

Esame di Stato - sessione straordinaria - seconda prova scritta- Liceo Scientifico - Liceo Scientifico opzione Scienze Applicate - Liceo Scientifico Sezione ad indirizzo sportivo - Prova scritta di Matematica e Fisica - 20 settembre 2019

QUESITO 7 - soluzione a cura di C. N. Colacino

7. Un protone viene sparato su una particella α (due protoni e due neutroni) da una distanza di 10 cm (considerare le particelle puntiformi) alla velocità $v_0 = 5,00 \times 10^3$ m/s. Calcolare la distanza di massimo avvicinamento.

Soluzione. L'energia meccanica totale E del sistema protone-particella α si conserva durante tutto il processo. Tale energia è la somma dell'energia cinetica del protone e dell'energia potenziale elettrostatica del sistema protone-particella α ed il suo valore iniziale, che resta lo stesso, è:

$$E = \frac{1}{2}m_p v_0^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q^2}{d_0} = 2,09 \times 10^{-20} \text{ J}$$

avendo indicato con d_0 la distanza iniziale, dato che il protone ha carica $+q$ e la particella α ha carica $+2q$.

L'energia meccanica, all'inizio, è praticamente tutta cinetica; infatti ci sono 7 ordini di grandezza di differenza con l'energia potenziale, che risulta di fatto trascurabile (anche se il testo non lo dice). L'energia potenziale è positiva - le cariche sono concordi - e cresce al diminuire della distanza. La distanza di massimo avvicinamento corrisponde a quella distanza d^* per cui tutta l'energia è potenziale, la velocità del protone è nulla essendo il protone in procinto di invertire il verso della propria velocità allontanarsi dalla particella α per effetto della forza elettrostatica repulsiva.

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q^2}{d^*} = 2,09 \times 10^{-20} \text{ J}$$

da cui

$$d^* = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q^2}{2,09 \times 10^{-20}} = 2,20 \times 10^{-8} \text{ m.}$$

Si tratta di una distanza molto maggiore delle dimensioni atomiche (10^{-10} m). Nel testo ministeriale veniva data anche la massa della particella α , ma tale dato non è utile alla risoluzione del problema.

Nota al testo. Nel testo del quesito si è scelto un protone come "proiettile" ed una particella α come bersaglio, ed entrambe le particelle sono state considerate puntiformi. Per la risoluzione dell'esercizio si è fatto uso del principio di conservazione dell'energia meccanica, calcolando l'energia potenziale elettrostatica tra due particelle puntiformi. Nella storia della Fisica invece la struttura del nucleo è stata investigata lanciando particelle α contro nuclei atomici, per esempio nel famoso esperimento di Rutherford-Geiger-Marsden. A distanze maggiori delle dimensioni dell'atomo, l'energia potenziale è nulla, in quanto l'atomo, considerata anche la

nube elettronica, è elettricamente neutro. Solo una volta entrata nell'atomo e attraversata la nube elettronica la particella α sente la forza repulsiva del nucleo carico positivamente. La distanza di massimo avvicinamento è dell'ordine $d \sim 10^{-14}$ m, cioè 6 ordini di grandezza inferiore a quella trovata in questo esercizio. Si tratta comunque di una distanza considerevolmente maggiore della somma dei due raggi, quello del nucleo e quello della particella α , che quindi inverte il suo moto senza minimamente toccare il nucleo.