

© Brookhaven National Laboratory

مقابلة مع الأستاذة ماري بيشاي، المتحدّث الرسمي لتجربة DUNE المهمّة عن خواصّ النيوترينو

في داكوتا الجنوبيّة بهدف إجراء أبحاثٍ حول دور النيوترينو في عمل الكون، كما أنها حازت بصفحتها عضوةً في تجربة Daya Bay في الصين -التي بيّنت عدم انعدام الزاوية الصغرى لتمازج النُّتْرِينُوات- وبالمشاركة مع أعضاء فريق التعاون الدولي جائزة الكشف-الاختراق Breakthrough المرموقة في العلوم الأساسيّة. أجرى اللقاء يوم 13 مايو- أيار 2024 كلٌّ من عادل عوض ودانا عبد الغني من فريق التحرير. يمكن مشاهدة المقابلة كاملةً على [الرابط](#).

من الأبواب الثابتة في مجلّة مسارات إجراء مقابلة مع إحدى الشخصيّات العلميّة المهمّة في العالم العربي أو في العالم. يُشرفنا في العدد الثاني من مجلّتنا أن نستضيف الأستاذة ماري بيشاي Mary BISHAI المتحدث الرسمي لتجربة الـ Deep (Underground Neutrino Experiment (DUNE التي تضمّ أكثر من 1400 عالم وسوف تُرسل أكثر حزم النُّتْرِينُو شدّةً في العالم لتقطع مسافةً تنوب على 1300 كم من مخبر فيرمي بالقرب من شيكاغو إلى مركز أبحاث سانفورد تحت الأرضي

إلى جامعة كولورادو، حيث حُزْتُ البكالوريوس في الفيزياء، ووقتًا كان مُشرفي العلمي/المهنيّ يعمل في مختبر فيرمي، وشاركته اهتمامه بفيزياء الجسيمات. ثم انتقلت إلى جامعة بيردو Purdue لدراسة الدكتوراة في مجال فيزياء الجسيمات التجريبية حيث عملتُ ضمن تجربة CLEO في مختبر جامعة كورنيل، حيث كان هناك مُصَادِم للإلكترون ومُضادّه، وكنتُ في جزءٍ من أطروحتي أدرس خواص الكوارك الفُتّان (الساحر charm).

في مرحلة بعد الدكتوراة، انتقلت إلى مختبر فيرمي للعمل على الكاشف CDF لمُصَادِم التيفاترون -أعلى مُصَادِم جسيماتٍ طاقةً في العالم حينئذ- الذي كان قيد العمل، وقد أُجريت على الكاشف تحديثٌ كبير ثانٍ CDF2، وكنتُ واحدةً مَقَّن أوصى باستخدام السيليكون فيه. عملتُ في أبحاثي على العتاديات hardware، كما قمت بقياس مُعدّل إنتاج الجسيمات في ورقةٍ غدتُ واحدة من أكثر أوراق الـ CDF2 استشهادهًا.

ثم التحقْتُ بمختبر بروكهافن، حيث انتقلت في عملي من مصَادِمات الهادرونات إلى النيوتريونات. شاركتُ في تجربة دايايبي (DayaBay) وتجربة أمينوس (AMINOS)، وهاتان تجربتا نيوترينو مختلفتان، أُجرت أولاهما في الصين. تركّزت معظم مساهماتي في إجراء تجارب النيوترينو في أعماق الأرض، ولكنني شاركتُ في فريق عمل دايايبي (DayaBay) في السنوات الأولى وجميع التجارب الصينية التي كانت تدرس خواص البوزيترونات والنيوتريونات الصادرة من المُفاعلات القريبة.

بعد ذلك، كرّست عملي طوال السنوات العشرين الماضية في مختبر بروكهافن لإنجاز

عادل: مساء الخير، بروفيسورة بيشاي. نتشرف باستضافتك في هذا العدد الثاني من مجلتنا "مسارات في الفيزياء" الصادرة عن الجمعية العربية للفيزياء لديك مسيرة علمية متميزة للغاية، فأنتِ عملتِ وتعملين في بعض أهمّ مختبرات فيزياء الجسيمات في العالم: أولاً، في مختبر فيرمي-لاب، مع تجربة التيفاترون، ثم مختبر بروكهافن الوطني، حيث أنت الآن مسؤولة عن فريق عمل تجربة "دون" (DUNE) والبالغ 1400 عضو. بالإضافة إلى ذلك، شاركتِ في العديد من تجارب النيوترينو المهمة وفي جميع أنحاء العالم، مثل تجربة دايايبي (DayaBay) التي حصلتِ بالاشتراك مع فريق عملها على جائزة Breakthrough في العلوم الأساسية في عام 2016. كما أنك أيضاً زميلة في الجمعية الأمريكية للفيزياء منذ عام 2014.

دعيني أقدم مجلتنا بإيجاز، إنها تهدف إلى شرح البحوث المتقدمة في العلوم الفيزيائية للجمهور العربي، وتصدر عن الجمعية العربية للفيزياء الملتزمة بنشر المعرفة العلمية وتعزيز الفهم العام للفيزياء في العالم العربي

أنا عادل عوض، ومعني دانا عبد الغني، من فريق التحرير في المجلة، نحن سعيدان جداً بلقاءك دعيني أبدأ بالسؤال التالي: هل يمكنك أن تعطينا نظرة عامة موجزة عن مسيرتك الشخصية في فيزياء الجسيمات التجريبية منذ دراستك الجامعية ولغاية تولّي مسؤولية منصب المتحدث الرسمي لتجربة DUNE؟

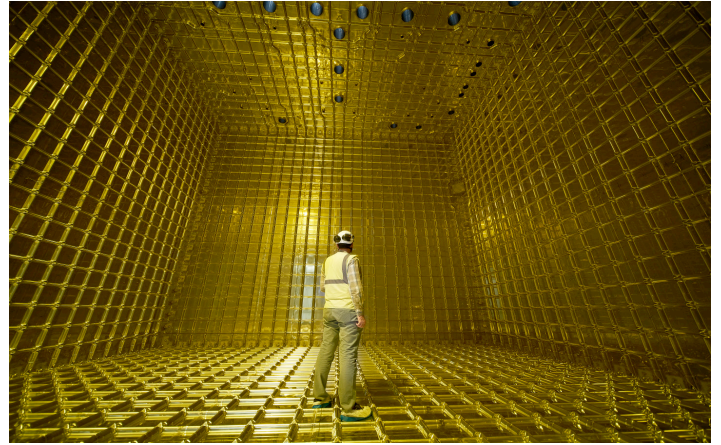
ماري: بدأت مسيرتي الجامعية في الجامعة الأمريكية في القاهرة ثم انتقلت في السنة الثالثة



التيافاترون في مختبر فيرمي. [ويكيبيديا](#)

من أعمامي -وحتى والدي- كان حائراً على شهادة الدكتوراه، فإنني أعتبر هذا الحدث بداية الرحلة التي انتهت بي إلى أن أكون باحثاً في مرحلة ما بعد الدكتوراه في التيفاترون. وأنا لا زلت أحتفظ بذلك العدد من مجلة ناشونال جيوغرافيك، وأشكر عقبي لأنني بفضلها تعرّفتُ إلى هذا المجال من البحوث **داننا:** كوني خريجة فيزياء أبحث عن مواصلة دراستي، فإنني أتساءل دوماً كيف يختار الناس مجال اهتمامهم بسرعة بعد التخرّج. لماذا اخترت فيزياء الجسيمات؟ ما الذي لفت انتباهك في هذا المجال؟ **ماري:** ساعدني والدي بتأمين بيئة مُشجّعة للعلم والقراءة في المنزل. بعد انتقالي إلى الولايات المتحدة كطالب جامعي، تحدّثت مع أساتذتي فتقدّمتُ بطلب للحصول على درجة الدكتوراه في المعهد المعني اعتماداً على قراءاتي وفهمي للاختلافات بين العلوم الأساسية والتطبيقية. أعتقد أن الشباب اليوم يحصلون على المعلومات من الإنترنت ويشاهدون مقاطع فيديو YouTube و TikTok. في أيامي، كنتُ محظوظةً بأن لدي والدين اشتريا لي مجلات وكتباً علمية لكي أتمكّن من تعليم نفسي لأنه لم تكن لدينا إمكانية الوصول إلى الإنترنت. وبالطبع، كانت هناك برامج علمية -مركّزة

تجربة النيوترينو ذات الخطّ القاعدي الطويل (Long Baseline Neutrino Experiment LBNE) في الولايات المتّحدة، حيث عاصرت نموّ مشروع التجربة منذ بدئه كفكرةٍ اقترحها زميلي ميلان ديوان وآخرون لغاية اليوم باسمه الجديد تجربة النيوترينو عميقاً تحت الأرض ((Deep Underground Neutrino)



كاشف في تجربة الـ DUNE. [CERN](#)

Experiment DUNE). تمثّل هذه التجربة مشروع تعاونٍ دوليٍّ كبير يجمع جهود العلماء التجريبيين في الولايات المتحدة وأوروبا وجنوب إفريقيا ويهدف إلى تحقيق إرسال حزمة نيوترينو من مختبر فيرمي والكشف عنها بكواشف موجودة على بعد 1300 كيلومتر في منجم عميق في ولاية داكوتا الجنوبية. أستطيع القول إن رحلتي في فيزياء الجسيمات بدأت في عمر الخامسة عشر عندما قدّم لي عقبي الدكتور حلمي ببشاي -وهو عالمٌ أحياء مشهور في مصر متخصّص في أسماك المياه العذبة ولديه العديد من الدراسات الرائدة في هذا المجال- عددًا لمجلة ناشونال جيوغرافيك National Geographic كان لديه حينها، فقرأت فيه مقالاً عن فيزياء الجسيمات يتحدّث عن التيفاترون، وعن مخبر السيرن، وقررت أن هذا ما أريد أن أفعله. وحيث أن العديد

يكون محمياً من الأشعة الكونية- في ما كان منجماً للذهب في ولاية جنوب داكوتا. هذه كانت التجربة الشهيرة التي قام بها راي ديفيس من مختبر بروكهافن الوطني، درس فيها نيوتريونات من الشمس وقام بإحصاء عددها المنتج هناك. لقد كان هناك اختلاف بين ما تم إنتاجه وما تم كشفه، وهذا الفرق نجم لأننا كنا نبحث عن تفاعل كيميائي ينظر بشكل مُحدّد إلى تفاعل نيوتريونات الإلكترون.

استنتجت التجارب اللاحقة في اليابان أن النيوتريونات فعلاً تتغير من هوية (نكهة flavor) إلى أخرى. وقد اقترن هذا الأمر مع وجود أنواع عدّة للنيوتريونات. مثلاً، اكتشفت تجربة في مختبر بروكهافن وجود نيوترينو يرتبط بالتفاعلات المنتجة لميون فأطلق عليه اسم نيوترينو الميون، ثم كانت هناك تجارب في مختبر فيرمي اكتشفت أيضاً النيوترينو الثالث المرتبط بلبتون التاو الأثقل من بين اللبتونات الثلاثة: الإلكترونات والميونات والتاوات. نعلم الآن أن النيوتريونات تنتقل من نوع إلى آخر، ولكل نيوترينو هوية، فإما أن تكون إلكترونية أو ميونية، أو ناونية. يعني ذلك أنه عند حدوث التفاعل مع النترينو فإن الناتج دوماً هو إلكترون أو ميون أو تاو وفقاً لكون نترينو التفاعل جسيم نترينو إلكترون أو نترينو ميون أو نترينو تاو على الترتيب، وبشكل مُشابه إذا صدر لدينا مضاد إلكترون فهذا يعني أن التفاعل قد جرى مع مُضاد نترينو إلكترون، وهكذا.

نعلم الآن أن كل هوية-نكهة في الواقع هي تراكب من ثلاث حالات كمومية كل منها يتميّز بقيمة محدّدة للكتلة، والتمازجات المتباينة لهذه الحالات الكتلية تتوافق مع النكهات المتنوّعة للنترينو. عندما تتحرك هذه الكتل المُكوّنة لتراكب النترينو

أساساً على الطّب- تُعرَض على التلفزيون المصري، شاهدتها على قنّتها

عادل: هل يمكنك إعطاء قرّائنا في العالم العربي نظرة عامة على التجارب النيوتريونية التي تشاركين فيها حالياً وما هي أهدافها؟ هل يمكنك أن تشرحي للمهتمّين بالعلوم كيفية استخراج إشارات الفيزياء الجديدة من تجارب النيوترينو؟ وكيف يمكننا استخدامها للتمييز بين نماذج النيوترينو المختلفة؟ **ماري:** نعلم أنه إذا وضعت يدك خارجاً، ستضربها 10 مليارات نيوترينو قادمة من الشمس. إذن، النيوتريونات متوافرة بكثرة، وهي جسيمات معتدلة كهربائياً وخفيفة جداً يتم إنتاجها في عمليّات الانشطار والاندماج النوويّين. هذه قصة النيوتريونات التي لعبت دوراً رئيسياً في حصول مختبر بروكهافن على جائزتي نوبل (1988 و2002)، وتُجرى حالياً تجربتان (ICARUS, SBND) بالتعاون بين مخبري فيرمي وبروكهافن.

بدأ العمل بناءً على فكرة استخدام النيوتريونات لفهم الشمس، لأنها جسيمات تتأثر وتتفاعل بضعف شديد. يمكنك دراسة النيوتريونات من الشمس وتحديد توزيع طيف طاقتها لمعرفة نوع الوقود الذي يحترق داخل الشمس. إذا نظرت فقط إلى ضوء الشمس أو المجرات أو الظواهر الفلكية الأخرى مثل نجم ينفجر كمستعرٍ فائق (سوبرنوفا)، فستشاهد ما يحدث على السطح فقط. أمّا إذا أردت رؤية العمليّات التي تحدث داخل الشمس أثناء احتراقها أو انفجارها، فالنيوتريونات أداة سبرنا هنا -لضعف تفاعلاتها أثناء تسلّقها للسطح- وهذا سبب اهتمامنا بها.

من خلال هذه الدراسة، تم وضع كاشف كبير على بعد مسافة كبيرة (1.5 كم) تحت الأرض -بحيث

في أعماق الأرض هو البحث عن الاختلاف بين اهتزازات وتأرجحات نكهات النيوتريـنو وموافقاتها للنيوتريـنو المضاد، وأيضاً استخدام هذا الاختلاف للبحث عن شيء آخر.

بالطبع، سوف نخبرنا هذه التداخلات ما إذا كانت الحالة الكتلية الثالثة أثقل أم أخف من الحالة الأولى. علاوةً على ذلك، قد نستطيع تحديد ماهيةً مكوّنات الحالة الكتلية الأولى أو الثانية أو الثالثة. أعني هنا أننا نعلم أن الجسيمات تأتي ضمن عائلات أو أجيال generations، فالإلكترونات من العائلة الأولى في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، أمّا الميونات والتاوات فتنتهي للعائلة الثانية والثالثة، وبالتالي، نعلم أن ما نسميه الحالة الكتلية الأولى للنيوتريـنو تحتوي في الغالب على نترينو إلكترون، لذا إذا اتبعنا النموذج كما في القطاع الكواركي، سنجد أن العائلة الدنيا وبالتالي الكتلة الأولى هي الأخف وزناً، تليها الكتلة الثانية فالثالثة. هذا ما نسميه الترتيب الطبيعي normal ordering للنيوتريـنو، وتوافق كون الحالة الكتلية الثالثة، المحتوية على أجزاء متساوية تقريباً من نيوتريـنو التاو ونيوتريـنو الميون المنتمين للعائلتين الثانية والثالثة، هي الأثقل، وبالتالي تتبع ترتيب الكتل الطبيعي مثل الكواركات.

إذا لم يكن الأمر كذلك، فسيكون الترتيب معكوساً (مقلوباً inverted). يُثير الترتيب المعكوس الاهتمام، لأن كل شيء يتعلق بالنيوتريـنو مختلف جداً عن القطاع الكواركي، وحقبةً امتلاكه كتلةً بالفعل تُعتبر فيزياء خارج النموذج القياسي، كما أن حقيقة كون اختلاطات حالات نكهاته تكاد تكون قصوى هي شيء شديد الاختلاف عن الكواركات، حيث الاختلاط صغير ولكنه موجود. لذا التناظرات الحاكمة

الكمومي فإنها تتحرك بسرعات مختلفة، وبالتالي تتغير التركيبة الكتلية للنيوتريـنو، أي يمكن لنكهة النيوتريـنو أن تتغير من واحدة إلى أخرى. هذا التداخل الكمومي ظاهرة فريدة ومميّزة جداً للنيوتريـنو بسبب كتلته المنخفضة كثيراً، حيث يمكن ملاحظة هذا التداخل على مسافات طويلة جداً، بالرغم من أن قيم الكتل صغيرة جداً.

نتحدث هنا عن الفرق بين أخف كتلة وأثقل كتلة. نحن لا نعرف الكتلة المطلقة للنيوتريـنو، ولكن نعلم أنها أقل من نصف إلكترون فولت. يبيّن لنا الفرق بين كتلتين الحاليتين الثالثة والثانية وجود قيمة كتلية على الأقل 0.05 إلكترون فولت وقد تصل إلى 0.5 إلكترون فولت. نحن نعرف الفروق بين قيم كتل الحالات الكتلية، ولكننا لا نعرف الكتلة المطلقة للحالة الأخف وزناً، وهذا هو أحد الأمور التي نحاول تحقيقها.

حالياً، نركّز في دراساتنا على كيفية امتزاج النيوتريـنويات ومضاداتها فيما بينها لمعرفة ما إذا كانت هناك أدلة على تفاوتات وتخالفات كبيرة بين المادة ومضادها. نعلم من قطاع الكواركات وامتزاجها الأصغر بكثير من ذلك الذي للنتريـنو، أن هناك فرقاً بين تجلّي المادة والمادة المضادة، ولكن الفرق صغير جداً لا يكفي لتفسير سبب امتلاء الكون بالمادة. لذا، نحن نبحث فيما إذا كان للنيوتريـنو تفاوتات أكبر في طريقة امتزاج النيوتريـنويات ومضاداتها، فإذا كان هناك تخالف كبير، أمكن لذلك أن يعطينا إشارة عن نوع الفيزياء التي تؤدي إلى سيادة المادة على مضادها في الكون.

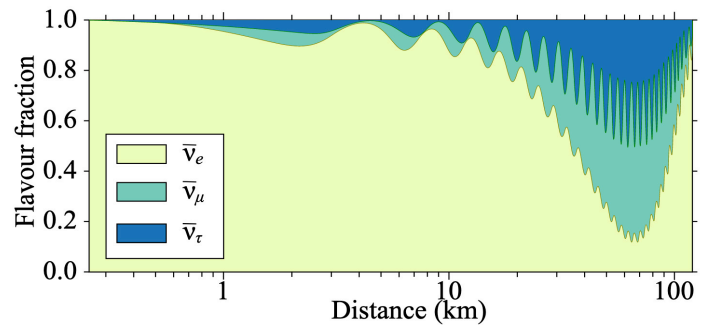
ولكن في الوقت الحالي، الحافز الأكبر وراء تجارب النيوتريـنو الضخمة بما فيها تجربة النيوتريـنو

يستجيب بها الناس للقادة من النساء والرجال، وحتى كيفة الوصول إلى تلك المناصب، إذ يبدو أن على القادة النساء إثبات أنفسهن بشكل أكبر، كما أنهن يعلن إلى تبرير آرائهن بشكل أكبر من زملائهن الرجال. يمكن اعتبار هذه الأمور عقبات، ولكن من ناحية أخرى، أعتقد أنها تجعلك عالمة وقائدة أفضل إذا كنت حذرة فيما تقولينه، وإذا كنت أكثر إقناعاً. لذا يجب علينا ألا نأخذ ببساطة ما يقوله البعض عن الإدارة لأننا على دراية بطريقة تفكيرهم أو لأنهم ذكور أو إناث، بل يجب دوماً تفحص ذلك، وكمديرة فريق عليك الإصغاء لآراء الآخرين ثم تبرير القرارات التي تتخذينها. لذلك، نعم أعتقد أن هذا النوع من التحدي يجعلنا علماء أفضل. ولكن من ناحية أخرى، من الأسهل أحياناً تبوء منصب المدير لو كنت رجلاً وذلك بسبب التحيز الضمني لدى الجميع - بما في ذلك النساء أيضاً - تجاه كيفة تصرف المدراء وكيفة إثبات قيادتهم وسلطتهم

عادل: في هذا الصدد، هل أثرت نشأتك في إفريقيا، أولاً في في نيجيريا ثم في مصر، على اهتمامك بالعلوم؟ بمعنى آخر، هل كان لديك تعرض كافٍ للعلوم كمراة في هذين البلدين؟ وما هي النصائح التي يمكنك تقديمها للأهل من أجل إبقاء أبنائهم مهتمين بالعلوم؟

ماري: دعني أقل إن جيلي -جيل إكس X كما يسمونه- كان مختلفاً إلى حد ما، من حيث أن فرص الاطلاع على العلوم كانت أقل بكثير. ولكنني ذهبت إلى المدرسة الابتدائية في نيجيريا، ما أعطاني خلفية رياضية ممتازة، فقد وفرت لي مدرستي تدريباً رياضياً جيداً، كما كان معلّمو الرياضيات رائعين عندما جئت إلى مصر، على الرغم من أن المناهج الدراسية

في قطاع النيوتريينو مختلفة جداً عنها في قطاع الكوارك لذلك نريد أن نعرف ما إذا كانت الاختلافات فعلاً قصوى عند النيوتريينو، وما إذا كان ترتيب الكتل طبيعياً كما في الكواركات، أم أنه مختلف. هذه هي الأسئلة التي نحاول الإجابة عليها من خلال دراسة تذبذبات النيوتريينو في تجارب مثل تجربة النيوتريينو عميقاً تحت الأرض، وتجارب معاملة في اليابان حيث تصدر النترينوات عن مسرعات. أمّا في تجربة داياياي Daya Bay الصينية، فيدرس الاختلاط على مسافات أقصر من كيلومتر لنترينوات صادرة عن مفاعلات نووية: في حالة واحدة تُدرس تذبذبات النيوتريينوات (ومضاداتها) الميونية، وفي حالة ثانية ندرس تذبذب



تذبذب واهتزاز النيوتريينوات. [ويكيبيديا](#)

نيوتريينوات الإلكترون المضادة الصادرة عن المفاعلات **دانا:** هل واجهت أي عقبات في مسيرتك المهنية كامرأة في مجال العلوم؟ وإذا كان الأمر كذلك، فكيف تعاملت معها؟

ماري: بشكل عام، لا تشعرين بالكثير من العقبات عندما تكونين أقل خبرة. أعتقد أنه ليست هناك عقبات كثيرة، ولكن هناك اختلافات في الطريقة التي تصبحين فيها أكثر خبرة، وتبدئين في تبوء مناصب قيادية. هناك اختلافات في الطريقة التي

المصادر التي سيجدون فيها شروحاتٍ عنها عندما كنتُ في جنوب إفريقيا، وجدتُ أنه كان لديهم متحفٌ علومٍ رائع، يُحضرون إليه الطلاب، ويوفِّرون فيه برامج محاضرات عامة. يمكن إذن جعلُ المدارس -سواء أكانت خاصة أم حكوميَّة- تخدم بيئاتٍ فقيرة- تنخرط في مثل هذه النشاطات التي يمكن أن تؤمِّن المراجعَ ومحاضراتٍ عاقبةً يُلقيها ضليعون بالعلم، ممَّا يمكن أن يجذب انتباه الطلاب، ما يجعلهم يبحثون لاحقاً على هواتفهم عن المزيد. ولكن يجب أولاً تأمين هذا الطريق الابتدائي، أي المكان الذي يوفِّر فرص إعطاء الأفكار العلميَّة بطريقة ممتعة وهذا هو الجميل في متاحف العلوم أو إعطاء المحاضرات في المختبرات. صحيحُ أن هذه الأماكن قد لا تتسع للجميع، ولكن يمكن للطفل التلميذ قضاء بعض الوقت في مراكز كهذه تمَّ إنشاؤها بطريقة تجذب اهتمامه، كما يمكن أن يُعتبر ذلك جزءاً من النشاط في المنهاج الدراسي. أعني، كما قلتُ، أحياناً ليس لدى المدارس القدرة على الحصول على المزيد من الأموال، ولكن من خلال المشاركة بمثل هذه النشاطات يمكنها جذب الطلاب إلى العلم وتشجيعهم على الانخراط في فعاليَّاته بشكل أفضل.

دانا: ما هي النصيحة التي تقدميها للفيزيائيين الشباب الذين يطمحون إلى بناء حياة مهنية في العلوم، وخاصةً النساء؟ كيف يمكن للبلدان النامية، وخاصةً العربيَّة، أن توفر للنساء المزيد من الدعم والفرص للمشاركة بشكل أكبر في مجالات العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات؟

ماري: أعتقد أنه فيما يخص مجالات مثل الطب والهندسة فإننا لا تحتاج لفعل الكثير من أجل

وفقاً للطريقة التي كانت تُدرَّس بها في ذلك الوقت- كانت ثابتة غير ديناميكيَّة. هذه هي الحقيقة، أليس كذلك؟ عندما كنتُ في المدرسة، شكَّلت طريقةُ تدريس الفيزياء والرياضيات في المناهج الحكوميَّة مشكلةً كبيرة، فقد كنَّا نُلقن طريقة الحل دون وجود فرصة لفهم المفاهيم أو مناقشتها بشكل جيِّد. ومع قولي هذا، كان معلِّمو الرياضيات والفيزياء رائعين، بعضهم كان يشرح من خارج المنهاج ليثير الاهتمام فينا.

لكن الأهمُّ من ذلك كان دعمٌ والديَّ لي. أعتقد أن معظم الأهلالي اليوم يقفون وراء أطفالهم. نعم، لأن الجميع أكثر وعياً بما يحدث، وذلك بسبب إمكانية الوصول إلى الإنترنت، فهناك الكثير من الفرص لتعلُّم المزيد

على سبيل المثال، أنا مُحاضرةٌ في المدرسة الإفريقية للفيزياء، التي بدأها أحد زملائي ك تعاونٍ مشترك بين الولايات المتحدة وأوروبا وتُعد كلُّ عامين منذ عام 2000. نقوم هناك بإعداد محاضرات في الفيزياء الأساسية، ونختار الطلاب من خلفيات أقلَّ تمثيلاً وحظوظاً. لقد جئتُ من خلفية ميسورة الحال، إذ ذهبت إلى مدارس خاصة، وكان والديَّ ثريَّين نسبياً، وقَّرا لي الموارد التي لم أكن أستطيع الحصول عليها لوحدتي. لكن ما نراه اليوم هو أنه بسبب انتشار الإنترنت، يطلع الأطفال -حتى بطريقة بسيطة من خلال المدارس أو نوادي العلوم- على الكثير، فيمكنهم البحث عمَّا يثير اهتمامهم واستكشاف الإنترنت من أجل التعلُّم، بل وحتى -كما تعلم- يمكنهم أخذ دورات تعليمية إذا لزم الأمر. لقد أضى أمر التعليم أسهل من قبل، ولكن أعتقد أننا يجب أن نبدأ بتقديم المفاهيم وإطلاع أطفالنا على

من أجل التدريب على التقنيات المتقدمة للتعليم بواسطة الآلة. أعني أنه عبر التطبيق فإنك لا تتعلمين علم الحاسوب بل كيفية تطبيقه على مسألة أمامك بطريقة إبداعية لم يستخدمها أحد من قبل.

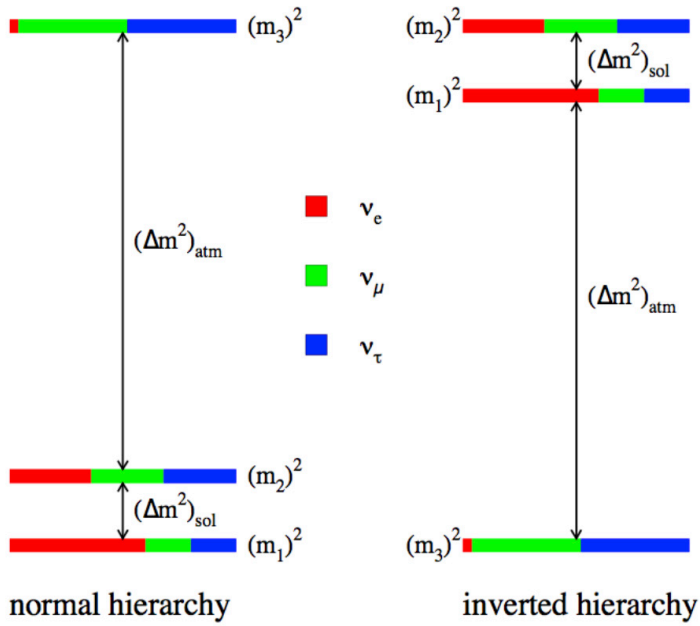
لذلك، يكمن جزء من الإجابة على سؤالك في إقناع الناس بأن هذه المهارات مفيدة. وعندما تُشرك الشباب، فافعل ذلك بالمساواة. لا يهم ما إذا كنت ذكراً أم أنثى أو ما هي خلفيتك، فأياً كانت بينك -سواءً أأنت من مدرسة فقيرة أم غنية، أو من أي شيء آخر- الموهبة هي فرصة عالمية وكنز شمولي. في الواقع، ستجدين أن الأشخاص الأقل امتيازاً هم الأكثر موهبةً أحياناً لأنهم أكثر طموحاً ولديهم حافز أكبر لتحقيق الذات بمواجهة الظروف الصعبة. لذلك، علينا إيجاد طريقة لتحديد المواهب وفعل ذلك بطريقة حيادية لا تتعلّق بماهيتك، لا تفرق ما إذا كنت ذكراً أم أنثى

عادل: بالعودة إلى فيزياء النيوتريانو، ماذا كانت أفضل تجربة بحثية شعرت فيها بالفضول والحماس الأكبر؟ ما هي تجارب النيوتريانو المستقبلية في العقد القادم؟ وما هي أهدافها؟ هل تمكّننا من تحديد طبيعة النيوتريانو: أهى ديراك أم ماجورانا؟ وتراتبية كتله: أهى طبيعية أم معكوسة؟

ماري: حسناً، أعتقد أن رحلة مهنتي منحنتني رضى وإحباطاً بقدرين متساويين. لقد كنتُ محظوظةً للغاية بانضمامي إلى مختبر بروكهافن في الوقت الذي بدأت فيه فكرة ما غداً بعدها تجربة DUNE تتطور. لقد مثل الأمر تحدياً لأنه استغرق 20 عامًا، فهو مشروع ضخم جدّاً، تصل كلفته إلى مليارات الدولارات، ويشمل العديد من البلدان، وبالتالي فهو تحدٍ كبير جدّاً. أولاً، أحببتُ جدّاً عملي عندما

تشجيع الطلاب على دراستها، فأغلبيتهم تضع هذه المجالات في مقدمة طموحاتها، ولكن لا بدّ من النضال لجعلهم يقدّرون ويدرسون العلوم الأساسية، بسبب غياب الفهم لما يعنيه التدرّب والتمرّن في العلوم الأساسية. تميل أسواق العمل لدينا في الشرق الأوسط وإفريقيا إلى أن تكون مُحدّدة للغاية، فربّ العمل يقوم بتوظيف هذا الشخص الذي يجب أن يعرف ذلك الأمر تمامًا. في الولايات المتحدة، لا تهتمّ سوق العمل تمامًا بما تعرفه، بل بمدى إبداعك وقدرتك على التعلّم، لذلك، فهي أكثر اهتماماً بإجرائية تفكيرك. يعني هذا الأمر أنه من أجل تحقيق التقدّم في ثقافتنا علينا إدراك أنّ تعلّمنا للعلوم الأساسية يزوّدنا بطريقة تفكير ومقاربة معيّنين، وأن هذا الأمر أكثر مرونةً بدرجات من أن تكون مُدرّباً للقيام بعمل مُحدّد في مجال معين.

كما تعلمين، فإن الهندسة أيضًا تتطلّب أيضًا في جزء منها الإبداع لتكون قادرةً على التقدّم وتطبيق مفاهيم العلوم الأساسية هذه. لذلك، أعتقد أن تحقيق التقدّم يتطلّب إدراك قيمة تعليم العلوم الأساسية، وأن الكثير منها -وهذا ينطبق بشكل خاص على فيزياء الجسيمات- يمثّل مجالاً واسعاً رجباً قد لا يكون مُحدّداً تمامًا مثل علوم الهندسة. أنا مثلاً فيزيائية تجريبية، وأحتاج لتطوير مهارات تجريبية. عليّ أن أعرف القليل عن الإلكترونيات، وعن تصميم الكواشف، كما يجب أن أعرف الكثير عن تحليل المعطيات، وهذا مجال اهتمام كبير في مجتمعاتنا، إذ نحتاج لأشخاص قادرين على الإبداع فيما يُسقى المعطيات الضخمة، أي في كيفية فهم المعطيات وتحليلها، فهذا مجال عمل جيّد للغاية



مسألة تراتبية كتل النيوتريينو. [ويكيبيديا](#)

توجد نوى خاصة يمكنها Double Beta Decay $0\nu\beta\beta$. عندما تُجرى تحلل بيتا الإشعاعي مُصدرة إلكترون ونيوتريينو أن تعود وتمتص الأخير -من خلال تحلل بيتا المعاكس- إذا كان النيوتريينو مُطابقاً لمضاده، أي في حال كان النيوتريينو ومضاده الجسيم نفسه أمكن لفئة مُحددة من النوى أن ينبعث منها إلكترون عندما تتحلل مع نيوتريينو تقوم بامتصاصه بسبب كونه جسيماً مضاداً وينبعث إلكترون آخر عند هذا الامتصاص. هذه هي تحللات بيتا المُضاعفة دون إصدار نيوتريينو. سيكون للتجارب المستقبلية حساسية تسمح بتحديد وجود مثل هذه التحللات. كما تعلم، تحاول بعض التجارب تحديد كتلة النيوتريينو من خلال دراسة كيفية انبعاث الإلكترونات ذات الطاقات الأعلى في تحلل التريتيوم، فتُسقى تجارب نقطة النهاية endpoint، وهي تجارب فريدة وصعبة الإنجاز إلى حد كبير. فإذا كان ترتيب الكتل معكوساً -وهذا أمر سنعلمه من DUNE أو في نهاية المطاف من JUNO- فإن هناك إمكانية لأن تكون تجارب نقطة النهاية حساسة للغاية وقادرة على إصدار إفادة حاسمة

التجربتان مختلفتان كثيراً، ولذلك نرغب في أن ندر على قياس تسلسل الكتلة الهرمي بهاتين الطريقتين. وبالتالي، خلال السنوات الأولى لتشغيل الـ DUNE، التي ستبدأ حوالي عام 2031، ستكون لدينا قياسات باستخدام تذبذبات واهتزازات النيوتريونات الميونية إلى النيوتريونات الإلكترونية عبر مسافات طويلة جداً، من خلال النظر إلى تعزيز في هذا الاهتزاز ينجم عن تبعثر نيوتريونات الإلكترون في الأرض. أو في الطريقة الأخرى- يمكننا النظر إلى الطور في تجربة JUNO، فإذا رأينا فرقاً عن السائد، استنتجنا أن هناك أمراً ما يحدث عندما ينتقل النيوتريينو عبر المادة، وسيكون هذا أمراً مثيراً جداً للاهتمام. لذا، ستكون قياسات الـ DUNE خلال السنتين الأوليين ذات مدلولية إحصائية كبيرة، بينما ستستغرق معطيات الـ JUNO وقتاً طويلاً لأن القياسات هنا دقيقة جداً تتطلب جهداً كبيراً قبل الوصول إلى تحديد طريقة القياس القاطعة. الشيء المثير للإعجاب هو الجمع بين هاتين الطريقتين في نهاية المطاف، ولكننا نعتقد أن إتمام القياسات الحاسمة سيتحقق خلال السنوات الأولى من العقد المقبل، وبعد ذلك ستبدأ بيانات الـ JUNO في بلوغ المستوى نفسه من الدقة، أي ما يتجاوز 3 سيغما، وعندها يمكن النظر في معطيات كلتا التجريبتين المهتمتين جداً.

أقاً بالنسبة للسؤال عن طبيعة النيوتريينو، ماجورانا مقابل ديراك، فهذا أمر مُعقد إلى حد ما. يتعلّق الأمر بتحديد فيما إذا كان النيوتريينو (وبالتحديد، حالته الكمومية ذات القيمة المُحددة للكتلة) مُطابقاً لمضاده.

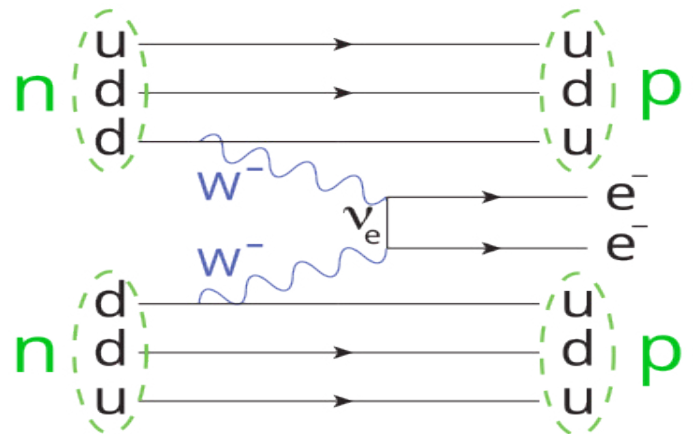
إذا كان ترتيب الكتلة مقلوباً، فهناك تحللات بيتا المضاعفة دون إصدار نترينو Neutrinoless

التجربة، ولكن من خلال مشاركتي فيها، رأيت كيف تطوّرت الصين -هذا البلد الضخم- بشكلٍ كبيرٍ وسريعٍ جدًا في العلوم الأساسية. وبالمثل نرى كيف تقدّمت بعض البلدان النامية مثل البرازيل والهند المُشاركة في تجربة DUNE في هذه العلوم.

أعتقد أن العالم العربي متأخر قليلًا في مجال العلوم الأساسية، ولكن المال وحده ليس الحل. أعتقد أن فيزياء الجسيمات تُشكّل حالةً فريدةً من حيث إمكانية الانضمام إلى أي من هذه التجارب الضخمة -سواء في CERN أو DUNE أو تجارب أخرى في الولايات المتحدة- بتكلفة متواضعة. نعم، أنت بحاجة إلى بعض المال تدفعه مقابل الانضمام، ولكن يمكنك الوصول إلى كل تلك الخبرة ومجمل تلك البيانات باستثمارٍ متواضع، صحيح؟ نفقةٌ قليلة ولكن لا يمكن أن تكون صفرًا، فغالبيتنا في معظم الدول العربية قد تقول: "نحن فقراء، أعطونا هذا" لا، لا تجري الأمور هكذا، بل على البلاد العربية أن تقبل بالقيام باستثمارٍ متواضعٍ نسبيًا، وفيزياء الجسيمات فريدة في هذا الصدد. إنها تقدم لك فرصةً الانضمام كمهندس وليس فقط كعالِم، فهناك الكثير من الهندسة وتصميم الأجهزة هناك، كما أن هناك فرصةً لمشاركة العلماء في كثير من العلوم الحسابية، ولكن كل ذلك يحتاج بعض الاستثمار ويتطلّب السماح بالسفر والقدرة عليه. يجب أن تكون قادرًا على دفع تمويل مشترك، من رتبة عدة آلاف دولار لكل طالب دكتوراة لضمان إمكانية الوصول إلى المعطيات كجزءٍ من فريق العمل. إذن، التمويل ليس المشكلة في مجال فيزياء الجسيمات، التي تتطلب بعض الإنفاق، ولكنها تقدّم فرصًا فريدة، لذا يجب أن نكون مستعدين لذلك

بشأن ما إذا كانت النيوتريونات ذات طبيعة ديراك أم ماجورانا، لأنها ستلاحظ عمليات تحلل $0\nu\beta\beta$ المُنتجة لأشعة بيتا -أي إلكترونات ذات العلامة الفارقة. إنه قياس دقيق جدًا، ولكن أهمية الترتيب المعكوس تنجم عن أن مثل هذه التجارب قادرة في حالته على الإقرار برصد تحلل $0\nu\beta\beta$ الموافق للعائلة الثالثة أم لا.

أولًا إذا كان الترتيب طبيعيًا، فإن عمليات تحلل $0\nu\beta\beta$ هذه يمكن أن تكون في أي مكان، وقد يتجاوز كشفها حساسية الجيل القادم من التجارب، وقد لا نعرف أبدًا -في حال كانت الكتلة صغيرة جدًا- من حيث أن هذه التجارب لن تقدر على استشعار تحلل



تحلل بيتا المُضاعف دون إصدار نيوترينو. [ويكيبيديا](#)

$0\nu\beta\beta$.

دانا: في رأيك، ما الذي يحتاجه العالم العربي لتطوير العلوم؟ هل هو التمويل، التعليم أم رفع الوعي بأهمية العلوم؟

ماري: أعتقد أنه يحتاج إلى جميع هذه العوامل الثلاثة. بالرغم من تشرفني بحيازة جائزة الـ Breakthrough كعضوة في فريق عمل تجربة DayaBay، إلا أنني كنت مجرد شخصٍ وُجد من أصل 200، ولم أسهم شخصيًا بشكل كبير في تلك

السؤال بالفيزياء خارج التوسعة البسيطة للنموذج القياسي المتضمنة لكتل النيوتريونات **ماري:** إذن، تقع النيوتريونات فعلاً خارج النموذج القياسي لأننا لا نفهمها، لذلك حتى التوسعة البسيطة للنموذج القياسي لديها بعض التنبؤات التي يمكن اختبارها. هناك البعض - في تجارب من مثل DUNE وتجارب أخرى في CERN- يبحث عن أشياء من مثل ما ندعوه لبتونات حيادية ثقيلة يمكن أن تكون جزءاً من تلك النماذج المسماة "بنماذج الأرجوحة seesaw" والتي تمثل توسعةً للنموذج القياسي. لذلك، أعتقد أنه إذا عدنا إلى الأساسيات، فقط لشرح السبب وراء وقوع النيوتريونات خارج النموذج القياسي، فإننا نعلم- عد اكتشاف جسيم الهيغز بكتلة قريبة مما تنبأ به النموذج القياسي انطلاقاً من كتلة بوزونات W&Z - أن هناك آلية لتوليد كتلة الجسيمات، لكن النيوترينو أخف بمقدار مليوني مرة على الأقل من أخف جسيم -وهو الإلكترون-، ما يعني أنه لا يمكن الحصول على كتلته مباشرة من بوزون هيغز.

لذا، هناك نظريات تتوقع وجود نيوترينو من نوع جديد، لبتون حيادي ولكن ثقيل و"عقيم"، أي لا يتفاعل مع المادة العادية، بل يتصل بواسطة فيزياء جديدة لا نعرفها -تُسمى آلية الأرجوحة- بالنيوترينو الخفيف الذي نراه. لذا، هناك توقعات بإمكانية مشاهدة هذه اللبتونات الحيادية الثقيلة، وبعض باحثي الـ DUNE وحتى تجارب الـ LHC يبحثون عن أدلة على ذلك. يمكن للنيوتريونات أيضاً أن تكون جزءاً من مشهد الجسيمات وفق التناظر الفائق Suzy، وإن كانت هذه الإمكانية شيئاً فشيئاً تُستبعد. السؤال الأكبر بالطبع هو انتهاك تناظر الـ CP

هناك عدة دول عربية وأفريقية مثل المغرب والجزائر ومصر وجنوب أفريقيا لها مشاركة كبيرة في المصادم الهادروني الكبير (LHC) في السيرن، ودول صغيرة مثل مدغشقر تشارك في مشروع DUNE. إذن هذه الدول مُشاركة، ولكنها لا تحصل دائماً على المبالغ المتواضعة -ولكن الغير معدومة- المطلوبة لإرسال المزيد من الطلاب.

لا يوجد الكثير من الفهم للطبيعة التعاونية في بحوث فيزياء الجسيمات، ومن الصعب جداً تبريرها لوكالة التمويل الخاصة بك، عندما تطلب منها -مثلاً- عدّة آلاف دولار لكي تشارك في تجربة معينة. لذا، يجب تغيير هذه المفاهيم، ويجب أن تتغير لأن هناك فرصة رائعة للانضمام إلى مثل مشاريع التجارب الضخمة هذه، وجزء مما يجب تغييره هو فهم احتياج إنجازاتها الهندسية وعلومها الحسابية ومجموعة المهارات المكتسبة من خلال الانضمام لها والمشاركة بها إلى استخدام المعرفة في العلوم الأساسية.

الانضمام وحده لا يكفي، بل يتطلب أيضاً مزيداً من المشاركة ومساهمة أكبر من جانب مجموعات بحثية، وهذا يستغرق كلاً وقتاً، ولكن البداية الأولى تكمن في إقناع الحكومة بأن هذه فرصة فريدة -يمكن تحمّل تكلفتها بشكل معقول- لأن نكون جزءاً من إنجاز هندسي وعلمي لا يُصدّق ولاكتساب مجموعة من المهارات القيمة جداً التي لن تستطيع الحصول عليها في أي مكان آخر **عادل:** لنعد مرة أخرى إلى فيزياء الجسيمات. هل ستساعدنا معرفة المزيد عن فيزياء النيوترينو في فهم المزيد عن الفيزياء خارج النموذج القياسي؟ إذا كانت الإجابة بنعم، فكيف يحدث ذلك؟ يتعلّق

يفني بعضها بعضًا -ولنقل في الشمس- ما يُنتج نيوتريونات يمكن كشفها في الكواشف الكبيرة، مثل كاشف المكعب الجليدي في القطب الجنوبي الذي يُعدّ واحدًا من أروع تجارب النيوتريانو التي يمكن أن تتخيلها، يبحث عن نيوتريونات ذات طاقة عالية جدًا وبما ينعكس على الفيزياء الفلكية. يمكنك أيضًا البحث عن بصماتٍ للمادة المظلمة التي تُنتج النيوتريانو. إذن، هذه أمثلة أخرى على مجالاتٍ نشطةٍ جدًا حيث يمكنك استخدام تجارب النيوتريانو لاستقصاء الفيزياء خارج النموذج القياسي

دانا: حسنًا، بعيدًا عن الفيزياء. في وقت فراغك، هل لديك أيّ هوايات؟ قرأت أنك معجبة بالاستماع إلى الأوبرا والموسيقى الكلاسيكية. هل تعتقدين أن وجود وقتٍ للتسلية أمرٌ مفيد عندما يعمل الشخص بدوامٍ كامل غارقًا في العلم؟

ماري: لا يمكنك أن تكون فيزيائيًا جسيماتٍ ناجحًا دون أن تمتلك حياةً فكرية عميقة. أعتقد أنه من أجل عملنا وقيادتنا لمئات الأشخاص نحتاج إلى فهم الإنسانية، ولا يوجد شيء أفضل لذلك من الأدب والفنون.

علاوةً على ذلك، تحتاج كفيزيائيًا لامتلاك خيالٍ نشيط يسمح لك بترجمة لغة الطبيعة -ألا وهي الرياضيات- إلى مفاهيم يمكن للإنسان فهمها. لتحقيق التقدم وتجاوز ما هو موجود، نحتاج حياةً فكرية شاملة تتجاوز العلم، لأنه هكذا نستطيع تطوير مهارتنا، ولا أقصد هنا فقط مهارات التواصل وإنما مهارات التخيل، التي نحتاجها لترجمة لغة الطبيعة المعقدة، أي الرياضيات

ريتشارد فينمان الفيزيائي الشهير كان مشهورًا جدًا بأخذ هذه المفاهيم المعقدة جدًا: صيغ رياضية

(الشفعية-قرن الشحنة)، وهو ما يؤدي إلى تخالف المادة عن المادة المضادة. يمكن النظر للنيوترينو -فيما يخص تذبذباته واهتزازاته- كمقياس تداخل. نقوم في الـ DUNE بإنتاج نيوتريونات ميونوية تقطع مسافةً 1300 كيلومتر معانيةً اهتزازًا ينقلها إلى نيوتريونات إلكترونية تتأثر مع الأرض. يخمن البعض بسبب انتقالها عبر 1300 كيلومتر بأن هذه النيوتريونات يمكن أن تتحسس لتفاعلاتٍ ضعيفةٍ أضعف بكثير من أضعف قوة نعرفها الآن، فيمكن لذلك أن يغيّر نمط التداخل. لذا، يمكن للنيوتريانو أن يحاكي دور مقياس تداخل يبحث عن تفاعلات جديدة ضعيفة جدًا قد تظهر عن طريق تغيير نمط الاهتزاز بين نيوتريونوي الميون والإلكترون المُعبر عن تداخلٍ بين حالات كمومية، فيمكن للقوى الموافقة لهذه التأثيرات الجديدة الضعيفة أن تتجلى كتغيرات على ما نتوقعه من النموذج القياسي الحالي للنتريونات. هناك البعض ممن يستخدم تجارب النيوتريانو بسبب ضخامتها وعمقها السحيق تحت الأرض للبحث عن تحلل البروتون. في الواقع، هناك قصة طريفة حول تجارب النيوتريانو التي فازت بجائزة نوبل مثل Super-KamioKande في اليابان، إذ أنها بدأت أصلًا بهدف دراسة تحلل البروتون وكانت النيوتريونات تُشكّل الخلفية، وانتهى الأمر باكتشاف تذبذبات النيوتريانو وغدا ذلك الفيزياء الرئيسة، والجديدة خارج النموذج القياسي. ولكننا لا نزال نبحث عن تحلل البروتون ذي عمر الحياة الطويل جدًا -إن كان منتهيًا- كما يتوقع النموذج القياسي. إذا رأيت حادثة تحلل بروتون واحد في أيّ من هذه الكواشف الضخمة جدًا، فهذا يُعتبر فيزياء خارج النموذج القياسي

هناك أشخاص يبحثون عن المادة المظلمة، التي

أيّ مدينة كبيرة، لذا، كنت أستمع إلى بثّ الراديو. الآن لديهم بالفعل بثّ في السينما، حيث يمكنك الذهاب إلى دار السينما ومشاهدة الأوبرا بتكلفة أقل بكثير من تذكرة الأوبرا، ولكن في زمني كان الراديو. الآن يمكنني الذهاب ومشاهدة هذه الأوبرا شخصياً

عادل: من المفترض أن يكون هذا سؤالاً من أحد قراءنا. من ضمن إنجازاتك العديدة، مُنحتَ بالمشاركة مع أعضاء فريق عمل تجربة دايا باي DayaBay جائزة الكشف-الاختراق (البريكثرو Breakthrough) في العلوم الأساسية في عام 2016. ماذا يعني لك الفوز بهذه الجائزة "المرموقة"؟

ماري: بصراحة، شعرتُ بالمزيد من التكريم والتشرف عندما حُزّتْ الزمالة في الجمعية الفيزيائية الأمريكية، حيث كانت جائزةً بشكلٍ مباشرٍ عن عملي في فهم الكواركات والنيوترينوات.

ما عنّته جائزة البريكثرو عندها هو أنها كانت أوّل مرّة تُمنح فيها جائزة تكريميّة تُقر بأن علمنا ثمره جهود تعاونيّة. لذلك، على الرغم من أنني لم أكن مشاركة رئيسيّة في تجربة دايا باي بأي حال من الأحوال، تمّ منحي هذه الجائزة كعضوٍ من فريق هذا التعاون العلمي الذي يضم أكثر من 200 شخص من كلّ مكان. أعني، إنه مشروع قائم في الصين، ولكنه ضمّ باحثين من الصين والولايات المتحدة وأوروبا، حاولوا جميعًا فهم بعض الحقائق الأساسية عن النيوترينو

في الواقع، تمّ الإعلان عن نتائج تجربة دايا باي في العام نفسه -2012- الذي تمّ فيه اكتشاف جسيم الهيجز، ويُعتبر كلا هذين الكشفيين (جسيم الهيجز وقياس دايا باي) في مجالنا حدثًا إبداعيًا على القدر نفسه من الأهميّة.

صعبة جدًا تتعلّق بالتأثيرات الكهروضعيفة، وبرسم مخططات توضيحية، وغدا مشهورًا جدًا بذلك. علاوةً على ذلك، ذهب إلى البرازيل لمدة عام لأنه أراد أن يتعلم كيف يعزف على الطبول في الكرنفال.

نعرف جميعًا أن أينشتاين كان موسيقياً وكان يحبّ الرسم وشرودينجر أيضاً. جميع هؤلاء كانت لديهم هوايات واهتمامات، بسبب هذا الارتباط العميق بين الخيال وما يطرّره الفن والأدب من أجل تحقيق فهمٍ للإنسانية تحتاه عندما تعمل مع أعداد كبيرة من الناس مثلما تحتاج -بالقدر نفسه من الأهميّة- مهاراتٍ تواصليةٍ معهم

تميل جميع العلوم تقريبًا، وليس مجرد فيزياء الجسيمات، إلى أن تكون تشاركيّةً على نطاقٍ أوسع. تتطور جميع العلوم الحديثة تقريبًا من خلال جهودٍ تعاونية، وهذه الجهود تعني أن البشر المتعاملين مع بعضهم البعض يأتون من خلفيات متباينة جدًا. ولهذا السبب تحتاج إلى حياة ثرية من أجل أن تغدو عالمًا أفضل

نعم، أنا أحب الأوبرا وكنت أتعلّم الموسيقى الكلاسيكية، فدرستُ العزف على البيانو عندما كنت طفلة. مرة أخرى، بفضل والدَيّ. أعتقد أنه في ذلك الوقت كانوا يبثون على التلفزيون المصري بقناتيّه -حينئذٍ- أوبرا كلّ شهر على القناة 2، وغدوتُ مدمنةً عليها لأنني بالفعل أحب الموسيقى الكلاسيكية.

وبعد ذلك، عندما جئت إلى الولايات المتحدة كطالبة دراسات عليا، كنت أستمع إلى الأوبرا على الراديو وأيام السبت، حيث كانوا يذيعون مباشرة من أوبرا ميتروبوليتان في نيويورك، وأحيانًا من أوبرا ليريك في شيكاغو. بالطبع، كنتُ فقيرةً كطالبة دراسات عليا من أجل حضور عروض أوبرا، كما لم أعش قرب

قيمة تلك الجائزة وما تعنيه بالنسبة لي.
عادل: شكرًا جزيلاً، الأستاذة ماري، على منحنا هذه
 الفرصة الرائعة من وقتك الكريم لإجراء مقابلة معك
ماري: الشكر الجزيل. أشكركما على منحي هذه
 الفرصة

أعتقد أن هذا هو ما تعنيه لي جائزة البريكترو.
 إنها المرة الأولى التي تعترف فيها جائزة علمية
 رئيسية بأن العلم هو جهدٌ تعاوني وأنه يستلزم
 مئات الأشخاص. بالطبع، لتحقيق إنجازٍ رئيسي، يوجد
 بعض القادة الذين صاغوا الفكرة، ولكن جعل هذه
 الفكرة ممكنةً لهو مشروعٌ ضخمٌ جدًا. هذه هي

