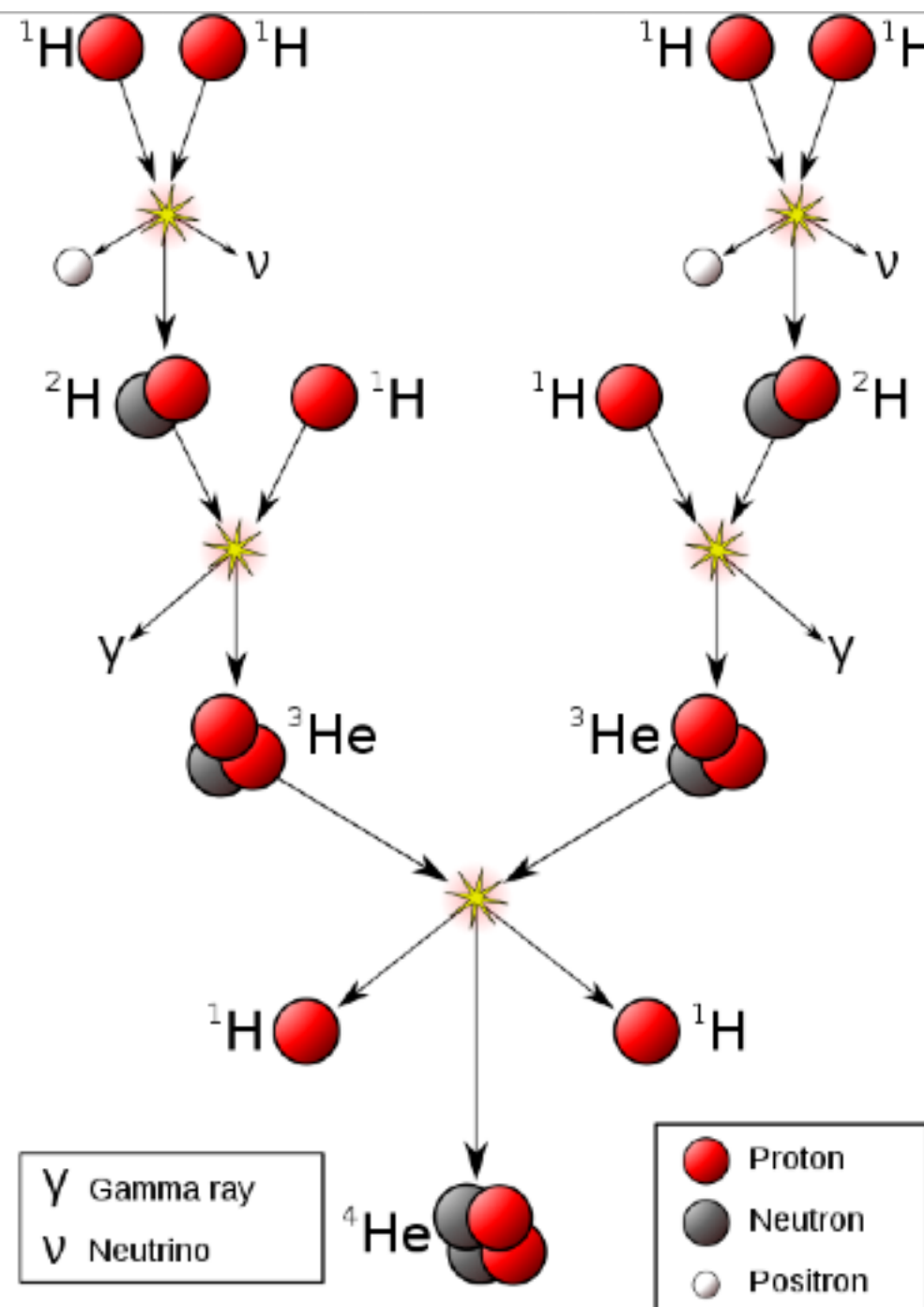


# Formação de estruturas

- Pela equação de Friedmann, vemos que o universo começa em alta densidade e temperatura (temperatura mais alta que o núcleo de qualquer estrela).
- O instante da origem do universo, quando  $a = 0$ , não pode ser descrito pela relatividade geral e esse instante não tem sentido físico, mas toda a teoria clássica da gravitação deve funcionar até bem próximo do instante dessa singularidade. O único item que necessariamente quebra a validade da RG são possíveis efeitos quânticos gravitacionais.
- O universo começa muito homogêneo e quente, vai expandindo e esfriando. Esse esfriamento possibilita a formação de estruturas.
- Matematicamente, essas estruturas estão diretamente associadas a perturbações locais da métrica. Em algumas regiões aglomera-se mais matéria do que em outras. A mais provável fonte das inomogeneidades iniciais são flutuações quânticas que ocorreram no período inicial de mais rápida expansão (inflação). Havendo pequenas inomogeneidades, por menor que sejam, essas quebram a simetria de translação e fazem com que algumas regiões favoreçam o acúmulo de matéria.



# Formação de estrelas



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=680469>

- Se a pressão for grande o suficiente, os átomos de hidrogênio são “esmagados” entre si levando à fusão nuclear.
- Essa reação libera energia (radiação) no núcleo da aglomeração, e essa impede que a matéria continue colapsando.
- Esse processo deu origem às primeiras estrelas.
- A sequência de reações começa com a formação de deutério, mas note que é uma sequência diferente. Numa estrela em formação há essencialmente somente hidrogênio, no universo primordial há abundância de nêutrons livres. Ademais, o universo primordial está em expansão, enquanto o núcleo da estrela está sendo constantemente comprimido.

