

A idade do Universo

Profa. Thaisa Storchi Bergmann

Departamento de Astronomia

Instituto de Física

UFRGS

Sumário

O espaço também é tempo; a velocidade da luz é finita

Vídeo anexo (Viagem a Virgo)

Distâncias típicas -> atrasos típicos com que observamos os diferentes astros no Universo

Idade das estrelas, planetas, aglomerados de estrelas e galáxias

A lei de Hubble, a expansão do Universo e o Big Bang

A idade do Universo

A “flecha do tempo”: acontecimentos marcantes na história do Universo

Formação das primeiras partículas

Formação dos átomos; desacoplamento matéria/radiação; a radiação de fundo

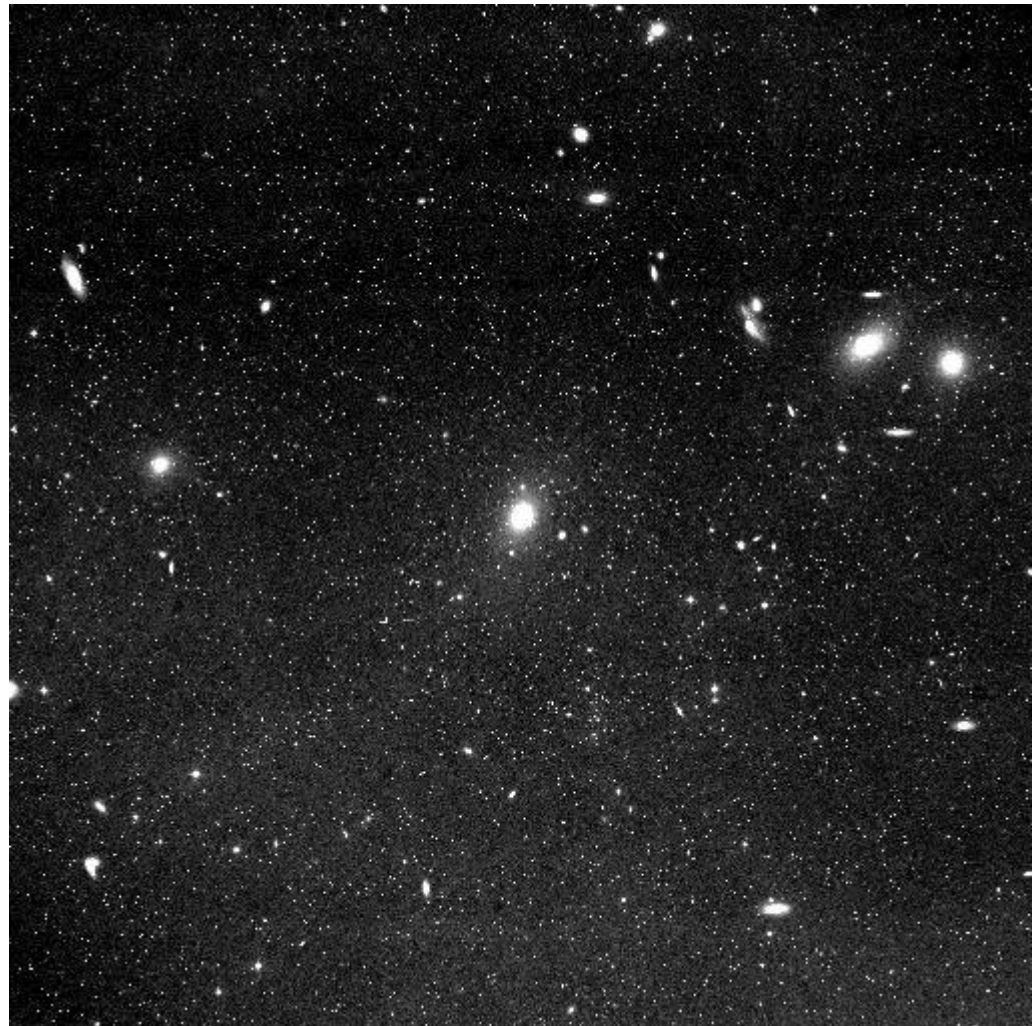
Formação das primeiras estrelas e galáxias; formação dos buracos negros supermassivos: a função de luminosidade dos quasares

Evolução das galáxias, estrelas e planetas

O futuro do Universo

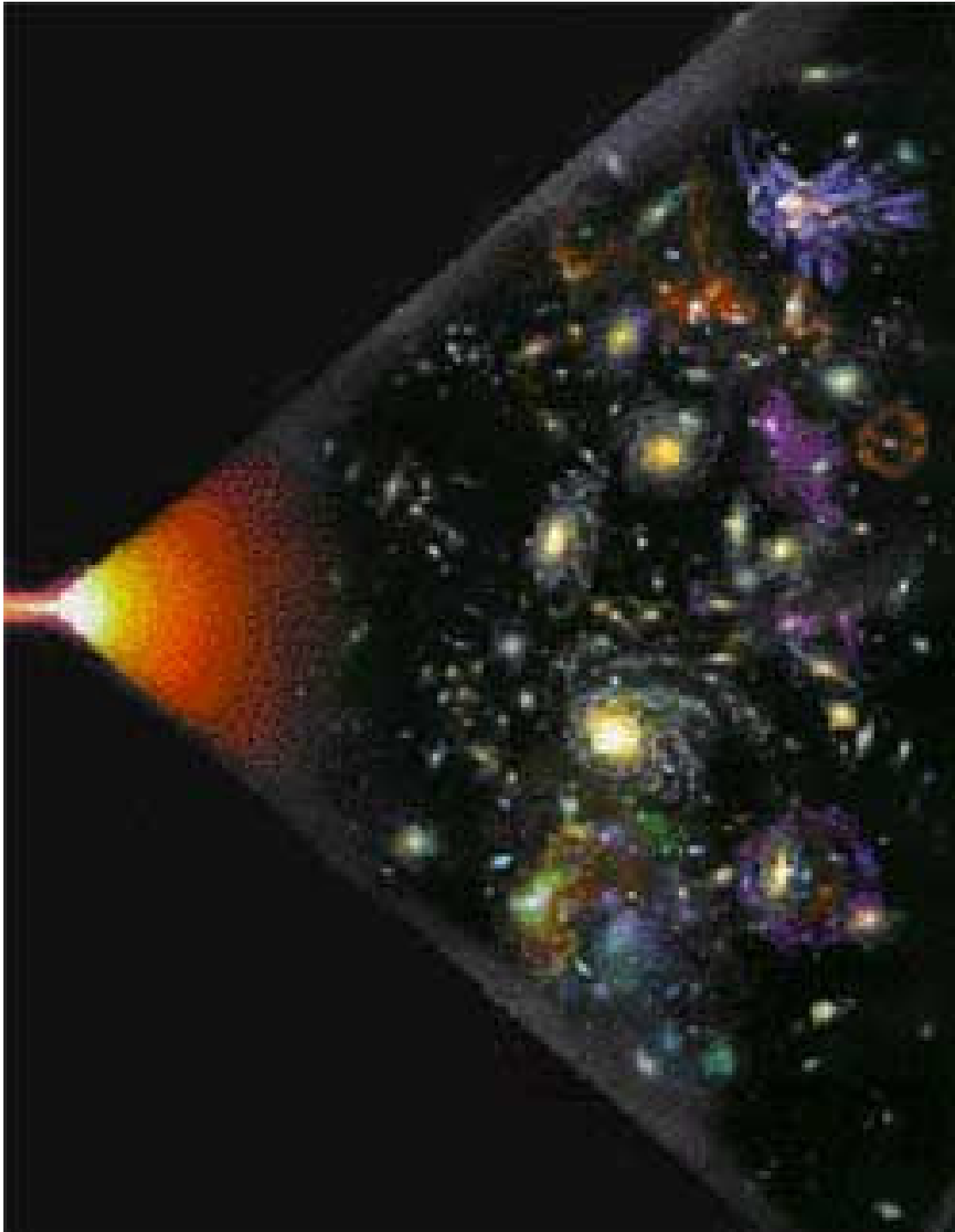
Viagem até o Aglomerado de Virgem

- No vídeo anexo, viajamos até o centro do Aglomerado de Virgem, a cerca de 60 milhões de anos-luz, centro da maior concentração de massa do Universo Local.
- Contém mais de 2000 galáxias e é o centro do superaglomerado local que contém o Grupo Local (~50 galáxias, incluindo Via Láctea e Andrômeda) que está sendo atraído por ele. No seu centro está a galáxia ativa M87, uma gigante elíptica.



A idade do Universo: o espaço também é tempo

- A velocidade da luz é finita, portanto ao observarmos um astro a uma distância D , na verdade a estamos observando seu passado, num tempo $t(\text{anos}) = D(\text{anos-luz})/c$
- Exemplos: observamos:
 - A) o Sol como era a 8 minutos atrás;
 - B) a estrela α Centauri como era 4 anos atrás;
 - C) a supernova observada em 1987 na Grande Nuvem de Magalhães, explodiu 170.000 anos antes;
 - D) Quasar a redshift $z=1$: observado quando Universo tinha metade da sua idade;
 - D) a radiação de fundo: o Universo quando tinha idade de 380.000 anos



A lei de Hubble e Idade do Universo

- **Lei de Hubble** → Universo em expansão, analogia bolo de passas → **$v=HD$** : maior distância ↔ maior velocidade; limite → **c = velocidade da luz**
- **Distância de Hubble:** limite observável
 $D=c/H=13,7 \times 10^9$ a.l.
- **Tempo de Hubble:** tempo para galáxia chegar à distância **D** , com velocidade **c** :
 t_H = idade do Universo
 t_H = Tempo de Hubble
 $t_H = D/c = 13,7 \times 10^9$ anos

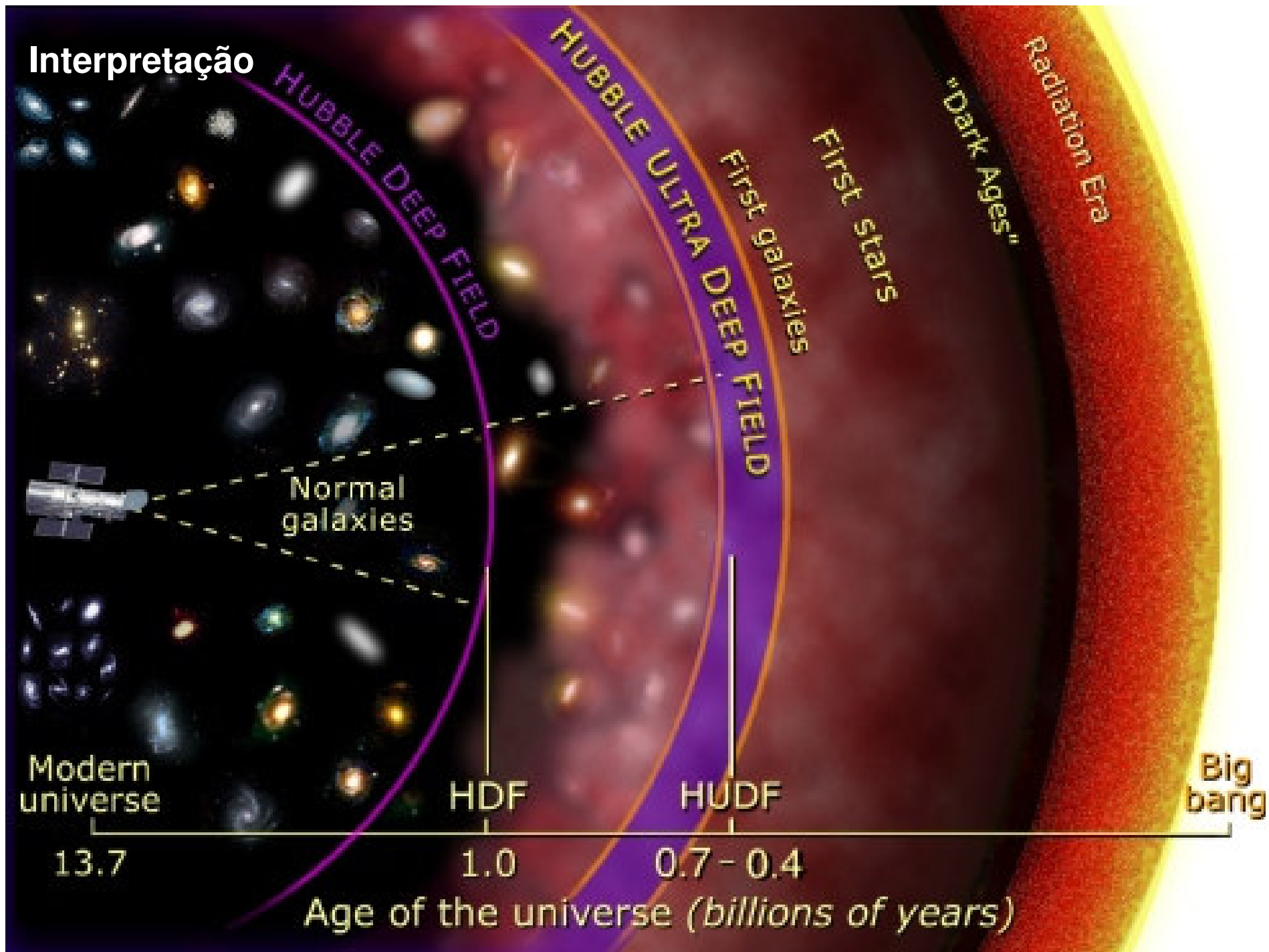


Hubble Ultra Deep Field

Imagem liberada pelo STScI em março de 2004, de uma região aparentemente vazia no aglomerado de galáxias Fornax, com diâmetro 1/10 do diâmetro da Lua, revelando as galáxias mais distantes do Universo já observadas, junto com outras galáxias mais próximas.

O tempo de exposição total foi de 11,3 dias, e as imagens parciais foram obtidas entre Setembro de 2003 e Janeiro de 2004.

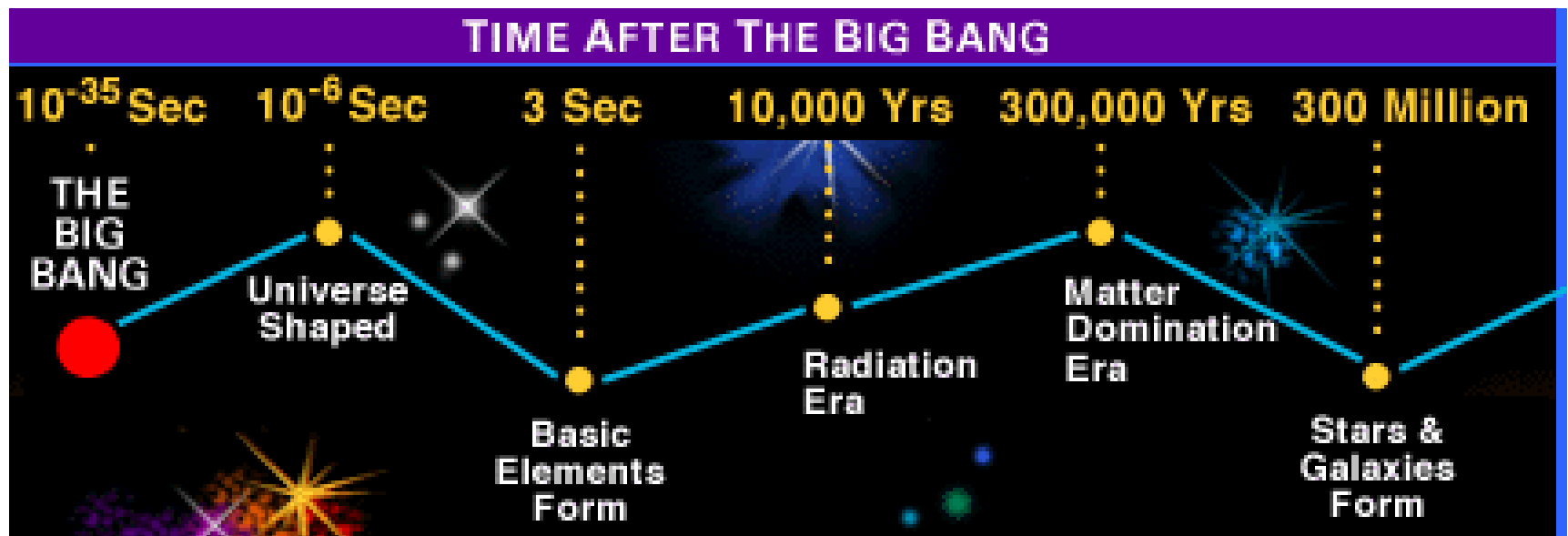
Interpretação



Cronologia resumida do Universo



- Big-Bang + Inflação + formação das partículas
- 380.000 anos: desacoplamento matéria e radiação, formação dos primeiros átomos
- 300.000.000 anos: formação das primeiras estrelas e galáxias
- 8,7 bilhões de anos: formação do Sistema Solar
- 13,7 bilhões de anos: época atual
- 18 bilhões de anos: Sol vai evoluir para gigante vermelha, nebulosa planetária e anã branca



$t=10^{-44}$ s, $T=10^{32}$ K: Tempo de Planck; para tempos menores, teorias físicas não se aplicam mais.

$t=10^{-39}$ s, $T=10^{29}$ K: Teorias da Grande Unificação (GUT) prevêm: excesso de matéria sobre a anti-matéria

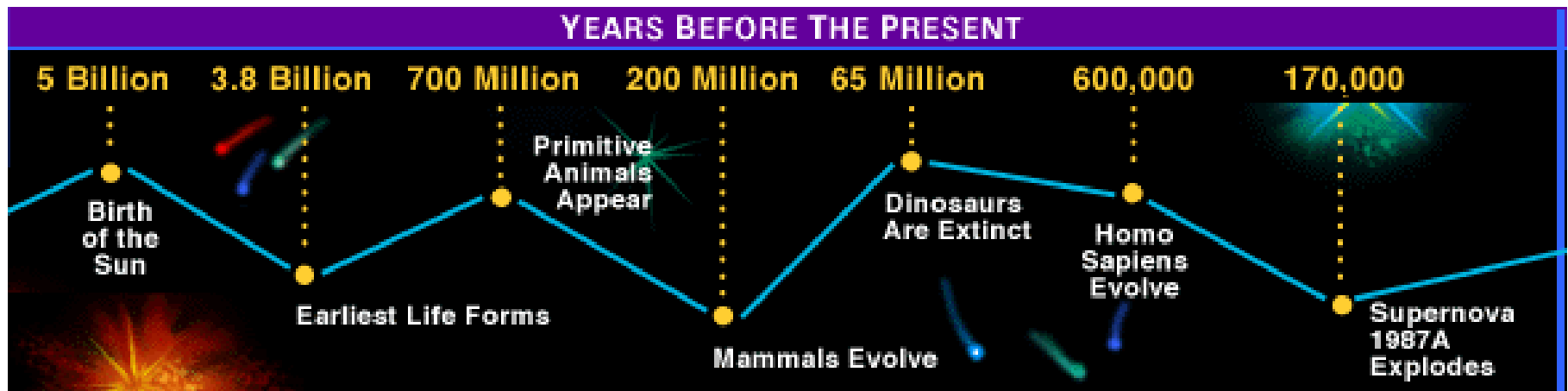
$t=10^{-32}$ s, $T=10^{27}$ K: Fim da era da inflação: expansão violenta do Universo

$t=10^{-7}$ s, $T=10^{14}$ K: Era hadrônica (partículas pesadas): formam-se quarks e anti-quarks, prótons e anti-prótons

$t=10^{-1}$ s, $T=10^{12}$ K: Era leptônica (partículas leves): elétrons e pósitrons

$t=3$ min, $T=10^{10}$ K: Era da nucleossíntese: prótons e elétrons formam nêutrons, depois reações nucleares formam deutério D e núcleos de He.

$t=380.000$ anos, $T=1000$ K: Era da recombinação: elétrons se combinam com núcleos formando átomos nêutros. Universo fica transparente e gera radiação de fundo, começa domínio da matéria sobre a radiação.

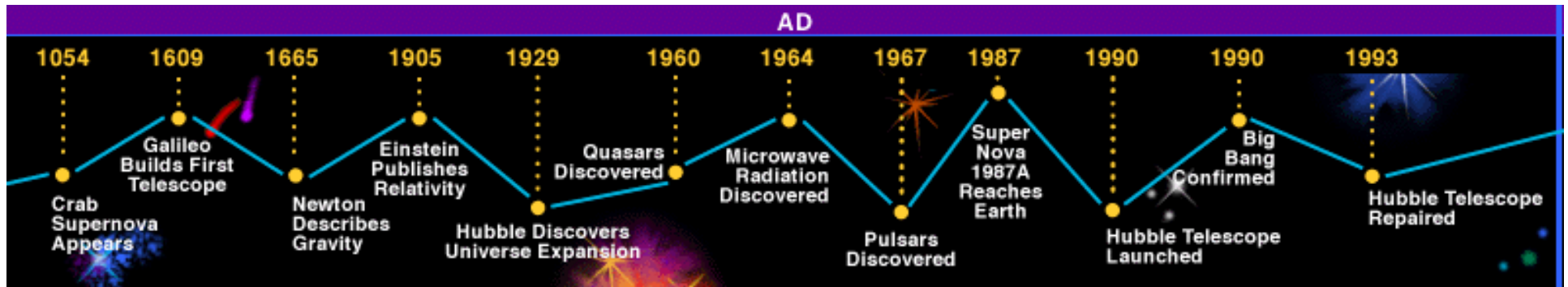


- Entre 380.000 e 300.000.000 de anos: “era das trevas”
- $t=3 \times 10^8$ anos: estrelas e galáxias se formam: era da re-ionização, seguida dos primeiros GRB's (gamma-ray bursts) e quasares.
- $t=8,7 \times 10^9$ anos: Sol surge como estrela.
- $t=10 \times 10^9$ anos: primeiras formas de vida na Terra.
- $t=13 \times 10^9$ anos: Animais primitivos se formam: algas, águas marinhas, conchas
- $t=13,5 \times 10^9$ anos: Primeiros mamíferos evoluem a partir de répteis
- $t=13,635 \times 10^9$ anos: Extinção dos dinossauros.
- $t=13,669 \times 10^9$ anos: Surge o Homo Sapiens
- Fração da idade do Universo em que existiu o Homo Sapiens:

$$\frac{600.000}{13.700.000.000} = 4.4 \times 10^{-5} \rightarrow$$

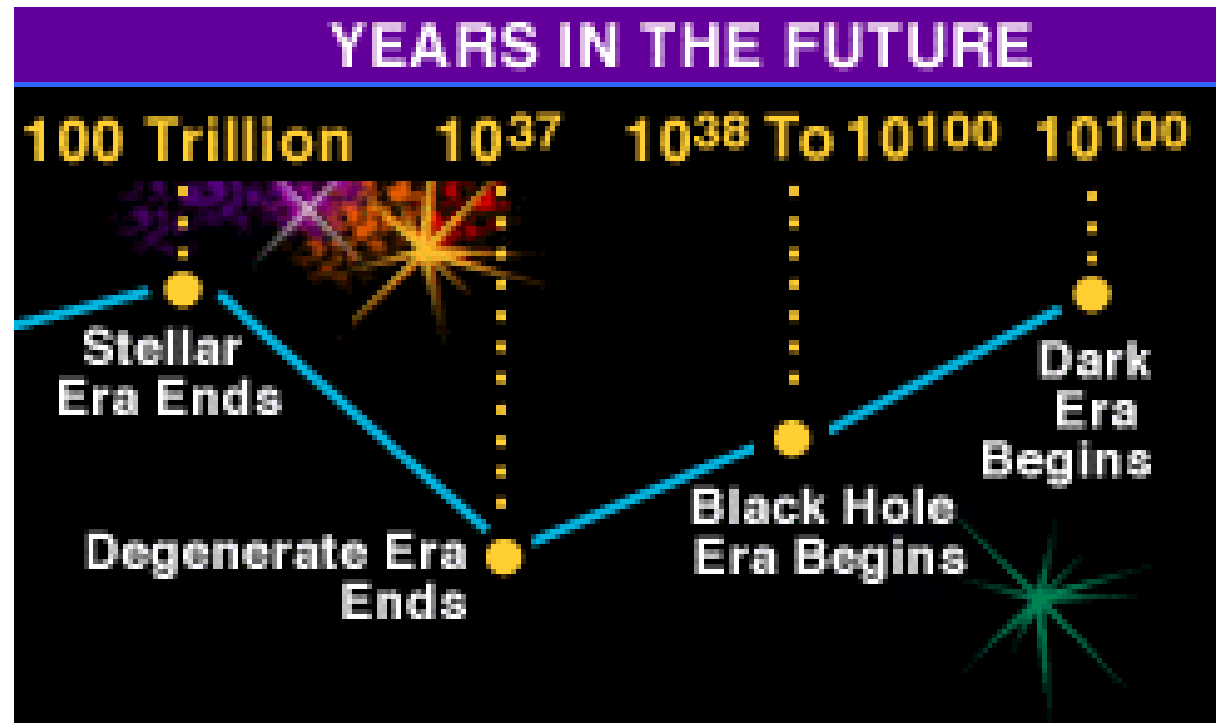
Se a idade do Universo fosse um dia, o Homo Sapiens só teria existido por 4 segundos; ou 23 min. em um ano

O presente



- Époça da civilização moderna, quando homens começaram a estudar a natureza e compreender os mecanismos que dão origem às galáxias, estrelas e planetas, bem como sua evolução

O futuro



- $t=10^{14}$ anos: Fim da era estelar. Estrelas consomem todo o H em He.
- $t=10^{38}$ anos: Era das estrelas degeneradas: anãs brancas, estrelas de nêutrons, buracos negros.
- $t=10^{100}$ anos: Após $t=10^{38}$ anos, prótons começam a decair e partículas começam a se aniquilar; no fim só sobram buracos negros, que começam a evaporar pela radiação Hawking.
- $t>10^{100}$ anos: Era das trevas: prótons decaíram e buracos negros evaporaram, sobram fótons de baixíssima energia com λ tendendo a infinito, neutrinos, elétrons e pósitrons.