كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الرابعة**

المادة : ميكانيك الكم٢

المحاضرة : الثامنة/نظري/ كتابة

نبحث عن القيمة الخاصة $\hat{H}$ وأول تابع خاص هو $|\psi_0\rangle$

$$\hat{a}|\psi\rangle = 0$$

$$\hat{a}^+(\hat{a}|\psi_0\rangle) = a^+\hat{a}|\psi\rangle =$$

$$\hat{a}^+|0\rangle = 0$$

$$\hat{H}|\psi_0\rangle = \hat{H}|0\rangle = \varepsilon|\psi_0\rangle$$

$$\hat{H}|\psi_0\rangle = (\hat{a}^+\hat{a} + \frac{1}{2})|\psi_0\rangle$$

$$(\hat{a}^+\hat{a} + \frac{1}{2})|0\rangle = \varepsilon|0\rangle$$

$$\hat{a}^+\hat{a}|\psi_0\rangle + \frac{1}{2}|0\rangle = \varepsilon|0\rangle$$

$$\hat{a}^+\hat{a}|\psi\rangle \frac{1}{2}|0\rangle = \varepsilon|0\rangle$$

$$0 + \frac{1}{2}|0\rangle = \varepsilon|0\rangle$$

$$\boxed{\varepsilon = \frac{1}{2}}$$

وهي أقل قيمة خاصة و $|0\rangle$ أول تابع خاص وبالتالي نكتب

$$\frac{H_0}{\hbar\omega} = \frac{E_0}{\hbar\omega} = \frac{E_0}{\hbar\omega} = \varepsilon$$

$$\frac{E}{\hbar\omega} = \frac{1}{2} \Rightarrow E = \frac{1}{2}\hbar\omega$$

وهي أصغر طاقة ممكنة للهزاز

وبما ان الطاقة تزداد بمقدار واحد عندما ننتقل الى الحالة التالية

$$E_1 = \frac{3}{2}\hbar\omega \quad \text{———} \quad E_n = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right)$$

// نظرية التبعثر الكلاسيكي والكمي //

تعريف عن التصادم:

لنتصور تصادماً كلاسيكياً يصدم به الجسيم A والجسيم B وينتج عن ذلك C و D

$$A + B = C + D$$

1) $m_A + m_B = m_D + m_C$

الحفاظ الكلي: اندفاع الجسيمات قبل التصادم تساوي اندفاع بعد التصادم

2) انحفاظ العزم الخطي او الاندفاع

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_D + \vec{P}_C$$

3) الطاقة الحركية يمكن ان تكون محفوظة أو لا

وهنا يكون لدينا ٣ حالات

1] التصادم اللين : الطاقة الحركية تتناقص $A+B \to G$

$$T_A + T_B > T_C + T_D$$

2] التفكك أو التحلل الطاقة الحركية تتزايد

لـ 2 $G \to A+B$

$$T_A + T_B < T_C + T_D$$

3] الطاقة الحركية المصانة

$$T_A + T_B = T_C + T_D$$

التصادم النسبي الغير كلاسيكي

1] لدينا ثلاث أنواع الطاقة المصانة

$$E_A + E_B = E_C + E_D$$

2] العزم الخطي أو الاندفاع المصان

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_C + \vec{P}_D$$

في فراغ الزمكان

$$P_A'' + P_B'' = P_C'' + P_D''$$

$$P_A'' = (E, \vec{P})$$

3] الطاقة الحركية تكون محفوظة

1] تصادم لين : الطاقة الحركية تتناقص وتزداد الطاقة السكونية والكتلة

2] كذلك : تتزايد وتتناقص " " "

" "

لذا الحرن : الطاقة الحركية والاكمية والكتلة محفوظة

!! التطبيق !!

يتفكك بيون π^- وهو في حالة سكون الى ميون μ^- ونترينو ν المطلوب :

1 ماهي سرعة الميون السالب

!!الحل!!

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$$

حسب قانون انحفاظ الطاقة

$$E_\pi = E_\mu + E_\nu$$

قانون انحفاظ الاندفاع

$$\vec{P}_\pi = \vec{P}_\mu + \vec{P}_\nu$$

π ساكن وبالتالي

$$\vec{P}_\pi = 0$$

وبالتالي (*)

$$\vec{P}_\mu = -\vec{P}_\nu$$

لدينا أيضاً

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

$$E^2 - p^2c^2 = m^2c^4$$

$\pi \rightarrow$

$$E_\pi^2 - P_\pi^2c^2 = m_\pi^2 c^4 \Rightarrow$$

$$E_\pi^2 = m_\pi^2 c^4 \Rightarrow E_\pi = m_\pi c^2$$

$\mu \rightarrow \quad E_\mu^2 - P_\mu^2 c^2 = m_\mu^2 c^4 \Rightarrow (**)$

$$E_\mu^2 = P_\mu^2 c^2 + m_\mu^2 c^4$$

$$E_\mu = \sqrt{P_\mu^2 c^2 + m_\mu^2 c^4}$$

$\nu \Rightarrow \quad E_\nu^2 - P_\nu^2 c^2 = m_\nu^2 c^4$

$m_\nu = 0$

$$E_\nu^2 = P_\nu^2 c^2 \Rightarrow E_\nu = |P_\nu| c$$

نعوض هذه الطاقات في معادلة انحفاظ الطاقة

$$m_\pi c^2 = c\sqrt{P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2} + |P_\nu| c$$

$$m_\pi c^2 - |P_\nu| c = c\sqrt{P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2}$$

بالتربيع

$$[m_\pi c^2 - |P_\nu| c]^2 = c^2 (P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2]$$

$$[m_\pi c - |P_\nu|] = P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2$$

$$[m_\pi c - |P_\mu|] = P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2$$

$$m_\pi^2 c^2 + P_\mu^2 - 2m_\pi c P_\mu = P_\mu^2 + m_\mu^2 c^2$$

$$m_\pi^2 c^2 - m_\mu^2 c^2 = 2m_\pi P_\mu c$$

$$m_\pi^2 c - m_\mu^2 c = 2m_\pi P_\mu$$

$$|P_\mu| = \frac{|m_\pi^2 - m_\mu^2| c}{2m_\pi}$$

نعوض $|P_\mu|$ في **

$$E_\mu^2 = P_\mu^2 c^2 + m_\mu^2 c^4 =$$

$$\left(\frac{|m_\pi^2 - m_\mu^2| c}{2m_\pi} \right) c^2 + m_\mu^2 c^4$$

$$= c^4 \left(m_\mu^2 + \frac{m_\pi^2 + m_\mu^2 - 2m_\pi^2 m_\mu^2}{4m_\pi^2} \right)$$

$$= c^4 \left[\frac{4m_\pi^2 m_\mu^2 + m_\pi^4 + m_\mu^2 - 2m_\pi^2 m_\mu^2}{4m_\pi^2} \right]$$

$$= c^4 \left[\frac{2m_\mu^2 m_\pi^2 + m_\pi^4 + m_\mu^4}{4m_\pi^2} \right]$$

$$c^4 \left[\frac{m_\mu^2 + m_\pi^2}{2m_\pi} \right]^2 \Rightarrow$$

$$E_\mu = c^2 \left(\frac{m_\mu^2 + m_\pi^2}{2m_\pi} \right)$$

لدينا من جهة أخرى بالميكانيك النسبي

$$\vec{P} = \frac{m v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad E = \frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\frac{P}{E} = \frac{v}{c^2} \Rightarrow v_\mu = \frac{P_\mu c^2}{E_\mu}$$

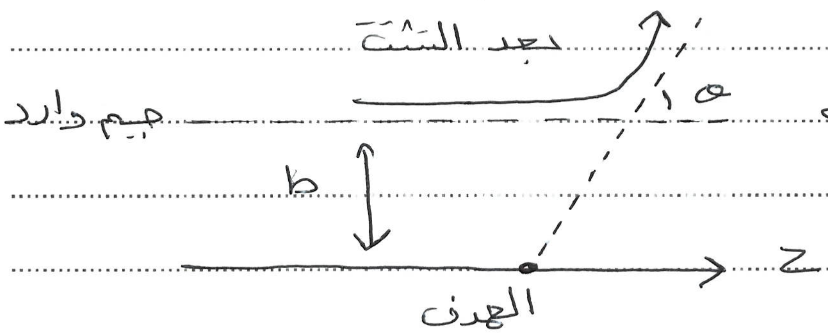
بالتعويض قيم E_μ و P_μ

$$v_\mu = \frac{\left(\frac{(m_\pi^2 - m_\mu^2)}{2m_\pi} c^2 \right)}{c^2 \left(\frac{m_\mu^2 + m_\pi^2}{2m_\pi} \right)} c^2 =$$

$$\left(\frac{m_\pi^2 - m_\mu^2}{m_\mu^2 + m_\pi^2} \right) c$$

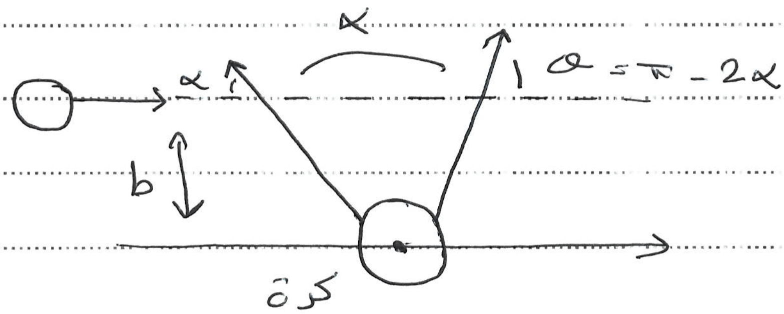
نظرية التشتت

ترد جسيمة على هدف في طاقة E وبارامتر صدم b هو أقصر مسافة بين الجسيم الوارد والمحور Z المار من الجسم فـ تتبعثر بزاوية θ مبتعدة عن الهدف



مثال على ذلك

نأخذ تصادم كرتي بلياردو تصادم مرن



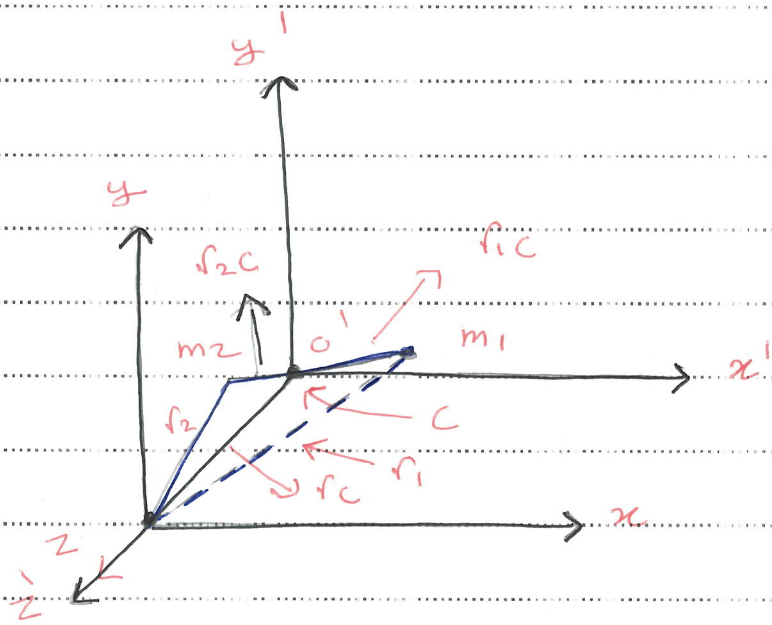
$$\theta = \pi - 2\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}$$

$$\sin\alpha = \frac{b}{R} \Rightarrow b = R\sin\alpha$$

$$b = R\sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}\right)$$

$$b = R \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

يرتبط بارامتر الصدم بزاوية التشتت أو التبعثر
لنفرض الآن أن الكسيمين يتبادلان التأثير فيما
بينهما بعد اقتراب أحدهما من الآخر بمعزل أي
تأثير خارجي ولننسب هاتين الجملتين إلى جملتين
أحدهما ساكنة $oxyz$ والأخرى متحركة



حيث $\vec{r}_1$ و $\vec{r}_2$ موضع الكسيمين بالنسبة لجملة الساكنة
$\vec{r}_{1c}$ و $\vec{r}_{2c}$ " " " " المتحركة

$$\left.\begin{aligned} \vec{r}_1 &= \vec{r}_c + \vec{r}_{1c} \\ \vec{r}_2 &= \vec{r}_c + \vec{r}_{2c} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$$\left.\begin{aligned}\vec{V}_1 &= \vec{V}_c + \vec{V}_{1c} \\ \vec{V}_2 &= \vec{V}_c + \vec{V}_{2c}\end{aligned}\right\} (2)$$

حيث V_c و r_c موضع وسرعة بالنسبة لجملة الساكنة

$$\left.\begin{aligned}\vec{r} &= \vec{r}_1 - \vec{r}_2 \Rightarrow \vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2 \\ \vec{r} &= \vec{r}_{1c} - \vec{r}_{2c} \Rightarrow \vec{V} = \vec{V}_{1c} - \vec{V}_{2c}\end{aligned}\right\}$$

$$\vec{V}_1 - \vec{V}_2 = \vec{V}_{1c} - \vec{V}_{2c} = \vec{V}$$ بالمعادلة (3)

بالجملة المتحركة

$$R = \frac{m_1 \vec{r}_{1c} + m_2 \vec{r}_{2c}}{m_1 + m_2}$$

$$m_1 \vec{r}_{1c} + m_2 \vec{r}_{2c} = 0 \qquad (4)$$

$$m_1 \vec{r}_{1c} + m_2 (\vec{r}_{1c} - \vec{r}) = 0$$

نقسم على m_2

$$\frac{m_1}{m_2} \vec{r}_{1c} + \vec{r}_{1c} - \vec{r} = 0$$

$$\vec{r}_{1c} \left(1 + \frac{m_1}{m_2} \right) = \vec{r}$$

$$\vec{r}_{1c}\left(\frac{m_1+m_2}{m_2}\right)=\vec{r}$$

$$\vec{r}_{1c}\,\frac{M}{m_2}=\vec{r}\implies \vec{r}_{1c}=\frac{m_2}{M}\vec{r}$$

$$\vec{V}_{1c}=\frac{m_2}{M}\vec{V}$$

$$r_{2c}=-\frac{m_1}{M}\vec{r}\implies \vec{V}_{2c}=\frac{-m_1}{M}\vec{V}$$

(5) ـــــ

// انتهت المحاضرة //

مكتبة A to Z