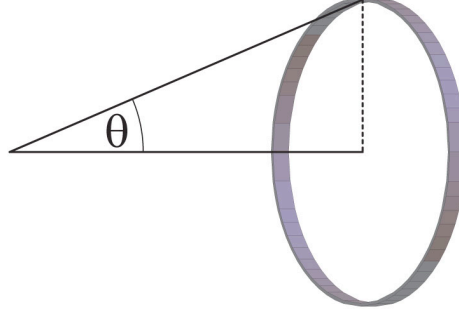


1. a) i) Oran, Rutherford saçındırma hızına ve halka alanıyla orantılıdır.

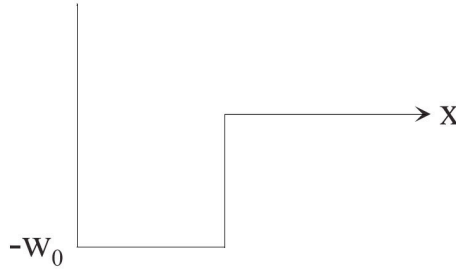


Şekil I: Halka alanı $= p \, 2\pi \sin \theta d\theta$

$$\Rightarrow \frac{R_{2\pi/4}}{R_{\pi/4}} = \frac{\sin \theta \sin^4 \frac{\theta'}{2}}{\sin^4 \frac{\theta}{2} \sin \theta'} = \left(\frac{0.383}{0.924} \right)^4 = 2.95 \times 10^{-2} \quad (1-1)$$

- ii) $\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta, \phi)$ diferansiyel kesit alanı, $\frac{dR_1}{d\Omega}$ katı açılı başına düşen saçındırma hızının gelen şiddet I 'ya oranıdır.

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{dR_1/d\Omega}{I} \text{ [m}^2\text{/sterad]} \quad (1-2)$$



Şekil II: $W_{\text{KIN}} = h\nu - W_0$

- b) i) ν_0 altında fotonlar yüzeydeki bağlı elektronları sökmek için yeterli enerjiye sahip değildir.

- ii) Eğim şudur:

$$h = \left(4.31 \times 10^{-15} \frac{\text{eV}}{\text{Hz}} \right) \cdot \left(1.602 \times 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} \right) = 6.9 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \quad (1-3)$$

Bu ölçümden iş fonksiyonu:

$$W_0 = h\nu_0 = (6.9 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}) \cdot (1.12 \times 10^{15} \text{ Hz}) = 7.7 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (1-4)$$

c) Compton kayma bağıntısı, enerji ve momentumun korunumundan elde edilmiş olup, hala burada uygulanabilir.

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_p c} (1 - \cos \theta), \quad (1-5)$$

burada m_p , protonun kütlesidir.

$\therefore \theta = \pi$ için maksimum kayma

$$\Delta\lambda_{\max} = \lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_p c} \quad (1-6)$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2h}{m_p c} \frac{1}{\lambda} = \frac{2 \cdot (6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})}{(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}) \cdot (3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})} \cdot \frac{1}{(10^{-10} \text{ m})} \quad (1-7)$$

Kesri frekans kayma ise $\frac{\Delta\nu}{\nu}$,

$$\lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow |d\lambda| = \frac{v}{\nu^2} |d\nu|. \quad (1-8)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2.6 \times 10^{-5} \quad (\Delta\lambda \ll \lambda) \quad (1-9)$$

$$2. \quad a) \int dx |\psi|^2 = w|C|^2 + w|C|^2 = 2w|C|^2 = 1$$

$$\Rightarrow \boxed{C = \frac{1}{\sqrt{2w}}}$$

b)

$$\langle x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dx x |\psi(x)|^2 = 0 \quad (\text{tek entegrand}) \quad (1-10)$$

$$\begin{aligned} \langle x^2 \rangle &= \int_{-\infty}^{\infty} dx x^2 |\psi(x)|^2 = |A|^2 \int_{-\frac{d}{2}-\frac{w}{2}}^{-\frac{d}{2}+\frac{w}{2}} dx x^2 + |A|^2 \int_{\frac{d}{2}-\frac{w}{2}}^{\frac{d}{2}+\frac{w}{2}} dx x^2 \\ &= |A|^2 \left\{ \frac{1}{3} x^3 \Big|_{-\frac{d}{2}-\frac{w}{2}}^{-\frac{d}{2}+\frac{w}{2}} + \frac{1}{3} x^3 \Big|_{\frac{d}{2}-\frac{w}{2}}^{\frac{d}{2}+\frac{w}{2}} \right\} \\ &= \frac{1}{2w} \left\{ -\frac{1}{3} \left(\frac{d}{2} - \frac{w}{2} \right)^3 + \frac{1}{3} \left(\frac{d}{2} + \frac{w}{2} \right)^3 + \frac{1}{3} \left(\frac{d}{2} + \frac{w}{2} \right)^3 - \frac{1}{3} \left(\frac{d}{2} - \frac{w}{2} \right)^3 \right\} \\ &\approx \frac{1}{48w} \left\{ 3d^2w + 3d^2w + 3d^2w + 3d^2w \right\} = \frac{1}{4} d^2 \quad (w \ll d \text{ limitinde}) \end{aligned}$$

veya basitçe,

$$\langle x^2 \rangle = \frac{1}{2} \left(-\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{d}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} d^2 \quad (1-11)$$

c)

$$\begin{aligned}
 \phi(k) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} dx \psi(x) e^{-ikx} \\
 &= \frac{c}{\sqrt{2\pi}} \cdot \left(\int_{-\frac{d-w}{2}}^{-\frac{d+w}{2}} dx e^{-ikx} + \int_{\frac{d-w}{2}}^{\frac{d+w}{2}} dx e^{-ikx} \right) \\
 &= \frac{c}{-ik \sqrt{2\pi}} \cdot \left(e^{-ikx} \Big|_{-\frac{d-w}{2}}^{-\frac{d+w}{2}} + e^{-ikx} \Big|_{\frac{d-w}{2}}^{\frac{d+w}{2}} \right) \\
 &= \frac{-c}{ik \sqrt{2\pi}} \cdot \left(e^{-ik\left(-\frac{d+w}{2}\right)} - e^{-ik\left(-\frac{d-w}{2}\right)} + e^{-ik\left(\frac{d+w}{2}\right)} - e^{-ik\left(\frac{d-w}{2}\right)} \right) \\
 &= \frac{c}{ik \sqrt{2\pi}} \cdot \left(e^{ik\left(\frac{d+w}{2}\right)} - e^{-ik\left(\frac{d+w}{2}\right)} - e^{ik\left(\frac{d-w}{2}\right)} + e^{-ik\left(\frac{d-w}{2}\right)} \right) \\
 &= \frac{2c}{k \sqrt{2\pi}} \cdot \left(\sin k \frac{d+w}{2} - \sin k \frac{d-w}{2} \right) \\
 &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \left(\frac{\sin k \frac{d+w}{2} - \sin k \frac{d-w}{2}}{k \sqrt{w}} \right)
 \end{aligned}$$

olasılık yoğunluğu $\frac{1}{\hbar} \left| \phi\left(k = \frac{p}{\hbar}\right) \right|^2$ olur, yani

$$|\tilde{\phi}(p)|^2 = \frac{\left(\sin p \frac{d+w}{2\hbar} - \sin p \frac{d-w}{2\hbar} \right)^2}{\pi p^2 w / \hbar} = \frac{\hbar}{\pi p^2 w} \left(\sin \frac{p(d+w)}{2\hbar} - \sin \frac{p(d-w)}{2\hbar} \right) \quad (1-13)$$

momentum için ise

$$|\phi(k)|^2 = \frac{\left(\sin \frac{k(d+w)}{2} - \sin \frac{k(d-w)}{2} \right)^2}{\pi k^2 w} \quad (1-14)$$

d) Faz kayması girişim deseninin konumda kaymasına yol açar, fakat tezat değişmemiştir.

3. a) Heisenberg belirsizlik ilkesi

$$\Delta x \Delta p \leq \frac{\hbar}{2}, \quad (1-15)$$

verirki protonu çözündürmek için

$$\Delta p = \frac{\hbar}{2R} = \frac{1.05 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}}{2 \times 10^{-15} \text{ m}} = 5.3 \times 10^{-20} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad (1-16)$$

$$m_e c = \left(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \right) \cdot \left(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 2.7 \times 10^{-22} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (1-17)$$

gerekir ki

$$\Rightarrow \Delta p = m_e c \Rightarrow \text{rölativistik değildir.}$$

b) Rölativistik durum için, $E=pc$

$$E = \left(5.3 \times 10^{-20} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot \left(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 1.6 \times 10^{-11} \text{ J.} \quad (1-18)$$

c) Bir proton için,

$$m_p c = \left(1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}\right) \cdot \left(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 5 \times 10^{-19} \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (1-19)$$

$\Rightarrow$ rölativistik olmayan

$$\therefore E = \frac{(\Delta p)^2}{2m_p} = 8.4 \times 10^{-34} \text{ J} \quad (1-20)$$

yani, elektrondan daha az parçacık enerjisi gereklidir. Buna dayanarak, bir kimse, bir proton-proton çarpıştırıcısı yapmalıdır.

4. a) Eğer bir parçacık yerelleşmiş ise, yani Δx küçükse, Heisenberg belirsizlik ilkesi $\Delta p = \frac{\hbar}{2\Delta x}$ 'in büyük olduğundan dolayı kinetik enerji de büyüktür.

b) Toplam enerji

$$E = \frac{(\Delta p)^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2(\Delta x)^2 = \frac{\hbar^2}{8m(\Delta x)^2} + \frac{1}{2}m\omega^2(\Delta x)^2 \quad (1-21)$$

minimumlaştırma:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = 0 = -\frac{2\hbar^2}{8m(\Delta x)^3} + m\omega^2\Delta x \quad (1-22)$$

$$\Rightarrow \frac{\hbar^2}{4m} = m\omega^2(\Delta x)^4 \Rightarrow (\Delta x)^4 = \frac{\hbar^2}{4m^2\omega^2} \quad (1-23)$$

$$\Rightarrow \Delta x = \left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (1-24)$$