الفصل

1

# ولادة ثورية

كانت ولادة انريكو فيرمي بمثابة انقلاب لم تُطلق النيران وقتها، ولم يُقلب نظام الحكم، إلاّ أن ثورة فيرمي قد غيرت العالم أكثر من أي قتال بالسلاح. فقد كانت ثورة أفكار واختراعات استيعاب علمي بالغ لكيفية عمل عالم الفيزياء. وقادت هذه الثورة بوجود فيرمي في المقدمة إلى التفاعل المتسلسل النووي والقنبلة الذرية التي غيرت الحرب بشكل بليغ ووضعت مستقبل البشرية في خطر وتستمر تلك الثورة إلى يومنا هذا؛ بسبب بقاء العديد من الأسئلة عن الطبيعة الأساسية للمادة والطاقة. إن المادة والطاقة هما موضع اهتمام علماء الفيزياء، وقد كان انريكو فيرمي عالماً فيزيائياً من بين الجميع، بل كان أعظم فيزيائي في عصره.

السير غودفري نيلر الرسام البارز في عصره والذي رسم اللوحة الأولى لإسحق نيوتن في عام 1689 عندما كان نيوتن في سن الرابعة والستين. لم يقم العلماء بمراجعة نظريات نيوتن قبل شروق فجر القرن العشرين، كان فيرمي آنذاك لا يزال طفلاً.

هنالك نوعان من الفيزيائيين. يطلق على النوع الأول اسم المختبرين والذين يقومون بإجراء التجارب في المختبرات لمعرفة كيفية تطور العمل الفيزيائي، كما يوجد علماء الفيزياء النظريين وهم الذين يستخدمون الورقة

والقلم (أو اللوح والطبشور) لتطوير النماذج الحسابية واستخراج المعادلات والقوانين التي تقوم بشرح كيفية عمل المادة والطاقة. لقد أُطلق على فيرمي اسم «الفيزيائي المتكامل» لأنه كان مختبراً من الدرجة الأولى وباحثاً نظرياً لامعاً، وذلك خليط نادر جداً.

وبالطبع، لم يكن بالاستطاعة معرفة كل ذلك عندما ولد انريكو فيرمي في 29 أيلول (سبتمبر) عام 1901 في روما في إيطاليا. كان لوالده ألبرتو Alberto منصباً مؤمَّناً بصفته مديراً في شبكة السكك الحديدية الإيطالية. وقد كان والد البرتو ستيفانو Stefano هو الأول من عائلة فيرمي الذي لم يعمل بالزراعة. فقد اقتصر تعليم البرتو على مجرد ثانوية صناعية، أما والدة فيرمي أيدا Ida فكانت معلمة في مدرسة ابتدائية.

تزوج والد فيرمي في عام 1898 وأنجبا أولادهما واحداً تلو الآخر: ماريا Maria في عام 1899، غيليو Giulio في عام 1900 وانريكو في العام الذي بعده. ولم تكن هنالك أية علائم واضحة عن حدوث ثورة في تلك العائلة المتوسطة الحال.

كانت الأمور مختلفة جداً في عام 1901. لم تكن الكثير من الأشياء التي نراها بسيطة في يومنا هذا موجودة في ذلك الوقت. لم يكن الحاسوب أو التلفاز أو حتى المذياع قد اخترع بعد. كانت الطاقة الذرية موضوعاً خيالياً. وفي الواقع، كانت الذرة فكرة غير واضحة أقيم

عليها الكثير من الجدل لا المعرفة. ولكن كان كل ذلك على وشك أن يتغير... لدرجة كبيرة. يعتبر عام 1901: العام الذي ولد فيه فيرمي هو ولادة لما يسمى بعلم الفيزياء الحديث أو الفيزياء الذرية وبفضل الإدراك المؤخر، بإمكاننا رؤية المقدمة المستقرة والقوى المجتمعة للثورة..

ويُعتبر ما نتج عن ذلك وهو الفيزياء الكلاسيكية شيئاً عظيماً وبفضل إنجازات عملاقة الماضي كإسحق نيوتن (1642 ـ 1727) كان هناك استيعاب عميق لقوانين الحركة. وسواء كان تصادم كرات البلياردو أو دوران الكواكب حول الشمس فإن قوانين نيوتن قد شرحت كيفية تحرك الأشياء. وبالاستناد إلى إنجازات الفيزيائي وعالم الرياضيات الإيطالي غاليليو غاليلي Galileo Galilei (1564-1642) والفلكي الألماني جون كيبلر Johannes kepler (1571-1630) وآخرون، قام نيوتن بطرح قوانينه الثلاثة العظيمة في الحركة:

1 ـ ينص القانون الأول أو مبدأ العطالة على أن الأشياء الساكنة تظل ساكنة (والأشياء المتحركة تستمر بالحركة بدون تغيير بالسرعة أو الاتجاه) إلاّ إذا تأثرت بقوة خارجية دافعة أو جاذبة.

2 ـ ينص القانون الثاني على مايلي: لدى تطبيق القوة تتسارع الأشياء حيث تزداد سرعتها، ويزداد معدل تغير السرعة بازدياد تطبيق القوة.

3 ـ يؤكد القانون الثالث بأن لكل فعل رد فعل معاكس مُساوٍ له. مثال: تقوم قدم العدّاء بالضغط على مضمار السباق، وكذلك يضغط المضمار على قدم العداء بنسب متساوية.

لقد كانت تلك القوانين مصدر ارتياح عميق بالسنة للفيزيائيين. شرحت نظرية الجاذبية لنيوتن بالاشتراك مع قوة التجاذب الشائعة بين جميع الأشياء حركة الكواكب حول الشمس. واستطاع الفيزيائيين وعلماء الفلك قياس مواقع الكواكب بواسطة منظار رصد النجوم كما استطاعوا مقارنة المواقع المقاسة مع تلك التي تفترضها قوانين نيوتن. وهكذا كان عمل الفيزيائيين: القياس والتنبؤ، التنبؤ والقياس.

صورة بأشعة إكس ليد عالم التشريح البرت فون كوليكر وقد أخذت في 23 يناير عام 1896 في جامعة ورزبرغ في ألمانيا بعد عدة أسابيع من اكتشاف رونتغن لأشعة إكس في نفس ذلك المكان.

كان علم الفيزياء آنذاك في أوجه، فقد خسرت بضعة قوانين بسيطة بالإضافة إلى المعادلات التي شرحت تلك القوانين مجالاً واسعاً جداً من الأبحاث. استطاع علماء الفلك تتبع حركة الكواكب بدقة، والتنبؤ بأوقات الكسوف والخسوف. بالإضافة إلى التكهن بموقع كل كوكب بعد عام من الآن بدقة رياضية.

كما ظهر انتصار عظيم آخر لعلماء الفيزياء في وقت قريب لولادة فيرمي.

فقد قام الفيزيائي النظري الاسكتلندي جيمس كلرك ماكسويل (79 ـ 1831) بجمع نظريات الكهرباء والمغناطيسية في نظرية واحدة هي الكهرمغنطيسية، وكانت معادلات ماكسويل قوية وجيدة كمعادلات نيوتن. والأكثر من ذلك افترضت نظريات ماكسويل عن الكهرمغنطيسية بأنه لدى تمرير شحنات كهربائية تتولد موجات كهرمغنطيسية وهذه الموجات تنتقل بسرعة الضوء. وبالفعل فقد اقترحت نظريات ماكسويل بشدة بأن الضوء ذاته هو عبارة عن موجة كهرمغنطيسية (ظلت طبيعة الضوء موضع جدل لعدة قرون، إلاّ أن التجارب التي أجريت عن طريق توماس يونغ (1773 ـ 1829) أكدت خصائصه الموجية الحركة).

مع قرب حلول القرن التاسع عشر، قادت هذه النجاحات في تفسير العالم الفيزيائي إلى شعور غامر بالرضا. اعتقد بعض الناس بأن علم الفيزياء سينتهي قريباً بعد فهم كل شيء إلاّ أن الثغرات كانت تظهر في تلك المجموعة من القوانين التي تبدو خالية من العيوب. كانت الثورة تستجمع قواها.

وسوف تقلب قوانين الحركة لنيوتن إلى أشياء بالغة في الصغر كالذرات على الأقل. كما أن الضوء لم يكن دائماً يسلك مسلك الموجة بل أنه أحياناً يصبح كشعاع من الطلقات. وكانت هنالك شكوك جديدة ـ «أشعة» غريبة وجديدة ـ التي بحاجة إلى علماء فيزياء حديثين كنيوتن وماكسويل من أجل تفسيرها.

كانت الطبيعة تكشف خلسة عن بعض تعقيداتها الحقيقية. ففي عام 1895 في ألمانيا، قام ويلهلم كونراد رونتن (1845 ـ 1923) باكتشاف أشعة باستطاعتها المرور عبر المادة وعمل صورة للعظام في يده. ويبدو أن هذه الأشعة المخترقة تتولد عندما يضرب تفريغ كهربائي جدران الآلة. وقد أطلق رونتغن على هذه الأشعة اسم «أشعة إكس». نحن نعلم الآن بأن أشعة إكس هي موجات كهرمغنطيسية وهي تشبه الضوء إلاّ أنها ذات طاقة عالية جداً (ولهذا باستطاعتها اختراق المادة).

لقد عثر رونتغن على أشعة إكس وتأثيراتها بالمصادفة أثناء دراسته كيفية مرور الكهرباء عبر الغازات. ظل علماء الفيزياء يدرسون التيارات الكهربائية في الغازات لأكثر من خمسين عاماً وربما كانت هنالك مختبرات أخرى بحيث كان من الممكن اكتشاف تأثيرات أشعة إكس هذه. إلاّ أنها ظلت مهمة لرونتغن كي يحك رأسه (أو ربما لحيته) ويحتار بأمر هذه البقع المشعة المفاجئة والأشعة المخترقة، وبهذا يكون قد فتح مجالاً واسعاً جديداً في عالم الفيزياء.

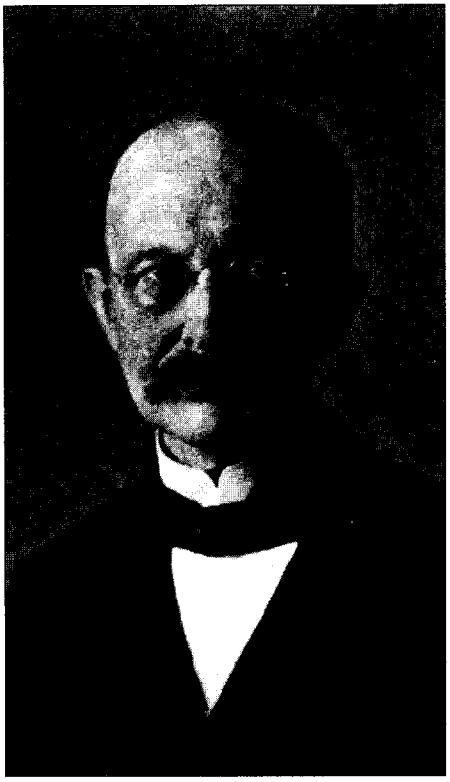
وقد لعبت الاكتشافات التي تحصل عن طريق الصدفة دوراً أساسياً في عالم الفيزياء الاختباري (لقد قاد ذلك إلى أحد إنجازات فيرمي العظيمة وإلى فوزه بجائزة نوبل). ويتعلم الباحثون الناجحون كيفية اكتشاف تلك الصدف واستغلالها.

في العام الذي تلى اكتشاف رونتغن، ظهرت مفاجأة أخرى وهي مجموعة جديدة من الأشعة. اكتشف انطوان هنري بيكرل (1852 ـ 1908) في فرنسا بأن هنالك مواد معينة ترسل إشعاعات بإمكانها أن تقتّم طبقة (الفيلم) الحساسة للضوء والمختومة.

وكانت تلك ظاهرة جديدة كلياً للنشاط الإشعاعي:

إمكانية بعض العناصر الثقيلة كالاورانيوم، الراديوم، والثوريوم إصدار أجزاء صغيرة وأشعة إكس عالية الطاقة. قادت دراسات إضافية إلى تحديد ثلاثة أنواع من الإشعاعات والتي تسمى ألفا، بيتا، غاما حسب الأحرف الأولى الثلاث من الأبجدية اليونانية. اتضح أن أشعة ألفا (أو دقائق ألفا) هي نوى أو مراكز ذرات الهيليوم. وأشعة بيتا هي نفس الإلكترونات الناقلة للتيار الكهربائي ، وعلى عكس أشعة ألفا وبيتا فإن غاما هي حزمة كهرمغنطيسية مشابهة لأشعة إكس مع طاقة أكبر من معظم أشعة إكس. طرحت جميع هذه الاكتشافات الجديدة تحديات وفرص للفيزيائيين في فجر القرن الحديث. كان شيئاً عظيماً يحدث في ذلك الوقت: فجأة لم يشعر أحد بالأمان والاطمئنان حيال نتائج نيوتن وماكسويل.

كانت هنالك اكتشافات أخرى إلى جانب الاكتشافات المخبرية وكان علماء الفيزياء الذين يكتبون النظريات والذين يقومون بالعمليات الحسابية لتفسير هذه النتائج المخبرية مشغولون أيضاً، وقد تصدى هؤلاء الفيزيائيين



طرح ماكس بلانك مفهوم الطاقة المكماة عن طريق نظريته عن إشعاع «الجسم الأسود».

النظريين لمشكلة عدم كفاية معادلات ماكسويل لوحدها والتي اعتبرت الضوء المُصدر من الأجسام يسخنها إلى أن تصبح حمراء متوهجة. وقادت القوانين الراهنة إلى النتيجة المستحيلة بأنه لابد أن تشع (تصدر حرارة أو ضوء) كميات لا متناهية من الطاقة. كما تزعم النظرية بوجود كمية أكبر من الطاقة المشعة لدى الاقتراب من طول موجة أقصر على النهاية الزرقاء والبنفسجية من طيف الضوء. ليس لكل ذلك أي معنى (لقد أشاروا إلى تلك المشكلة بالاسم الملون «الكارثة فوق البنفسجية»).

وأخيراً قام عالم الفيزياء الألماني ماكس بلانك (1858 ـ 1947). بحل «مشكلة إشعاع الجسم الأسود» في عام 1900. كانت تكهنات نظرية بلانك الجديدة في توافق ممتاز مع الكميات المقاسة ولون الضوء المنشور. ومن أجل الحصول على هذا التوافق، كان على بلانك إثارة فكرة الكمات ـ كميات ثابتة ـ من الطاقة. لم يكن ذلك مجرد تقنية.

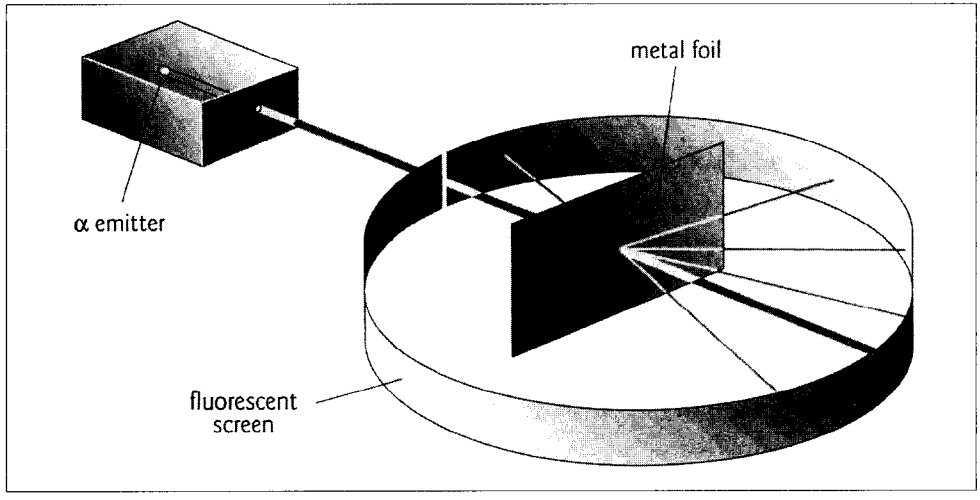
لقد مكن ثابت بلانك h الذي يخبرنا عن حجم كميات الطاقة من تطابق النظرية مع التجربة.

بالرغم من عدم تقديره لذلك بشكل كلي، كانت

نظرية بلانك ثورية بكل تفاصيلها كتلك الأشعة الجديدة المحيّرة التي كان علماء الفيزياء الاختباريين يحاولون اكتشافها. وبالفعل، كانت نظرية بلانك الجديدة أكثر ثورية لأنها زودتنا بأول بصيص فهم لجانب أساسي من الطبيعة. لم تكن الافتراضات المبنية على نظريات نيوتن وماكسويل حقائق عالمية. لم يكن الفلك ممكناً، لم تكن جميع تقسيمات الضوء المشع ممكنةً.

وكانت فكرة المقدار أكثر ملاءمة لعالم الذرة المكتمل الرؤية كانت التغيرات آتيةً أيضاً إلى مفهوم الذرة المربك. كلمة الذرة atom مشتقة من a اليونانية ومعناها ليس وtom التي تعني قابل للتجزئة أو للقسمة. كانت فكرة أن كل شيء مصنوع من الذرات: من أجزاء صغيرة لا يمكن تجزئتها موجودة منذ زمن طويل جداً، منذ عهد ديموكريتس Democritus الفيلسوف الإغريقي في القرن

دقائق ألفا مخترقة من جهة اليسار ومتناثرة بواسطة صفيحة معدنية رقيقة. معظم دقائق ألفا قد انحرفت بشكل ضيئل لكن يبرهن القليل منها الذي ارتد بزاوية كبيرة بأن للذرات كثافة ونواة مركزية.



الرابع قبل الميلاد الذي طوّر الفكرة وقام بتسمية الذرة. لكن ذلك كان مجرد تفكر فلسفي غير مدعم بالنظرية أو التجربة.

لقد نتج قليل من التبصر في طبيعة الذرات عن طريق عمل الكيميائيين الذين طوروا القوانين التي تقود التفاعلات الكيميائية.

حيث قام عالم الكيمياء الإنكليزي جون دالتون (1766 ـ 1844) بإضافة مصداقية إلى مفهوم الذرات بواسطة تعيين أرقام للإشارة إلى الأوزان النسبية للعناصر لدى اتحادها مع مركبات كيميائية. وبينما لم يكن أحد يعلم أوزان الذرات المستقلة، ساعدت حقيقة اتحادها بنسب معروفة الكيميائيين (والفيزيائيين) بالاعتقاد بالفكرة الضمنية للذرات.

قام دالتون بنشر أعماله في بداية القرن التاسع عشر، إلا أن التجارب التي قادت إلى الصورة الحديثة للذرة لم تكن قبل 100 سنة بعد القرن التاسع عشر أي في السنوات الأولى من القرن العشرين. كان ذلك نتيجة تجارب في مختبر ارنست رثرفورد (1871 ـ 1937) Ernest Rutherford في مانشستر، إنكلترا Manchester, England.

تألفت تجربة رثرفورد من وضع مصدر لدقائق ألفا من ثقب صغير ومن ثم مراقبة كيفية انحرافها بعد ارتطامها بصفيحة ذهبية رقيقة. (من الممكن مشاهدة دقائق ألفا المنحرفة عن طريق جعلها ترتطم بسطح مطلي بنفس نوع

المادة المشعة التي تجعل شاشة التلفاز ترسل ضوءاً). لقد مرت معظم دقائق ألفا عبر الرقاقة بدون تغيير شديد في الاتجاه. لكن قليلاً منها غير الاتجاه بمقدار معتدل، وبعضها غير اتجاهها بمقدار كبير. وحوالي 1 من 8000 انحرفت بزاوية قدرها 90° درجة. وبعضها انحرفت حتى أكثر من ذلك عائدة تقريباً إلى الاتجاه الذي أتت منه. وفيما يلي النتيجة الأكثر دهشة. فقد كتب رثرفورد لاحقاً: «إنه موثوق تقريباً كأنك أطلقت قذيفة 15 إنش على جزء من منديل ورقي ثم عادت وأصابتك».

هاهي ذا دقائق ألفا سريعة الحركة تندفع بعنف باتجاه الصفيحة الذهبية الرقيقة، وهنا نتوقع أن تعبر فقط لا أن تنحرف بزاوية كبيرة كهذه. كان لابد لدقائق ألفا الواردة تلك أن تصدم شيئاً أثقل منها. ومن أجل استيعاب مثل هذه النتيجة بشكل جيد لابد لكتلة ذرات الهدف الذهبية أن تكون مركزة في بقعة صغيرة في مركز كل ذرة. وقد أطلق رثرفورد على تلك البقعة الصغيرة، مركز الذرة اسم «النواة».

مع بدء حلول قرن جديد، كان لدى الفيزيائيين بعض «الأشعة» الجديدة المحيرة، نموذج عن الذرة مع تركز معظم الكتلة في النواة الرئيسية وفي المحتوى، في فكرة ماكس بلانك عن الكم لفهم أعمق لطبيعة الذرة.

كانت تلك الثورات في عالم الفيزياء متقدمة بشكل جيد. لا تحدث الثورات العلمية بين ليلة وضحاها. سوف

تمر سنوات عديدة قبل التمكن من استيعاب الاكتشافات والنظريات الجديدة بشكل كامل، وسيكون هناك وقت كافٍ لانريكو فيرمي الصغير لينمو ويصبح لاعباً أساسياً في الثورة المتطورة في علم الفيزياء.