

Física III 2023 (IF) – Aula 25

Objetivos de aprendizagem

- Descrever aspectos gerais da distribuição de cargas dos núcleons (prótons e nêutrons) e outras propriedades elétricas
- Obter as propriedades elétricas a partir de uma distribuição de cargas conhecidas: Carga total; Campo elétrico; Potencial elétrico; Energia de Formação, e realizar o caminho inverso a partir do potencial até obter a distribuição de cargas

Exemplo resumo 1/2



Esfera de raio R com $\rho = \rho_0 \left(1 - \alpha r/R\right)$

- 1) Densidade \rightarrow Carga total, Campo $E \rightarrow$ Rotacional=0, $V(r)$, U
- 2) Inverso (grad V , div E)

$$q = 4\pi \int_0^R dr r^2 \rho_0 \left(1 - \alpha r/R\right) = 4\pi \rho_0 \left(\frac{1}{3} - \frac{\alpha}{4}\right) R^3$$

Desmos

$$\mathbf{E}(r) = \begin{cases} \frac{\rho_0}{\epsilon_0} \left(\frac{r}{3} - \frac{\alpha r^2}{4R}\right) \hat{\mathbf{r}} & , \quad r < R \\ \frac{\rho_0}{\epsilon_0} R^3 \left(\frac{1}{3} - \frac{\alpha}{4}\right) \frac{\hat{\mathbf{r}}}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}} & , \quad r > R \end{cases}$$

Obs.: $\vec{\nabla} \times \vec{E}(r) = 0$

Potencial (V)

$$V(r) = \begin{cases} \frac{\rho_o R^2}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{3} \right) - \frac{\rho_o}{\epsilon_0} \left(\frac{r^2}{6} - \frac{\alpha r^3}{12R} \right) , & r < R \\ \frac{\rho_o}{\epsilon_0} R^3 \left(\frac{1}{3} - \frac{\alpha}{4} \right) \frac{1}{r} , & r > R \end{cases}$$

2) Inverso: $\vec{E}(r) = -\vec{\nabla} V(r) \quad \rho(r) = \epsilon_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{E}(r)$

Auto-energia: $U = \iiint_{\text{todo o espaço}} \frac{\epsilon_o}{2} \mathbf{E}^2 dV = \frac{2\pi \rho_o^2 R^5}{\epsilon_o} \left(\frac{6}{45} - \frac{7\alpha}{36} + \frac{8\alpha^2}{112} \right)$

Distribuições de carga de p e n

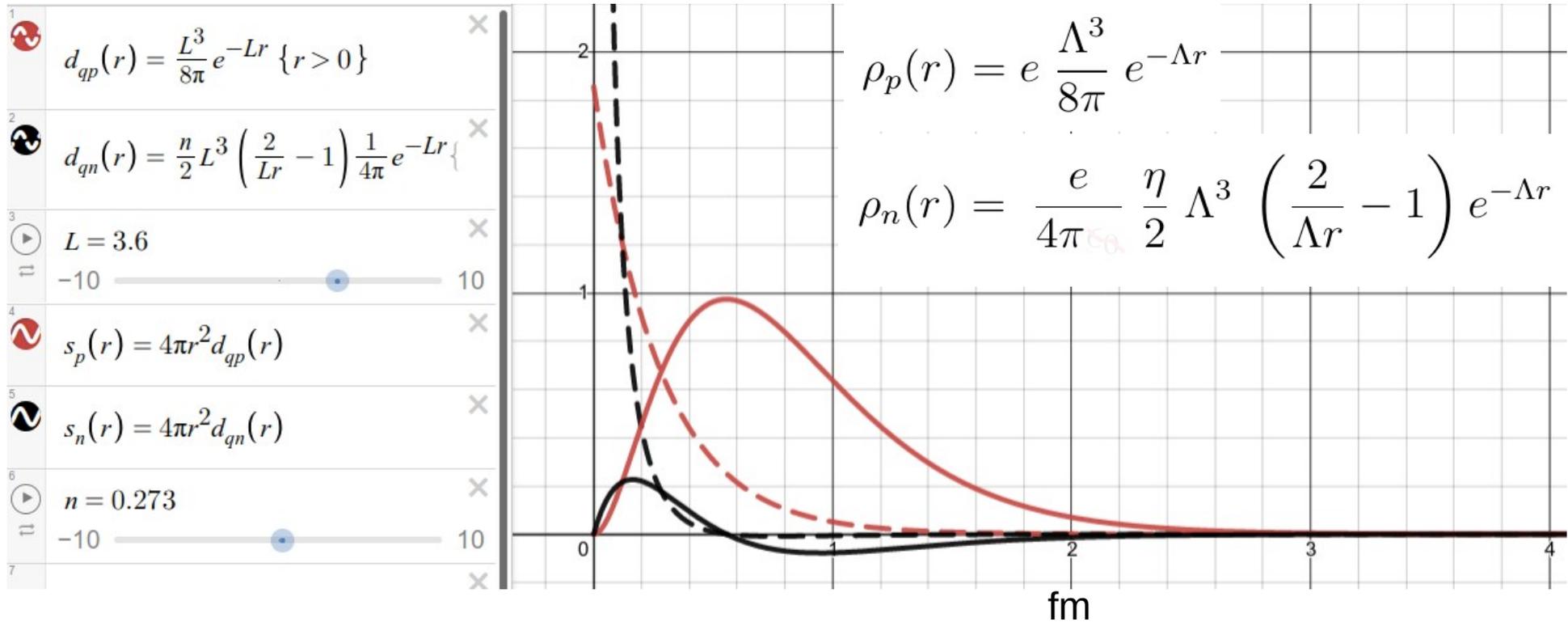
$$\rho_p(r) = e \frac{\Lambda^3}{8\pi} e^{-\Lambda r}$$

$$\rho_n(r) = \frac{e}{4\pi} \frac{\eta}{2} \Lambda^3 \left(\frac{2}{\Lambda r} - 1 \right) e^{-\Lambda r}$$

$$\Lambda = 3,6 \times 10^{15} \text{m}^{-1} \quad \eta = 0,273$$

Distr. de carga p , n (parametrização experimental)

(unidades e , fm)



(Obs.: auto energia do próton $U_p \sim 1/1000 m_p c^2$)

Propriedades do p

- Carga total (deve dar e)
- Campo elétrico (e força elétron-próton $e-p$)
- Potencial elétrico (\rightarrow é conservativo? Obter V , verificar E ?)
- Energia potencial ($e-p$)
- Auto energia do p

Exemplo de cálculo de QCD

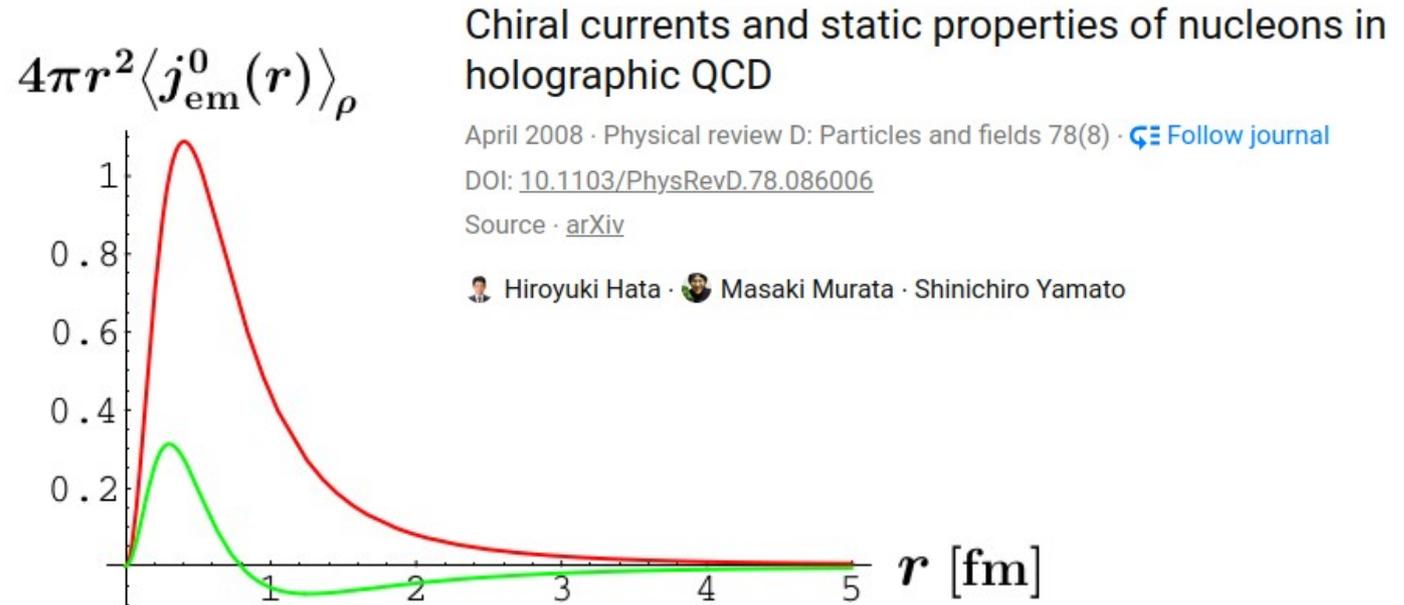


Figure 1: Radial charge distribution $4\pi r^2 \langle j_{\text{em}}^0(r) \rangle_\rho$ of proton (red curve) and neutron (green curve). The units of the horizontal and the vertical axes are fm and 1/fm, respectively.