

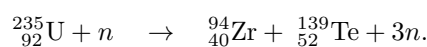
Università degli Studi di Siena, Corso di Laurea in Fisica  
Prova d'esame di Fisica 2 – 06/04/2023

Nota: la valutazione della prova tiene conto della correttezza dei risultati analitici e numerici (attenzione ai segni, alle cifre significative ed alle unità di misura!) e della chiarezza dell'esposizione della soluzione. Spiegare sinteticamente la strategia di soluzione seguita, giustificare i principali passaggi e definire esplicitamente i simboli usati, anche con l'aiuto di figure (sistemi di riferimento, ecc.)

### Esercizio 1

È noto dalla Fisica Nucleare che la materia nucleare, essendo con ottima approssimazione incompressibile, ha densità di massa costante: il raggio di un nucleo atomico può essere scritto come  $R = R_0 A^{1/3}$ , con  $R_0 = 1.5 \times 10^{-15}$  m. Per un nucleo  ${}^{235}_{92}\text{U}$  si calcoli:

- la densità di carica  $\rho_U$ ;
- l'energia elettrostatica  $U_U$ ;
- l'energia elettrostatica  $U'$  liberata nella reazione



Svolgimento:

a)

$$\rho_U = \frac{92e}{\frac{4}{3}\pi 235R_0^3} = 4.43 \times 10^{24} \text{ C/m}^3$$

dove  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C;

b) uno dei modi di calcolare l'energia elettrostatica di una sfera uniformemente carica è scrivere

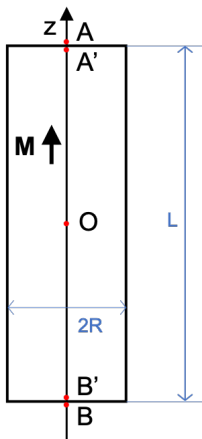
$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^R \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{r} \frac{\rho 4\pi r^2 dr}{r} = \frac{4\pi}{15\epsilon_0} \rho^2 R^5$$

dove  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$  F/m. Si ha quindi

$$U_U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3}{5} \frac{(92e)^2}{\sqrt[3]{235}R_0} = 126 \text{ pJ} = 789 \text{ MeV};$$

c)

$$U' = U_U - U_{\text{Zr}} - U_{\text{Te}} = \frac{3e^2}{20\pi\epsilon_0 R_0} \left[ \frac{92^2}{\sqrt[3]{235}} - \frac{40^2}{\sqrt[3]{94}} - \frac{52^2}{\sqrt[3]{139}} \right] = 45.8 \text{ pJ} = 286 \text{ MeV}.$$



## Esercizio 2

Un magnete permanente cilindrico di lunghezza  $L = 19$  cm e raggio  $R = 2.9$  cm ha magnetizzazione  $M_z$  uniforme. Il campo magnetico in prossimità delle basi è  $B_A = B_B = 0.17$  T. Si stimino (o si calcolino):

- i valori dei campi  $H_A, H_B, B_{A'}, B_{B'}$ ;
- i valori della magnetizzazione  $M_z$  e del momento di dipolo magnetico  $m$  del cilindro;
- i valori dei campi  $H_{A'}, H_{B'}, B_O, H_O$ .

Svolgimento:

a)

$$H_A = H_B = \frac{B_A}{\mu_0} = 135 \text{ kA/m}, \quad B_{A'} = B_{B'} = 170 \text{ mT},$$

dove  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m;

b)

$$M_z \approx \frac{2B_A}{\mu_0} = 270 \text{ kA/m}, \quad m = M_z \pi R^2 L = 136 \text{ A} \cdot \text{m}^2;$$

il conto esatto (vedi esercizio 6.1) darebbe

$$M_z = \frac{2B_A}{\mu_0} \sqrt{1 + \frac{R^2}{L^2}} = 274 \text{ kA/m}, \quad m = M_z \pi R^2 L = 137 \text{ A} \cdot \text{m}^2;$$

c) con i valori approssimati:

$$H_{A'} = H_{B'} = \frac{B_A}{\mu_0} - M_z = -135 \text{ kA/m}, \quad B_O \approx \mu_0 M_z = 340 \text{ mT}, \quad H_O \approx 0;$$

con i valori esatti:

$$H_{A'} = H_{B'} = \frac{B_A}{\mu_0} - M_z = -138 \text{ kA/m}, \quad B_O = \frac{\mu_0 M_z}{\sqrt{1 + \frac{4R^2}{L^2}}} = 329 \text{ mT}, \quad H_O = 11.9 \text{ kA/m}.$$

## Esercizio 3

Un lungo cilindro di materiale magnetico vergine di sezione  $\Sigma_1 = 0.23$  cm<sup>2</sup> è inserito in un lungo solenoide di sezione  $\Sigma_2 = 1.3$  cm<sup>2</sup> formato da  $n = 11$  spire/cm. Attorno al centro del solenoide è avvolta una bobina di  $N = 19$  spire collegata ad un galvanometro balistico con resistenza complessiva  $R = 0.53$  k $\Omega$ . Ad un certo istante si fa passare nel solenoide una corrente  $I = 4.7$  A, misurando con il galvanometro un impulso di carica di intensità  $Q_1 = 0.88$   $\mu$ C. Interrompendo la corrente, il galvanometro misura invece una carica  $Q_2 = -0.35$   $\mu$ C. Si calcoli:

- il valore del flusso  $\Phi$  del campo di induzione magnetica attraverso la bobina durante il passaggio di corrente;
- il valore della magnetizzazione  $M$  durante il passaggio di corrente;
- il valore della magnetizzazione residua  $M_{\text{res}}$ .

Svolgimento:

a)

$$\Phi = Q_1 R = 466 \text{ } \mu\text{T} \cdot \text{m}^2 = 466 \text{ } \mu\text{Wb};$$

b)

$$\Phi = N[B_1 \Sigma_1 + B_2(\Sigma_2 - \Sigma_1)] = \mu_0 N[(nI + M)\Sigma_1 + nI(\Sigma_2 - \Sigma_1)] = \mu_0 N[M\Sigma_1 + nI\Sigma_2]$$

dove  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  H/m. Si ha quindi

$$M = \frac{Q_1 R - \mu_0 n N I \Sigma_2}{\mu_0 N \Sigma_1} = 820 \text{ kA/m};$$

c)

$$Q_2 R = \mu_0 N M_{\text{res}} \Sigma_1 - \Phi \quad \longrightarrow \quad M_{\text{res}} = \frac{(Q_1 + Q_2)R - \mu_0 n N I \Sigma_2}{\mu_0 N \Sigma_1} = 482 \text{ kA/m}.$$