não euclidianas





## ► Relatividade Geral e expansão do universo

**Ao se aplicar a TRG para o Universo, obtém-se como resultado que o Universo deve estar ou se contraindo ou se expandindo. Einstein relutou com esta questão**

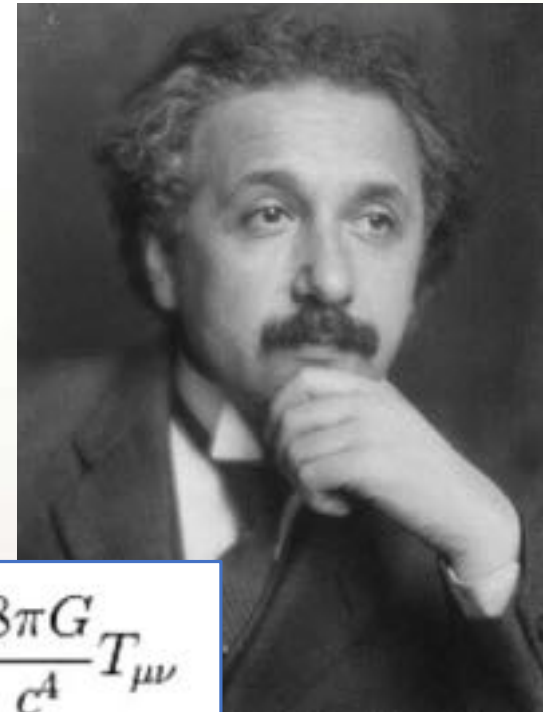




## ► O Universo de Einstein

Einstein acreditava em um universo estático, isotrópico, homogêneo e eterno

- As suas equações descreviam um universo instável, que se expandia ou entrava em colapso
- O “erro” de Einstein: ele introduziu a constante cosmológica  $\Lambda$  para que as suas equações descrevessem um universo estático



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu}\Lambda = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$



## ► Georges Lemaître

1927: Teoria da Expansão do Universo

- **Georges-Henri Édouard Lemaître (1894 - 1966):** padre católico, astrônomo e físico belga
- Lemaître mostrou que as soluções das equações de Einstein com a constante cosmológica eram instáveis e que o universo estático previsto por Einstein não poderia existir (**deveria expandir-se ou contrair-se**)
- Lemaître fez uma previsão explícita de que o universo deveria se expandir.



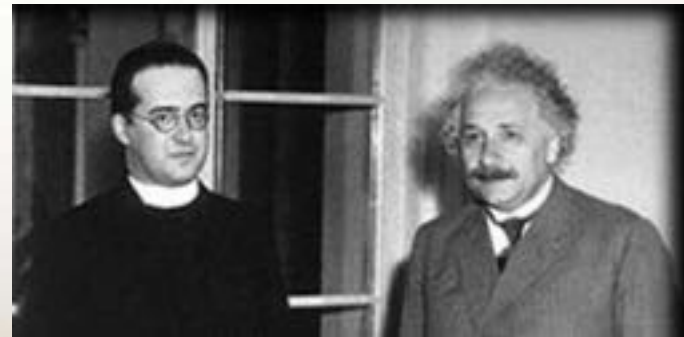


# ► Georges Lemaître

## 1927: Teoria da Expansão do Universo

---

- A partir da teoria de Einstein, Lemaître propôs o que ficou conhecido como **Teoria do Big Bang**, que ele chamou de "**hipótese do átomo primordial**".
- Quando Lemaître falou a Einstein sobre a possível expansão do universo, Einstein disse-lhe: "**Sua matemática está correta, mas a sua física é abominável.**"





# Georges Lemaître

## 1927: Teoria da Expansão do Universo

- Em outra ocasião, quando Lemaître falou a Einstein sobre a ideia do “Átomo Primordial”, este cortou o assunto rapidamente: **“Não, não, isso não! Isso sugere muito a Criação!”**



# ▶ Georges Lemaître

## 1927: Teoria da Expansão do Universo

---



- Ninguém deu atenção às ideias de Lemaître até a descoberta de Hubble
- A Teoria do *Big Bang* foi desenvolvida posteriormente por George Gamow e Einstein veio a aceitá-la em 1931.
- Ele também derivou a relação *redshift*-distância, que ficou conhecida como **Lei de Hubble**

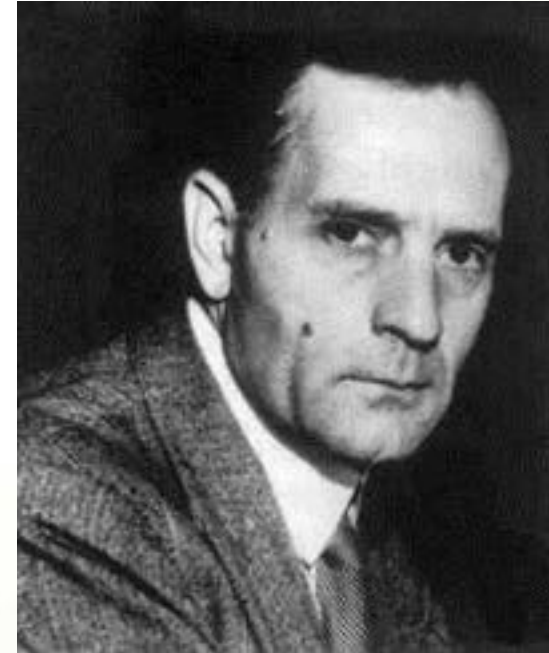




## Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

- **Edwin Hubble (1889 - 1953)** foi um astrônomo americano
- Descobriu que **as nebulosas eram galáxias** fora da Via Láctea (1924) e que estas **afastam-se umas das outras** (1929)
- Este **deslocamento das galáxias** serviria como base, em 1946, para **George Gamow** estabelecer a **Teoria do Big Bang**

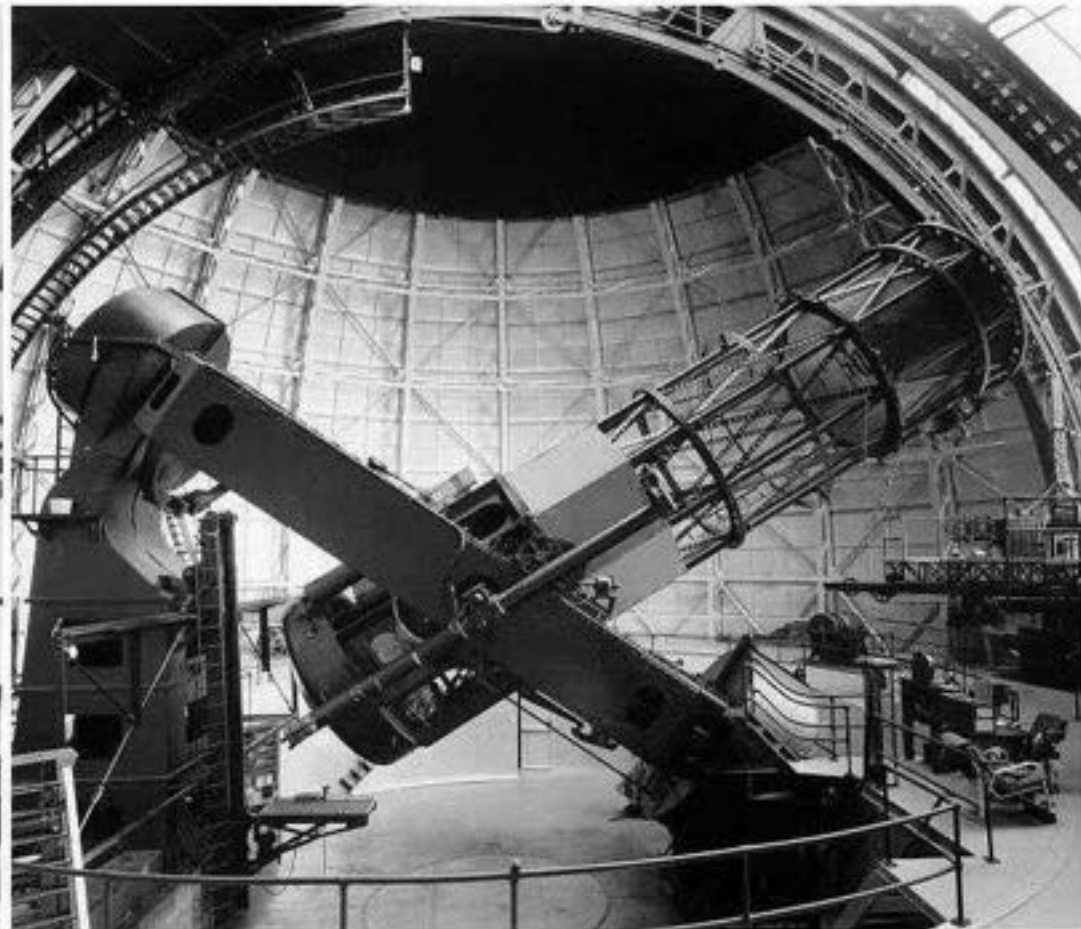




# Edwin Hubble

## 1929: Descoberta da Expansão do Universo

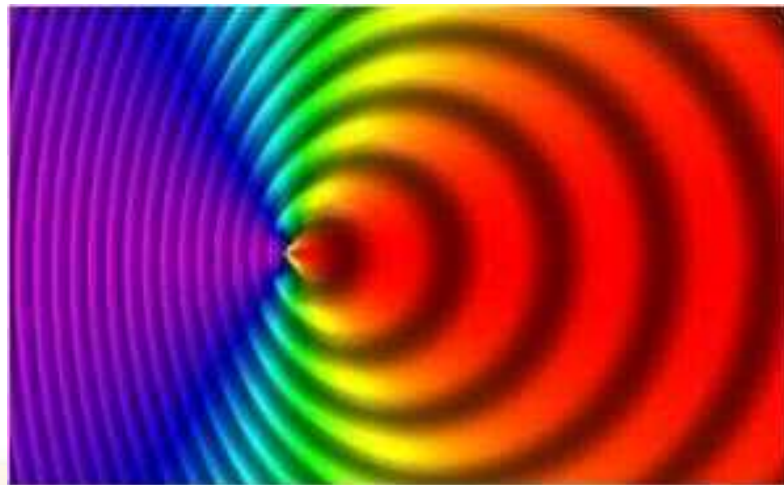
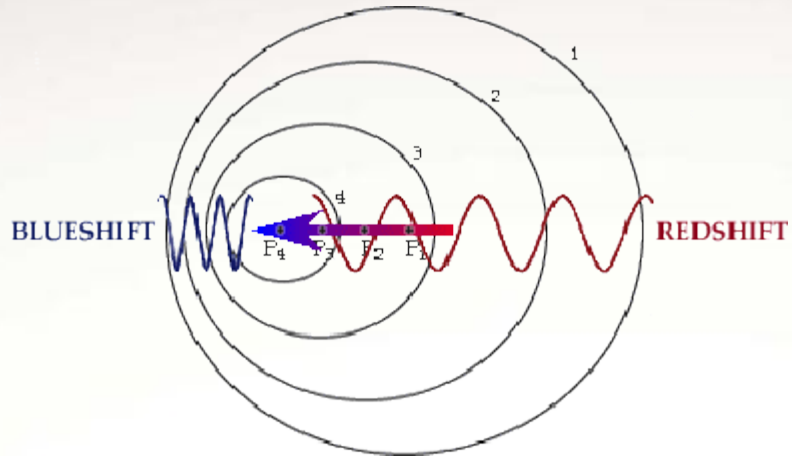
**Observações realizadas por Edwin Hubble indicaram um universo em expansão**



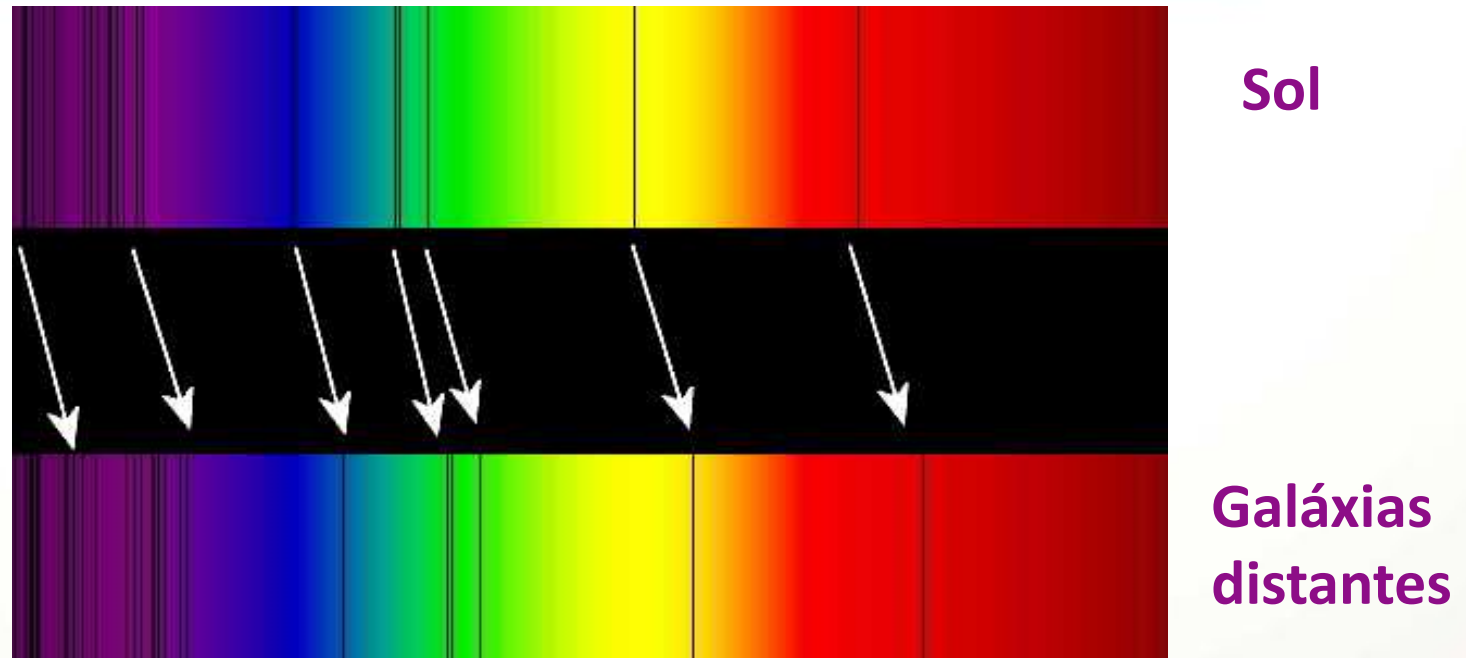
Edwin Hubble (1889-1953) and Hooker Telescope (2,5m), Mt. Wilson Observatory  
Sources: Wikipedia, <http://www.astro.caltech.edu/>



# ► Expansão do universo: o desvio para o vermelho



## ► Expansão do universo: o desvio para o vermelho



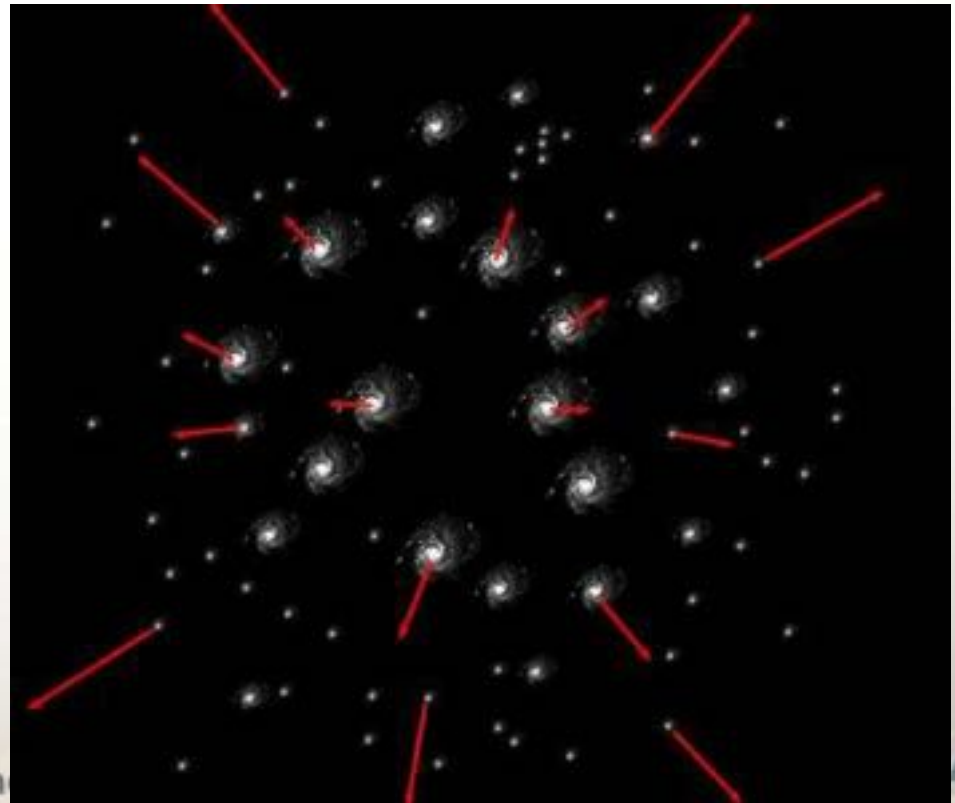
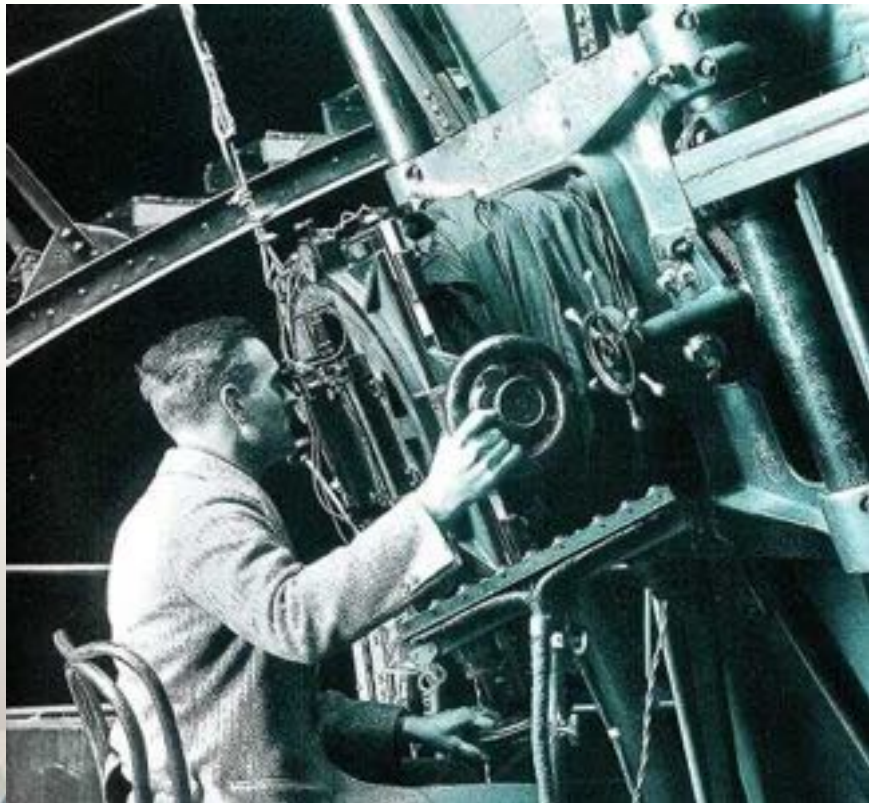
Linhas de absorção no **espectro óptico de um superaglomerado de galáxias distantes** (abaixo), em comparação com as linhas de absorção no **espectro óptico do Sol** (acima). As setas indicam *redshift*. Comprimento de onda aumenta para o vermelho (diminui a frequência).



## Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

- **Hubble:** analisando o desvio para o vermelho, desenvolveu a teoria da expansão do universo

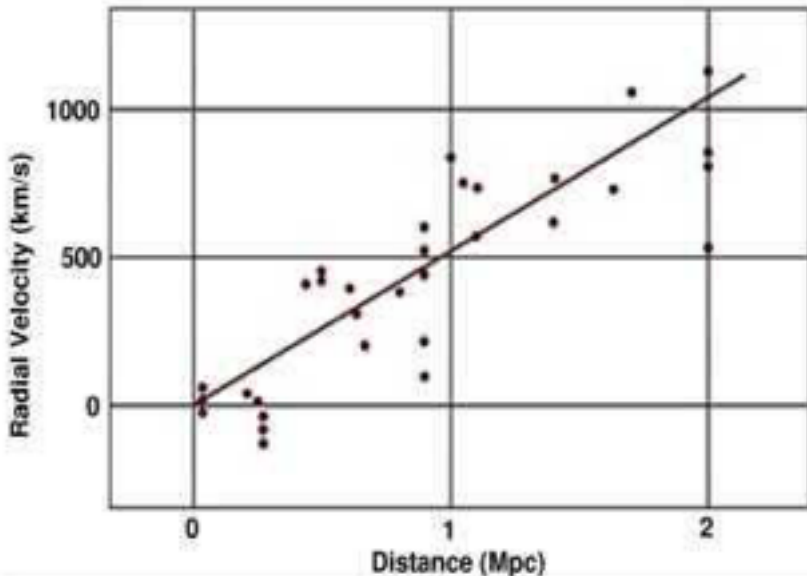




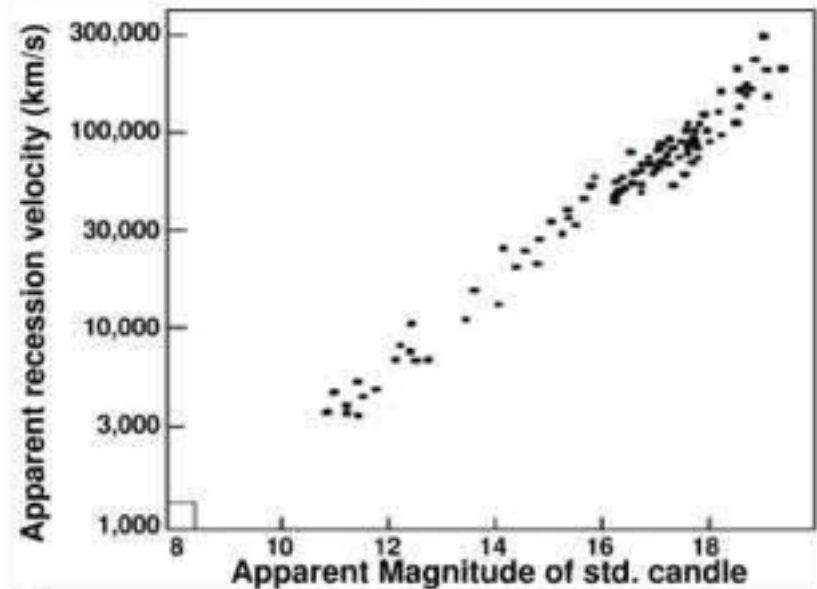
# Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

- Hubble determinou que a velocidade de uma galáxia em relação a outra é proporcional à distância entre elas (**Lei de Hubble**).



Hubbles' Original Data



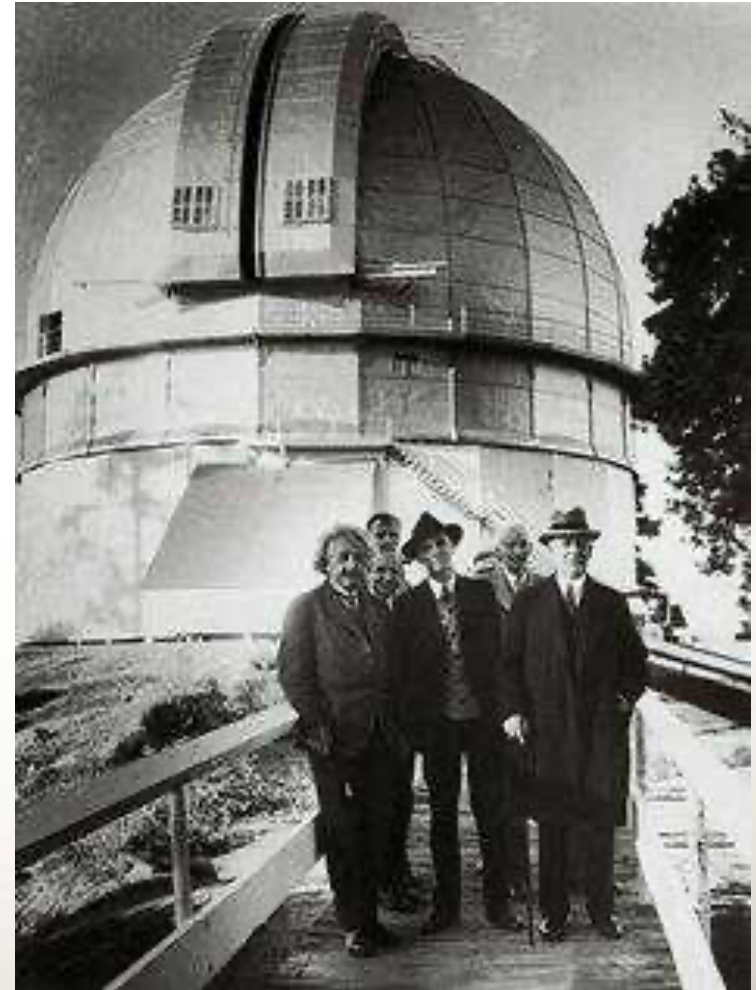
Modern Data

# Einstein e a Expansão do Universo

(visita ao Observatório de Monte Wilson, 1931)



**Em 1931, Einstein se  
"converteu" ao Big Bang**





# George Gamow

1948: A teoria do Big Bang

- George Gamow concebeu um importante trabalho com Ralph Alpher que foi publicado como a **Teoria Alpher-Bethe-Gamow**, em 1948.
- Este trabalho mostrou como os níveis de hidrogênio e hélio no universo **podiam ser explicados por reações que ocorreram no Big Bang**



Alpher

Bethe

Gamow



## ▶ **Ralph Alpher e Robert Herman** 1948: A radiação cósmica de fundo

- A **radiação cósmica de fundo** foi prevista em 1948 por Alpher e Herman. Eles estimaram que a temperatura da radiação cósmica de fundo seria de 5 Kelvin
- A **radiação cósmica de fundo**, gerada pelo Big Bang, é uma radiação térmica que **preenche o universo observável quase uniformemente**





## Fred Hoyle

### ▶ 1948: O Universo em Estado Estacionário

- **Frederick Hoyle (1915 - 2001)** foi um astrônomo e matemático inglês
- Tornou-se famoso principalmente por sua contribuição para a **teoria da nucleossíntese estelar**
- Era conhecido pela postura controversa sobre questões cosmológicas e científicas, em especial sua **rejeição pela teoria do "Big Bang"** teoria, termo criado originalmente por ele na rádio BBC





## Fred Hoyle

### ▶ 1948: O Universo em Estado Estacionário

- Fred Hoyle (com Thomas Gold e Hermann Bondi) propôs a **Teoria do Universo Estacionário**
- A teoria tentou explicar como o universo poderia ser eterno e essencialmente imutável ainda que as galáxias se afastassem umas das outras
- Essa teoria era a única alternativa séria ao Big Bang



Thomas Gold, Hermann Bondi e Fred Hoyle (1960)

# Arno Penzias e Robert Wilson

1965: Radiação cósmica de fundo



- **1965: Descoberta a radiação cósmica de fundo**
- **Arno Penzias e Robert Wilson** recebem o Prêmio Nobel de Física de 1978, pela descoberta da radiação cósmica de fundo
- Essa descoberta forneceu uma das principais evidências para o **Modelo Cosmológico Padrão** (o Modelo do *Big Bang*)



# ▶ Créditos



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**

