١- مراجعة تاريخية

١/١ المعارف البشرية

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

استعان الإنسان فى صراعه مع الطبيعة بالمشاهدة والمؤثرات التى تعتمد أساساً على الحواس ، والتجربة التى تعتمد على المهارة ، والاستنتاج الذى يعتمد على العقل . تبلور هذا حثيثاً إلى صياغة وتطور علوم الفلسفة والرياضيات والطبيعة والكيمياء التى هى أسس العلوم الحديثة .

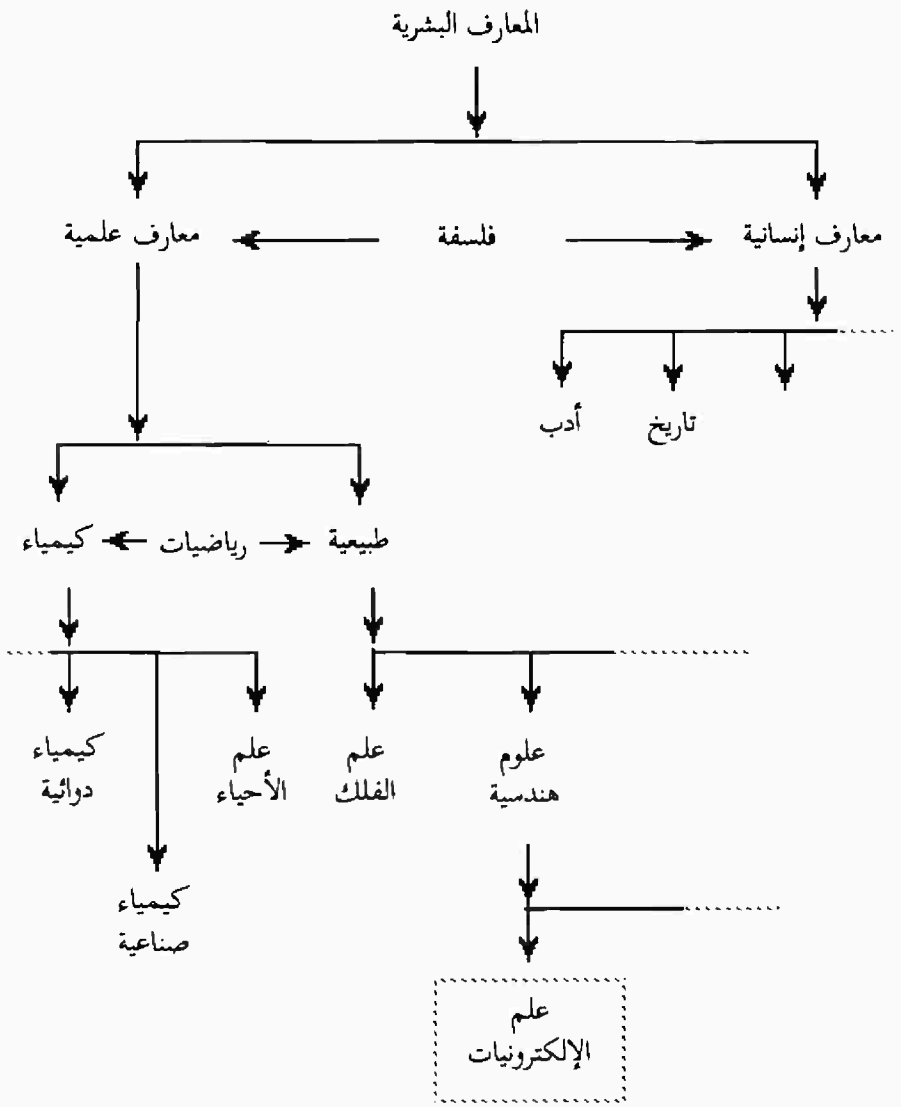
أدى عداء الإنسان مع بنى جنسه إلى حروب بدائية قديمة ، تطورت آلياتها مع الزمن والتقدم العلمى حتى وصلت إلى ما نراه اليوم من علوم ومعدات عسكرية حديثة.

كان لإغواء الشيطان أثره فى انحراف المجتمعات وظهور الأنبياء والرسل لإصلاح المسارات . وما أُنزل من كتب مقدسة ، وما لازمها من تفسيرات وأحاديث وغير ذلك ، يقع حاليا تحت مظلة العلوم الدينية .

لازم كل هذا تطورات فى المعارف البشرية بقسميها الإنسانى والعلمى 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 هى الفلسفة التى تعتبر من أقدم اهتمامات البشر والمغذية لباقى 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 تلقائيا مثل علم الأحياء ، أو بتدخل الإنسان مثل تحضير المركبات الكيميائية لأغراض الصناعة والدواء . وحلقة الربط بين العلوم الطبيعية والعلوم الكيميائية تتمثل فى علم الرياضيات الذى يستعمل للتحليل والاستنتاج . علم

الإلكترونات ، الذى نحن بصدده ، ينتمى إلى العلوم الطبيعية التى تنتمى إلى مجمل المعارف البشرية . يوضح الشكل (١-١) موقع علم الإلكترونيات على خريطة المعارف البشرية .



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

٢/١ تطور المعارف العلمية

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 التى تتابعت ابتداء من الحضارة المصرية القديمة حتى ٧٠٠ قبل الميلاد (ق.م) ، مرورا بالحضارة الإغريقية من ٧٠٠ - ١٠٠ ق.م ، ثم

الحضارة الرومانية من ١٠٠ ق.م – ٤٠٠م، والحضارة الإسلامية من ٤٠٠ – ١٠٠٠م، ثم النهضة الأوروبية ابتداء من ١٠٠٠م ، 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 – Aristo-tle (٣٨٤ – ٣٢٢ ق.م) . وكان من أولويات اهتماماتهم شرح وتحليل ما يشاهدونه فى السماوات والأرض . ورغم أن ما قدموه من شرح وتحليل كان بعيدا عن الحقيقة ، إلا أنه أثار جدالات ساخنة على مر القرون مما أدى فى النهاية إلى الحقيقة ، أو ما نتخيله حاليا أنه الحقيقة . فمثلا كانت مدرسة أرسطو تعتنق مبدأ 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 – ١٦٣٠م) فى ألمانيا ، وجاليليو – Galileo (١٥٦٤ – ١٦٤٢م) فى إيطاليا ، ونيوتن – Newton (١٦٤٢ – ١٧٢٧م) فى إنجلترا .

ومن أقدم المعارف أيضا 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 «كيميا – Chemeia » فى حوالى ٢٥٠م ، وهو اسم مستنبط من كلمة مصرية قديمة «كيمى – Chemi » بمعنى أسود أو محروق . كان التطور فى الكيمياء حتى مع بداية النهضة الأوربية يهدف أساسا إلى تحقيق هدفين ألهبا الخيال فى ذلك الحين ، وهما التوصل إلى تحويل المواد إلى ذهب فيما يعرف «بحجر الفلاسفة – The Philosopher's Stone » (حوالى ١٢٠٠م) ، وإطالة العمر فيما يعرف «بأكسير الحياة – Elixir of Life » (حوالى ١٥٢٥م) . 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 ٦٤٠م فى هذا التقدم بترجمة كتب الإغريق إلى العربية وظهور علماء عرب فى العلوم والكيمياء من أشهرهم جابر بن حيان (٧٤٠ – ٨١٣م) وابن سينا (٩٨٠ – ١٠٣٧م) . ثم وصلت الكيمياء إلى أوربا فى العصور الوسطى بترجمة الكتب العربية فى أسبانيا إبتداء من ١١٠٠م .

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

ذلك تعريف أدق للعناصر ، وإحياء فكرة الذرة التى تبناها أصلا بعض فلاسفة الإغريق حوالى 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 تبنوا فكرة أن المواد مستمرة فى تركيبها وتملأ الفراغ الذى تشغله بأكمله دون فجوات كما يملأ الجيلى أى وعاء . وآخرون تبنوا فكرة أن المواد تتكون من جسيمات صغيرة (ذرات) بينها فجوات ومتماسكة بطريقة أو أخرى حسب صلابة المادة . هذه طبعا 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.

جـ– قابلية الغازات للتضاغط وشغل حيز أقل .

د – تتكون المركبات الكيميائية باتحاد العناصر بنسب وزنية ثابتة وبسيطة ، مما يوحى بأن الاتحاد يحدث بين عدد معين من جسيمات دقيقة من كل عنصر .

هـ– استطاع العالم الإنجليزى أسحق نيوتن (١٦٤٢ – ١٧٢٧م) ، باستعمال افتراض التركيب الذرى للغازات ، أن يثبت نظريا 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 الإنجليزى 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 .

جـ– 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 اتجه دالتون للأوزان النسبية ، متخذا ذرة الهيدروجين التى هى أخف الذرات كوحدة .

رغم أن نظرية دالتون الذرية تعتبر الموجه الأساسى للكيمياء الحديثة ، إلا أنها لم تخلو من قصور تم تصويبها فى أزمنة لاحقة . فمثلا ، البند « أ » أثبت صلاحيته ولم يحدث فيه تعديل . البند «ب» غير صحيح كما نعرف اليوم من انشطار الذرة . البند «جـ» غير دقيق بسبب ظهور ذرات من العنصر نفسه بأوزان مختلفة فيما يعرف حاليا بالنظائر – Isotopes مما تسبب فى الإلتجاء إلى الرقم الذرى بدلا من الوزن الذرى فى 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 فى المركب . كذلك فإن دالتون أطلق على تجمع ذرات العناصر فى 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 الإيطالى أفوجادرو – Avo-gadro (١٧٧٦ – ١٨٥٦م) بإطلاق كلمة جزئ – Molecule (بمعنى كتلة صغيرة) على تجمع ذرات العناصر المختلفة فى المركب ، وأيضا فى تجمع ذرات متشابهة فى بعض العناصر ، وحتى على الذرة الواحدة فى العناصر الخاملة ، سميت على التوالى جزئ متعدد الذرات ، وجزئ ثنائى الذرات ، وجزئ أحادى الذرات .

٤/١ الطريق إلى الإلكترون

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

أما الطريق إلى الإلكترون فقد اتخذ مسارين متوازيين أحدهما كيميائى بدأ مع اكتشاف الذرة ، والثانى كهربى بدأ بمشاهدات قديمة ترجع جذورها إلى أوائل العهد الإغريقى حوالى ٦٠٠ ق.م . أول علامة مميزة على المسار الكيميائى حدثت عام ١٨٦٩م حينما قدم العالم الروسى منديليف – Mendeleeff (١٨٣٤ – ١٩٠٧م) الجدول الدورى للعناصر ، حيث رتب فيه العناصر تصاعديا حسب أوزانها الذرية ، ولاحظ تكرار تشابه الخواص الكيميائية كل ثمانية عناصر . أو حى ذلك أن الذرة ليست كتله صماء كما اعتقد دالتون ، بل لها تركيب داخلى مسئول عن هذه الظاهرة . كذلك ، فى سياق دراسة التحليل الكهربى للمحاليل الكيميائية بواسطة العالم البريطانى مايكل فاراداى – 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 التكافئ ثابتة دائما ، والشحنات

على الأيونات المتعددة التكافؤ مرتبطة ببعضها بمضروب بسيط وصحيح . كان الاستنتاج من ذلك أن الشحنات الكهربية لها حد أدنى ، وأن الشحنات الكهربية عامة تساوى مضروباً بسيطاً وصحيحاً لهذا الحد الأدنى . فى عام ١٨٧٤م استطاع عالم يدعى ستونى – Stony حساب قيمة تلك الشحنة التى تمثل الحد الأدنى بمقدار ١,٥٩٢ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم وهى ، كما سنرى فيما بعد ، قيمة على درجة كبيرة من الدقة ، وأطلق عليها اسم «إلكترون» .

على المسار الكهربى ، ظهر الإلكترون متخفيا دون أن يشعر به أحد منذ التاريخ الإغريقى القديم (حوالى ٦٠٠ ق.م) ، حيث كان معروفا فى ذلك الزمن البعيد أن تدليك الكهرمان – Amber بالصوف يجعله يجذب الأجسام الخفيفة . ثم تكررت الظواهر بتدليك الزجاج بالحرير والمطاط بالفرو ، وهكذا . وبصفة عامة لوحظ أن الاحتكاك بين الأجسام يعطيها خاصية التجاذب والتنافر والقدرة على جذب الأجسام الصغيرة . ومن الكلمة الإغريقية "Elecktron" ، ومعناها كهرمان – Amber ، اشتقت كلمة "Electricity" لتعريف هذه الظواهر . استمرت هذه المشتقات مستعملة فى العلوم الكهربية حتى يومنا هذا . كان تعليل 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 المتشابهة الشحنة . كذلك البرق ، الذى كان الناس قديما يعتبرونه غضبا عليهم من الآلهه ، أثبت العالم ورجل الدولة الأمريكى بنجامين فرانكلين – Benjamin Franklin (١٧٠٦ – ١٧٩٠) أنه تفريغ كهربى بين السحب بعد أن شحنت كهربيا 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 الإستكاتيكية ، 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 (١٧٣٦ – ١٨٠٦) قانونه المشهور فى الكهربية الإستاتيكية الذى يحدد أن قوة الجذب أو التنافر بين شحنتين كهربيتين تتناسب مع حاصل ضرب قيمتها مقسوماً على مربع المسافة بينهما . بهذا القانون بدأت الدراسات والأبحاث الكمية وتطورت الكهربية كعلم حقيقى . كانت الكهربية حتى هذا التاريخ أساساً إستاتيكية فيما عدا لحظات التفريغ 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 ، وفاراداى – Faraday وغيرهم . ولا مجال للتعرض لهذه التفاصيل هنا حيث إنها خارج نطاق مسار اهتمامنا فى رحلتنا الحالية .

كان الحصول على التيار المستمر حدثا وإنجازا مبهرا بقياس ذلك الزمان . وانهمك العلماء فى استخدام هذا لتيار فى التجارب والاستنتاجات النظرية . ما يهمنا 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 فاراداى التى تبلورت فى قانونى فاراداى للتحليل الكهربى . أما التوصيل فى الغازات ، وهو ما يهمنا 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 الإنبوبة 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 الإنجليزى وليم 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 .

جـ– يمكنه اختراق شرائح رقيقة من المعدن .

د – لا يمكنه اختراق الشرائح السميكة ، حيث يلقى بظلها على الناحية المتوهجة من الزجاج .

هـ– ينحرف الشعاع إذا ما سلط عليه مجال مغناطيسى عمودى على مساره .

و – ينحرف أيضا إذا ما سلط عليه مجال كهروستاتيكى عمودى على مساره .

ز – يحمل الشعاع شحنة سالبة .

كان هذا هو الموقف بالنسبة لشعاع المهبط حينما بدأ العالم الإنجليزى 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 والكهروستاتيكى ، وتمكن فى عام ١٨٩٦م 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" = ٩,١ × ١٠$^{-٣١}$ كيلو جرام
- شحنة الإلكترون "q" = ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم

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

٥/١ التركيب الذرى

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

الكهربى 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 أيضا صفة الدورية . وما دام هذا التركيب يحتوى على جسيمات سالبة (إلكترونات) فلابد وأنه أيضاً يحتوى على جسيمات موجبة ، حيث إن أى ذرة فى مجملها متعادلة كهربيا . تأكد هذا الإيحاء حينما كشفت الذرة تلقائيا 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 إنفجارات تلقائية داخلها . تم اكتشاف ذلك بطريق الصدفة حينما لاحظ كل من العالم بيكيريل – Becquerel عام ١٨٩٦م والعالمة 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 الراديوم المشع عام ١٩١٠م على يد مدام كورى والعالم ديبرن – A. Debierne . وقد وجد أنه ينبعث من الراديوم ثلاثة أنواع من الأشعة : النوع الأول ، ويعرف بأشعة آلفا – α-rays ، يتكون من جسيمات موجبة الشحنة فى وزن ذرة الهيليوم . النوع الثانى ، ويعرف بأشعة بيتا – β-rays ، يتكون من إلكترونات مثل أشعة المهبط غير أن سرعة الإلكترونات فيها أعلى كثيرا لدرجة أنها قادرة على اختراق رقائق من الألومنيوم . والنوع الثالث ، ويعرف بأشعة جاما – γ-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 آلفا عند مرورها فيما يعرف بالغرف السحابية – Cloud Chambers ، وهى أوعية زجاجية تحتوى على غاز رطب . لوحظ فى هذه التجارب أن «أشعة آلفا» تمر عادة فى الغاز كالرصاصة المندفعة فى خط مستقيم ، فيما عدا أنها على فترات متباعدة يحدث لها انحراف شديد ومفاجئ يصحبه 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 فى 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 ١٩١١م ، 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 $١٠^{-٨}$ سم ، بينما قطر الإلكترون وقطر النواة يقدر بحوالى $١٠^{-١٣}$ سم . من هذا يتضح أن الذرة فى أغلبها فراغ ، وتشغل جسيمات النواة والإلكترونات جزءاً ضئيلاً جدا من حجمها . ولتوضيح ذلك ، نفترض جدلا أن قطر الذرة ١٠٠ متر فإن قطر النواة يكون ١ ملليمتر ، وكذلك قطر الإلكترون . كذلك ، فإن النواة تتكون من جسيمات موجبة الشحنة تسمى بروتنز – Protons عددها يساوى الرقم الذرى للعنصر ، وعدد من الجسيمات المتعادلة تسمى نيوترونز – Neutrons مسئولة عن وجود النظائر للعنصر الواحد (Isotopes) . فى عام ١٩١٣م ، 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 نظريا العديد من الحقائق المعملية 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 .