

نسبة عدد الجسيمات	الارتفاع الموجودة عنده الجسيمات محسوبا من قاع الاناء ومقدراً بالميكرون (الميكرون $\frac{1}{1000}$ من المليمتر)
١٠٠	٥
٤٧	٣٥
٢٢٢٦	٦٥
١٢	٩٥



أرقام تتحدث وتنبئنا عن أسرار الكون

للدكتور محمد محمود غالى

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

استغرقت تجارب « بيران » مقالين ولم تنمها بعد ، وفي هذه
الأسطر نحاول أن ننتهي من أسطوره الخالدة ، لهذا ترك
القطرات لتتكلم على صميم عمله التجريبي

في آنية صغيرة بها سائل يبلغ ما يعيننا فيها من ارتفاع $\frac{1}{10}$
المليمتر أجريت كل تجارب « بيران » الذى ترك فيها عدداً
كبيراً من الكرات الصمغية الصغيرة التى يبلغ قطرها كراتاً
من الميكرون (الميكرون $\frac{1}{1000}$ من المليمتر) ، ودرس هذا العالم
النظام الذى تتوزع بمقتضاه هذه الكرات في المسائل ، وكان
عليه أن يرى بعد فترة من الزمن ، تتنازع خلالها هذه الجسيمات
عوامل مختلفة^(١) ، هل كان ينتج من ذلك توزيع شبيه بتوزيع
الذرات الغازية ، وقد وجد « بيران » بالفعل هذا النوع من التوزيع
الذى يتبع متوالية هندسية^(٢) ، وللقارى نورد مثلاً للحالة
التي توزعت بها كرات صمغية Gomme Gutte من التى نصف
قطرها ٠.٢١٢ من الميكرون كما لاحظها « بيران »

(١) من هذه العوامل الأرض تجذب الجسيمات إلى قاع الآنية والحركة
البراونية الناتجة من حركة جزيئات السائل تدفع بالجسيمات في كل اتجاه
(٢) المتوالية الهندسية هي سلسلة من الأعداد في ترتيب معين ، بحيث
أن أى عدد منها يساوى العدد السابق مضروباً في عدد ثابت يسمى الأساس
مثال ذلك ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٦ ، ٣٢ ، ٦٤ الخ حيث العدد ٢ هو أساس
المتوالية المتقدمة

ويلاحظ أنه بينما اختار « بيران » الارتفاعات المذكورة وهي :
٥ ، ٣٥ ، ٦٥ ، ٩٥ التى هي متوالية عددية^(١) فإن الجسيمات تبعت
في أعدادها ومن تلقاء نفسها الأعداد ١٠٠ ، ٤٧ ، ٢٢٢٦ ،
١٢ التى هي متوالية هندسية إذ يلاحظ أن هذه الأعداد تتساوى
تقريباً مع الأعداد ١٠٠ ، ٤٨ ، ٢٣ ، ١١ التى تكون متوالية
هندسية مضبوطة.

وفي المثال الآتى يرى القارى كيف توزعت كرات أخرى
grains de mastic أكبر من الأولى ويبلغ قطرها ٠.٥٢ من
الميكرون أى حوالى $\frac{1}{1000}$ من المليمتر ، وقد أمكن عد هذه
الجسيمات بطريقة فوتوغرافية بتصويرها في أربعة مستويات يرتفع
الواحد منها عن الآخر بمقدار ٦ ميكرون أى $\frac{1}{1000}$ من المليمتر
وقد وجد « بيران » أن عدد الجسيمات عند هذه المستويات
الأربعة كالآتى :

١٨٨٠ ، ٩٤٠ ، ٥٣٠ ، ٣٠٥

ويرى القارى أنها مقادير قريبة جداً من الأعداد :

١٨٨٠ ، ٩٤٥ ، ٥٢٨ ، ٢٨٠

التي تكون متوالية هندسية .

هذا توافق واضح في الأعداد ، ولكن هل أدى هذا إلى
أن يصل « بيران » إلى عدد « أفوجادرو » الذى ينتظره فصرف
عدد ما فى الوزن الجزيئى من الذرات ؟ هذا ما نتناوله الآن فنبحث
ما تدر عليه الأرقام فى المثال الأخير : عند ما ترتفع بين طبقات
الإناء مسافة قدرها $\frac{1}{1000}$ من المليمتر نلاحظ أن عدد الجسيمات

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

هذه الحالات المختلفة لقوانين ذاتها والأقدار الذرية ذاتها ، وكان ذلك بلا ريب فوزاً علمياً كبيراً يذكره له التاريخ ذلك كانت السبيل عند « بيران » Jean Perrin ليتمرف على قدر الذرة من دراسة توزيع رأسى لجسيمات صلبة دخلت في الماء أو في أى سائل ، وشاء لها القدر أن تتجاوزها جزيئات السائل فتنتج بفعل ذلك ، وفعل جاذبية الأرض التوزيع الذى ذكرناه ، وتجترى الحديث ، فلا نشرح للقارى من عمل « بيران » الجزء الخاص بالحركة البراونية بالذات ، فقد عين أيضاً عدد أفوجادرو ، كما عين شحنة الإلكترون من دراسة دقيقة قام بها على مسارات الجسيمات كل على حدة داخل السائل ، ويكفى أن نذكر أنه بدراسة مستفيضة على الحركة البراونية ذاتها وتطبيق لقوانين أينشتاين الخاصة بها تمكن من طريق جديد للوصول إلى هذه الأقدار الذرية والألكترونية^(١).



شكل (١)

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

ولا يمكن في عمالة كالتى نحاولها أن نعطى للقارى صورة دقيقة لما قام به أينشتاين^(٢) في سنة ١٩٠٥ من الناحية النظرية وما قام به بيران في سنة ١٩٠٨^(٣) من الناحية العملية في هذا الصدد ، وكل ما يبنى القارى أن يعرفه هو أن الأول قد استطاع

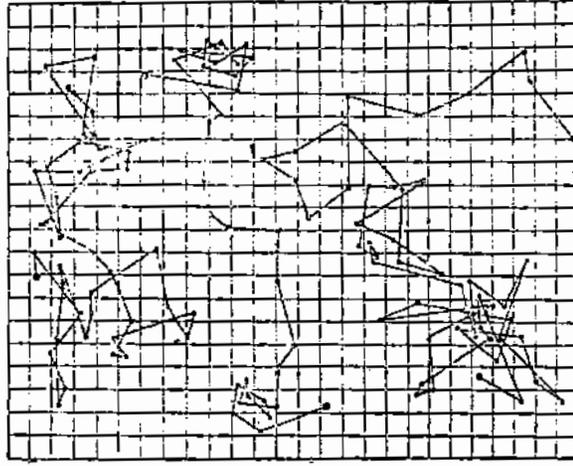
(١) يجد القارى شرحاً وافياً لهذه القوانين في الفصل السابع لكتاب الأتوم لجان بيران من ٢٣٣ الطابع السكالك باريس
(٢) المجموعة الطبيعية Ann. d. Phys الجزء ١٧ ص ٤٩٩ سنة ١٩٠٥ والجزء ١٩ ص ٢٧١ سنة ١٩٠٦ والجزء ٢٢ ص ٥٦٩ سنة ١٩٠٧
(٢) محاضر الجمع العلمى الفرنسى Comptes rendus من ٩٦٧ سنة ١٩٠٨ ، ص ٤٢٥ ، ٤٣٠ ، ٥٩٤ سنة ١٩١١

ينخفض إلى النصف ، على أننا نعلم من تجارب أخرى في الضغط الجوى أنه لى نحصل على مثل هذا الانخفاض في عدد الذرات الهوائية يجب أن ترتفع في طبقات الجو إلى ارتفاع ستة كيلو مترات أى إلى مسافة تبلغ الألف مليون (مليار) مرة قدر الارتفاع للسابق ، وعلى ذلك فإن وزن جزيء من الهواء يبلغ الواحد على ألف من المليون من وزن إحدى الجسيمات الصمغية المشار إليها^(١) 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 للذرة الهيدروجين يتفق مع الرقم ذاته الذى أمكن العلماء الحصول عليه من باب آخر يختلف في موضوعه عن تجارب « بيران » ، وهذا ما حدث بالذات عند ما قارن هذا العالم وزن الذرة الذى توصل إليه بوزنها الذى عرفه العلماء من النظرية السيذنيكية

وندى للقارى 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 الجسيمات حتى جعل حجم بعضها يبلغ الخمسين مرة حجم الأخرى ، ولم يكتف بذلك بل غير طبيعة^(٢) هذه الجسيمات ، ثم عمد إلى تغيير السائل^(٣) 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 في الحالة الأخيرة على صعود الكرات بدل سقوطها ، بعد ذلك غير حرارة^(٤) السائل من درجة (- ٩) إلى درجة (٦٠) مئوية ، ومع كل ذلك وجد « بيران » ومدرسه طوال

(١) ذكرنا في المقالين السابقين الملائق الرياضى التى تؤدي إلى هذه النتيجة
(٢) لقد ساعد « دابرسكى » « بيران » في هذه التجارب الخاصة بتغيير طبيعة الكرة
(٣) كان تايلر بيجرام من ساعدوا « بيران » في التجارب الخاصة بتغيير السائل
(٤) وكان لباحث بريا Bruhat وهو الآن العالم المروف بأبحاثه ومؤلفاته المديدة، دور هام في مساعدة « بيران » على القيام بهذه التجارب

إحداها بصلة إلى الأخرى ليقوم دليلاً قاطعاً على حقيقة وجود
الذرات والالكترونات 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 يعيد جد
البعد عن أن يكون وليد المصادفة التي لا تمت لقوانين العالم في شيء
ومع ذلك فتمتة ظواهر أخرى عديدة دلت هي أيضاً وبطريقة
تختلف عن طريقي « بيران » و « مليكان » على قدر الذرة وقدر
الالكترون ، 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 والالكترون ، وإلى تعيين
أقدارها ، في دراسة لون السماء أو ميوعة الغازات أو نظام انتشار

الالكترون ويق بوجوده كوحدة في الوجود ، وقد شرحنا أعمال
«مليكان» في ثلاث مقالات بالرسالة : الأولى «أنروز مليكان» والالكترون
العدد ٣٢٦ من ١٩١٠ — ١٩١٣ — ٢ أكتوبر سنة ١٩٣٩
والثانية والثالثة بعنوان أرقام تتحدث وتنبأنا من قصة الالكترون في العدد
٣٣٥ من ٢٢٤٠ — ٢٢٤٢ بتاريخ ٤ ديسمبر سنة ١٩٣٩ والعدد
٣٣٦ من ٢٢٧٥ — ٢٢٧٨ في ١١ ديسمبر سنة ١٩٣٩

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 (٢٦٨٢ × 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 الالكترون ، وهذا
ما قام به أيضاً الباحث الشاب في ذلك الوقت من سنة ١٩٠٨
الدوق « موريس دي بروي » Maurice de Broglie^(١) الذي
يعتبر الآن من أكبر علماء الأكاديمية الفرنسية عندما درس وتبع
بالميكروسكوب كرات من الدخان أو الأتربة المدنية 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 المي
وذاوات الشمال دون أن يكون ثمة قانون ينتظم كلام من هذه الصدمات ،
وأن يكون هناك من هذا التخبط الأعمى ومن جاذبية الأرض
توزيع خاص شبيه بتوزيع الذرات الغازية في اتجاه رأسى وأن يكون
من حساب التوزيع في الحالين سبيل لمعرفة قدر الجسيم الحائر بين
بلايين جزيئات السائل وسبيل لمعرفة قدر الذرة بل قدر الالكترون—
فإن ذلك كله لأمر له خطره وموضوع يقف بذاته دليلاً على صحة هذه
الأقدار التريبية 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^(٢) فإن هذا الاتفاق في النتائج بطريقتين لأتمت

(١) محاضر المجيم الملى الفرنسى Comptes rendus من ٦٢٤ ،

من 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 الكهربائى
بين كفتي مكثف ، وقد أثبت أن التغيير في سرعة صعودها ناشى عما تحمله
الجسيمات من الكترونات حرة تعلق بها بحيث أنه بمجرد معرفة المجال الكهربائى
ومن حساب سرعة الجسيمات يمكن من أن يصل إلى معرفة شحنة =

ولا نستعرض هنا هذه الموضوعات كلها على حدة ، فالقارى الذى يعرف منذ حداثة أن السماء زرقاء وليست بخضراء ، وأنها زرقاء هذه الزرقة المميّنة أود أن يعرف أن لذلك علاقة بقدر الذرة وأن ثمة سبباً في هذه الزرقة عند الإنسان المفكر يتوسل بها إلى النتائج ذاتها التي وصل إليها أمثال « مليكان » و « بيران » . إنما نقصد أن ندفع بالقارى إلى إيمان علمي بهذه الحقائق التي نود أن نحمل عنده محل الإعجاب والاحترام

إلى هنا انتهينا من قصة الذرات وأسطورة الألكترونات وهي مكونات المادة التي منها نوجد وعليها نعيش وإليها نعود ، وليس الألكترون بالسأكن الوحيد في هذا الكون فثمة كائنات أخرى تختلف عنه ، ودورها في الخليقة يختلف عن دوره ، وإذا كنت عند ما تستمع إلى الإذاعة بواسطة المذياع (الراديو) أو عندما تحدث في المسرة (التليفون) صديقاً لك قد استخدمت الألكترون واسطة جديدة للاستماع أو التكلم ، فكذلك لا يفوتك وأنت تطالع هذه المصطلحات أن تفكر في أنك رأيتها قبل أن تطالعها ولا تنس أنه لكي تراها لا بد أن تكون هناك مكونات أخرى في الكون مثلت في طريق بصرك ووصلت إلى العين ، وهي التي بوجودها وما اعترافها من حركة استطعت أن ترى هذه الأسطر وتقرأها ، فانصل تفكيرك بتفكيرى ومجهدك بمجهودى ؛ وثمة موجودات هامة لعبت دوراً خطيراً ، وبلت العين ، ومن العين إلى الرأس وعادتك في مطالعة هذا الحديث مطالعة يستطيعها كل من وُهب هذه العيون

هذا الشعاع الضوئى ، هذا الذى يقررون أنه مركب من فوتونات Photons كما يقال عن الكهرباء إنها مكونة من الككترونات هو بدوره مكون هام من مكونات الكون ، هذا الفوتون الذى يسافر من الشمس إليك في ثمان دقائق ، تريد أن تحدثك عنه وعن غيره من المكونات ، حتى لا نكون قد وصفنا قصراً عظيماً له حديقة هي مثار الأحاديث ، ولكن فانتنا عند وصفنا إياه أن نذكر أن للقصر حديقة

هذه المكونات الأخرى سنعتمد أن يكون لنا مع القارى حديث عنها أو اثنان قبل أن نتناول موضوعات النسبية والكم Quanta والتفتت ، وهي الموضوعات الرئيسية الثلاثة التي نقصد من ورأها أن يكون لدى القارى أقرب صورة للكون وأن يعرف أحدث الآراء عنه

محمد محمود غالى

دكتوراه الدولة في العلوم الطبيعية من (السوريون)
ليسانس العلوم التعليمية ، ليسانس العلوم الطبية ، دبلوم الهندسة

الضوء في الأرجون^(١) ، بل في تتبع طيف ما يسميه الطبيعيون بالجسم الأسود أو في تكوين الميبيوم من العناصر المشعة ، في دراسة هذه الظواهر الخسمة ، المختلفة نشأة ، المتباينة طريقة ، وجد الباحثون كل بدوره سبيلاً آخر لتعيين عدد أفوجادرو^(٢) هذا العدد الذى يبلغ في تجارب عديدة 6.8×10^{23} وبالتالي وصل الباحثون إلى معرفة قدر الذرة وقدر الألكترون .

هذه أرقام تتحدث وفي حديثها الشائق دليل على وجود هذا العدد للذرات في حجم معين ودليل على قدرها وقدر الألكترون بالدرجة التي قررها الباحثون

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

هذا الاتفاق في النتائج وفي الرقم السابق الذى يتعدى كل خيال يحمل الإنسان المفكر على أن ينتهى إلى نتيجة حتمية هي أن ما عرفناه من الذرة وعن وليدها الألكترون أمر لا شك فيه

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

(٢) سبق أن أشرنا أن هذا العدد هو ما في الوزن الجزيئى Molecule Gramme من ذرات أى عدد الذرات الموجودة في ٢٢.٤ لتر من أى غاز وهو عدد ثابت ، ولقد كانت النتائج الخاصة بهذا العدد كالآتي :

6.5×10^{23} بطريقة دراسة زرقة السماء ،

6.2×10^{23} بطريقة ميوعة السوائل

6.9×10^{23} بطريقة انتشار الضوء في الأرجون

6.1×10^{23} بطريقة طيف الجسم الأسود

6.6×10^{23} بطريقة تكوين الميبيوم

ويلاحظ أن « بيران » وجد أن عدد « أفوجاد » يساوى 6.8×10^{23}

بطريقة دراسة نظام توزيع الجسيمات الرأسي في السوائل ، 6.6×10^{23}
بطريقة الحركة البراونية