الباب الثانى

تركيب الذرة

The Structure of the Atom

تنص نظرية دالتون على أن المادة تتكون من جسيمات صغيرة تعرف بالذرات ، وأنه لا يمكن انقسام ذرات أى مادة أو تحويلها إلى ماده أخرى . ولقد أدى التقدم العلمى المستمر والبحث المتواصل خلال القرن الحالى إلى أدلة تثبت أن الذرات نفسها معقدة التركيب . كما أنه أصبح من الممكن تحويل ذرة إلى أخرى . وسنبدأ بالبحث فى التركيب التفصيلى للذرات إذ أن خواصها وبالتالى خواص العناصر المكونة منها تتوقف على ذلك التركيب.

فرض بروت : Prout's Hypothesis

اقترح بروت فى عام (١٨١٥) أن الأوزان الذرية للعناصر المختلفة ما هى إلا مضاعفات بسيطة للوزن الذرى للايدروجين ، وتبعا لذلك اعتبر الايدروجين المادة الأساسية الداخلة فى بناء ذرات جميع العناصر الأخرى وبالرغم من خطأ هذه النظرية إلا أنها تحوى فكرة جديدة وهى أن الذرات نفسها معقدة التركيب وإنها لا بد أن تتكون من جسيمات أبسط تركيبا .

قانونا فرادى Faraday's Law

تتلخص نتائج فراداى فى القانونين التاليين :

١ — تتناسب كمية الانحلال الكيميائى (أى الكمية التى تذوب أو ترسب من مادة مع كمية الكهرباء التى تمر خلال المحلول الالكتروليتى) .

ب ـ أن كميات المواد المختلفة التى تنفرد ـ عند استعمال نفس الكمية من الكهرباء تتناسب مع أوزانها المكافئة .

وتعرف كمية الكهرباء التى تلزم لانفراد الجرام المكافىء من أى مادة بالفراداى ويرمز لها بالحرف (ف) ويساوى ٩٦,٥٠٠ كولوم .

الطبيعه الذريه للكهرباء

$$\text{الجرام المكافىء لايون} = \frac{\text{١ جرام ايون}}{\text{تكافؤ الايون}}$$

$$\text{١ جم ـ ايون} = \text{تكافؤ الايون} \times \text{الجرام المكافىء للايون}$$

$$\text{»} \quad \text{»} \quad = \text{م} \times \text{»} \quad \text{»}$$

∴ الشحنة التى يحملها ١ جم أيون = م × الشحنة التى يحملها ١ جم مكافىء

$$= \text{م} \times \text{ف}$$

وحيث أن ١ جم أيون يحتوى على عدد ثابت من الايونات يعرف بعدد أفوجادرو (ن) .

$$\text{ن} = ٦,٠٦ \times ١٠^{٢٣}$$

فان الشحنة التى يحملها ن أيون = م × ف

∴ الشحنة التى يحملها أيون واحد = م × $\frac{\text{ف}}{\text{ن}}$

وبذلك تكون الشحنة التى يحملها أيون أحادى الشحنة = ± $\frac{\text{ف}}{\text{ن}}$

= ± ١,٥٩٢ × ١٠^{-١٩} كولوم

= ٤,٨ × ١٠^{-١٠} وحدة اليكتروستاتيكية

وتكون الشحنة التى يحملها أيون ثنائى الشحنة

$$= \pm ٢ \frac{ف}{ن} = ٣,١٨٤ \times ١٠^{-١٩} \text{ كولوم}$$

وتكون الشحنة التى يحملها أيون ثلاثى الشحنة

$$= \pm ٣ \frac{ف}{ن} = ٤,٧٧٦ \times ١٠^{-١٩} \text{ كولوم}$$

ويعنى ذلك أن الكهرباء ذات طبيعة ذرية . ولقد أطلق ستونى Stoney على وحدة الكهرباء $(\frac{ف}{ن})$ اسم الاليكترون

أشعة المهبط واكتشاف الاليكترون

حصل العلماء على الكثير من المعلومات الخاصة بتكوين الذرة من التجارب التى أجريت على توصيل الكهرباء خلال الغازات تحت ضغط منخفض . ويتكون الجهاز الذى يستخدم فى هذه التجارب من أنبوبة متينة من الزجاج لها فتحة متصلة بمضخة تفريغ ، ويوجد فى طرفى الأنبوبة قرصان من البلاتين يتصلان بطرفى الملف الثانوى لملف رومكورف .

وعندما يصل ضغط الغاز فى الأنبوبه إلى كمية تتراوح بين ٠,٠٠١ ، ٠,٠٠١ مليمتر من الزئبق تملأ منطقة كروكس المظلمة ويومض جدار الأنبوبه المواجهة للمهبط بوهج براق يتغير موضعه بتقريب مغناطيس فى اتجاه عمودى على طول الانبوبة . ولقد برهن كروكس أن هذا الوميض ناشىء من حزمه من الجسيمات الدقيقة السالبه التكهرب التى تنبعث من الكاثود وقد أطلق عليها جولد شتاين اسم أشعة المهبط وأسماها طومسون بالاليكترونات .

خواص أشعة المهبط

١ ـ لا تتوقف أشعة الكاثود بتاتا على طبيعة ونوع المعدن المستخدم كقطب سالب (كاثود) .

٢ — لا تتوقف أشعة الكاثود على طبيعة الغاز الموجود فى الأنبوبة .

٣ — تسير أشعة الكاثود المنبعثة من الكاثود فى خطوط مستقيمة عمودية تقريبا على مستوى الكاثود . فيظهر للأجسام المعتمة الموضوعة فى طريقها ظل على جدار الانبوبة .

٤ — لها طاقه حركة ، فاذا وضع فى مسارها عجلة خفيفة من الالومنيوم أو الميكا فانها تدور مبتعدة عن المهبط مما يدل على أن للأشعه كتلة وسرعة .

٥ — لها تأثير حرارى ، فاذا سقطت متجمعة على صفيحة من البلاتين فانها تسخن إلى درجه البياض .

٦ — تؤثر أشعة الكاثود على اللوحة الفوتوغرافية ولذلك تستخدم الأخيرة للكشف عن هذه الأشعة .

٧ — تعمل أشعة الكاثود كنواة تتكثف عليها الأبخرة المشبعة وتستخدم الضبابة الناتجه لمعرفة مسار الاشعة .

٨ — تحدث أشعة الكاثود تأينا Ionization فى الغازات .

٩ — إذا اصطدمت أشعة الكاثود بجسم صلب له درجة انصهار مرتفعة فانه ينبعث نوع آخر من الأشعة تختلف فى طبيعتها عن أشعة المهبط وتسمى أشعة اكس (X-Rays).

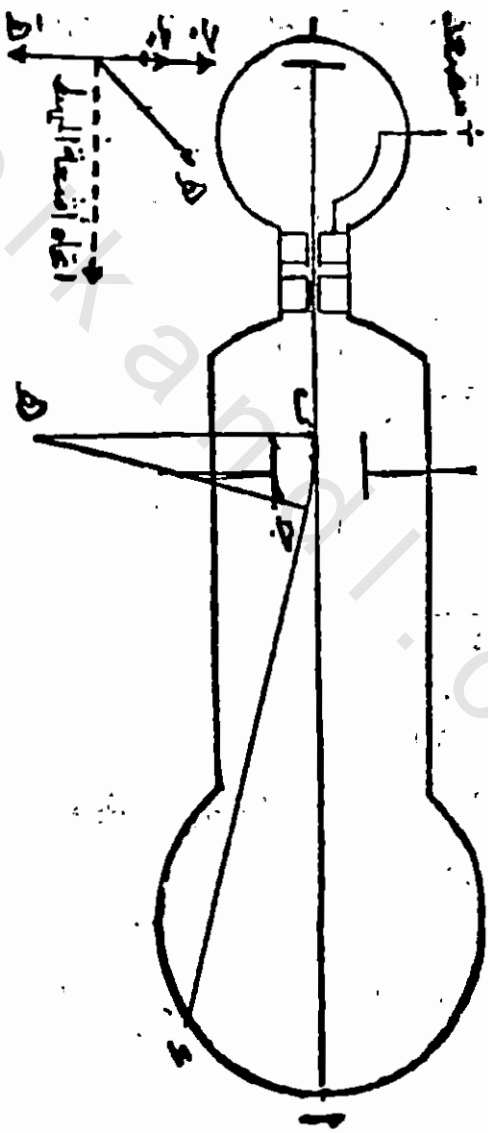
١٠ — تتأثر بالمجال المغناطيسى وتنحرف انحرافا يدل على أنها مكونة من دقائق مشحونة بشحنة سالبة .

١١ — تنجذب أشعه الكاثود نحو صفيحه ذات شحنه موجبه ، أما إذا كانت الصفيحه سالبه فيحدث تنافر .

ومن ذلك يظهر أن أشعة الكاثود مكونة من جسيمات سالبه صغيرة ذات طاقه كبيره وتسمى هذه الجسيمات بالالكترونات .

تعيين الشحنة النوعية $\frac{ش}{ك}$ للألكترون

استخدم طومسون الجهاز المبين فى الشكل (٤) تمر أشعه المهبط خلال ثقب فى المصعد الاسطوانى (أ) . وبتوصيل اللوحين ب ب بمصدر ذى جهد مرتفع تتعرض أشعه الكاثود لتأثير المجال الكهربائى . كما يمكن استخدام



شكل (٤)

مجالها مغناطيسى خارج أنبوبة التفريغ . وتعمل قوة المجالين المغناطيسى والكهربائى فى المنطقة المحصورة بين اللوحين ب ب وخطوط قوى المجالين متعامدان على بعضهما وعلى اتجاه مسار أشعة الكاثود .

تصدم أشعة المهبط السطح المقابل المدرج عند النقطة المتوهجة أ ثم يستخدم المجـــال المغناطيسى بين اللوحين ب ب ، فيسبب ذلك انحراف الاليكترونات على هيئة قوس دائرى ب جـ نصف قطرة (نق) وبعـــد أن تترك الاليكترونات المنطقة التى تتأثر بالمجال المغناطيسى تسير الاليكترونات فى خط مستقيم يمس القوس الدائرى عند جـ وتصدم السطح المدرج عند د.

وقوة المجال للمغناطيسى المؤثرة على الاليكترون = هـ × ش × ع ... (١)

حيث هـ = شدة المجال المغناطيسى

ش = شحنه الاليكترون

ع = سرعة الاليكترون

هذا وتؤثر على الدقائق فى المسار الدائرى قوة مركزية طاردة تساوى قوة المجال المغناطيسى وتميـــل إلى إعادة الاليكترون المنحرف الى المسار المستقيم .

والقوة المركزيه الطـــاردة = $\frac{ك \times ع^{٢}}{نق}$ ... (٢)

حيث ك = كتلة الاليكترون

ع = سرعة الاليكترون

نق = نصف قطر المسار الدائرى

وحيث أن قوة المجال المغناطيسى = القوة المركزية الطاردة

∴ هـ ش ع = $\frac{ك ع^{٢}}{نق}$ ... (٣)

وعلى ذلك فان $\frac{ش}{ك} = \frac{ع}{هـ نق}$ ... (٤)

وعلى ذلك يمكن حساب الشحنة النوعية $\frac{ش}{ك}$ للاليكترون إذا قدرت سرعة الاليكترون (ع) ونصف قطر المدار الدائرى (نق) .

تعيين سرعة الاليكترون :

إذا استخدمنا مجالا كهربيا متعامدا على المجال المغناطيسى بحيث يؤدى الى اعادة النقطة المضيئة من مكانها المنحرف (د) الى مكانها الأصلى (ا) فان قوة المجال الكهربائى المستخدم (جـ ش) تساوى وتضاد قوة المجال المغناطيسى (هـ ش ع) .

$\therefore$ جـ ش = هـ ش ع ... (٥)

$\therefore$ ع $= \frac{جـ}{هـ}$ ... (٦)

وحيث أنه يمكن قياس شدة كل من المجالين الكهربائى والمغناطيسى عمليا فانه يمكن تقدير قيمة لسرعة الاليكترون ع ولقد وجد أن متوسط سرعة الاليكترون فى أنابيب التفريغ يساوى ٢,٨ × $١٠^{٩}$ سم / ثانية أى تساوى $\frac{١}{١٠}$ سرعة الضوء تقريبا .

تعيين نصف قطر القوس الدائرى نق :

من تشابه المثلثين ب ا جـ ، هـ ب جـ نستنتج أن :

$\frac{\overset{\frown}{ب جـ}}{نق} = \frac{\overset{\frown}{ا د}}{ا ب}$ ... (٩)

$$\text{أى أن } \text{نق} = \frac{\overset{\frown}{\text{ب جـ}}}{\overset{\frown}{\text{ا د}}} \times \text{أ ب} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{ا د}} \times \text{أ ب} \quad \ldots (٨)$$

وبالتعويض عن ع ، نق فى المعادلتين (٦) و (٨) على التوالى فى المعادلة (٤) يمكن ايجاد قيمة الشحنة النوعة $\frac{ش}{ك}$. ولقد دلت نتائج عدد كبير من التجارب أن قيمة :

$$\frac{ش}{ك} = ١٫٧٥٨٩ \times ١٠^{١١} \text{ كولوم لكل كيلو جرام}$$

$$= ١٫٧٥٨٩ \times ١٠^{٨} \text{ كولوم لكل جرام}$$

$$= ٥٫٢٧٣ \times ١٠^{١٧} \text{ وحدة اليكتروستاتيكية لكل جرام}$$

ولقد وجد أن قيمة $\frac{ش}{ك}$ ثابتة ولا تتوقف على طبيعة الكاثود المستخدم او طبيعة الغاز الموجود فى الأنبوبة .

وقد اكتشفت طرق أخرى للحصول على الاليكترونات ومنها :

أ — تسخين الاسلاك المعدنية لدرجة التوهج داخل أنابيب مفرغة مثل صمامات الراديو وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الانبعاث الايونى الحرارى Termoionic Effect

ب — بتعريض بعض الفلزات وخصوصا الفلزات القلوية الى الأشعة فوق البنفسجيه او البنفسجية وتسمى هذة الظاهرة بظاهرة التأثير الضوئى الكهربائى The Photo Electric Effect

حـ — وتنبعث الاليكترونات على شكل جسيمات بيتا تلقائيا من العناصر ذات النشاط الاشعاعى .

ولقد وجد أن قيمة الشحنه النوعية $\frac{ش}{ك}$ للاليكترون المستحدث بأى من الطرق السالفة الذكر ثابت مما يدل على أن الاليكترون يدخل فى تكوين جميع الذرات وأن جميع الاليكترونات متماثلة أى لاتتوقف طبيعة الاليكترون على المصدر الذى ينطلق منه .

تجربة ميليكان لتعيين شحنة الاليكترون

يتركب جهاز ميليكان من غرفة (ا) بها صفيحتان متوازيتان ب ، ج تعملان كمكثف كهربائى وبالصفيحة (ب) ثقب د يمكن فتحه أو غلقه . ويوجد بالجهاز رشاش (ن) يمكن بواسطته رش قطرات من الزيت فى الغرفه ا . وبالغرفه فتحتان (ف ، ف) وتتصل الفتحه ف بمضخه تفريغ ، أما الفتحه فَ فتصلة بمانومتر لقياس الضغط داخل الغرفه .

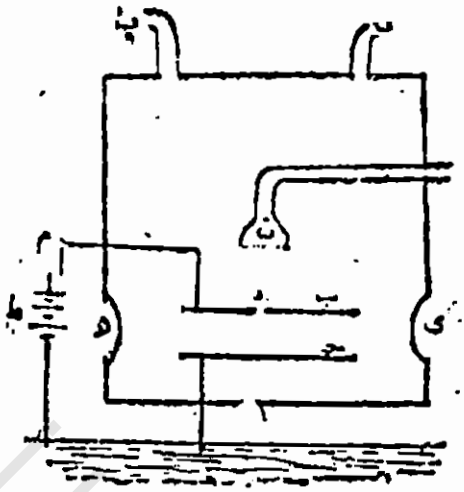
والبدء فى التجربة تفرغ الغرفه ا ، ثم تنقط قطرات من الزيت فى الغرفه من الرشاش (ن) وتمر إحدى القطرات خلال الفتحه (د) التى تقفل بعد ذلك ثم تسلط أشعه اكس على الغاز الموجود بين الصفيحتين فتتحول جزيئات الغاز إلى أيونات تلتصق بقطرات الزيت . وتقاس سرعه هبوط قطرة الزيت للضاءة بشعاع ضوئى يمر من النافذة هـ . وتتناسب سرعه هبوط قطرة الزيت تناسبا طرديا مع قوه الجاذبيه التى تؤثر على الزيت .

$$س_1 = ث_1 \, ك \, ج \quad \ldots \quad (1)$$

حيث ك = كتلة قطرة الزيت

ج = عجلة جاذبيه الأرض

ثم يمرر تيار بين الصفيحتين ، فيولد مجال كهربائى بين الصفيحتين يسبب ارتفاع قطرة الزيت نحو الصفيحه العليا ب .



(شكل ٥)

فاذا كانت جـ = شدة المجال الكهربائى .

ش ن = شحنة أيون الغاز الملتصق بقطر الزيت .

فان القوة المؤثرة المتجهة إلى أعلى = جـ ش ن (٢)

وقوة الجاذبية المتجهة إلى أسفل = ك ج (٣)

وبذلك تكون محصلة القوة المتجهة إلى أعلى = جـ ش ن ـ ك ج (٤)

وتكون السرعة التى تتحرك بها قطرة الزيت إلى أعلى

$$س_{٢} = ث_{١} (جـ ش ن - ك ج) \quad (٥)$$

ومن المعادلتين (١) ، (٥) ينتج أن :

$$\frac{س_{١}}{س_{٢}} = \frac{ك ج}{جـ ش ن - ك ج}$$

أى أن $ش ن = \frac{ك ج}{جـ} \quad \frac{س_{١} + س_{٢}}{س_{٢}}$

وبتكرار تعريض الغاز الذى بين الصفيحتين تمكن ميليكان من تغيير الشحنة التى تكتسبها قطرة الزيت وتمكن ميليكان من تقدير قيمة هـذه الشحنة فوجد أن :

ش ن إما أن تساوى ٤,٧٧٨ × ١٠^-١٠ وحدة اليكتروستاتيكية

أى = ١,٣٩٢ × ١٠^-١٩ كولوم

أو مضاعفات هذه القيمة

وبذلك تكون شحنة الاليكترون هى أصغر قيمة للشحنة ش ن

= ٤,٧٧٨ × ١٠^-١٠ وحدة اليكتروستاتيكية

١ تعيين كتلة الأليكترون :

ويمكن معرفة كتلة الاليكترون من معرفة قيمة $\frac{ش}{ك}$ وقيمة ش

حيث $\frac{ش}{ك}$ = ١,٧٥٨٩ × ١٠^٨ كولوم لكل جرام

ش = ١,٥٩٢ × ١٠^-١٩ كولوم

∴ ك = $\frac{١,٥٩٢ \times ١٠^{-١٩}}{١,٧٥٨٩ \times ١٠^{٨}}$ = ٩,١١ × ١٠^-٢٨ حجم

تقدير كتلة الأليكترون بالنسبة الى كتلة الايدروجين :

كتلة ذرة الايدروجين = $\frac{\text{الوزن الذرى للايدروجين مقدارا بالجرامات}}{\text{عدد الذرات بالجرام الذرى}}$

= $\frac{١,٠٠٨١٣}{\text{عدد افوجادرو}}$

$$\text{ك}_{\text{يد}} = \frac{١,٠٠٨١٣}{٦,٠٢٣ \times ١٠^{٢٣}} = ١,٦٧ \times ١٠^{-٢٤}$$

كتلة الاليكترون $\text{ك}_{\text{د}} = ٩,١١ \times ١٠^{-٢٨}$

$$\therefore \quad \frac{\text{ك}_{\text{د}}}{\text{ك}_{\text{يد}}} = \frac{٩,١١ \times ١٠^{-٢٨}}{١,٦٧ \times ١٠^{-٢٤}} = \frac{١}{١٨٣٦}$$

$$\therefore \quad \text{ك}_{\text{يد}} = ١٨٣٦ \times \text{ك}_{\text{د}}$$

أى أن كتلة الذرة الواحدة من الايدروجين تساوى ١٨٣٦ مرة قدر كتلة الاليكترون وبذلك يتضح أن الاليكترون أخف كثيرا من ذرة الايدروجين التى تعتبر أخف ذرات العناصر .

يحمل الجرام الواحد من أيونات الايدروجين شحنة قدرها ٩٦,٥٠٠ كولوم ومن ثم فان :

$$\frac{\text{ش}_{\text{يد}}}{\text{ك}_{\text{يد}}} \text{ لأيون الايدروجين} = \frac{٩٦,٥٠٠}{١}$$

$$\text{ولكن } \frac{\text{ش}}{\text{ك}} \text{ للاليكترون} = ١,٧٥٨ \times ١٠^{٨}$$

وحيث أن قيمة $\text{ش}_{\text{يد}}$ لأيون الايدروجين تساوى $\text{ش}_{\text{د}}$ للاليكترون مع اختلاف فى العلامة فقط .

$$\text{فان } \frac{\text{كتلة الاليكترون}}{\text{كتلة ايون الايدروجين}} = \frac{١}{١٨٣٦}$$

أى أن كتلة الاليكترون = $\frac{١}{١٨٣٦}$ من كتلة ذرة الايدروجين

نصف قطر الاليكترون :

تمكن طومسون من حساب نصف قطر الاليكترون ووجده مساويا ٢ × ١٠$^{-١٣}$ سم . وحيث أن نصف قطر ذرة أى عنصر تساوى ٢ × ١٠$^{-٨}$ سم تقريبا فان :

$$\frac{\text{نصف قطر الذرة}}{\text{نصف قطر الاليكترون}} = \frac{٢ \times ١٠^{-٨}}{٢ \times ١٠^{-١٣}} = ١٠٠,٠٠٠$$

أى أن نصف قطر الذرة = ١٠٠,٠٠٠ مرة قدر نصف الاليكترون ومن هذه العلاقة نستنتج أن حجم الاليكترون صغير جدا بالنسبة إلى حجم الذرة .

الاشعة الموجبة The Positive Rays

ثبت لنا حتى الآن أن الاليكترونات تكون الجزء السالب فى الذرة ، ولما كانت الذرة متعادلة من الناحية الكهربية فمن المحتم أن يوجد بالذرة مركز للشحنة الموجبة تساوى فى كميتها الشحنة السالبة .

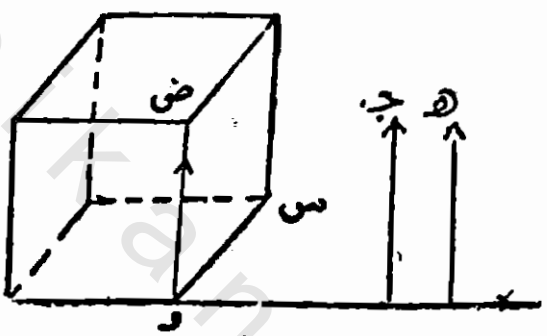
ولقد لاحظ جولدشتين أنه لو كان المهبط فى أنبوبة أشعة الكاثود مثقبا فان أشعة ملونة وصادرة من جهة القطب الموجب تمر خلال ثقوب المهبط وتسبب وميضا على جدار الانبوبة خلف المهبط .

وقام طومسون بتعريض شعاع ضيق من هذه الأشعة لمجال مغناطيسى ومجال كهربائى فانحرفت الأشعة فى اتجاه عكس انحراف أشعة المهبط مما يدل على أنها دقائق موجبة التكهرب

تحليل الاشعة الموجبة واكتشاف النظائر : Positive Ray Analysis

بعد أن مرر طومسون جزمة ضيقة من الأشعة الموجبة خلال المهبط المثقوب استخدم مجالين متوازين (أحدهما كهربى والآخر مغناطيسى) متعامدين مع اتجاه مسار الأشعة الموجبة ، ثم أدخل الأشعة فى غرفة مخلخلة حيث تسجل الأشعة الموجبة على لوحه فوتوغرافيه .

باستخدام مجال كهربى متجانس شدته (جـ) تنحرف الأشعة الموجبة من و إلى س فى اتجاه المحور الصادى .



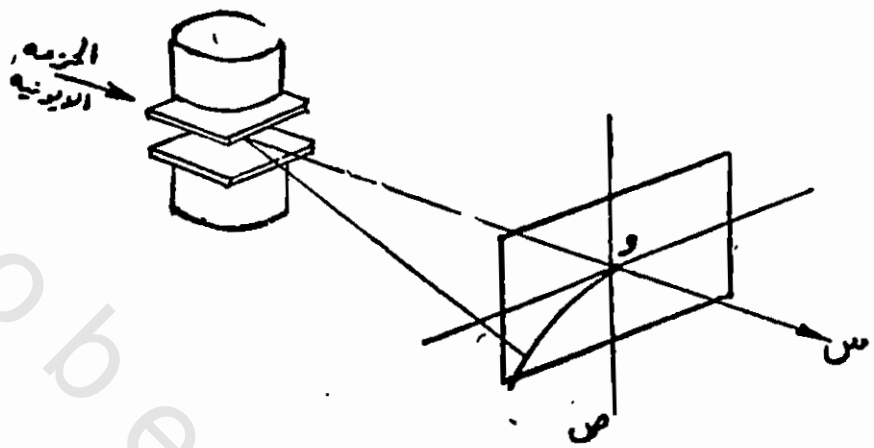
(شكل ٧)

ومقدار الانحراف الكهربى $\overline{\text{س}} = \text{ث}_1 \frac{\text{جـ ش}}{\text{ك س}^2}$ ... (١)

حيث ش ، ك ، س هى على التوالى شحنة وكتلة وسرعه الجسيم الموجب التكهرب وحيث ث_1 = ثابت .

وباستخدام مجال معناطيسى شدته (هـ) تنحرف الأشعة من و إلى س فى اتجاه المحور السينى (أى فى اتجاه عمودى على كل من اتجاه المجال المغناطيسى واتجاه الشحنة الموجبة طبقا لقاعدة فلمنج) .

ومقدار الانحرا المغناطيسى $\overline{\text{س}} = \text{ث}_2 \frac{\text{هـ ش س}}{\text{ك س}^2}$



(شكل ٧)

$$\text{ث}_{٣} = \frac{\text{هـ ش}}{\text{ك س}} \qquad \ldots (٢)$$

وباستخدام المجال الكهربائى والمغناطيسى فى آن واحد فان الانحرافين $\overline{\text{س}}$ ، $\overline{\text{ص}}$ يرتبطان بالمعادلة .

$$\overline{\text{ص}} = \frac{\text{ث}_{١}}{\text{ث}_{٢}^{٢}} \times \frac{\text{جـ}}{\text{هـ}_{٢}} \times \frac{\text{ك}}{\text{ش}} \overline{\text{س}}^{٢} \qquad \ldots (٣)$$

وإذا ثبتت قيمة كل من المجال الكهربائى (جـ) والمجال المغناطيسى (هـ) فان الجسيمات الموجبة التى تتماثل فى شحنتها النوعية $\frac{\text{ش}}{\text{ك}}$ وتختلف فى سرعتها (س) ترسم المنحنى المكافىء ا ا الذى يمكن تمثيله بالمعادلة :

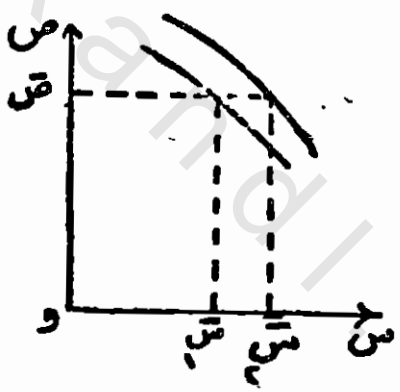
$$\overline{\text{ص}} = \text{ث}\ \overline{\text{س}}^{٢} \qquad \ldots (٤)$$

حيث ث = قيمة ثابتة .

ويتضح من المعادلتين (١) و (٢) ان الانحراف يصغر كلما ازدادت سرعة

الجسيم الموجب ويكبر كلما نقصت سرعته وعلى ذلك فان سلسلة النقط التى تكون المنحنى المكافىء ا آ تمثل جسيمات موجبة متماثلة فى شحنتها النوعية $\frac{ش}{ك}$ ولكنها مختلفة فى سرعتها .

وإذا وجدت فصيلتان من الجسيمات الموجبة متشابهتان فى شحنتيهما (ش) ومختلفتان فى كتلتيهما (ك) لسجلت اللوحة الفوتوغرافية قطعين متكافئين . ونظرا لأن قيمة كل من الانحراف المغناطيسى والكهربائى تقل بزيادة كتلة الجسيم الموجب فان منحنى الجسيمات الثقيلة لابد وأن يقع تحت منحنى الجسيمات الخفيفة .



(شكل ٨)

ويمكن إيجاد النسبة بين كتل الجسيمات بايجاد العلاقة بين انحرافيهما المغناطيسيين المقابلين لانحراف كهربائى واحد كما يلى :

$$\frac{}{ص_{١}} = \frac{}{س_{١}^{٢}} \times \frac{ك_{١}}{ش} \times \frac{جـ}{هـ_{٢}} \times \frac{ث_{١}}{ث_{٢}} \quad \ldots (٥)$$

$$\frac{}{ص_{١}} = \frac{}{س_{٢}^{٢}} \times \frac{ك_{٢}}{ش} \times \frac{جـ}{هـ_{٢}} \times \frac{ث'_{١}}{ث_{٢}} \quad \ldots (٦)$$

$$\therefore \frac{ك_١}{ك_٢} = \frac{\overline{س_٢}^{٢}}{\overline{س_١}^{٢}} \quad \ldots (٧)$$

فاذ $ك_١ \overline{س_١}^{٢} = ك_٢ \overline{س_٢}^{٢}$

ويتضح من المعادلة(٧) أنه إذا علمت كتلة أحد الجسيمات الموجبة لأمكن تعيين كتل الجسيمات الموجبة الأخرى . وبذلك أمكن تقدير الشحنة، والشحنة النوعية وكتلة الجسيمات الموجبة .

نتائج تحليل الأشعة الموجبة :

١ ـ تدل نتائج التحليل على أن الشحنة النوعية $\frac{ش}{ك}$ تتوقف على طبيعة الغاز الموجود فى أنبوبة التفريغ ويدل ذلك على أن طبيعة الأشعة الموجبة تختلف باختلاف الغاز الموجود فى أنبوبة التفريغ .

شكل ٩

٢ ـ وبتقدير شحنة وكتلة الجسيمات المكونة للاشعة الموجبة وجد أنها أثقل بكثير من الاليكترونات وأنها عبارة عن ذرات أو جزئيات فقدت واحدا أو أكثر من اليكتروناتها إثر إصطدامها بأشعة المهبط المنطلقة بسرعة فائقة من الكاثود ويمكن تمثيل تكوين بعض الايونات الموجبة بالمعادلات الآتية .

$$يد_٣ \quad — \quad د \longrightarrow \quad يد_٣^{+}$$

$$يد \quad — \quad د \longrightarrow \quad يد^{+}$$

$$ا — \quad د \longrightarrow \quad ا^{+}$$

$$ا — ٢د \longrightarrow \quad ا^{++}$$

$$ا_{٢} — \quad د \longrightarrow \quad ا_{٢}^{+}$$

٣ ـ ولقد وجد أن أخف الايونات الموجبة التى أمكن اكتشافها هى أيون الايدروجين وكتلته ١٫٠٠٧٣ وتقارب كثيرا كتلة ذرة الايدروجين وقد أطلق عليها اسم البروتون . ونظرا لما لوحظ من كثرة ظهوره فى التفاعلات النووية المختلفة فقد أدى ذلك إلى الاعتقاد بأن البروتونات توجد كوحدة بنائية رئيسية فى جميع الذرات .

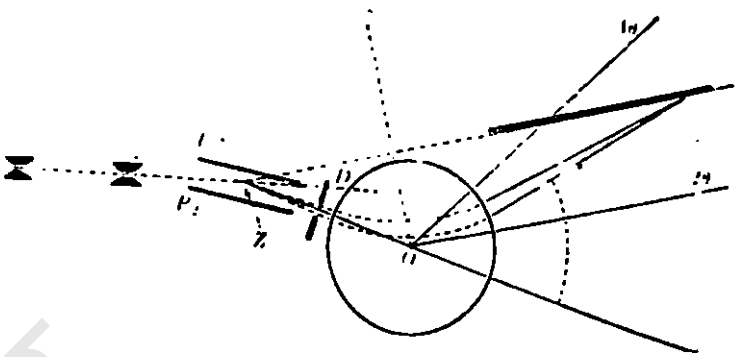
٤ ـ وكان أروع اكتشافات طومسون أنه عند استخدامه لغاز النيون ذو الوزن الذرى ٢٠٫٢ كمصدر للاشعة الموجبة ، ظهر على اللوحة الفوتوغرافية قطعان مكافآن يدلان على احتمال وجود نوعين من ذرات النيون تبلغ أوزانها الذرية ٢٠ ، ٢٢ على التوالى وأن الذرات الثقيلة توجد بنسبة ١٠٪ فى المخلوط .

مطياف الكتلة لاستون Aston Mass Spectrograph

للتأكد من احتمال وجود نوعين مختلفين من ذرات النيون ، قام آستون Aston بادخال تحسينات عديدة على جهاز طومسون فأصبح الجهاز من الدقة بحيث أمكن استخدامه لمعرفة كتلة كل من النظائر المختلفة والنسبة المئوية لكل منها فى العنصر الكيميائى .

ويتكون مطياف آستون من الجهاز المبين فى الشكل (١٠) .

تخرج الأشعة الموجبة من حجرة التأين على شكل شريط رفيع وذلك بالاستعانة بالفتحتين ف$_{١}$ ، ف$_{٢}$ ثم تمر الأيونات بين الصفحتين ص$_{١}$ ، ص$_{٢}$ فتنحرف الأشعة الموجبة نحو الصفيحة السالبة إلى أسفل وتفرز إلى مجموعات



(شكل ١٠)

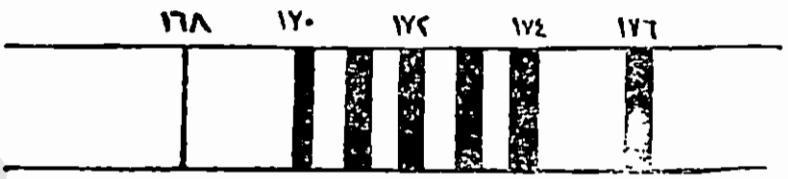
مختلفة تحتوى كل منها على أيونات موجبة متماثلة فى شحنتها النوعية $\frac{ش}{ك}$

فاذا فرضنا أن جميع الوحدات الموجبة ذات شحنة واحدة فان المجال الكهربائى يقوم بفرز الأيونات الموجبة إلى مجموعات كل مجموعة منها ذات كتلة واحدة وبذلك نحصل على طيف الكتلة وباستخدام المغاطيس القوى (م) ينعكس اتجاه الأشعة الموجبة المفروزة بحيث يقع على لوحة فوتوغرافية ل فتظهر المجموعات المختلفة على شكل خطوط ويدل كل خط على أحد نظائر العنصر الموضوع تحت الاختبار كما أنه بقياس شدة الخطوط يمكن معرفة النسب المئوية لكل من نظائر العنصر .

ولقد نجح مطياف آستون من تأكيد وجود نظيرين لغاز النيون تبلغ أوزانها الذرية ٢٠ ، ٢٢ على التوالى . كما أكد المطياف أن لكثير من العناصر الخفيفة والعناصر المشعة نظائر مختلفة فى أوزانها الذرية ولكنها متماثلة فى صفاتها الكيميائية .

ولقد أطلق آستون على هذه الظاهرة اسم « قاعدة العدد الصحيح » وبذلك فسرت تجارب استون حيود الأوزان الذرية لبعض العناصر عن قاعدة العدد الصحيح وأرجعتها إلى تكوين كل عنصر من خليط من النظائر

كل منها تساوى عددا صحيحا ، ويوجد كل منها بنسبة مئوية مختلفة .



نظائر عنصر الايتربيوم (شكل ١١)

فغاز النيون ذو الوزن الذرى ٢و٢٠ يتكون من نظيرين أوزانها الذرية ٢٠ر٢٢ والنسبة المئوية لكل منها تساوى ٩٠ ، ١٠ على التوالى .

ويوضح الجدول التالى نظائر بعض العناصر والوزن الذرى لكل نظير .

العنصر	العدد الذرى	الوزن الذرى	أوزان النظائر
يد	١	١و٠٠٨	٢ ، ١
هى	٢	٤و٠٠٣	٤ ، ٣
لى	٣	٦و٩٤٠	٧ ، ٦
ب	٥	١٠و٨٢	١١ ، ١٠
ن	٧	١٤و٠٠٨	١٥ ، ١٤
نى	١٠	٢٠و٨٣	٢٢ ، ٢١ ، ٢٠
مغ	١٢	٢٤و٣٢	٢٦ ، ٢٥ ، ٢٤

وبا كتشاف النظائر أصبح فرض نظرية دالتون « الذى ينص على أن كتله جميع ذرات العناصر متماثلة » غير مقبول كما أصبح لزاما علينا ان نضع جميع نظائر العنصر فى خانة واحـــدة من الجدول الدورى نظرا لما بينها من تشابه كيميائى وثيق .

انحراف أشعة بيتا عند تصادمها بالصفائح المعدنية :

تتكون أشعة بيتا من الكترونات تنطلق من المواد المشعة بسرعة تتراوح بين ٣ إل ٩و٠ من سرعة الضوء .

ولقد لوحظ أنه إذا سقطت حزمة متوازية من أشعة بيتا على صفيحة معدنية رقيقة من الالمنيوم أو الذهب، فانها تخرج منحرفة عن مسارها الأصلى ولقد عزى ذلك إلى التنافر بين اليكترونات أشعة بيتا والاليكترونات التى تدخل فى تركيب ذرة عنصر الصفيحة المعدنية المستخدمة .

وبقياس هذا الانحراف أمكن تعيين عدد الاليكترونات الموجودة فى ذرة العنصر ولقد وجد أنها تقدر تقريبا بنصف الوزن الذرى للعنصر .

وحيث أن الوزن الذرى لعنصر الالمنيوم = ٢٧ .

وأن عدد الالكترونات فى ذرة الالمنيوم = ١٣ .

فان $\frac{\text{وزن الاليكترونات الموجودة فى ذرة الالمنيوم}}{\text{وزن ذرة الالمنيوم}} = \frac{١٣}{٢٧ \times ١٨٣٨} = \frac{١}{١٨٣٨}$

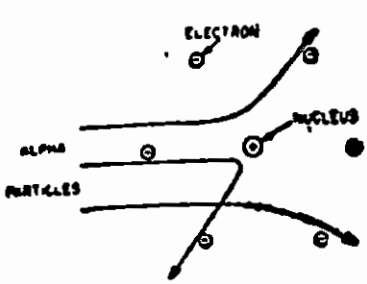
وعليه فان وزن الاليكترونات الموجودة فى ذرة الالمنيوم ضئيل جدا بالقياس إلى وزن ذرة الالمنيوم . ويستدل من ذلك أن وزن الذرة يتركز فى جزئها الموجب التكهرب .

تشتت أشعة ألفا عند اصطدامها بالصفائح المعدنيه الرقيقة :

سلط جيجر ومارسدن فيضا من جسيمات ألفا (وهى أيونات عنصر الهليوم ذات شحنتين كهربائيتين موجبتين) على صفائح معدنية بالغة الرقة ، مثل لوح من الذهب سمكه ٠٫٠١ مم فوجد :

١ ـ ان معظم جسيمات ألفا تسير فى خطوط مستقيمة ، أى أن جسيمات ألفا تمر خلال الصفيحة المعدنية دون أن تعانى أى انحراف يذكر .

٢ ـ أن عددا قليلا من جسيمات ألفا تحيد بدرجة ضعيفة .



(شكل ١٢)

٣ — من كل عشرين ألف جسيم من جسيمات ألفا ينعكس مسار جسيم واحـــد .

٤ — يتناسب عدد جسيمات ألفا المنعكسة مع سمك الصفيحة المعدنية ، وبزيادة الوزن الذرى لمادة الحاجز .

النظرية النووية لراذرفورد

استعان راذرفورد بالنتائج التى حصل عليها جيجر ومارسدن لوضع أساس للنظرية النووية التى يمكن استخلاصها بالطريقة التالية :

(١) حيث أن وزن جسيم ألفا يبلغ أربعة أمثال وزن ذرة الايدروجين ، وبالتالى أكثر من سبعة آلاف مرة قدر وزن الاليكترون ، فلا يمكن أن يسبب التصادم بين جسيمات الفا والاليكترونات الموجودة فى ذرة العنصر انحرافا يذكر فى مسار جسيمات ألفا .

(٢) ويدل ارتداد جسيم واحد من كل ٢٠٠٠٠ من جسيمات ألفا على أن هذه الجسيمات قد نفذت فى قلب الذرة حيث صادفهـا جسم ثقيل نسبيا ومشحون بشحنة موجبة كبيرة فسبب التنافر الناجم بينهما ارتدادها .

٣ ـ كما يدل مرور معظم جسيمات ألفا خلال صفائح المعـدن دون أن يعتريها أى انحراف يذكر على أن الجزء الثقيل الموجب التـكهرب لابد وأن يكون مركزا فى جزء صغير جدا من الذرة أطلق علية اسم «النواة» .

٤ ـ وبتطبيق قانون التربيع العكسى لكولوم على التنـــافر بين النواة وجسيمات ألفا المرتدة تمكن رذرفورد من تقدير الشحنة الموجبة التى تحملها النواة . وبحساب تلك الشحنة لعدد من العناصر وجد أنها تساوى تقريبا نصف الوزن الذرى ، أى بمعنى آخر تساوى عدد الالكترونات بالذرة كما حسبت من قبل باستعمال أشعة بيتا .

ولقد تمكن رذرفورد من تقدير قطر النواة لذرة الحاجز تقديرا تقريبيا . نفرض أن جسيما من جسيمات الفا كتلته (ك) وشحنته (٢ ش$_د$) يسير بسرعة (ع) نحو نواه ذره الحاجز التى تحمل شحنة موجبة (ز ش$_د$) وكلما اقترب جسيم الفـــا من النواة ازدادت قوة التنافر الكهربى بينهما ($\frac{٢ش_د \times زش_د}{ف^٢}$) وعلى بعد معين (ف) بين مركز نواة جسيم الفـــا ومركز نواة الحاجز تتســـاوى طاقة التنافر الكهربى ($\frac{٢ \ ز \ ش_د^٢}{ف}$) وطاقة الحركه لجسيمات الفا ($\frac{١}{٢}$ ك ع^٢) وعندئذ ينعكس مسار جسيم الفا ، أى تنحرف بزاوية قدرها ١٨٠° . وفى هذه الحالة يكون

$$\frac{١}{٢} ك ع^٢ = \frac{٢ \ ز \ ش_د^٢}{ف} \quad \ldots (١)$$

$$\therefore ف = \frac{٤ \ ز \ ش_د^٢}{ك ع^٢} \quad \ldots (٢)$$

حيث ش$_د$ = الشحنه الاليكترونيه = ٤٫٨ × ١٠$^{-١٠}$ وحدة اليكتروستاتيكية

ك = كتلة جسيم الفا = كتلة ذرة الهيليوم

$$= \frac{\text{الوزن الذرى للهيليوم}}{\text{عدد الذرات فى ١ جم ذرى}} = \frac{٤}{٦٫٠٢ \times ٢٣_{١٠}}$$

ع = متوسط سرعة جسيم الفا = ١,٥ × ١٠^٩ سم / ثانية

فاذا كان الوزن الذرى لعنصر الحاجز (= ٤٠) فان عدد الشحنات الموجبة فى نواته (ز = ٢٠) . بالتعويض عن قيم ز ، ش ، ك ، ع فى المعادلة (٢) وجد أن ف تساوى تقريبا ١٠^-١٢ سم . نستنتج من ذلك أن نصف قطر نواة الحاجز يجب أن يقل عن ١٠^-١٢ سم ، وأن يتراوح بين ١٠^-١٢ — ١٠^-١٣ سم .

وبدراسه تشتت النيوترونات ذات الطاقة العاليه أمكن إيجاد علاقه بين نصف قطر النواة (نق) ورقم كتلتها (ا) :

(ا) = عدد البروتونات + عدد النيوترونات

نق = ١,٥ × ١٠^-١٣ √ا

وبناء على ذلك يتراوح نصف قطر نواة الذرة بين ١,٥ × ١٠^-١٣ سم للايدروجين ٩,٣ × ١٠^-١٣ لليورانيوم

ويبلغ حجم نواة اليورانيوم ٣,٤ × ١٠^-٣٦ سم^٣

وحيث أن متوسط نصف قطر الذرة يساوى ١٠^-٨ سم ، وأن الذرة تتكون من نواة نصف قطرها = ١٠^-١٣ سم ومن اليكترونات يبلغ نصف قطر كل منها ٢ × ١٠^-١٣ سم ، فان الذرة تكاد تكون فراغا . ولقد قدر حجم النواة والاليكترونات بذرة الكالسيوم التى تحتوى على ٢٠ بروتونا ، ٢٠ اليكترونا فوجد أنها تشغل حجما ضئيلا جدا (١٠^-٣٦ سم^٣) بالنسبة إلى حجم الذرة (١٠^-٢٤ سم^٣)

ويمكن تلخيص نظرية رذرفورد فيما يلى :

١ ـ تتألف ذرة أى عنصر من نواه صغيرة جدا تقع فى مركز الذرة.

٢ ـ تتركز فى النواة الشحنات الموجبة وكتلة الذرة .

٣ ـ الشحنات الموجبة على النواة تساوى الشحنات السالبة للاليكترونات وبذلك تصبح الذرة متعادلة من الناحية الكهربية .

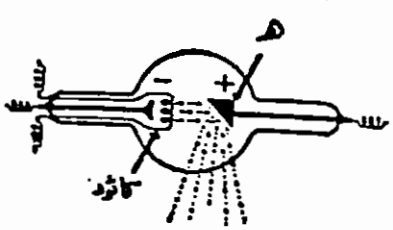
٤ ـ تكاد الذرة أن تكون فراغا لأن حجم النواة الموجبة صغير جدا بالنسبة للحجم الكلى الذى تشغله الذرة .

٥ ـ تحيط بالنواة على أبعاد كبيرة نسبيا الكترونات سالبة التكهرب تدور فى مدارات خاصة .

الاشعة السينيه وقانون موزلى X-Rays—Mosley's

فى سنة ١٨٩٥ اكتشف رونتجن أنه عندما تصطدم أشعة المهبط بجدران أنبوبة التفريغ تنطلق اشعاعات ذات قوة نفاذ كبيرة ، تسود لوحة فوتوغرافية علاوة على أن لها القدرة على احداث تأين فى الغازات . ولغموض طبيعة أشعة رونتجن اطلق عليها اسم اشعة اكس .

ويمكن تكوين أشعة اكس عندما تصطدم الاليكترونات السريعة الحركة بهدف معدنى.



شكل ١٢

وأهم خواص أشعة اكس

١ ـ تسبب أشعة اكس توهج Luminescence جدران أنابيب التفريغ وتحدث هذه الظاهرة بشدة فى عدة مركبات كيميائية مثل بلاتينو سيانيد الباريوم Barium platinocyanide وكبريتيد الزنك وسيليكات الزنك .

تؤثر أشعة اكس على الالواح الفوتوغرافية .

٣ ـ تحول أشعة اكس جزيئات الغازات إلى أيونات .

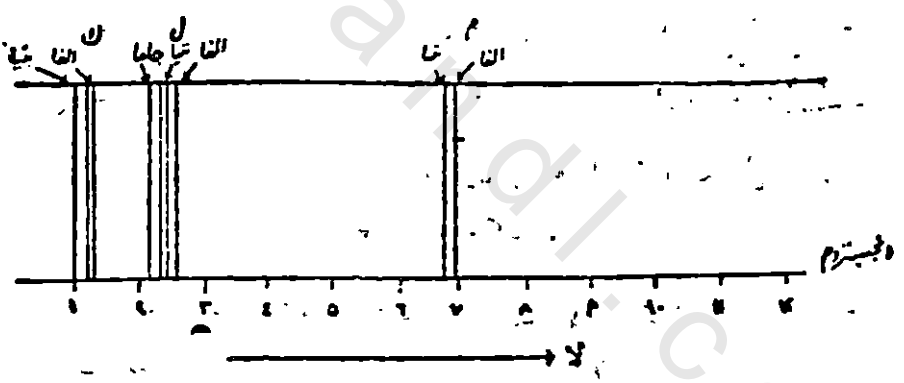
٤ ـ يزداد امتصاص أشعة اكس بازدياد الوزن الذرى للعنصر .

٥ ـ لا تتأثر أشعة اكس بالمجالات الكهربائية أو المجالات المغناطيسية

٦ ـ تحيد أشعة اكس وتستقطب عند مرورها فى المركبات البلورية .

وقد دل ذلك على أن أشعه اكس ما هى إلا موجات كهرومغناطيسية كالضوء العادي ولكن طول موجة هذه الأشعة أصغر بكثير من طول موجة الضوء العادى .

طيف اشعة اكس X-Rays-Spectra



شكل ١٤

وعند فحص الاشعاع السينى الناتج من اصطدام أشعة الكاثود العنصر المختلفة والمستخدمه كهدف فى أنابيب أشعه اكس وجدأنه يتكون من نوعين مميزين من الطيف .

١ ـ طيف مستمر Continuous Spectrum

٢ ـ طيف خطى مميز وينطبق على الطيف المستمر . ويعرف هذا الطيف بالطيف السينى المميز لأنه يميز العنصر المستعمل كهدف فى أنبوبة أشعه اكس .

وينقسم الطيف الخطى السينى إلى مجموعات حسب أطوال موجات الأشعة. ولقد سميت هذه المجموعات بالطيف ك ، ل ، م ، ن على التوالى

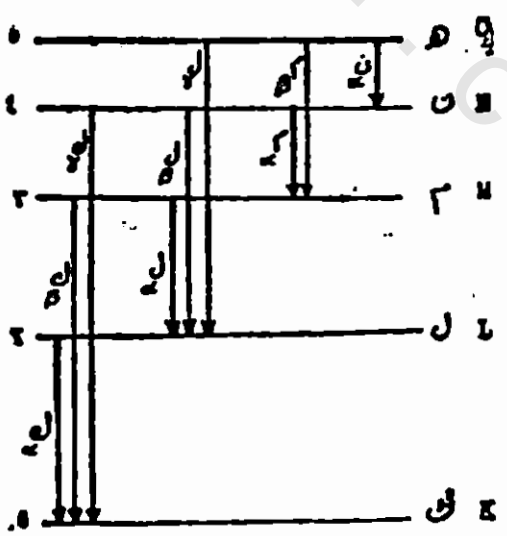
ويتكون كل طيف من عدة خطوط ويشمل الطيف ك على الخطوط $ك_{\alpha}$ ، $ك_{\beta}$ ، $ك_{\gamma}$ ، $ك_{\delta}$ وبالمثل يتكون طيف ل من الخطوط $ل_{\alpha}$ ، $ل_{\beta}$ $ل_{\gamma}$ ، $ل_{\delta}$

قانون موزلى Moselely's Rays

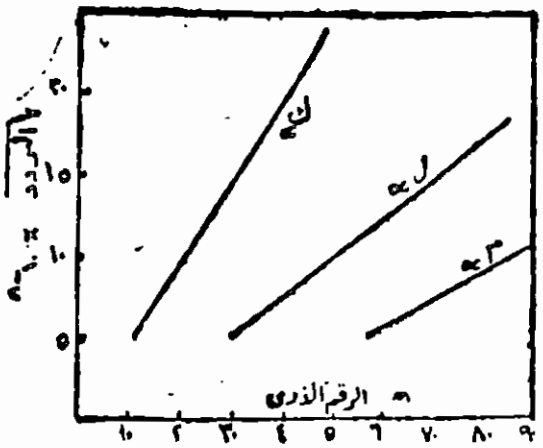
وفى عام ١٩١٤ اكتشف موزلى أن الجذر التربيعى لتردد خطوط $ك_{\alpha}$ ، $ل_{\alpha}$ ، لجميع العناصر يتناسب تناسبا طرديا مع اعدادها الذرية ويمكن توضيح ذلك بالمعادلتين التاليتين :

$$\sqrt{ت} = \sqrt{\frac{3}{4} ر} \ (ز - ١) \quad \ldots (١)$$ لخطوط $ك_{\alpha}$

$$\sqrt{ت} = \sqrt{\frac{5}{32} ر} \ (ز - ٧,٤) \quad \ldots (٢)$$ لخطوط $ل_{\alpha}$



شكل ١٥



شكل ١٦

ويتبين من المعادلتين السابقتين أن الجذر التربيعي لتردد خطوط كα للعناصر المتتاليه يزداد بقيمة ثابتة ولقد أوضح موزلى أن ذلك يعـــود إلى زيادة منتظمة فى عدد الشحنات فى نواه الذرة بازدياد عددها الذرى .

وحيث أن عدد الاليكترونات بالذرة = عدد الشحنات الموجبه بنواة الذرة = تقريبا نصف الوزن الذرى ، وأن الوزن الذرى للعناصر المتتاليه يزداد بوحدتين تقريبا فقد استنتج موزلى أن عدد الاليكترونات بالذرة يساوى عددها الذرى اى يساوى عدديا رقم العنصر بالجدول الدورى، وبذلك تحتوى ذرة الأيدروجين على اليكترون واحد (وشحنته موجبه واحدة بالنواة) ، وتحتوى ذرة الهيليوم على اليكترونين (وشحنتين موجبتين بالنواة) وتحتوى ذرة الكالسيوم على ٢٠ اليكترونا (وعشرين شحنة موجبة بالنواة) وهلم جرا ، ويمكن التعبير عن العدد الموجى لخطوط كα ، لα لجميع العناصر بالمعادلتين الآتيتين على التوالى .

$$د = ر\left(\frac{١}{٢_١} - \frac{١}{٢_٢}\right)(ز - ١)^٢ \quad \ldots \quad (٣ - ١) \text{ لخطوط } كα$$

$$د = ر\left(\frac{١}{٢_١} - \frac{١}{٢_٣}\right)(ز - ١)^٢ \quad \ldots \quad (٣ - ٢) \text{ لخطوط } كα$$

$$\bar{د} = ر\left(\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٢^{٣}}\right)(ز - ٧{,}٤)^{٣} \ldots (٤ - ١)\ \text{لخطوط}\ ل_{\alpha}$$

$$\bar{د} = ر\left(\frac{١}{٢^{٢}} - \frac{١}{٢^{٤}}\right)(ز - ٧{,}٤)^{٢} \ldots (٤ - ٢)\ \text{لخطوط}\ ل_{\beta}$$

وبمقارنة هذه المعادلات بمعادلات بوهر لطيف ذرة الايدروجين والايونات الشبيهة له ، يتضح التشابه بين خطوط الطيف الضوئى وخطوط الطيف السينى لأنه يمكن التعبير عن تردد الخطوط فى كلا الحالين كالفرق بين حدين .

وكان كوسل Kossel أول من استخدم نظرية بوهر لتفسير منشأ طيف اكس ، فمن المعلوم أنه يمكن توزيع الاليكترونات بأى ذرة على مستويات طاقتها (أو أغلفتها) ك ، ل ، م ، ن ، ...

ويتميز غلاف ك (K) بالعدد الكمى الرئيسى ن = ٢

ويملأ باليكترونين ،

» » ل (L) » » » ن = ٢

ويسع ثمانية اليكترونات ،

» » م (M) » » » ن = ٣

ويسع ١٨ اليكترونا ،

» » ن (N) » » » ن = ٤

ويسع ٣٢ اليكترونا ،

وتتقارب طاقية الكترونات للموجودة بنفس الغلاف ، وتزداد طاقة الاليكترون بازدياد عدده الكمى الرئيسى (ن) أى كلما ابتعد غلاف الاليكترون عن النواة .

وللحصول على خطوط ك تكتسب الذرة إثر اصطدامها بأشعة الهبط ،

طاقة كافية لانطلاق أحد الاليكترونات من الغلاف ك ، وينتقل الاليكترون المثار إلى أحد الأغلفة الخارجية التى تعانى نقصا فى عدد اليكتروناتها . ويمكن ملىء غلاف ك ثانية بانتقال أحد الاليكترونات من أحد الأغلفة الخارجية إلى غلاف ك . وتبين المعادلة (٣) بمقارنتها بمعادلة بواهر (صفحة ٧١ معادلة ٦) أن الخط الأول ك α ينتج عند انتقال اليكترون من الغلاف الثانى (ن = ٢) إلى الغلاف الأول (ن = ١) ، وينتج الخط الثانى كβ عند انتقال اليكترون من الغلاف الثالث (ن = ٣) إلى الغلاف الأول (ن = ١) وينتج الخط الثالث كγ عند أنتقال اليكترون من الغلاف الرابع ن = ٤) إلى الغلاف الأول (ن = ١) ...

وبالمثل تنتج مجموعة ل وهى لα ، لβ ، لγ ، لδ ، ...

عند انتقال اليكترون من الغلاف الثالث ، والرابع ، والخامس ، ... على التوالى إلى الغلاف الثانى .

فائدة قانون موزلى :

طبقا لقانون موزلى يتناسب الجذر التربيعى لتردد أحد خطوط المجموعة الطيفية تناسبا طرديا مع العدد الذرى ولكل عنصر مجهول فى الجدول الدورى فراغ معين فى تسلسل الجذر التربيعى لتردد الخطوط الطيفية وبتعيين الجذر التربيعى لأحد الخطوط المميزة فى احد المجموعات الطيفية أمكن أكتشاف العناصر المجهولة فى الجدول الدورى .

وحيث أن معظم الخواص الطبيعية والكيميائية تعتمد على عدد الاليكترونات (أى العدد الذرى) وتوزيعها فى الذرة فانه بات من الأفضل ترتيب العناصر وفقا لأعدادها الذرية بدلا من اوزانها الذرية ويفسر ذلك صحة انعكاس وضع العناصر فى الأزواج الأربع : الأرجون ـ البوتاسيوم ، الكوبلت ـ النيكل ، التيلور ـ اليود ، الثوريوم ـ البروتو اكتينيوم .

نتائج تشادويك عن تشتت أشعه ألفا :

وفى عام ١٩٢٠ أجرى تشادويك تحسينات على تجارب رذرفورد وتمكن من حساب عدد الشحنات الموجبة بنواة النحاس ، والفضة،والذهب ، فوجد أنها تبلغ ٢٩,٣ ، ٤٦,٣ ، ٧٧,٤ وحدة على التوالى. ويتراوح الخطأ فى هذه النتائج بين ١ — ٢ ٪ وتتفق هذه الاعداد مع الاعداد الذرية لهذه العناصر وهى ٢٩ ، ٤٧ ، ٧٨ على التوالى .

وقد تأيدت هذه النتائج بنتائج كثير من البحاث ويمكننا أن نلخص نتائج رذرفورد وموزلى وتشادويك فى العبارة الآتية :

« عدد الشحنات الموجبة بنواة الذرة = عدد الاليكترونات التى تدور حول نواة الذرة = العدد الذرى للذرة » .