

Matéria Escura No Ensino Médio

Farinaldo Queiroz

2024





**O que é
Astropartículas?**



Nunca ouvi falar!

expansão do universo

matéria escura

WELCOME

detectores nucleares

estrelas de nêutrons

colisores de partículas

formação galáxias

buracos negros

raios cósmicos



inteligência artificial

novos materiais

Astropartículas

É INTERDISCIPLINAR

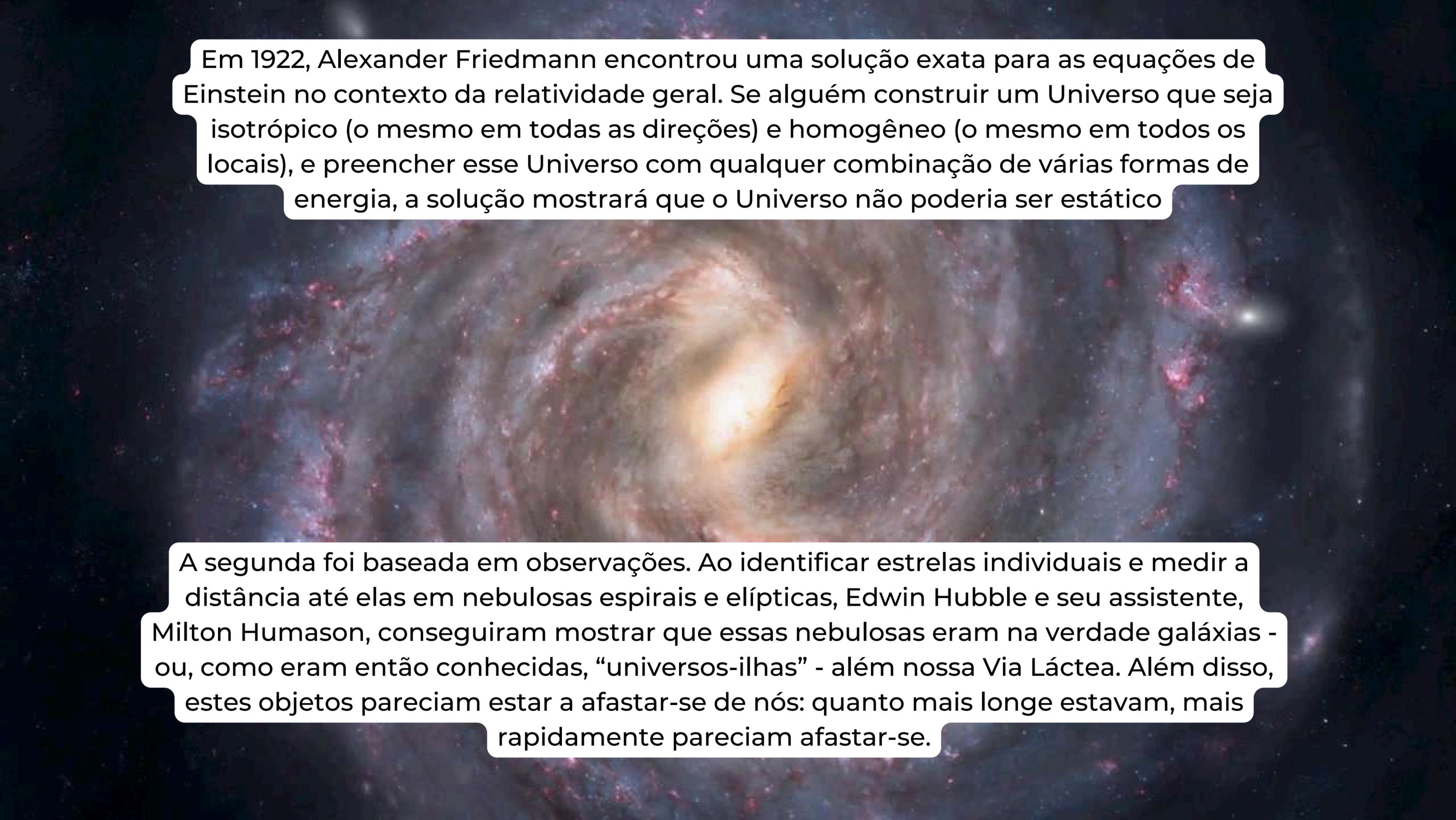
A Teoria da Relatividade Restrita ou Teoria Especial da Relatividade, publicada pela primeira vez por Albert Einstein em 1905, descreve a física do movimento na ausência de campos gravitacionais

1905

Relatividade geral, também conhecida como teoria da relatividade geral, é uma teoria geométrica da gravitação publicada por Albert Einstein em 1915

1915

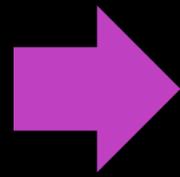




Em 1922, Alexander Friedmann encontrou uma solução exata para as equações de Einstein no contexto da relatividade geral. Se alguém construir um Universo que seja isotrópico (o mesmo em todas as direções) e homogêneo (o mesmo em todos os locais), e preencher esse Universo com qualquer combinação de várias formas de energia, a solução mostrará que o Universo não poderia ser estático

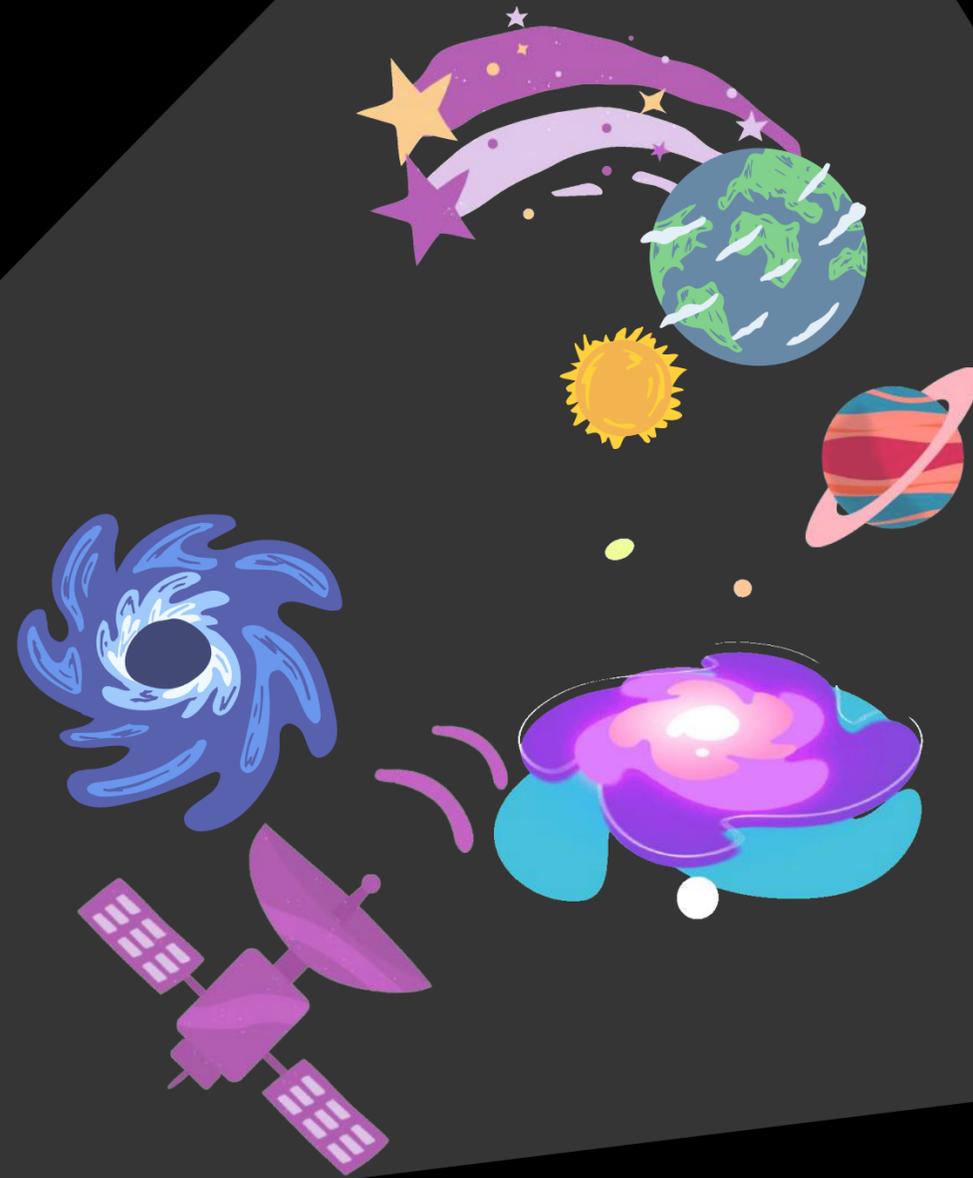
A segunda foi baseada em observações. Ao identificar estrelas individuais e medir a distância até elas em nebulosas espirais e elípticas, Edwin Hubble e seu assistente, Milton Humason, conseguiram mostrar que essas nebulosas eram na verdade galáxias - ou, como eram então conhecidas, “universos-ilhas” - além nossa Via Láctea. Além disso, estes objetos pareciam estar a afastar-se de nós: quanto mais longe estavam, mais rapidamente pareciam afastar-se.

Ensino Médio



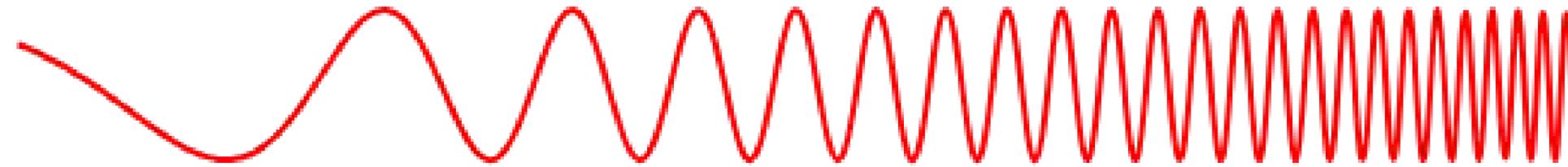
Pesquisa

Ingredientes do
Universo

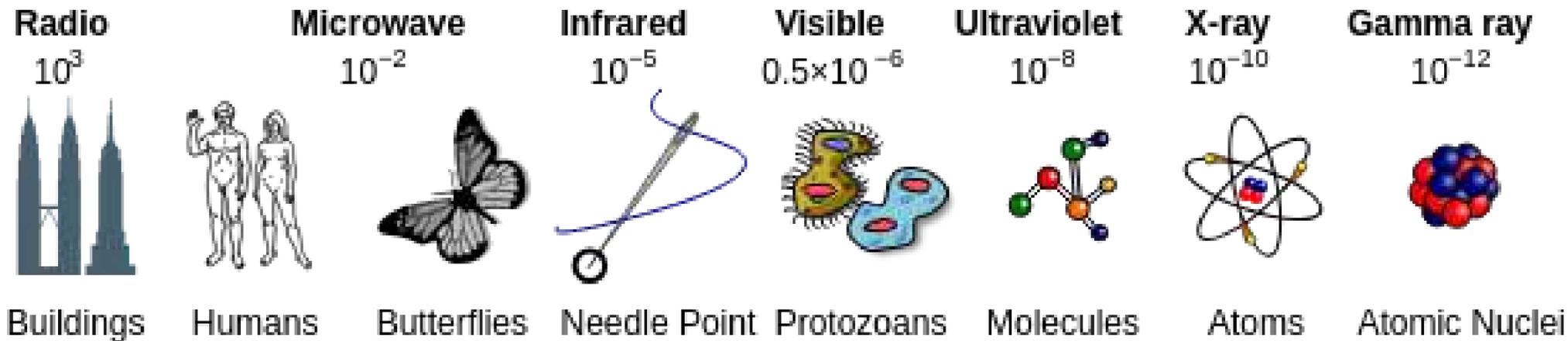


Entendendo o básico: Espectro Eletromagnético

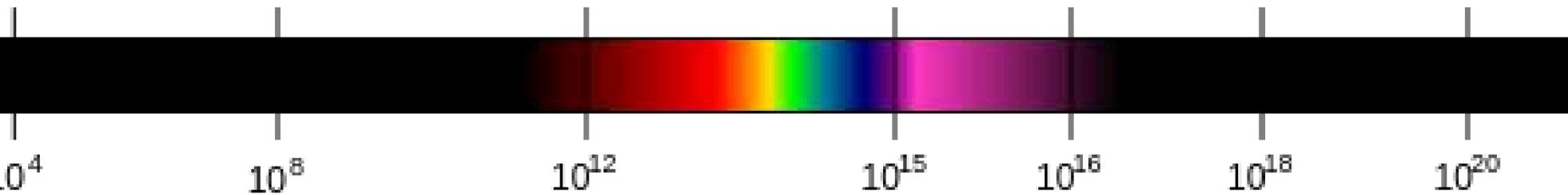
Penetrates Earth's Atmosphere?



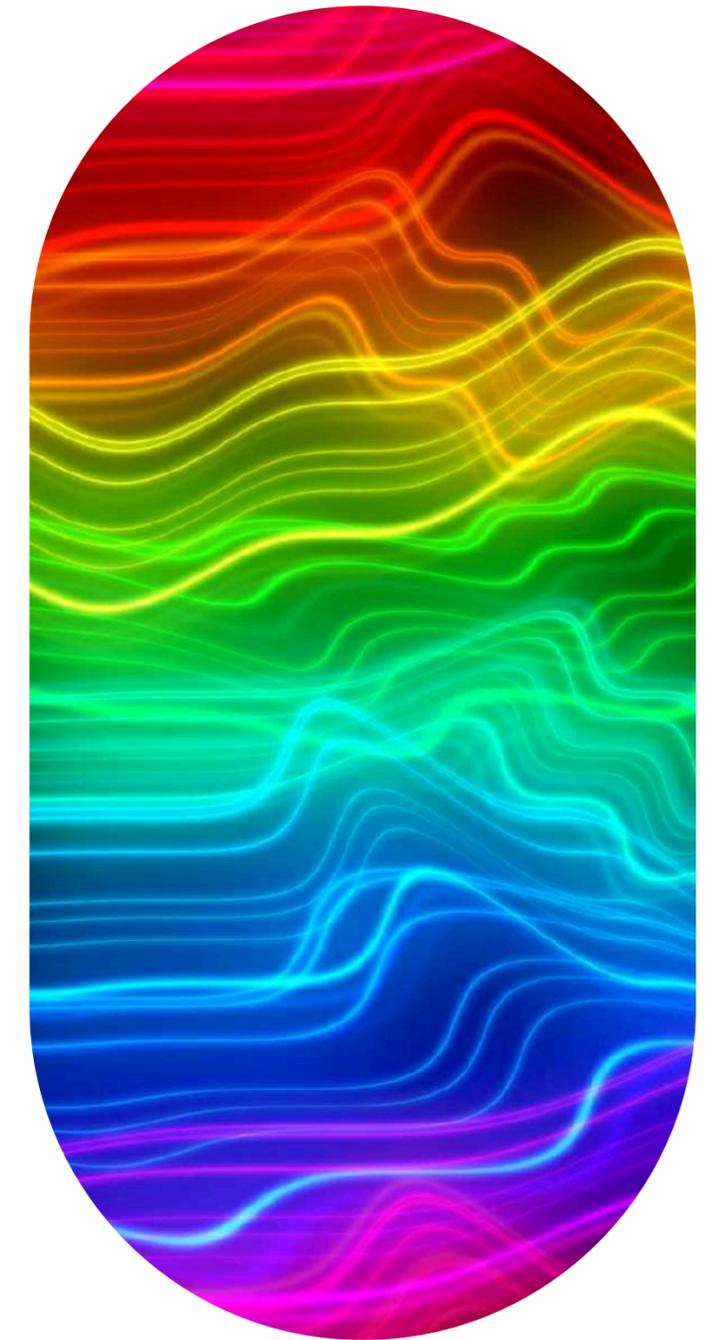
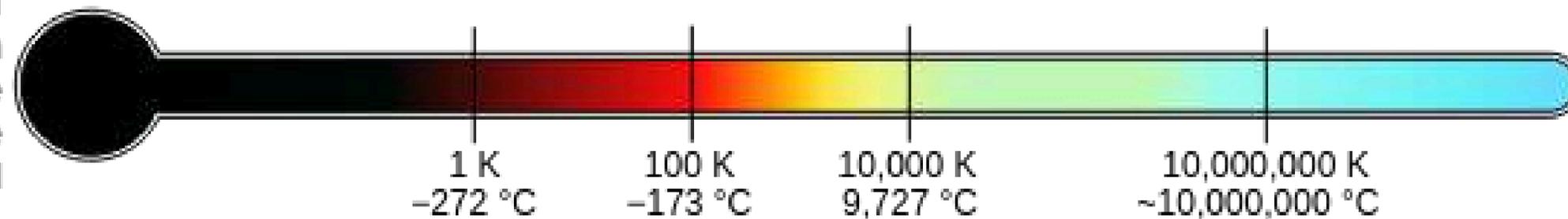
Radiation Type
Wavelength (m)



Approximate Scale of Wavelength



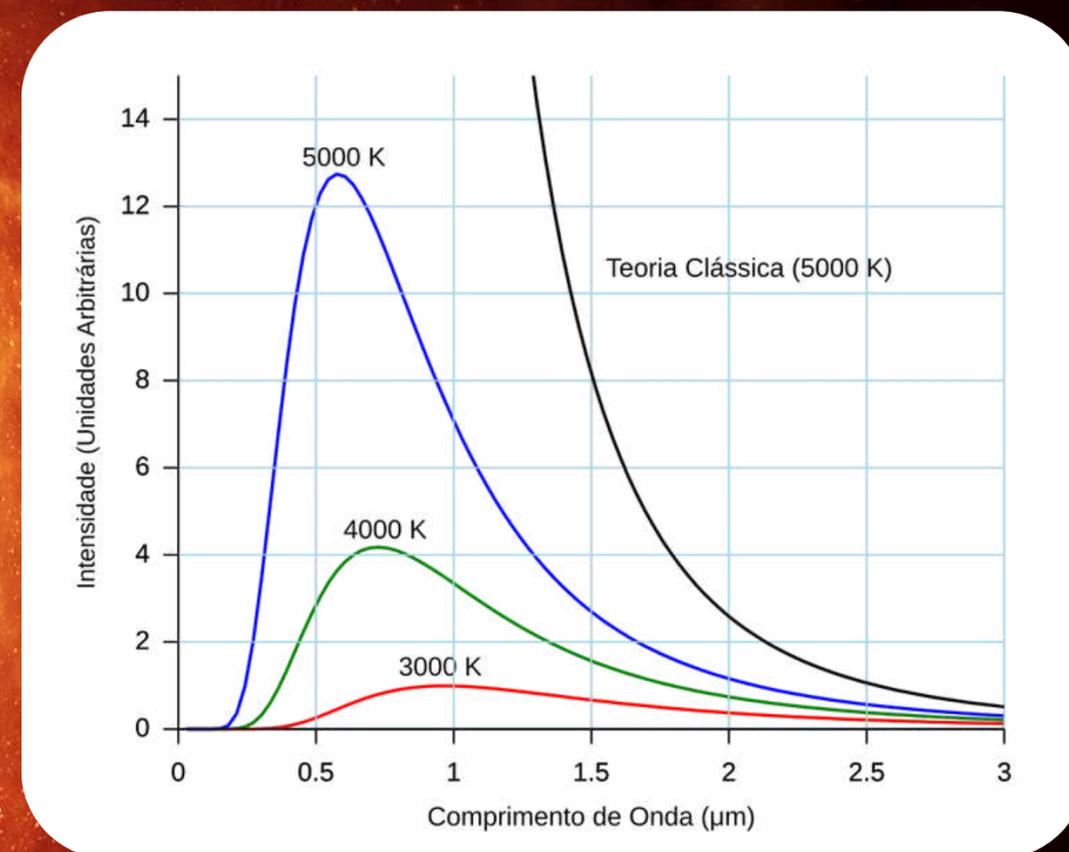
Temperature of objects at which this radiation is the most intense wavelength emitted



Entendendo o básico: Corpo Negro

Na Física, um corpo negro é um objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida. Apesar disso, corpos negros emitem radiação, o que permite determinar sua temperatura.

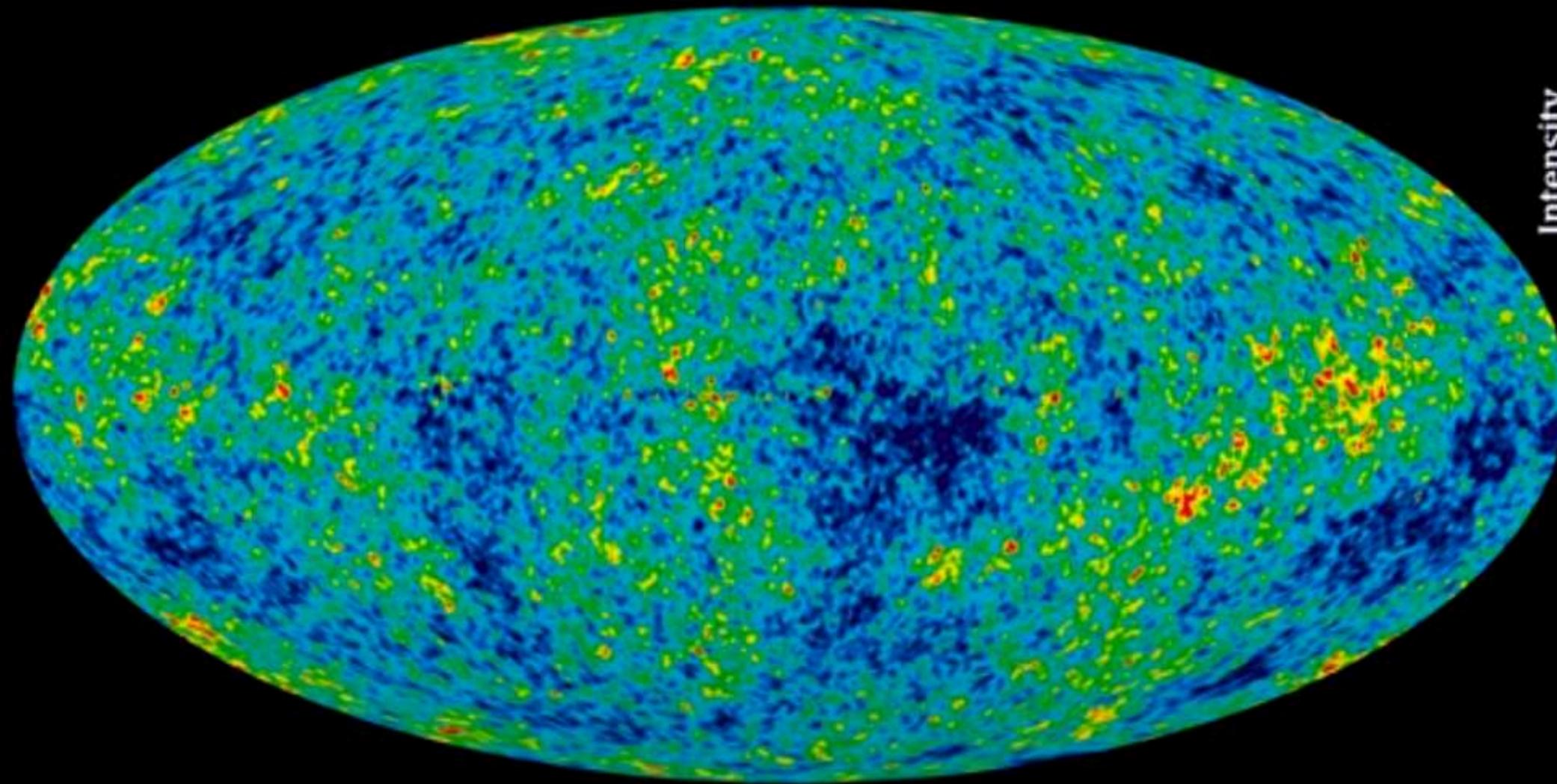
Espectro de Corpo Negro



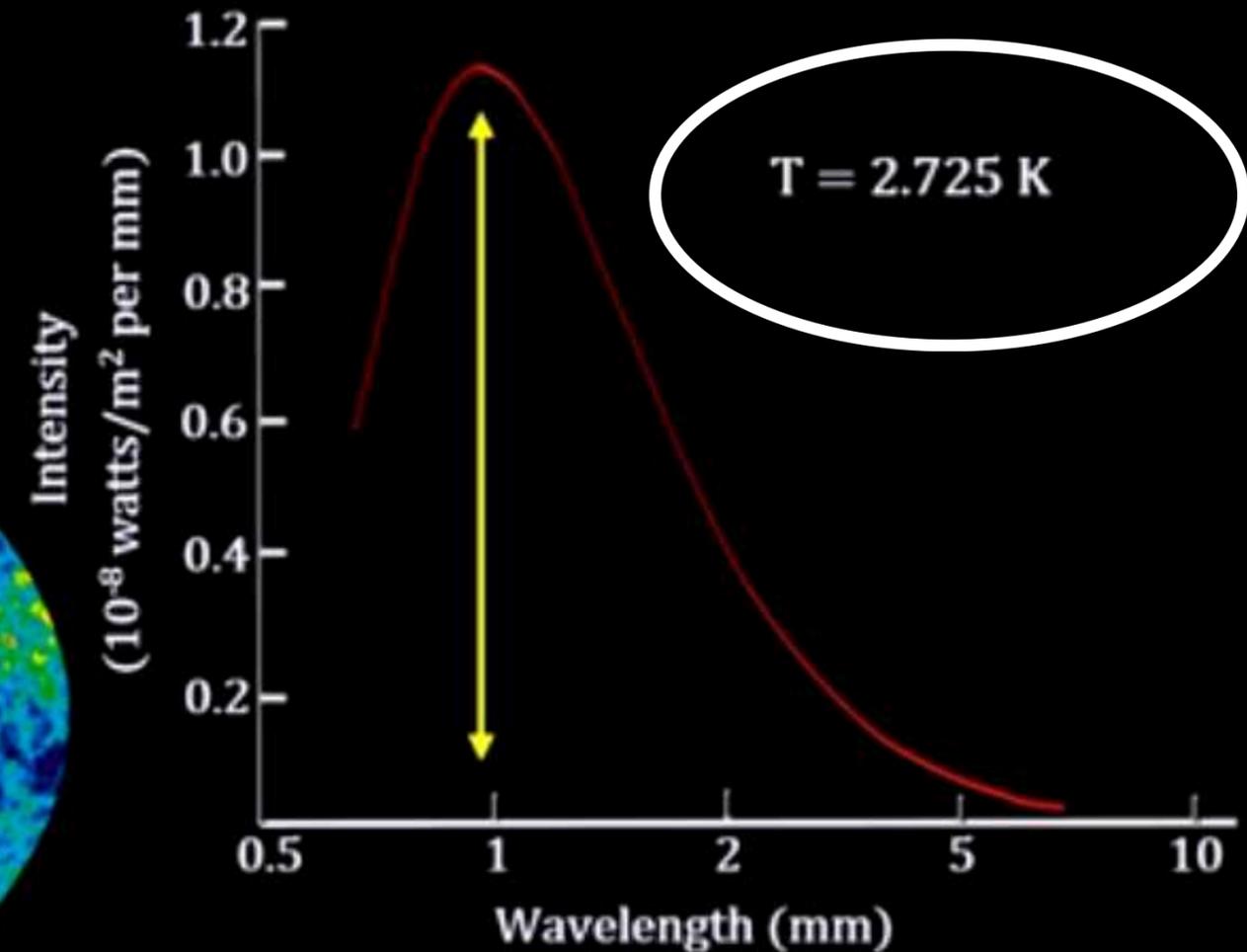
Independente da sua composição, verifica-se que todos os corpos negros à mesma temperatura T emitem radiação térmica com mesmo espectro. Do mesmo modo, todos os corpos, com temperatura acima do zero absoluto, emitem radiação térmica.

Entendendo o básico: Corpo Negro

Espectro de corpo negro



CMB Spectrum



Wien's Formula

$$T = b / \lambda_{\text{max}} = b / 1.0634 \text{ mm} = 2.725 \text{ K}$$

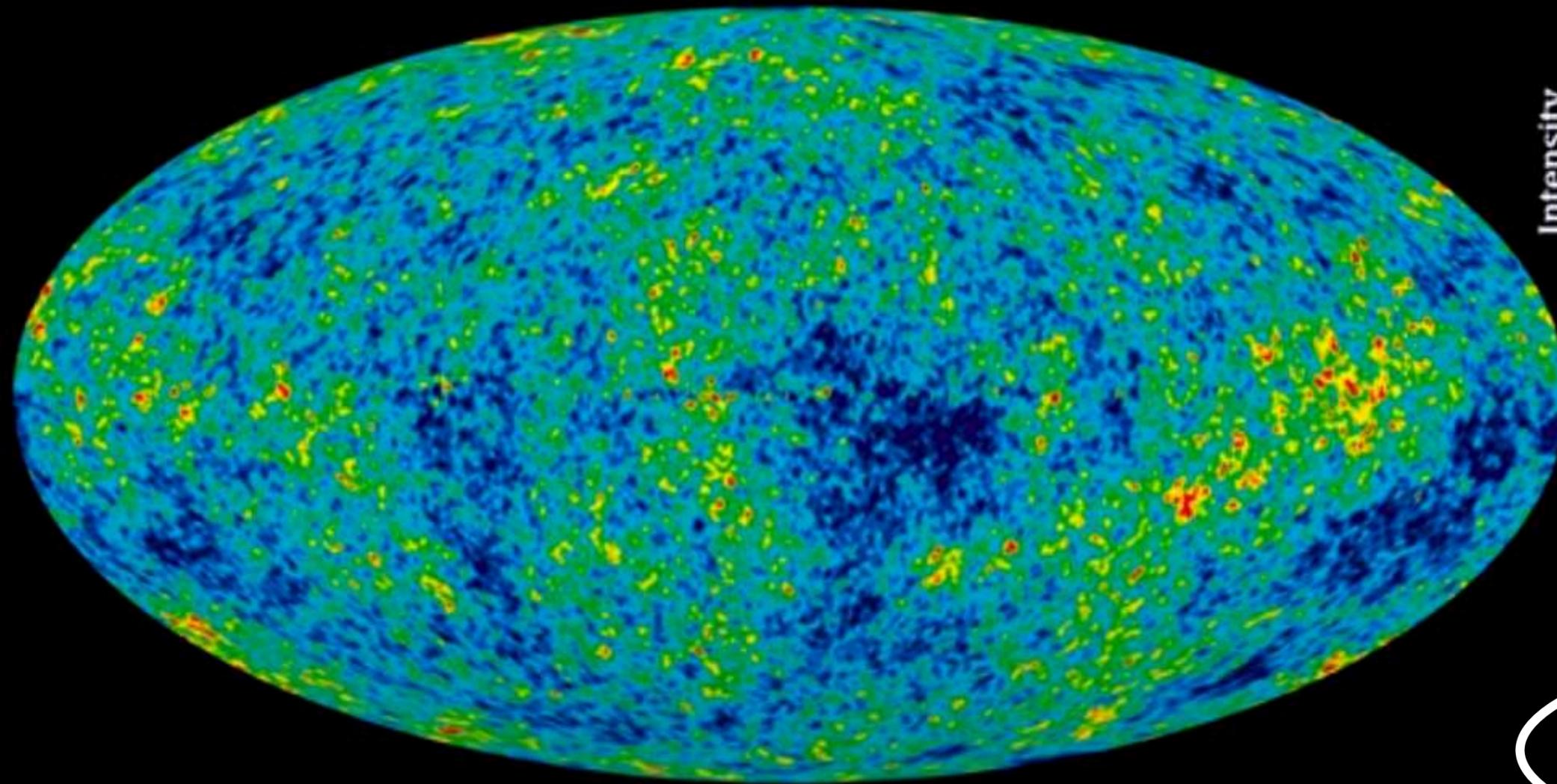
Where

b = Wien's Constant

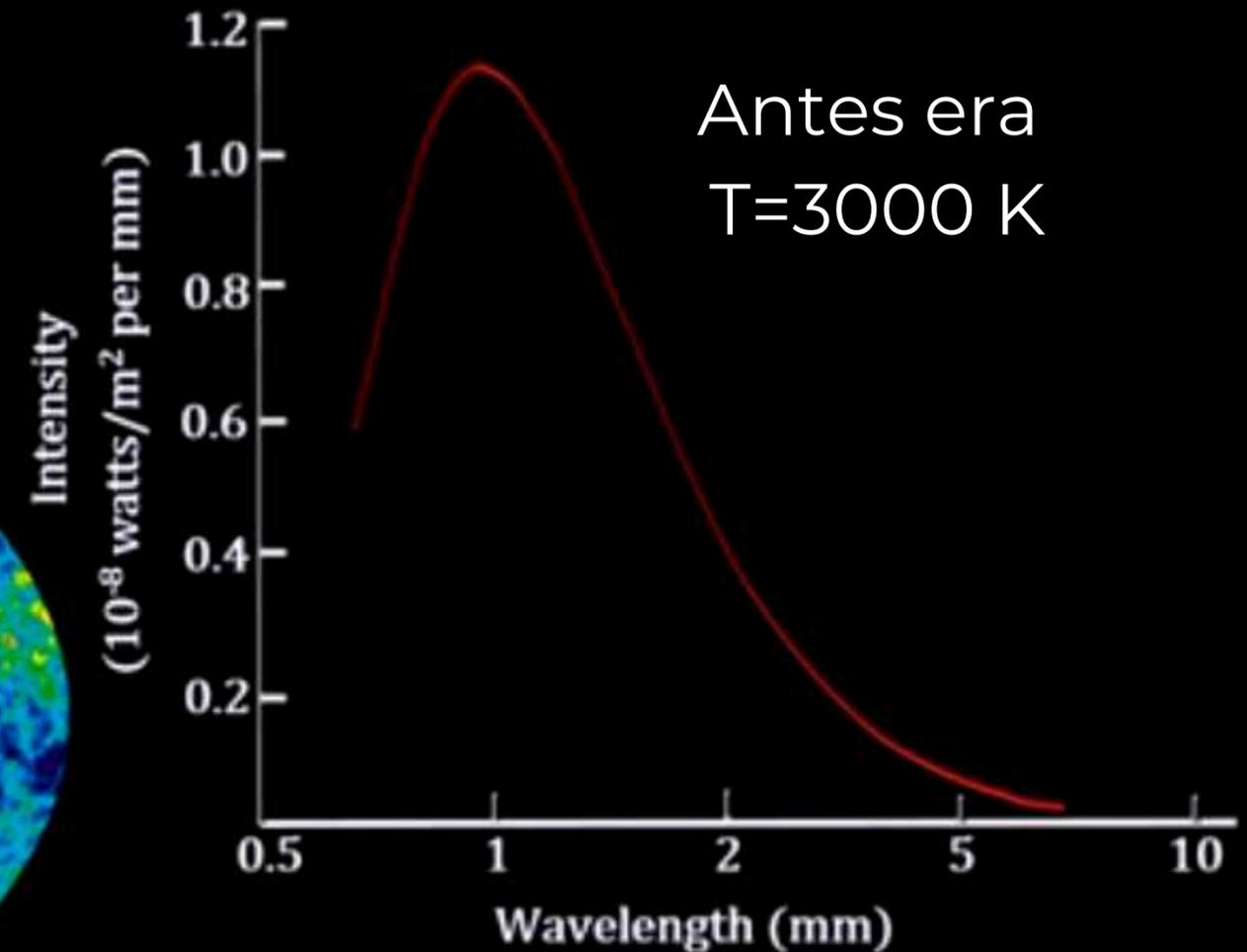
$$= 2.8977685 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

Entendendo o básico: Corpo Negro

Espectro de corpo negro



CMB Spectrum



$$\lambda_{\text{today}} / \lambda_{\text{decoupling}} = a_{\text{today}} / a_{\text{decoupling}} = T_{\text{decoupling}} / T_{\text{today}} \\ = 3000 \text{ K} / 2.725 \text{ K} = 1100$$

Entenda o que isso signifca

A história do LCDM

**Tudo começa com
um pombo**



Nos anos 1960, a Bell Telephone Laboratories, em Holmdel, Nova Jersey, estava interessada em desenvolver tecnologias de comunicação via satélite. Para isso, eles construíram uma antena de micro-ondas altamente sensível, conhecida como o "Holmdel Horn Antenna". Arno Penzias e Robert Wilson estavam utilizando essa antena para observar hidrogênio neutro.





Havia uma parte do sinal, no entanto, que eles não conseguiam eliminar. Investigaram se o ruído estava associado a cabos danificados, dejetos de pombos, etc..



Estava lá dia e noite, durante todo o ano, e aparecia onde quer que apontassem sua antena. Eles estavam completamente perplexos sobre o que era, até que Penzias encontrou Bernard Burke, um radioastrônomo que trabalhava no Departamento de Magnetismo Terrestre em Washington DC, em um avião, que o incentivou a ligar para Bob Dicke na Universidade de Princeton

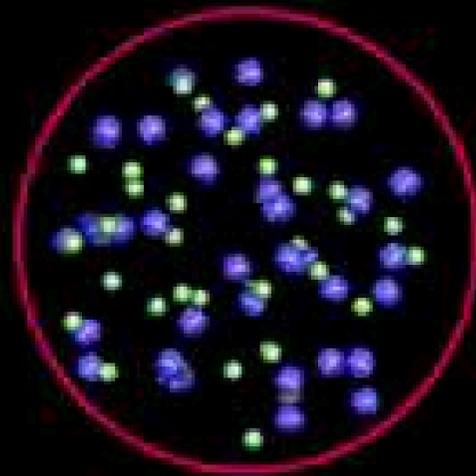
Dicke e sua equipe na verdade estavam procurando pelo CMB, pois seus modelos teóricos sugeriam que um universo jovem, quente e denso produziria tal radiação. Eles estavam a meses de fazer suas próprias medições, mas Penzias e Wilson chegaram primeiro. Dicke desligou o telefone com Penzias e disse aos seus colegas: “Rapazes, fomos ultrapassados”.





A descoberta deles foi publicada na edição de julho do *Astrophysical Journal* com um dos títulos mais discretos da história da física: “Uma medição do excesso de temperatura da antena em 4080 Mc/s”. Mas escondido por trás dessas palavras estava uma das descobertas mais importantes da história da ciência – a primeira evidência direta de que o universo havia começado com o Big Bang.

A primeira evidência direta do Big Ban.

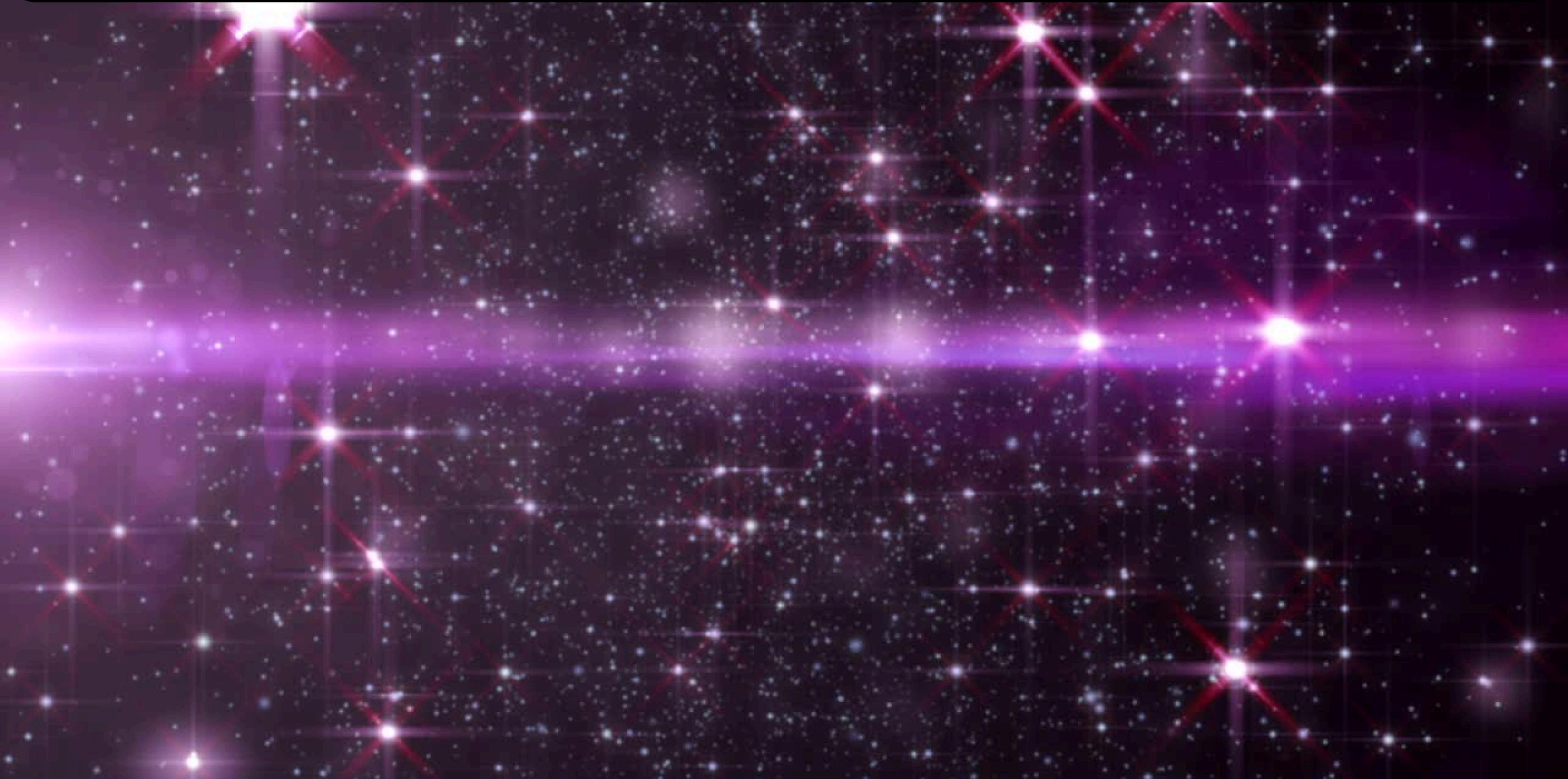


-  + charged proton
-  - charged electron

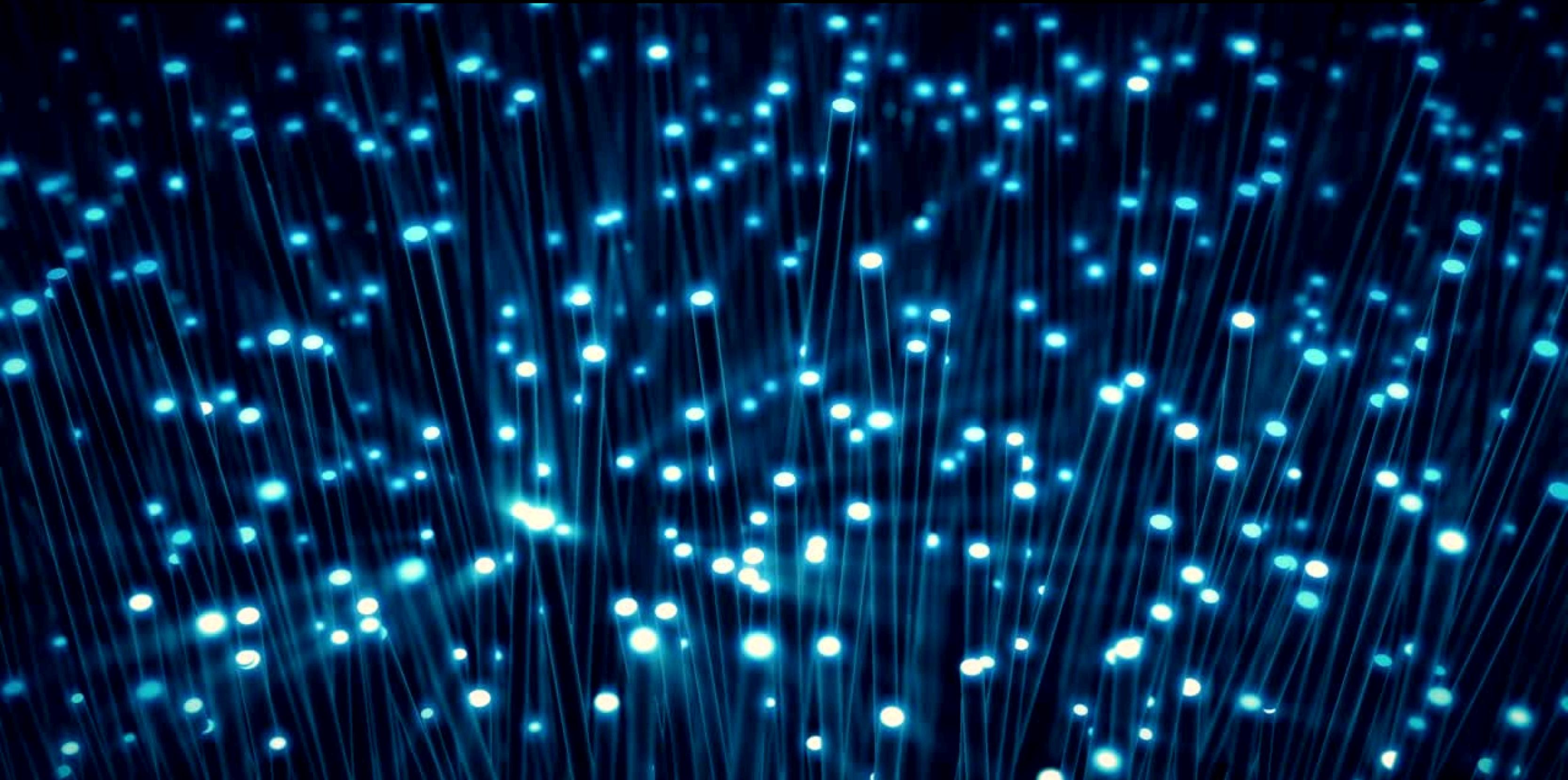
1. **Esfriamento**
2. **Recombinação**
3. **Desacoplamento**
4. **Formação de Estruturas**

Importante

Fótons (Luz) chega até nós de todo lugar do espaço



Fótons (Luz) chega até nós de forma isotrópica



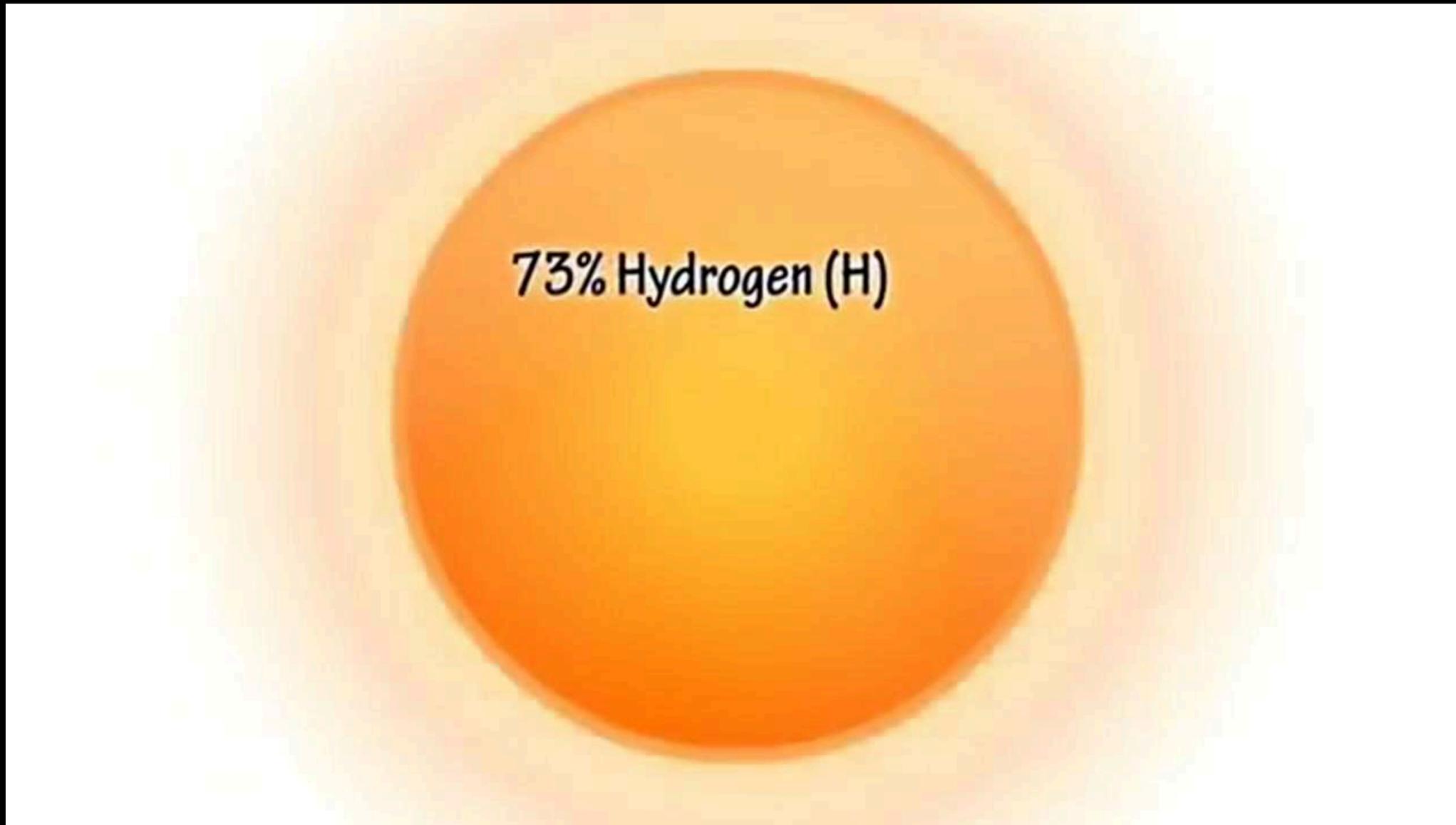
Entendendo o básico: Expansão

Efeito Doppler

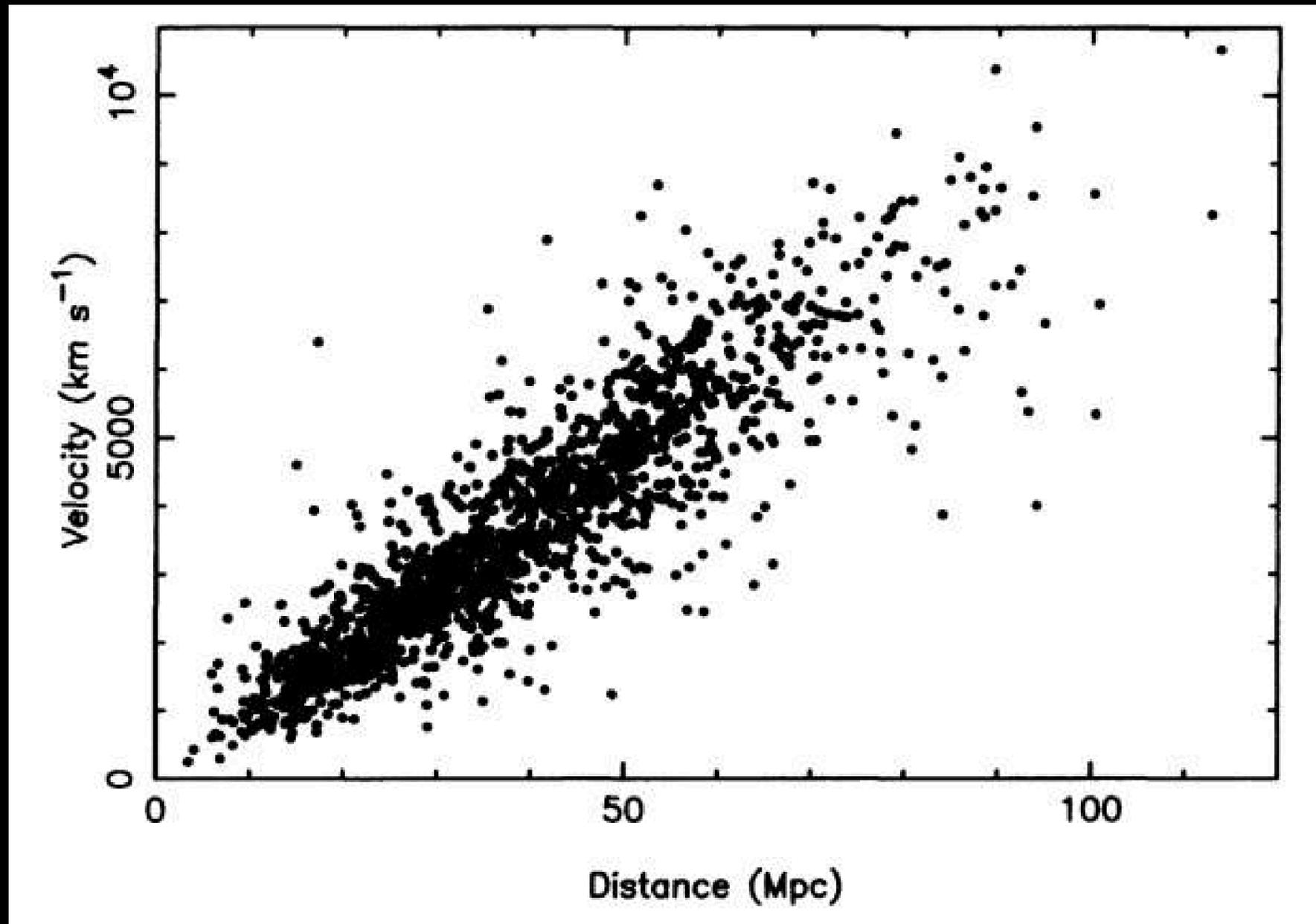


Entendendo o básico: Expansão

Efeito Doppler



Entendendo o básico: Expansão



**galáxias se afastam
umas das outras**



Entendendo o básico: Expansão



Força Gravitacional

$F = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$

Força Centrípeta

$F = \frac{mv^2}{R}$

$\Rightarrow \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{R}$

~~M~~

$M = a(t) \cdot x$

física \downarrow Comível

fator de escala.

Entendendo o básico: Expansão



Após alguns cálculos

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2}$$

Usando a 1ª lei da termodinâmica

$$dE + p dV = T ds$$

$$\Rightarrow \left\{ \dot{\rho} + 3\frac{\dot{a}}{a} \left(\rho + \frac{p}{c^2} \right) = 0 \right.$$

Entendendo o básico: Expansão

Após alguns cálculos

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2}$$

Usando a 1ª lei da termodinâmica

$$dE + p dV = T ds$$

$$\Rightarrow \rho + 3\frac{\dot{a}}{a}\left(\rho + \frac{p}{c^2}\right) = 0$$

Radiação e matéria evoluem de forma diferente no universo



Matéria

$$\rho_m = \frac{1}{a^3}$$

Radiação

$$\rho_{rad} = \frac{1}{a^4}$$

