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 "رونتجن" 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 "الكم"، 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 للإلكترونيات 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.

obeikandl.com

وكان هذا اختراقا مفاهيميا غير مسبوق، إذ أنه من المعروف أن الزخم هو حاصل ضرب الكتلة فى السرعة، فكيف يكون للفوتون عديم الكتلة زخما؟ ولكن "أينشتين" اقترح صيغة لحساب هذا الزخم عن طريق طاقة أشعة الضوء. وفى عام ١٩٢١ نال "أينشتين" جائزة نوبل عن إنتاجه العلمى فى التأثير الكهروضوئى وليس عن نظريته النسبية الخاصة التى وضعها عام ١٩٠٥ أو النسبية العامة التى وضعها عام ١٩١٦.

وتعتمد النظرية النسبية الخاصة على فرضية أن سرعة الضوء فى الفراغ لها قيمة ثابتة مهما كانت سرعة مصدر الضوء، وبذا تعتبر سرعة الضوء هى إحدى ثوابت الكون (السرعة القصوى)، كما توصل "أينشتين" إلى أنه عند ملاحظة جسم متحرك فإن طوله فى 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 وهى أن الطاقة تساوى حاصل ضرب الكتلة فى مربع سرعة الضوء.

وقبل بداية القرن العشرين قام العالم الإنجليزى "جوزيف طومسون" بقياس قيمة شحنة الإلكترون وعلاقتها بقيمة كتلته، ثم اقترح فى بداية القرن العشرين نموذجا للذرة عبارة عن كرة موجبة الشحنة تتواجد بداخلها الإلكترونات سالبة الشحنة مثلما تتواجد البذور داخل أى ثمرة، وحصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٦ عن أعماله، ولكن سرعان ما ثبت فشل هذا النموذج حين أجرى العالم النيوزيلندى "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 فى الذرة تتركز فى منطقة صغيرة بالنسبة لحجم الذرة، وسمى هذا الجزء نواة الذرة. وأضاف أن إلكترونات الذرة تتحرك فى باقى حجم الذرة خارج النواة وهى لاتنجذب نحو النواة الموجبة لتحركها فى مسارات حولها بنفس طريقة حركة الكواكب حول الشمس، وحصل "رذرفورد" على جائزة نوبل عام ١٩٠٨.

ولكن هذا النموذج الكونى للذرة قوبل بصعوبة تفسير الإشعاعات التى تطلقها أى ذرة بترددات محددة، وقدم العالم الدانمركى "نيلزبور" فى عام ١٩١٣

تفسيرا لتلك الإشعاعات التى سميت الطيف الذرى ووضع نموذجا كميا لـذرة الهيدروجين مستخدما نظرية الكم للعالم "بلانـك" لشـرح التركيب الـذرى والطيف الذرى موضحا العلاقة بين مستويات الطاقة لإلكترون الذرة وتـردد الضوء المنبعث من الذرة. ونال جائزة نوبل عام ١٩٢٢ عن هذا الإنجاز.

وفى عام ١٩٢٣ أجرى العالم الأمريكى "أرثر كومبتون" تجربة لدراسة تـأثير سقوط أشعة إكس على هدف كربونى فتشـتتت الإلكترونـات مـن الـهدف وانحرفت فى اتجاه وانحرفت فوتونات أشعة إكس فى إتجاه آخر مثلما يحـدث عند تصادم كرتين من البليارد. وبتطبيق قانون حفظ الزخم أثبت "كومبتـون" أن الأشعة لها زخم مثلها مثل الجسيمات المادية، وهو بذلك قـد أكـد علـى اقتراح "أينشتين" بإثبات أن الأشعة تسلك سلوك الأجسام الماديـة. وقـد نـال جائزة نوبل بعد ذلك بأربع سنوات.

وفى نفس العام ١٩٢٣ قدم العالم الفرنسى "لويس دى بروى" رسالته للحصول على الدكتوراه واقترح فيها أن الازدواج فى سلوك الأشعة ينطبق تماما علـى المادة، أى أن جميع الأجسام المادية لها خصائص الأشـعة بالإضافـة إلـى خصائص الأجسام ووضع صيغة لطول الموجة المصاحبة للجسـيم وصيغـة أخرى لتردد هذه الموجة. وقد قوبلت هـذه الفكرة الثورية بمعارضة شـديدة من العلماء. وبعد هذه الضجة بثلاث سـنوات تصـادف أن قـام العالمـان "دافيسون" و"جرمر" بإجراء تجربة لدراسة تشتت الإلكترونـات ذات الطاقـة المنخفضة من هدف من النيكل موضوع فى منطقة مفرغة من الهواء، وبسبب حدوث عطل فى جهاز التفريغ ومحاولة العالمان إزالة هذا العطل اكتشـفا أن الإلكترونات المشتتة تتجمع عند زوايا محددة وهو ما يحدث فقط عند حيـود موجات الضوء، فتأكدت فكرة "دى بروى" عن سـلوك الإلكترونـات مثـل الأشعة، ونال عنها جائزة نوبل بعد ذلك بثلاث سنوات.

وفى عام ١٩٢٥ وضع العالم النمساوى "ولفجانج باولى" قاعدة الاستثناء التـى تنص على استحالة تواجد أكثر من إلكترون واحد فى نفس المستوى الكمـى، بمعنى أن كل إلكترون فى ذرة يجب أن يكون له مجموعة خاصة من الأعداد الكمية الأربعة ولايشاركة فيها أى إلكترون آخر. والأعداد الأربعة هى التـى

تحدد الطاقة ومقدار واتجاه الزخم الزاوى ودوران الإلكترون حـــول نفســه. وحصل "باولى" على جائزة نوبل عام ١٩٤٥.

وفى عام ١٩٢٦ توصل كلا من العالمين "شرودنجر" و"هيزنبرج" إلى صياغة مختلفة لعلم ميكانيكا الكم، الأول يعتمد على الميكانيكا الموجية والثانى يعتمــد على المصفوفات، وكانت سعادتهما كبيرة حين أكتشفا تطابق النظريتين. وفــى خريف عام ١٩٢٦ دعى "هيزنبرج" لإلقاء محاضرة فى برلين حول ميكانيكــا الكم الجديدة، وبعد انتهاء المحاضرة دعاه "أينشتين" لمناقشة أفكــاره الجديــدة التى اعتبرها "أينشتين" غريبة للغاية بسبب عـــدم ظــهور فكــرة مســارات الإلكترونات فى الذرة، ورد عليه "هيزنبرج" بأن الإنسان لايستطيع أن يـــرى مسارات الإلكترونات داخل الذرة ولكن الأشعة التى تنبعث من الذرات أثنـــاء عملية التفريغ تمكننا مباشرة من التأكد من وجود الترددات الاهتزازية وذلـــك يمثل تعويضا عن المسارات الإلكترونية. كما أن النظرية النسبية (لأينشـــتين) لاتتحدث 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 الحتميـــة 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" مستعدا لقبول الصفة الإحصائية لهذه النظرية، ومن هنا لم يكن ممكنا له التلاؤم مـــع مبــدأ عدم الحتمية، وحاول من جانبه التفكير فى تجارب تؤدى إلى إسقاط هذا المبدأ ولكن سرعان ما يقوم "هيزنبرج" بتفنيد هذه التجارب. وبعد أن استمرت هـــذه المحاولات عدة أيام قال العالم "بول أيرنفست" موجها كلامه إلى "أينشـــتين": إننى أشعر بالخجل لك لأنك تحاول تقديم الحجج ضد نظرية الكم الجديدة تماما كما فعل المناهضون لك ضد النظرية النسبية. وقد حصل "هيزنـــبرج" علـــى 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 نظريــة

موحدة عامة سوف يتم التوصل إليها مستقبلا، وكان آخر كتاب من تأليفه بعنوان "نظرية المجال الموحد" وضع فيه أفكاره التى لم تتبلور حتى الآن فى نظرية معترف بها. وقد تكون محاولات العلماء فى العقود الأخيرة من القرن العشرين لوضع نظرية الأوتار الفائقة هى 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 العلمى نتيجة لجهود عدد من العلماء الأفذاذ على رأسهم "ماكس بلانك" و"ألبرت أينشتين" و"نيلز بور" و"كومبتون" و"دى بروى" و"هيزنبرج" و"شرودنجر". وقد حصلوا جميعا على جائزة نوبل.

فى العقد الثالث من القرن قام العالم الإنجليزى "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 أكتشف فى المختبر. وعندما أكتشفه "كارل أندرسون" عام ١٩٣٢ وأسماه بوزيترون نال "ديراك" جائزة نوبل عام ١٩٣٣، كما حصل "أندرسون" عليها عام ١٩٣٦.

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

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

وكان العالم اليابانى "يوكاوا" هو أول من درس القوى النووية القوية وقدم تفسيرا 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 وهى جسيم "البيون" الذى أكتشفه "سيسل باول" وكذلك جسيم "الميون" الذى أكتشفه "أندرسون". وقد حصل "يوكاوا" على جائزة نوبل عام ١٩٤٩، كما حصل "باول" عليها عام ١٩٥٠.

وفى عام ١٩٥٢ حصل كلا من "فيلكس بلوخ" و"ادوارد ميلز" على جائزة نوبل لاكتشافهم الرنين المغناطيسى النووى فى السوائل والغازات، والذى 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 والتى 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 وتؤدى إلى نوع من الضوء يظهر فى الليل فى السماء الصافية وسمى إشعاع تشرينكوف. وبعد ذلك بعامين أضاف العالمان "إليا فرانك" و"إيجور تام" تفسيرا لهذه الظاهرة. وقد حصل صاحب الاكتشاف وصاحبا التفسير على جائزة نوبل فى عام ١٩٥٨.

نعود إلى اكتشافات الجسيمات الأولية فى هذه القرن والتى 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، ولايدخل فى تركيب الذرات أو الأنوية. وقد نالا جائزة نوبل عن هذا الإكتشاف عام ١٩٥٩.

obeikandl.com

ثم توالت 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 "يقظة 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 "تشارلز توتر" و"نيكولاى باسوف" و"الكساندر 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 "شاندر اسخار" عن أعماله فى التركيب النجمى وتنبؤه 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

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

وفى عام ١٩٧٢ نال "جون باردين" و"ليون كوبر" و"جون شرايفر" جائزة نوبل لقيامهم بتفسير التوصيل الفائق فى المواد عام ١٩٥٧.

ومن المعروف أن القوى الأساسية فى الكون أربعة وهى قوى الجاذبية المادية والتى تتسبب فى سقوط الأجسام نحو سطح الأرض أو فى استقرار حركة الكواكب، ثم القوى الكهرومغناطيسية التى ينتج عنها تجاذب وتنافر الشحنات الكهربية، ثم القوى النووية الضعيفة التى تظهر فى اضمحلال الأنوية عن طريق إشعاع جسيمات مثل الإلكترونات وغيرها، وأخيرا القوى النووية القوية وهى المسئولة عن تماسك النواة، وفى 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 الباكستانى عبد السلام ومعه "ستيفن واينبرج" و"شيلدون جلاشو" بتطوير نظرية لتوحيد نوعين من القوى الرئيسية هما النووية الضعيفة والكهرومغناطيسية وقد نالوا جميعا جائزة نوبل عام ١٩٧٩.

وفى السبعينيات اقترح العالم اليابانى "فوجاى" أن قوى الجاذبية تنقسم إلى نوعين أحدهما جاذب وهو الشائع والآخر طارد. وفى 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 فى قاع المحيطات، وامتلأت 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 "ماركونى" 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 باردين" و"والتر بريتين" و'وليام شوكلى".

وفى عام ١٩٨٦ حصل "ارنست روسكا" على الجائزة لاختراعه الميكروسكوب الإلكترونى 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.