

## ١- مراجعة تاريخية

١/١ المعارف البشرية

منذ أن أخرج الله آدم وزوجه من الجنة وأسكنهما الأرض كما جاء في الآية الكريمة رقم ٣٦ من سورة البقرة ﴿ فَأَزَلَّهُمَا الشَّيْطَانُ عَنْهَا فَأَخْرَجَهُمَا مِمَّا كَانَا فِيهِ وَقُلْنَا اهْبِطُوا بَعْضُكُمْ لِبَعْضٍ عَدُوٌّ وَلَكُمْ فِي الْأَرْضِ مُسْتَقَرٌّ وَمَتَاعٌ إِلَىٰ حِينٍ ﴾ ، منذ تلك البداية ، والإنسان يكافح . بدأ الكفاح قديماً بالفطرة ، ثم بالخبرة ، والآن بالخبرة والعلم معا . كافح الإنسان ، وما زال يكافح ، على ثلاث جبهات هي : صراع مع الطبيعة لتيسير معيشته ، وعداء مع بنى جنسه بسبب المنافسة ، وأخطار إغواء الشيطان .

استعان الإنسان في صراعه مع الطبيعة بالمشاهدة والمؤثرات التي تعتمد أساساً على الحواس ، والتجربة التي تعتمد على المهارة ، والاستنتاج الذي يعتمد على العقل . تبلور هذا حديثاً إلى صياغة وتطور علوم الفلسفة والرياضيات والطبيعة والكيمياء التي هي أسس العلوم الحديثة .

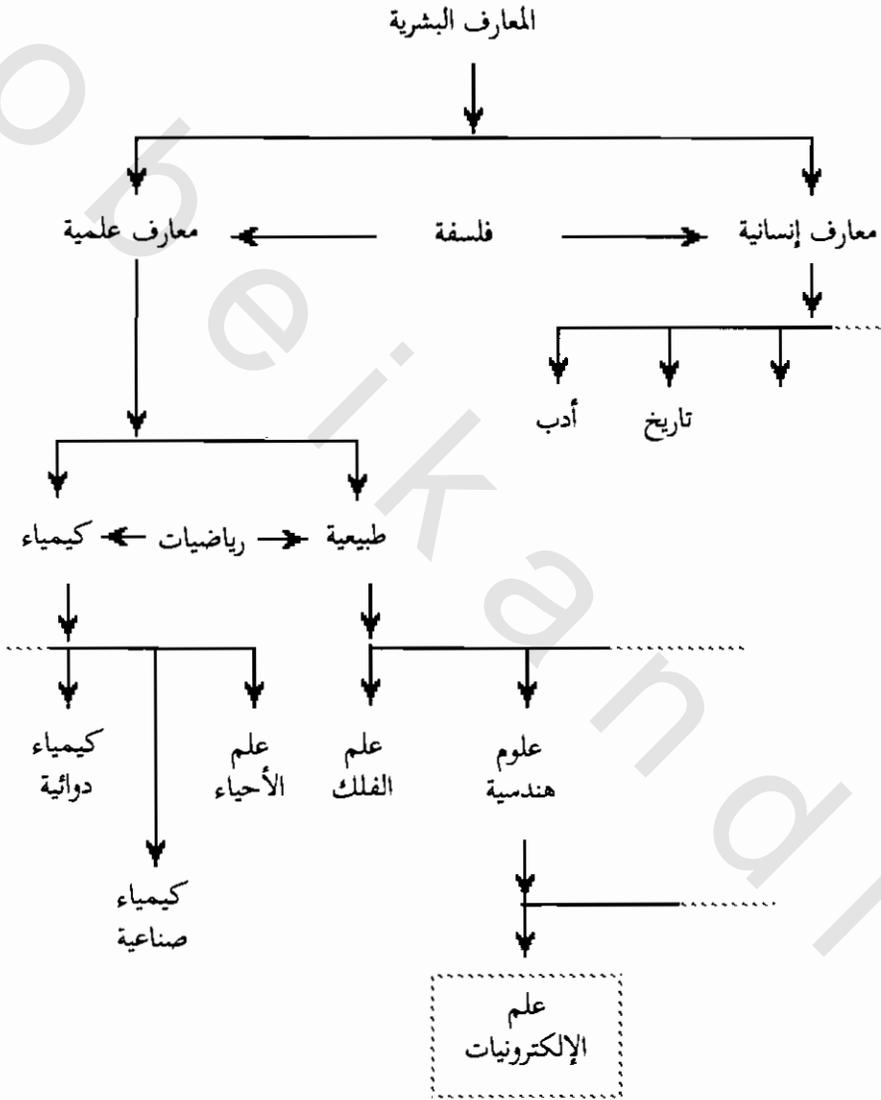
أدى عداء الإنسان مع بنى جنسه إلى حروب بدائية قديمة ، تطورت آلياتها مع الزمن والتقدم العلمي حتى وصلت إلى ما نراه اليوم من علوم ومعدات عسكرية حديثة .

كان لإغواء الشيطان أثره في انحراف المجتمعات وظهور الأنبياء والرسول لإصلاح المسارات . وما أنزل من كتب مقدسة ، وما لازمها من تفسيرات وأحاديث وغير ذلك ، يقع حالياً تحت مظلة العلوم الدينية .

لازم كل هذا تطورات في المعارف البشرية بقسميها الإنساني والعلمي على مدى السنين والقرون . تشمل المعارف الإنسانية اللغات والأدب والتاريخ وما شابه ذلك ، وتشمل المعارف العلمية الطبيعية والكيمياء بأفرعها المختلفة . وحلقة الربط بين المعارف الإنسانية والمعارف العلمية هي الفلسفة التي تعتبر من أقدم اهتمامات البشر والمغذية لباقي المعارف .

تختص العلوم الطبيعية بدراسة الكون ومكوناته كما هو قائم دون التعرض لتغيير المادة ، من أمثلة ذلك علم الفلك والعلوم الهندسية . تختص العلوم الكيميائية بدراسة تغيير المواد سواء تلقائياً مثل علم الأحياء ، أو بتدخل الإنسان مثل تحضير المركبات الكيميائية لأغراض الصناعة والدواء . وحلقة الربط بين العلوم الطبيعية والعلوم الكيميائية تتمثل في علم الرياضيات الذي يستعمل للتحليل والاستنتاج . علم

الإلكترونيات ، الذي نحن بصددده ، ينتمي إلى العلوم الطبيعية التي تنتمي إلى مجمل المعارف البشرية . يوضح الشكل (١-١) موقع علم الإلكترونيات على خريطة المعارف البشرية .



شكل (١-١) : علم الإلكترونيات على خريطة المعارف البشرية.

بدأ الإنسان نشاطه على الأرض بردود فعل فطرية لتلبية احتياجاته المباشرة والملحة كى يصمد فى الحياة فى مواجهة مناخ وتضاريس قاسية . ثم اكتشف لغة الحديث للاتصال بمن حوله ، ولغة الأرقام والرموز لتقييم ومقارنة ما يتداوله من ماديات . بدأت المعارف المسجلة مع الحضارات المؤرخة التي تابعت ابتداء من الحضارة المصرية القديمة حتى ٧٠٠ قبل الميلاد (ق.م) ، مرورا بالحضارة الإغريقية من ٧٠٠ - ١٠٠ ق.م ، ثم

٢/١ تطور المعارف العلمية

الحضارة الرومانية من ١٠٠ ق.م - ٤٠٠ م، والحضارة الإسلامية من ٤٠٠ - ١٠٠٠ م، ثم النهضة الأوروبية ابتداء من ١٠٠٠ م، تقريباً .

تعتبر الفلسفة من أقدم المعارف البشرية ، والمغذى الرئيسى لما جاء بعدها . ويعتبر فلاسفة الإغريق من أشهر الفلاسفة فى التاريخ وفى مقدمتهم سقراط - Socrates (٤٧٠ - ٣٩٩ ق.م) ، وبلاتو - Plato (٤٢٨ - ٣٤٧ ق.م) ، وأرسطو - Aristotle (٣٨٤ - ٣٢٢ ق.م) . وكان من أولويات اهتماماتهم شرح وتحليل ما يشاهدونه فى السماوات والأرض . ورغم أن ما قدموه من شرح وتحليل كان بعيداً عن الحقيقة ، إلا أنه أثار جدالات ساخنة على مر القرون مما أدى فى النهاية إلى الحقيقة ، أو ما نتخيله حالياً أنه الحقيقة . فمثلاً كانت مدرسة أرسطو تعتقد مبدأً أن الأرض ثابتة وتمثل محور الكون تدور حولها باقى الأجرام بما فيهم الشمس . استمر هذا المفهوم إلى أن تم تصحيحه فى عصر النهضة الأوروبية على أيدى علماء من أشهرهم كيبلر - Kepler (١٥٧١ - ١٦٣٠ م) فى ألمانيا ، وجاليليو - Galileo (١٥٦٤ - ١٦٤٢ م) فى إيطاليا ، ونيوتن - Newton (١٦٤٢ - ١٧٢٧ م) فى إنجلترا .

ومن أقدم المعارف أيضاً الكيمياء . كانت المدرسة القديمة من حوالى ٥٠٠ ق.م حتى القرن السابع عشر الميلادى تحدد المواد الأولية بأربعة عناصر هى النار والهواء والماء والأرض ، ومنها تتكون جميع المواد الأخرى بالخلط والاندماج . استمرت الكيمياء تحت مسمى «الفن السماوى - Divine art» إلى أن تغير المسمى إلى «كيمياء - Chemeia» فى حوالى ٢٥٠ م ، وهو اسم مستنبط من كلمة مصرية قديمة «كيمى - Chemi» بمعنى أسود أو محروق . كان التطور فى الكيمياء حتى مع بداية النهضة الأوروبية يهدف أساساً إلى تحقيق هدفين ألهبا الخيال فى ذلك الحين ، وهما التوصل إلى تحويل المواد إلى ذهب فيما يعرف «بحجر الفلاسفة - The Philosopher's Stone» (حوالى ١٢٠٠ م) ، وإطالة العمر فيما يعرف «بأكسير الحياة - Elixir of Life» (حوالى ١٥٢٥ م) . شارك قدماء المصريين ومن بعدهم الإغريق فى تطور علم الكيمياء قبل الميلاد . انتقل التطور بعد ذلك واستمر بمدينة الإسكندرية إلى أن شارك العرب بعد فتح مصر فى ٦٤٠ م فى هذا التقدم بترجمة كتب الإغريق إلى العربية وظهور علماء عرب فى العلوم والكيمياء من أشهرهم جابر بن حيان (٧٤٠ - ٨١٣ م) وابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٧ م) . ثم وصلت الكيمياء إلى أوروبا فى العصور الوسطى بترجمة الكتب العربية فى أسبانيا ابتداء من ١١٠٠ م .

يعتبر روبرت بويل - Robert Boyle (١٦٢٧ - ١٦٩١ م) أول مفكرى الكيمياء الحديثة بعيداً عن حجر الفلاسفة وأكسير الحياة اللذين ثبت بطلانهما . تلى

ذلك تعريف أدق للعناصر ، وإحياء فكرة الذرة التي تبناها أصلاً بعض فلاسفة الإغريق حوالي ٥٠٠ ق.م فى مقابل فكرة مضادة تبناها آخرون وهى التركيب الجيلاتينى للمواد .

### ٣/١ الطريق إلى الذرة

كلمة ذرة تعريب للكلمة الإنجليزية Atom ، وهذه مشتقة من الكلمة الإغريقية Atomos ومعناها غير قابل للتقسيم . منذ ٥٠٠ ق.م تعرض فلاسفة الرومان لكيفية التركيب الداخلى للمواد . كان هناك من تبناوا فكرة أن المواد مستمرة فى تركيبها وتملاً الفراغ الذى تشغله بأكمله دون فجوات كما يملأ الجيلى أى وعاء . وآخرون تبناوا فكرة أن المواد تتكون من جسيمات صغيرة (ذرات) بينها فجوات ومتماسكة بطريقة أو أخرى حسب صلابة المادة . هذه طبعاً كانت آراء فلسفية لا تعتمد على أسس أو تجارب علمية . استمر الحال كذلك حتى عصر النهضة الأوربية حيث تجمع مخزون من الشواهد والتجارب يرجح التركيب الذرى للمادة . من ذلك :

- أ - لتر ماء + لتر كحول يعطى أقل من ٢ لتر خليط .
  - ب- إمكان إمرار الماء بالضغط (نز أو رشح - ooze ) خلال شريحة رقيقة من الذهب .
  - ج- قابلية الغازات للتضاغط وشغل حيز أقل .
  - د - تتكون المركبات الكيميائية بالتحاد العناصر بنسب وزنية ثابتة وبسيطة ، مما يوحي بأن الاتحاد يحدث بين عدد معين من جسيمات دقيقة من كل عنصر .
  - هـ- استطاع العالم الإنجليزي أسحق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧م) ، باستعمال افتراض التركيب الذرى للغازات ، أن يثبت نظرياً القوانين التجريبية التى حصل عليها روبرت بويل وغيره للعلاقة بين حجم وضغط ودرجة حرارة الغازات .
- كل هذه التجمعات وغيرها من الروافد ، أدى إلى تقديم نظرية ذرية واضحة ومقنعة وجديرة بالمتابعة ، يعود الفضل فيها إلى العالم الإنجليزي جون دالتون - John Dalton (١٧٦٦ - ١٨٤٤م) . ففى حوالى عام ١٨٠٣م حدد دالتون النظرية الذرية كمايلى :

- أ - تتكون العناصر الكيميائية من جسيمات صغيرة (ذرات) تحتفظ كل منها بالخواص الكيميائية للعنصر .
- ب- الذرة غير قابلة للانقسام .
- ج- ذرات العنصر الواحد متشابهة فى جميع الخواص ومن بينها الكتلة أو الوزن - وذرات العناصر المختلفة لها أوزان مختلفة ، ويمكن توصيف العناصر بوزنها الذرى .

د - بما أن الأوزان المطلقة للذرات ضئيلة للغاية ، فقد انجحه دالتون للأوزان النسبية ، متخذاً ذرة الهيدروجين التي هي أخف الذرات كوحدة .

رغم أن نظرية دالتون الذرية تعتبر الموجه الأساسي للكيمياء الحديثة ، إلا أنها لم تخلو من قصور تم تصويبها في أزمنة لاحقة . فمثلاً ، البند « أ » أثبت صلاحيته ولم يحدث فيه تعديل . البند « ب » غير صحيح كما نعرف اليوم من انشطار الذرة . البند « ج » غير دقيق بسبب ظهور ذرات من العنصر نفسه بأوزان مختلفة فيما يعرف حالياً بالنظائر - Isotopes مما تسبب في الإلتجاء إلى الرقم الذري بدلا من الوزن الذري في توصيف العناصر . البند « د » صحيح كمبدأ ، ولكن دالتون لم يستطع الوصول إلى الأوزان المطلقة للذرات أو حتى إلى أوزانها النسبية لعدم معرفته عدد ذرات كل عنصر في المركب . كذلك فإن دالتون أطلق على تجمع ذرات العناصر في المركب «الذرة المركبة» ، ولم يعترف بمثل هذا التجمع بين ذرات العنصر الواحد . وقد تم تصحيح ذلك فيما بعد وبصفة خاصة عام ١٨١١ على يد العالم الإيطالي أفوجادرو - Avo-gadro (١٧٧٦ - ١٨٥٦ م) بإطلاق كلمة جزئ - Molecule (بمعنى كتلة صغيرة) على تجمع ذرات العناصر المختلفة في المركب ، وأيضاً في تجمع ذرات متشابهة في بعض العناصر ، وحتى على الذرة الواحدة في العناصر الخاملة ، سميت على التوالي جزئ متعدد الذرات ، وجزئ ثنائي الذرات ، وجزئ أحادي الذرات .

لم تكن ذرات دالتون نهاية المطاف ، ولكنها كانت خطوة هامة لما هو أهم . فرسوخ فكرة التكوين الذري للمواد ، ومواكبة ذلك مع نجاحات عديدة في فروع علمية أخرى ، أوقد حماس الباحثين وزاد من سرعة التطور العلمي بصفة عامة .

٤/١ الطريق إلى الإلكترون

أما الطريق إلى الإلكترون فقد اتخذ مسارين متوازيين أحدهما كيميائي بدأ مع اكتشاف الذرة ، والثاني كهربى بدأ بمشاهدات قديمة ترجع جذورها إلى أوائل العهد الإغريقي حوالي ٦٠٠ ق.م . أول علامة مميزة على المسار الكيميائي حدثت عام ١٨٦٩م حينما قدم العالم الروسي مندليف - Mendeleeff (١٨٣٤ - ١٩٠٧م) الجدول الدوري للعناصر ، حيث رتب فيه العناصر تصاعدياً حسب أوزانها الذرية ، ولاحظ تكرار تشابه الخواص الكيميائية كل ثمانية عناصر . أو حتى ذلك أن الذرة ليست كتله صماء كما اعتقد دالتون ، بل لها تركيب داخلي مسئول عن هذه الظاهرة . كذلك ، في سياق دراسة التحليل الكهربى للمحاليل الكيميائية بواسطة العالم البريطانى مايكل فاراداي - Michael Faraday (١٧٩١ - ١٨٦٧م) ، وجد أن مرور التيار الكهربى فى المحلول يتم بواسطة أيونات تحمل شحنات كهربية سالبة وموجبة . ووجد أن الشحنات على الأيونات الأحادية التكافى ثابتة دائماً ، والشحنات

على الأيونات المتعددة التكافؤ مرتبطة ببعضها بمضروب بسيط وصحيح . كان الاستنتاج من ذلك أن الشحنات الكهربائية لها حد أدنى ، وأن الشحنات الكهربائية عامة تساوي مضروباً بسيطاً وصحيحاً لهذا الحد الأدنى . فى عام ١٨٧٤م استطاع عالم يدعى ستونى - Stony حساب قيمة تلك الشحنة التى تمثل الحد الأدنى بمقدار  $1,592 \times 10^{-19}$  كولوم وهى ، كما سنرى فيما بعد ، قيمة على درجة كبيرة من الدقة ، وأطلق عليها اسم «إلكترون» .

على المسار الكهربى ، ظهر الإلكترون متخفياً دون أن يشعر به أحد منذ التاريخ الإغريقى القديم (حوالى ٦٠٠ ق.م) ، حيث كان معروفاً فى ذلك الزمن البعيد أن تدليك الكهرمان - Amber بالصوف يجعله يجذب الأجسام الخفيفة . ثم تكررت الظواهر بتدليك الزجاج بالحريز والمطاط بالفرو ، وهكذا . وبصفة عامة لوحظ أن الاحتكاك بين الأجسام يعطيها خاصية التجاذب والتنافر والقدرة على جذب الأجسام الصغيرة . ومن الكلمة الإغريقية "Elektron" ، ومعناها كهرمان - Amber ، اشتقت كلمة "Electricity" لتعريف هذه الظواهر . استمرت هذه المشتقات مستعملة فى العلوم الكهربائية حتى يومنا هذا . كان تحليل هذه الظواهر أن الأجسام نتيجة التدليك أو الاحتكاك تحمل شحنات كهربية ، لا تعرف هويتها ، ساكنة (إستاتيكية) ، سالبة أو موجبة حسب أنواع المواد المستعملة فى التدليك أو الاحتكاك . تجذب هذه الأجسام المشحونة الأجسام الخفيفة غير المشحونة ، بينما تتجاذب الأجسام المختلفة الشحنة وتتنافر الأجسام المشابهة الشحنة . كذلك البرق ، الذى كان الناس قديماً يعتبرونه غضبا عليهم من الآلهة ، أثبت العالم ورجل الدولة الأمريكى بنجامين فرانكلين - Benjamin Franklin (١٧٠٦ - ١٧٩٠) أنه تفرغ كهربى بين السحب بعد أن شحنت كهربياً لدرجة عالية نتيجة احتكاكها بالهواء . وقد حصل فرانكلين على هذه النتيجة بتجربته المشهورة عام ١٧٥٢م التى استعمل فيها الطائرة الورقية (Kite) التى يستعملها الأطفال فى اللعب والترفيه . استمر الاهتمام بالكهربية الإستاتيكية ، وتم بناء أجهزة لشحن الأجسام وقياس هذه الشحنات ، وقياس قوة الجذب والتنافر بين الأجسام المشحونة ، وتوليد الشرارات ومحاولة الاستفادة منها .

فى عام ١٧٨٤م قدم العالم الفرنسى شارلز كولوم - Charles Coulomb قانونه المشهور فى الكهرباء الإستاتيكية الذى يحدد أن قوة الجذب أو التنافر بين شحنتين كهربيتين تتناسب مع حاصل ضرب قيمتهما مقسوماً على مربع المسافة بينهما . بهذا القانون بدأت الدراسات والأبحاث الكمية وتطورت الكهربائية كعلم حقيقى . كانت الكهرباء حتى هذا التاريخ أساساً إستاتيكية فيما عدا لحظات التفرغ حيث يمر تيار على شكل شرارة فى الهواء أو نبضة فى موصل . وكان الوضع فى

حاجة ماسة إلى طريقة ما للحصول على تيار كهربى مستمر ، وليس مجرد شرارات فى الهواء أو نبضات لحظية فى موصل . تحقق هذا عام ١٨٠٠م على يد العالم الإيطالى ألكسندر فولتا - Alessandro Volta (١٧٤٥ - ١٨٢٧) بإيحاء من مشاهدة جلفانى - Galvani المشهورة عام ١٧٨٩م أثناء تشريحه لضفدعة . استطاع فولتا عام ١٨٠٠م بناء بطارية كيميائية كمصدر للجهد الكهربى قادرة على إمرار تيار مستمر فى دائرة موصلة مغلقة . أدخل على بطارية فولتا تحسينات عديدة بعد ذلك من أهمها دانيال - Daniell ولاكلانشيه - Laclanche . أدى الحصول على تيار مستمر إلى قفزات هائلة فى علم الكهرباء ، وخاصة على أيدى علماء مثل أمبير - Ampere ، وأورستيد - Oersted ، وأوم - Ohm ، وفاراداي - Faraday وغيرهم . ولا مجال للتعرض لهذه التفاصيل هنا حيث إنها خارج نطاق مسار اهتمامنا فى رحلتنا الحالية .

كان الحصول على التيار المستمر حدثا وإنجازا مبهرًا بقياس ذلك الزمان . وانهمك العلماء فى استخدام هذا لتيار فى التجارب والاستنتاجات النظرية . ما يهمنى هنا من هذه الاستنتاجات هو تصنيف المواد بأوجهها الثلاثة ، جامدة وسائلة وغازية ، إلى مواد موصلة للتيار الكهربى ومواد غير موصلة أو عازلة . بالنسبة للتوصيل فى الجوامد ، كان قانون أوم المشهور من أهم الاستنتاجات ، وهو ينص على أن التيار الكهربى المار فى موصل يتناسب مع الجهد بين طرفيه . وكان التوصيل فى السوائل أحد أنشطة فاراداي التى تبلورت فى قانونى فاراداي للتحليل الكهربى . أما التوصيل فى الغازات ، وهو ما يهمنى هنا ، فقد بدأ بدراسة التوصيل الكهربى فى غاز داخل أنبوبة زجاجية محكمة الإغلاق ، بطرفيها قطبين معدنيين بينهما جهد كهربى . يسمى أحد هذين القطبين «الكاثود» وهو المتصل بالطرف السالب للجهد ، ويسمى القطب الآخر «المصعد» وهو المتصل بالطرف الموجب للجهد . بتوصيل جهد بين القطبين ، وعند ضغط معين للغاز ، يمر تيار كهربى مصحوبا بتوهج ، ويسمى هذا بالتفريغ الغازى Gas Discharge . بتخفيض ضغط الغاز داخل الأنبوبة يزداد التيار الكهربى مع زيادة فى التوهج الذى يملأ فراغ الأنبوبة تقريبا ، ويصل هذا مداه عند ضغط معين للغاز . مع الاستمرار فى تخفيض ضغط الغاز يعود التيار والتوهج إلى النقصان حتى يختفيا . أى إن هناك ضغطاً معيناً للغاز يعطى أقصى قيمة للتيار الكهربى مصحوبا بأقصى درجة للتوهج . المهم هنا ، أنه عند تفريغ الأنبوبة الزجاجية تماماً من الغاز ، شوهدت ظاهرة غريبة كان لها أهمية عظيمة . ذلك أنه رغم اختفاء التوهج فى فراغ الأنبوبة ، إلا أنه لوحظ وجود توهج خفيف فى الجزء الزجاجى المقابل للمهبط ، ويمكن زيادة وضوح هذا التوهج بطلاء ذلك الجزء الزجاجى بمادة فوسفورية . ثبت أن هذا نتيجة شعاع ، غير معروف الهوية ، قادم من المهبط . لذلك أطلق عليه اسم شعاع المهبط -

Cathode Ray . انشغل عديد من الباحثين فى محاولات التعرف على هذا الشعاع ، وكان من البارزين فى هذا المضمار العالم الإنجليزي وليام كروكس - William Crookes ( ١٨٣٢ - ١٩١٩ ) . أثبت الباحثون عديداً من الخصائص لشعاع المهبط ، من أهمها :

- أ - أنه يسير فى خط مستقيم عمودى على سطح المهبط .
- ب - ثبت بالتجربة أن له طاقة حرارية وطاقة ميكانيكية .
- ج - يمكنه اختراق شرائح رقيقة من المعدن .
- د - لا يمكنه اختراق الشرائح السمكية ، حيث يلقي بظلمها على الناحية المتوجهة من الزجاج .
- هـ - ينحرف الشعاع إذا ما سلط عليه مجال مغناطيسى عمودى على مساره .
- و - ينحرف أيضا إذا ما سلط عليه مجال كهروستاتيكي عمودى على مساره .
- ز - يحمل الشعاع شحنة سالبة .

كان هذا هو الموقف بالنسبة لشعاع المهبط حينما بدأ العالم الإنجليزي تومسون - J. J. Thomson ( ١٨٥٦ - ١٩٤٠ ) الاهتمام بالموضوع . لذلك كان من الطبيعى أن يبدأ تومسون بافتراض أن الشعاع يتكون من جسيمات دقيقة - Corpuscles تحمل شحنات سالبة ، أطلق عليها الاسم «إلكترون» فيما بعد . آل تومسون على نفسه مهمة اكتشاف حقيقة هذه الجسيمات ، حيث استغل خاصية انحراف الشعاع فى المجالين المغناطيسى والكهروستاتيكي ، وتمكن فى عام ١٨٩٦ م من حساب نسبة شحنة هذا الجسيم الدقيق إلى كتلته (q/m) . فى عام ١٩١١ تمكن العالم الأمريكى ميليكان - Millikan ( ١٨٦٨ - ١٩٥٣ ) من حساب قيمة دقيقة للشحنة الكهربية على جسيم تومسون الدقيق أو الإلكترون «q» ، ومنها قيمة كتلته «m» ، وكانت النتائج كمايلى :

- كتلة الإلكترون «m» =  $9,1 \times 10^{-31}$  كيلو جرام

- شحنة الإلكترون «q» =  $1,6 \times 10^{-19}$  كولوم

ويلاحظ التقارب الشديد بين هذه القيمة لشحنة الإلكترون وتلك التى توصل إليها ستونى من المسار الكيميائى .

ظهور الإلكترون على أنه جسيم دقيق منبعث من مادة الكاثود فى تجارب التفرغ

٥/١ التركيب الذرى

الكهرىبى فى الغازات ، يدل على أنه نابع من ذرات تلك المادة . وثبات خواصه ومواصفاته مهما تغيرت مادة الكاثود ، يدل على أن الإلكترون جسيم أساسى فى تركيب ذرات المواد المختلفة . هذا ، مع جدول مندليف الدورى للعناصر ، يوحى أن الذرة ليست صماء ، ولكن لها تركيباً ما داخلياً له أيضاً صفة الدورىة . وما دام هذا التركيب يحتوى على جسيمات سالبة (إلكترونات) فلا بد وأنه أيضاً يحتوى على جسيمات موجبة ، حيث إن أى ذرة فى مجملها متعادلة كهرىبياً . تأكد هذا الإيحاء حينما كشفت الذرة تلقائياً عن أسرارها فيما يعرف بالمواد المشعة . فكما تكشف الأرض عما فى جوفها من حين لآخر بحمم البراكين التى تقذفها نتيجة انفجارات تلقائية داخلها ، كذلك تكشف بعض الذرات ، وخاصة الثقيلة منها ، عما فى جوفها من حين لآخر بإطلاق إشعاعات نتيجة انفجارات تلقائية داخلها . تم اكتشاف ذلك بطريق الصدفة حينما لاحظ كل من العالم بيكيريل - Becquerel عام ١٨٩٦م والعالم مدام كورى - Curie عام ١٨٩٨م أن بعض مركبات اليورانيوم والثوريوم تؤثر فى الألواح الفوتوغرافية الحساسة رغم حماية هذه الألواح داخل أغلفة سوداء محكمة . تطورت الأبحاث فى هذا الاتجاه إلى اكتشاف عنصر الرادىوم المشع عام ١٩١٠م على يد مدام كورى والعالم ديبرن - A. Debierne . وقد وجد أنه ينبعث من الرادىوم ثلاثة أنواع من الأشعة : النوع الأول ، ويعرف بأشعة ألفا -  $\alpha$ -rays ، يتكون من جسيمات موجبة الشحنة فى وزن ذرة الهيليوم . النوع الثانى ، ويعرف بأشعة بيتا -  $\beta$ -rays ، يتكون من إلكترونات مثل أشعة المهبط غير أن سرعة الإلكترونات فيها أعلى كثيراً لدرجة أنها قادرة على اختراق رقائق من الألومنيوم . والنوع الثالث ، ويعرف بأشعة جاما -  $\gamma$ -rays ، أشعة كهرومغناطيسية مثل الضوء وأشعة إكس غير أن طاقتها أشد لدرجة أنها قادرة على اختراق عدة سنتيمترات من الرصاص .

وسط هذه الأجواء العلمية المثيرة والواعدة ، لاحظ العلماء ظاهرة مهمة كان لها تأثير حاسم على حقيقة تركيب الذرة . ذلك ، أنه كان من المعتاد فى تلك الآونة مشاهدة وتصوير مسار أشعة ألفا عند مرورها فيما يعرف بالغرف السحابية - Cloud Chambers ، وهى أوعية زجاجية تحتوى على غاز رطب . لوحظ فى هذه التجارب أن «أشعة ألفا» تمر عادة فى الغاز كالرصاصة المندفعة فى خط مستقيم ، فيما عدا أنها على فترات متباعدة يحدث لها انحراف شديد ومفاجئ يصبح انحراف لجسيم آخر فى الاتجاه المعاكس . كان تعليل هذه الظاهرة أنه يوجد فى ذرات الغاز جسيمات موجبة الشحنة حجمها ضئيل للغاية بالنسبة لحجم الذرة لدرجة أن «شعاع ألفا» يقترب منها فقط على فترات متباعدة . وبما أن «شعاع ألفا» مكون من جسيمات موجبة ، فإنه يتنافر مع هذه الجسيمات الذرية الافتراضية ، وينحرف كل منهما فى اتجاه مضاد .

أدت هذه المشاهدات وغيرها إلى قناعة العلماء بأن الذرة تتكون من نواة موجبة الشحنة ، متناهية في الصغر ، يتركز فيها معظم الوزن الذرى ، وتسبح حولها سحابة من الإلكترونات السالبة الشحنة على مدى فراغ الذرة بحيث تكون الذرة فى مجملها متعادلة كهربياً .

نتيجة لكل ما سبق ، وفى عام ١٩١١ م ، قدم العالم النيوزيلاندى إرنست رذرفورد - Ernest Rutherford (١٨٧١ - ١٩٣٧) أول افتراض مقبول للتركيب الذرى . فقد قدم تصوره بأن التركيب الذرى مشابه للمجموعة الشمسية ، حيث تدور الإلكترونات فى مدارات حول النواة . وأن المدار الخارجى يحدد قطر الذرة المقدر بحوالى  $10^{-10}$  سم ، بينما قطر الإلكترون وقطر النواة يقدر بحوالى  $10^{-13}$  سم . من هذا يتضح أن الذرة فى أغلبها فراغ ، وتشغل جسيمات النواة والإلكترونات جزءاً ضئيلاً جداً من حجمها . ولتوضيح ذلك ، نفترض جدلاً أن قطر الذرة ١٠٠ متر فإن قطر النواة يكون ١ ملليمتر ، وكذلك قطر الإلكترون . كذلك ، فإن النواة تتكون من جسيمات موجبة الشحنة تسمى بروتونز - Protons عددها يساوى الرقم الذرى للعنصر ، وعدد من الجسيمات المتعادلة تسمى نيوترونز - Neutrons مسئولة عن وجود النظائر للعنصر الواحد (Isotopes) . فى عام ١٩١٣ م ، وعلى هدى افتراض رذرفورد للتركيب الذرى ، قدم العالم الهولندى نيلز بور - Niels Bohr (١٨٨٥ - ١٩٦٢) نظريته لذرة الهيدروجين المكونة من نواة بها بروتون واحد يدور حولها إلكترون واحد ، وبها أثبت نظرياً العديد من الحقائق العملية التى كانت غامضة ، وخاصة فيما يتعلق بالإشعاع الطيفى للهيدروجين .

والآن ، بعد هذا العرض التاريخى الموجز ، وقبل أن نبدأ رحلتنا فى هندسة الإلكترونيات ، يلزم أن نتفق على بعض المفاهيم الأساسية للمقادير الطبيعية ، والرموز والوحدات المستعملة فى عالم الإلكترونيات .