أندروز مليكان والألكترون

للدكتور محمد محمود غالى

الرياضى هلبرت بين نظرياته والطبيعي مليكان فى معمله — كيف حصل مليكان على جسيمات صغيرة من الزيت ، وجعلها تصعد وتهبط وتقف وفق إرادته — وصف جهاز مليكان — كيف شاهد مليكان هذه الجسيمات فى غرفة يبلغ ارتفاعها ١٦ ملليمترا — كيف تحقق من حمل هذه الجسيمات لعدد من الألكترونات .

منذ أربعين سنة فى سنة ١٨٩٩ قاد الفكر أحد الذين يتابعون الدرس ويواصلون العمل ، الرياضى هلبرت Hilbert إلى فكرة جديدة وباب لم يطرقه أحد من قبل ، ذلك أنه كوّن نوعاً جديداً من التفكير الهندسى يخلق بنا أن نسميه هندسة هلبرت تختلف فى طريقتها عن الهندسة التى تبعناها منذ أقليدس Euclide وتختلف عن هندستى ريمان Reimann ولوباتشفسكى Lobatcheveski الحديثتين .

هذا العالم الألمانى هلبرت الذى ما زال فى اعتقادى حياً بين سكان الأرض فى جيتنجن Geottingen من أعمال ألمانيا لم تحصده قنابل المحاربين ، ولم يعبث بجسده غرض الفاتكين ، ويبلغ من العمر اليوم ٧٨ سنة وجد أسلوباً جديداً لتأسيس الهندسة الأقليدية التى تلقاها كل منا فى المدارس ، وغير الهندسة الأقليدية التى لم يتلقها إلا نفر قليل بعد التخرج فى الجامعات ، كما أثبت عدم تعارض الفروض فيهما ، ذلك أنه استعمل لبناء علمه الجديد ثلاثة عناصر Elements هى النقطة والخط والمستوى ، وخمسة معان Notions أو كلمات هى: التبعية appartenance ويُعبَّر عنها اصطلاحياً بموجودة على Situeé sur والترتيب Ordonnance والتساوى Egalité والتوازى Parallelisme والاستمرار Continuité ، واستطاع باستعمال هذه المعانى الخمسة فقط أن يقيم هندسته الكاملة ، وخرجت من هذه « العناصر » الثلاثة ، « والمعانى » الخمسة هندسة منسجمة نستطيع تتبعها والاقتناع بوجودها ، وقد تتبعها فى مصر فى العام الماضى كل الأعضاء الذين حضروا محادثات الرواق الرياضى الطبيعى[1] ، والذين قضى بعضهم نحبه خلال الحرب الفاتكة ، وهم من أصدقائنا الحميمين ، ونأسف لهذه الحوادث التى ترجع بالإنسان إلى الهمجية ، عندما حاول صديق الدكتور جاتينيو Gattegnio أن يتابع عرض هندسة هلبرت بين إخوانه من المصريين والأجانب الطبيعيين والرياضيين المقيمين فى مصر ، وهى رياضة صعبة نوعاً ما ويكفى لإدراك صعوبتها أن تعلم مثلاً أنك فى حاجة بادئ هذه الرياضة أن تثبت إمكان وضع نقطة على خط مستقيم ، وإنك لتستغرق بعض الوقت لإثبات ذلك الذى تظنه بديهياً .

ليست هندسة هلبرت الجديدة التى ما زالت تجد قليلاً من المطلعين هدفى فى هذه الكلمة ، وأعتقد أنها سوف لا تكون موضوع كلمة لى فى « الرسالة » فى الأعداد القادمة . فموضوعها صعب على القارئ ، وغايتها أصعب عليه ، إنما ذكرتها وأنا فى طريق شرح أعمال مليكان — رجل التجارب والمعامل — لأضع أمام القارئ مثالاً للتباين بين النظريات يتبعها المنطق والخيال فى أقصى

(١) سنتكلم عن هذا الرواق ومن أعضائه كما سنتكلم عن جماعة تبسيط المعارف في البريد الأدبي في ا[illegible]

درجاتهما، وبين العلوم التجريبية يتبعها التحقيق والمشاهدة في أقصى حدودها ، فبقدر ما في رياضة هلبرت غير المعروف لكثير من المطلعين من خيال وصعوبة بقدر ما في تجربة « مليكان » من تحقيق تجريبي وسهولة، تحقيق يبعد كل البعد عن التحايل اللفظي.

ليس إذن في قصة مليكان ما يدعو لإثبات مسائل تلتبس علينا مع البديهيات التي يقبلها الذهن ، إنما هي في الواقع سلسلة لمشاهدات علمية وتجارب طبيعية ، ولو صح لنا أن نتساءل عن تعريف ما نسميه تجارب طبيعية صحيحة « لقلنا إنها تلك التي تؤيد النتائج ذاتها بلغ تكرار هذه التجارب ما بلغ ... »

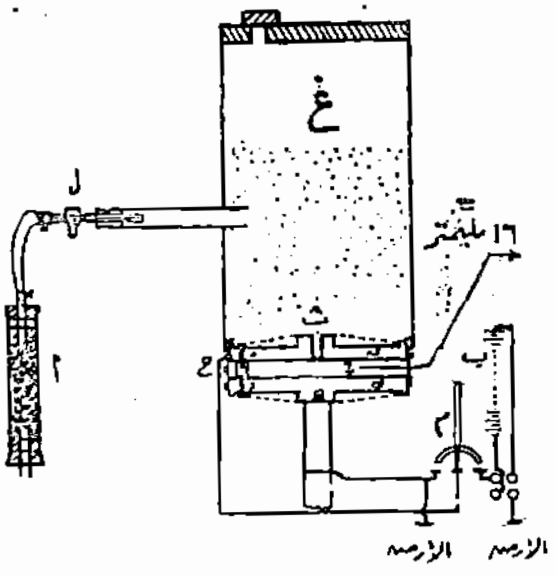
ونوجز تجربة مليكان التي قام بها سنة ١٩٠٩ في قياس شحنة الألكترون أصغر ما نعرفه أو نعيه من الموجودات ، وإثبات وجوده كجوهر فرد مستقل يلعب أكبر دور في الكون الذي نشعر بوجودنا فيه ، ومن العدل أن نذكر أنه قد تقدمت تجارب مليكان أبحاث علماء عديدين كان لهم الفضل الأول في تهيئة السبيل للقيام بهذه التجربة التي تعد من أعظم مفاخر العلم التجريبي في القرن الذي نعيش فيه ، وإذا لم نأت في هذا المقال على أسماء هؤلاء جميعاً، فإن تونسند Townsend من رجال معامل كافندش Cavandishe بكامبردج ، هو في الواقع أول من قام بتجارب فريدة لقياس شحنة الألكترون التي يرمز لها العلماء عادة بالحرف e

ونعود الآن لشرح عمل مليكان ، ولتسهيل الموضوع على القارئ نعمد إلى تقسيم عمله إلى قسمين رئيسيين : القسم الأول هو الذي نذكره اليوم ونصف فيه الجهاز الذي استنبطه والتجربة التي قام بها هذا العالم لقياس شحنة الألكترون بل لملاحظة جسيمات منعزلة لا تحمل أحياناً إلا إلكتروناً واحداً ، ولا نعرض في هذا القسم لنتائج هذه التجربة ولا نذكر كيف استنبط مليكان من تجربته شحنة الألكترون وحدة الكهرباء وأصغر الجسيمات التي نعرفها في الوجود ، وفي القسم الثاني وهو برنامج الأسبوع القادم نذكر الطريقة التي حسب بها مليكان شحنة الألكترون ونبين كيف من عملية القاسم المشترك الأعظم البسيطة التي تعلمناها كلنا في التعليم الابتدائي بيّن مليكان من تجاربه وسيلة لإثبات وجود الألكترون وحساب شحنته وإثبات تعلق إلكترون حر واحد ببعض هذه الجسيمات أثناء تجاربه العديدة

* * *

والآن نبدأ بشرح الوقائع الأولى وتفسير دخائل الجهاز الذي ابتدعه مليكان واستعان به للوصول لغايته

استعمل مليكان لمقارنة شحنة الجسيمات الصغيرة المختلفة الحاملة للكهرباء والذي يسميها العلماء « يونات » ions وشحنة الألكترون رشاشة أي « بخاخة[1] » ل Pulvérisateur تبخ غيوماً من الزيت في غرفة عليا نرمز لها بالحرف غ كما يرى القارئ في الشكل



كيف فصل العالم مليكان الكترونا حراً واحداً ؛ فحصل على أصغر للموجودات ، وقاس شحنته الكهربائية

وينقى الهواء قبل إطلاقه ووصوله للرشاشة بمروره في أنبوبة تحتوي على قطن مندوف، وينشر هذا الرذاذ الرفيع من الزيت الذي يبلغ قطر معظمه $\frac{٢}{١٠٠٠}$ من المليمتر في الغرفة المتقدمة ويبدأ تساقطه غيوماً

(١) الفعل بغ يبغ ويصح استعمال اسم الفاعل باغ أو مبغة أو مبغار من نثر الشيء كنثار من نثره كذلك يمكن استعمال رشاشة لكلمة Pulvérisateur او Evaporisateur إلخ

كالضباب الذى نصادفه فى الشتاء صباحاً جوار النيل أو الأراضى الزراعية . ويحدث من جراء هذه العملية الأولى أنه يتصادف من وقت إلى آخر مرور واحدة من هذه الجسيمات الزيتية الصغيرة من الثقب الصغير الموجود فى مركز قرص من النحاس قطره ٢٢ سنتيمترا موجود فى أسفل هذه الغرفة، وتكون إحدى كفتى مكثف كهربائى يتكون من كفتين بينهما الهواء ، كفة عليا (ه) هى هذا القرص والثانية كفة سفلى (ك) وهذه الكفة الثانية مثبتة بالكفة الأولى بواسطة ثلاثة أعمدة من الأبانوس (د) وهو مادة عازلة كهربائيا، وهذه الكفة محمولة على بعد ١٦ ملليمتراً من الأخرى وفى هذه الغرفة الثانية المحصورة بين هاتين الكفتين والتى لا يرتفع سقفها عن أرضها إلا بمقدار ١٦ ملليمتراً ، شاهد مليكان هذه الجسيمات الصغيرة من الزيت التى يتصادف مرورها من الثقب ، والتى أثبت هذا العالم كما سيرى القارىء فى المقال القادم أن بعضها كان يحمل الكترونا واحداً. وتتصل هاتان الكفتان بمفتاح (م) يتصل ببطاريات كهربائية (ب) تبلغ القوة الدافعة الكهربائية بين طرفيها عشرة آلاف فولت وذلك لإيجاد مجال كهربائى قوى ، ومتغير بين الكفتين

ويُتمم هذا الجهاز أجهزة ضوئية أخرى تكوّن خارجه حزمة من الضوء شديدة تمرُّ من نوافذ أو بالأحرى من ثقوب موجودة الواحدة منها تجاه الأخرى ومحفورة فى حلقات من الأبانوس (ح) موضوعة فى اتجاه الشخص الراصد . وتضىء هذه الحزمة الضوئية الجسيمات أو رذاذ الزيت الذى يتصادف مروره من الثقب (ث)، هذا الرذاذ الذى يصبح بمروره من هذا الباب عرضة للمشاهدة والاختبار

وقد أمكن لمليكان أن يرى هذه العوالم من ثقب ثالث صغير بواسطة الميكروسكوب الذى يلعب فى هذه التجربة دور الألترا ميكروسكوب ، وقد رتّب جهازه بحيث يقع الضوء على هذه الجسيمات من جهة ويراها هو من جهة أخرى عمودية عليها ، وهى الطريقة ذاتها التى نرى بها الكواكب السيارة فى الليل ، إذ يقع عليها ضوء الشمس من جهة تختلف عن التى نراها منها ، بل هى الطريقة التى نرى بها جسيمات من التراب الرفيع العالق بهواء غرفنا والذى تستنشقه رئاتنا طوال النهار ، عند ما تدخل أشعة الشمس من جهة غير الجهة التى نشاهد بها هذه الذرات الترابية التى تبدو لنا فى هذا الوضع مضيئة تحت أثر أشعة الشمس الساقطة عليها ، وهكذا كانت تظهر النقط الصغيرة التى يتصادف مرورها من الثقب (ث) كما يظهر نجم ساطع فى ظلام الليل الحالك

ولا يفوتنا أن نذكر أن هذه الجسيمات التى تمر من الثقب مكهربة ، وقد حدثت الكهرباء فيها من احتكاكها بعضها ببعض عند خروجها من الرشاشة التى حولت السائل بفعل الهواء إلى رذاذ أو ربما عند ظنى أثناء احتكاكها بذرات الهواء المنتشر فى الغرفة ، وثمة طريقة أخرى لكهربة هذا الرذاذ عند اقتضاء الحال وذلك بتسليط أشعة راديومية عليه بتقريب عنصر الراديوم المعروف من الجهاز ، بحيث تتصادم الجسيمات الراديومية المتناثرة من الراديوم المشع بهذا الرذاذ الرفيع فتعلق به جسيمات كهربائية سالبة كالألكترونات أو جسيمات كهربائية موجبة كالبوزيتونات

وتتلخص التجربة فى نشر رذاذ الزيت فى الغرفة العليا ، ثم انتظار مرور أفراد من هذا الرذاذ فى الغرفة الثانية أى بين كفتى المكثف ، ثم فى كهربة القرصين باستعمال المفتاح م كهربة موجبة فى إحدى الكفتين سالبة فى الأخرى، وذلك باستعمال البطاريات السالفة الذكر ، بحيث أنه بإدارة المفتاح إلى الجهة اليسرى مثلاً تتصل الكفتان وينعدم المجال الكهربائى ، وبإدارته إلى الجهة اليمنى يتولد مجال كهربائى يختلف وفق المقاومات الكهربائية التى فى طريقه تبع إرادة الراصد

وتتضح الكهرباء أو الشحنات الكهربائية الموجودة على هذا الرذاذ من أنه عندما توصل المفتاح الكهربائى ، ونجعل فارقاً فى الضغط الكهربائى بين الكفتين ، أى عندما نعمد على إيجاد مجال كهربائى قوى — فى الاتجاه المناسب — تنجذب هذه الجسيمات بسرعة نحو القرص ن مظهرة بذلك شحنتها الكهربائية

على أنه إذا أعدمنا المجال الكهربائى بتوصيل الكفتين ؛ فإن هذه الجسيمات من الرذاذ الزيتى تبدأ وقوعها رأسية تحت