رذرفورد

Lord Rutherford

أوّل من حوّل العناصر بعضها الى بعض

من المسلَّم به بين اصحاب الرأي العلمي ان اللورد رذرفورد كان عند وفاته في ٢٠ اكتوبر الماضي اميز علماء الانكليز العاملين واكبر عالم طبيعي مجرّب experimental scientist في هذا العصر. وقد وصفهُ العلاّمة الدنماركي نيلز بوهر بقوله ان « نشاطهُ فذٌّ ولا يقضب سيفهُ ». فوفاتهُ وهو في منتصف العقد السابع خسارة عظيمة باعتراف اساتيذه واقرانه وتلاميذه

روى الدكتور كارل كمبن مدير معهد ماسشوستس الصناعي ، انهُ عهد اليه في خلال الحرب الكبرى في ان يعرض على خبراء الانكليز والاميركيين جهازاً كان الفرنسيون قد اخترعوهُ لمعرفة مواقع الغواصات . وكان رذرفورد احد خبراء الانكليز . فبعث بكلمة الى الاستاذ يستند يقول انهُ يعتذر عن تأخره، بوجوب البقاء في معمله قليلاً لاتمام تجارب كان قد بدأها ، ويظن انهُ استطاع ان يشطر بها نواة ذرة الايدروجين شطرين . وانهُ اذا صحّ ذلك فهو أهم من الحرب . ولكنهُ ، وهو العالم الحذر طلب ان لا يذاع نبأ هذه التجارب، لانهُ لم يتثبت بعدُ من تفسير النتائج التي توصل اليها . وقد كان حذرهُ في محله ، لان البحث اثبت ان رذرفورد لم يشطر نواة الايدروجين في تلك التجربة بل قذف البروتونات من ذرات النتروجين والالومنيوم وغيرهما من العناصر الخفيفة ، فكان بذلك اول انسان ادرك الطريقة التي تحوّل العناصر بعضها الى بعض

ولد رذرفورد في زيلندا الجديدة وتلقى العلوم في معاهدها . فلما اتمّ دراستهُ الجامعية في وطنهِ ، كانت جامعة كمبردج قد ابتدعت بدعة جديدة . فلك انها قرّرت ان تقبل في عداد الطلاب الباحثين ، خريجي الجامعات الاخرى ، في انكلترا او خارجها ، فكان اول من انتظم فيها وفقاً لهذا النظام الجديد ، رذرفورد ، وقد اتاها من زيلندا الجديدة ، وتوزند ، وقد جاءها من كلية ترنتي بدبلن عاصمة ارلندا . وصلا الى كمبردج في يوم واحد من أيام اكتوبر ١٨٩٥ ولو ان مجلس الجامعة أرادان يتخيّر انبغ الطلاب ، ليدل باختيارهم على فائدة النظام الجديد ، لما استطاع ان يتخير طالبين أنبغ من رذرفورد وتوزند

وما كاد رذرفورد ينتظم في قسم المباحث الطبيعية بجامعة كمبردج حتى جدّد عنايتهُ ببحث كان قد بدأه وهو في زيلندا الجديدة ، يدور على اتقان طريقة جديدة لاكتشاف الاشعة اللاسلكية . كان قد وجد أن دبذبة التيارات الكهربائية ، تحدث نقصاً في مغناطيسية سلك فولاذي ممغنط ، وان التيارات الكهربائية التي تحدثها أمواج الراديو ، يمكن اكتشافها أو تبيانها بأثرها في الاسلاك الفولاذية الممغنطة . وقد تمكنت جامعة كمبردج بهذه الطريقة من احراز قصب السبق في التقاط الاشارات اللاسلكية على أبعد مدًى معروف حينئذٍ وكان ميلين !

كان العلاَّمة جوزف طمسن مدير المعمل قد راقبهُ في العمل ، فرأى بأية لباقة وبراعة يجرب التجارب الطبية ، فدعاهُ لمساعدته في تجاربه باسرار التيارات الكهربائية في الغازات

كانت الاشعة السينية قد اكتشفت على يدي رنتجن في السنة التي أنتظم فيها رذرفورد في جامعة كمبردج . فهالهُ ما انطوت عليهِ من العجائب وأدهشهُ فعلها في اظهار عظام الجسم ، وتصويرها صوراً لاجسام تحجبها ألواح من الفولاذ . هذه ظاهرة طبيعية جديدة لا تمتُّ الى طبيعة القرن التاسع عشر بصلة . فأقبل عليها العلماء ، بنشاط عجيب يبحثون خواصها العجيبة

وكان من أشهر ما اتصفت بهِ ، ان اختراقها للهواء يكهرب الهواء ، أي يجعلهُ موصلاً جيداً للكهربائية . وقد لا نغالي ، اذا قلنا ان هذه الخاصة من خواصها ، كانت من أبعد الظاهرات الجديدة المتصلة بها ، اثراً في ارتقاء علم الطبيعة الحديث

كان من المتعذر على العلماء ، أو بالحري من أشق الامور عليهم ان يكهربوا الهواء . فلما اكتشفت الاشعة السينية سهل ذلك عليهم . فعمد طمسن حال اكتشافها الى استعمالها في ابحاثهِ التي تدور على سير التيارات الكهربائية في الغازات ، وعهد الى رذرفورد في مساعدته . فمهَّد بذلك الطريق الى اكتشاف الالكترون سنة ١٨٩٧

في خلال هذه السنوات الثلاث ، عبَّ رذرفورد قواعد العلم التي وضعها أعلام معمل كافندش ، فتحوَّل من مجرَّد باحث عطي الى باحث خبير الرأي

وكان من آثار الاشعة السينية ، عدا ما تقدم ، انها كانت سبيلاً الى اكتشاف ظاهرة الاشعاع . ذلك انهُ بعد ما أعلن رنتجن اكتشافهُ ، أخذ العلماء يبحثون عن أشعة مماثلة لها في نواحٍ مختلفة من الطبيعة . وكان من الطبيعي ان تفحص الاجسام الفسفورة التي تتألق في الظلام . فاكتشف بكرل سنة ١٨٩٦ ان معدن الاورانيوم يطلق أشعة تؤثر في اللوح الفوتغرافي ، ولو كان الحاجز بين المعدن واللوح كثيفاً يحجب النور ويحول دون تأثر اللوح بهِ

وبعدما قضى رذرفورد اربع سنوات في معمل كافندش عين استاذاً للطبيعة في جامعة ماكجل بكندا وكان عمره حينئذٍ ثماني وعشرين سنة . فاختار أن يوجّه بحثه الى ميدان الاشعاع وكان لهُ من قسم الطبيعة في الجامعة ، ما يمهد لهُ سبيل البحث

كان مكتشفو الاشعاع من علماء فرنسا يميلون الى تفسير الاشعاع تفسيراً كيماويًّا والى دراسته بالاسلوب الذي كشف به أبي بالتصوير الشمسي

فرأى رذرفورد ان ظاهرات الاشعاع المعقدة ، لا يمكن ان يحيط التمام عن خفاياها بأساليب العلماء الفرنسيين . فعزم على ان يبتدع أساليب كهربائية ، ومقاييس كهربائية لدراستها ، وان يعنى بناحيتها « الكمية » لا بناحيتها « النوعية » فقط . وكان له من خبرته السابقة في استعمال الادوات الكهربائية ما يمكنهُ مما يريد . وقد دلت التجارب التي ابتدعها ، والادوات الكهربائية التي استنبطها لاستعمالها في هذه التجارب ان عبقريتهُ كانت ملائمةً كل الملاءمة لهذا النوع من الدراسة ولهذه الطريقة من البحث . فكأن الموضوع ، والرجل الصالح لتحقيقه ، ظهرا معاً

كان الاستاذ كوري وزوجهُ قد اكتشفا البولونيوم والراديوم سنة ١٨٩٨ . وكان شمعدت قد كشف فعل الاشعاع في عنصر الثوريوم . فدهش العلماء لهذه المكتشفات العجيبة . ولكن طريقة الاشعاع وفهم مقتضياته ، ظلاَّ موضوعين محاطين بستار من الغموض . ولما كانت هذه الظاهرات الغريبة الجديدة ، معقدة ، ولا عهد للعلماء بما يماثلها من قبل ، تعدَّد القول فيها ، واختلف الرأي . فالعلماء الفرنسيون اسندوا الاشعاع الى ذرات العناصر للشعة ، ولكنهم عجزوا عن ان يبينوا كيف تظهر هذه الخاصة في الذرات . فقال أحدهم ان ذرات العناصر المشعة تستطيع ان تقلص الطاقة من الأثير ، ثم تطلقها كاشعة . وفي سنة ١٩٠٠ اكتشف رذرفورد أن عنصر الثوريوم ، يطلق غازاً . وإن هذا الغاز مشع كذلك . وكان العلماء قد وجدوا حتى مطلع القرن العشرين ان ما يتطلق من المواد المشعة محصور في الغالب في كهارب ، وأشعة أخرى لم يعلم حينئذ ما هي . فقال رذرفورد ان هذا الغاز المتطلق من الثوريوم ، تابع من الناحية الكيماوية ، للغازات الجديدة التي اكتشفت في الهواء اي الهليوم والارغون وغيرهما

فكان كشف هذه الحقيقة — اي ان المواد المشعة تطلق او تقذف اجساماً مادية — الخطوة العظيمة الاولى نحو فهم ظاهرة الاشعاع على حقيقتها . فاذا كانت ذرات العناصر المشعة تطلق اجساماً مادية ، وجب ان تكون هذه الذرات آخذة في الانحلال . لان تقلُّص الطاقة من الاثير في دقائق مادية كالدقائق المتطلقة من المواد المشعة غير محتمل . وبعد ما اثبت رذرفورد هذه الحقيقة ، اخذ في دراسة الغاز وتحليله وابتدع في سبيل ذلك تجارب غاية ما تكون في الدقة والابداع ، والرسائل التي نشرت لهُ في المجلة الفلسفية سنة ١٩٠٢ تدل على ان مواهبهُ العقلية ولاسيما ما يتصل منها بالبحث العلمي ليست من المواهب المألوفة بين الناس

وفي سنة ١٨٩٩ اثبت رذرفورد ان الاشعاعات المتطلقة من اكسيد الاورانيوم تحتوي على ضربين من الاشعاع ، اطلق على احدهما اسم « اشعة الفا » وعلى الثاني اسم « اشعة بيتا » وقال ان اشعة « بيتا » فيوانُها كهارب تستطيع ان تخترق الواحاً كثيفة من المادة وتنحرف

بالجذب المغناطيسي . اما اشعة « الفا » فأقل إختراقاً للاجسام من اشعة « بيتا » وأقل انحرافاً منها بالجذب المغناطيسي . وقد ذلك اثبت انه يمكن حرف اشعة «الفا» في مجال شديد القوة وانها في الواقع تحتوي على ذرات الهليوم (راجع وصف التجربة البديعة التي اثبت بها انها ذرات هليوم في صفحة ١٥٦ من كتاب اساطين العلم الحديث : الطبعة الاولى) . ثم اكتشف ضرب ثالث من الاشعة ينطلق من المواد المشعة ، وهو شديد الاختراق للاجسام ، يشبهُ الاشعة السينية في ذلك فدُعي « اشعة غما » . غير ان الدليل العلمي على ان اشعة « غما » تشبهُ الاشعة السينية لم يتم ، الاّ في سنة ١٩١٤ عند ما طبق رذرفورد طريقة فون لاوْ في تفريق الاشعة باستعمال البلورات او الالواح المخززة diffraction grating .

في سنة ١٩٠٢ قبل ان يعرف ان اشعة « الفا » مؤلفة من ذرات الهليوم اقترح رذرفورد وصُدي نظرية لتفسير حقائق الاشعاع المعروفة ونشرا رسالتهما في المجلة الفلسفية . وقد ثبتت هذه النظرية بالبحث لان جميع الحقائق الجديدة التي أكتشفت ايامها وأمكن إدماجها في نطاقها . قالا : — « لما كان الاشعاع ظاهرة ذرية ويصحبها في الوقت نفسه تغيرات كيماوية ، تبرز فيها شروب جديدة من المادة ، فلا بد ان تكون هذه التغيرات حادثة داخل الذرة ، ولا بد ان تكون العناصر المشعة تتحول تحولاً ذاتيًّا . وقد اثبتت النتائج التي حصلنا عليها حتى الآن ان سرعة هذا التحوُّل لا تتأثر بأية حال من احوال القدرة (كالضغط والحرارة) فمن الواضح ان التغيرات التي تقدَّم ذكرها تختلف عمَّا عالجتهُ الكيمياء حتى الآن من وجوه التغير الطارئة على المادة ، فنحن إذن امام ظاهرة خارجة عن النطاق المعروف عن القوة الذرية . وإذن يجب ان نحسب الاشعاع Radio-activit مظهراً من مظاهر التغيُّر والتحوُّل الذري sub-atomic

بهذه العبارات البسيطة الفخمة وصف رذرفورد وصدي مكتشفاً من اعظم المكتشفات العلمية الحديثة فهي نشوء المادة وتطورها . فتح هذا الاكتشاف ميادين واسعة امامها فتقدما فيها بخطوات راسخة وبصر نافذ ، هما وليدا النظرة العلمية الحقيقية . وقد اتبعا العبارات المتقدمة بالعبارة التالية : — « فالامل المعقود على ان يكون الاشعاع سبيلاً الى معرفة افعال التحول الكيماوي داخل الذرة ليس املاً غير معقول » . وفي سنة ١٩٠٧ عين رذرفورد استاذاً للطبيعة في جامعة منشستر . وفي سنة ١٩٠٨ منح جائزة نوبل الكيماوية وهو لا يزال في السابعة والثلاثين . وقد منح جائزة الكيمياء لا جائزة الطبيعة لان الاشعاع كان لا يزال في نظر القوم ، ظاهرة كيماوية لا ظاهرة طبيعية . وبمنحه هذه الجائزة ، انتهت المرحلة الاولى من حياته الحافلة ، وفيها كشف السبيل الى فهم عملية الاشعاع . وذلك وحده كافٍ لتخليد اسمه في تاريخ العلم

اما المرحلة الثانية من حياته فتقع بين سنتي ١٩٠٧ و ١٩١٩ وهي السنوات التي قضاها

استاذاً في جامعة منشستر . في خلال هذه المدة وقف رذرفورد عبقريتهُ على التفوذ من طريق الاشعاع الى معرفة ما يحدث داخل الذرة من التغير الكيمياوي كما امثل سنة ١٩٠٢ . فكانت آثاره العلمية في هذه المرحلة أتم وأروع من آثاره في المرحلة السابقة

فبعد ما اخرج رذرفورد وصُدي نظريتهما في التحول الذاتي في الذرة تفسيراً لظاهرة الاشعاع عكف رذرفورد في منشستر على درس اشعة «الفا» و«بيتا» و«غما» دراسة مفصلة . كان قد اكتشف اشعة «الفا» سنة ١٨٩٩ ثم اثبت انها تيارات من ذرات الهليوم او بالحري من نوى الهليوم . ثم اثبت ان أشعة «بيتا» هي تيارات من الكهارب سالبة الشحنة الكهربائية . والفرق بين الضربين من الاشعة كان عظيماً ، لان نواة الهليوم تفوق الكهرب بضعة آلاف ضعف وزناً . وشحنتها الموجبة ، ضعف شحنة الكهرب السالبة . وكان طمسن قد جرى في سنة ١٩٠٤ على طريقة استكشاف داخل الذرة باستعمال أشعة أو تيارات من الدقائق او الامواج . فبيّن انهُ يمكن تعيين عدد الكهارب في ذرات مختلفة من طريقة تفريق هذه الذرات — في لوح مؤلف منها مثلاً — للدقائق او الامواج الموجّهة اليها . وقد فاز طمسن علاوة على ذلك بتبيين العلاقة بين عدد الكهارب من ذرة عنصر ما ومقام ذلك العنصر في الجدول الدوري

ولكن العلماء في ذلك الوقت عجزوا عن تصوّر صورة للذرة تفي بجميع الحقائق الجديدة التي اثبتها البحث . فكان لا بدّ من كشف حقائق أخرى حتى يتم تأليف الصورة المرجوّة منها . فرأى رذرفورد ان استعمال دقائق «الفا» على طريقة طمسن ، قد تسفر عن كشف حقائق جديدة لا يمكن الحصول عليها باستعمال امواج الضوء او الكهارب لخفتها وسهولة انحرافها . ولا يخفى ان كتلة دقيقة «الفا» تفوق كتلة الكهرب ثمانية آلاف ضعف . فاخذ يعدُّ العدة لاستطلاع اسرار الذرّة باطلاق دقائق «الفا» على الذرّات . فوجد أن بعض هذه الدقائق تخترق لوحاً رقيقاً من المادة في خطوط مستقيمة ، وبعضها يخرج من الناحية الثانية وقد انحرف قليلاً . وقليل منها يرتدّ . وهذه الدقائق المرتدّة عجز عن فهم ارتدادها . وقد روى نيلز بوهر انهُ عند قدومه الى منشستر للاشتغال في معمل البحث الطبيعي في جامعتها — وهو المعمل الذي كان يشرف عليه رذرفورد — علم من بعضي ان رذرفورد كان قد قال لموزلي ، انهُ لولا ارتداد هذه الدقائق لاستطاع ان يفهم فهماً جيداً تصرُّف دقائق « الفا » عند اطلاقها على ذلك اللوح الرقيق . ومع ان العدد المرتد من هذه الدقائق كان يسيراً جدًّا ، احسَّ رذرفورد انهُ لا يمكن ان يتجاهله

فكتلة الدقائق كبيرة بالقياس الى كتلة الكهارب ، وطاقتها عظيمة . فأيّ شيء يستطيع ان يردّها على اعقابها بطاقة عظيمة ؟ لا بدّ ان يكون هذا الشيء ، جسماً راسخاً كبير الكتلة . يضاف الى ذلك انهُ لاحظ ان الدقائق التي تنفذ اللوح منحرفة ، كان انحرافها أقلّ مما ينتظر وهذا دلَّهُ على ان المساحة التي يشغلها ذلك الجسم المفروض الذي يردُّ الدقائق على أعقابها ،

يجب ان تكون اصغر مما ينتظر . فنظر رذرفورد في الدقائق المنحرفة وتوزيعها ومدى انحرافها وحسب حجم ذلك الجسم، فوجده أصغر من حجم الكهرب . واذن فهذا الجسم الذي يردّ الدقائق على اعقابها اصغر حجماً من الكهرب واعظم كتلةً منهُ . وفي سنة ١٩١١ اخرج رذرفورد نظريتهُ القائلة بأن هذا الجسم ، هو نواة الذرّة . فتصوّر الذرة مؤلفة من نواة دقيقة تحتوي على معظم وزن الذرة ، وحولها تدور الكهارب على ابعاد مختلفة ، وان الشحنة الكهربائية على النواة شحنة موجبة ، وان الكهارب وشحناتها الكهربائية سالبة ، تعدل شحنة النواة الموجبة فتصبح الذرة متعادلة او محايدة neutral . واذن فكتلة النواة العظيمة وشحنتها الموجبة، تمكنانها من ردّ دقائق «الفا» ذلك الرد العنيف

ومما يستوقف النظر في نظرية رذرفورد هذه، انهُ اقترحها وهو يعلم انها مناقضة للنواميس الميكانيكية المسلّم بها ، كما وضعها غليليو ونيوتن . وقد قال ادنغتن ان اقتراح رذرفورد ، صورة للذرة لا تتفق والنواميس الميكانيكية النيوتونية كان اجرأ اقتراح في تاريخ العلم الحديث

هذه الصور الذرية التي اقترحها رذرفورد ، فسرت خواص الذرة الطبيعية واستقرارها ولماذا لا تتأثر بالتفاعل الكيمياوي. فالتفاعل الكيمياوي يقتصر في تأثيره على الكهارب في مناطق الذرة الخارجية ، ولكنهُ لا يؤثر مطلقاً في معظمها الداخلي وهو النواة

وكان بين تلاميذ رذرفورد وأعوانهِ في منشستر شاب دنماركي يدعى نيلز بوهر . فتناول الصورة الذرية التي اقترحها رذرفورد ، معجباً بما تفسره من الحقائق المعروفة ، آسفاً انها لا تتفق والنواميس الميكانيكية المسلّم بها . تناولها وغرضهُ ان يبحث عن طريقة يوفق بينها وبين تلك النواميس . وبعد بحث نظري عويص بيّن بوهر ان الصورة المقترحة تصلح اذا طبقت عليها نواميس «الكوتم» ، لا نواميس نيوتن الميكانيكية . اي ان التغيرات الذرية لا تحدث حدوثاً متصلاً بل تحدث في نبضات صغيرة . فلما وفق بوهر بين ذرة رذرفورد ونواميس «الكوتم» ، استطاع الباحثون في الحال ان يفسروا طائفة من الظاهرات الطيفية (البكتروسكوبية) التي كان تفسيرها متعذراً عليهم . واذ كان زملاء رذرفورد الشبان ماضين في تحقيق صورته الذرية من الناحية النظرية وصلتها بالنواميس المعروفة ، اقدم هو على استعمال دقائق « الفا » ، التي مكنتهُ من اكتشاف نواة الذرة ، استعمالاً طريفاً مكنهُ من تغيير بنائها في بعض العناصر

اطلق هذه الدقائق على ذرات بعض العناصر الخفيفة كالنتروجين والالومنيوم . فلاحظ وجود ذريرات مادية في اماكن خارجة عن نطاق دقائق « الفا » وفعلها . وكان مشغولاً بهذا البحث ، لما دعي الى كمبردج ليشغل كرسي كافندش للطبيعة التجريبية الذي خلا باستقالة استاذه السر جوزف طمسن . فأتم البحث في معمل كافندش بكمبردج اذ أثبت ان هذه

الذريرات ليست الا كسراً من ذرات التروجين والالومنيوم بعد تحولها بوقع دقائق « الفا » عليها . وفي سنة ١٩١٩ نشر وصفاً لاشهر تجاربه على الاطلاق وهي تجاربه في تحويل العناصر

كان يومها في الثامنة والاربعين من العمر وورائه مرحلتان من البحث العلمي حافلتان بالعجائب فكان يتعذّر على الباحث ان يصدق حينئذٍ ان هذا العالم مقبل على مرحلة ثالثة حافلة حفول المرحلتين السابقتين . ولكنه في سنة ١٩٢٠ القى الخطبة البكرية في الجمعية الملكية ، وبعد ما وصف تجاربه في تحويل العناصر تحدّث عمّا يعرف عن نواة الذرّة فتنبّأ بوجود دقيقة جديدة غير الالكترون والبروتون ، ووصف الخواص التي يجب ان تتصف بها . وبعد انقضاء احدى عشرة سنة على تلك الخطبة اكتشف مساعده شدويك تلك الذرّة ودعيت النوترون (المحايد) وثبت ان خواصها هي هي الخواص التي تنبأ بها رذرفورد

وقبل ان يضيق العالم العلمي من دهشة إكتشاف النوترون اذيع نبأ إكتشاف آخر تمّ في معمل كافندش وذلك ان الباحثين كوكرفت وولطن اتما اول تحويل للعناصر باستعمال الآلات ومن دون الاستعانة بدقائق «الفا» المنطلقة من العناصر المشعّة. كان رذرفورد قد استعمل دقائق «الفا» في تحويل العناصر سنة ١٩١٩ ولكن كوكرفت وولطن استنبطا بارشاده طريقة تمكنهما من اسراع الذرّات حتى تبلغ طاقة انطلاقها طاقة دقائق «الفا» . وكانت طريقتهما هذه تفضل طريقة رذرفورد الاولى في انه كان في وسعها اطلاق عدد كبير من هذه الذرات السريعة حالة ان رذرفورد كان يعتمد على دقائق «الفا» المنطلقة انطلاقاً طبيعيًّا وقد كان عدد المنطلق منها محدوداً بمقدار المواد المشعة وهي ثمينة ولا بدّ ان يكون المقدار قليلاً ، لندرتها وغلائها

يضاف الى ذلك ، ان نوى الذرات مؤلفة من اجزاء مرتبطة بعضها ببعض بطاقة عظيمة ففصلها بعضها عن بعض او تحطيم النواة — وهذا ملازم لتحويل الذرة — يطلق جانباً من الطاقة الكامنة في الذرة . وقد يظن ان كوكروفت وولطن حققا بعملهما هذا الحلم القديم باطلاق الطاقة الكامنة في الذرة لاستعمالها بدلاً من انواع الطاقة المستعملة الآن في الصناعة . ولكن جهازهما لا يصلح لذلك . لم ان البروتون الذي يحل ذرة البيثيوم مثلاً يطلق من الذرة طاقة اعظم من الطاقة التي اندفع بها البروتون . ولكن بروتوناً واحداً من ملايين البروتونات يصيب ذرة البيثيوم ويحللها . والطاقة اللازمة لاطلاق جميع البروتونات المنطلقة اعظم جداً من الطاقة الخارجة من الذرة عند حلّها . فالمسألة الآن لا تتعدى حدود البحث العلمي

فاطلاق الطاقة الذرية واستعمالها لا يزالان في رحم المستقبل . ولكن اذا أتيح للانسانية بعد عقود من السنين او قرون ، ان تمتح من معين الطاقة الذرية ، فلا ريب في ان الاجيال المقبلة تلتفت حينئذٍ الى القرن العشرين ، وتقول ان رذرفورد هو الرائد الذي مهد لها الطريق