أرقام تتحدث
وتنبئنا عن قصة الألكترون

للدكتور محمد محمود غالى

— ١ —

لم يتطرق إلى ذهنى أى وهن يمنعنى عن متابعة الكتابة لقارئ (الرسالة) الذى وعدته المرة بعد المرة بأني منبئه بقصة الوجود، مطلعه قدر المستطاع على حلقة التفكير الإنسانى فى أحدث صوره، مستعرض أمامه مبلغ ما وصل إليه من السمو، مطلعه على الطفرة التى بلغتها العلوم الطبيعية والذروة التى ارتقى إليها العلم التجريبى محدثه فى الأسباب التى دعت العلماء إلى الأخذ بفكرة معينة والإعراض عن أخرى. ولكن تطرق إلى جسمى نوع من الوصب ظننته بادئ الأمر وصباً داثماً، وحل بهذا التركيب الجسمانى مرض عاقنى عن الكتابة شهراً، اختل خلاله توازن الجسم ووصل الاختلال إلى العينين، فغير المرض فيهما معامل الانكسار ومنعنى هذا عن المطالعة وأبعدنى عن الكتابة. ولم تكن مقالاتي بالتى أستطيع أن أمليها على أحد، فأستطيع الاستمرار فى الكتابة، إنما كان من الضرورى مراجعة بعض المصنفات والاطلاع على بعض الجداول، نتاج البحث التجريبى وعماد الفلسفة الحديثة. وكان من اللازم تصفح عدد من النشرات العلمية لأستطيع أن أكوّن للقارئ هيكل موضوعاتى وأحدد معه بجمل مقصدى

وهكذا شاءت الظروف أن أحتجب عن الكتابة على غير إرادتى، وأبتعد عن القراء على غير رغبتى، ولكن الاختلال أخذ طريقه فى الزوال، والمرض بدأ يتضاءل، والعينين بدأتا عملهما كسابق عهدى بهما، فكان أول همى أن أتصل بالقارئ وأول أغراضى أن أتم له حديثى راكراً ذلك من حيث انتهينا آخر مرة

* * *

حدثنا القارئ عن الألكترون الوحدة المكونة للكهرباء، هذه الشخصية التى هى أصغر ما نعرفه فى المادة يعتبرها فريق من العلماء جسيما ضئيلاً ويعتبرها البعض الآخر اتحاداً بين جسيم صغير وموجة مستصحبة لها. ووصفنا التجارب الشهيرة التى قام بها مليكان فى خريف سنة ١٩٠٩ التي استطاع بها أن يقيس شحنة الألكترون، هذه التجارب التى فصل فيها هذا العالم جسيماً حاملاً إلكتروناً حراً واحداً، وقد وضعنا جهاز مليكان وشكله فى مقال سابق، ويتكون من بخّاخة Pulverisateur تنشر رذاذاً رقيماً من الزيت فى غرفة عليا يسقط فيها هذا الرذاذ ويمر بعد سقوطه فى غرفة سفلى فضاؤها صغير يبلغ ارتفاعه ١٥ ملليمتراً وواقع بين كفتى مكثف كهربائى. هذا الرذاذ مكهرب بسبب احتكاك جسيماته بعضها ببعض بحيث أن كل جسيم منه يحمل فريقاً من الشحنات الكهربائية بعضها سالب وبعضها موجب، ويمكن كهربة هذه الجسيمات بتسليط أشعة راديومية عليها تخترق الغرفة التى تحويها فتُكسب هذه الجسيمات شحنات كهربائية، وتُرى هذه الجسيمات الميكرسكوبية بتسليط حزمة ضوئية عليها بشرط أن نراها فى اتجاه عمودى على مسار الحزمة؛ عندئذ تبدو كالكواكب اللامعة فى فضاء الغرفة الصغيرة

ولا يجوز أن يختلط الأمر على القارئ فيظن أن هذه الجسيمات المتناهية فى الصغر هى الألكترونات التى نتحدث عنها ويعتقد بهذا أن مليكان رأى الألكترون، والواقع أن هذه الجسيمات مهما صغرت كبيرة بنسبة الألكترون، فهى عليها كالإنسان على الأرض أو كمخلوق على كوكب المريخ — إننا نستطيع فى الليل أن نرى المريخ يتنقل فى أبراجه السماوية ونتحقق بالمنظار من دورانه حول نفسه، ودورانه حول الشمس، ونرى ما يحيط به من سحب وما يعلوه من جبال ويكتنفه من هضاب ووديان، ولكننا لا نستطيع بما أوتينا اليوم من علم أن نرى رأى العين ... يعيش عليه من حيوان أو نبات — كذلك الحال

فى تجارب مليكان . رأى جسيماً يحمل الكترونا أو بضعة الكترونات أو عدداً عديداً منها ، وكان على ثقة فى كل حالة من وجود الألكترونات على هذا الجسيم المضيء السابح فى جو الغرفة الصغيرة كما يسبح المريخ حول الشمس وكما تسبح هذه فى المجرة وكما تسبح المجرة فى الكون المحدود، ولكنه لم ير الألكترونات بذاتها على أنى أزيد القارئ شرحاً: لو أننا استطعنا يوماً أن نتحقق من وجود مخلوقات فى المريخ فلا يتحتم أن نرى هذه المخلوقات لنعرف عددها ، ثمة وسائل أخرى يصح أن نجيل فيها النظر فإنه يكفى أن تتبادل هذه المخلوقات معنا رسائل مفهومة يستطيع هؤلاء فيها أن يوافونا بإحصاء عن عددهم ، عند ذلك نقول : إن المريخ يسكنه كذا من المخلوقات الأذكياء دون أن نكون فى حاجة لنرى أياً منهم

كذلك كان الحال فى تجارب مليكان الخالدة التى يجذبنى هيكلها الرائع منذ تجولت فيه بالمطالعة والدرس والذى أبسّطه للقارئ قدر المستطاع — كان فى استطاعته أن يرى الجسيم الزيتى المتناهى فى الصغر، وكان يعرف عدد ما يحمله من الكترونات وهى جسيمات أصغر من الرذاذ المادى كما أن المخلوقات الفرضية فى المريخ أصغر بكثير من الكوكب الحامل لها وكان مليكان يعرف عدد ما يحمله الجسيم المضاء من الألكترونات كما نستطيع أن نعرف عدد ما تحمله الأرض من مخلوقات بشرية ، وليس ثمة فارق بين معرفتنا هذه ومعرفة مليكان إلا أننا لا نستطيع أن نعرف على وجه التدقيق عدد الأحياء من البشر فى لحظة معينة ، وتواجهنا فى ذلك مصاعب يتفق القارئ معنا فيها ، منها أننا لم نكتشف الأرض كلها ومنها أننا لا نستطيع فى بعض الشعوب الاعتماد على وسائل الإحصاء الصحيحة، بينما نستطيع أن نعرف على وجه التحقيق عدد المخلوقات الألكترونية التى يحملها كل جسيم، ولم يتطرق إلى ذلك أى خطأ

كيف تسنى لمليكان التحقق من وجود هذه الشخصيات التى لا ترى ، هذه المكونات الأولى للخليقة ؟ — كيف استوثق من عددها ؟ — أمور أحدث عنها القارئ فى الأسطر الآتية واحتاج فى ذلك إلى بعض الشرح

* * *

فى باريس محال للبيع يسمونها Unis Prix أى « أثمان موحدة » تشبهها فى لندن محلات اسمها « ولورث » Wolworth تدخل إليها فتجد فيها كل شيء ، تجد جميع الأصناف من المأكولات فتجد الشكولاته كما تجد علب الأناناس والفواكه المحفوظة ، كذلك ترى أطباقاً ساخنة للأكل تغنيك وأنت فى عجلة عن الغداء أو العشاء يسمونها « طبق اليوم » وترى أطباقاً باردة تقوم مقام « الساندوتش » وترى الأنواع المختلفة من لعب الأطفال أو أدوات النجارة والبرادة ، وفى هذه المحلات توجد الملابس بجانبها الأدوات الكهربائية من مصابيح إلى أجراس وخلافه، وتوجد الأقمشة والأحذية بأنواعها؛ وتوجد أدوات الزينة للسيدات وأدوات الحلاقة للرجال ، كل ما يمورنا نجده فى هذه المحلات من أدوات الحديقة إلى أدوات الحمام من المأكل إلى المشرب إلى كل ما يطرأ على بالنا من الحاجيات ، وقد حددوا الأثمان فيها فجميع ما فيها يباع مثلاً بخمسة فرنكات أو بأعداد مضاعفات للخمسة مثل عشرة أو ١٥ أو ٢٥

ثمة غاية لنا من وصف هذه المحلات يراها القارئ فيما بعد ، ونكرر القول أن المعاملة فى مختلف أقسام هذه المحلات تجرى بخمسة الفرنكات أو أضعافها ، فإذا دخلها فى اليوم الواحد ألوف من الجمهور فإننا على ثقة بأن كل شخص اشترى بضاعته بخمسة فرنكات أو بعدد منها ، ثمة رجل اشترى بمبلغ ٢٠ فرنكاً وآخر بمبلغ ٣٥ وثالث بخمسة ورابع بمائة أو مائتين ولكنه لا يوجد متردد واحد اشترى بضاعة ثمنها ٣٧ فرنكاً أو ١٠٢ من الفرنكات لسبب واحد ، ولكنه سبب رئيسى ، ذلك أن هذه البضاعة غير موجودة ولا يجوز شراؤها بهذا الثمن

ولو أننا الآن عرضنا على أحد الطلبة المبتدئين فى الحساب الجدول الآتى من الأثمان المختلفة التى اشترى بها عدد من الجمهور الباريسى

١٠ ، ٣٥ ، ٤٥ ، ٥ ، ١٠٥ ، ٨٠ ، ٦٠ ، ٧٥ ، ٦٥ وسألناه عن العدد الذى يقسم كل هذه الأعداد لأجابنا على الفور ٥ ، ومعنى ذلك أن كل عدد من الأعداد السابقة يقبل القسمة على ٥ فالعدد الأول يحوى اثنين منها والثانى ٧ والثالث ٩ والرابع ١ والخامس ٢١ الخ

هذه المسألة البسيطة التى يسميها المعلمون فى المدارس القاسم المشترك الأعظم الذى هو ٥ فى المسألة السابقة ، كانت المسألة الوحيدة التى استنتج منها مليكان شحنة الألكترون وتثبت من وجود عدد الألكترونات الحرة المحمولة على كل جسيم كان ينظر إليه فى الغرفة الدقيقة السابقة. وإلى القارئ كيف حدث ذلك :

ترك العالم المعروف « مليكان » رذاذ الزيت يسقط فى الغرفة الأولى ، وتتبع بالميكرسكوب ما يمر من هذه الجسيمات الصغيرة فى الغرفة الثانية ، وكانت تسقط تحت تأثير جاذبية الأرض كما يسقط كل جسم عليها، وكان يراها كالكواكب تتألق ساقطة

جميعها من أعلى إلى أسفل بين كفتى المكثف المكون لسقف وأرض الغرفة الصغيرة الثانية ، وكان من الميسور باستعمال ساعة ثوان [1] أن يقيس الزمن الذى يمر على أحد هذه الجسيمات لتقطع مسافة معينة ، هى المسافة التى بين شعرتى عدسة الميكرسكوب ؛ مسافة تبلغ فى تجارب مليكان خمسة ملليمترات

على أنى ألفت نظر القارئ إلى أن كل جسيم يسقط فى الفضاء بعجلة معروفة أى أن سرعته تزداد كلما اقترب من الأرض بمعدل فى الزيادة معروف يسمونه « العجلة » ، بمعنى أننا لو تركنا كرة تسقط من أحد الأدوار العليا فى منزل مرتفع فإن سرعة هذه تزداد كلما اجتازت الكرة الأدوار التالية حتى تبلغ أقصاها عند اقترابها من الأرض : أمر آخر يدخل فى محل الاعتبار عند سقوط هذه الكرة ، ذلك أن للهواء كما لكل سائل مقاومة للأجسام التى تتحرك فيه ، وتزداد هذه المقاومة أيضاً كلما ازدادت السرعة بحيث تتعادل بعد فترة معينة هذه القوة المقاومة مع قوة جاذبية الأرض للكرة ، عند ذلك تسير الكرة بسرعة منتظمة لتعادل القوتين ، ويسمى العلماء هذه المنطقة « المنطقة ذات السرعة المنتظمة » Regime Uniforme ، ولقد كانت المنطقة المحددة بامتداد شعرتى الميكرسكوب والتى من هذه المناطق التى تسير فيها الجسيمات بسرعة منتظمة بالنسبة للجسيمات الكروية الصغيرة التى استعملها مليكان ، وقد أعطى « ستوكس » [2] و[3] Sir G. Stokes القانون الذى يمكن أن تحسب منه سرعة هذه الكرات من كتلتها أو بالعكس ، وهو معادلة تجد فى أحد طرفيها ثقل الكرة فى السائل وفى الطرف الثانى مقاومة السائل للكرة ويحوى هذا الطرف الثانى سرعة الكرة أيضاً

(١) تستعمل هذه الساعة عند ما يراد معرفة الزمن لأقرب ½ أو $\frac{1}{10}$ الثانية وتسمى بالانجليزية Stop-watch وبالفرنسية Montre-a-course وتستعمل فى سباق الخيل وقد استعملها مليكان فى تجاربه كما استعمل أيضا كرونوسكوب هيب Chronoscope de Hipp وهذا الأخير يقيس الواحد على ألف من الثانية

(٢) السير ج . ج ستوكس المنشورات الرياضية والطبيعية . كامبردج المجلد الثالث سنة ١٩٠١

(٣) ذكرنا معادلة ستوكس فى مقال سابق . ونذكر الذين يهتمون بهذه الناحية من العلوم الرياضية والطبيعية أن جولدستاين Goldstein عدل فى سنة ١٩٢٦ معادلة ستوكس بمعادلة تجد فى الطرف الثانى منها متوالية Serie تحوى هذه رينولدز Reynolds ، وهو عدد معروف عند الطبيعيين أنه ليس له حدود

راقب مليكان سرعة أحد هذه الجسيمات الساقطة والتناهية فى الصغر بملاحظة الوقت الذى يمر على الجسيم لكى يقطع المسافة بين شعرتى الميكرسكوب ، عند ذلك أوصل التيار الكهربائى بين كفتى المكثف ، وشاهد أن هذا الجسيم الساقط بدأ يرتفع فى جو الغرفة الضيقة المحدودة بكفتى المكثف — ذلك لأن الجسيم يحمل عدداً من الالكترونات كما قدمنا أى إنه مكهرب ، وطبيعى أن تجذبه الكفة العليا إليها ، لأنها مكهربة من نوع من الكهرباء يختلف عن الكهرباء الموجودة على الجسيم — عند ذلك قطع مليكان المجال الكهربائى الموجود بين الكفتين ، وفى هذه اللحظة ذاتها بدأ الجسيم فى السقوط مرة أخرى تحت تأثير المجال الأرضى ؛ فإذا أوصل التيار الكهربائى عاد الجسيم إلى الصعود وهكذا

وقد لاحظ مليكان أن الوقت الذى يسقط الجسيم فيه المدى الواقع بين الشعرتين واحد لا يتغير — إلا فى حدود الخطأ التجريبى — وأن الزمن الذى يمر لكى يصعد الجسيم فيه المدى عينه يتغير من وقت إلى آخر ، ويتخذ فترات مختلفة إلا أنها فترات تتكرر دائماً أو تتكرر مثيلاتها ؛ وهى كلها مضروبة فى عدد واحد يقسمها جميعاً ، بمعنى أن يسقط الجسيم مثلاً فى ١٣٫٦ من الثانية ولكنه يرتفع دائماً إما فى ١٢٫٥ ثانية أو ٢١٫٨ أو ٣٤٫٨ أو ٨٤٫٥ ، ومهما أعاد التجربة على الجسيم ذاته فإنه يسقط دائماً تحت تأثير المجال الأرضى فى ١٣٫٦ من الثوانى ، ولكنه يرتفع تحت تأثير مجال كهربائى ثابت فى عدد من الثوانى هو حاصل ضرب عدد معين يقسم الأعداد جميعاً

لم يكن هناك إلا فرض واحد لتفسير الحادث الواضح لحركة الجسيم فى المجال الأرضى وحركته فى المجال الكهربائى ، ذلك أن الجسيم يحمل باحتكاكه فى الهواء أو بالتأثير الراديوى فيه كميات كهربائية ذات شحنات مختلفة إلا أنها لا يمكن أن تختلف بعضها عن بعض إلا بقدر معلوم

(يتبع)

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

معهد التناسليات تأسيس الدكتور ماجنوس ليفى مقره فرع القاهرة بعيادة دقيقة فيها شفاء المرضى تحقيقاً ٥٢٥٧٨ يعالج جميع أمراض المسالك البولية والتناسلية والزهرية والجلدية للرجال والنساء . ويجرى الشباب وتشيخ المرأة . وتعالج بصفة خاصة : بعيادة الحاسة طبقاً لأحدث الطرق العلمية والعيادة من ١٠-١ و ٤-٦ . مع وجود نظام يمكن إعطاء نتائج بالرسائل للمتعذر حضورهم بسبب بعد المقاطعة بعد أن يجرى أعلى مجموعة الوسائل البكتريولوجية المختبرية على ١٤١ سؤالاً التى يمكن السؤال عليها تظهر نتيجة