

تحويل المادة الى طاقة والطاقة الى مادة

في المختبر وفي الكون

بإلم الاب فرنسوا دوبره لانور اليسوعي

من جملة القوانين التي ارتكر عليها علم الكيمياء القديمة او الكلاسيكية طوال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر قانون يدعى قانون لاثيرازي وبالرغم من ان لاثيرازي لم يصرح به مرة واحدة ، الا ان تليلاته وتليلاته كانت كلها مبنية على افتراض صحة هذا القانون ، فكان من الصواب ان ينسب اليه . وهذاه ان كتلة جرم ما ، او كتلة مجموعة ما من الاجرام باقية هي هي لا تزيد ولا تنقص مهما طرأ على الجرم او المجموعة من تحويلات فيزيائية وكيميائية .

وجاءت نظرية اينشتين في النسبية مزيدة بتجارب عديدة فعورت النظرية القديمة القائمة بنبات الكتلة . لانه بناء على ما كتب اينشتين سنة ١٩٣٨ يُنتج من النظرية النسبية الخاصة اي الفرعية ان بين الكتلة والطاقة ارتباطاً وثيقاً بحيث تكون الكتلة طاقة والطاقة ذات كتلة . فالنظرية النسبية توفيق بين قانوني نبات الكتلة والطاقة فتجمعهما في قانون واحد شامل لهما معاً ، هو قانون نبات المجموع اعني الكتلة والطاقة. وضبط اينشتين بنفسه نسبة المبادلة بين الكتلة والطاقة على هذه الصورة :

$$ط (طاقة) = ك (كتلة) \times c^2 (مربع سرعة النور)$$

غير ان لاثيرازي كان هو الآخر على صواب وكان قانونه صحيحاً لا غبار عليه انما في حدود المراقبة المتصورة على الظواهر المحسوسة وفي حدود ما يمكن الميزان ان يعطي من الدقة . لكن علم الفيزياء الحديثة اظهر ان هذا القانون ليس الا فرعاً خاصاً لقانون اشمل واعم .

فيو لا يعدق على عالم الذرة حيث لا الكتلة ثابتة بفردا ولا الطاقة بفردا بل الثبات يلزم المجموع من الكتلة والطاقة ليس غير . وتتوفر لدينا التجارب العملية لاثبات هذا الرأي منها تجربتان بليغتان بنوع خاص لانهما تصدمان اعتقادانا السائدة الا وهما : إحداث كتلة من صميم طاقة وملاشاة كتلة لفائدة طاقة. ويعتمد في كلتا الحالين معاجة اصفر كتلة الكتلة الكهروب او الالكترن

ولننظر في الحالة الاولى اي احداث كتلة من اصل طاقة : من الاشعة المنبعثة عن العناصر المشعة اشعة غما ، فضلا عن الاشعة الجسيمة الفا وبيتا x و γ . واشعة غما طبيعتها كهربية - مغناطيسية اي انها بجانب لاشعة النور وللشعة السينية (إكس) . فاذا اخترق شعاع من اشعة غما ، وهو ذر موجة قصيرة جدا اي ذر ذبذبة عالية جدا ، حاجزا من الرصاص مثلا ، تولد عنه ، في بعض الحالات زوجا كهربيات ، كهرب سالب وكهرب موجب

ولقد دلال على هذه الحقيقة تجريبياً السيد والسيدة جوليبر - كوري في سنة ١٩٣٤ . فالاشعة غما المتبقية عن جرم مشع ، هو الراديوثيريوم ، تحدث عند اختراتها حاجزا رقيقا من الرصاص ازواجاً من الكهربيات . وتجري التجربة في « غرفة التدد » او « غرفة ولسون » . وهي عبارة عن انا. اسطواني من زجاج ركبت على قمرو غشاوة رقيقة من المطاط ، وفي داخله هوا. وبضع نقط من الماء . فاذا جذبت غشاوة المطاط جذبة سريعة برد الهواء. المحصور في داخل الانا. وتكثف بخار الماء نعتاً دقيقة على ممر الكهربيات . فاذا التقطت صورة فوتوغرافية للغرفة في تلك اللحظة ظهرت عليها الممارات التي اتبعها الكهربيات . وبنا ان الغرفة موضوعة بكاملها بين قطبي مغناطيس كهربي ، فالجبال المغناطيسي يحول مسار الكهربيات المستقيم الحط الى اقواس دائرة يكتنا قياس نصف قطرها من معرفة الطاقة الحراكية لكل واحد من الكهربيات

والطاقة الضرورية لاحداث زوجي كهربيات والتي تتلاشى حتماً عند ظهور الكهربين ، يجب ان تعادل ، وفقاً للمعادلة التي وضعها اينشتين ، نحو مليون كهرب - فواط (ويخص هكذا : ١ م ك ث = 1 Mev) اي ما يكاد يعادل

اقصى طاقة تشعن كهربأ ما داخل انبوبة اشعة « عندما يُسَلط على الانبوبة جهد كهربائي يبلغ المليون فولت والثابت من ذلك ميسور اذ ان طاقة الشعاع « غما » معلومة والمخانة المسارين في المجال المغناطيسي تمكنتنا من قياس ما تبقى من الطاقة في شكل طاقة حركية ، بعد تحول جزء منها الى مادة .
فنجد ما يلي :

$$\text{طاقة الشعاع} = 1 \text{ مكف} + \text{طاقة الكهربيين المراكية}$$

ولقد ابريت تجربة «ماكسة يقعد منها ملاءة الكهربي قام بها في آن واحد منفردين السيد والسيدة جوليو كوري في مختبر مههد الراديوم من جهة ، والسيد تيبو في مختبر اللوق دي بروي من جهة ثانية

من خصائص الكهربي الموجب الذي ذكرنا انه لا يعيش الا جزءاً قصيراً جداً من الثانية . وذلك لان المادة خصبة بالكهريات السالبة فسرعان ما يلتقي الكهربي الموجب واحداً منها ، فيتلاشى اذ ذاك مجموع الكهربيين الموجب والسالب ويظهر شعاعان غما ؛ تعادل طاقة كل منهما ٠.٥ مكف تقريباً . ولقد تم لنا تسجيل هذا الاشعاع اما بواسطة عدادات اما بواسطة التصوير الفوتوغرافي نجاحاً مطابقاً من حيث قوة اختراقه وزخمه لما كان مترقماً نظرياً .

فهاتان اذا تجربتان مثبتتان عملياً احدهما إحداث للمادة والثانية ملاءة لها . والمادة في هذه الحالة هي الكهربي . وليس هنا في الواقع احداث او ملاءة بالمعنى الفلسفي بل مجرد تحويل من طاقة الى مادة وبالعكس . ولا نظن ان هذا التحويل ضرب من الشذوذ عن القاعدة بل هو القاعدة في تكون الذرات لان مسألة نبات نوى الذرات وتحطيمها مرهونة بإمكان هذا التحول المتبادل بين المادة والطاقة .

فالنواة في الذرة هي جزؤها المركزي الموجب كهربائياً والذي تدور حوله الكهريات . وبينت لنا احداث الابعاث ان النواة كروية الشكل على وجه الاجمال ويتناسب حجمها تناسباً طردياً مع (1) ، باعتبار ان ا هي عدد التوكليونات او الذريرات . وهذه التوكليونات تتألف من بروتونات عددها

(ب) ومن فوترونات عددها (١-ب) ومجموعها يكون البناء النوري ، وهي تقاوى في داخل النواة لزاوا . (تشبه النواة نقطة من سائل بالغ الكثافة : ١٠) . لان البروتونات ذات الشحنة الموجبة اذا كانت تتنافر عندما تُراد على التقارب بعضها من بعضها لما تكون المسافة الفاصلة بينها نحو 10^{-10} من البتستر ، فانها عندما تضيق المسافة الى 10^{-10} من السنتم تكتسب قوة تجاذب اعظم قدرًا من قوة التنافر فتتقاد هذه لتلك دون ان تتلاشى . ويحصل في امثال هذه المسافات الضئيلة ان يجتذب البروتون النوترون ويجتذب النوترونات بعضها بعضاً .

ويحدث بازا . هذه الطاقة الارتباطية « نقص كتلة » في مجموع البناء النوري . فيتحم ارجاع هذه الطاقة اذا اريد تفكيك مقومات النواة . ونسبة « نقص الكتلة » الى عدد الذريوت يكون ما يسمى « كسر التخزم » . وكلما ازداد مقدار هذا الكسر ازدادت النواة ثباتاً ومثانة اذ تحيطها بسلك مزيداً من الطاقة .

ويبدل المعنى اليباني ان ثبات النواة يبلغ نهاية قصوى حوالي $1 = 0.0$ اي عند مرتبة الكروم) . وكل ازدياد في الكتلة يوافق نقصاً في الثبات ، حتى اذا بلغت الكتلة حداً ما اصبحت كل العناصر مشعة ، اي اصبحت غير ثابتة بالطبع .

هذا وازدياد مجموع الكتلة يستدعي نسبياً ازدياد التنافر الالكترستاتيكي (الكهربية الساكنة) ، مما يشكل عاملاً جديداً لعدم الثبات . فتبدو اذ ذاك ظاهرة جديدة = ظاهرة الانفلاق عندما يزيد حاصل $\frac{Z}{A}$ عن 0.5 ($\frac{Z}{A} < 0.5$) فحسب هذه النقطة الكهروية المضخمة ان يطراً عليها عندئذ ادنى اضطراب حتى تنفلق الى شطرين .

دعنا ننتقل من عالم الذرة الى عالم النجوم

ما فتى- الإنسان منذ القدم يشغل باله امر الكوكب الذي يده بنوره وحرارته في النهار، ونعني به الشمس، كما ان النجوم قد حيره دائماً على الاشعاع درغما وهن او كلال .

سبق للقديما ان اعتقدوا في شأن الشمس انها جرم متوقد آخذ في الحمود. ولقد اثبتت المراقبة والحسابات الرياضية ان الشمس، البالغة حرارة طبقتها الخارجية ٦٠٠٠ درجة وحرارة مركزها ٢٠ مليون درجة، تشع سنوياً ما يوازي $10^{26} \times 10^{10}$ سعراً صغيراً. ولما كانت كتلتها 2×10^{33} ، بينما حرارتها النووية تقل حتماً عن الوحدة، فمن المحتم ان ينتج عن الاشعاع هبوط في الحرارة يعادل ١٢٥ درجة في السنة. على انا نجد ان تغيراً لم يطرأ على المزروعات على الارض منذ عهد الملكة المصرية القديعة مثلاً؛ وكان محتماً ايضاً على الشمس وفقاً لنظرية الحمود ان تنخفض حرارتها خلال خمسة الاف سنة $1000 \times 125 = 125000$ درجة. وهذا ضرب من المحال

ثم قالوا بان هناك احتراقاً. لكنه لو قدير ان الشمس مكونة من الفحم وتوفرت تغذيتها بالاكسجين، لما دامت ٦٠٠٠ سنة. ولقد بين اللورد كلفن (Kelvin) حسابياً ان شمساً من قطن هاب اي مشع بمادة قابلة للانتهاب السريع تغنى في مدى ٨٠٠٠ سنة .

في سنة ١٨٤٨ تقدم مايو بافترض قوامه ان رُجماً تقع على الشمس كما تقع على الارض انما بكثرة ارفر فتتحول طاقة الرجم الحركية الى حرارة. لكن كتلة الشمس تكون في هذه الحالة على تزايد متواصل فينجم عن ازدياد الكتلة قصر في السنة معلوم القدر نستطيع احتسابه على اضبط وجهه. على انا لا نتحقق شيئاً من هذا .

وارتأى هلمهولتز Helmholtz في سنة ١٨٥٤ ان استمرار الاشعاع الشمسي عائد الى تكاثف في الشمس يُحدث في داخلها احتكاكاً تنشأ عنه الحرارة .

انما تبين الحسابات اذ ذاك ان حياة الشمس لن تتجاوز في المستقبل ١٥ مليون سنة . وهذه مدة تبدو قصيرة جداً .

وما اصبح ممكناً حل هذه المعضلة الا يوم عُرفت التحويلات الذرية وما يصدر عنها من حرارة عظيمة جداً . والنظرية المتعلم بها اليوم هي نظرية دُور بيته cycle de Bethe او دُور الكربون cycle du carbone الذي يطبق على الشمس ما اعطته تجارب المختبر من تفاعلات بين النوكليونات .

فالذرة تحتوي ، كما سبق لنا ان ذكرنا ، على نواة مركزية ذات شحنة كهربائية موجبة تحددت بها غالباً كهيئات سالبة تتحرك في افلاك دائرية على النواة . اما في الشمس فان الذرات في حركة دائرية سريعة للغاية بسبب حرارة الشمس العالية (٢٠ مليون درجة في داخل كتلتها) ، وان التصادمات المتعاقبة على الذرات قد تؤينها اي قد تسلبها بعض كهرباتها .

وتبناً لهذه الحركة تستطيع البروتونات الوفيرة في الشمس ان تحطم نويات الكربون التي تلتقيها . ثم تتحطم النواة الجديدة بدورها وهكذا داويك . فيحصل اذ ذاك سلسلة من التفاعلات يكون للهيدروجين فيها نصيب ابداً . ونجد في النواة نواة الكربون وقد اصابتها تحويل اول ونجد معها ذرة هليوم ، كأن كل ما في الامر ان اربع نويات هيدروجين تكثفت في نواة هليوم واحدة . ويقابل هذا التكثف « نقص في الكتلة » نترده في شكل حرارة أُطلق عقالها . وعلى هذا المنوال يخف جرم الشمس اربعة ملايين طن في الثانية .

وينبغي ألا نغفلنا ضخامة هذا الرّم لان تناقص الشمس على هذه الوتيرة جزءاً من ألف يتفرق في جوار أمن السنين .

فتحول المادة الى طاقة في العالم ليس اذا الا ظاهرة جد مطروقة ومبدولة كل يوم .

ولنلاحظ كذلك التحول المعكوس اي تحول الطاقة الى مادة . يحدث هذا خاصة في الاشعة الكونية . كان قد لوحظ لسنوات خلت ان الالكترسكوب او الكاشف الكهربائي ذا الورقات الذهب اذا سُحِن بالكهرباء فقد سُحنته

عفوًا في الهواء. وفي شي. من السرعة ، ٥٠٠ م احتيط في عزله . ذلك ان اشعاعاً كان لا يزال مجهول الطبيعة آنذاك ، يجعل الهواء موصلاً للكهرباء .

وسرعان ما فطن البعث الى ان هذا التأين الغير التام كان يزيد مع العلو في الجو وينقص مع الهبوط تحت سطح البحر . فاستنتجوا ان الارض ليست هي مصدر هذه الاشعة . ولذلك دعوا الاشعة الكونية .

لا يتعدى درس الاشعاع الكوني درساً جدياً الثلاثين سنة الاخيرة . وتقدم البحث في هذا الباب تقدماً ملحوظاً منذ نهاية الحرب ، لما استنبطه العلماء من طرق فنية ووسائل جديدة كالمجونات الفوتوغرافية والمناطيد والصواريخ البالغة الى طبقات الجو العليا ، او الجر الطباقى

ويسود اليوم الاعتقاد ان الاشعة الاولية ، وهي التي تسير في الفضاء بين السيارات ، مؤلفة من بروتونات ونوى ذرات اشد ثقلاً . لكن هذه النوى قلما تنفذ الى جونا ، لتفاعلها مع الذرات الغازية التي تعترض طريقها ، فتسلك الى بروتونات ونوترونات . اما البروتونات فانها تحترق النويات الغازية وتمحطها فلا تعم ان تخلف وراءها بروتونات ونوترونات فحسب .

وهناك دقائق اخرى تدعى الميزونات . وهي جسيمات تتراوح كتلتها بين كتلة الكهيب وكتلة البروتون . فتعادل كتلتها كتلة الكهيب نحو ٢١٥ ضعفاً في الميزون الذي من نوع π^+ ، ونحو ٢٨٠ ضعفاً في الميزون من نوع π^- ، ونحو ١٠٠٠ ضعف في الميزون من نوع

هذه الميزونات لا وجود لها في الاشعاع الكوني الاولي ، بل هي وليدة تصادم الدقائق الاولية ذات الطاقة الكبيرة بالذرات الغازية في الجو الاعلى . وحياتها قصيرة جداً . وهي تتحول اما الى ميزونات اخرى اما الى كهيبات .

ليست ظاهرة إحداث الميزونات هذه بواسطة الدقائق الاولية الظاهرة الوحيدة التي تلاحظ في الاشعة الكونية . فالاشعة الاولية تولد ايضاً ، فضلاً عن الميزونات ، كهيبات ذات طاقة قوية ، فيتألف منها « باقات » على النحو التالي :

عندما يمر كهربي ذو طاقة كبيرة على مقربة من نواة ذرة ، فانه ينحرف انحرافاً عيماً بتأثير من المجال الكهربائي القوي الذي يكتنف النواة . فتغير هذه « الصدمة » اتجاه الكهربي وسرعته فينطلق عندئذ عنه شعاع كهربي . يتولد عن شعاع γ (غماً) هذا عند تحوله الى مادة زوجان من الكهروبات احدهما موجب والاخر سالب . ثم يأخذ هذان في الاشعاع بدورهما وهلم جرا . هكذا يتكون ما يدعى « باقة » كهروبات بعد ان لم تكن موجودة اساساً في الاشعاع الكروي ، لكن احدتها عمليات ثانوية .

لقد تمكن العلماء من تحويل الكهروبات والميزونات الخفيفة الى مادة في المختبر مستعينين على ذلك باللات قوية تدعى السنكروترون synchrotrons فاستطاعوا بذلك تكرار جزء من الظواهر الملاحظة في الاشعاع الكروي .

ان تبادل التحول بين المادة والطاقة يضطرنا عندما نسلط تفكيرنا الفلني على الظواهر الطبيعية الى اعادة النظر في صحة مدركاتنا ، لانها ان لم تردد مرونة لن نستطيع الانطباق على الحقيقة كما اخذت تبدو في تجاربنا ومشاهداتنا في هذه السنين الاخيرة .

ولا محيد عن الاعتراف بان العلم الحديث قد اراد عقولنا على كثير من المرونة بما طالعنا به من فترحات وتحقيقات جديدة لو اننا عرضت لفلاسفة الامس الغاير لاولتهم الحيرة . منها عدم اتصال الطاقة التي - كالمادة - ليست قابلة للتجزؤ الى ما لا نهاية ، واستحالة تمييز الوضع والحركة في آن واحد لاي جسم كان ، واستحالة تخصيص الجسيمات الداخلة في مجموع ما بذاتية منفردة ومستقرة ، والمشور على « فوتونات » اي وحدات ضوء (photons) متحيزة تتركز فيها طاقة سطح الموجة ، وايلاج الرججيات في صلب الختمية ، فهذه كلها عقبات تعترض سبيل العقل اذا ما افوط في التسك بالنظريات التقليدية الماثورة .

لكنها تنقلب باعشاً على الاعجاب لمن بنعم النظر في صرح معلوماتنا الجديد . فانه لن يتالك عن الانشاد مع صاحب الزبور :

ما الانسان حتى نذكره
وما ابن البشر حتى نفتده
لقد نصفته من الله قليلاً
وكلته بالمجد والكرامة

* * *

سلطته على اعمال بديك
واخضعت كل شيء تحت قدميه
اجا الاله ربنا
ما اعظم اسمك في كل الارض !

غير ان العالم الحق لا يملك الا ان يستشعر الرهبة والتهيب امام سر الطبيعة
الذي يظهر العلم بعد غوره .
اذا ان اختتم هذه المقالة بصفحة لعالم من اكبر علمائنا هو الامير لويس
دي بروي :

« العلم ماض في طريق التقدم . فهو سائر بسرعة سوف تتزايد مع الايام
الى تفهم ظواهر الطبيعة تفهماً اصح . ويمكن البشرية ان تتوقع نجاح كل امالها
من هذا القبيل كما انها سوف تجني ثمار الجهود التي بذلها عقل الانسان خلال
اجيال متصلة طبعاً منه في استجلاء صفحات جديدة من غوامض الكائنات .
والعلم له جمال في ذاته وقيمة معنوية فضلاً عما ييسر للناس من اسباب الرقي
وعما يبعث في النفوس من نشوة العرفان . فهذه لاريب فضائل تبرر التحمس له
غير ان الانصاف يحتم علينا ان نذكر بازا . ما للعلم من فضل ما قد يكون
عليه من مأخذ . فاذا كان حلالاً مشروعاً لرجل العلم والفكر ان يباهي ويفخر
عندما يرى انه يعمل على زيادة معارفنا وزيادة نفعها ، فانه لزام عليه الا
يتجاوز الى الزهو والمجيب فيستن كل عمل ونشاط لا يدخل في نطاق العلم .
اذ انه حقيق الا ينسى ان علما بلغ ما بلغ سيظل محدوداً بينا جهلنا لا حدود
له . فحسبه هذا الاعتبار باعاً على بعض الحشوع حيا ل المهمة العظيمة التي لا
ترال تقتضي اهتمامه وسعيه

على اولى العلم ان يذكروا ابداً ان طبقة الناس المنصرفين الى الناحية العملية من الحياة ، وعامة الذين على جبلهم العلم واسراره يقومون بواجباتهم كل يوم بنفس سخية ، يسدون للخدمات البشرية خدمة ما اخرجها اليها لتسير سيراً منتظماً . فكلُّ من هؤلاء . واولئك عامل من جانبه من عوامل الرقي . فلا شيء . يجوز المسالم او المفكر معها علا شأنه ان يعتقد بان القيم الحقة لا تشمل الا في التفوق العقلي او في سمة المعارف . كلا ليس له ان يتخف بما في التفاني والامانة على القيام بالواجب من العظمة ، ولا ان يستهين بما في مختلف الاعمال من النعم .

