

Bariogênese

- Como o universo surge com uma densidade de energia acima de qualquer coisa conhecida, inicialmente não havia qualquer partícula composta, não só átomos, mas prótons e nêutrons não poderiam existir.
- Assim, o universo precisa passar por um período chamado de **bariogênese**, o que ocorre quando o universo tinha menos de 1 segundo de existência e a energia média dos fótons era inferior a 1 GeV (quando a energia média é maior, qualquer bárion que se forme é rapidamente destruído).
- É um processo não perfeitamente bem entendido; há em especial uma questão em aberto sobre a quebra da simetria entre matéria e antimatéria. Associado a isso, está a violação da conservação do número bariônico.

Nucleossíntese devido ao Big Bang

- O núcleo do hidrogênio (H) é simplesmente um próton (nesse período o universo era quente demais para haver átomos).
- Entre a bariogênese e a nucleossíntese, prótons e nêutrons estavam em equilíbrio a partir das reações:



- Nêutros livres poderiam existir abundantemente, pois essas reações eram frequentes e a vida média de um nêutron livre é de ~14 min, enquanto a nucleossíntese começa quando o universo tinha menos de 3 minutos.
- O primeiro núcleo com mais de um bárion que foi formado foi o deutério (D), formado por p+n:



- E em seguida veio o ^4He . Reações com quádrupla colisão $p + p + n + n \rightarrow ^4\text{He}$ eram muito improváveis, assim foi necessário primeiro criar uma quantidade abundante de deutério, para depois gerar novos elementos. Calcular essas reações está bem além de nosso curso.