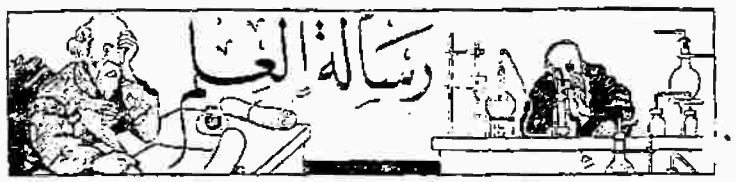


أرقام تتحـــدث
وتنبئنا عن أسرار الكون

للدكتور محمد محمود غالى

آنية « بيران » وجوها العجيب — رقصة الكرات فى الآنية — نظام توزيعها — أمثلة عملية من هذا التوزيع — فى زرقة السماء دليل على مقدار الذرة — عند ما نطالع هذه السطور تسيطر علينا الفوتونات

استغرقت تجارب « بيران » مقالين ولم نتمها بعد ، وفى هذه الأسطر نحاول أن ننتهى من أسطورته الخالدة ، لهذا نترك المقدمات لنتكلم على صميم عمله التجريبى

فى آنية صغيرة بها سائل يبلغ ما يعنينا فيها من ارتفاع $\frac{1}{10}$ المليمتر أجريت كل تجارب « بيران » الذى ترك فيها عدداً كبيراً من الكرات الصمغية الصغيرة التى يبلغ قطرها كسراً من الميكرون (الميكرون $\frac{1}{1000}$ من المليمتر) ، ودرس هذا العالم النظام الذى تتوزع بمقتضاه هذه الكريات فى السائل ، وكان عليه أن يرى بعد فترة من الزمن ، تتنازع خلالها هذه الجسيمات عوامل مختلفة[1] ، هل كان ينتج من ذلك توزيع شبيه بتوزيع الذرات الغازية، وقد وجد « بيران » بالفعل هذا النوع من التوزيع الذى يتبع متوالية هندسية[2] ، وللقارئ نورد مثالاً للحالة التى توزعت بها كرات صمغيّه Gomme Gutte من التى نصف قطرها ٠٫٢١٢ من الميكرون كما لاحظها « بيران »

نسبة عدد الجسيمات	الارتفاع الموجودة عنده الجسيمات محسوبا من قاع الاناء ومقدراً بالميكرون (الميكرون $\frac{1}{1000}$ من المليمتر)
١٠٠	٥
٤٧	٣٥
٢٢٫٦	٦٥
١٢	٩٥

ويلاحظ أنه بينما اختار « بيران » الارتفاعات المذكورة وهى : ٥ ، ٣٥ ، ٦٥ ، ٩٥ التى هى متوالية عددية[1] فإن الجسيمات تبعت فى أعدادها ومن تلقاء نفسها الأعداد ١٠٠ ، ٤٧ ، ٢٢٫٦ ، ١٢ التى هى متوالية هندسية إذ يلاحظ أن هذه الأعداد تتساوى تقريباً مع الأعداد ١٠٠ ، ٤٨ ، ٢٣ ، ١١٫١ التى تكون متوالية هندسية مضبوطة

وفى المثال الآتى يرى القارئ كيف توزعت كرات أخرى grains de mastic أكبر من الأولى ويبلغ قطرها ٠٫٥٢ من الميكرون أى حوالى $\frac{1}{2000}$ من المليمتر ، وقد أمكن عد هذه الجسيمات بطريقة فوتوغرافية بتصويرها فى أربعة مستويات يرتفع الواحد منها عن الآخر بمقدار ٦ ميكرون أى $\frac{6}{1000}$ من المليمتر وقد وجد « بيران » أن عدد الجسيمات عند هذه المستويات الأربعة كالآتى :

١٨٨٠ ، ٩٤٠ ، ٥٣٠ ، ٣٠٥

ويرى القارئ أنها مقادير قريبة جداً من الأعداد :

١٨٨٠ ، ٩٤٥ ، ٥٢٨ ، ٢٨٠

التى تكون متوالية هندسية .

هذا توافق واضح فى الأعداد ، ولكن هل أدى هذا إلى أن يصل « بيران » إلى عدد « أفوجادرو » الذى ينتظره فعرف عدد ما فى الوزن الجزيئى من الذرات ؟ هذا ما نتناوله الآن فنبحث ما تدل عليه الأرقام فى المثال الأخير : عند ما ترتفع بين طبقات الإناء مسافة قدرها $\frac{6}{1000}$ من المليمتر نلاحظ أن عدد الجسيمات

(١) من هذه العوامل الأرض تجذب الجسيمات إلى قاع الآنية والحركة البراونية الناتجة من حركة جزيئات السائل تدفع بالجسيمات فى كل اتجاه

(٢) المتوالية الهندسية هي سلسلة من الأعداد فى ترتيب معين ، بحيث أن أى عدد منها يساوى العدد السابق مضروبا فى عدد ثابت يسمى الأساس مثال ذلك ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ ، ٦٤ الخ حيث العدد ٢ هو أساس المتوالية المتقدمة

(١) المتوالية العددية هى سلسلة من الأعداد فى ترتيب معين بحيث أن أى عدد منها يساوى العدد السابق مضافا إليه عدد ثابت ، وهو يساوى ٣٠ فى المتوالية المذكورة

ينخفض إلى النصف ، على أننا نعلم من تجارب أخرى فى الضغط الجوى أنه لكى نحصل على مثل هذا الانخفاض فى عدد الذرات الهوائية يجب أن نرتفع فى طبقات الجو إلى ارتفاع ستة كيلو مترات أى إلى مسافة تبلغ الألف مليون (مليار) مرة قدر الارتفاع السابق ، وعلى ذلك فإن وزن جزىء من الهواء يبلغ الواحد على ألف من المليون من وزن إحدى الحبيبات الصمغية المشار إليها[1] ولو أن الغاز الذى نعتبره هو غاز الهيدروجين ، فإنه من الممكن بنفس الطريقة الحصول على وزن ذرة الهيدروجين من وزن الجسيم السابق ، وهكذا توصل « بيران » من التجربة السابقة ومن أمثالها إلى معرفة وزن ذرة الهيدروجين ، وكان عليه أن يتساءل بعد ذلك هل كان هذا الوزن لذرة الهيدروجين يتفق مع الرقم ذاته الذى أمكن العلماء الحصول عليه من باب آخر يختلف فى موضوعه عن تجارب « بيران » ، وهذا ما حدث بالذات عند ما قارن هذا العالم وزن الذرة الذى توصل إليه بوزنها الذى عرفه العلماء من النظرية السينيتيكية

* * *

وندع للقارىء أن يقدر مبلغ ما كان لهذا من الأثر العميق على نفسه، عند ذلك أراد أن يستوثق العالم من صحة ما وصل إليه فعمد إلى تغيير ظروف التجربة بإبدال الحبيبات حتى جعل حجم بعضها يبلغ الخمسين مرة حجم الأخرى ، ولم يكتف بذلك بل غَيَّر طبيعة[2] هـذه الجسيمات ، ثم عمد إلى تغيير السائل[3] ذاته بما يجعل ميوعته تبلغ ١٢٥ مرة ميوعة السائل الأول ، ولم يفت هذا الباحث الكبير تغيير كثافة المواد المستعملة التى كانت طوراً أضعاف كثافة السائل وتارة أقل من كثافته ، إذ تعمل الأرض فى الحالة الأخيرة على صعود الكرات بدل سقوطها ، بعد ذلك غير حرارة[4] السائل من درجة (— ٩) إلى درجة (٦٠) مئوية ، ومع كل ذلك وجد « بيران » ومدرسته طوال هذه الحالات المختلفة القوانين ذاتها والأقدار الذرية ذاتها ، وكان ذلك بلا ريب فوزاً علمياً كبيراً يذكره له التاريخ

تلك كانت السبيل عند « بيران » Jean Perrin ليتعرف على قدر الذرة من دراسة توزيع رأسى لجسيمات صلبة دخلت فى الماء أو فى أى سائل ، وشاء لها القدر أن تتجاذبها جزيئات السائل فتنتج بفعل ذلك ، وفعل جاذبية الأرض التوزيع الذى ذكرناه ، ونجتزىء الحديث ، فلا نشرح للقارىء من عمل « بيران » الجزء الخاص بالحركة البراونية بالذات ، فقد عين أيضاً عدد أفوجادرو ، كما عين شحنة الألكترون من دراسة دقيقة قام بها على مسارات الجسيمات كل على حدة داخل السائل ، ويكفى أن نذكر أنه بدراسة مستفيضة على الحركة البراونية ذاتها وبتطبيق لقوانين أينشتاين الخاصة بها تمكن من طريق جديد للوصول إلى هذه الأقدار الذرية والألكترونية[1] .

شكل (١)
كيف تتوزع جسيمات صلبة صغيرة من تلقاء ذاتها داخل سائل موضوع على منضدة ثابتة (من تجارب « بيران »)

ولا يمكن فى عجالة كالتى نحاولها أن نعطى للقارىء صورة دقيقة لما قام به أينشتاين[2] فى سنة ١٩٠٥ من الناحية النظرية وما قام به بيران فى سنة ١٩٠٨[3] من الناحية العملية فى هذا الصدد ، وكل ما يعنى القارىء أن يعرفه هو أن الأول قد استطاع

(١) ذكرنا فى المقالين السابقين العلائق الرياضية التى تؤدى إلى هذه النتيجة

(٢) لقد ساعد « دابرسكى » « بيران » فى هذه التجارب الخاصة بتغيير طبيعة الكرة

(٣) كان تايلر بجيرام ممن ساعدوا « بيران » فى التجارب الخاصة بتغيير السائل

(٤) وكان للباحث بريا Bruhat وهو الآن العالم المعروف بأبحاثه ومؤلفاته العديدة، دور هام فى مساعدة « بيران » على القيام بهذه التجارب

(١) يجد القارىء شرحا وافيا لهذه القوانين فى الفصل السابع لكتاب الأتوم لجان بيران ص ٢٣٣ الطابع ألكان باريس

(٢) المجموعة الطبيعية Ann. d. Phys الجزء ١٧ ص ٥٤٩ سنة ١٩٠٥ والجزء ١٩ ص ٢٧١ سنة ١٩٠٦ والجزء ٢٢ ص ٥٦٩ سنة ١٩٠٧

(٣) محاضر المجمع العلمى الفرنسى Comptes rendus ص ٩٦٧ سنة ١٩٠٨ ، ص ٤٧٥ ، ٥٣٠ ، ٥٩٤ سنة ١٩١١

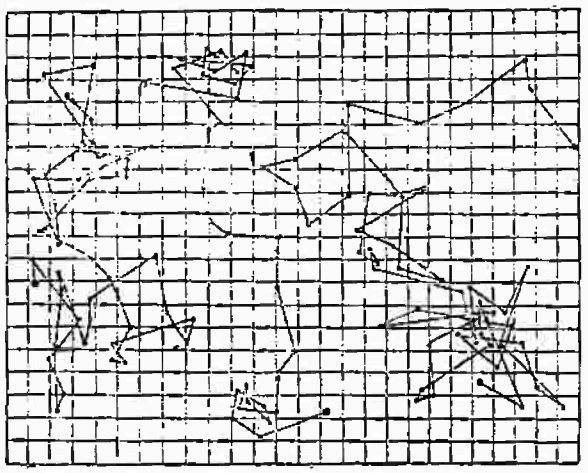
الحصول على علاقة يمكن أن نعرف منها عدد أفوجادرو إذا عرفنا المسافة المتوسطة التي يقطعها جسيم يتحرك تحت تأثير صدمات جزيئات السائل ، وعرفنا طول الزمن المتوسط الذي يستغرقه الجسيم في قطع تلك المسافة المتوسطة ، أما الثاني فقد توصل من متابعة رصد الجسيمات إلى تعيين عدد أفوجادرو فوجد بهذه الطريقة أنه (٦٨ر٢ × ١٠^٢٣)، ومن ثم وجد وسيلة في الواقع لإثبات صحة قانون أينشتاين ، ولقد كان من السهل بدراسة توزيع وحركة جسيمات مكهربة الوصول إلى معرفة شحنة الألكترون ، وهذا ما قام به أيضاً الباحث الشاب في ذلك الوقت من سنة ١٩٠٨ الدوق « موريس دي بروي » maurice de Broglie[1] الذي يعتبر الآن من أكبر علماء الأكاديمية الفرنسية عندما درس وتتبع بالميكرسكوب كرات من الدخان أو الأتربة المعدنية المكهربة

* * *

أن يتحرك جسيم صلب موجود في سائل في إناء على منضدة ثابتة حركة تصادفية هي الحركة البراونية المعروفة التي كشفها « براون » وعرف العلماء أنها ناشئة عن تحرك جزيئات السائل، وأن يتخبط هذا الجسيم بين هذه الجزيئات تتقاذفه ذات اليمين وذات الشمال دون أن يكون ثمة قانون ينتظم كلا من هذه الصدمات، وأن يكون هناك من هذا التخبط الأعمى ومن جاذبية الأرض توزيع خاص شبيه بتوزيع الذرات الغازية في اتجاه رأسي وأن يكون من حساب التوزيع في الحالين سبيل لمعرفة قدر الجسيم الحائر بين بلايين جزيئات السائل وسبيل لمعرفة قدر الذرة بل قدر الألكترون — فإن ذلك كله لأمر له خطره وموضوع يقف بذاته دليلاً على صحة هذه الأقدار الغريبة عن مداركنا البعيدة عن حواسنا ، ولكن هذا التعيين يتركنا في نوع من الشك فيما وصلنا إليه من نتائج إذا ظلت الطريقة المتقدمة هي الطريقة الوحيدة لمعرفة هذه الأقدار . أما أن نصل إلى معرفتها بطريقة أخرى كطريقة مليكان التي شرحناها في مقالات سابقة[2] فإن هذا الاتفاق في النتائج بطريقتين لأتمت إحداهما بصلة إلى الأخرى ليقوم دليلاً قاطعاً على حقيقة وجود الذرات والألكترونات وبرهاناً ساطعاً على صحة أقدارها ، ولقد حدث هذا الاتفاق في النتائج بين أعمال « بيران » وأعمال « مليكان » على وجه يبعث على الاطمئنان

وعند ظني أن كليهما ازدادت ثقته بعمله عند ما طالع نشرات الآخر ، وثبت في يقينه أن هذا الذي توصل إليه يمثل بلا أدنى ريب حقيقة في الكون، وزادت بينته بأن عمله الفردي بعيد جد البعد عن أن يكون وليد المصادفة التي لا تمت لقوانين العالم في شيء

ومع ذلك فثمة ظواهر أخرى عديدة دلت هي أيضاً وبطريقة تختلف عن طريقتي « بيران » و « مليكان » على قدر الذرة وقدر الألكترون ، وعلى أن المادة هي المادة كما عرفها بيران وكما فهمها مليكان .



شكل (٢)

مثال من مسار ثلاثة من هذه الجسيمات الصلبة داخل السائل وهي الجسيمات الحائرة تحت الصدمات المستمرة لجزيئات (من تجارب « بيران »)

على أننا نذكر بعض هذه الظواهر الأخرى التي توصل بها علماء عديدون إلى كشف الذرة والألكترون ، وإلى تعيين أقدارها ، ففي دراسة لون السماء أو ميوعة الغازات أو نظام انتشار

(١) محاضر المجمع العلمي الفرنسي Comptes rendus ص ٦٢٤ ، ص ١٠١٠ سنة ١٩٠٨

(٢) أمكن لهذا العالم أن يقيس ما يحدث من تغيير في سرعة جسيمات زيتية تركها تهبط تحت تأثير الأرض وتصعد تحت تأثير المجال الكهربائي بين كفتي مكثف ، وقد أثبت أن التغيير في سرعة صعودها ناشئ عما تحمله الجسيمات من الكترونات حرة تعلق بها بحيث أنه بمعرفة المجال الكهربائي ومن حساب سرعة الجسيمات تمكن من أن يصل إلى معرفة شحنة = الألكترون ويثق بوجوده كوحدة في الوجود ، وقد شرحنا أعمال «مليكان» في ثلاث مقالات بالرسالة : الأولى «أنمروز مليكان» والألكترون العدد ٣٢٦ ص ١٩١٠ — ١٩١٣ — ٢ أكتوبر سنة ١٩٣٩ والثانية والثالثة بعنوان أرقام تتحدث وتنبئنا عن قصة الألكترون في العدد ٣٣٥ ص ٢٢٤٠ — ٢٢٤٢ بتاريخ ٤ ديسمبر سنة ١٩٣٩ والعدد ٣٣٦ ص ٢٢٧٥ — ٢٢٧٨ في ١١ ديسمبر سنة ١٩٣٩

الضوء فى الأرجون[1] ، بل فى تتبع طيف ما يسميه الطبيعيون بالجسم الأسود أو فى تكوين الهيليوم من العناصر المشعة، فى دراسة هذه الظواهر الخمسة ، المختلفة نشأة ، المتباينة طريقة ، وجد الباحثون كل بدوره سبيلاً آخر لتعيين عدد أفوجادرو[2] هذا العدد الذى يبلغ فى تجارب عديدة ٦٨ × ١٠^٢٢ وبالتالى وصل الباحثون إلى معرفة قدر الذرة وقدر الألكترون .

هذه أرقام تتحدث وفى حديثها الشائق دليل على وجود هذا العدد للذرات فى حجم معين ودليل على قدرها وقدر الألكترون بالدرجة التى قررها الباحثون

أجل . أن تكون السماء زرقاء صافية هذه الزرقة التى تراها والتى تعودتها العيون ، وأن يكون للغازات ميوعة تدل عليها النظرية السينيتيكية التى أشرنا إليها وأن ينتشر الضوء فى الأرجون بنظام خاص ، وأن يكون لطيف الجسم الأسود دلالة معينة ، وأن يكون للأجسام المشعة نظام فى إشعاعها فإن هذه مظاهر مختلفة ومرئيات متباينة ، ولكنها تدل جميعها على وجود الذرات بالحجم والوزن اللذين لها ، وتدل على عدد ما يوجد منها فى الغازات فى الحجم الواحد وتدل أيضاً على ما للألكترون من كيان

هذا الاتفاق فى النتائج وفى الرقم السابق الذى يتعدى كل خيال يحمل الإنسان المفكر على أن ينتهى إلى نتيجة حتمية هى أن ما عرفناه عن الذرة وعن وليدها الألكترون أمر لا شك فيه

ولا نستعرض هنا هذه الموضوعات كلا على حدة ، فالقارئ الذى يعرف منذ حداثته أن السماء زرقاء وليست بخضراء ، وأنها زرقاء هذه الزرقة المعينة أود أن يعرف أن لذلك علاقة بقدر الذرة وأن ثمة سبباً فى هذه الزرقة عند الإنسان المفكر يتوسل بها إلى النتائج ذاتها التى وصل إليها أمثال « مليكان » و « بيران » . إنما نقصد أن ندفع بالقارئ إلى إيمان علمى بهذه الحقائق التى نود أن تحل عنده محل الإعجاب والاحترام

إلى هنا انتهينا من قصة الذرات وأسطورة الألكترونات وهى مكونات المادة التى منها نوجد وعليها نعيش وإليها نعود ، وليس الألكترون بالساكن الوحيد فى هذا الكون فثمة كائنات أخرى تختلف عنه ، ودورها فى الخليقة يختلف عن دوره ، وإذا كنت عند ما تستمع إلى الإذاعة بواسطة المذياع (الراديو) أو عند ما تحادث فى المسرة (التليفون) صديقاً لك قد استخدمت الألكترون واسطة جدية للاستماع أو التكلم، فكذلك لا يفوتك وأنت تطالع هذه السطور أن تفكر فى أنك رأيتها قبل أن تطالعها ولا تنس أنه لكى تراها لا بد أن تكون هناك مكونات أخرى فى الكون مشلت فى طريق بصرك ووصلت إلى العين ، وهى التى بوجودها وما اعتراها من حركة استطعت أن ترى هذه الأسطر وتقرأها ، فاتصل تفكيرك بتفكيرى وبجهودك بجهودى ؛ وثمة موجودات هامة لعبت دوراً خطيراً ، وبلغت العين ، ومن العين إلى الرأس وعاونتك فى مطالعة هذا الحديث مطالعة يستطيعها كل من وهب هذه العيون

هذا الشعاع الضوئى ، هذا الذى يقررون أنه مركب من فوتونات Photons كما يقال عن الكهرباء إنها مكونة من الكترونات هو بدوره مكون هام من مكونات الكون ، هذا الفوتون الذى يسافر من الشمس إليك فى ثمان دقائق ، نريد أن نحدثك عنه وعن غيره من المكونات، حتى لا نكون قد وصفنا قصراً عظيما له حديقة هى مثار الأحاديث ، ولكن فاتنا عند وصفنا إياه أن نذكر أن للقصر حديقة

هذه المكونات الأخرى سنعمد أن يكون لنا مع القارئ حديث عنها أو اثنان قبل أن نتناول موضوعات النسبية والكم Quanta والتفتت ، وهى الموضوعات الرئيسية الثلاثة التى نقصد من ورائها أن يكون لدى القارئ أقرب صورة للكون وأن يعرف أحدث الآراء عنه

محمد محمود غالى
دكتوراه الدولة فى العلوم الطبيعية من (السوربون)
ليسانس العلوم التعليمية . ليسانس العلوم الحرة . دبلوم الهندسخانة

(١) الأرجون L'argon أحد الغازات الموجودة فى الهواء وقد كشفه لأول مرة العالمان الانجليزيان اللورد رالييه Lord Reyleigh ورامزى Ramsay ، ولقد كان كشفه نتيجة لمقارنة قام بها هذان العالمان فى سنة ١٨٩٣ لكثافة غاز الآزوت عندما يستخرج من الهواء أو عندما يحصل عليه من مواد أزوتية أخرى .

(٢) سبق أن أشرنا أن هذا العدد هو ما فى الوزن الجزيئى Molcule Gramme من ذرات أى عدد الذرات الموجودة فى ٢٢٫٤ لتراً من أى غاز وهو عدد ثابت ، ولقد كانت النتائج الخاصة بهذا العدد كالآتى :

٦٥ × ١٠^٢٢ بطريقة دراسة زرقة السماء

٦٢ × ١٠^٢٢ بطريقة ميوعة السوائل

٦٩ × ١٠^٢٢ بطريقة انتشار الضوء فى الأرجون

٦١ × ١٠^٢٣ بطريقة طيف الجسم الأسود

٦٦ × ١٠^٢٢ بطريقة تكون الهيليوم

ويلاحظ أن « بيران » وجد أن عدد « أفوجاد » يساوى ٦٨ × ١٠^٢٢ بطريقة دراسة نظام توزيع الجسيمات الرأمى فى السوائل ، ٦٦ × ١٠^٢٢ بدراسة الحركة البراونية