# الخـَاتِمــة

قمنا من خلال هذا البحث بتجميع الأفكار الرئيسة حول فيزياء النيوترينو بأنواعه الثلاثة، وناقشنا المسألة المبهمة لطبيعة هذه الجسيمات كإختلاف، $\nu$ عن، $\bar{\nu}$ ، (نيوترينو ديراك)، أو تطابق، $\nu$ ، مع، $\bar{\nu}$ (نيوترينو ماجورانا). ثم إستعرضنا قياسات مباشرة لكتلة النيوترينو من مصادر متعددة. وتبّين لنا أن تأكيد وجود كتلة نهائية للنيوترينو ما يزال في بداية الطريق، والصعوبة في ذلك تكمن في ما وراء

النموذج المعياري للجسيمات الأولية، الذي لا يتضمن وجود كتلة للنيوترينو. بالرغم من ذلك هناك أمل كبير بوجود مثل هذه الكتلة، ويدعم هذا التوجُه ظاهرة إهتزاز النيوترينو، كما بيّنت تجربة المسرِّع (LSND) من خلال التدفق غير المتوقع لمضاد النيوترينو الإلكتروني، ، والذي عُزي إلى إهتزاز مضاد النيوترينو الميوني، ،وتحوله إلى مضاد نيوترينو إلكتروني، . كذلك الأمر بالنسبة لقياسات كاشف سوبركاميوكاند التي فَسَّرت إنعدام تدفق النيوترينو الميوني، ، بسبب وجود الإهتزاز الذي يحوِّل النيوترينو الميوني، إلى نيوترينو تاوي، عندما تكون زاوية المزج قيمة عظمى.

إن فرضية إهتزاز النيوترينو الشمسي تعزّز التأثيرات المادية داخل الشمس، وسيكون النيوترينو هو المُخْبِر الكوني الذي يشبع فضولنا عن حقيقة ما يجري داخل الشمس من تفاعلات.

تبيّن لنا، من خلال الدراسة التحليلية للمقاطع العرضية التفاضلية للتشتت المرن للنيوترينو على الإلكترون، أن إفتراض وجود كتلة للنيوترينو يؤدي إلى إنحراف في قيمة مقطع التشتت عن النموذج المعياري، يعتمد بصورة أساسية على الثوابت المعيارية للتفاعل المدروس.

بالإضافة إلى ذلك فإن وجود كتلة للنيوترينو يُفسِح المجال أمام التأثيرات المتبادلة بين (V,A) و(S,P)، من جهة و( S,P,T) و (V,A)، من جهةأُخرى، التي تختفي بإختفاء كتلة النيوترينو. وقد حسبنا حد التداخل في مقطع التشتت المرن بين قنوات التيار المشحون، (CC)، وقنوات التيار الحيادي، ( NC).

أدخلنا الخصائص الكهرمغناطيسية للنيوترينو في الحساب، ودُرس لاغرانج اللبتونات المتولدة، وتأثير العزوم الكهرمغناطيسية للنيوترينو على التشتت المرن، ، وأستنتجت المقاطع التفاضلية والمقاطع الكاملة لهذا التشتت. وقد حسبنا مقدار الإنحراف من التصور الذي قدمه النموذج المعياري، بسبب العزوم الكهرمغناطيسية للنيوترينو، ثم أوجدنا قيماً جديدة لبعض معاملات النيوترينو، وذلك إستناداً إلى المعطيات التجريبية التي حصل عليها الفيزيائي الأمريكي (Reines)، أثناء دراسته للتشتت المرن لمضاد النيوترينو الإلكتروني على الإلكترون.

بحثنا أيضاً الترابط المغزلي للتشتت المرن، $e^- + e^- \to e^- + e^-$ بمشاركة العزوم الكهرمغناطيسية للنيوترينو، وحسبنا درجة الإستقطاب الطولي للإلكترونات المتشتتة في حالتي التوازي، ↑↑ والتعاكس، ↑↓ وكذلك في حالة التعامد، ⊥، بين إتجاهي مغزل الإلكترون الوارد، $\vec{s}$ وإندفاع النيوترينو الوارد، $\vec{p}$ آخذين في الإعتبار لولبية النيوترينو.

إن تحقيق الترابط المغزلي يبيِّن أن العزوم الكهرمغناطيسية للنيوترينو، $f_{2\nu} \; g_{2\nu}$ مرتبطة بتغير لولبيته، وبالحد، $S_e'(\overrightarrow{S_e}\ P_\nu^o)$ . أي يمكننا تأمين فرصة للنيوترينو لتغيير لولبيته أثناء تشتته على الإلكترون، وبالتالي يمكن تفسير نقص تدفق النيوترينوات الشمسية بوساطة تغّير اللولبية، أي تحوُّل النيوترينو يميني الإستقطاب، إلى نيوترينو يساري الإستقطاب، وبالتالي نجد تفسيراً منطقياً للإختلاف بين النموذج الشمسي النظري والتطبيق العملي، وهذا شيء بالغ الأهمية.

نخلُص إلى القول، إن الصورة المستقبلية للنموذج المعياري للجسيمات الأولية يمكن أن تتضِّح أكثر، من خلال التجارب على النيوترينو، ونرى أن تطور الإكتشافات في فيزياء النيوترينو يمكن أن يمهد الطريق للنموذج المعياري الموسّع حول فيزياء الجسيمات الأولية، والتاكيد على أن الكون مفتوح وليس منكمشاً، إذا كان تفسير المفسرين للآية الكريمة(والسماء بنيناها بأييدٍ وإنا لموسعون)، هو ما أراد الحق عز وجل، وهذا يؤيِّد قول من يعتقد أن النيوترين الكتلي، مهما صغرت كتلته يلعب دوراً رئيساً في بلوغ كثافة الكون للحد الحرج مما يجعله مفتوحاً.