

قرن الفيزياء

ونحن نودع القرن العشرين نذكر التقدم الهائل الذى حققه علم الفيزياء فى هذا القرن والتأثير البالغ فى حياة الإنسان مما دعا عدد من المفكرين إطلاق اسم قرن الفيزياء عليه. وهذا المقال محاولة لتبسيط النظريات الفيزيائية الرئيسية التى ظهرت فى هذا القرن.

لقد بدأ هذا القرن بحصول عالم الفيزياء الألمانى "رونجن" على جائزة نوبل عام ١٩٠١ لاكتشافه أشعة إكس ذات التطبيقات المتنوعة خاصة فى الطب والفيزياء وغيرهما.

وقبل بداية القرن اكتشف العلماء أن أى جسم يطلق إشعاعا حراريا يعتمد على مادة الجسم ودرجة حرارته، ولكنهم فشلوا فى صياغة العلاقة بين شدة الإشعاع الحرارى وطول موجته. وبحلول عام ١٩٠٠ توصل العالم الألمانى "ماكس بلانك" إلى تلك العلاقة وأدخل لأول مرة مفهوم "الكُم"، واقترح قيما متقطعة للطاقة سميت فيما بعد الطاقة الكمية. ونتيجة لهذا الاكتشاف حصل "بلانك" على جائزة نوبل بعد اكتشافه بثمانية عشر عاما. وكان إنجاز "بلانك" بمثابة شهادة ميلاد الفيزياء غير التقليدية.

وفى العقد الأول من القرن لاحظ العلماء أن الضوء الساقط على بعض السطوح المعدنية يسبب انبعاثا للإلكترونات من هذه السطوح وسميت ظاهرة التأثير الكهروضوئى، وتم تفسير هذه الظاهرة على يد العالم الألمانى "ألبرت أينشتين" عام ١٩٠٥ مستخدما المبدأ الذى وضعه "بلانك" للتكميم وطبقه على الموجات الكهرومغناطيسية ومنها الضوء، وأضاف مفهوما جديدا بأن الضوء يتكون من جسيمات دقيقة عديمة الكتلة تسمى الفوتونات وهى تتحرك بسرعات كبيرة ولها طاقة كما أن لها زخم.

وكان هذا اختراقاً مفاهيمياً غير مسبوق، إذ أنه من المعروف أن الزخم هو حاصل ضرب الكتلة في السرعة، فكيف يكون للفوتون عديم الكتلة زخماً؟ ولكن "أينشتين" اقترح صيغة لحساب هذا الزخم عن طريق طاقة أشعة الضوء. وفي عام ١٩٢١ نال "أينشتين" جائزة نوبل عن إنتاجه العلمي في التأثير الكهروضوئي وليس عن نظريته النسبية الخاصة التي وضعها عام ١٩٠٥ أو النسبية العامة التي وضعها عام ١٩١٦.

وتعتمد النظرية النسبية الخاصة على فرضية أن سرعة الضوء في الفراغ لها قيمة ثابتة مهما كانت سرعة مصدر الضوء، وبذا تعتبر سرعة الضوء هي إحدى ثوابت الكون (السرعة القصوى)، كما توصل "أينشتين" إلى أنه عند ملاحظة جسم متحرك فإن طوله في اتجاه الحركة يبدو أقل من طوله وهو ساكن، كما أن كتلته تزداد أثناء الحركة عن قيمتها وهو ساكن. وترتبط النظرية النسبية بين طاقة الجسيم وكتلته بالعلاقة الشهيرة وهي أن الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء.

وقبل بداية القرن العشرين قام العالم الإنجليزي "جوزيف طومسون" بقياس قيمة شحنة الإلكترون وعلاقتها بقيمة كتلته، ثم اقترح في بداية القرن العشرين نموذجاً للذرة عبارة عن كرة موجبة الشحنة تتواجد بداخلها الإلكترونات سالبة الشحنة مثلما تتواجد البذور داخل أي ثمرة، وحصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٦ عن أعماله، ولكن سرعان ما ثبت فشل هذا النموذج حين أجرى العالم النيوزيلندي "إرنست رذرفورد" تجربة أطلق فيها حزمة من جسيمات ألفا موجبة الشحنة على شريحة معدنية رقيقة. فتعارضت نتيجة التجربة مع نموذج "طومسون". واستنتج "رذرفورد" أن الشحنة الموجبة في الذرة تتركز في منطقة صغيرة بالنسبة لحجم الذرة، وسمى هذا الجزء نواة الذرة. وأضاف أن إلكترونات الذرة تتحرك في باقى حجم الذرة خارج النواة وهي لا تنجذب نحو النواة الموجبة لتحركها في مسارات حولها بنفس طريقة حركة الكواكب حول الشمس، وحصل "رذرفورد" على جائزة نوبل عام ١٩٠٨.

ولكن هذا النموذج الكوني للذرة قوبل بصعوبة تفسير الإشعاعات التي تطلقها أى ذرة بترددات محددة، وقدم العالم الدانمركي "نيلزبور" فى عام ١٩١٣

تفسيراً لتلك الإشعاعات التي سميت الطيف الذري ووضع نموذجاً كميّاً للذرة الهيدروجين مستخدماً نظرية الكم للعالم "بلانك" لشرح التركيب الذري والطيف الذري موضحاً العلاقة بين مستويات الطاقة للإلكترونات والذرة وتردد الضوء المنبعث من الذرة. ونال جائزة نوبل عام ١٩٢٢ عن هذا الإنجاز.

وفي عام ١٩٢٣ أجرى العالم الأمريكي "أرثر كومبتون" تجربة لدراسة تأثير سقوط أشعة إكس على هدف كربوني فتشتتت الإلكترونات من الهدف وانحرفت في اتجاه وانحرفت فوتونات أشعة إكس في اتجاه آخر مثلما يحدث عند تصادم كرتين من البليارد. وبتطبيق قانون حفظ الزخم أثبت "كومبتون" أن الأشعة لها زخم مثلها مثل الجسيمات المادية، وهو بذلك قد أكد على اقتراح "أينشتاين" بإثبات أن الأشعة تسلك سلوك الأجسام المادية. وقد نال جائزة نوبل بعد ذلك بأربع سنوات.

وفي نفس العام ١٩٢٣ قدم العالم الفرنسي "لويس دي بروي" رسالته للحصول على الدكتوراه واقترح فيها أن الازدواج في سلوك الأشعة ينطبق تماماً على المادة، أي أن جميع الأجسام المادية لها خصائص الأشعة بالإضافة إلى خصائص الأجسام ووضع صيغة لطول الموجة المصاحبة للجسيم وصيغة أخرى لتردد هذه الموجة. وقد قوبلت هذه الفكرة الثورية بمعارضة شديدة من العلماء. وبعد هذه الضجة بثلاث سنوات تصادف أن قام العالمان "دافيسون" و"جرمر" بإجراء تجربة لدراسة تشتت الإلكترونات ذات الطاقة المنخفضة من هدف من النيكل موضوع في منطقة مفرغة من الهواء، وبسبب حدوث عطل في جهاز التفريغ ومحاولة العالمين إزالة هذا العطل اكتشفوا أن الإلكترونات المشتتة تتجمع عند زوايا محددة وهو ما يحدث فقط عند حيود موجات الضوء، فتأكدت فكرة "دي بروي" عن سلوك الإلكترونات مثل الأشعة، ونال عنها جائزة نوبل بعد ذلك بثلاث سنوات.

وفي عام ١٩٢٥ وضع العالم النمساوي "ولفجانج باولي" قاعدة الاستثناء التي تنص على استحالة تواجد أكثر من إلكترون واحد في نفس المستوى الكمي، بمعنى أن كل إلكترون في ذرة يجب أن يكون له مجموعة خاصة من الأعداد الكمية الأربعة ولا يشارك فيها أي إلكترون آخر. والأعداد الأربعة هي التي

تحدد الطاقة ومقدار واتجاه الزخم الزاوى ودوران الإلكترون حول نفسه. وحصل "باولي" على جائزة نوبل عام ١٩٤٥.

وفى عام ١٩٢٦ توصل كلا من العالمين "شروندجر" و"هيزنبرج" إلى صياغة مختلفة لعلم ميكانيكا الكم، الأول يعتمد على الميكانيكا الموجية والثاني يعتمد على المصفوفات، وكانت سعادتهما كبيرة حين أكتشفا تطابق النظريتين. وفى خريف عام ١٩٢٦ دعى "هيزنبرج" لإلقاء محاضرة فى برلين حول ميكانيكا الكم الجديدة، وبعد انتهاء المحاضرة دعاه "أينشتين" لمناقشة أفكاره الجديدة التى اعتبرها "أينشتين" غريبة للغاية بسبب عدم ظهور فكرة مسارات الإلكترونات فى الذرة، ورد عليه "هيزنبرج" بأن الإنسان لا يستطيع أن يرى مسارات الإلكترونات داخل الذرة ولكن الأشعة التى تتبع من الذرات أثناء عملية التفريغ تمكننا مباشرة من التأكد من وجود الترددات الاهتزازية وذلك يمثل تعويضاً عن المسارات الإلكترونية. كما أن النظرية النسبية (لأينشتين) لاتحدث عن أزمنة مطلقة لعدم إمكان مشاهدة هذه الأزمنة، ورد "أينشتين" بأن النظرية هى التى تحدد ما يمكن مشاهدته فى المختبر.

وفى أحد الأيام تذكر "هيزنبرج" هذه المقولة وتوصل إلى مبدأ عدم الحتمية الذى ينص على استحالة إجراء تجربة لقياس موضع جسيم وسرعته فى نفس الوقت بدقة. وفى خريف عام ١٩٢٧ اجتمع الفيزيائيون فى مؤتمر سولفاى فى بروكسل لمناقشة قضايا نظرية الكم بالتفصيل ولم يكن "أينشتين" مستعداً لقبول الصفة الإحصائية لهذه النظرية، ومن هنا لم يكن ممكناً له التلاؤم مع مبدأ عدم الحتمية، وحاول من جانبه التفكير فى تجارب تؤدى إلى إسقاط هذا المبدأ ولكن سرعان ما يقوم "هيزنبرج" بتفنيد هذه التجارب. وبعد أن استمرت هذه المحاولات عدة أيام قال العالم "بول إيرنست" موجهاً كلامه إلى "أينشتين": إننى أشعر بالخجل لك لأنك تحاول تقديم الحجج ضد نظرية الكم الجديدة تماماً كما فعل المناهضون لك ضد النظرية النسبية. وقد حصل "هيزنبرج" على جائزة نوبل عام ١٩٣٢ عن اكتشافه لمبدأ عدم الحتمية.

وتوفى "أينشتين" فى عام ١٩٥٥ وهو على اقتناع بأن علم ميكانيكا الكم ما هو إلا حل مرحلى لمشكلات الفيزياء النووية والذرية وغيرها، وأن هناك نظرية

موحدة عامة سوف يتم التوصل إليها مستقبلاً، وكان آخر كتاب من تأليفه بعنوان "نظرية المجال الموحد" وضع فيه أفكاره التي لم تتبلور حتى الآن في نظرية معترف بها. وقد تكون محاولات العلماء في العقود الأخيرة من القرن العشرين لوضع نظرية الأوتار الفائقة هي تجسيد لأفكار "أينشتين" الأخيرة.

الآن يمكننا القول أن مبادئ علم ميكانيكا الكم قد استقرت رغم اعتراض البعض عليها، وتم تطبيقها بنجاح على بعض النماذج الذرية والنووية. وكان هذا التقدم العلمي نتيجة لجهود عدد من العلماء الأفاضل على رأسهم "مساكس بلانك" و"ألبرت أينشتين" و"نيلز بور" و"كومبتون" و"دي بروي" و"هيزنبرج" و"شرودنجر". وقد حصلوا جميعاً على جائزة نوبل.

في العقد الثالث من القرن قام العالم الإنجليزي "بول ديراك" بتطوير علم ميكانيكا الكم النسبية ليصف بها حركة الجسيمات الدقيقة ذات السرعات العالية، وتوصل إلى معادلة سميت باسمه وعند تطبيقها على جسيم الإلكترون اكتشف أن المعادلة تتنبأ بوجود جسيم له مثل كتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة. ولم يكن هذا الجسيم قد اكتشف في المختبر. وعندما اكتشفه "كارل أندرسون" عام ١٩٣٢ وأسماه بوزيترون نال "ديراك" جائزة نوبل عام ١٩٣٣، كما حصل "أندرسون" عليها عام ١٩٣٦.

وبذلك أصبحت قائمة الجسيمات الأولية المكتشفة هي الإلكترون والبروتون والبوزيترون ثم النيوترون الذي اكتشفه "جيمس شادويك" عام ١٩٣٢ ونال عنه جائزة نوبل.

وفي عام ١٩٣٨ اكتشف العالم "أوتو هان" بالتعاون مع "فريتز ستراسمان" الانشطار النووي، حيث أطلقا جسيمات النيوترون على أنوية اليورانيوم فانشطرت إلى نواتين مع انطلاق عدد من النيوترونات. وكان ذلك نتيجة جهود عدد من العلماء أهمهم "إنريكو فيرمي"، وقد حصل "فيرمي" على جائزة نوبل عام ١٩٣٨ ونالها "هان" عام ١٩٤٤.

وكان العالم الياباني "يوكاوا" هو أول من درس القوى النووية القوية وقدم تفسيراً لهذه القوى عن طريق تبادل جسيمات جديدة تتراوح كتلتها بين كتلة الإلكترون وكتلة البروتون وأطلق على هذه الجسيمات اسم "ميزون" وهو

مشتق من كلمة لاتينية بمعنى الوسط. ولقد تم كشف هذه الجسيمات ضمن الأشعة الكونية عام ١٩٤٧ وهي جسيم "البين" الذي أكتشفه "سيسل باول" وكذلك جسيم "الميون" الذي أكتشفه "أندرسون". وقد حصل "يوكاوا" على جائزة نوبل عام ١٩٤٩، كما حصل "باول" عليها عام ١٩٥٠.

وفي عام ١٩٥٢ حصل كلا من "فيلكس بلوخ" و"ادوارد ميلز" على جائزة نوبل لاكتشافهم الرنين المغناطيسى النووى فى السوائل والغازات، والذي أدى إلى تصوير الرنين المغناطيسى الذى أصبح من أهم أدوات التشخيص الطبى فيما بعد.

وكان العالم "ماكس بورن" قد قام فى عام ١٩٢٦ بإضافات فى علم ميكانيكا الكم أهمها إدخال فكرة الإحتمالية والتي ساعدت "هيزنبرج" على التوصل إلى مبدأ عدم الحتمية، وقد نال جائزة نوبل عن هذه الأعمال فى عام ١٩٥٤ بعد ما يقرب من ثلاثين عاما بعد إنجازه.

ومثله العالم الروسى "بافل تشرينكوف" الذى توصل فى عام ١٩٣٥ إلى أن شعاع جاما (وهو أحد مكونات الإشعاع الكهرومغناطيسى) إذا اصطدم بالذرات فإنه يخلق إلكترونات وبوزيترونات، وبتكرار التصادم تتكاثر الإلكترونات وتؤدي إلى نوع من الضوء يظهر فى الليل فى السماء الصافية وسمى إشعاع تشرينكوف. وبعد ذلك بعامين أضاف العالمان "إليا فرانك" و"إيجور تام" تفسيراً لهذه الظاهرة. وقد حصل صاحب الاكتشاف وصاحب التفسير على جائزة نوبل فى عام ١٩٥٨.

نعود إلى اكتشافات الجسيمات الأولية فى هذه القرن والتي بدأت بالجسيمات التى تتركب منها الذرة بما فيها النواة وهى البروتون والنيوترون والإلكترون، وأعقب ذلك اكتشاف البوزيترون (ضديد الإلكترون) عام ١٩٣٢. وفى عام ١٩٥٥ اكتشف العالمان "إميليو سيجرى" و"أوين شامبرلين" وجود جسيم البروتون الضدى وهو يماثل البروتون فى جميع خصائصه فيما عدا الشحنة، ولا يدخل فى تركيب الذرات أو الأنوية. وقد نال جائزة نوبل عن هذا الاكتشاف عام ١٩٥٩.

ثم توالى الأبحاث عن جسيم البروتون وهل هو مركب من جسيمات أخرى حتى توصل العالم "روبرت هوفستاتر" إلى التركيب الداخلى للبروتونات والنيوترونات من جسيمات أصغر فى الكتلة تسمى "كوارك" وهو اسم مستعار من رواية "جيمس جويس" بعنوان "قطرة فينيجان". وقد نال "هوفستاتر" جائزة نوبل عام ١٩٦١. ثم ظهر بعد ذلك أن الكوارك يدخل فى تركيب جسيمات الميزون أيضا.

وفى عام ١٩٥٢ توصل العلماء "شارلز توتر" و"نيكولاى باسوف" و"الكسندر بروخوروف" لاكتشاف أشعة الميزر وأشعة الليزر وقد نالوا جائزة نوبل نظير ذلك فى عام ١٩٦٤. وبعد ذلك بعشرين عاما طور العالمان "نيكولاس بلومبرجن" و"أرثر شاولا" طيف الليزر لاستخدامه فى تطبيقات عديدة ونالوا جائزة نوبل عام ١٩٨١.

وفى مجال الفيزياء الفلكية قام العالم "هانز بيته" باكتشاف مسارات إنتاج الطاقة فى النجوم عام ١٩٣٩ ولكنه حصل على جائزة نوبل فى علم ١٩٦٧. وفى عام ١٩٨٣ حصل العالم "وليام فولر" على الجائزة عن مجمل أعماله فى التخليق النووى فى الفيزياء الفلكية، واشترك معه فى الجائزة العالم الهندى "ساندر اسخار" عن أعماله فى التركيب النجمى وتتبؤه بالنجوم الصغيرة قبل ذلك بخمسين عاما.

وقد عادت الجسيمات الأولية إلى صدارة الاهتمام فى عام ١٩٦٨ حين حصل "لويس ألفاريز" على جائزة نوبل عن مجمل أبحاثه فى هذا الموضوع، ثم نال "موراى جلمان" الجائزة فى العام التالى عن تصنيفه لتلك الجسيمات. وقد كان "ألفاريز" من المهتمين بالآثار المصرية وأنجز مشروعا بحثيا على هرم خفرع بالاشتراك مع جامعة عين شمس، وذلك برصد الأشعة الكونية داخل وخارج الهرم لتحديد إمكان وجود غرف غير مكتشفة به، وكان كاتب هذا الكتاب من المشاركين فى هذا المشروع، وأسعدنى الحظ بحضورى احتفال الجمعية الفيزيائية الأمريكية بحصوله على الجائزة فى واشنطن عام ١٩٦٩.

ومنذ الستينات تبين للقائمين على جائزة نوبل فى الفيزياء أن الإنجازات ذات القيمة العالية بدأت فى التراجع، ونال الجائزة علماء عن إنجازاتهم السابقة

التي قد يصل عمرها إلى ما يقرب من أربعين عاما. فقد حصل العالم "هانز ألفن" و"لويس نيل" على الجائزة مشاركة في عام ١٩٧٠. الأول لتطويره نظرية الهيدروديناميكا المغناطيسية والثاني لاكتشافه نوعان للمغناطيسية أحدها عالي النفاذية، وقد تم هذا الاكتشاف في عام ١٩٣٠.

وفي عام ١٩٧٢ نال "جون بارددين" و"ليون كوبر" و"جون شرافير" جائزة نوبل لقيامهم بتفسير التوصيل الفائق في المواد عام ١٩٥٧.

ومن المعروف أن القوى الأساسية في الكون أربعة وهي قوى الجاذبية المادية والتي تتسبب في سقوط الأجسام نحو سطح الأرض أو في استقرار حركة الكواكب، ثم القوى الكهرومغناطيسية التي ينتج عنها تجاذب وتنافر الشحنات الكهربائية، ثم القوى النووية الضعيفة التي تظهر في اضمحلال الأنوية عن طريق إشعاع جسيمات مثل الإلكترونات وغيرها، وأخيرا القوى النووية القوية وهي المسئولة عن تماسك النواة، وفي حالة إنشطارها تتولد طاقة كبيرة يمكن استغلالها إما سلميا أو تدميريا. وكل من هذه القوى الأربع تظهر على صورة تبادل أنواع من الجسيمات بعضها بدون كتلة مثل الجرافيتون لقوى الجاذبية أو الفوتون للكهرومغناطيسية والبعض الآخر له كتلة مثل البوزون للقوى الضعيفة أو الجلون للقوى النووية القوية.

وخلال الفترة من عام ١٩٥٨ حتى عام ١٩٧١ قام ثلاثة من العلماء على رأسهم العالم الباكستاني عبد السلام ومعه "ستيفن واينبرج" و"شيلدون جلاشو" بتطوير نظرية لتوحيد نوعين من القوى الرئيسية همسا النووية الضعيفة والكهرومغناطيسية وقد نالوا جميعا جائزة نوبل عام ١٩٧٩.

وفي السبعينيات اقترح العالم الياباني "فوجاي" أن قوى الجاذبية تنقسم إلى نوعين أحدهما جاذب وهو الشائع والآخر طارد. وفي الثمانينات أصابت علماء الجسيمات الأولية حمى كشف هذه القوى الجديدة وسموها القوة الخامسة، وكان أمل كل منهم هو الحصول على جائزة نوبل، وتم إنفاق ملايين الدولارات على تجارب قريبة من الجبال أو في قاع المحيطات، وامتألت الدوريات العلمية بأبحاث القوة الخامسة حتى عام ١٩٩٢ حين أغلق الملف بعد التأكد من عدم وجود هذه القوة المزعومة.

وفى عام ١٩٨٤ نال "كارلو روبيا" الجائزة لاكتشافه جسيمين يحققان نظرية عبد السلام فى توحيد القوى النووية الضعيفة والقوى الكهرومغناطيسية وسميت القوى الكهروضعيفة.

وفى نهاية هذا العرض عن تقدم علم الفيزياء فى القرن العشرين أود أن أنوه إلى بعض الإنجازات التكنولوجية التى تمت فى هذا القرن. ففى عام ١٩٠٨ حصل "جابريل ليبمان" على جائزة نوبل لإنجازه أول لوحة فوتوغرافية ملونة مستخدما فى ذلك طرق التداخل الضوئى. وفى العام التالى حصل "ملركونى" بالاشتراك مع "برون" على الجائزة لاختراعهما التلغراف اللاسلكى.

وفى عام ١٩٢٠ نال "تشارلز جيلوم" الجائزة لاكتشافه سبيكة من النيكل والصلب لها معامل تمدد ضعيف. وحصل "أرنست لورانس" على الجائزة عام ١٩٣٩ لاختراعه السيكلوترون وهو جهاز هام فى أبحاث الجسيمات الدقيقة ذات الطاقات العالية.

وفى عام ١٩٥٦ حدث أهم اختراع تكنولوجى فى هذا القرن وهو الترانزستور الذى أحدث انقلابا فى أجهزة الراديو والتلفزيون وغير ذلك من الأجهزة، وحصل العلماء الذين توصلوا لهذا الاختراع على جائزة نوبل فى نفس العام وهو ما لم يحدث قبل ذلك، والعلماء هم "جون بارددين" و"والتر بريتين" و"وليام شوكللى".

وفى عام ١٩٨٦ حصل "ارنست روسكا" على الجائزة لاختراعه الميكروسكوب الإلكتروني قبل هذا التاريخ بخمسة وخمسين عاما، وشاركه فى الجائزة "جيرد بينج" و"هنريش رورار" لاختراعهم الميكروسكوب النفقى الماسح قبل خمسة أعوام فقط. وكان الجهاز الأخير من تطبيقات علم ميكانيكا الكم.