المقتطف

الجزء الثاني من المجلد الثاني والتسعين

١ فبراير سنة ١٩٣٨ — ١ ذي الحجة سنة ١٣٥٦

الاشعاع

قديماً وحديثاً (١)

موضوع الاشعاع موضوع عويص وواسع النطاق في آن ، فما يعرف الباحث اذا حاول أن يلقي محاضرة واحدة فيه، اين يبتدىء واين ينتهي . فامواج الاشعة المرئي منها والتي تحيط بنا من كل ناحية ، وتؤثر في معظم وجوه المعرفة والعمل والحياة . من الامواج اللاسلكية الطويلة والقصيرة ، الى امواج الحرارة الخفية ، الى امواج الطيف المرئي ، الى امواج الاشعة التي فوق البنفسجي ، الى الامواج التي وراءها كالاشعة السينية ، واشعة غما ، الى الاشعة الكونية ، التي نستطيع ان تنفذ من خلال الواح من الرصاص كثافتها عشرون قدماً او تزيد

ما هذه الاشعة ؟ وكيف تتشابهُ وكيف تختلف ؟ وكيف تنبعث ؟ وكيف تنتقل في الفضاء ؟ وما صلتها بالمادة ؟ وكيف يفسّر فعل العناصر التي تطلق اشعةً ؟ وما العلاقة بين ما نعرفهُ عن هذه العناصر وبناء المادة الاساسي ؟ وهل في المستطاع مجاراة الطبيعة فيتاح للانسان ان يخرج من المواد الجامدة ، غير الشعة ، مواد تأجج في احشائها الطاقة وتنطلق منها الدقائق والامواج ؟

هذه هي بعض الاسئلة التي تخطر للباحث عندما يقترب من موضوع الاشعاع . والغرض من هذا البحث محاولة الاجابة عن بعضها، على اساسين من الايجاز والتبسيط ، فالتطويل متسع بالميادين المضروب للمحاضرة، والتعمق الرياضي ليس هذا محلهُ وهو على كلّ حال فوق طاقتي

(١) من محاضرة القاها رئيس تحرير المقتطف القيت في المجمع العلمي للثقافة العلمية بجنيف يناير ١٩٣٨

١ — مدى طيف الاشعاع

ولعلّ خيرَ ما نستهلُّ به البحث ، تعيين مدى الاشعاع في الطيفة ، وخواص الامواج في كل قسم منهُ . ولعلّ خير تقسيم نعتمد عليهِ في هذا الصدد ، مع انهُ تقسيمٌ عرفيٌّ ، هو اتخاذ الطيف المرئي اساساً ثم البحث في مدى الامواج التي على جانبيهِ

عرف من عهد نيوتن في القرن السابع عشر انهُ اذا دخلت شعاعة من ضوء الشمس حجرة معتمة من ثقب ، في جدارها او في ستار اسودَ مسدل على نافذتها ، ووقعت هذه الشعاعة على منشور زجاجي ، نفذت منهُ في الناحية المقابلة ، وقد انحلت الى الوان سبعة هي الاحمر فالبرتقالي فالاصفر فالاخضر فالازرق فالنيلي فالبنفسجي . الاحمر اطولها امواجاً والبنفسجي اقصرها امواجاً ، وامواج الالوان الاخرى بينهما متدرجة قصراً من الاحمر الى البنفسجي

الا ان مدى الاشعاع في الطيفة لا ينتهي عند الاحمر من ناحية ولا عند البنفسجي من ناحية اخرى . فوراء الاحمر اشعة تعرف بالاشعة التي تحت الاحمر وهي اشعة حرارة لا تبلغ امواجها في سرعة تواليها المبلغ الذي تتأثر بهِ عين الانسان فتعجز عن رؤيتها ، ولكننا نحسُّ حرارتها . ويرجع الفخر في اكتشاف فصل هذه الاشعة الى العلامة هرشل ، السر وليم هرشل مكتشف السيار اورانوس . فقد كان يجرّب التجارب بالامواج التي يتألف منها طيف الشمس المرئي وما لها من تأثير في مقياس الحرارة ، فكان يحلُّ شعاعة الضوء ، بالطريقة التي تقدّم ذكرها ، ثم ينقّل المقياس الحراري من البنفسجي الى الاحمر ، في فسحات متساوية من الوقت ، ويدوّن تأثير اشعة الالوان المختلفة في رفع درجة الحرارة فيهِ ، فلاحظ ان اشعة اللون الاحمر اشدُّ رفعاً لدرجة الحرارة في المقياس وان اشعة اللون البنفسجي اقلها . ثم خطا الخطوة التالية ، وهي خطوة يحتمها المنطق ، اذ وضع مقياس الحرارة في المنطقة التي تلي اللون الاحمر ، وهي منطقة لا تتبين العين فيها لوناً ما ، فوجد ان درجة حرارتهِ ترتفع وهو فيها ، اكثر من ارتفاعها اذ يكون المقياس مغموراً بالامواج الحمر . فثبت لهُ ان وراء اللون الاحمر ، امواجاً خفية ، تبعث حرارة في الجسم الذي يغمرها . ثم طبق هو وطائفة من الباحثين الذين تلوه ، ما كان معروفاً عن خضوع امواج الالوان المختلفة ، لقوانين الانعكاس والتكسر والاستقطاب والتداخل فثبت ان طبيعة هذه الامواج الخفية من طبيعة الامواج المرئية

ولم يكتف هرشل باستكشاف المنطقة التي وراء اللون الاحمر بمقياس الحرارة ، بل حاول كذلك استكشاف المنطقة التي وراء اللون البنفسجي ، فوجد الفعل مختلفاً ، اي كان كما بعد بمقياسهِ عن امواج اللون البنفسجي يرى الحرارة فيهِ وقد هبطت . وكان ذلك مما توقعهُ وتوصل اليهِ بالاستنتاج

من مشاهدة التدرج في هبوط درجات الحرارة في المقياس ، بالانتقال به من وراء الاحمر او تحت الاحمر الى الاحمر الى ما يليه من الالوان

وكان الكيمياوي السويدي شيل ، قد اكتشف ان املاح الفضة تتغير لوناً اذا عرضت لضوء الشمس . فتساءل الباحثون ، هل للاشعة التي فوق اللون البنفسجي تأثير في املاح الفضة ؟ وفي سنة ١٨٠٢ جرّب ولاستن التجربة التي اسفرت عن الجواب . ثم اثبت يونغ ان الفعل الكيمياوي الذي تتصف به الاشعة التي فوق البنفسجي سببها امواج اثيرية ، لانها تنعكس وتنكسر وتستقطب كأمواج الضوء . ونحن نعلم الآن ، ان هذه الاشعة هي التي تؤثر في املاح الفضة التي تغطي طبقة الافلام والواح التصوير فتجعل التصوير الضوئي ممكناً . ونعلم كذلك ان ما تتصف به هذه الامواج من الفعل الكيمياوي يستعمل الآن لتوليد بعض انواع الفيتامين في مواد خالية منهُ . وليس هنا مجال التبسط في ذلك

ولعلي لا أخرج كثيراً عن الموضوع ، اذا قلت ان الباحث الاميركي ميز Blues اثبت من عهد قريب ان الاشعة التي تحت الاحمر ، وهي اشعة حرارة كما تقدمت ، تؤثر تأثيراً كيمياويًّا في بعض المواد ، فصنع ألواح تصوير تنشاها المادة التي تتأثر بالاشعة التي تحت الاحمر ، وأحمى مكواة ووضعها في حجرة معتمة ، فلم يرها بعينهِ ولكنهُ استطاع تصويرها ، لان اشعة الحرارة المنطلقة منها أثرت في لوح التصوير فرسمت المكواة عليهِ

وكذلك امتدَّ طيف الاشعاع من اليمين ومن اليسار ، أو من تحت ومن فوق ، فشمل من ناحية اللون الاحمر ، اشعة الحرارة ، ومن ناحية اللون البنفسجي الاشعة الكيماوية ، فالاولى تعرف باسم الاشعة التي تحت الاحمر ، والثانية بالاشعة التي فوق البنفسجي . وكذلك ثبت ، أن بين الضوء والحرارة صلة وثيقة . فهل ثمة ظاهرة اخرى من ظاهرات الطاقة تتصل بهما ؟

هذه مسألة تستهوي العقول التي يشغلها ويحيرها ما في الطبيعة من اسرار ، ويحثها الشوق الى التساؤل والتجربة . وكان من الطبيعي ان يتجه فراداي الانكليزي وهو اميز العلماء المجربين في عصره ، الى هذا السؤال . ففي سيرته ما ينبئنا انهُ كان في سنة ١٨٢٢ مشغوفاً بالبحث عن الحلقات الخفية الناقصة ، في سلسلة الظاهرات الطبيعية وكان يعتقد اعتقاداً راسخاً في ان الاشكال المختلفة التي تظهر فيها قوى المادة ترتدُّ الى اصل واحد ، وكان يطبيعة مباحثه الاخرى ، يهتم بالضوء والمغناطيسية والكهربائية . وكان الضوء المستقطب يحيرهُ . وكان يحسُّ وليس عندهُ دليل ، ان هنالك صلة بين المغنطيسية والكهربائية . فأمرَّ شعاعة من الضوء المستقطب بين قطبي مغنطيس كهربائي قوي ، فتبين لهُ أن شعاعة الضوء تدور عندما يجري التيار الكهربائي في المغنطيس . فاذا انقطع عادت الشعاعة الى وضعها الاصلي . ثم اخذ لفّة من السلك بدلاً من

مغناطيس واجرى فيها تياراً فكان تأثيرها في شعاعة الضوء المستقطب كتأثير المغناطيس الكهربائي فخلص فراداي من هذه التجارب الى النتيجة المحتومة بان للضوء خواص كهربائية ومغناطيسية. وفي سنة ١٨٤٦ تنبأ فراداي بأنهُ لا بدّ ان يجيء يوم يثبت فيه ان ثمة صلة بين الضوء والاهتزازات الكهربائية المغنطيسية (الكهرطيسية) في الاثير. وكان فراداي مجرِّباً عبقريًّا ولكنهُ كان غير راسخ العلم في الاساليب الرياضية، وهذا التنبوء الجريء، لا بدّ انهُ من سحر الرياضة ليحوّلهُ من خاطر ومشاهدة الى حقيقة علمية

ومن محاسن الاتفاق، او من اسرار الخلق، ان العصر الذي اعجب فراداي ليكشف هذا الكشف ويقذف بهذه النبوءة الجريئة، اعجب كذلك اميراً من امراء البحث العلمي الرياضي في جميع العصور اعني جيمس كلارك مكسول. كان مكسول مجرِّباً لا يستهان به، ولكن قلّ من مجاربيه في عبقريته الرياضية. فنظر مكسول في نتائج التجارب التي اجراها فراداي وقال في ذات نفسه لا بدّ من وجود تفسير لما يتصف به الضوء المستقطب من الخواص الكهربائية والمغناطيسية. فعكف على التحليل الدقيق، وخرج منهُ بمعادلات رياضية، تدلُّ على ان في الفضاء اضطرابات كهربائية مغنطيسية تتصف بصفات الضوء. فكأن مكسول قال: ان الضوء مظهر اضطراب موجي في الاثير. وكذلك الاضطرابات الكهربائية الناشئة من شرارة كهربائية تبدو في مظهر امواج في الاثير، لا تراها، ولكنها هناك كالامواج التي تحدث النور والحرارة والطاقة الكيمياوية تسير جميعها بسرعة واحدة، هي السرعة المعروفة للضوء اي ١٨٦٣٠٠ ميل في الثانية

وقضى مكسول، في سنة ١٨٧٩ وهو في الثامنة والاربعين من عمره، ومعادلاتهُ الرياضية لا تزال ارقاماً ورموزاً على ورق، ولكن لم تكد تنقضي سبع سنوات على وفاته حتى حقق هينريش هرتز الالماني بالتجربة، ما كان ظنًّا في ذهن فراداي ومعادلة رياضية في بحوث مكسول. ففي يوم من ايام سنة ١٨٨٦ كان هرتز يجرب التجارب في معمله، بملفين من الاسلاك المعزولة، واذ هو يجرب لاحظ انهُ اذا افرغت جرة ليدن في احد الملفين احدث افراغها تاثيراً في الملف الآخر البعيد عنهُ. فدهش لذلك. ومضى في التجربة بغية الاستيثاق، فثبت له ان التأثير في الملف الثاني لا يقع الاَّ اذا كان في حلقة الملف الاول فراغ صغير بين طرفيه اي متى كان الملف كالخاتم وقد احدثت فيه ثغرة صغيرة. ثم ثبت لهُ كذلك ان تفريغ جرة ليدن في الملف الاول يحدث تاثيراً في الملف الثاني ولو ابعد عنه بعداً لا بأس به

ثم نوّع التجربة، فاحدث ثغرة في الملف الثاني كالثغرة التي في الملف الاول، ثم افرغ جرة ليدن في الاول فقفزت شرارة بين الطرفين، وقفزت شرارة مثلها بين طرفي السلك الثاني مع انه لم يكن ثمة اي اتصال بينهما. وتفسير ذلك ان تقفز شرارة بين طرفي الحلقة الاولى

احدث اضطراباً او ذبذبة في الفضاء ، فتنقل هذا الاضطراب او الذبذبة الى الملف المقابل فاحدث فيه تياراً كهربائياً مؤثراً induced فقفز شرارة بين طرفي الحلقة حيث تقوم الثغرة. فكان ذلك الجهاز اللاسلكي الاول في ابسط اشكاله

وكانت الخطوة التالية ، ان عُني هرتز بدراسة الاضطراب الذي يحدث في الفضاء ، اي الذبذبات او الامواج التي تنتقل من الملف الاول الى الملف الثاني . فاثبت ان هذه الامواج تنكسر وتستقطب وقاس سرعتها فوجدها كسرعة الضوء تماماً، ثم بين انها تتداخل interference كامواج الضوء . ان هذه الامواج التي تنتقل في الفضاء على اثر تفريغ جرة ليدن تتصف بجميع صفات الامواج الضوئية ، والفرق الوحيد بينها وبين الامواج الضوئية ، انها كانت اطول كثيراً من امواج الضوء

وكذلك تحققت نبوءة من اعظم النبوءات العلمية في العصر الحديث ، فافضى تحقيقها الى تقدم عملي عجيب في المخاطبات اللاسلكية

كان هرتز في السابعة والثلاثين من عمره ، عندما أصيب بتسمم في دمه وقضى . ولكنه كان قد طبق جميع اساليب البحث على الاشعة الكهربائية المغنطيسية — وهي المعروفة باللاسلكية الآن — ليعرف علمي من نوع امواج الضوء فكسرها وكسّرها وفرقها وداخل بعضها في بعض . ومن المعروف الآن انها تمتدّ من حيث طول موجتها عشرات الامتار الى حيث طولها بضعة سنتمترات . وهي من حيث المدى بين اطولها واقصرها اوسع مدى من طيف الضوء المرئي ، ألوف المرات ، حتى ولو اضفت اليه الاشعة التي فوق البنفسجي والاشعة التي تحت الاحمر

واذن ، كان مدى الاشعاع ، عند ما اثبت هرتز في منتصف العقد التاسع من القرن الماضي وجود الامواج الكهرطيسية ، يشتمل على الضوء المرئي ، وما يحيط بطرفيه من الاشعة الكهرطيسية وأشعة الحرارة — التي تحت الاحمر ، والاشعة الكيمياوية — التي فوق البنفسجي . ولكن الفرق بين اقصر الامواج الكهرطيسية واطول الامواج الحمر كان كبيراً في البدء ، الا أن المباحث الحديثة كشفت عن امواج كهرطيسية قصيرة جداً تساوي في طولها او تحاذي اطول الامواج الحمر وكذلك يمكن ان يقال ان طيف الاشعاع من اطول اشعة الراديو الى الاشعة التي فوق البنفسجي ، اصبح بالبحث الدقيق والتجربة البارعة « مكشوفاً » للعلم ولا ثغرة فيه . ففي الناحية الواحدة امواج يقاس طولها بالاميال ، وفي الناحية الاخرى امواج يقاس طولها باجزاء صغيرة من السنتمتر أو الملمتر

ولكن أيقف طيف الطاقة عند هذا الحدّ من ناحية الاشعة التي فوق البنفسجي ؟ اليس وراءها اشعة اخرى ، امواجها اقصر من هذه الامواج التي تؤثر في املاح الفضة ؟

هذا سؤال لم تُنر الطريق الى الجواب عنهُ الا بعد انقضاء نحو عشر سنوات على اكتشاف الاشعة الكهربائية او اشعة الراديو او الاشعة اللاسلكية

ففي سنة ١٨٩٥ كان وليم رنتجن في ڤرتزبرج . وكان في احد الايام يبحث في حجرة مظلمة، وكان من ادوات بحثه انبوب استنبطهُ السر وليم كروكس الطبيعي الانكليزي فنسب اليه ،وكان رنتجن قد غطاه بورقة سوداء . فلاحظ في احد الايام ظاهرة عجيبة استرعت نظرهُ واستوقفت فكرهُ . ذلك ان تياراً كهربائيًّا كان منطلقاً في انبوب كروكس ، وهو مغطى بالورقة السوداء . وعلى بضع اقدام منهُ كانت لوحة مغطاة بطبقة من مركب (بلاتينو سيانور الباريوم) ، فتألقت اللوحة تألقاً عجيباً . فظن اولاً ان اشعة المهبط احدثت هذا التألق . ولكنهُ بعد تفكير عرف ان هذه الاشعة لا يسعها اختراق زجاج الانبوب . فعدل عنها الى الظن بان هناك اشعة اخرى تخترق الزجاج والورق الاسود وطبقة من الهواء كثافتها بضع أقدام — المسافة بين الانبوب واللوحة — وعندئذٍ جعل يجرب التجارب ليعرف قدرة هذه الاشعة الخفية على اختراق الاجسام والنفوذ من خلالها ، وذلك بوضع أجسام مختلفة الكثافة والصلابة بين الانبوب واللوح . ومن جملة ما وضع يداً بشرية وراءها لوحة فوتغرافية حسّاسة . ولشدة دهشته وجد صورة اليد وعظامها قائمة في الصورة حالة ان الانسجة المحيطة بها كانت رمادية الى البياض. فكأنّ هذه الاشعة اخترقت اللحم والدم ولم تخترق العظام

وفي ٢٤ دسمبر سنة ١٨٩٥ أعلن رنتجن اكتشافهُ لهذه الاشعة الخفية في رسالة تليت على جمعية برلين الطبيعية . ووسمها بحرف x الذي يرمز بهِ الى المجهول في علم الجبر . وبعدما دعيت بالعربية اشعة اكس واشتهرت بها رأى بعضهم اطلاق اسم الاشعة السينية عليها لان الحرف «س» يحلّ محلّ الحرف x في الجبر العربي ويسهل استعمالهُ منسوباً اليه

عند ذلك اخذ العلماء يسألون ، هل امواج هذه الاشعة ، من نوع اشعة الضوء واشعة الحرارة والاشعة الكهربائية ، والاشعة اللاسلكية . وانقضت ست عشرة سنة قبل ان فاز العلم بالجواب الاول . ففي سنة ١٩١٢ تمكن العلامة الالماني فون لاو Von Laue من تفريقها بوساطة لوحة محزّزة . ثم جراهُ وليم براج الانكليزي في هذا البحث فكسها وقاس طول امواجها فوجدها اقصر من امواج الاشعة التي فوق البنفسجي ، واقصر الوف المرّات من اشعة الضوء الذي يرى . وفي سنة ١٩٢٥ كشفت، فاجتمعت الادلة الوافية ، على انها جزء من ذلك الطيف طيف الاشعاع الذي يجمع اشعة الراديو واشعة الحرارة واشعة الضوء والاشعة الكهربائية

هل ينتهي الطيف عند هذا الحدّ ؟ هوذا السؤال نفسهُ يتردد ثانية وثالثة . اوليس وراء الاشعة السينية اشعة اخرى ، اقصر امواجاً واعظم نفوذاً واختراقاً للاجسام ؟ في الرد

عن هذا السؤال تنطوي جميع المباحث الخاصة بالمواد المشعّة التي مهّد لها بكريل الفرنسي الطريق وعبّدها بيركوري وزوجته ماري باكتشافهما عنصري البولونيوم والراديوم وما تلا ذلك من مباحث عشرات من العلماء الاعلام الذين اثبتوا ان انواع المقذوفات المنطلقة من الراديوم ثلاثة، هي دقائق الفا، ودقائق بيتا وهي الكهربات، واشعة غمّا . واشعة غمّا هذه اقصر امواجاً من الاشعة السينية واشدّ نفوذاً من خلال الاجسام المادية . وما كاد الستار يزاح عن اشعة غمّا حتى بدأ البحث بقصد معرفة طبيعتها وهل هي تابعة للطيف الكهرطيسي . وكانت اقامة الدليل على ذلك من اعسر الامور . ولكن ثيلار اثبت انها تنكس وتنكسر وتسير بسرعة الضوء وفي سنة ١٩١٤ تمكن رذرفورد واندراده من قياس طول امواجها فثبت انها اقصر امواجاً من الاشعة السينية واذن فقدرتها على اختراق الاجسام اعظم من قدرة تلك ، فضمت الى الطرف القصير الامواج من طيف الاشعاع

وما كادت هذه الحقائق تعرف او يعرف بعضها ، حتى خطّت في افق علم الطبيعة الحديثة علامة استفهام قديمة مؤدّاها ، هل يتهي مدى طيف الاشعاع عند هذا الحدّ ؟ وكان من المتعذّر الاجابة قبل التجربة والامتحان ، اذ كان يسر على الذهن البشري ان يتصور اشعة اقصر امواجاً من اشعة غمّا المنطلقة من الراديوم ، وتستطيع لقصرها ان تخترق لوحاً من الرصاص سماكتهُ اكثر من بوصين . ولكن هذا الذي كان يصعب تصوره ويتعذّر توقعهُ اصبح حقيقة واقعة ، باكتشاف الاشعة الكونية . وقد سبق لي أن تشرفت بالقاء محاضرة في موضوعها في هذا المجمع الموقر نشرت في كتابه السادس فلا اعيد ما جاء فيها واتما اكتفي بالقول بان اقصر الاشعة الكونية التي تبينّها اجهزة العلماء الدقيقة تخترق ما سماكتهُ ٢٨٠ قدماً من الماء أو ٢٥ قدماً من الرصاص ! مع ان الاشعة السينية لا تخترق الاّ ما سماكتهُ سنتمتران فقط !

بقي علينا ، ان نقول كلمة في وحدة المقاييس التي يعتمدها العلماء في قياس امواج قصيرة من هذا القبيل قبل الاتيان على هذا الجانب من المحاضرة . وهذه الوحدة التي اعتمدها العلماء في قياس طول الامواج القصيرة تعرف « بالانجستروم » وهي جزء من عشرة ملايين جزء من المليمتر

على هذا الاساس من القياس تكون اطوال الامواج في الطيف الكهرطيسي ، كما يلي

ضرب الامواج	اطوال الامواج
الامواج اللاسلكية	من عدة كيلومترات الى عشر المليمتر (مليون انجستروم)
الاشعة التي تحت الاحمر	من مليون انجستروم اي عشر المليمتر الى ٨٠٠٠ انجستروم
اشعة الطيف المرئي	من ٨٠٠٠ انجستروم الى ٤٠٠٠ انجستروم
الاشعة التي فوق البنفسجي	من ٤٠٠٠ انجستروم الى ١٠٠ انجستروم

ضرب الامواج	اطول الامواج
الاشعة السينية	انجستروم واحد
اشعة غما	من بضعة اعشار الانجستروم الى سبعة اجزاء من الف جزء من الانجستروم
الاشعة الكونية	اقصر من ذلك كثيراً

٢ — طبيعة الاشعاع

نستيقظ في الصباح فاذا الضوء يغمر الكائنات . فلا يخطر للذهن البشري ان هذا الضوء يصدر ويسير ويستغرق في صدوره وسيره ووصوله وقتاً . فكان لا بدّ من خيال متيقظ ليتصوّر ان الضوء يتحرك وانهُ يتحرّك بسرعة ثابتة . وليس في تاريخ العلم ذكر من سبق الى فكرة اتقان الضوء ولكن اول من طبق هذه الفكرة تطبيقاً علميًّا على ما نعلم هو الفلكي الدنماركي رويمر . ففي سنة ١٦٧٦ كان رويمر يراقب حركة الاقمار الاربعة التي تدور حول المشتري ؛ وفي دورانها حول هذا السيار ، تجيء عليها فترات تغيب عن النظر وراءهُ . ثم تبرز للعيان . وكان كل قمر يغيب فترة معينة من الزمن . فدوّن رويمر مدى غياب كلٍّ منها في ارصاد مختلفة . فدهش عند ما رأى ان مدة غياب القمر الواحد ليست واحدة ، فحيرهُ ذلك لانهُ لم يرَ كيف السبيل الى حسبان سرعة دوران المشتري على محوره سرعة متغيرة . ولا كان في وسعهِ كذلك ان يسلم بأن هذه الاقمار تغير سرعتها في دورانها حول المشتري . ثم لاحظ ان هذا التغير في مدى غياب الاقمار ، او في سرعتها الظاهرة على صلة بحركة الارض بالنسبة الى حركة المشتري . فالمشتري تبعاً لحركتهِ وحركة الارض حول الشمس ، يكون آناً مقترباً من الارض وآناً مبتعداً عن الارض . فاذا فرضنا ان المشتري ، آخذ في الابتعاد عن الارض . وانهُ لكذلك ترصد احد اقماره فتراهُ يغيب وراءه ثم يظهر . ولكن في الفترة بين غيابهِ وظهوره يكون المشتري قد ابتعد عن الارض . واذن فالضوء الواصل الينا من القمر بعد ظهوره ، يقطع مسافة أبعد من المسافة التي كان قد قطعها قبل غيابهِ ، لابتعاد المشتري في اثناء ذلك . واذا كان المشتري آخذاً في الاقتراب كانت المسافة التي يقطعها قمر المشتري بعد ظهوره اقصر من المسافة التي قطعها قبل غيابهِ ، لان المشتري يكون قد اقترب منا في اثناء ذلك . فاذا كان الضوء يستغرق زمناً مهما يكن صغيراً في اختراقهِ الفضاء او اجتيازه المسافات ، فلا يمكن أن تكون الفترتان اللتان يستغرقهما القمر بين الغياب والظهور ، في حالتي اقتراب المشتري وابتعادهِ واحدة . وكذلك حلّ رويمر العقدة التي حيرتهُ بقولهِ ان الضوء يستغرق زمناً في اجتياز المسافات . وحسب حساب سرعتهِ فاذا هي ١٨٢٠٠٠ ميل في الثانية . وقد صحح هذا الرقم في خلال الزمن الذي انقضى على حساب

رومر ، وتعددت التجارب وأساليب القياس ، والرقم المقبول الآن هو ١٨٦٣٠٠ ميل في الثانية . وعلى هذا القياس يستغرق ضوء الشمس في الوصول الينا نحو ثماني دقائق

هذا القياس الذي قام به رومر في العقد الثامن من القرن السابع عشر ، اثار سؤالاً كبير الشأن ، لا يزال حتى يومنا هذا يحفز عقول العلماء الى الرد عليه . ماذا يحدث خلال سير الضوء في الفضاء اي ما طبيعتهُ وكيف يتنقل ؟ والعصر الذي انجب رومر فقاس سرعة الضوء واثار بقياسها هذا السؤال ، انجب كذلك نيوتن وهوجنس فذهب كلٌّ منهما مذهباً يخالف مذهب الآخر في طبيعة الضوء وسر انتقاله . اما نيوتن فذهب الى ان الضوء ذرات أو دقائق تنطلق من الجسم المنير ، بالسرعة التي قاسها رومر وفي خطوط مستقيمة . فكأنهُ تصور الاشعاع حركة من حركات المادة . وأما هوجنس فتصور الضوء والاشعاع حركة تموجية . أي حركة الطاقة لا حركة المادة . فكأنهُ قال ان امواج البحر تنتقل بتموج الماء . وامواج الضوء تنتقل بتموج الهواء . فلما قيل لهُ ان الضوء يخترق الرحاب الشاسعة بين الاجرام حيث لا هواء يتموج وانهُ ينتقل كذلك في الفراغ ، فرض وجود الاثير ، على انهُ وسط شفاف لا وزن لهُ يملأ رحاب الكون وفجواته

كانت الغلبة في البدء لمذهب نيوتن ، لما كان لهُ من المقام العلمي العظيم ، ولان الظاهرات الضوئية المعروفة في عصره ، امكن تعليلها بمذهبه على أوفق وجه . ولكن ظهرت ظاهرات ضوئية اخرى ، لم يمكن تعليلها بمذهبه الذرّي ، وأمكن تفسيرها بالمذهب التموّجي فتقد هذا اكليل النصر وظل مستد العلماء الى اواخر القرن التاسع عشر

ولكن ظهر في اواخر القرن الماضي حقائق تتعلق بالطاقة ومنها الضوء ، اثبتتها التجارب ولكنها جاءت مناقضة للنظرية التموجية . فابتدعت نظرية جديدة ، اصبح لها الشأن الاول في مباحث الطبيعة الجديدة ، وهي نظرية المقدار (Quantum) وقد كان مولدها الرسمي يوم ١٤ دسمبر سنة ١٩٠٠ وهو اليوم الذي قرأ فيه العلامة الالماني ماكس بلانك رسالة في الجمعية الطبيعية الالمانية ضمنها قواعد هذه النظرية

ويجدر بنا قبل ان نصف الصورة الجديدة التي رسمها العلم الحديث لطبيعة الاشعاع ان نوطىء للوصف بمثل عن فكرة الانفصال في الطبيعة . فلنفرض اننا نملك منجماً للفحم . وان في هذا المنجم اربعمائة عامل . وانهُ ينتج في الاسبوع خمسمائة طن . ولنفرض ان الاحوال الاقتصادية قضت بنقص عدد العمال . فالنقص لا يمكن ان يتم في وحدات اقل من عامل واحد . اي اننا لا نستطيع ان ننقص عدد العمال من ٤٠٠ عامل الى ثلاثمائة عامل ونصف

عامل . بل يجب ان يكون اما ثلثاثة عامل واما ثلثاثة عامل وعامل واحد . اما مقدار الانتاج فيمكن ان يزيد او ينقص بكسور من الظن

وكذلك في الطبيعة . ففيها كميات ، تتغير تغيراً متصلاً واخرى لا تتغير الا تغيراً منفصلاً . فالوقت والمسافة من النوع الاول وان كانا يقاسان بمقاييس تنتقل قفزاً من أصغر وحداتها الى الوحدة التالية . ولكن عند ما نسأل كم ذرة من الايدروجين في لتر من هذا الغاز ، لا يمكن ان يكون الجواب الا عدداً كاملاً من الذرات . لا كسور فيه . اذ لا يمكن ان يكون في اللتر كذا مليون من ذرات الايدروجين ونصف ذرة او ثلث ذرة منهُ . فالطبيعيات الكلاسيكية كانت تتناول الكميات المتصلة كالوقت والمسافة والكتلة والقوة والطاقة

ولكن نشوء النظرية الذرّية في القرن التاسع عشر ، احدث التغيير الاول . اذ اثبتت ان المادة منفصلة لا متصلة . فالايدروجين المحفوظ في وعاء يحتوي على عدد كبير جدًّا من الذرات الكاملة . وهذه النظرية القائمة على مبدإ الانفصال مكنت العلماء من تعيين كتلة ذرة واحدة من الايدروجين . وكانت النتيجة الاولى ان انهارت فكرة الميكانيكيات الكلاسيكية القائمة على اتصال الكتلة . اذ ليس في الامكان ان تضيف الى وعاء يحتوي غاز الايدروجين مليون ذرة ونصف ذرة من هذا الغاز ولا ان تزيل منهُ مليون ذرة ونصف ذرة

ثم اتصل اثر ذلك بالكهربائية نفسها . ذلك انهُ لما ثبتت النظرية الكهربية (الالكترونية) القائلة بان الذرة تواماها بروتونات والكترونات ، وان هذه الوحدات هي وحدات الكهربائية السالبة والموجبة ، ظهر ان الشحنات والتيارات الكهربائية ليست متصلة فلا يمكن ان تنقص ولا ان تزيد الا بوحدات كاملة

واذا كان ذلك كذلك فاي جديد اتت بهِ نظرية المقدار ؟ الجديد الجريء في نظرية المقدار ، ان العلامة بلانك ، قال بان جميع ضروب الطاقة منفصلة القوام . اي انها غير متصلة ، وانها مجموع وحدات اطلق على كلٍّ منها « كوانتوم » وقد ترجمناها بلفظ « مقدار » والجمع « مقادير » . فاصبح عندنا المقادير الاساسية في المادة وهي الذرات ، والمقادير الاساسية في الكهربائية وهي الكهيربات والبروتونات والبوزيترونات ، ومقادير الطاقة

تطلق الاجسام المضيئة اشعاعاً ، وتمتص المادة هذا الاشعاع او تعكسهُ او تفرقهُ . قال بلانك : كل ما تطلقهُ الاجسام المضيئة من الاشعاع وما تمتصهُ المادة منهُ لا يتم الا في « مقادير » . فالجسم يطلق عدداً معيّناً من المقادير الكاملة والآخر يمتص حين يمتص عدداً معيناً من المقادير الكاملة

هذه لمحة عن « المقدار » في ابسط اشكالها . ومن الطبيعي ان يكون اول سؤال يتبادر الى الذهن في هذا الصدد ، ما حجم المقدار . فلنعمد الى التنبيه في التوطئة للردّ على هذا السؤال

الوحدة الاساسية في الميزانية المصرية هي المليم . فلا يمكن ان تزيد الميزانية او تنقص الا

ملايم مهما يكبر عددها . ولنفرض ان الوحدة الاساسية في الميزانية الانكليزية هي « البنس ». فلا تزيد الميزانية البريطانية ولا تنقص الا « بنسات ». وان الوحدة الاساسية في الميزانية الفرنسية هي « السنتيم » فلا تزيد او تنقص الا سنتيمات . كل منها وحدة اساسية ولكن قيمة هذه الوحدات الاساسية الثلاث ليست متساوية

فاذا كانت هذه الوحدات هي « المقادير » الاساسية في الميزانيات الثلاث، فالمقادير مختلفة القيمة أو الحجم . وهي كذلك في الطبيعة . ان « مقدار » الضوء الاحمر يختلف عن « مقدار » الضوء البنفسجي. والمقدار يزيد كبراً بالقياس إلى قصر الموجة في الطاقة التي يمثلها . فطول الموجة في الضوء البنفسجي نصف طول الموجة في الضوء الاحمر . وإذن فمقدار الضوء البنفسجي ضعف مقدار الضوء الاحمر

واذن يتحول سؤالنا : ما هو المقدار اي الكوانتم الاساسي للطاقة الى سؤال آخر : ما هو المقدار الاساسي لضرب معين من الطاقة ذي طول موجة واحد. وفي الرد على هذا السؤال لا بد من استعمال كمية ثابتة استنبطها بلانك وتعرف في علم الطبيعة الحديث « بثابت بلانك » ويرمز اليها في اللغات الانجليزية بالحرف h الصغير فنرمز اليها بالحرف (ه) . وهذه الكمية ليست من ابتداع المخيلة وانما توصل اليها بلانك من تجارب وابحاث دقيقة كل الدقة . وعن طريق هذا الثابت (ه) نستطيع ان نعين « مقدار » او كوانتوم كل ضرب من ضروب الاشعاع اذا عرفنا طول موجته بحسب المعادلة التالية

مقدار الطاقة = ه × $\frac{\text{سرعة الضوء}}{\text{طول الموجة}}$ ومن هنا يتبين انه كلما قصرت الموجة زاد المقدار . ويجب ان تكون جميع الكميات في هذه المعادلة بالسنتمتر او بأجزاء منه

ولا يخفى على حضراتكم انه اذا رفع ما وزنه كيلوغرام مسافة متر واحد على هذا الرفع قدر من الطاقة . فاذا قسم هذا القدر من الطاقة مائة مليون جزء دعي كل جزء منها « ارج » فهذه الوحدة الصغيرة من وحدات الطاقة يمكن ان يقاس بها العمل الذي تعمله النملة الصغيرة في بناء قريتها . فاذا سألنا ما عدد مقادير الضوء الاحمر في « الارج » افضى بنا الحساب الى انه ٤٠٠ مليون مقدار في الارج الواحد . وكان عدد مقادير الضوء البنفسجي في الارج الواحد ٢٠٠ مليون مقدار. وعدد المقادير ينقص في الاشعة التي اموجها أصغر مما تقدم كالاشعة السينية وأشعة غما

وفي سنة ١٩٠٥ نشر عالم شاب في « انالن در فيزيك » بحثاً في تطبيق نظرية « المقدار » على الضوء . وكان ذلك العالم البرت اينشتين . تقدم بالنظرية التي اخرجها بلانك خطوة الى الامام. اذ قال ان الضوء ليس موجاً وانما هو « مقادير » دعاها فوتونات (وقد ترجمها احد اعضاء مجمعنا الاستاذ اسماعيل مظهر بضويئات قياساً على جزيئات) تسير بسرعة الضوء . فكانه أحيا نظرية نيوتن الذرية في طبيعة الضوء ، مبدلاً فيها التبديل الذي يقتضيه تقدم العلوم الطبيعية في

هذا العصر . ولكن اذا الغينا النظرة التوجية في الضوء ، حذفنا من علمنا صورة « طول الموجة » فاذا يحل محلها ؟ يقتضي هذا التغيير يصبح علينا أن نقول « الطيف المرئي توامه ضوئيات مختلفة الطاقة » بدلاً من « الطيف المرئي توامه أمواج مختلفة الاطوال » . و « ان طاقة الضوئيء في النطقة الحمراء من الطيف نصف طاقة الضوئيء في المنطقة البنفسجية في الطيف نفسه» بدلاً من « إن طول الموجات في الاشعة الحمر ضعف طول الامواج في الاشعة البنفسجية »

وليس خروج العلماء على نظرية الضوء التموجية نتيجة نزوة من النزوات، ولكن لان النظرية الجديدة تفسر ظاهرات عجزت النظرية التموجية عن تفسيرها ، وتنبىء بحقائق اثبت البحث صحتها

الاّ ان نظرية « المقدار » لم تحلّ جميع المصاعب التي تعترض العلماء في بحث الطاقة . ففي دراسة الضوء ظاهرة تعرف باسم الفعل « الكهربائي الوري » او « الكهرنوري » لا يمكن تفسيرها بنظرية الضوء التموّجية . ويمكن تفسيرها أحسن تفسير بنظرية المقدار . ولكن هناك ظاهرة أخرى تعرف بظاهرة « التداخل » لا تجدي نظرية المقدار في تعليلها ولكن النظرية التموجية تجدي . وهذا مما يحيّر . فقد تعودنا ان نحسب الضوء نوعاً من التموج . ولكن بعض الظاهرات تقتضي ان يكون تياراً من المقادير دعيت الضويئات . وتعوّدنا ان نحسب المادة مجموعة من الدقائق . ولكن بعض التجارب يثبت ان دقائق المادة تتصرف كأنها امواج . وقد منح جرس الاميركي وطمسن الانكليزي — نجل السر جوزف طمسن — جائزة نوبل الطبيعية سنة ١٩٣٧ لاثباتهما ذلك بالتجربة . ولذلك سعى العلماء في العشر السنوات الاخيرة ، الى الجمع بين الرأيين في صورة جديدة ، أطلق عليها اسم « الميكانيكيات الموجية » . فيقتضى هذه الصورة الجديدة يكون الكهيرب متصلاً حين ينطلق او مصحوباً بسلسلة من الامواج . ولكنها ليست امواجاً طبيعية ، فكأنها امواج غير مادية كامواج النبطة أو الحزن او الحماسة التي تكتسح شعباً من الشعوب

لا تزال هذه النظرية غير مفهومة تماماً الاّ لنفر يسير من العلماء . لانها لا تزال في دور البحث الرياضيّ العالي . ولان مقتضياتها ليست مما يسهل اقراغهُ في صور قريبة من الذهن ، ولا سيما الذهن الذي تعوّد التفكير الطبيعي على أساس الطبيعة الكلاسيكية

ولعلّ عالمنا الطبيعي الكبير الدكتور مشرّفة يبسط لنا في محاضرة خاصة الفكرة الحديثة في ثنائية المادة والطاقة ، فانهُ من الاعلام الذين أضافوا اليها إضافات سجّلت لهُ في الجمعية الملكية البريطانية واشار اليها غير واحد من العلماء في مؤلفاتهم الحديثة . قال السر جيمز جينز في كتابه « الكون الخفيّ » ما يلي صفحة ٧٧ : وقد اقترح مشرّفة وغيرهُ ان السرعة قد تكون الفرق الوحيد بين الاشعاع والمادة ، فالمادة نوع من الاشعاع المتجمد ساثراً بسرعة أقل من سرعته العادية

الاستاذ كوري جوليو وزوجةُ مكتشفا النشاط الاشعاعي الصناعي

ارلست لورنس مستنبط « السيكلوترون »

٣ — النشاط الاشعاعي الصناعي

استعملنا لفظ الاشعاع في ما تقدم من القول مقابلاً للفظ Radiation الانجليزي . ولكن هناك لفظاً آخر لابدّ من وضع مقابل خاص لهُ للتمييز وهو لفظ Radio-activity وقد رأينا ان نختار لهُ مقابلاً عربيًّا فاخترنا « النشاط الاشعاعي »

هذا الفصل من البحث ذو مشهدين . احدهما بدأ عند ما كشف بيير كوري وزوجه ماري سكولودوفسكي البولندية الاصل، عنصر الراديوم قبيل نهاية القرن الماضي. وقد دام هذا الدور حتى مستهل العقد الرابع من القرن العشرين . أما المشهد الثاني فيبتدىء باسم كوري كذلك ، ولكنهُ اسم ايرين كوري كريمة مكتشفي الراديوم . وهي الآن زوج الاستاذ جان فردريك جوليو ، وقد قبل زوجها ان يضاف اسم كوري الى اسمه ، تخليداً لذلك الاسم الكريم اللامع في تاريخ الطبيعة الحديثة ، لان الاستاذ بيير لم يعقب ذكراً ، فاصبح الاستاذ جوليو وقرينته يعرفان باسم مركب هو « كوري ، جوليو »

ما اعجب اسرار الخلق ! تفرُّ فتاة بولندية من وطنها ابتعاداً عن الاستبداد فتؤمُّ باريس ، وفيها تلتقي بباحث وديع ، فيزوجان ، فيتاح لها كشف عنصر الراديوم المشعّ فينالان جائزة نوبل الكيماوية ١٩٠٣ ثم يصاب الزوج بحادثة اودت بحياته فتحلُّ قرينتهُ محلَّهُ في السوربون ، وتوالي بحثها قصد استفراد ذلك العنصر العجيب ، فتنال جائزة نوبل الطبيعية وحدها . ومدام كوري فذّة في تاريخ جوائز نوبل في ان احداً غيرها من العلماء لم ينل جائزتين منها . وهاهي ذي ابنتها تقتفي خطواتها ، فتكشف في هذا الميدان ما يجعلها جديرة بجائزة نوبل ايضاً فتنالها هي وزوجها من سنتين (١٩٣٥)

امتاز المشهد الاول في تاريخ النشاط الاشعاعي بدراسة ما يقذف من الراديوم . فاذا هو ثلاثة انواع ، دقائق الفا وهي نوى ذرّات الهليوم ، ودقائق بيتا وهي الكهيربات ، واشعة غمّا وقد تقدم ذكرها . هذه المقذوفات تنطلق من الراديوم انطلاقاً ذاتيًّا لا يؤثر فيها ضغط ولا حرارة عالية او واطئة ، فالانسان عاجز عن ان يزيد انطلاقها سرعة او بطئاً ، فكأنها خارجة عن نطاق إمكانه

اما المشهد الثاني ، فيمتاز باكتشاف الطريق الى توليد العناصر المشعة من العناصر غير المشعة . ان عناصرنا كلها مستقرة كالفضة والنحاس والكربون ، وهي ابعد ما يكون طبيعة عن عنصر دائم الانحلال كالراديوم ، يمكن ان نهيجها فتشعّ . فكأنك اخذت مقعداً مشلولاً ونفخت فيه روحاً جديداً او حقنتهُ بعقار قوي ، فقفز عن سريره واصر على ان يشترك في الالعاب الاولمبية

العناصر المشعة نادرة في الطبيعة . ولذلك نجدها غالية الثمن . حتى ان الغرام الواحد من عنصر الراديوم يزيد ثمنه الآن على عشرة آلاف جنيه . وقد كان قبل عقدين من السنين يبلغ ثلاثين الفاً او نحو ذلك ولذلك يصح القول بأن الكشف الحديث عن تحويل العناصر غير المشعة الى مواد مشعة ، تقدم عظيم الشأن في علم الطبيعة ، وقد يكون ، بل لا يبعد ان يكون ، فتحة جديدة اخرى من فتحات العلم النظري لعلوم الطب العملية . اذ لا يخفى ما للعناصر المشعة من فائدة في بعض انواع العلاج

هذا الكشف الجديد ، الذي اثبت ان الانسان يستطيع ان يحوّل بعض العناصر غير المشعّة الى عناصر مشعّة ، بأساليب صناعية ، وبمقذوفات لا بد للطبيعة في اطلاقها ، نتيجة النشاط العجيب ، الذي بدا في علم الطبيعة التجريبي ، ودار حول نواة الذرة ، عن طريق تهشيمها بغية الوصول الى معرفة تواميها . فقد أذيعت الانباء الاولى عن هذا الكشف في ١٥ يناير سنة ١٩٣٤ في رسالة للاستاذ كوري جوليو وزوجه ايرين كريمة مكتشفي الراديوم . وما ذاع النبأ الذي انطوت عليه رسالتهما حتى اكبت عليه طائفة من البحّاث في مختلف البلدان ، فتوسعت فيه ، وأيدت بتجاربها الحقائق التي كشفاها . وفي مقدمة الذين تناولوها وأضافوا اليها ، اللورد رذرفورد واعوانهُ — وقد كانت وفاة رذرفورد في السنة الماضية خسارة علمية فادحة — والاستاذ اولست لورنس الاميركي وغيرهم

***

قلنا ان هذا الكشف الجديد ، اي ان هذه المرحلة الجديدة في دراسة النشاط الاشعاعي ، نشأت عن العناية بدراسة نواة الذرة ، والتوسل بتهشيمها الى معرفة تواميها

ولا يخفى ان تهشيم الذرة ، او بالحري تهشيم نواتها ، يقتضي أولاً — قذيفة تطلق على نواة الذرة فتخترق النطاق الكهربائي الذي يحيط بها فتهشمها . وثانياً — وسيلة صالحة لاطلاق تلك القذيفة بزخم كافٍ للتهشيم . وثالثاً — هدفاً يحتوي على الذرات التي يبغى تهشيم نواها كلوح رقيق من البورون او الالومنيوم او المغنسيوم او الصوديوم — وليس بضروري ان يكون الهدف لوحاً — فيوضع الهدف في مسار القذيفة فتصطدم به . ورابعاً — اسلوباً يمكن الباحث من معرفة نتيجة التصادم

تطلق هذه القذائف العديدة على الهدف فلا بد ان يتفق لاحداها ان تصطدم بذرة من الذرات التي في الهدف فتهشم نواتها وقد تتحد بجزء منها فينشأ من هذا الاتحاد مادة جديدة او قد تلتصق بالنواة بدل ان تهشمها فينشأ من ذلك جسم اكبر وزناً من جسم النواة الاصلية . ويكون هذا الجسم غير مستقرّ التركيب فلا يلبث حتى يتحلل فتنطلق منهُ دقائق ذرية وأشعة

عمًّا . وهذه الحالة الاخيرة هي ما يعرف بالنشاط الاشعاعي الصناعي لان النشاط الاشعاعي الذاتي في الراديوم ليس في الواقع الاَّ انطلاق دقائق وأشعة من ذلك العنصر

كانت القذائف التي استعملها الفورد رذرفورد أولاً في تحويل العناصر قذائف تستمدُّ طاقتها وزخمها من الطبيعة ، اي الدقائق المنطلقة بسرعة عظيمة من العناصر والمواد المشعة كالراديوم والبولونيوم والثوريوم وغيرها . فلم يكن لهُ يدٌ في اطلاقها أو في زيادة طاقتها . الاَّ ان العلماء مفتونون كالطلب المسكرين بالفائدة العظيمة التي تجنى من استعمال الاجهزة الميكانيكية . ولذلك عمدوا الى استنباط الوسائل والاجهزة التي تمكنهم من ان يتناولوا دقائق مادية متنوّعة ، فيطلقوها بوساطة اجهزتهم ، بزخم عظيم

أما الوسائل المستعملة لهذا الغرض فمختلفة . وافضلها جهاز لورنس المعروف باسم السيكلوترون او الجهاز الرحوي . وجميع الاجهزة التي سبقت اتقان طريقة لورنس ، تتصف بخزن مقادير كبيرة من الطاقة الكهربائية واطلاقها بين قطبين منحنيين . ولكن ظهر بعد التجربة انهُ إذا ارتفع الضغط الكهربائي في القطبين وبعدت المسافة بينهما ، تعذر وجود انابيب تصلح لمرور الشرارة العظيمة بين القطبين . وقد صنع فعلاً جهاز عظيم في معهد ماستشوستس التكنولوجي قبل اربع سنوات ، بحيث تنطلق الشرارة الكهربائية فيه عندما تنطلق بقوة سبعة ملايين فولط ولكنهُ لم يستعمل لانهُ تعذَّر حتى الآن صنع انبوب صالح لذلك

ولكن ارنست لورنس الاميركي ، احتال على تحقيق الغرض نفسهِ باسلوب بارع . فقد كان في سنة ١٩٢٩ — وهو حينئذٍ في الثامنة والعشرين من عمره — يطالع رسالة لباحث المانيّ غير مشهور توقع فيها على وصف لما يحدث للايونات عندما تكون في حقل مغناطيسي ، وكيف تمكن من ان يجعل طاقة الحركة في ايونات البوتاسيوم ، ضعفي الطاقة الاصلية التي قذفت بها . فخطر للورنس ، ان يسعى الى صنع جهاز ، القصد منهُ أن يطلق فيهِ الدقائق بقدر معيَّن من الطاقة واطلاق الضغط بالقياس الى الطاقة العظيمة في الاجهزة التي تقدم وصفها . ولكنهُ يجعل الجهاز بحيث تؤثر هذه الطاقة مرة بعد اخرى في الدقائق ، فتزيد سرعتها رويداً رويداً حتى تصبح طاقة انطلاقها اضعاف الطاقة الاصلية التي اطلقت بها . وقد شبه الاستاذ كارل كمبتن مدير معهد ماستشوستس التكنولوجي هذا الجهاز تشبيهاً لطيفاً يقرب معناهُ . قال انهُ اشبه ما يكون بفتى واقف على حافة ارجوحة ساكنة فيطلب الى احد رفاقهِ ان يدفعهُ الى الامام . فيفعل . ولكن الفتى يستطيع ان يبلغ علوًّا عظيماً وزخماً كبيراً اذا عرف كيف يرتب حركة قيامهِ وقعودهِ في الارجوحة . وقد استطاع لورنس فعلاً ان يبدأ اطلاق القذائف في جهازهِ بقوة تبلغ ضعفها خمسين الف فولط فقط فيبلغ طاقة حركتها ستة ملايين من الفولطات .

وأحدث الانباء من كاليفورنيا تشير الى انهُ معنيٌّ الآن بصنع جهاز يمكنهُ من ان يقذف به قذائف معينة بطاقة ١٢ مليوناً الى ٢٠ مليوناً من الفولطات ودقائق اخرى بطاقة ٢٤ مليوناً الى ٤٠ مليوناً من الفولطات

قلنا ان القذائف الاولى التي اعتمدها لورد رذرفورد كانت تنطلق انطلاقاً ذاتيًّا من العناصر المشعة . ثم استعملت البروتونات وهي نوى ذرات الايدروجين . ولكن في خلال المدة التي انقضت والعلماء يبحثون عن استحداث جهاز لاطلاق هذه القذائف بطاقة عظيمة ، اكتشف الباحثون دقائق مادية جديدة ، هي اصلح من البروتونات للاطلاق . ففي سنة ١٩٣٢ اكتشف شدك الانكليزي ما يعرف باسم « التوترون » — وسماه الحايد — وهو دقيقة وزنها واحد اي كوزن البروتون ولكنها لا تحمل شحنة كهربائية واذن يسهل عليها اختراق النطاق الكهربائي حول النواة لعدم تأثرها بفعل الجذب والدفع الكهربائيين . وحوالي ذلك الوقت ايضاً اكتشف يوري الاميركي الدوتيريوم او الديلوجين ، وهو الاسم الذي يطلق على الايدروجين الثقيل ، اي الايدروجين الذي كتلة نواته ضعف كتلة النواة في الايدروجين العادي . ولما كان البروتون من القذائف المستعملة في هذا البحث ، فالدوترون أو الديلون خير منهُ لان كتلته ضعفا كتلة البروتون ، واذاً فزخمه عند اطلاقه يجب أن يكون اعظم

وكذلك توافرت للباحثين القذيفة . والجهاز اللازم لاطلاقها بزخم عظيم . فتمهَّد الطريق لاحداث النشاط الاشعاعي في عناصر غير مشعة . وفي احدث ما لديَّ من المصادر ان اربعين عنصراً غير مشع استحدث فيها النشاط الاشعاعي باحدى الطرق المتقدمة

ومن العجب ماثمَّ في هذا الميدان صنع الصوديوم المشع باطلاق الدوترونات عليه . فعندما يصيب الدوترون ، وهو منطلق بطاقة ٠٠٠ و١٧٥ فولط نواة ذرة الصوديوم يندمج فيها ويطلق منها بروتوناً ، ولكن الدوترون ضعفا كتلة البروتون ، اذن يزيد وزن نواة الصوديوم واحداً فتصبح بذلك ذرة صوديوم مشعة . وهذه الذرة تطلق اشعة غمّا تماثل اشعة غمّا المنطلقة انطلاقاً ذاتيًّا من عنصر الراديوم . الاّ ان نصف حياة الراديوم ١٦٠٠ الى ١٧٠٠ سنة . ولكن نصف حياة الصوديوم المشع خمس عشرة ساعة . ويمتاز الصوديوم المشع على الراديوم في انهُ لا يطلق الاّ اشعة غما حالة ان الراديوم يطلق دقائق الفا ودقائق بيتا كذلك . واذن فاستعمال الصوديوم المشع في الطب قد يكون اسهل من استعمال الراديوم

هذا ايها السادة ما اتسع لهُ المقام من القول في الاشعاع من ناحيته الطبيعية فقط دون الابواب المتعددة التي فتحها بحثهُ على العلوم الاخرى ، وحسبي ان تتلقَّوه بحلم وتغضوا الطرف عمّا فيه من تقصير