

Lista de Exercícios 2 – Curso de Nivelamento: Eletrostática

Professor responsável: Alessandro Botti Benevides **Monitor Bolsista:** Fábio Kaspary Schons

- 1) (“Física Básica” – H. Moysés Nussenzveig – Vol.1, 4 ed.) Nos problemas abaixo sobre estimativas, trata-se de estimar ordens de grandeza típicas. Consulte fontes externas (biblioteca, Internet) para obter dados auxiliares. Explique sempre o raciocínio empregado para justificar cada estimativa.
- g) Estima-se que a densidade média de matéria no Universo corresponde a da ordem de 3 átomos de hidrogênio por m^3 . 1-Estime a massa total contida dentro do raio do Universo; 2-Estime o número total de núcleons (nêutrons e prótons) contido nesse volume; 3-Compare a densidade média de matéria no Universo com a densidade típica no interior do núcleo atômico. **R1:** Da ordem de 10^{52} kg; **R2:** Da ordem de 10^{79} nucleons; **R3:** Densidade do núcleo aproximado em 10^{-45} x densidade média do Universo.

Passo 1:

Precisamos de uma estimativa do raio do universo. A gente pode estimar isso como sendo cerca de 13,8 bilhões de anos-luz. Como 1 ano luz é a distância que a luz percorre em um ano, sabendo que a velocidade da luz é, aproximadamente:

$$c = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{s}$$

E que um ano tem essa quantidade de segundos:

$$\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ ano}} = \frac{31536000 \text{ s}}{\text{ano}}$$

E ainda que:

$$13,8 \text{ bilhões de anos} - \text{luz} = 1,38 \cdot 10^{10} \text{ anos luz}$$

Podemos converter a velocidade da luz para:

$$R_{\text{universo}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{s} \cdot \frac{31536000 \text{ s}}{\text{ano}} \cdot 1,38 \cdot 10^{10} \text{ anos}$$

$$R_{\text{universo}} = 130559040 \cdot 10^{18} \text{ m}$$

$$R_{\text{universo}} = 1,30 \cdot 10^{26} \text{ metros}$$

Passo 2:

Lista de Exercícios 2 – Curso de Nivelamento: Eletrostática

Vamos calcular seu volume total estimado que seja uma esfera:

$$V_{universo} = \frac{4}{3} \pi (R_{universo})^3$$

$$V_{universo} = \frac{4}{3} \pi (1,30 \cdot 10^{26})^3 = \frac{4}{3} \pi (2,20 \cdot 10^{78}) = \pi (2,93 \cdot 10^{78})$$

O volume do universo será:

$$V_{universo} = 9,20 \cdot 10^{78} \text{ m}^3$$

Como há 3 átomos de hidrogênio por metro cúbico e considerando que a massa do hidrogênio seja a mesma de um próton

$$(M_{próton} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})$$

Ficamos com:

$$\frac{3 \text{ átomos}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{9,20 \cdot 10^{78} \text{ m}^3}{1 \text{ universo}} \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ átomo}} = \frac{46,092 \cdot 10^{51} \text{ kg}}{1 \text{ universo}}$$

A massa do universo será de cerca de

$$M_{universo} = 4,61 \cdot 10^{52} \text{ kg}$$

Passo 3:

Para o item 2, vamos ver quantos átomos tem no universo. Usando informações do passo 2, temos:

$$\frac{3 \text{ átomos}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{9,20 \cdot 10^{78} \text{ m}^3}{1 \text{ universo}} = \frac{27,6 \cdot 10^{78} \text{ átomos}}{1 \text{ universo}}$$

Um átomo de hidrogênio tem só um núcleon, então o número de átomos de hidrogênio e de núcleons no universo é igual. Sendo assim:

$$N_{Núcleons} = 2,76 \cdot 10^{79}$$

Passo 4:

Pra fechar, vamos comparar a densidade média de matéria no Universo com a densidade típica no interior do núcleo atômico. Pra isso, calculamos a densidade do universo primeiro:

$$\rho_{Universo} = \frac{M_{universo}}{V_{universo}}$$

Lista de Exercícios 2 – Curso de Nivelamento: Eletrostática

Tirando a massa e volume do passo 2:

$$\rho_{Universo} = \frac{4,61 \cdot 10^{52} \text{ kg}}{9,20 \cdot 10^{78} \text{ m}^3} = 0,501 \cdot 10^{-26} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{Universo} = 5,01 \cdot 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Em ordem de grandeza:

$$\rho_{Universo} \sim 10^{-27} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Já a densidade num núcleo é da ordem de

$$10^{19} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Portanto,

$$\frac{\rho_{Universo}}{\rho_{átomo}} \sim \frac{10^{-27}}{10^{19}}$$

$$\frac{\rho_{Universo}}{\rho_{átomo}} \sim 10^{-46}$$