التطورات الحديثة في آرائنا
عن تركيب المادة

محاضرة الدكتور علي مصطفى مشرفة
استاذ الرياضة التطبيقية بالجامعة المصرية في مؤتمر المجمع المصري للثقافة العلمية

لا حاجة بي إلى ان أنوّه بأهمية البحث في تركيب المادة سواء أكان ذلك من الناحية الأكاديمية والفلسفية البحتة أم من ناحية اثره في الرقي الصناعي وتقدم العمران . فان ازدياد فهمنا لتركيب المواد التي تحيط بنا وكشفنا عن خبايا صنعها وما انطوت عليها من القوى الكامنة — أن هذا كله عدا ما له من اللذة الفكرية — مما يمكننا من استخدام هذه المواد وتلك القوى لمنفعة البشر ولرفاهية الاسرة الانسانية . والقصة التي سأتلوها على حضراتكم الليلة هي قصة العقل البشري وسعيه المتواصل وراء ارجاع ما هو معقّد متشعب الى ما هو بسيط محصور. وهو في سعيه هذا لا يألو جهداً في تذليل ما يعترضهُ في طريقه من الصعاب والاستفادة مما يصادفه من حسن الحظ متوخياً طلب الحقيقة لذاتها لا متمسكاً برأي قديم لقدمه ولا متعلقاً بمذهب جديد لجدته .وسأطلب الى حضراتكم بادئ ذي بدء ان تنظروا الى ما حولنا في هذه الغرفة الآن من مختلف المواد وكذلك ان تستعيد ذاكراتكم ماوقع عليه حسكم من المادة في صورها المتباينة ومظاهرها المتعددة فاذا علمتم بعد هذا أننا لنستطيع اليوم أن نثبت انها كلها مؤلفة من نوعين اثنين من الجواهر وأن تبيّ في كثير من الاحوال بعدد هذه الجواهر وكيفية ترتيبها في بناء المادة، وإذا راعيتم أن الوصول الى هذه المعرفة لم يستغرق اكثر من نيف ومائة سنة ادركتم مبلغ نجاح الطريقة العلمية في كشف اسرار الكون . ولكن ارانى أبدأ بآخر قصتي فلأعد إلى البداية.

فعلمنا بتركيب المادة يرجع الى النصف الاول من القرن الماضي حين وجد علماء الكيمياء في ذلك العصر وعلى رأسهم دلتن John Dalton أن من الممكن تخصيص رقم معيّن لكل عنصر من العناصر الكيميائية بحيث انهُ كلما دخل عنصر في مركب كيميائي دخل بنسبة الرقم المخصص لهُ او بنسبة احد مضاعفات هذا الرقم. فمثلاً الرقم المخصص للاوكسجين هو ١٦ وللكربون هو ١٢ واذن فكلما دخل الاوكسجين مع الكربون في مركب من المركبات

دخلت ١٦ جراماً من الاول مع ١٢ جراماً من الثاني أو ٣٢ جراماً من الاول مع ١٢ من الثاني او ١٦ من الاول مع ٢٤ من الثاني وهكذا. هذا القانون يعرف بقانون « النسب المضاعفة ». ولما كان قانوناً عاماً منطبقاً على جميع العناصر وعلى جميع المركبات بدقة عظيمة فقد كان من الطبيعي أن يفترض دلتن وامحابه أن الرقم ١٦ يمثل وزن ذرة الاوكسجين والرقم ١٢ يمثل وزن ذرة الكربون وأن عدداً من ذرات العنصر الاول يتحد مع عدد من ذرات العنصر الثاني فيكون بذلك جزيء من المركب الكيميائي . وقد كان الرأي في ذلك الوقت ان الذرة هي الجوهر الفرد الذي لا يقبل التجزئة ولذلك اشتق اسمها من الكلمة الاغريقية « اتوموس » التي معناها ما لا يقبل القطع او الكسر . وترون حضراتكم ان هذا « الفرض الذري » كما يسمى هو من نوع الفروض العلمية التي تمزرها التجارب العملية وقد نجح نجاحاً كبيراً بحيث يصح أن يعتبر بحق اساس علم الكيمياء

وشرع الكيميائيون من القرن الماضي في حصر العناصر فعثروا على نحو السبعين عنصراً قاسوا اوزان ذراتها بنسبتها الى اخفها وهي ذرة الايدروجين كما اخذوا يحللون سائر المركبات الكيميائية وبذلك توصلوا الى تعيين عدد الذرات المختلفة المؤلفة للجزيئات . فالمركبات الكيميائية في نظر علماء القرن التاسع عشر إذن مؤلفة من جزيئات وكل جزيء يتألف من ذرات كل ذرة منها تنتمي الى عنصر من العناصر. ولما كانت جميع المواد التي يقع عليها حسنا هي اما عناصر او مركبات او مزيج من هؤلاء فيكون هناك نحو السبعين جوهراً فرداً تتألف منها جميع المواد على اختلاف اجناسها . فهذا الماء الذي امامي مثلاً (اذا افترضنا انهُ نقي تماماً) مؤلف من جزيئات متشابهة كل واحد منها هو جزيء الماء وكل جزيء مؤلف من ذرتين من ذرات الايدروجين وذرة من ذرات الاوكسجين ومنا تنشأ ثلاث مسائل تمس الفكر بشدة

(الاولى) عن الجزيئات معتبرة كوحدات مستقلة هل هي ساكنة ام في حركة مستمرة وكيف هي موزعة في الفضاء ثم ما هي القوى التي تجمعها جميعاً داخل هذه الكوبة وتمنعها من التفرق و(الثانية) عن تركيب الجزيء الواحد ، ما شكلهُ وكيف ترتبط ذرتا الايدروجين بذرة الاوكسيجين و(الثالثة) عن الذرة الواحدة ما الفرق بين ذرة وأخرى ومم تتألف الذرة

***

فأما عن المسئلة الاولى فقد فهمها علماء القرن التاسع عشر فهماً صحيحاً ووصلوا في حلها الى شأو بعيد. ذلك انهم افترضوا ان الجزيئات في حركة مستمرة متشعبة كأنها جماعة من النحل في اضطراب عظيم تندو الواحدة منها حتى تصطدم بأخرى (أو بجدار الإناء) فترتدُّ عن هذا الاصطدام الى اصطدام آخر وهكذا . وهذا الاضطراب المستمرُّ هو منشأ

حرارة المادة فاذا زاد ازدادت درجة الحرارة واذا نقص نقصت . كما ان اصطدام الجزيئات المتواصل بجدران الاناء هو سبب الضغط الواقع على هذه الجدران . وتعرف هذه النظرية بالنظرية الكينيتيكية للمادة نسبة للكينيتيكة أي الحركة ويرجع الفضل الاكبر فيها الى كلارك مكسول العالم الاسكتلندي الذي ربما كان أعظم من أنجبهُ القرن الماضي من الباحثين

وقد نجحت هذه النظرية نجاحاً عظيماً في تفسير القوانين الطبيعية للاجسام بحيث أصبحت اليوم من النظريات المجمع عليها من العلماء . ولكي تتكوَّن عند حضراتكم فكرة عن هذه الجزيئات وعن حركاتها سأذكر لكم ان في كل سنتيمتر مكعب من الماء الذي في هذه الكوبة يوجد نحو ٣٠ ألف مليون مليون مليون جزيء . وان متوسط سرعة الجزيء الواحد نحو ٣٠ كيلو متراً في الدقيقة الواحدة وان وزن الجزيء لا يتعدى ثلاثة اجزاء من مائة الف مليون مليون مليون جزء من الجرام

وأما عن المسئلة الثانية وهي الخاصة بتركيب الجزيء فهذه من أعوص المسائل التي لم نكد نعرف عنها شيئاً الى اليوم

وأما عن المسئلة الثالثة وهي الخاصة بتركيب الذرة فهذه ما سأخصص لها ما تبقى من محاضرتي الليلة

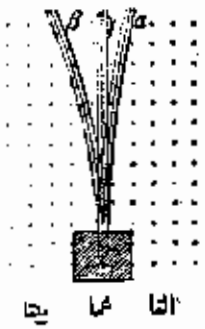
وسأبدأ بأن اطلب من حضراتكم أن تتأملوا قليلاً في هذا المصباح الكهربائي . هو يتركب من زجاجة منتفخة داخلها سلك دقيق متوهج . ولكن ما السبب في توهج السلك؟ ستقولون «مرور التيار الكهربائي فيه» . إذن فالسلك يسمح بمرور التيار الكهربائي . لنفرض اننا أتينا بزجاجة منتفخة مثل هذه ولحمنا بها طرفي سلكين نحاسيين من نوع هذه الاسلاك الكهربائية التي لا تتوهج لنخانتها وكانت الزجاجة تحتوي على هواء ثم وصلنا السلكين بقطبي آلة مولدة للكهرباء فهل يمرُّ التيار في الهواء كما يمرُّ في هذا السلك ؟ وهل يتوهج الهواء ؟ نحن نعلم ان الهواء موصل رديء للكهرباء فإذن لا ينتظر أن يمرَّ فيه التيار والواقع ان التيار لا يمر مادام ضغط الهواء كبيراً من نوع ضغط الهواء الجوي . ولكن اذا أنقصنا الضغط تدريجيًّا فان مقاومة الهواء للتيار تقلُّ تدريجيًّا الى أن تصل الى حالة فيها يمرُّ التيار داخل الزجاجة خلال الهواء كما يمرُّ الآن خلال هذا السلك المعدني وعندها يتوهج الهواء بشكل جذاب ومسترعٍ للنظر . هذه الظاهرة في حالتها العامة أيها السادة هي ما يُعرف «بمرور الكهرباء في الغازات» عُني بدراستها علماء الطبيعة في العقد الاخير من القرن الماضي وفي أوائل القرن الحالي فكانت منتاج عصر جديد سترون كيف أدى بنا الى فهم تركيب الذرة

في هذه الصورة التي الى اليمين ترون انبوبة من الزجاج تحتوي على غاز متخلخل أي قليل الكثافة يمرُّ فيه تيّار كهربائي وترون أشعة تنبعث عن القطب السالب. هذه الأشعة هي ما يسمى بأشعة المهبط والمهبط اسم آخر للقطب السالب كما ان المصعد اسم للقطب الموجب. واذا وضعنا حائلاً في سبيل هذه الأشعة مثل هذا الصليب فانهُ يتكوَّن له ظل مما يدل على ان الأشعة تتحرَّك في خطوط مستقيمة. هل هذه الأشعة هي من نوع أشعة الضوء؟ الجواب عن هذا بالسلب. فان الضوء لا ينحرف عن سبيله بتأثير قوة مغنطيسية وأما هذه فتنحرف كما ترون في الصورة التالية. وقد ثبت ان هذه الأشعة تتألف من جسيمات صغيرة مشحونة شحنة سالبة ومتحركة بسرعات تختلف باختلاف أحوال الجهاز. هذه النتائج قد وصل اليها من ابحاث هيتورف وبلوكر وبران وكروكس ولنارد والسر جوزف طمسن. واذا وقعت أشعة المهبط على حائل في طريقها صدر عن هذا الحائل أشعة خفيَّة لها مقدرة على اختراق المواد الجامدة المعتمة والتأثير في الألواح الحسَّاسة الفوتوغرافية وأول من شاهد ذلك الاستاذ رنتجن عام ١٨٩٥ ولهذه الأشعة شأن خاصٌّ اليوم في عالم الطب والجراحة كما تعلمون. وأشعة رنتجن لا تنحرف بتأثير المغنطيس وقد دلَّت التجارب على انها من نوع الاشعة الضوئية أي انها موجات منتقلة في الفضاء وترجع قدرتها على اختراق المواد المعتمة الى قصر موجاتها مما يسمح لها بالمرور بين جسيمات المادة. ويبلغ طول موجاتها نحو جزء من مائة مليون جزء من السنتيمتر الواحد أو نحو جزء من عشرة آلاف جزء من طول موجات الاشعة المرئية

***

سأنتقل بكم الآن الى مصدر آخر ذي شأن عظيم من مصادر علمنا بتركيب الذرة وأقصد ظاهرة النشاط الاشعاعي التي تتجلى بأجلى مظاهرها في عنصر الراديوم. ويرجع تاريخ هذه الظاهرة الى سنة ١٨٩٦ حين وجد العالم الفرنسي بكرل أن الكبريتات المزدوجة لليورانيوم والبوتاسيوم تؤثر في لوح فوتوغرافي حسَّاس اذا كانت مجاورة له في الظلام. ووجد بكرل أن هذا التأثير ناشيء عن صدور أشعة خفيَّة عن هذه المادة تشبه أشعة رنتجن. وسميت هذه الأشعة بأشعة بكرل ثم وجد انها تصدر عن

بعض المواد الأخرى كعنصر التوريوم ومركباته . وقد انجهت الانظار الى هذه الظاهرة الخفية التي سميت بظاهرة النشاط الاشعاعي . وبينما كانت مدام كوري تمتحن معادن مختلفة بغرض العثور على عناصر لها هذا النشاط الخاص وُفقت هي وزوجها المسيو كوري الى اكتشاف عنصر الراديوم الذي هو أنشط العناصر التي نعرفها اشعاعاً . وينبعث عن عنصر الراديوم ثلاثة أنواع رئيسية من الأشعة نراها في الصورة الثانية وهي أشعة الفا وأشعة بيتا وأشعة غما وقد دلت التجارب على ان أشعة الفا مؤلفة من جسيمات صغيرة مشحونة شحنة ايجابية ويبلغ وزن الواحدة منها وزن ذرة الهليوم أي نحو أربعة اضعاف وزن ذرة الايدروجين. أما أشعة بيتا فلا تختلف عن أشعة المهبط التي ذكرناها لكم في شيء فهي جسيمات صغيرة مشحونة شحنة سالبة ومتحركة بسرعات متفاوتة . وأما أشعة غما فهي من نوع أشعة س وهي أحد قليلاً من أشعة س المتصلة عادة أي أقصر منها موجة



***

ستقولون وما علاقة هذا كله بتركيب الذرة . والحقيقة اني أخفيت عنكم عمداً الى الآن أمراً أو أمرين

فقد وجد ان وزن كل جسيم من الجسيمات المؤلفة لكل من أشعة المهبط وأشعة بيتا يعادل نحو جزء من ١٨٥٠ جزءاً من وزن أخف ذرة نعرفها وهي ذرة الايدروجين. فإذن قد عثرنا على كائن أصغر جداً من الذرة وزيادة على ذلك فهذا الكائن داخل في تركيب جميع الذرات . هذا الجسيم الصغير هو مايسمى بالالكترون

ثم ان النشاط الاشعاعي للراديوم ولأشباهه من العناصر لا يتأثر مطلقاً بدرجة الحرارة ولا بالضغط ولا بالتفاعل الكيميائي فهذا النشاط إذن ليس ناشئاً عن حركات الجزيئات ولا عن الجزيء الواحد وانما صادر عن الذرة نفسها . إذن فذرة الراديوم تنهشم وتتناثر اجزاؤها والالكترونات التي تصدق عنها هي بعض هذه الاجزاء

ولكن الامر الأدهى من ذلك كله ان الجسيمات المؤلفة لاشعة الفا والتي تعرف بجسيمات الفا اذا هي جمعت وجردت من شحنتها الموجبة نشأ عن ذلك عنصر آخر غير عنصر الراديوم وهو عنصر الهليوم المعروف . وإذن فذرة الراديوم تحتوي على ذرات عنصر آخر مشحونة شحنة ايجابية . وفي الواقع ان تهشم ذرة الراديوم تنشأ عنهُ عناصر متعددة ذوات خواص كيميائية مختلفة منها عنصر الرصاص الذي نصنع منهُ أنابيبنا

فالذرة إذن ليست بالجوهر الفرد الذي لا يتجزأ وحُلم الكيميائيين القدماء بتحويل العناصر الواحد منها إلى الآخر قد اوشك ان يتحقق على ايدي علماء الطبيعة

ستقولون : ولكن هل نجحنا نحن فعلاً في تحويل عنصر إلى آخر ؟ فالجواب عن هذا بالايجاب . ان السير ارنست رذرفرد الاستاذ بجامعة كامبردج قد تمكن من تحويل عنصر الازوت وهو الغاز الذي يكون نحو ٤/٥ الهواء الجوي إلى عنصر الايدروجين كما انهُ حصل على الايدروجين من العناصر الآتية وهي البور ، الفلور ، الصوديوم ، الالومنيوم والفصفور

وتنحصر طريقة السر ارنست رذرفرد في مهاجمة الذرات باطلاق قنابل عليها . هذه القنابل هي جسيمات ألفا فاذا اصطدم الجسيم في حركته السريعة بالذرة هشمها وانتزع منها الطوب الذي يؤلف بناءها . وما هو هذا الطوب ؟ هو الالكترونات ونَوَى ذرات الايدروجين او بعبارة اخرى البروتونات

إلاَّ أن كثيراً من الذرات لا يزال مستعصياً علينا تحطيمه وذلك لان قنابلنا اضعف من ان تفتك به ولذا فنحن نفكر لنزيد من مدى مدافعنا وزنة قنابلنا وسرعاتها . ولا يُظَنَّنَّ ان علماء الطبيعة اليوم قد اصيبوا بمرض الرغبة في الهدم . وانما نهدم قليلاً لنبني كثيراً . نهدم لنعرف ثم يتألف البناء ثم نستخدم هذه المعرفة في ان نبني . وكانت نتيجة تجارب العلماء باشعة المهبط واشعة س والاشعة المنبثة عن الراديوم أن تكوَّنت لدينا فكرة عن تركيب الذرة يرجع الفضل فيها الى رذرفرد . ففي وسط الذرة — على رأيه — توجد النواة وهي تحتوي على جُلّ مادة الذرة اي أن وزنها لا يقل عن وزن الذرة كلها الاَّ قليلاً

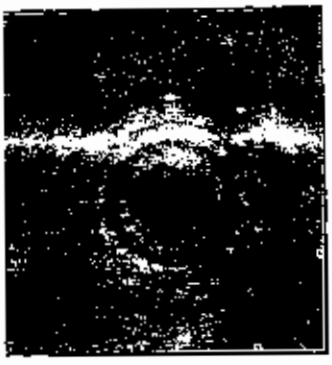
والنواة مشحونة شحنة موجبة . ويحيط بالنواة عدد من الالكترونات [illegible] منها مشحون شحنة سالبة . ووزن الالكترون كما سبق القول صغير جدًّا . ومجموعة الشحنات السالبة على الالكترونات تعادل الشحنة الموجبة التي على النواة . والالكترونات متحركة حول النواة بطريقة تشبه حركات الكواكب حول الشمس

***

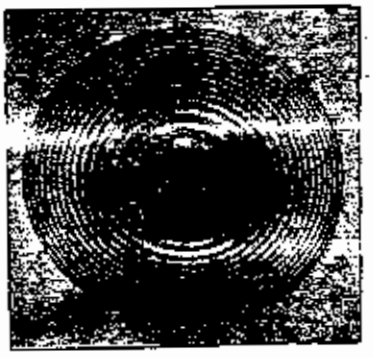
لو انني القيت هذه المحاضرة منذ اربع سنوات لوقفت عند هذا الحد (ولعل بعضكم يود لو ان الامر كان كذلك) الاَّ أنني اكون مقصراً في واجبي إذا لم اطلع حضراتكم باختصار على تطور هام حدث في آراثا عن تركيب المادة في خلال السنوات الاربع الماضية . تعلمون حضراتكم ان الضوء قد فُسِّر بانه امواج من الفضاء ومن اهم الادلة على ذلك أن الضوء إذا مرَّ في ثقب دقيق او اعترضهُ حائل معتم صغير نشأ عن ذلك ما يسمى بالتداخل او الاشتباك بين الامواج فبدلاً من ان يسير الضوء في خطوط مستقيمة تشتبك اجزاؤه

السر ارنست رذرفورد

كلارك مكسول



صورة تمثل نتيجة تسلط الالكترونات
مما يدل على أنها تفعل فعل الامواج



صورة تمثل نتيجة تمثل امواج النور

ولما كانت اشعة س من نوع الاشعة الضوئية فانها تنتج مثل هذه الظاهرة اذا امررناها في معدن متبلور او في صفائح فلزية رقيقة وفي هذه الحالة تقوم ذرات المعدن او الفلز مقام الحوائل في حالة الضوء المرئي

وفي عام ١٩٢٦ جاء العالم الفرنسي لوي ده بروي بنظرية مؤداها أن الالكترونات هي عبارة عن امواج كهربائية متجمعة في حيز صغير وقام بعض علماء الطبيعة بامتحان هذه النظرية منهم دافيسن وجرمر وطمسن (الابن) بان امروا الكترونات متحركة خلال معادن متبلورة وصفائح فلزية

وترون في الصورة المقابلة نتيجة تجربة بنسطوطمسن منها يتضح ان الالكترونات المتحركة هي كما لو كانت أمواجاً من نوع أشعة س أي من نوع النور المرئي . هذا التطور أيها السادة كان لهُ أثر عظيم في فلسفتنا عن تركيب المادة وعن الفرق بين المادة والنور . فالالكترونات التي تتألف منها جميع المواد يظهر انها لا تختلف في كنهها عن النور الصادر عن هذا المصباح وإذن فالمادة يظهر انها لا تختلف في كنهها عن النور

وقد أتيح لي أخيراً أن أضيف اضافة يسيرة الى الابحاث في هذه النقطة إلاّ أن الأمر لا يزال غامضاً وفي حاجة الى كثير من النور

***

ومن قديم الزمن كان النور رمزاً على المعرفة واليوم نرى المعرفة قد اتصلت بالنور واتصلت بالمادة حتى كادت جميعاً تستحيل الواحدة الى الاخرى أو تستحيل الى شيء

أن نجد له اسماً

شيء يستحق الذكر

[المقتطف] لقد ابقينا على المصطلحات العلمية المستعملة في هذه المحاضرة مع انها مخالفة لبعض المصطلحات التي جرينا عليها في المقتطف لانها معتمَد اساتذة المدارس المصرية وطلابها. والمسألة ليست مسألة « من سبق » ولكنها مسألة اتفاق على اصطلاح صحيح والسعي لتعميمه