

1) Κατά την σκέδαση Rutherford βρέθηκε ότι σε μικρό ποσοστό ορισμένα σωματίδια α σκεδάζονται σε γωνία 180° από πυρήνες χρυσούς (Z=79). Αυτό σημαίνει ότι σε κάποιο σημείο της τροχιάς τους η **κινητική ενέργεια των σωματιδίων αυτών μηδενίζεται**. Αυτό ονομάζεται σημείο εγγύτερης προσέγγισης. Για σωματίδια α με κινητική ενέργεια KE=8 MeV ποια είναι αυτή η ελάχιστη απόσταση πρόσέγγισης;

$$\frac{1}{2}mu^2 = k \frac{(ze)(Ze)}{d} \Rightarrow KE = k \frac{(ze)(Ze)}{d}$$

$$d = \frac{e^2 Zz}{4 \pi \epsilon_0 KE} \Rightarrow \hbar c \frac{e^2 Zz}{4 \pi \epsilon_0 \hbar c KE}$$

$$d = 197.3 \text{ MeV} \frac{\text{fm} \cdot 1}{137} \frac{2 \cdot 79}{8 \text{ MeV}} = 28 \text{ fm}$$

2) Σε μία αντίδραση πυρηνικής σχάσης ένας πυρήνας ^{235}U διασπάται με μεγάλη πιθανότητα σε δύο πυρήνες με A~140 και A~95. Δεδομένου ότι η **ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο** είναι: $E_b(235) \approx 7.6 \text{ MeV}$ και $E_b(140) \approx E_b(95) = 8.5 \text{ MeV}$ υπολογίστε την μέση ενέργεια που απελευθερώνεται σε κάθε γεγονός πυρηνικής σχάσης σύμφωνα με την πιο πάνω υπόθεση. Στην συνέχεια υπολογίστε το ποσό της ενέργειας σε kWh που παράγεται από την καύση μόλις 500 kg ^{235}U .

$$Q = M(^{235}_{92}\text{U}_{143}) - M(^{140}\text{X}) - M(^{95}\text{Y})$$

$$Q = -E_b(^{235}\text{U}) + E_b(^{140}\text{X}) + E_b(^{95}\text{Y}) = -235u \cdot 7.6 \text{ MeV}/u + (140 + 95)u \cdot 8.5 \text{ MeV}/u$$

$$\Rightarrow Q = 235 \cdot (8.5 - 7.6) \text{ MeV}$$

$$Q \approx 210 \text{ MeV}$$

Άτομα ^{235}U :

$$N(^{235}\text{U}) = \frac{0.5 \cdot 10^6 \text{ gr} \cdot N_A}{235 \text{ gr}} = 1.28 \cdot 10^{27} \text{ πυρήνες } ^{235}\text{U}$$

Ολική παραγόμενη ενέργεια:

$$E = 1.28 \cdot 10^{27} \cdot 210 \text{ MeV} = 2.7 \cdot 10^{29} \text{ MeV} = 2.7 \cdot 10^{29} \text{ MeV} \cdot 4.45 \cdot 10^{-20} \text{ kWh/MeV}$$

$$E = 1.2 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$$

Δηλαδή μισός μόλις τόνος ουρανίου 235 αρκεί να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες μιας πόλης σαν τα Ιωάννινα για έναν ολόκληρο χρόνο!!!

3) Σε ένα πείραμα παρατηρείται ότι η προσπίπτουσα δέσμη νετρονίων απορροφάται ή σκεδάζεται σε ποσοστό 0.01% από έναν στόχο αλουμινίου ($A=27$) με πυκνότητα 2.7 gr/cm^3 . Αν θεωρήσουμε ότι η **ολική ενεργός διατομή αντίδρασης** είναι 1.1 b ποιο είναι το πάχος του στόχου;

$$n = \frac{2.7 (\text{gr/cm}^3) \cdot N_A}{27 \text{ gr}} = 6.02 \cdot 10^{22} (\text{1/cm}^3) [\text{πυρήνες στόχου ανά μονάδα όγκου}]$$

$$l_{MFP} = \frac{1}{n \sigma} = \frac{1}{6.02 \cdot 10^{22} (\text{1/cm}^3) \cdot 1.1 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2} = 15.1 \text{ cm}$$

$$\frac{N_{sc}}{N_0} = 10^{-4} = 1 - e^{-\frac{T}{l_{MFP}}} \Rightarrow e^{-\frac{T}{15.1}} = 1 - 10^{-4}$$

$$\frac{-T}{15.1} = \ln(1 - 10^{-4}) \Rightarrow T = -15.1 \cdot (-1.0 \cdot 10^{-4}) = 1.51 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 15 \mu\text{m}$$