ثانيًا : إلكترونات غلاف الذرة

4 ذرة الهيدروجين

1.4 الغازات المشعة

في القسم 2 تكلمنا عن الـChatted Ray، أي الأنبوب المولد للإلكترونات المتحركة بين لوحتيه. وهنا نقول: لما يوجد في هذا الأنبوب غاز أيًّا كان نوعه وموجود تحت ضغط معروف مقداره بقدرة ضغط يساوي 1.Torr واحد، يشع هذا الغاز بلون من الألوان حسب الغاز الموجود في الأنبوب، بإشعاع محدد طول موجته المعطاة بحرف λ ، وكذلك بتردد ν. ولشرح عملية بادرة إنتاج هذا الإشعاع: هي أن الإلكترونات المحررة أو المنبية من لوحة الـAnode في أنبوب Chatted Ray تصطدم حسب سرعتها بقوة مع ذرات أو جزئيات الغاز الموجودة في الأنبوب، وتطرد حسب طاقتها بعض الإلكترونات من موضعها من غلاف ذرات الغاز، ولما تعود أو ترجع إلكترونات الذرة هذه بطاقة حرة إلى مركزها الأساسي تتحول هذه الطاقة الحرة إلى إشعاع ضوئي، وهذه العملية تحدث في غلاف الذرة في آخر الطبقات الخارجية لغلاف الذرة.

2.4 تطبيقية بور Bohr Postulate

إن الفيزيائي روثرفوردRutherford ترك في نموذجه للذرة عدة أسئلة بدون جواب، منها وأهمها: كيف ينظم وجود الإلكترونات حول نواة الذرة ؟ ولكن هذا لم يترك نقطة انطلاق لتفهم كيفية التماشي التكنولوجي الفيزيائي لبروز ولإنتاج الإشعاع الكمي، إلى أن جاء الجواب في سنة 1913 من الفيزيائي الدانمركي Niels Bohr الذي دمج فكرة روثرفورد الأساسية كنموذج مع حدث الكم العلمي لبلنك Planck، ووجد لهذا الدمج العلمي فكرة مرشدة لعملية الدمج التطبيقية سميت: Bohr Postulate منها:

1 . Bohr Postulate الأولى التي تقول:

بتفكير بور بوجود حول كل ذرة عديد من الحالات الخاصة، أي مسار مهود

دائرة للإلكترونات، ومنها هنا الحالة التي نستطيع أن نسميها المهد المحليStationary، الذي هو بدون إشعاعات. وفي كل حالة في هذا المحيط موجودة طاقة خاصة تساوي E_n، ونصف أقطار هذه المهود r_n .. Radian متعلق بالشروط العلمية التالية:

$$2\pi m_e r_n v_r = nh \text{ or } 2\pi m_e r_n^2 \omega_r = nh$$

وشروط هذه الاصطلاحات أتت من النظرية التالية لو فكرنا في أن الإلكترون يدور حول مهد دائرة عدد موجاتها يساوي n، بطول موجة تساوي λ ، وهذه الحالة تساوي المعادلة التالية:

$$2\pi r_n = n.\lambda$$

وإذا وضعنا مكان طول الموجة λ طول موجة De Borgelie للإلكترون، حصلنا على المعادلة التالية:

$$2\pi r_n = n \cdot h / m_e v = 2\pi m_e v r_n = nh$$

Bohr Postulate . 2

وفي حالة الانتقال من هذه الحالة أي E_n إلى حالةE_m يتبع بسرعة إرسال والتقاط كم ضوئي بطاقة تساوي$E = h.\nu$، ولهذا يتبع شروط تردد أو ذبذبة بور المساوية المعادلة التالية:

$$\text{Bohr Frequency } E_m - E_n = h.\nu$$

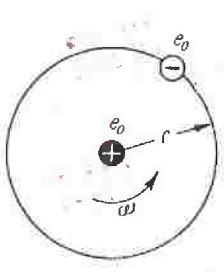
وهنا ظهر بأنه يوجد بين النواة والإلكترونات المحيطة بها والدائرة حولها قدرة جذب إلكتروستاتيسكية جاذبة بين النواة والإلكترونات، التي تعرف بقانون Coulomb المساوية المعادلة التالية:

$$P = 1 / 4\pi.\varepsilon_0 \cdot e.e/r^2$$

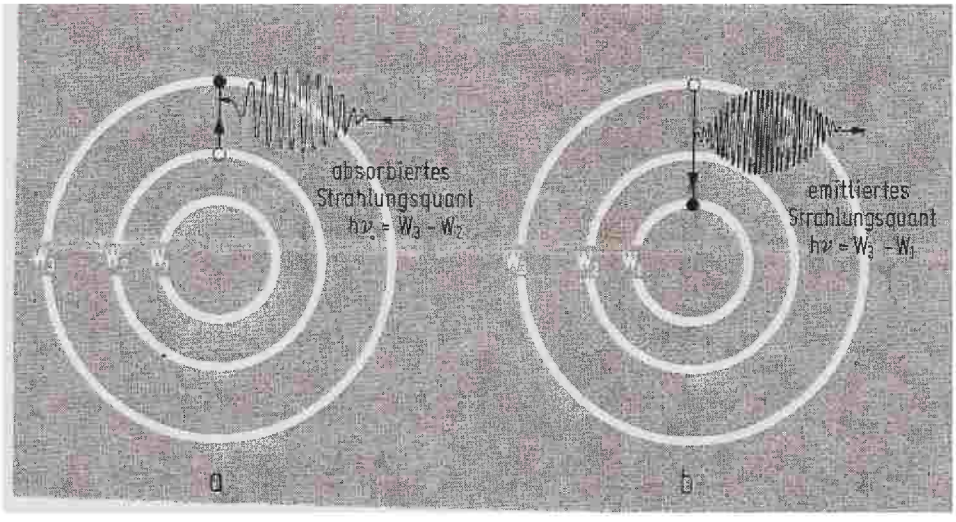
3.4مسار مهد خطوط الإلكترونات حول ذرة الهيدروجين Radian Course

لكيلا لا تسقط الإلكترونات الدائرة حول النواة على النواة، يجب على طاقة التنافر الانفصالي المساوية: $m_0 r\omega^2$ بأن تبقى مساوية لطاقة الجذب أو الطاقة الجاذبة التي تكتب حسب المعادلة التالية:

$$1 / 4\pi\varepsilon_0 \cdot e^2/r^2 = m_0 r\omega^2$$



وهذه الإلكترونات بدورانها حول النواة في دوائر مهدها عندما تأتيها الطاقة من الخارج تدور على مسافة معروفة بالبعد عن النواة، ولكن بعد وقت قصير تعود إلى مهد قريب من النواة بالتسلسل، وعلى مرة واحدة تسقط إلى المهد الأساسي وتنتج في هذا العملية الطاقة الزائدة كإشعاع. وفي كل عملية انتقال من مهد إلى مهد آخر يظهر إشعاع كمي، وهذه العملية لم تظهر لنا هذه الظاهرة إلا في ذرة الهيدروجين .



ذرة الهيدروجين

كان تفكير بور Bohr في بناء نموذج الذرة مأخوذاً عن بناء ذرة الهيدروجين الذي يمثل أبسط بناء نموذج للذرة؛ لأنه في غلافها يوجد إلكترون واحد، وفي نواتها يوجد برتون واحد، وعددها النظامي يساوي $Z = 1$. وفي هذه الذرة البسيطة فإنه هنا من الممكن تفهم مسار مهود أو طرق مهود الإلكترونات حول نواتها.. هنا نأخذ أولاً خط المهد المحلي للإلكترون الوحيد الذي يساعدنا لمعرفة حل أو حساب نصف قطر الدائرة المحلية المقصود به Radian Stationer Radius، بمساعدة

قانون كولومب Coulomb الرابط الإلكترونات بنواة الذرة المذكورة بالمعادلة التالية:

$$1/4\pi\varepsilon_0 \cdot e^2/r^2 = m_e.v^2/r = m_e r^2\omega^2 / r = m_e r\omega^2$$

$$v = r\omega$$

$$e^2 = 4\pi\varepsilon_0 m_e v^2 r = 4\pi\varepsilon_0 m_e r_n \cdot n^2h^2/4\pi^2 r_n^2 m_e^2$$

$$= 4\pi\varepsilon_0 h^2/4\pi r_n m_e \cdot n^2$$

$$r_n = \varepsilon_0 .h^2/\pi e^2 m_e .n^2$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}854.10^{-12} C^2 m^{-2} N^{-1} \quad h = 6{,}626.10^{-34} Jsec \quad e = 1{,}602.10^{-19} C$$

$$m_e = 9{,}109.10^{-31} kgr$$

ومثال على ذلك: حساب الحل يعطي قيمة نصف قطر r_n لمسار المهد n أي المهد المحلي لإلكترون ذرة الهيدروجين بالعدد التالي حسب المعادلة السابقة:

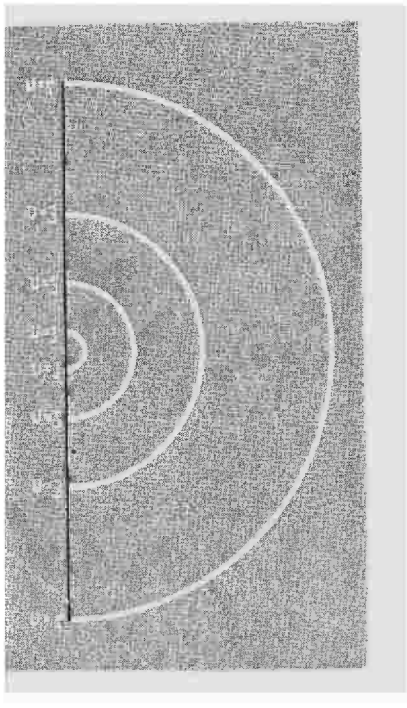
$$r_n = 5{,}293.10^{-11} m \cdot n^2$$

وهنا لما يكون عدد مهود الدائرة $n = 1$، فإن قطر دائرة مهد الإلكترون المحلي لذرة الهيدروجين يساوي:

$$d = 2.r_1 = 2 \cdot 593.10^{-11} m \cdot 1 \approx 10^{-10} m$$

ونتيجة الحل هذه إذا قوبلت بالحل القديم، نرى هنا مظهرة بمساعدة Bohr Postulate بأن حساب حل قطر ذرة الهيدروجين يعادل نتيجة الاختبارات التطبيقية. وعلى هذا نؤكد جودة نموذج بور، وهذا ما يدل على أنه لما ذرة الهيدروجين يأتيها طاقة من الخارج، فالإلكترون الوحيد ينتقل من مهده الداخلي إلى مهد أعلى، ويبتعد عن النواة؛ ليكون نصف قطر هذه الدائرة أو المهد المنتقل يطابق حل المعادلة القديمة المساوية:

$$r = n^2 \cdot h^2\varepsilon_0/m_0 e_0^2\pi$$



هنا نقول في هذه الحالة إن الإلكتـــرون أو الذرة في حالة تهيج .

سرعة الإلكترون:

لمعرفة سرعة الإلكترون في مسار مهـــده الدائري نجده علميًّا بقسمة اصطلاحية التأثير التالية:

$$4\pi\varepsilon_0 m_e v^2 r = e^2$$

من اصطلاحية طاقـــة الكـــم المـــساوية: $2\pi r m_e v = nh$، نحـــصل علـــى ســـرعة الإلكترون المساوية المعادلة التالية:

$$v_0 = 1 / 2\varepsilon_0 \,.\, e^2/h \,.\, 1/n$$

وسرعة الإلكترون فـــي مـــسار مهـــدها الدائري لما تكون $n = 1$ تساوي الحل التالي:

$$v_1 = (1{,}602)^2.10^{-38}\ C^2 / 2\,.\,8{,}854.10^{-12}C^2m^{-2}N^{-1}.6{,}626.10^{-34}Nmsec$$

$$v_1 = 2187.10^3 m/sec$$

لمعرفة سرعة الإلكترون لذرة الهيدروجين فـــي مهـــده المحلـــي Stationer Curse تأخذ المعادلة التالية:

$$v_n = 2187.10^3 m/sec \,.\, 1/n \;=\; 2187\ km/sec \,.\, 1/n$$

سرعة الزاوية للإلكترون ω_n:

إن سرعة الزاوية للإلكترون وتعلقها بتردد ذبذبة الدوران، وكذلك فـــي وقـــت الدوران اللازم في مهده الكمي، في الوقت الذي $v = r.\omega$ تساوي المعادلة التالية:

$$\omega = v_n/r_n = \pi e^4 m_e / 2\varepsilon_0 h^3 \,.\, 1/n^3 \approx 4{,}1.10^{16}\ rad/sec \,.\, 1/n^3$$

ولكن الإلكترون في مهده الداخلي القريب من النـــواة $n = 1$ يـــدور بـــسرعة الزاوية التالية:

$$\omega_1 = 4{,}1.10^{16}\ rad^{-1}$$

عامة بما يختص بتردد ذبذبة الإلكترون في الدائرة المحلية.. Stationer Course يساوي المعادلة التالية:

$$\nu_n = v_n/2\pi r_n = \varepsilon^4 m_e / 4\varepsilon_0^2.h^3 \,.\, 1/n^3 \approx 6{,}5.10^{15} sec^{-1}.1/n^3$$

ولكن هذا الإلكترون في مسار مهده الداخلي القريب من النواة يعطي في الثانية الترددات التالية:

$$\nu_n = 6{,}5.10^{15}\ .1/sec$$

ولكن بما يتعلق بوقت دوران الإلكترون ليقطع دورة واحدة حول النواة، يلزمه من الوقت المذكور بالمعادلة التالية:

$$T_n = 2\pi r_n / v_n = 4\varepsilon_0^2.h^3/e^4 m_e \,.\, n^3 = 1{,}5.10^{-16} sec \,.\, n^3$$

والإلكترون يلزمه من الوقت بالثانية لدورة واحدة في مسار مهده الداخلي حول النواة الوقت التالي: $T_1 = 1{,}5.10^{-16}\ sec$

وكذلك الإلكترون عنده نبضة دوارة محلية Rotation Pulse متعلقة بالكتلة الخاصة بالإلكترون m_e، وكذلك بسرعته في مهد الدائرة التي نصف قطرها يساوي r ، وهذه النبضة الدوارة نظهرها بالمعادلة التالية:

$$L = m.r.v$$

وهذا ما يدل على أن الإلكترون الدائر حول النواة عنده دوران محلي Stationer، أي نبضة دوارة. وهذه النبضة نسميها نبضة مسار المهد الدوار. وهنا يؤخذ بعين الاعتبار أن مهد أو طريق المهد الدائري للإلكترون عنده العدد الكمي n وكذلك السرعة v_n، وهذه تعطينا نبضة الكم الدائري بالمعادلة التالية:

$$L_n = m_e.r_n.v_n$$

في الوقت الذي $L_n = h/2\pi n = n.h$ $n = 1.2.3$، ونسمي هذه h المعاكسة وهنا نرى ويظهر بأن حالة نبضة المهد الدوارة للإلكترون أنها عملية كم، والإلكترون يستطيع أن يتحرك على مسار هذه المهود المحلية ونبضته الدائرية

المحلية تساوي عدة مرات h، والمقصود هنا بالحرف h النبض الـدائري البـدائي وليس ثابتة بلنك، ويعطى بالمعادلة التالية:

$$h = h/2\pi = 1{,}054.10^{-34}\ J\ sec$$

والدوران الميكانيكي للإلكترون نفسه يساوي:

$$1/2.h/2\pi = 5{,}27.10^{-28} grcm^2/sec$$

وهذه النبضة الدوارة تسمى النبضة الدائرة البدائية، وتعطى بالمعادلة التالية:

$$L_n = n.h$$

وهذا ما يوافق ويماشي عملية بور الأولى: Bohr Postulate 1

4.4 تردد أو ذبذبات الإشعاعات Frequency of beam

حسب عامل Bohr Postulate 2 تعطى الذبذبة أو التردد ν، في عملية تناقـل مهود الإلكترونات لإنتاج إشعاع ضوء يساوي فروق الطاقات الموجودة بين مسار مهود الإلكترونات المذكورة؛ لأن الإلكترون عنده من جهة طاقة حركيـة تـساوي المعادلة التالية:

$$E_c = m_e v^2/2 = m_e r^2\omega^2$$

في الوقت الذي لا يسقط هذا الإلكترون الدائر حول النواة على النـواة بـسبب وجود طاقة التنافر المساوية: $m_e r\omega^2$ ، وكذلك في نفس الوقت المـساوية الطاقـة الكهربائية الجاذبة التي تظهر بالمعادلة التالية:

$$m_e r\omega^2 = 1/4\pi\epsilon_0 \cdot e^2/r^2 = E_c = 1/8 \cdot e^2/\pi e_0 r$$

من جهة ثانية لما نفكر بأن الإلكتـرون كـذلك عنـده طاقـة جهـد مقداريـة أي Potential تظهر لما الإلكترون يترك أو ينفصل عن النواة، فإن طاقة النـواة الجاذبة تتبعه مثل حقل جاذبية الأرض، كمثل لو وقع حجر يتـرك طاقـة حـرة. وتحسب حسب الحل التكاملي التالي الـIntegral وتعطى بالمعادلة التالية:

$$E_{pot} = 1/\pi\epsilon_0 \int_{\infty} e^2/r^2.dr$$

وهذه العملية ليست إلا ضرب قيمة الطاقة بالمسافة، ولكن لم تؤخذ كصحيحة لأن قدرة كولومب Coulomb أي قدرة الجاذبية الإلكتروستاتسكية في مسار مهد طريق الإلكترون المتحرك الدائري لم تكن ثابتة والحل يعطينا المعادلة التالية:

$$E_{pot} = - e^2 / 4\pi\epsilon_0 r$$

وهنا جهد الطاقة Potential يصبح سلبيًّا (−) وهذا ما يدل على سقوط الإلكترون من مسار مهد أعلى إلى أسفل، أي سقوط حر، وهنا أضاع الإلكترون في هذا السقوط من طاقته، فأعطى هذه الطاقة الضائعة إلى الخارج. وأصبح مجموع طاقتها على مسافة r من النواة يساوي المعادلة التالية في الوقت الذي لما $E_c = 1/2\ E_{pot}$.

$$E_r = E_{pot} + E_c = - 1/4\pi\epsilon_0 .e^2/r + 1/8\pi\epsilon_0 . e^2/r \text{ or}$$
$$E_r = - 1/8\pi\epsilon_0 . e^2/r$$

وهذا ما أظهر لنا كذلك لما الإلكترون يدور في دائرة حول النواة، ومن المعروف أنه في تحركه يملك طاقة معروفة، وهذه الطاقة ترتفع وتتزايد كلما تباعد الإلكترون عن نواة الذرة .

وهنا نعطي مثلاً تطبيقيًّا لعملية تقارب الجسيمات من نواة الذرة:

إذا افترضنا ذرة ذهب عددها النظامي $Z = 79$، يطلق عليها جسيمة α من مادة الراديوم Radium، طاقتها الحركية تساوي $E_k = 4{,}78$ MeV.

السؤال:

على أي مسافة من نواة ذرة الذهب تصل جسيمة ألفا ؟

نقول بأن جسيمة α ألفا تقاربت كثيرًا من نواة ذرة الذهب، أي أن طاقة الجهد الـE_p =Potential تساوي الطاقة الحركية الأساسية لجسيمة ألفا.

$$E_k = E_p$$

للحل الصحيح هنا: يجب أن نحول وحدات eV إلى وحدات الطاقة بوحدات الجول:

$$1 \text{ eV} = 1{,}6022.10^{-19} \text{ Joule}$$

$E_k = 4{,}78\ MeV = 4{,}78.10^6.1{,}6022.10^{-19}\ J = 7{,}658.10^{-13}\ J$

$E_p = 1/4\pi\varepsilon_0 .e.e/r \ \ldots \ e_g = 79 .2e_\alpha$

$E_p = 1/4\pi\varepsilon_0 . 79e.2e/r \ldots (E_p=E_k)$

$r= 1/ 4\pi\varepsilon_0 . 2.79e^2 / E_k$

$r = 154.1{,}602.10^{-38}.c^2/4\pi 8{,}8542.10^{-12} c\ v^{-1}m^{-1}.7{,}658.10^{-13}\ J =$

$r = 47{,}6.10^{-15}\ m = 4{,}76\ Fermi$

وبعد الحل نرى بأن جسيمة ألفا α اخترقت ذرة الذهب، ووصلت تقريبًا محاذية من نواة ذرة الذهب على بعد يساوي 4,76 Fermi.

حالة طاقة الإلكترون:

في طريق مسار المهد المحلي لكم الإلكترون Stationer Quantum Course، يوجد تدرج طاقات كم للإلكترونات. وهذه الحالة مهمة لأنه يستطاع وزن وقياس هذه الحالات، وهذا السبب يخول للعالم الفيزيائي فحص فاعلية عمل Bohr Postulate عن طريق مجموع الطاقات التي حصل حلها سابقًا مثل E_p and E_c حسب المعادلات التالية:

$$E_r = - 1/8\pi\epsilon_0 . e^2/r \quad \text{and} \quad r_n = \epsilon_0 h^2/\pi e^2 m_e$$

ومن هذه المعادلات نستخلص لما يكون العدد النظامي لذرة الهيدروجين $Z = 1$ بأن مجموع الطاقات للإلكترون، وكذلك لما الكم يساوي n، تعطي المعادلة التالية:

$$E_n = - 1/8 . e^4 m_e / \epsilon_0^2 h^2 . 1/n^2$$

ومثالاً على ذلك يكون مجموع الطاقات لما يكون الإلكترون في المهد الداخلي والكم يساوي واحدًا، أي n=1، فالحل بالأعداد يساوي الحل التالي:

$E_1= - 1/8.(1{,}602)^4.10^{-76}.9{,}109.10^{-31} / (8{,}834)^2.10^{-24}.(6{,}626).10^{-68}$

$E_1= - 2{,}179.10^{-18}\ Joule = - 13{,}60\ eV$

وهذه الأعداد الناتجة من هذا الحل تقريبًا صحيحة، ولكن من الممكن أن تتغير قليلاً في النتيجة لأن الإلكترون في هذه الحالة يتحرك حول نواة راكدة غير متهيجة، لأنه في الحقيقة تحرك الإلكترون والنواة متعلقان بنقطة ثقل مركزية، ولهذا السبب يوجد هذا الفرق القليل في الحل ولكن بطريقة الاختبارات والحلول الكثيرة

وصلنا إلي الحل المقنع عن طريق أخذ ذرة الهيدروجين، ولهذا السبب تساوي طاقة الإلكترون في هذه الحالة الاصطلاحية التالية:

$$E_1 = -2{,}1675.10^{-18}\ J\ =\ -13{,}53\ eV$$

ولكن طاقة إلكترون في طريق مهد الكم n تساوي حسب الحل للمعادلة المعطاة سابقًا العدد التالي:

$$E_n = -2{,}1675.10^{-18}\ J\ .1/n^2 = -13{,}53\ eV\ .\ 1/n^2$$

هنا أخذ منطقيًا حالتان في تعدد الكم، بالنسبة للحالة الأولى: أي أنه لما الطاقة E_1 تكون مأخوذة بالنسبة إلى $E_\infty = 0$، والحالة الثانية $E_1 = 0$ ولهذه الحالات المهمة يوجد عدد من الحلول نجدها في المراجع.

ومنها تقافز أو نط الإلكترونات في مسار المهود (وهذا ما يختص عامة في عمليات إنتاج الإشعاعات الليزرية التي تطرق بقسم خاص25)..

بما يختص بانتقال أو بتقافز كم الإلكترونات من مهد إلى مهد أخر، نقول إنه لما ذرة يأتيها طاقة من الخارج، معروف قدرها، تستطيع هذه الطاقة بأن ترفع الإلكترون من مسار مكان مهده المنخفض إلى مسار مهد مرتفع أعلى. وهذا الإلكترون يبقى في المهد المرتفع وقتًا قصيرًا يساوي تقريبا 10^{-8} sec وهذا الإلكترون يسقط بعد هذا الوقت من نفسه على مهد أعمق ضعيف الطاقة. وبعملية سقوط هذا الإلكترون يعطي طاقة حرة، أو يترك بحرية طاقة تساوي قدر الطاقة التي أخذتها الذرة من الخارج، وهذه الطاقة الحرة تظهر أو تشع على شكل ضوء خفي مثل Infrared or Ultraviolet .

وهذا ما يدل على أن الذرة ترسل ضوءًا، أو تشع لما الإلكترون أو بعض الإلكترونات تنتقل من مسار مهد عميق إلى مسار مهد مرتفع، أي أن معناه بأن الذرة نفسها انتقلت من حالتها الأساسية إلى حالة التهيج. ولشرح عملية هذا التهيج نأتي على ذكر عدة طرق كأمثال معروفة علميًّا وتطبيقيًّا لعمليات التهيج منها:

1 – تتهيج الذرة عن طريق التحمي مثلاً فإن المـــواد التاليـــة Carbon and Natrium بحميتها على ضوء شمعة تجبر ذراتها على عمليـــة التهـــيج، وبوقـــت العودة إلى حالتها الأساسية ترسل ضوءًا أو تشع ولكن كثيرًا من الـــذرات لمـــواد كثيرة باقية يلزمها لتهيجها طاقة حرارية مرتفعة جدًّا.

2 – وكذلك لعملية تهيج الذرة، مثلاً قذف إلكترونات الذرة أو الجزيئـــات mol بالإلكترونات السريعة Electron Push، عـــن طريـــق.. Chatted Ray وهـــذه العملية تظهر تهيج الذرة أو الجزيئة، وهذا ما نراه في الأنبوب الغـــازي المـــشع.. Neon، هنا تتهيج الذرات أو جزيئات الغاز وتشع بضوء ملون حسب الغاز، لمـــا إلكترونات الأنبوب السريعة المتعلقة بالطاقة الكهربائية تصطدم بإلكترونـــات ذرات الغاز، وهي بعودتها إلى حالتها الأساسية تحت ضغط معروف تشع.

3 – وعملية تهيج الذرة تحدث كذلك لما يسلط إشعاع ضوئي على مـــادة قابلـــة ذراتها للتهيج، ومنها مادة الفسفور Phosphor، وهذه المواد التي تشع عن طريق الضوء، أي بانتقال أو بقفز مسار مهود الإلكترونات من مهد عميق إلـــى أعلـــى، نسميها Florescent أي المواد التي تشع عن طريق الضوء.

وفي هذه الحالات لم تكن إلا عملية انتقال الإلكترون أو قفزها من درجة طاقـــة كم إلى درجة طاقة كم أعلى، وهذا ما نسميه القفز الكمـــي Quantum sprinkle. وعملية القفز هذه سوف نختبرها على ذرة الهيدروجين، أي عنـــدما نفكـــر بفـــرق الطاقة بين مسار مهدين للإلكترون، أي بين مسار مهد m ومسار مهد n، فإن طاقة الانتقال أو القفز تساوي الفرق بين طاقات المهدين المعطاة بالمعادلة التالية:

$$\Delta E = E_m - E_n = -1/8.e^4 m_e/\epsilon_0^2 h^2 m^2 + 1/8.e^4 m_e/\epsilon_0^2 h^2 n^2 =$$

$$\Delta E = 1/8.e^4 m_e/\epsilon_0^2 h^2.(1/n^2 - 1/m^2)$$

هنا نرى بهذه العملية، أي عملية الانتقال أو القفز من مسار مهد دائـــري إلـــى آخر، تنتج طاقة حرة نستطيع بـــأن نظهرهـــا كطيـــف لتـــرددات عمليـــة Bohr 2 Pustolate. ولكن لتبسيط وإظهار الحل عن طريق تردد الذبـــذبات، نـــستعمل

طريقة الحل بالعدد الموجي N المعطى له اسم Wave Number، والمعطى بالمعادلات التالية:

$$N = 1/\lambda = \nu/c \ .(c = \nu\lambda)$$
$$\nu = c\ N\ .\ N = \nu/c$$

وهذه المعادلة من بعد عملية Bohr Postulate تعطينا المعادلة التالية للعدد الموجي:

$$h\nu = hcN = E_m - E_n = 1/8.e^4 m_e/\varepsilon_0{}^2 h^2 (1/n^2 - 1/m^2)$$
$$N = e^4 m_e / 8\epsilon_0{}^2 h^3 c.(1/n^2 - 1/m^2)$$

ومن هذا الحل اشتق العامل الثابت Ry المسمى ب Rydberg Constant المعطى بالمعادلة التالية:

$$Ry = e^4 m_e / 8\epsilon_0{}^2 h^3 c$$
$$Ry = (1,602)^2.10^{-76}.9,109.10^{-31}/(8,854)^2.10^{-24}.(6,626)^3.10^{-102}.2,998.10^8$$
$$Ry = 10973731 m^{-1}$$
$$Ry = 10,973731.10^6\ m^{-1}$$

نتيجة هذا الحل لم تكن كما يتوقع، لأن الإلكترون كان يدور حول نواة راكدة في الوقت الذي الذرة والإلكترون متعلق تحركها بنقط ارتكاز. ونتيجة تصحيح الثابتة Ry، نضع في معادلة العدد الموجي N، محل كتلة الإلكترون m_e كتلة مأخوذة من ذرة الهيدروجين، أي m_k فتصبح ثابتة Rydberg تساوي بتغير الكتلة المعادلة التابعة التالية:

$$(m^*_e = m_k m_e \ /\ m_k + m_e)$$
$$Rh = Ry.\ m_k / m_k + m_e = \ Rh = 10,968.10^6\ m^{-1}$$

ومن بعد هذا التصحيح في الكتلة، أصبح العدد الموجي N يساوي المعادلة التالية:

$$N = Rh.(1n^2 - 1/m^2) = 10,968.10^6 m^{-1}.(1/n^2 - 1m^2)$$

وهذه المعادلة المشتقة من نظرية Bohr Postulate، إنها حالة خاصة من معادلة الفزيائي Balmer المقايسة حسب طيف Spectral line. وهذا ما بين لنا بأن ثابتة ردبيرك مساوية ما قيس أو وزن عن طريق الـ Spectroscope .

5.4 طيف الهيدروجين

من بعد معرفة معادلة المجموعة $m = Ry(1/n^2-1/m^2)$، تظهر لنا أن نظرية بور أوصلتنا إلى الحل المقصود، أي أن كل ذرة ترسل أو تعطي طول موجات متعددة القياسات تساوي القيم التي أخذت من أوزان طيف Spectroscopy، وهذا لما يضع في المعادلة لكل حرف من m.. and n أعدادًا سليمة متكاملة .. هنا تُبنى هذه الموجات المرسلة من الذرة، وتعطى كمجموعة بالتسلسل والترتيب حسب الموجات والترددات. هنا نجد في المعادلة حالة وضع العضو الأول.$1/n^2$ ، ونسمي هذا الوضع الأساسي Ground term ، والعضو الثاني التالي $1/m^2$ نسميه العضو المتحرك Course term. وحتى نحصل على حل طول الموجات، وكذلك تردد الذبذبات، نعطي للحرف n في الوضع الأساسي العدد$n = 2$، وللحرف m في الوضع المتحرك الأعداد حسب التتابع 4.3.2، فنحصل على حل لطول الموجات والذبذبات للإلكترون عندما يسقط من مهد أعلى إلى مهد منخفض، فنرى أن هذه الموجات موجودة في محيط الموجات الضوئية المعروفة باللون Ultraviolet وغيره من الأضواء غير المنظورة. أما هذه الموجات وضعت في المحيط المعطى له اسم مجموعة Lyman، حسب الحل، أي لما يسقط الإلكترون من مهد مرتفع m إلى مهد منخفض n. وهذا الفرق يعطي قيم تفارق طاقات الكم المساوية $E_m - E_n = \nu h$ ومنها اشتق تردد ذبذبة Rydberg ريدبرك وهذه نظهرها بالمعادلة التالية:

Rydberg Frequency

$$\nu = e^4 m_e / 8h^3 \epsilon_0 \,.\, (1/n^2-1/m^2) \;.\; R = 3{,}288.10^{15}.1/sec$$

وحسب الحلول الحديثة عن طريق العداد الموجي N، فإن تردد الذبذبة يساوي حسب المعادلة التالية:

$$\nu_n = V_n / 2\pi r_n = e^2 m_e / 4\epsilon_0^2 h^3 . 1/n^3 = 6{,}576.10^{15} .1/sec$$

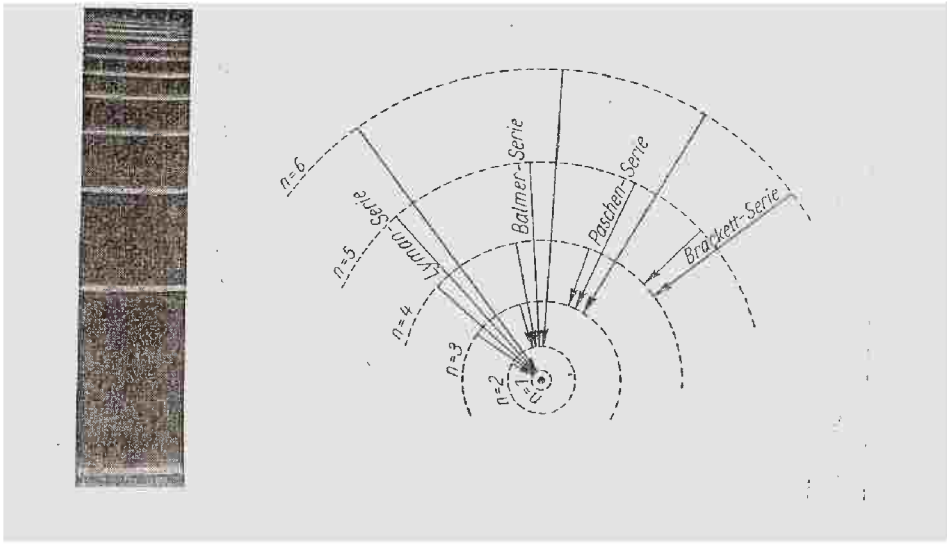
ولكن لحل أمثال قيم طول الموجات وتردد الذبذبات في الضوء أيًّا كان نوعه أحمر أو أزرق، نأخذ المعادلة التالية: $\nu = R(1/n^2-1/m^2)$، ونضع $n = 2$ ونعطي للحرف m الأعداد المتتابعة من 3 إلى ما فوق. وبعملية الحل هذه تعطى طول الموجات المتعددة كمجموعة في وقت قفز الإلكترون من مهد إلى مهد آخر، وهنا حسب الحلول التالية تعطى قيم طول الموجات وتردد الذبذبات التالية للضوء المنبعث المشع يتبع الأمثال التالية:

مثالاً لوجود تردد الذبذبة وطول الموجة للضوء الأحمر(r) وكذلك للضوء الأزرق(b) تؤخذ المعادلات التالية:

$$\nu_r = R(1/n^2-1/m^2) = 3{,}288.10^{15}(1/2^2-1/3^2).1/sec =$$
$$\nu = 4{,}567.10^{14}.1/sec$$
$$\lambda_r = c / \nu = 3.10^{10} / 4{,}567.10^{14} = 656{,}4 \text{ nm(Red)}$$
$$\nu_b = R(1/n^2-1/m^2) = 3{,}288.10^{15}(1/2^2-1/4^2) .1/sec$$
$$\lambda_b = 486{,}3 \text{ nm (Blue)}$$

ملحوظة :

حتى نستطيع بأن نقابل هذه النتائج مع قيم خطوط الطيف ..Spectroscope، يجب قسمة هذه النتائج على عدد عامل انعكاس الضوء المساوي العدد التالي: $n = 1{,}000288$، لأن طول الموجة أقصر بقليل من طول موجة الخطوط.



وهذه المجموعة سميت مجموعة Balmer Seri للمدرس السويسري التي قبل أن تعرف الذرة جيدًا في سنة 1885 باستعماله n = 2 ، وجد بطريقة الحل التجريبي هذه المجموعة التي سميت باسمه. وأتى بعده كثير من العلماء أخذوا الأعداد n= 5.4.3 ووجدوا المجموعات العديدة التي نأتي على ذكرها لاحقًا.

ولكن حسب الحل الحديث عن طريق العدد الموجي N = Wave number في الوقت الذي $(c = \lambda\nu)$ .. $\nu = cN$ or $N = 1/\lambda = \nu/c$ ومن هذه الاصطلاحات تشتق المعادلة التالية حسب نظرية بور Bohr المساوية للعدد الموحي كما سبق وشرح في القسم الذي سبق:

$$h\nu = hcN = E_m - E_n = 1/8.e^4 m_e/\epsilon_0{}^2 h^2 (1/n^2 - 1/m^2)$$
$$N = e^4 m_e/8\epsilon_0{}^2 h^3 c.(1/n^2 - 1/m^2)$$
$$N = Rh(1/n^2 - 1/m^2) = 10{,}986.10^6 m^{-1}.\ (1/n^2 - 1/m^2)$$

وهنا وجدنا لهذا الحل بأن معادلة العدد الموجي N لذرة الهيدروجين المنتجة طاقة الكم، بأنها أجود معادلة والتي تعطي نتيجة أكثر نفعًا من معادلة Balmer وحتى نظهر نتيجة هذه الفكرة نحول معادلة العدد الموجي N كما يلي:

$$N = Rh/n^2 - Rh/m^2 = T_n - T_m$$
$$T_n = E_n/hc \text{ and } T_m = E_m/hc$$

فنرى هنا بأن الأحرف T_n وكذلك T_m متعلقان بأعداد الكم الرئيسية m.n التي نسميها Term، التابعة للعداد الموجي N المعطي الفروق Term difference، وهنا نأخذ بعين الاعتبار حالة القفز التي تنتهي في المهد الداخلي الأساسي أي في حالة:

$$a \quad n = 1 \ , \ m = 2.3.4$$

ولهذا تشتق المعادلات التالية:

$$N_{2,1} = Rh(1/1^2-1/2^2) = Rh \ . \ 3/4 = 8{,}226.10^6 m^{-1}$$
$$N_{3,1} = Rh(1/1^2-1/3^2) = Rh \ . \ 8/9 = 9{,}749.10^6 m^{-1}$$

وكل هذه الحالات للعدد الموجي N، إنها بالحقيقة خاصية قفز الكم في المهد:

$$n=1$$

وهذه المعادلات نستطيع بأن ننظمها على شكل مجموعة Seri أو صفوف عندها خطوط طيف إلى اللانهاية ∞ .

وفي هذه الحالة، أي أن المسافة تقصر لما m تكبر، ولما هذه تصبح تساوي اللانهاية أي..$m = \infty$، وكذلك بالتأكيد العدد الموجي N يصبح في اللانهاية، ونسمي هذه المجموعة التالية Seri Limits، ومنها المعادلة التالية:

$$N_{\infty,1} = Rh(1/1^2-1/\infty^2) = \ Rh.10{,}97.10^6 m^{-1}$$

وهذه المجموعة أي الـ Seri، من خطوط الطيف Spectroscope line حقيقية ويمكن أن تحل تطبيقيًا. وبمساعدة العدد الموجي N، نستطيع بأن نوجد طريقة كذلك لحل تردد الذبذبات وطول موجات الضوء المنبعثة. ولهذا نرى خطوط هذه الأضواء موجودة في محيط الأضواء الخفية مثل Ultraviolet وغيرها في طيف الSpectroscope التي وجدها الفيزيائي Th.Lyman (1874-1954) ، ولهذا السبب هذه المجموعة أو Seri سميت مجموعة Lyman، عامة تسمى Spectral Line لما عملية القفز تحدث بقفز من مهد إلى آخر وتنتهي في الحالة الأساسية Ground State المتوازنة، أي المسماة بعملية Resonant Line والتي تعطى بالمعادلات التالية لهذه الحالة:

$$b\ n = 2\ ,\ m = 3.4.5$$

ومنهم يتبع العدد الموجي المظهر بالمعادلة التالية:

$$N_{3,2} = Rh(1/2^2\text{-}1/3^2) = 5/36 = 1{,}523.10^6 m^{-1}$$

ومن هذه المعادلة مثلاً يشتق طول الموجة $\lambda_{3,2}$ وكذلك تردد الذبذبة $\nu_{3,2}$ في هذه، الحالة المساوية المعادلات التالية:

$$\lambda_{3,2} = 1/N_{3,2} = 6{,}565.10^{-7}.m = 656{,}5\ nm$$

$$\nu_{3,2} = cN_{3,2} = 456{,}67.10^{12}\ .1/sec$$

ومن هنا نستطيع بأن نتابع عمليات قفز الكم من درجة الطاقة 3 وما يتبع ومن هذه أي عملية التتابع، أنتجت مجموعة Seri من خطوط الطيف Spectrum Line.

ونستطيع كذلك متابعة إنتاج مجموعة لخطوط درجات طاقات الكم 4 و 5 التي قسم منها موجود في مجموعة Balmer، وكذلك قسم موجود في محيط خطوط Infra red، وعديد من المجموعات وهنا خطوط هذه المجموعات ننشرها بلائحة حسب مكتشفيها من مجموعة خطوط ذرة الهيدروجين:

$N = Rh(1/1^2\text{-}1/m^2)$;m = 2,3,4 Lyman Seri (1906) Ultraviolet

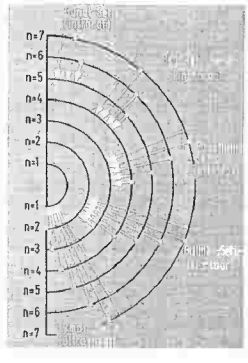
$N=Rh(1/2^2\text{-}1/m^2)$;m=3,4,5 Balmer Seri (1885) Red to Ultraviolet

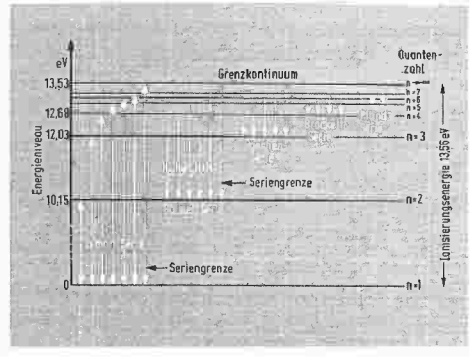
$N = Rh(1/3^2\text{-}1/m^2)$;m = 4,5,6 Paschen Seri (1908) Infra red

$N = Rh(1/4^2\text{-}1/m^2)$;m = 5,6,7 Brackett Seri (1922) Infra red

$N = Rh(1/5^2\text{-}1m^2)$;m = 6,7,8 Pfund Seri (1924) Infra red

$N = Rh(1/6^2\text{-}1/m^2)$;m = 7,8,9 Humphrey Seri





ملحوظة: من المجموعة الأخيرة إلى الآن وجد قليل من طيف الخطوط

وفي الصور الملحقة لهذا الدرس، صورة يوجد بها شرح عن إنشاء حالات كل المجموعات لذرة الهيدروجين بطريقة نموذج تصويري، لتفهم ما ذكر عن عملية قفز طاقة الكم من مسار مهد إلى مهد آخر في كل المراحل، وكذلك تبين بأن مهد الـRadian يتوسع بطريقة تربيع عدد الكم n، في الوقت الذي ذرة الهيدروجين يجب أن تمتص طول الموجات، وهذا معروف حسب الخبرة من عمليات الـSpectroscopy بأن خطوط الطيف Spectra Line التي عندها قدرة الامتصاص، عندها كذلك بالتساوي طول الموجات كما في حالة البث في الصورة السابقة.

وهنا لمحة لشرح ما وجد في الصور السابقة نستخلصه بالنقاط التالية:

1 – بأن كل ذرة تأخذ درجات طاقات متتابعة Continuum، وهذا ما نراه في الصورة 2.17 التابعة للدرس، وهذا ما نسميه نموذج الطاقة Power term وعلى الخط x أي Ordinate يوجد مهود الكم المركزة Stationary Quantum وكذلك كمية مستوى الطاقة. وكما يتبع في الحالة الأساسية Ground state لما يكون مستوى الطاقة في هذه الحالة يساوي صفرًا.

2– هنا نرى بأن الأسهم التي أخذت اتجاهاتها من تحت إلى فوق تمثل بالمقابل إشعاعات الكم، وكذلك في حالة الحرارة الطبيعية نرى الأسهم المزدوجة اتجاهاتها تظهر مجموعة Lyman Seri .

3 – وكذلك عن طريق نموذج الـ Term Schema صورة رقم 1.17 من صور الدرس نستطيع بأن نقرأ مقدار كمية الطاقة في عملية تناقل الإلكترون من مسار مهد جامد Stationery إلى مهد آخر. ولقراءة كمية الطاقة فإنه لهذه الحالة أعطيت كمية الطاقات على جهة الشمال من النموذج، وما علينا إلا أن نطرح هذه الكميات بعضها من بعض.

4 – وأما كذلك عن طريق نفس النموذج أي Term (الصورة الأخيرة من الدرس) نظهر المسافة بين كميات طاقات الكم n، ولكن بارتفاع عدد الكم n

تصغر المسافة، وكذلك يظهر بالعكس بأن المسافة الهندسية لمهود مسار الإلكترونات ترتفع بارتفاع عدد الكم n .

ولكن بتكبير عدد الكم فإن خطوط الطيف تقترب من بعضها كمجموعة موجات قصيرة إلى حد معروف نسميه Seri Limit Continuum. والطيف، أي Spectrum، يعطى له اسم Continuum لما لم يكن فيه تفارق في الخطوط Spectrum Line، ولكن طول موجاته تكون بدون تقاطع .

باختصار نقول: لما عدد كم مرتفع يقترب من الـLimit Continuum، أي من حدود الـLimit Continuum، في الوقت الذي لم يعد يوجد مستوى للطاقة، فتصبح الفيزياء الكلاسيكية في حالة عدد كمي n مرتفع، ولهذا تدخل حالات محددة للكم الفيزيائي. وهذا ما يظهر عن طريق مسار المهد Course Corespondent Principe بأنه يوجد تقارب في الـ Object microphysics، ولهذا السبب أعطيت الأمثلة التالية:

5- من المهم الحالة التالية التي نسميها Seri Limit.

ملحوظة:

الصورة السابقة من الدرس المقصود بها الخطوط لما يحدث قفز الإلكترون من مسار طاقة مرتفعة إلى طاقة منخفضة، وهذه العملية يوجد لها مجموعتها Seri وكذلك هذا الإلكترون بعملية قفزه الكم يوجد في مهد يبعد كثيرًا عن النواة، أي إنها أصبحت خارجة عن محيط الذرة.

ولم تعد من رابطة الذرة وتصبح طاقتها اللانهائية $E_\infty = 0$ تساوي صفرًا وهنا قصد لما الإلكترون يقفز من هذه الحالة إلى الحالة الأساسية يحدث تفارق في الطاقات حسب المعادلة التالية:

$$E_\infty - E_1 = - E_1$$

وهذا ما يدل على إعطاء الطاقة E_1، ومن جهة ثانية نرى بأنه لما الإلكترون يبعد من الحالة الأساسية Ground State بمسافة بعيدة جدًّا من النواة .. في الوقت الذي أصبح كذلك خارجًا عن محيط أو رابطة الذرة، يجب على الذرة بأن

تعطي الطاقة E_1 وهذه الطاقة المعطاة من الذرة نسميها Ionization Power، أي طاقة التأين. وهذه حصلت بتباعد الإلكترون من الذرة فأصبح هـذا جزيئـة Ion، وطاقة تأينها تساوي $E_{ion} = 13,53\ eV$ حسب تطبيق نموذج Bohr model.

ومن بعد القانون الكلاسيكي للإلكترودينامك Electrodynamics، بأنه يجب لما الإلكترون يدور حول نواة الذرة لابد لهذه أن تبث أو ترسل موجة إلكترومغناطيسية تردد ذبذبتها يساوي تردد ذبذبة دوران الإلكترون ν_n، ولهذا أعطيت لها المعادلـة المعروفة التالية:

$$\nu_n = e^4 m_e / \epsilon_0^2 h^3 \ . \ 1/n^3$$

ومن جهة ثانية فإن الذبذبة ν The Frequency لطيف الخطـوط Spectral Line، في الوقت الذي يكون الإلكترون بين مسار مهدين متقاربين عندها عدد الكم الرئيسي n، وكذلك في حالة n+1 تعطى المعادلة التالية:

$$\nu = e^4 m_e / 8\epsilon_0 2h^3 (1/n^2 - 1/(1\backslash n+1)2) =$$
$$= e^4 m_e / 8\epsilon_0^2 h^3 \ . \ 2n+1/n^2(n+1)^2$$

ولكن لما لم نعطِ لعدد الكمn أي عدد كان، فإن الذبذبة ν_n وكذلك الذبذبة ν تبقيان مختلفتين في القيم. وهذا معناه بأن قانون الالكترودينامك في محيط فيزياء الذرات غير مقبول، ولكن في ارتفاع عدد الكم n يصبح الفرق بين تردد الذبذبة ν_n والذبذبة ν صغيرًا، ولهذا تصبح $n = \infty$ وقيمة تردد الذبذبة ν تصبح بقيمة تردد ν_n ، ولهـذا السبب بارتفاع عدد الكم n تتقارب ترددات ذبذبة الإشعاع المنبعث من ذبذبة دوران الإلكترون حول النواة.

5- أعداد الكم الأربعة The 4 Quantum number (n,l,s,m)

بعد كل الدراسات التي مرت علينا في الأقسام السابقة عن مسار مهـود دوران الإلكترون حول النواة، وأعداد الكم التابعة لها، وخاصة عـدد الكـم الرئيـسي n. المعطى في مسار مهود ذرة الهيدروجين، ولذلك أعطينا لهذا الدرس اسم أعداد الكم الأربعة، لأننا وجدنا كذلك أنه يوجد غيرها من أعداد الكم في غيـر ذرات المـواد التي تشابه ذرة الهيدروجين. ومنها:

1 - 5 طيف مواد معادن الغلي الـ Alkaline Element

ولكن ما وجده بورBohr في نموذجه بوصفه خطوط طيف ذرة الهيدروجين، كان العلم الموجود في جعبته الذي لم يفرغ، بل أفسح طريقًا لعلماء الفيزياء بأن يستعملوا نموذج بور، أي المقصود به Bohr Model، لحل مختلفات الطيوف Spectrum لعديد من الذرات الصعبة عن طريق استعمال وحل طيف ذرة الهيدروجين الذي ذكر موسعًا. وهذا ما سوف نشرحه ونستعمله لإنشاء طيف على كل المواد التي نموذج ذراتهم Atom أو جزيئاتهم Ion تشابه ذرة الهيدروجين، مثل المواد التالية: (Li,Na,K,Cs,Bb) . يسمى النموذج الذي ذراته مشابهة لذرة الهيدروجين وكذلك النموذج الذي أيوناته الـIons كذلك مشابهة، وهنا عملية التأين تحدث في الوقت الذي هذه الذرة بفاعلية عملية التأين أي Ionization، لما عديد من الإلكترونات تترك مكانها من الذرة ولا يبقى من الإلكترونات في غلاف هذه الذرة إلا إلكترون واحد لا غير. ومثال على ذلك ذرة الـHelium Atom، هذه الذرة عددها النظامي Z= 2 ، وكذلك يوجد في غلافها إلكترونات عددها يساوي =2، ولما إلكترون واحد من 2 يقوم بعملية التأين ويترك غلاف ذرة الهليوم، يبقى إلكترون واحد في الغلاف يساوي He^{+} وهذه العملية تعطي وصفًا لنموذج، وهذا ما نسميه المشابه بذرة الهيدروجين، لأن هذه أي الذرة الجديدة المنتجة تملك في الغلاف إلكترونًا واحدًا لا غير يدور حول النواة الإيجابية.

وإذا أخذنا سوية كل النماذج المشابهة لذرة الهيدروجين، نستطيع بأن نقول عنها أو نسميها عامة موضوع مسائل حل لجسيمين 2 body Problem، ويجب أخذ حلها كنواة مشحونة أي مساوية الاصطلاحات التالية ..

$$Q = Ze$$

وللشرح نأخذ مثلاً إلكترونًا يتحرك محملاً بشحنة سلبية: (e-)، وهنا نرى الفرق الموجود المعاكس لذرة الهيدروجين بأن شحنة النواة وكتل النواة لنموذج المواد

المشابهة لذرة الهيدروجين أكبر من ذرة الهيدروجين، وبما يتبع كذلك بأن الـRadian مهود الكم لنموذج الذرات المشابهة لذرة الهيدروجين أصغر من الـRadian مسار مهود الكم الخاصة لذرة الهيدروجين نفسها، وأنه لكل ما تبقى نستطيع بأن نستعمل لها نفس الحلول والمعادلات التي استعملت قبلاً لذرة الهيدروجين على نموذج المواد المشابهة لذرة الهيدروجين، ولكن يلزمنا الانتباه في استعمال قدرة كولومب في الشحنة المرتفعة Q = Ze، وأنه كذلك نستطيع بأن نستعمل معادلة العدد الموجي N لنموذج المواد المشابهة ذراتها لذرة الهيدروجين المساوية المعادلة المعطاة التالية:

$$N = RyZ^{2}(1/n^{2}-1/m^{2})$$

وهنا في هذه الحالة نقول بأن الأحرف n .. m أعداد طبيعية، وأنه لما m >n وكذلك القياسات أعطت بأن ثابتة Rydberg باستعمالها في نموذج ذرات المواد المشابهة لذرة الهيدروجين تفترق عن استعمالها على ذرة الهيدروجين، وهذا الفرق نأخذه بعين الاعتبار كما وجدنا سابقًا بأن كتلة ذرة نواة المواد المشابهة لذرة الهيدروجين أكبر من نواة ذرة الهيدروجين. وهنا كمثل نرى في ذرة الهليوم أن عددها النظامي Z= 2 وحسب موديل بور منشئة مجموعة Seri الخطوط التالية عن طريق العدد الموجي N:

$$N = 4_{He}(1/1^{2}-1/m^{2}) ; m = 2,3,4(1Lyman\ Seri)$$
$$N = 4_{He}(1/2^{2}-1/m^{2}) ; m = 3,4,5(2Lyman\ Seri)$$
$$N = 4_{He}(1/3^{2}-1/m^{2}) ; m = 4,5,6(Fowler\ Seri)$$
$$N = 4_{He}(1/4^{2}-1/m^{2}) ; m = 5,6,7(Pickering\ Seri)$$

وقسم كبير من بقية الخطوط وجد تطبيقيًّا وكذلك حتى في غير النماذج المشابهة لذرة الهيدروجين، وجدت طرق نظرية Theory **وبالاختصار نذكر النقاط التالية:**

1 – إن قيمة قطر ذرة الهيدروجين حسب Bohr Model وجدت كذلك تقريبًا حسب الحل التطبيقي الكلاسيكي.

2 – طيف خطوط Spectrum لذرة الهيدروجين وجد كذلك مساويًا لنموذج طيف خطوط جزيئات Ion أي المواد المشابهة لذرة الهيدروجين.

3– أما بما يختص بطاقة التأين Ionization Power حسب بور، وجد بطريقة الحل الكلاسيكي بأنها متساوية.

4– وكذلك أظهر بأن ثابتة Rydberg حسب بور موديل تتماشى مع الثوابت الطبيعية، وكذلك وجد بأن قيمتها تساوي قيم الأوزان والقياسات.

وهنا نذكر المثال التالي: حتى نجبر ذرة الهيدروجين لعملية التهيج يجب علينا بأن نطلق عليها رزمة إشعاع من الإلكترونات المتسارعة بقدرة توتر تساوي U = 12,8 eV ولذا يجب إيجاد النقاط التالية:

A كم خط طيف يحدث من تهيج غاز الهيدروجين؟

B كم هي قيم الأعداد التموجية N لهذه الخطوط؟

C أي من هذه الخطوط يمكن أن يرى ومن أي صف هو Seri ؟

الحل:

A حتى نستطيع بأن نرفع ذرة الهيدروجين من طاقتها الأساسية من العدد الكمي الرئيسي المساوي n=1 إلى مستوى طاقة أعلى حسب هذه العملية بالمعادلة التالية:

$$Er = - 1/8 \, . \, e^4 m_e / \varepsilon_0^2 h^2 \, . \, 1/n^2$$

هنا وجدت لائحة لكل حالات الطاقات حسب أعداد الكم الرئيسية n:

أعداد الكم الرئيسية n..	5	4	3	n..2
الطاقات..E	12,99 eV	12,65 eV	12,03eV	10,15 eV

والطاقة المقصود وجودها تساوي: Er = 12,8 eV.

إن إلكترون ذرة الهيدروجين يمكن أن يرفع إلى المستوى n=4، وبالعودة إلى الحالة الأساسية يتبع قفز الكم التالي:

قبل: n=2 n=3 n=3 n=4 n=4 n=4

بعد: n=1 n=2 n=1 n=2 n=1 n=3

إن إلكترون ذرة الهيدروجين يستطيع بأن ينتج ستة خطوط طيف، ومنها الخطوط التالية بالعدد الموجي N .

$$N43 = Ry(1/3^2-1/4^2) = Ry.7/144 = 5334,5.10^2 m^{-1}$$
$$N42 = Ry(1/2^2-1/4^2) = Ry.3/16 = 20576.10^2 m^{-1}$$
$$N41 = Ry(1/1^2-1/4^2) = Ry.15/16 = 102879.10^2 m^{-1}$$
$$N32 = Ry(1/2^2-1/3^2) = Ry\ .5/36 = 15233.10^2 m^{-1}$$
$$N31 = Ry(\ 1/1^2-13^2) = \ Ry.8/9 = 97491.10^2 m^{-1}$$
$$N21 = Ry(1/1^2-1/2^2) = Ry.3/4 = 82258.10^2 m^{-1}$$

إن خطوط الطيف الموجودة في N42,N32 منظورة، وتعتبر من Balmer Seri.

B.. ومثالاً على ذلك، لنأخذ إلكترونًا موجودًا في غلاف ذرة النحاس في القشرة L، وهذا ينتقل إلى القشرة K ولهذا يلزمه طاقة تساوي:

$$E = 8,03\ eV$$

1 – أوجد قيمة التردد وكذلك طول الموجة لهذا الإلكترون.

2 – في أي خط طيف يوجد هذا الإشعاع؟

الحل: إن التردد حسب معادلة بلنك يساوي:

$$\nu = E/h = 8,03.1,602.10^{-19}\ J / 6,626.10^{-34}\ J\ sec = 2.1015\ Hz$$

وطول الموجة يساوي:

$$\lambda = c/\nu = 3.10^8 msec^{-1} / 2.1015 sec^{-1} = 150n.m$$

وطول الموجة هنا الذي وجدناه لم يكن إلا طول موجة روجتن Roegten Seri

C.. هنا من الممكن وجود طول موجة De Broglie لهذا الإلكترون لما تكون طاقة التوتر تساوي:

$$eU = 1/2\ .m_e v^2\ \lambda = h/m_e v\ \ e = 1,6.10^{-19}\ c$$

$\lambda = h / \sqrt{2m_e.eU} = 6{,}626.10^{-34}\ J / \sqrt{2.9{,}1.10^{-31} kg.1{,}6.10^{-19}.900} =$

وطول الموجة يساوي:

$$\lambda = 0{,}04\ n.m$$

ولكن ظهر عامة ووجد للأسف في Bohr Model بعض النقاط التي لم تمـــاشِ الحلول التالية:

A – لم يستطع استعمال Bohr Model لإنشاء طيف لذرة موجود في غلافها إلكترونات عددها اثنان أو أكثر.

B – وحسب الخبرة تبين في التقارب بين خطوط الطيف أنه صعب بأن يميـــز خط من الآخر.

وسميت هذه العملية Fein Structure وهنا نموذج Bohr Model لم ينفع .

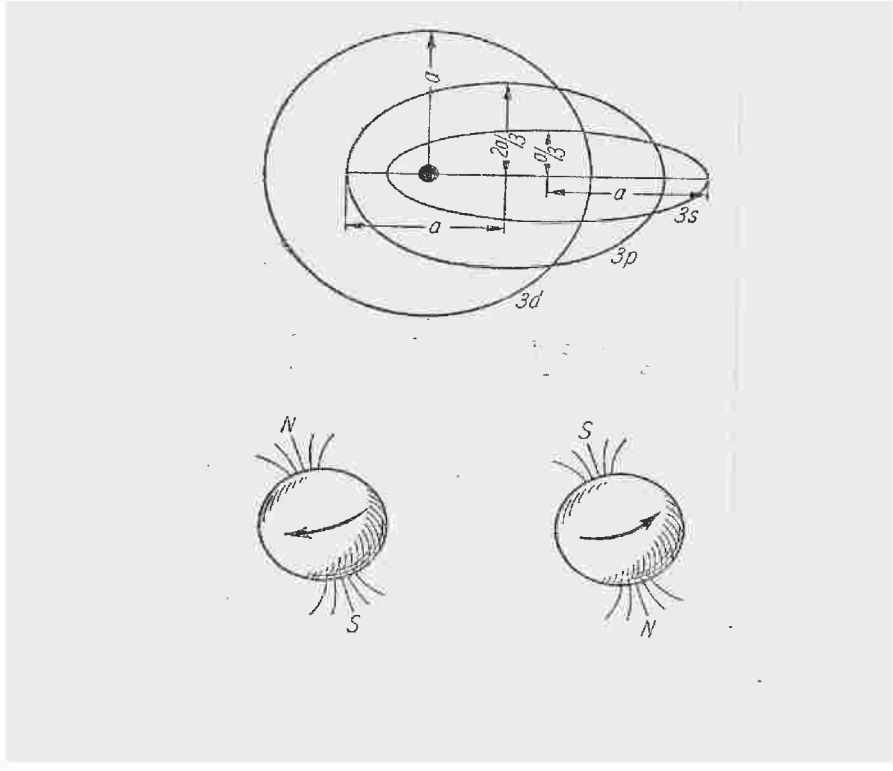
C – وبور كذلك لم يستطع بأن يعطي جوابًا مقنعًا لما وجد وأعطى عن شروط الكم.

فالذي ذكرناه مسبقًا، وكذلك عدة أسباب اقترحها الفيزيائيون لوجود نموذج لطيف الذرة يحتوي موديل بور، وكذلك ما فقد من هذا الموديل وبقية هذه الحالات كذلك، إلى أن جاء الفيزيائي الألماني A.Sommerfeld.1951-1868 ووجد حلاً لموديل جديد حاويًا تقريبًا لما فقد وانتظر، وسمي هذا الموديـــل Bohr . Sommerfeld Atom Model وسوف نأتي على شرحه تابعًا.

2 - 5 مسار الإلكترونات في المهود الأهليلجية الشكل
Course of Elect. in Ellipse

نموذج بور Bohr Model للذرة أظهر بأن إلكترونات الذرة الموجـــودة فـــي غلافها تدور بشكل دائرة حول نواتها، فجاء الفيزيـــائي Sommerfeld وقـــال إن حركة دوران إلكترون ذرة الهيدروجين حول نواتها يشبه كذلك عامة نموذج ذرات المواد المشابهة لذرة الهيدروجين، وهذا التشابه في دوران الإلكترونات حول النواة يشابه حركة دوران الكواكب السيارة حول الشمس، وهذه الكواكب بعملية دورانهـــا الدائري كذلك عندها مسار مهود إهليلجية الشكل Ellipse Course، وهذا ما أثبت

مسار الدوران في مهد دائرة. ولكن نصف قطر هذه الدائرة في مسار مهد إهليلجي الشكل فإنه ما يثبته بالتأكد وجود محورين اثنين في الدائرة الإهليلجية، كما هو واضح في الشكل التالي:



المحور الصغير والمحور الكبير، ولهذا السبب تبين في مسار المهد الإهليلجي الشكل يوجد مساران غير متعلقين ببعضهما، وكل واحد منهما عنده عدد الكم الخاص به. ونسمي عددي الكم الاثنين هذين الأول نسميه عدد الكم الأساسي Head Quantum number ، والثاني نسميه عدد الكم القريب المتقارب Beside or near Quantum number .

وهنا نختصر ما عمل Somerfeld من عمليات حلول حتى أظهر بأن النموذج المسمى Bohr Sommerfeld Atom Model أثبت قدرته العلمية والتطبيقية

ولهذا نقول حسب هذا (الموديل لبور وزمرفلد) ظهر بأن الإلكترون يـــدور حـــول النواة على شكل مسار دائرة عادية، أو على مسار شكل دائري إهليلجـــي Ellipse الشكل، أو مسار مهد خط إهليلجي الشكل وهذا المهد الإهليلجي الشكل له محوران: الصغير والكبير a ..b أعطيت لها المعادلتان التاليتان:

$$a_n = \epsilon_0 . h^2/ \pi Ze^2 m_e$$

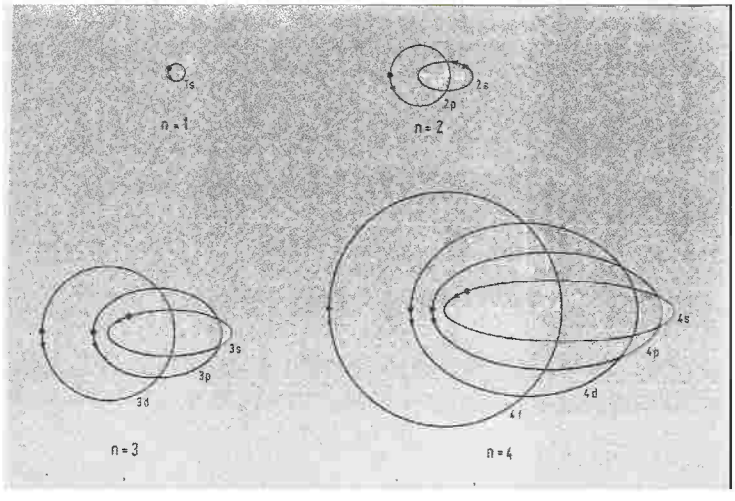
$$b_n = a_n . l+1/n = \epsilon_0 . h^2 / \pi Ze^2 m_e . n(l+1)$$

لما هذه الاصطلاحات تساوي: $n = 1,2,3$ وكذلك $l = 0,1,2,n-1$

إن هذه المعادلات متعلقة بنموذج المواد المشابهة لذرة الهيدروجين عامة، ولكن في الحالة الخاصة، أي لما العدد النظامي لذرة الهيدروجين يساوي واحـــدًا: $Z=1$، وفي هذه الحالة نستخلص من المعادلة: لما $l = n-1$ بأن المحور a_n يساوي المحور b_n، وهذه الحالة تظهر لنا بأن مسار هذا المهد دائرة لا غير، وأن قيمة نصف قطر الدائرة محلول ومعروف قبلاً ويساوي: r_n .

وهذه الدائرة تساوي مسار مهد بور المحلي Bohr State Course وهـــذا مـــا نراه ودلّ تطبيقيًّا بأن نموذج بـــور موجـــود فـــي Bohr Sommerfeld Atom Model وكذلك أن $l = n-1$. وهذا ما أثبت لنا بأن نموذج بور لم يكن إلا لإظهـــار حالة طاقة الإلكترون، وهذا مقبول وموجود كذلك في (موديل بور زمرفلد) ولكـــن بما يختص بالكم الأساسي n، وكم التقارب أو القريب l، نقدر بأن نصفهم على مـــا شرحه الفيزيائي Sommerfeld بالنقاط التالية:

1 – إن عدد الكم الأساسي n المقصود به حالة طاقة الإلكترون التقريبية في كل مسارات المهود عندهم تقريبًا نفس عدد الكم الأساسي مع فرق بسيط في الطاقـــة، ولكن لكل عدد كم أساسي يوجد عنده عدة مهود نسميها n، مظهرة بالصورة التالية:



وهذا من الطبيعي بأن مهود الإلكترونات التي لها نفس عدد الكم الأساسي n عندها كذلك بعض قشور الغلاف الأساسية Head Shell وهذا ما نراه في اللائحة التابعة:

	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7
Shell	K	L	M	N	O	P	Q

وهنا نرى حسب اللائحة بأن قشرة ذرة الغلاف الأساسية التي لها عدد الكم الأساسي n ، تحتوي على n حالة متساوية تقريبًا مع حالة طاقة الإلكترون .

1- وأما عدد الكم المتقارب l يمثل حالة الإلكترونات في كل وحدة من القشور ولهذا نرى بأن كل إلكترون حسب تحركه حول نواة الذرة نتج عنده مسار نبض دائري Rooter Pulse، مثل الذي ذكر في Bohr Model في نموذج ذرة الهيدروجين وفي الحقيقة إن هذا النبض الدائري لحالة طاقة الكم يستعمل كذلك في نموذج Bohr Sommerfeld Atom Model .

وهذا ما نراه بأن الإلكترون يستطيع أن يتحرك حول مسار هذه المهود الجامدة المسماة .. Station Course في الوقت الذي الإلكترون عنده النبض الدائري، ولهذا أخذ العدد المتكامل المساوي عدة مرات قدرة النبض الأساسية البدائية h، ومن هذا الشرح اشتقت المعادلات التالية:

$$L_{course} = l.h = l.h/2\pi \qquad l = 0,1,2,3,4.n\text{-}1$$

ولكن في حالة لما يكون مسار طريق المهد دائريًّا فإن الحرف

$$l = n\text{-}1$$

ما ذكر وحل وأعطي في المقطع أو القسم السابق في نموذج بور Bohr Model بما يختص بمسار مهد النبض الدائري الذي يساوي المعادلة التالية:

$$L_{course} = n.h = (l+1).h$$

وفي المعادلتين التاليتين عادة لا يوجد بينهما فروق فإن المعادلة $L_{course} = l.h$ وكذلك المعادلة $L_{course} = (l+1).h$ أظهرتا بأنهما متقاربتان وتمثلهما المعادلة التالية:

$$L_{course} = \sqrt{l(l+1)}.h$$

وهنا نقول بأن الإلكترونات وحالات طاقاتها تأخذها حسب قيم النبض الدائري، أي أنه تعطى قيمها حسب عدد الكم المتقارب l ولهذا يعطى لها أسماء أو عبارات خاصة مشتقة قبلاً من عمليات طيف الخطوط الـSpectroscope وهذه اللائحة تبين صفات ووصف حالاتها:

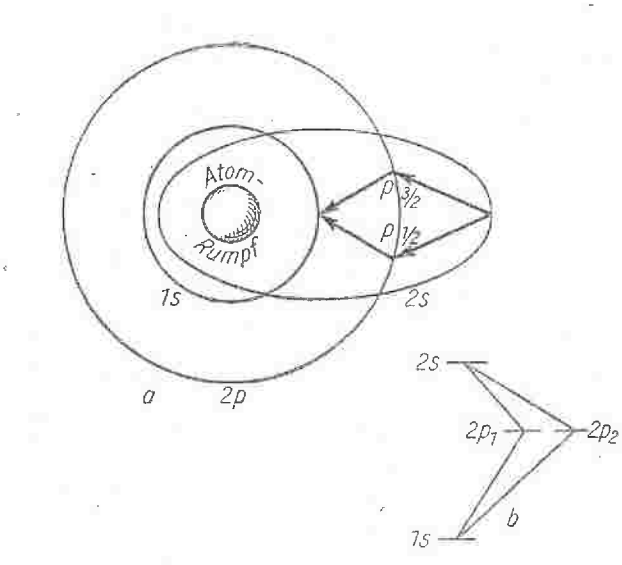
الوصف:	s.Electron	p.Electron	d.Electron	f.Electron
عدد الكم المتقارب:	$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$
مهد الكم الدائري:	0.h	1.h	2.h	3.h

وأما بما يختص ببناء هيكل لائحة مهود الإلكترونات، وهذا ما نراه بأنه متعلق بقيم أعداد الكم التالية nl وكذلك حسب المعادلات التي ذكرت سابقًا، ويعطى لهذا لائحة لمحاور المهود المعروفة من المعادلات التالية: a_n b_n

عدد الكم الأساسي	عدد الكم المتقارب	شكل هيكل دوائر المهود
n=1	l=0	Circle
n=2	l=0	Ellipse
	l=1	Circle

Ellipse Course with lange l=0 n=3
Head Axe andNear Axe l=1
Continue .

عامة إن كل المهود الأهليلجية الشكل التابعة لعدد الكم الأساسي n عندها نفس طول المحور الرئيسي الأساسي، وكذلك نفس نصف قطر عدد الكم الأساسي التابع لمهد الدائرة، وهنا نرى كذلك لما مهود النبض الدائري تكون مسطحة فإن مسار عدد الكم المتقارب l يصغر، وهذا ما نراه في الصورة التالية:



ولهذا وجدت اللائحة التالية لشرح الحالات التابعة في صورة اللائحة التالية:

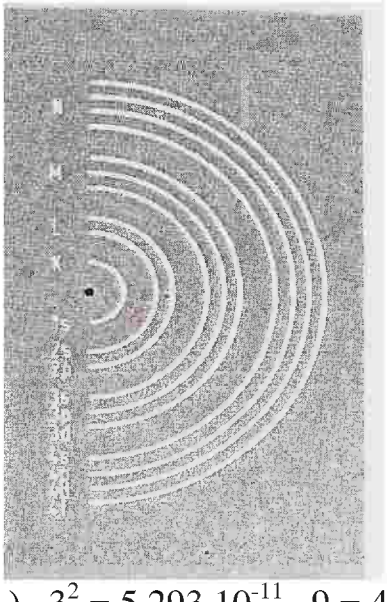
Configuration		Symbol	Head Course
n=1	l=0	1s	K shell
n=2	l=0	2s	
			L shell
n=2	l=1	2p	
n=3	l=0	3s	

n=3	l=1	3p	M shell
n=3	l=2	3d	

Continue..

ومثالاً على ذلك أولا:

نفكر بأن الإلكترون 3p يتحرك على مسار دائرة مهد له عدد الكم الأساسي n=3، وعدد الكم المتقارب l=1، وهذا الإلكترون كما نرى تابع لقشرة غلاف الذرة M، وفي عملية دورانه يدور على طريق مهد إهليلجي الشكل، ولمعرفة قيم نصف محاور هذا الشكل الإهليلجي a..b نستعمل المعادلات التالية المعروفة والتي وجدت قبلاً.



$a_3 = \epsilon_0 .(h^2/\pi e^2 m_e) . 3^2 = 5{,}293.10^{-11} . 9 = 47{,}637.10^{-11}$ m

$b_{3,1} = a_3 . l+1/n = a_3 . 2/3 = 31{,}785.10^{-11}$ m

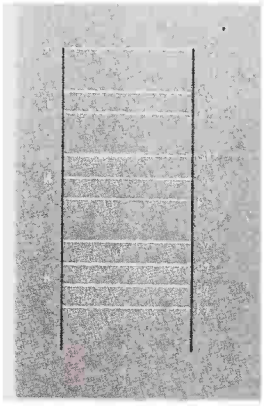
ثانيًا: لما الإلكترون 4f له عدد الكم الأساسي يساوي n=4، وكذلك عدد الكم المتقارب يساوي l=3، وحسب المعادلة التالية:

$b = a . l+1/n$ وكذلك $b_{4,3} = a_4$

وهذا معناه بأن مهد الإلكترون في هذه الحالة كان بمسار دائرة حسب نمـــوذج ذرة الهيدروجين، ولهذا فإن نصف قطر الدائرة في هذه الحالة يـــساوي المعادلـــة التالية المعروفة قبلاً والمساوية:

$$r_n = \epsilon_0 . h^2 / \pi e^2 m_e . 4^2 = 5,293.10^{-11}m.16 = 84,688.10^{-11}m$$

وهنا إذا اختصرنا ما سبق وذكر من معادلات نجد بأنها تعطي درجات طاقـــات الإلكترونات لما تبع من تقسيم في القشور.



1- القشرة K التي تمثل درجـــة طاقـــة 1s وقـــشرة الغلاف هذه لم يكن عندها تقسيم سفلي.

2- القشرة L عندها تقسيم سفلي عدد 2 يمثل درجات الطاقات التالية: 2p..2s.

3- القشرة M عندها تقـــسيم ســـفلي عـــدد 3 يمثـــل الطاقات التالية: 3s 3p 3d.

4- القشرة N عندها تقسيم سفلي عدد 4 يمثل الطاقات التالية: 4s..4p..4d..4f.

ولكن عن طريق الاختبار لدرجات طاقات الإلكترونات في غلاف الذرة وجدت عن طريق Bohr Model، وكذلك وجدت عـــن طريـــق Bohr Sommerfeld Atom Model. ولكن درجات الطاقات الموجودة في مسار مهود النبض الدائري وحسب قانون الفيزياء الكلاسيكية أعطي لهذه الطاقة المعادلة التالية:

$$E_n = -1/8 . e^4 m_e / \epsilon_0^2 h^2 . 1/n^2$$

وهذا ما دل على أن هذه المعادلة لما قوبلت مع معادلـــة بـــور لمهـــد مـــسار الإلكترون في الدائرة، وجد بأنها متساوية مائة بالمائة. ولهذا نستطيع بأن نقول إن غلاف الذرة متعلق بعدد الكم الأساســـي n أي المقـــصود بـــه Head Quantum number وليس بعدد الكم المتقارب.

Beside or near Quantum numberl وكذلك أظهر علم الفيزياء بأن الإلكترون يدور حول نواة الذرة ولكن في الوقت نفسه يدور حول نفسه، أي على محوره ونسمي هذا الدوران Electron Spin .

3.5 دوران الإلكترون على نفسه Electron Spin

من بعد الدراسات والخبرة الطويلة، وجد بأن الإلكترون الموجود في غلاف الذرة بتحركه يدور حول نواة الذرة على مسار مهد نبض دائري مساوي $r^2\omega$، وكذلك أيضا يدور على نفسه بنبض دائري Rooter Pulse. وبما أن الإلكترون يشابه كرة صغيرة الحجم، وأنه لما يدور أو يبرم بشكله الكروي يدور على محوره الخاص، وعملية دوران الإلكترون على محوره الخاص على اليمين أو على اليسار تسمى Electron Spin، وهنا نجد أيضًا بطريقة دوران الإلكترون المشحون ينتج من تحركه الدائري حقل صغير مغناطيسي يحيطه، ولهذا السبب يحيط بالإلكترون حقل مغناطيسي عنده قدرة مغناطيسية Magnet Moment = m تشابه قدرة قضيب مغناطيسي صغير ذي قطبين، وهذا ما أثبت بالتجارب وقياسات الأوزان لكن كذلك أيضًا حسب التجارب ظهر بأن النبض الدائري $r^2\omega$ في المحيط الذري المكمم Quantum، وهذا معناه لم يأخذ أي عدد كان، وهذا ما تعرفنا عليه قبلاً في النبض الدائري لإلكترون ذرة الهيدروجين على أنه عدد متكامل يساوي عدة مرات النبض الدائري البدائي الذي كتب بالمعادلة التالية:

$$L_{course} = l.h$$

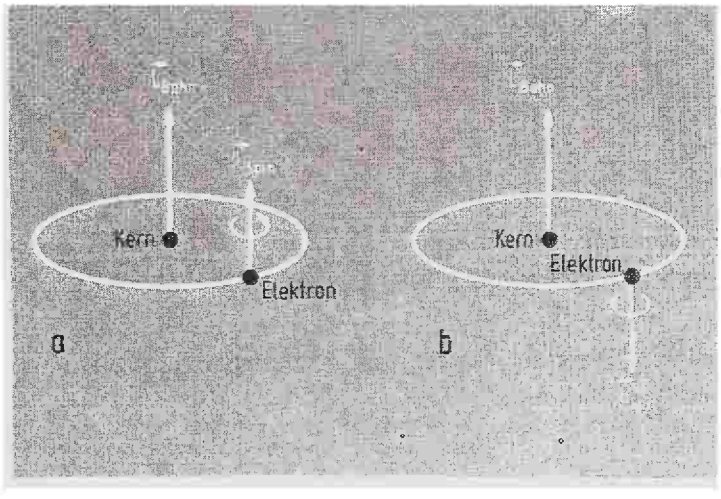
وكذلك أثبت بالتجارب أيضًا بأن النبض الدائري للإلكترون نفسه بأنه مكمم Quantum ويعطي لدوران الذرة نفسها Electron Spin المعادلة التالية:

$$L_{spin} = 1/2 \; . \; h \; / \; 2\pi = 1/2 \; . \; h$$

وهنا ما نراه بأن الحرف h كما سبق وشرح لم يكن ثابتة Planck إلا عامل النبض الدائري البدائي، وعدد كم دوران الإلكترون على نفسه Electron Spin نعطيه اسم الحرف S المساوي الاصطلاح التالي:

$$S = + 1/2$$

وكذلك ما ظهر بعد التجارب بأن مسار مهد النبض الدائري Course of Radian Pulse وكذلك مسار النبض الدائري $r_e^2\omega$ للإلكترون نفسه الذي يتحرك بدورانه حول نواة الذرة لم يكونا متعلقين معًا، ولكن ما نراه في الصورة التالية بأن الأسهم Vector النبض الدائري المتوازين أو بالعكس الموجودين في غير وضع، والذين يظهرون دوران الإلكترون على نفسه في الحالتين:



$$S = +1/2 \quad or \quad S = -1/2$$

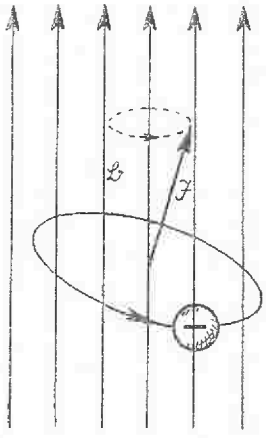
وهذا ما نراه من جودة لما نستعمل Electron Spin في عملية معرفة درجة الطاقة المحلية Station power steps في غلاف الذرة، ولهذا نستطيع بأن نقول بطريقة الحل هنا أصلحنا فجوَّدنا نموذج Bohr Sommerfeld Atom Model وهنا نأتي على تصحيح النقاط التي لم يقدر بور أن يصححها، مثلاً: كما ذكرنا قبلاً عن غلطة البناء المعطى له اسم Fein Structure في خطوط الطيف Spectral Line في نموذج ذرة الهيدروجين، وهذا التصحيح الموجب يعود لتأثيرات الـ Electron Spin، وكذلك إلى نسبية كتل الإلكتروناتrelative masse change التي تعود لتغير كتلها، وكذلك في عديد من ذرات المواد وغيرها مثل Alkali Element، نستطيع كذلك بمساعدة Electron Spin تصحيح العدد الموجي N

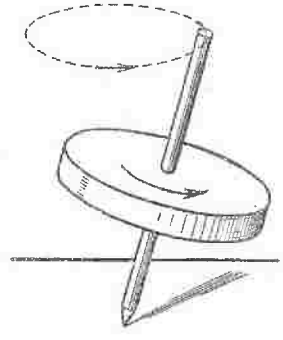
لعديد من خطوط الطيف، مثلاً: الحالة المعروفة باسم Dublett أي المقصود Doppler spectral Line .

وهنا نقول باختصار بأن نموذج Bohr Sommerfeld system يستطيع بأن يصحح بمراعاة عدد دوران الإلكترون الذاتي، أي Spin electron number S = ±1/2 لتصحيح هذا النموذج كذلك فكر العلماء الفيزيائيون بتطبيقات عملية Experiments لدوران الإلكترون الذي ينتج في دورانه طاقة مغناطيسية والتي نسميها اتجاه الكم، وهذه تملك قيمة نسبية لحركة ذاتية داخلية كما عند البروتونات والنيوترونات قيمتها المطلقة تساوي: 1/2(1/2+1).

5 -4 اتجاه الكم

وهذه النظرية التطبيقية والعلمية نستطيع بأن نشرحها لما نشبه الإلكترون كما ذكرنا قبلاً بكرة كروية الشكل، وهذا الإلكترون المشحون سلبيًّا (e-) بطريقة برمه حول النواة يعطي أو يبث طاقة مغناطيسية قدرتها B، يماشي محوره الموازي مهد النبض الدائري 3، وهذا الإلكترون بدورانه يتصرف مثل المغزل العلمي pyrometer باتجاه رأس محوره منحن إلى الأرض، ومن هذا الانحناء وبرم المغزل ينتج بين محوره واتجاه جاذبية الأرض عديد من الزوايا، وهذه الزوايا الموجودة بين اتجاه الحقل المغناطيسي B وسهم اتجاه مهد النبض الدائري 3 و هذه الزوايا المتعددة أيًّا كان شكلها فإن هذه العملية بتعدد الزوايا أنتجت الكم المغناطيسي m المساوي المعادلة التالية:





$$m = l \cos \quad (B.3) \quad -l \leq m \leq +l$$

والكم المغناطيسي يستطيع أن يأخذ قيم الأعداد التالية:

$$-l , -l+1 , \quad -2 , -1 , 0 , +1 , +2. \quad +l-1 , +l$$

ومن نتيجة تصحيح نموذج Bohr Sommerfeld Atom model أبـان مـا وجدناه من جودة لقيم حالات طاقات الإلكترونات في قشرة غلاف الذرة عن طريق أعـداد الكـم الأربعـة، أي The for Quantum number، المقـصود بهـم n, l, s, m.

وعن طرق التصحيح هذا أصبح ما وجدناه واشتق قبلاً من معادلات ونماذج عن طريق الكم الأساسي..n عنده جودة، بل كذلك وجد تحسن في إنزال طاقات القشور السفلية وإعطاؤها الأعداد المتكاملة التابعة إلى كل قشرة أساسية، وهذا سوف نراه في النقاط التالية:

1 – وجدنا بأن دوران الكم الذاتي للإلكترون S = Spin يستطيع بأن يأخذ قيم الحالتين $S = \pm 1/2$، ولهذا السبب متعلق بكل من القيم التالية (n, l , m) بدرجات طاقتين مفترقتين.

2- ولكن مع عدد الكم المتقارب l، يمكن حسب ما وجد عن طريق عدد الكم المغناطيسي m أخذ القيمة (2l+1) ولهذا متعلق بالقيم التالية (n , l) بدرجات طاقات عديدة متفرقة ومنها: (2l+1) 2.

3 - وهنا كذلك عدد الكم المتقارب l الذي يأخذ القيم التالية l = 0,1 ,2, 3..n-1

يعطي لكل عدد من أعداد الكم الأساسية الجامدة Stationer طاقاتهم حسب المعادلة التالية:

$$N_E = \sum_{l=0}^{n=1} 2(2l+1)$$

والحل العلمي لهذه المعادلة لم يكن إلا صفوفاً Rank من القيم عمل حسابها عن طريق الصف Matrix في الرياضيات، وأعطي لهذا الحل الجواب التالي:

$$N_E = 2n^2$$

واللائحة التالية التابعة تظهر قيم الدرجات طاقات القشور الأساسية المعطاة بالأعداد التالية:

K.shell	L.shell	M.shell	N.shell	O.shell	P.shell	Q.shell
2	8	18	32	50	72	98

وهذه الدراسات أظهرت تقسيم درجات الطاقات في قشور غلاف الذرة، ولقد أصبح هذا التقسيم أجود لما ندخل قيم الدرجات السفلية التالية مثل: 1s,3s,2p,3s,3p,3d etc.

وفي إظهار هذه اللائحة التابعة التي تبين لنا تأثيرات إدخال الدرجات السفلية:

K shell	L shell	M shell	N Shell
2	4	18	32

1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f
2	2 6	2 6 10	2 6 10 14

وأعداد هذه اللائحة نقدر حسب الحل السابق بأن نختبرها ونؤكد قيمها، ومثـالاً على ذلك الحل التالي:

إذا أخذنا درجة الطاقة 3d المذيلة بالقيم التالية n=3..l=2، والمعطى لها قيمـة الكم المغناطيسي المـساوي m = 5، وقيمـة الـSpin المـساوية S = ±1/2، الموجودة بين بداية −2 أو نهاية2+ للقيم التالية:

- 2 , - 1 0+ 1 , + 2

وضربها بقيمة الكم المغناطيسيm نحصل على النتيجة التاليـة (10 = 2 . 5) وهذا ما نجده في محيط القشرة N shell حسب اللائحة السابقة.

وبتصحيح نموذج Bohr Sommerfeld أظهر ودلّ على عديد مـن الجـودة المنتجة بتصحيح هذا النموذج في طيف ذرة الهيدروجين، وكـذلك طيـف المـواد المشابهة لذرة الهيدروجين التي أعطت خطوط طيف هذه المـواد جـودة ودقـة. وبتصحيح نموذج الاثنين Bohr Sommerfeld system ساعد كذلك الفيزيـائيين والكيميائيين لبناء جدول المواد Period System.

6- بناء غلاف الذرة

6 -1 طاقة التأين وبناء غلاف الذرة

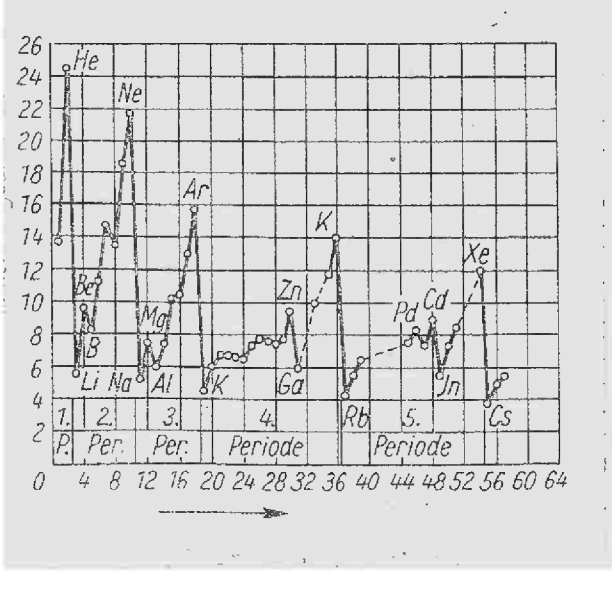
من المعروف سابقًا من بعد دراسات حالات الإلكترون العديدة بأن الاسم المعطى لتقسيم وتنظيم إلكترونات ذرات المواد في غلافاتهـا هـو الحالـة الأساسـية، أي Ground state، وهذا معناه مستوى الطاقة الضعيفة للإلكترون في غلاف الـذرة في حالة الركود. ومعروف كذلك من دراسات ذرة الهيدروجين بـأن الإلكتـرون يستطيع بأن يرتفع من مستوى طاقة الحالة الأساسية إلي حالة طاقة مرتفعة وهـذه العملية تحدث عن طريق تهيج الذرة، وهذا ما نفهمه بانتقال الإلكترون من الحالـة الأساسية ضعيفة الطاقة إلي حالة طاقة مرتفعة أعلى، وتسمى هذه العملية عمليـة التهيج وهذه تحصل من بعد العمليات التالية:

1 – قذف الذرة بجسيمات سريعة الحركة مثل الإلكترونات السريعة والبروتونات أو جسيمات ألفا α وباصطدام هذه الجسيمات بذرة المادة المقذوفة ذات الطاقة المرتفعة عن طريق اصطدام غير مرن، ترتفع إلكترونات الذرة المقذوفة إلي مستوى أعلى.

2– وكذلك عن طريق امتصاص كم الإشعاعات ذات الذبذبات والطاقة المرتفعة، وهذه العملية تحدث لما يسقط إشعاع كم عنده طاقة كافية لرفع الإلكترون من غلاف الذرة من الحالة الأساسية إلى حالة طاقة مرتفعة، وهذه الطاقة المستعملة يستعملها الإلكترون الذي ارتفع إلى حالة أعلى.

3– وكذلك عن طريق إدخال الحرارة في المواد فإن كل ذرات المواد الجامدة والمائعة تتهيج، وإلكترونات غلاف ذرات هذه المواد ترتفع إلى مستوى أعلى، وكذلك من الممكن رفع عدة إلكترونات من رابطة الإلكترونات في غلاف الذرة إلى مستوى مرتفع، وهذه العملية نسميها التأين Ionization وعملية التأين ليست إلا تباعد إلكترون واحد أو عدة إلكترونات من غلاف الذرة.. وبالاختصار كما ذكر في النقاط السابقة تحدث عمليات التأين التالية أي:

Push Ionization ..Photo Ionization Terminal Ionization



أما ما يختص بطاقة تهيج إلكترون ذرة الهيدروجين الوحيد، وجدت علميًّا في قسم سابق. وتساوي إجباريًّا 13,60 eV. ولكن لتهيج ذرة الهليوم Helium يلزمنا طاقة تساوي24,85eV ، وهلم جرا.. انظر منحنى التأين التالي:

وأما ما يختص بالوقت اللازم للتهيج يساوي تقريبا 10^{-8}sec والوقت الذي هو أطول من وقت التهيج يسمى ويساوي $\approx 10^{-2}$ sec meta stabil time.

6 - 2 نموذج بولي الثاني Pauli Principe

في الأقسام السابقة وجدنا في النموذج الدوري للمواد Period System بأن شحنات نوى المواد تتعالى وتتزايد من مادة إلى مادة كذلك، ولهذا السبب نجد في الذرة المحايدة أي neutral Atom، بأن عدد قشور غلاف الذرة الحاوية الإلكترونات يتزايد من مادة إلى مادة، وهذا ما يظهره كذلك النموذج الدوري للمواد بأن كل مادة تتقدم على مادة بالتتابع، بطريقة بناء أو زيادة إلكترون على غلاف ذرتها، وبعملية بناء أو إدخال إلكترون زيادة على غلاف ذرة المادة التابعة لم يكن عن طريق الصدف أو بدون قاعدة، ولكن حسب نموذج قواعد بناء إسكان مختصة بالإلكترونات نظهرها بالنقاط التالية:

1 – إن مجموع عدد الإلكترونات الموجودة في غلاف الذرة وجد وثبت وحقق حسب ما يلي إن مجموع الإلكترونات الموجودة في غلاف الذرة المحايدة يساوي العدد النظامي أو عدد شحنة النواة Z في الذرة المذكورة .

2 – تنظيم سكن الإلكترونات في غلاف الذرة حسب نموذج بولي، وهذا الفيزيائي النمساوي W.Pauli (1900 - 1958) نظم سكن الإلكترونات في غلاف الذرة، ولهذا السبب سمي هذا التنظيم باسمه، أي Pauli Principe، ولكن كان صف طقم منظم من بعد خبرة، ولكن إلى الآن لا يوجد لخبرة التنظيم التالي نموذج شرح أساسي علمي، ولكن فسرّ... في غلاف الذرة لا يوجد إلكترونان اثنان أو أكثر تعادل أو تساوي أعداد الكم الأربعة التالية:

$$n , l , s , m$$

ولكن ما وجدناه قبلاً من تنفيذ عمليات الكم الأربعة، أي أن كل واحد منها قادر ومن الممكن معرفة وتحديد حالة طاقة الإلكترون في الغلاف، وهذا ما ذكره بولي بأن كل حالة طاقة موجودة في غلاف الذرة ممكن بأن تكون مسكونة من الإلكترون.

3 – تنظيم سكن الإلكترونات في غلاف الذرة أخذ حسب درجات طاقات الإلكترونات، وكذلك حسب المواد، وكل مادة عندها أساسيًّا نفس بناء غلاف مشابه لذرة المادة التي أتت قبلها وهذا ما نظم في النموذج الدوري لبناء تتابع المواد، أي كل مادة أنتجت أو وجدت جديدة زيد عليها إلكترون واحد في غلاف ذرتها. ولبناء إلكترون جديد في غلاف الذرة، فإنه يجب لهذا العملية أخذ أضعف درجة طاقة بعدها موجودة أو باقية في غلاف الذرة التابعة المذكورة كسكن للإلكترون الجديد، وهذا ما نسميه البناء الأساسي في قوام هيئة هيكل غلاف الذرة.

ولكن قبل إنهاء دراسات بناء إسكان الإلكترونات في غلاف الذرة لكل المواد الموجودة في النموذج الدوري للمواد، يجب علينا أن نأخذ بعين الاعتبار بعض الملاحظات لوصف مميزات بناء قشور غلاف الذرة التي ذكرت قبلاً في اللائحة التالية

Configuration		Symbol	Head Shell
n=1	l=0	1sK	shell

هذه اللائحة تساعد تطبيقيًّا لبناء قشور غلاف الذرة، ومعرفة تحرك مسار الإلكترونات حول نواة الذرة، وفي الدرس التالي نتعرف على إلكترونات إسكان القشور المحيطة بالنواة.

6 -3 إسكان الإلكترونات في غلاف الذرة

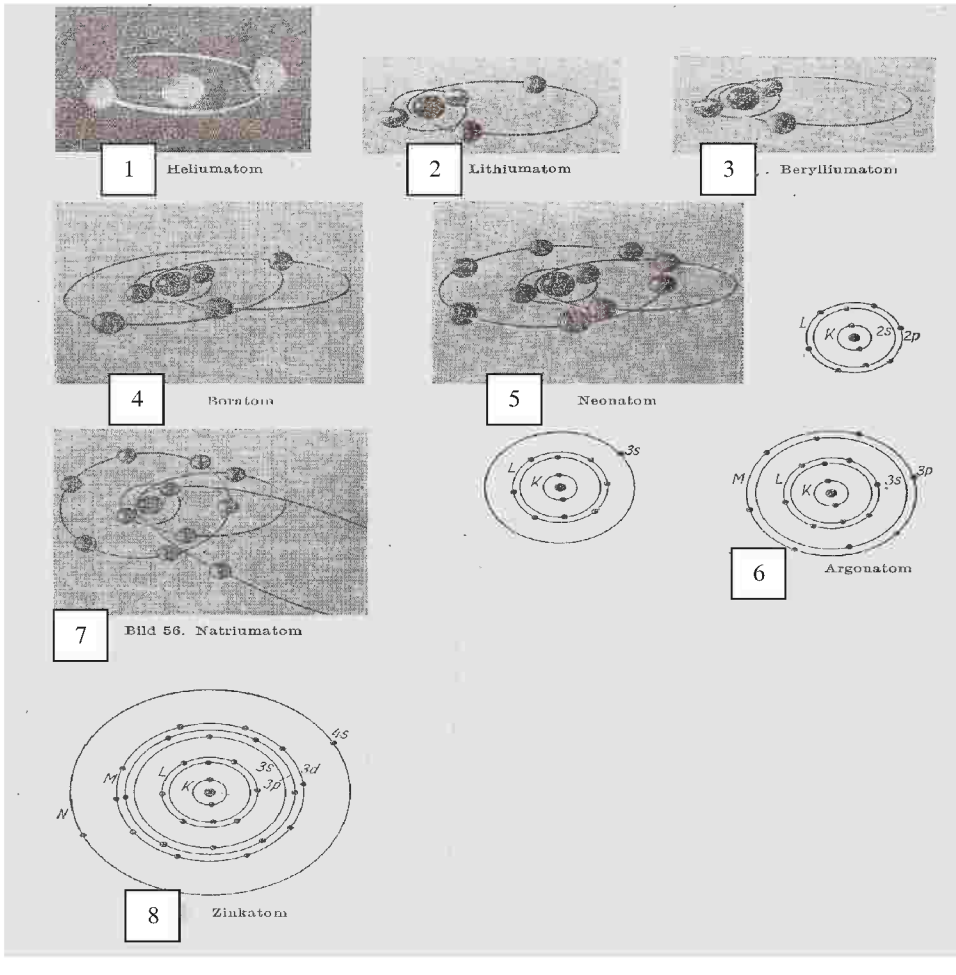
لنتعرف على مساكن الإلكترونات في غلاف الذرة ما علينا إلا أن نتبع صفات القشور وما يسكنها من الإلكترونات، مثلاً:

1 – في القشرة K shell

إن ذرة الهيدروجين هي الذرة الوحيدة التي يوجد في غلافها إلكترون واحد لا غير يدور حول نواتها الإيجابية.

أما ذرة الهليوم Helium في مسار مهدها 1s، تستطيع أن تسكن أو تأخذ

إلكتروناً واحدًا زائدًا لا غير في حالة انعكاس دوران الـSpin في مسار مهدها الدائري المبنى من إلكترونين اثنين.



لما أعداد الكم الأربعة تساوي:

$$n = 1 , l = 0 , m = 0 , S = +1/2$$

وكذلك الانعكاس يساوي:

$$n = 1 , l = 0 , m = 0 , S = -1/2$$

وحتى لا نخدش نموذج بولي، أي أنه إلكترون ثالث غير ممكن بأن تقبل أو تسكن في هذه القشرة. فالسبب لأن تماشي أو توافق عدد مهود الكم تجبر على

التكرار أو الإعادة، ولهذا يجب على الإلكترون التابع بأن يسكن أو يؤخذ ويبنى في الطابق التالي أو القشرة التابعة.

2 – في قشرة L shell

ذرة الـLithium (3 إلكترونات وهنا Z = 3) ولكن الإلكترون الجديد الواصل الذي يدور على مسار مهد 2s (صورة رقم 2 من اللائحة) هذا تابع إلى n = 2 دائرة إهليلجية الشكل، أي Ellipse .

ذرة الـBerylium (4 إلكترونات وهنا Z = 4) تابعة للدائرة إهليلجية الشكل، أي 2s، تستطيع بأن تقبل بعد الإلكترونات عدد 2 في اتجاه الدوران المنعكس.

ولكن عدد الكم لهذه الإلكترونات الأخيرة Lithium وكذلك Berylium عندها أعداد الكم الأربعة (n=1,l=0,m=0,S=+1/2) والعكس (n=1,l=0,m=0,S=-1/2).

والإلكترون التابع يجب أن يأخذ غير طريق مسار المهد، وهنا يأتي السؤال عن مسار دائرة، أي المهد الدائري 2p.

ذرة الـ Bor (5 إلكترونات) هنا مسار المهد الدائري 2p، ولهذا السبب لأن l = 1 وكذلك m = (2 . l + 1) = 3 يأخذ ثلاثة أشكال إسكان متفرقة للسكن.

أي أنها ثلاث مرات محجوزة للسكن، وكل واحد منها عنده اتجاهات دوران عدد..2 أي Spin Direction ، ولهذا مجموعها 6 إلكترونات التي يجب إقامتها أو إسكانها، ولكن الإلكترون الأول منه هو الإلكترون الوحيد المشيد بناء ذرة البور. صورة رقم 3.

ذرة الـ Coal الفحم (6 إلكترونات) ومسار المهد 2p، هنا هذا مسكون بالإلكترونات عدد 2، وأما ذرات المواد التالية مثل N , O , Fluor (7 .. 9 إلكترونات)، وكذلك ذرات هذه المواد تبنى الإلكترونات التابعة لها في مسار المهد 2p .

ذرة الـ Neon (10 إلكترونات) بالأخص الإلكترون رقم.6 موجود في المهد 2p، وكذلك في نفس الوقت في القشرة L مظهرة في الصورة رقم 5، والصورة المشابهة الموجودة في الصورة رقم ..5.1، ولكنها في الحقيقة حسب الدراسات السابقة لعدد الكم الأساسي n = 2، أي Head Quantum State، فإنه ما يختص بالإلكترون التابع يجب بأن يوضع على مسار مهد جديد في بناء القشرة التابعة.

3- في القشرة M shell

ذرة الـ Natrium (11 إلكترون) في مسار مهد ، عدد الكم الأساسي n=3، تسكن الدائرة إهليلجية Ellipse الشكل 3s.

ذرة الـ Magnesium (12 إلكترون) موجودًا في المكان الثاني في انعكاس برم.. الـ Spin على مسار مهد 3s .

ذرات المواد من Aluminum to Argon (13 18 إلكترون) تابعًا مسار المهد 3p، وكذلك يمكن أن تأخذ ثلاثة أماكن محجوزة لسكن ست 6 إلكترونات.

ولكن الآن يأتي بالتتابع مسار المهد 3d، وخروجًا عن القاعدة بامتلاء مسار المهد..3p يكون اكتمال القشرة M.

ملحوظة: ولكن بسبب الطاقة فإن مسار المهد 4s يبنى في القشرة التابعة N.

3- في القشرة N shell

ذرات الـKalium and Calcium تسكن مسار المهد4s مع الإلكترونات عدد..2.

والذرات من Scandium to Zinc فهذه المواد العشر 10 تحتل أو تسكن مسار مهد3d الذي بعد لم يندمج بالقشرة M، وهنا يمكن لعشر إلكترونات بأن تسكن لأن 2 = l والمجموعة تساوي5 = (2.2+1) أماكن سكن، لكل واحد منها اتجاها دوران اثنان، أي 2 Spin Direction .

والذرات من الـ Gallium to Krypton، إن هذه المواد الست 6 تسكن مسار المهد 4p، وكذلك من جهة على مسار المهد التابع 4d، ويأتي بنفس الوقت مسار المهد 5s أي أن مادة الKrypton كانت نهاية القشرة N .

وهنا على هذه الطريقة نجد في اللائحة التالية كل ما يقابل في النموذج الدوري.

Hauptschalen			*K*	*L*		*M*			*N*				*O*				*P*			*Q*
Energiestufen			*1s*	*2s*	*2p*	*3s*	*3p*	*3d*	*4s*	*4p*	*4d*	*4f*	*5s*	*5p*	*5d*	*5f*	*6s*	*6p*	*6d*	*7s*
1	H	Wasserstoff	1																	
2	He	Helium	2																	
3	Li	Lithium	2	1																
4	Be	Beryllium	2	2																
5	B	Bor	2	2	1															
6	C	Kohlenstoff	2	2	2															
7	N	Stickstoff	2	2	3															
8	O	Sauerstoff	2	2	4															
9	F	Fluor	2	2	5															
10	Ne	Neon	2	2	6															
11	Na	Natrium	2	2	6	1														
12	Mg	Magnesium	2	2	6	2														
13	Al	Aluminium	2	2	6	2	1													
14	Si	Silicium	2	2	6	2	2													
15	P	Phosphor	2	2	6	2	3													
16	S	Schwefel	2	2	6	2	4													
17	Cl	Chlor	2	2	6	2	5													
18	Ar	Argon	2	2	6	2	6													
19	K	Kalium	2	2	6	2	6		1											
20	Ca	Calcium	2	2	6	2	6		2											
21	Sc	Scandium	2	2	6	2	6	1	2											
22	Ti	Titan	2	2	6	2	6	2	2											
23	V	Vanadium	2	2	6	2	6	3	2											
24	Cr	Chrom	2	2	6	2	6	5	1											
25	Mn	Mangan	2	2	6	2	6	5	2											
26	Fe	Eisen	2	2	6	2	6	6	2											
27	Co	Kobalt	2	2	6	2	6	7	2											
28	Ni	Nickel	2	2	6	2	6	8	2											
29	Cu	Kupfer	2	2	6	2	6	10	1											
30	Zn	Zink	2	2	6	2	6	10	2											
31	Ga	Gallium	2	2	6	2	6	10	2	1										
32	Ge	Germanium	2	2	6	2	6	10	2	2										
33	As	Arsen	2	2	6	2	6	10	2	3										
34	Se	Selen	2	2	6	2	6	10	2	4										
35	Br	Brom	2	2	6	2	6	10	2	5										
36	Kr	Krypton	2	2	6	2	6	10	2	6										
37	Rb	Rubidium	2	2	6	2	6	10	2	6			1							
38	Sr	Strontium	2	2	6	2	6	10	2	6			2							
39	Y	Yttrium	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2							
40	Zr	Zirkonium	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2							
41	Nb	Niob	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1							
42	Mo	Molybdän	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1							
43	Tc	Technetium	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2							
44	Ru	Ruthenium	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1							
45	Rh	Rhodium	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1							
46	Pd	Palladium	2	2	6	2	6	10	2	6	10									
47	Ag	Silber	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1							
48	Cd	Cadmium	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2							
49	In	Indium	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1						
50	Sn	Zinn	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2						
51	Sb	Antimon	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3						
52	Te	Tellur	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4						
53	J	Jod	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5						
54	Xe	Xenon	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6						

Hauptschalen			*K*	*L*		*M*			*N*				*O*				*P*			*Q*
Energiestufen			*1s*	*2s*	*2p*	*3s*	*3p*	*3d*	*4s*	*4p*	*4d*	*4f*	*5s*	*5p*	*5d*	*5f*	*6s*	*6p*	*6d*	*7s*
55	Cs	Cäsium	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1			
56	Ba	Barium	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2			
57	La	Lanthan	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2			
58	Ce	Cer	2	2	6	2	6	10	2	6	10	2	2	6			2			
59	Pr	Praseodym	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6			2			
60	Nd	Neodym	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6			2			
61	Pm	Promethium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6			2			
62	Sm	Samarium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2			
63	Eu	Europium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2			
64	Gd	Gadolinium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2			
65	Tb	Terbium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	9	2	6			2			
66	Dy	Dysprosium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6			2			
67	Ho	Holmium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6			2			
68	Er	Erbium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6			2			
69	Tm	Thulium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2			
70	Yb	Ytterbium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2			
71	Lu	Lutetium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2			
72	Hf	Hafnium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2			
73	Ta	Tantal	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2			
74	W	Wolfram	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2			
75	Re	Rhenium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2			
76	Os	Osmium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2			
77	Ir	Iridium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2			
78	Pt	Platin	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1			
79	Au	Gold	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1			
80	Hg	Quecksilber	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2			
81	Tl	Thallium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1		
82	Pb	Blei	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2		
83	Bi	Wismut	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3		
84	Po	Polonium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4		
85	At	Astatin	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5		
86	Rn	Radon	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		
87	Fr	Francium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1
88	Ra	Radium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2
89	Ac	Actinium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1	2
90	Th	Thorium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	2	2
91	Pa	Protactinium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	3	2
92	U	Uran	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	4	2
93	Np	Neptunium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	1	2	6	4	2
94	Pu	Plutonium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	4	2
95	Am	Americium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6	1	2
96	Cm	Curium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2
97	Bk	Berkelium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2
98	Cf	Californium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	9	2	6	1	2
99	Es	Einsteinium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6	1	2
100	Fm	Fermium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6	1	2
101	Md	Mendelevium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6	1	2
102	No	Nobelium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6	1	2
103	Lw	Lawrencium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	1	2
104	Ku	Kurtschatowium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	2	2
105	Ha	Hahnium	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6	3	2

ونتبع هذا الدرس بمثل علمي تطبيقي بإعطاء كل الحالات الممكنة من قشرة..K إلى.. M في القشرة K لما تكون l=1 تكون القيمة الوحيدة الممكنة لعدد l هي الصفر. بالتالي m=0 بينما s=±1/2 وهكذا يوجد حالتان للقشرة K على النحو التالي

$$m=0 \quad l=0 \quad n=1 \qquad s = \pm 1/2$$

ننتقل إلى القشرة L حيث n=2 إذن l=1 أو l=1 عندما l=0 وكذلك.., m=0 ولكن s=±1/2 وهلم جرا. ويعطينا هذا مجموعًا كليًّا من ثماني حالات تدرجيًّا على النحو التالي:

حالتان n=2	l=0	m=0	s = ± 1/2
	l=0	m=-1	s = ± 1/2
ست حالات		m=-0	s = ± 1/2
		m=+1	s = ± 1/2

وهنا نقول بأن القشرة L مقسمة إلى قشرتين جزئيتين إحداهما لعدد l=0 والأخرى للعدد l=1 .

هنا نطبق نفس الطريقة للقشور الأخرى، فنحصل على مخطط مستويات الطاقات في الشكل التالي ملاحظة (نفترض مجالاً مغناطيسيًّا ضئيلاً خارجيًا).

	10 مستويات	s = ±1/2	l=2, m = -2, -1 ,0 ,+1,+2,
القشرة M	6 مستويات	s = ± 1/2	l=1 , m = -1, -1 ,0 ,+1,
	2 مستويات	s = ± 1/2	l=0 , m = 0,
	6 مستويات	s = ± 1/2	l=1 ,m = -1 ,-1 ,0, +1,
القشرة L			
	2 مستويات	s = ± 1/2	l=0 ,m =0,
القشرةK	2 مستويات	s = ± 1/2	l=0 ,m =0

وهذه الطريقة التي اتبعناها قادتنا إلى نتيجة مفيدة على أن طاقات الإلكترونات في الذرات مكممة، وأن كل حالة تعرف بأربعة أعداد كم، وأن الإشعاع لم يصدر أو ينبعث إلا إذا كانت طاقة الفوتون الساقطة مساوية الفرق بين طاقتي مستويين اثنين مختلفتين. وهنا نظهر في الحل معادلة Schroedinger للحصول على الطاقات المتوقعة.

(يعتبر أن الإلكترون يدور على اتجاه خاص) وهذا ما يحقق التطابق بين النظرية والتطبيق بشكل موافق .

6. 4 نتيجة التتابع الكيميائي والفيزيائي لبناء الذرة
Chemistry and Physical consequence of Atom construct

6 .1.4. الغاز الكريم

من بعد الدراسات والاختبارات عن طريق طيف خطوط Roentgen Spectrum، تبين بأن الإلكترونات في الغاز الكريم متماسكة أو مترابطة بالقشرة الخارجية في غلاف ذرة أو جزيئة الغاز، وهذا ما أظهر وبين كذلك بأن العمليات الكيميائية تحدث في القسم الخارجي من غلاف الذرة، وبالحقيقة محدد وثابت على القشرة الخارجية، وهذا ما سوف نشرحه في الدرس التالي. وهنا نعود ونقول كذلك إن المواد الكيميائية المتشابهة تملك في غلاف قشر ذراتها الخارجية نفس العدد من الإلكترونات، ومثال على ذلك المواد التالية:

1 – المواد Alkali Element مثل الـ Lithium إلى Francium عندها في غلاف قشرة الذرة الخارجية K L M N إلكترون واحد لا غير.

2 – المواد earth Alkali Element مثل الـ Beryllium إلى Radium عندها في غلاف قشرة الذرة الخارجية K L M N O إلكترونان اثنان.

3– مواد ال Halogen مثل الـ Fluor إلى Astatine عندها في غلاف قشرة الذرة الخارجية .K L M N 7 إلكترونات.

4- أما بما يختص بالغاز الكريم على أنواعه مثل Helium إلى Radon عنده في غلاف قشرة الذرة الخارجية 8 K L M إلكترونات، ولكن خارج عن القاعدة غاز الهليوم Helium عنده في غلاف قشرته الخارجية إلكترونان اثنان.

فإن كل المواد أو الغازات التي تملك أو عندها إلكترونات على القشرة الخارجية من غلاف الذرة نسميها Valence electron وهذا ما يظهر لنا ويدل في الدرجة الأولى بأن تنظيم ال Valence electronيؤكد مميزات الذرة وهذه الفاعلية تظهر خاصية التماسك أو الترابط الكيميائي التي سوف نأتي عل شرحها مفصلاً. أي أن بناء الذرات الموجودة في داخل الجزيئات Molecule تجمعها قدرة الترابط التي نسميها الترابط أو التماسك الكيميائي، وهذه القدرة تقسم إلى أربعة عمليات ترابط تالية:

1 - ترابط أو تماسك الأيونات Heteropolar.

2- ترابط أو تماسك الذرات أو الإلكترونات المزدوجة Homöopolar or covalent.

3 - ترابط أو تماسك ذرات المعادن.

4- ترابط أو تماسك Van der Waals .

6 . 2.4 تماسك أو ترابط الأيونات Heteropolar

1 - ترابط أو تماسك الأيونات Heteropolar

ما ذكر وأكد عدة مرات بأن غلاف ذرة الغاز الكريم ثابت بالتأكد، وهذا ما يقصد به تنظيم وتنسيق الإلكترونات على الشكل التالي :

$$1s^2 , 2s^2 , 3p^2 , 4s^2 , 4p^6 , 5s^2 , 5p^6 , 6s^2 , 6p^6$$

a - لتبسيط الشرح نأخذ الأمثال التالية: نأخذ مثلاً مادة الNatrium تنسق وتقسم الإلكترونات التابعة لها بالشكل التالي:

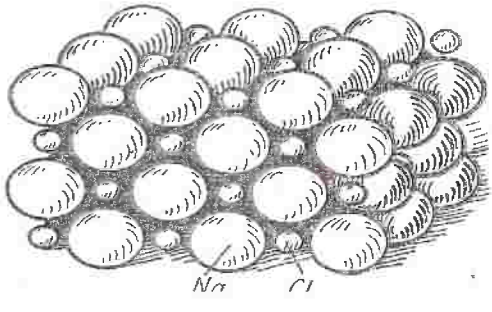
$$1s^2, 2s^2, 2p^6 , 3s^1$$

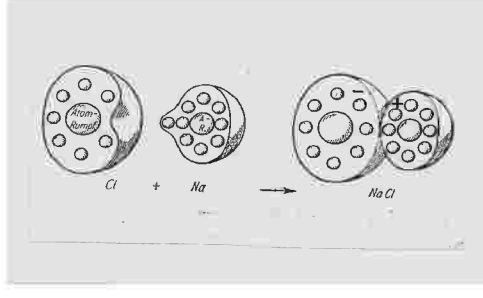
فهذه تعطي أو تتنازل بسهولة عن electron $3s^1$ ، وتأخذ بتنسيق وتقسيم الإلكترونات الثابتة Stabile Electron Structure التالية: $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$ التي تساوي أو تعادل الغاز الكريم الNeon.

ولكن لما إلكترونان اثنان يحتكان مع بعضهما البعض متعلقين بعملية أخذ وإعطاء الإلكترونات، يغيران غلاف الإلكترونات لتحقيق إثبات إنتاج غاز كريم.

b- وكذلك لما ذرة Na تلتقي أو تحتك بذرة Cl فإنه بعملية انتقال إلكترون، أي الValence electron، لما يترك قشرة غلاف ذرة Na ويندمج مع إلكترون في قشرة الغلاف الخارجي لذرة الCl تنتج شبكة الملح المبلورة Crystal Net وهذه العملية نظهرها بالمعادلة الكيميائية التالية صور شبكة الملح

Na	+Cl	→ $[Na]^+$	+	$[Cl]^-$
Na Atom	Cl Atom	Na Ion		Cl Ion
1 Electron	7 Electron	8 Electron		8Electron
		Neon veil		Argon veil





وهذه العملية ذراتها محايدة غير مشحونة كهربائيًّا، ولكن الأيونات مشحونة والتي بعد قانون كولمب Coulomb عندها القدرة التالية:

$$F = 1 / 4\pi\epsilon_0\epsilon_r \cdot Q_1.Q_2 / r^2$$

Q_1,Q_2 = شحنات الأيونات

r = المسافة المتوسطة بين الأيونات

ϵ_0 = ثابتة الحقل الكهربائي

ϵ_r = عدد التواصل الكهربائي Dielectric number

وهنا قوة الجذب هي الأساسية لحالة عملية تماسك أو ترابط الأيونات أي hetropolar.

6 . 3.4 ترابط الذرات أو الإلكترونات المزدوجة

Homöopolar or Covalent

2 – تماسك الذرات الـ Homöopolar

يوجد كثير من الجزيئات Molecule تنتج حالاتها عن طريق تماسك أو ترابط الأيونات Ion Binding، منها ($H_2,O_2,Cl_2,NH_2,H_20,CH_4$) وهنا عملية الترابط إلى الآن لم تشرح بعد، ولكن غيرها من الجزيئات نعمت بالحقيقة لتصبح بشكل غاز كريم مثبت الإلكترونات، ولكن ليس عن طريق انتقال Valence electron من غلاف ذرة شريكة إلى أخرى، ولكن عن طريق إنتاج إلكترونات مزدوجة من ذرتين مشتركتين معًا. وهنا تظهر بوضوح عملية الترابط Homöopolar باندماج ذرتين من نفس الجنس لإنتاج جزيئة، ولهذه العملية نعطي الأمثلة التالية:

a – بناء جزيئة هدروجين من ذرات الهيدروجين $H. + H. \rightarrow H : HH +$

$H \rightarrow H—H \rightarrow H_2$

b – بناء جزيئة كلور من ذرات الكلور

$$Cl + Cl \rightarrow Cl\ Cl \ldots Cl + Cl \rightarrow Cl—Cl \rightarrow Cl_2$$

c – بناء جزيئة أكسيجين من ذرات الأكسيجين

$$O + O \rightarrow O\ O \ldots O + O \rightarrow O = O \rightarrow O_2$$

هنا نرى بأن جزيئات الهيدروجين وجزيئات الكلور ذراتها مشتركة معًا بإلكترون واحد مزدوج، ولكن جزيئات الأوكسجين ذراتها مشتركة مع إلكترونين

اثنين مزدوجين. وإذا كانت هذه الإلكترونات المشتركة كل واحدة منها خاصة بذرة واحدة، فإن جميعهم على هذه الطريقة عندهم Configuration of noble gas أي ما يثبت الغاز الكريم.

وكذلك إن عملية الترابط Homöopolar تدخل أو تستعمل كذلك في تشارك أو اندماج ترابطي لعدة أصناف أو أشكال من الذرات، مثل بناء جزيئة الماء وغيرها.

فلإظهار عملية ترابط الإلكترونات المزدوجة نعطي الرمز (—) لترابط إلكترون واحد مشترك، وبالرمز التالي (=) لاشتراك إلكترونين اثنين مزدوجين.

ومن مميزات الترابط عن طريق عملية Homöopolal أن هنا قدرة ترابط الذرات فوق المشبعة، بعكس ترابط عملية hetropolar وهذا ما أظهر كذلك نظريًّا بأنه عامة عملية ترابط Homöopolar أنشط وأقدر، وهذا ما دل بأن من هذه العملية بترابط أو تماسك الجزيئات ينتج منها تبلور Crystallization أو شبكة جزئيات مبلورة مثل كرستال الملح NaCl، ولكن بعكس ترابط عملية heteropolar، وهنا في هذا البناء أو الترابط فإن شبكة الجزيئات ضعيفة وتتخرب لما يدخل عليها الماء.

3 – ترابط المواد المعدنية

المواد المعدنية عندها المميزات التالية توصيل التيار الكهربائي، وكذلك الحرارة، وكذلك عندها أكبر قدرة انعكاس لما تكون المعادن مصقولة مجلية، وقدرة الخلط مع غير المعادن وهذه الصفات تعود إلى بناء ذرات المعادن وهذا ما يختص خاصة بغلاف ذرة المعدن، أي أن كل ذرة معدن حسب قيمها الفيزيائية Valuation، أي كم إلكترون يمكن أن ينشطر منها؟ واحد أم كمية؟ وهذه العملية تشابه تحركات جسيمات الغاز التي تتحرك بين غلف الذرات، وهذا ما نسميه غاز الإلكترونات Electron gas ، ولكن تحرك الإلكترونات الحرة نسميه الإلكترونات القائدة أو الراشدة Guide Electron، وهولا ينتمي إلى الأيونات الإيجابية الباقية التي تحمي دفع قدرة قوات كولومب Coulomb للأيونات المعاكسة. وهذه العملية

تشابه وتماشي الإلكترونات المزدوجة في العملية المسماة Homöopolar، أو ما يقال الـ Covalent وهذا ما نسميه الترابط أو التماسك بين ذرة وذرة أخرى.

4 – ترابط أو تماسك Van der Waals

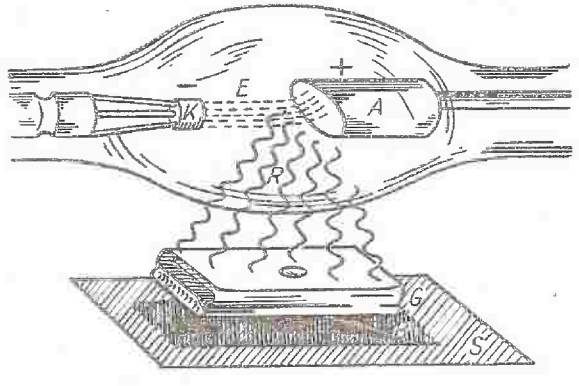
طريقة هذا الترابط سميت على اسم الفيزيائي الهولندي Van der Waals (1837-1923).

وهذا الترابط هو أضعف ترابط أو تماسك معروف بين جزيئات أو ذرات. وهذا الترابط يحدث عامة على وجه سائل مائع، ويقابل بجلد أو غشاء ممدود على سطح مادة سائلة، وهذا ما يفسر بأن بين جزيئات الماء المتماسكة المترابطة مع بعضها البعض قدرة ترابط نسميها قدرة المكتشف Van der Waals ونجد كذلك هذه القدرة في بعض المواد المتبلورة المقصود بها الCrystallization في الغاز الكريم. ولمعرفة هذه القدرة نقول بأنها تعود إلى عدة أسس فيزيائية، وأحدها المنطقي العلمي بأن الجزيئات المتقاربة بعضها ببعض المعطية والمظهرة هذا الغشاء عندها تقطب كهربائي نسميه Dipole، يملك تواجهًا معاكسًا من الممكن غير متواز Anti parallel فنعود ونقول بأن قدرة التماسك Van der Waals تعود إلى اتجاه الأقطاب Dipole . ولذلك ظهر من بعد الاختبارات والحلول النظرية بأن هذه القدرة لم تحسب وتوجد إلا عن طريق حل العلمي للكم الميكانيكي Mechanic Quantum.

6- 4.4 أشعة رنتجن Roentgen Ray

إن أشعة رنتجن السينية التي اكتشفت من الفيزيائي الألماني رنتجن سنة 1895 لعبت دورًا مهمًّا في علم فيزياء الذرة النظري والتطبيقي، وطريقة إنتاج هذه الأشعة يعود إلى السماح للإلكترونات ذات الطاقة المرتفعة مثل10 000 eV بأن تصطدم بصفيحة معدنية وعملية الاصطدام هذه هي العملية العكسية للأثر الكهروضوئي، حيث تنتج الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة على معدن حزمًا من الإلكترونات، وهنا ترتطم هذه الإلكترونات بالمعدن لتنتج أشعة كهرومغناطيسية حسب معادلات ماكسويل Maxwell. أي أنه لما تكون الشحنات متسارعة أو متباطئة تشع أمواجًا

كهرومغناطسية بشكل مؤكد وهذه تحدث عندما تصطدم الإلكترونات بصفيحة معدنية فإنها تبطئ سرعتها بسبب إيقاف المعدن لها. وهكذا تشرح نظرية موجات الضوء بانبعاث الأشعة الكهرومغناطيسية، وتدعى هذه الأشعة المنبعثة الأشعة الكابحة أي Break Ray. وبهذه الطريقة يمكن إنتاج الإلكترونات ذات الطاقة العالية :



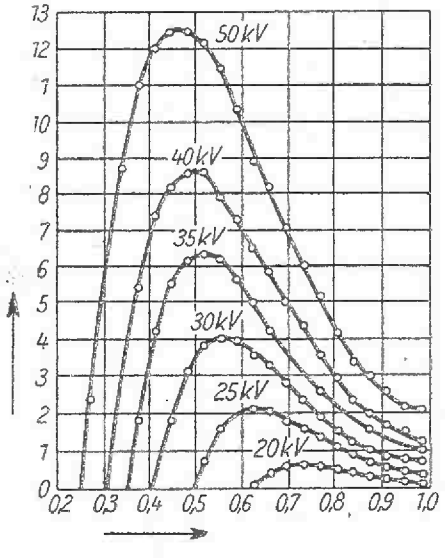
هنا تنتج الإلكترونات الأولية بشكل عام من شعيرة في أنبوب مفرغ من الهواء، وتنطلق هذه بطاقة حركية ابتدائية ضئيلة. وتسرع هذه الإلكترونات عن طريق فرق الكمون V إلى طاقة حركية مرتفعة eV، في الوقت الذي تكون الشحنة e^- هي القيمة المطلقة للشحنة السالبة للإلكترون، وهذا قبل أن تصطدم بالصحيفة المعدنية.

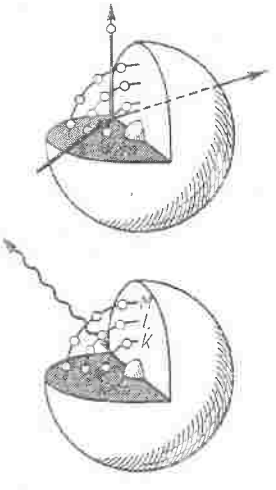
إن هذه الطاقة الحركية المقدرة ب eV تساوي فرق الكمون.. V الذي وقع الإلكترون أسيرًا له. وإنه لما تكبح هذه الإلكترونات في معدن الصحيفة تبث أشعة كهرومغنطيسية على شكل طيف واسع مع أطوال موجات عديدة.

هنا نتصور هذه الأمواج الكهرومغناطيسية كأنها مؤلفة من فوتونات Photon طاقاتها تساوي $h\nu = hc / \lambda$، وذلك عندما يصطدم الإلكترون بالمعدن يتحرر وينتج طاقة حركية تعود إلى التراجم الناتج داخل المعدن وهنا يستطيع كل إلكترون أن يحرر أي جزء من طاقته الحركية إلى صورة فوتون تبعًا للاصطدام الحاصل،

وهنا كذلك الإلكترون بتحركه ينتج طاقة مغناطيسية تتلاشى لما الإلكترون يصل إلى حالة الهدوء.

على كل حال إن الطاقة الكبرى التي يمكن أن تحررأو تنطلق تساوي كامل الطاقة الحركية للإلكترون eV التي تقابل قانون التردد أو الذبذبة $\nu = eV / h$، وكذلك طول الموجة $\lambda = hc / eV$ وبالحقيقة إن الموجات المنبعثة لم يكن عندها تردد معروف ولكن تظهر على شكل طيف متتابع موجود به كل أصناف طول الموجات.





ولما يرتطم هذا الإلكترون ويكبح بالنهاية في المعدن يكون قد مر بكمون U أعطى للطاقة الحركية التي تساوي $E_k = e_0U = h\nu_g$، ومن الممكن نشرها بأعداد مذيلة محددة بالحرف أي g = limit مثل الاصطلاحات التالية:

$$\nu_g = e_0U / h\lambda_g = c / \nu_g = c.h / e_0U \quad N_g = e_0U / c.h$$

h = ثابتة بلنك.

e_0 = شحنة الإلكترون.

U = الكمون بوحدة الV لتسارع الإلكترون.

E_k= الطاقة الحركية للإلكترون.

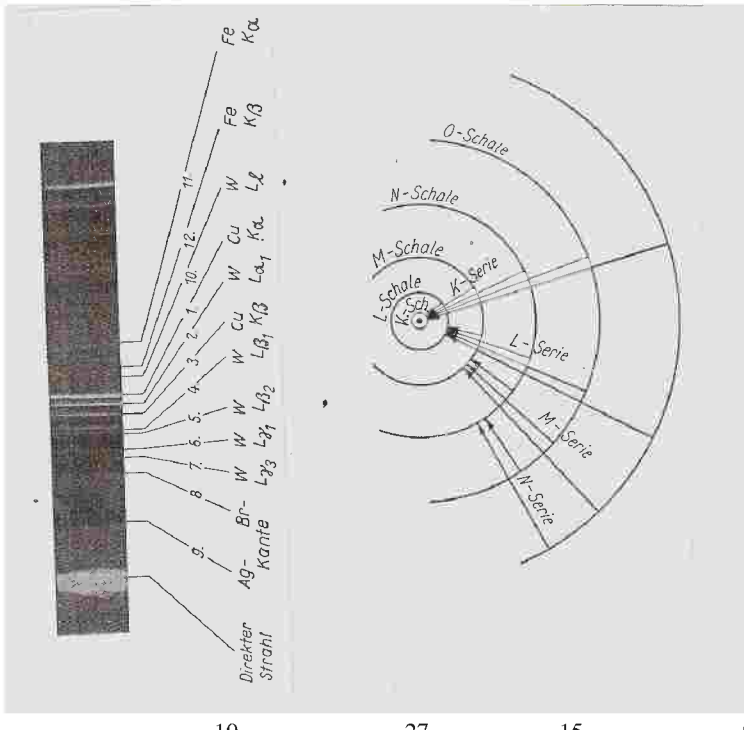
C = سرعة الضوء في الفراغ.

وهذا ما يدل على أن مجموع الطاقات الحركية للإلكترون المتهيج التي تحولت وأعطت طاقة الإشعاع السيني أو أشعة رنتجن Roengten Ray، في الوقت الذي يأخذ كم إشعاع رنتجن قسمًا من طاقة الإلكترونات الساقطة على المعدن، ولكن ترددات إشعاع رنتجن أصغر من الترددات المحددة، ولهذا السبب إشعاعات الكبح في معدن الصحيفة لم تكن متعلقة بطاقة الإلكترونات الساقطة. وهنا للتفهم نعطي مثال حل عن الدرس:

إذا كان توتر الكمون الموجود بين صفيحة المعدن والشعرية يساوي 10 000 eV فإن الطاقة الحركية الموجودة في الإلكترون تساوي المعادلة التالية:

$$E_k = e_0U = 1{,}6.10^{-19}\text{Asec} \cdot 1.10^4\ \text{eV} = 1{,}6.10^{-15}\text{Wsec}$$

ولذلك فإن طول الموجة القصيرة للطاقة الحركية المنتجة في حالة كبح الإلكترونات تساوي حسب المعادلة والمنحنى:



$$\lambda = h.c / eV = 3.10^{10} \cdot 6{,}626.10^{-27} / 1{,}6.10^{-15} = 12{,}4.10^{-9}\text{cm}$$

مميزات أشعة رنتجن

إن الإلكترون المتسارع الحامل الطاقة الكبرى أو العظمى لما يصطدم بالمعدن، وهذا نسميه صفيحة أو لوحة هذا المعدن Anti chatted وبهذه العملية تحرر الإلكترون من قشرة غلاف ذرة هذا المعدن.

وفي هذا الوقت وتبعًا لنتيجة هذه العملية يبقى مكان الإلكترون المتحرر فارغًا. لنأخذ مثلاً: العملية حدثت في القشرة K، وهذا الفراغ المتروك في القشرة K يأتيه الإلكترون من غير قشرة، مثلاً من قشرة L، لتملأ هذا الفراغ في الوقت الذي ذرة المعدن يصلها الإلكترون من الخارج لتعود إلى حالتها الأساسية.

وطريقة هذه العملية في القشرة K يتبعها إظهار خطوط طيف رنتجن Spectral Line.

وهذا الصف لطيف الخطوط نسميه K Seri، وهذا ما يعادل في التردد وطول الموجات الاصطلاحات التي سبق وذكرناها وحسبت في خطوط طيف ذرة الهيدروجين.

وهنا لمتابعة تبسيط شرح هذا الدرس نقول: إذا افترضنا أن كل إلكترونات القشور أبعدت ولم يبق إلا إلكترون واحد في قشرة K عدد الكم $n = 1$ بقيمة شحنة إيجابية متعلقة بالنواة تساوي e_0Z، ولهذا السبب يدخل في هذه النقطة طاقة جذب تساوي المعادلة التالية

$$P = 1 / 4\pi e_0 . e^2 / r^2$$

وهذه تساوي طاقة كولومب المساوية $Z.e_0^2 / r^2$ وللحل نضع الاصطلاحية Z^2Ry في مكان ذبذبة أو تردد Rydberg وهنا نرى أن الشحنة الداخلية لغلاف الذرة تصبح تقريبًا محمية أو مغطاة، ولذلك عدد الحماية Z يجب بأن يطرح منه القيمة واحد المساوية لقيمة K Seri ليحدث الانتقال إلى قشرة L ، ولهذا تعطى معادلة التردد الν لصف قشرة k الخاصة لأشعة روجتن بالمعادلة التالية:

$$\nu = (Z - 1)^2Ry(1/1^2 - 1/n^2)n = 1, 2, 3.$$

وعلى نفس هذه الطريقة المتبعة ينتج خطوط صفوف القشور K , L .

وهنا نرى بأن صف قشرة K Seri يعطي الموجات القصيرة التي تنتج الإشعاع السيني الحاد لأشعة رنتجن وهذه العملية نظهرها بخطوط الصفوف المذيلة بالأحرف التالية مثل خط صف K Seri

$$K\alpha 1 , K\alpha 2 , \dots K\beta 1 , K\beta 2$$

هنا التذيل بالحرف α يقصد خطوط الطيف للموجات الطويلة، ولنأخذ أو نعاهد مثلاً تردد أو ذبذبة خط من خطوط الطيف المتعلق بالعدد النظامي لمادة اللوحة، أي Anode، حسب تردد المعادلة التي ذكرت سابقًا ν، فنرى بأنها كذلك تساوي معادلة العدد الموجي N المساوي حسب قانون الفيزيائي الإنكليزي-H.Mosely (1887 1915) القائل بأن جزر العدد الموجي بأنه عامل Linear Function مسطر للعدد النظامي Z أو أنه تربيع تردد المعادلة السابقةν كعامل Linear مسطر للعدد النظامي Z .

إن الأعداد التموجية N المعطاة لطيف خطوط رنتجن، عندها نفس قانون نموذج Bohr.. وهنا نعطي معادلة العدد الموجي N لخطوط قشرة Kα بقفزهم رجوعًا لعملية الإشعاع من n=2 إلى n=1 بالمعادلة المساوية:

$$N_{ka} = Ry(Z-1)^2.(1/1^2-1/n^2)$$

وكذلك نعطي معادلة العدد الموجي N لخطوط قشرة La لقفزهم رجوعًا لعملية الإشعاع من n=3 إلى n=2 بالمعادلة التالية:

$$N_{La} = Ry(Z - 7)^2.(1/2^2-1/3^2)$$

هنا الفيزيائي الإنكليزي Moseley قصد بقانونه عن طريق خطوط طيف روجتن وجود خطة لتنسيق الأعداد النظمية للمواد في النموذج الدوري Period System حسب كتلها المطلقة Relative Atom mass.

7 الموجات الميكانيكية صور للذرات

1.7 الإلكترون كموجة

لنختصر ما شرح وكتب قبلاً للتناقض والمبارزة بين الإشعاعات، هل هي موجات أو جسيمات؟ وهنا نجمع باختصار ما هو موجود وكل ما يقال عنهم Corpuscle مثل العناصر التالية (الإلكترونات، بروتونات، ذرات، فوتونات، أيونات إلخ).

وهذه الإشعاعات ظهر من بعد الاختبارات أن عندها تناسب، ولكن لم يصلح وصفها إلا بمساعدة نموذج موجي يشرح ليفهم. ومن الممكن استعمالها سوية. وكذلك تبين بأن الضوء والمادة لا يمكن بأن يستوعب حلها العلمي عن طريق الموجات إلا عن طرق نموذج الـ Corpuscle ولكن لكل واحد منهم حل حسب نموذجه، وهذا ما ذكر قبلاً عن التبارز أو التناقض الذي نسميه Dualism بين الموجات والـCorpuscle وعن طريق ما حسبه وحله De Broglie بتحرك طول الموجات في الأجسام الصغيرة أي ما نسميه فيزيائيًّا الـ micros optic Elements بأن هذه موجودة تحت مستوى الوزن والقياس ومثالاً على ذلك الحل التالي:

إذا أخذنا جسمًا منطلقًا متحركًا بسرعة V = 1cm / sec، كتلته تساوي: m = 1gr.

فإن طول موجته حسب De Broglie تساوي حسب المعادلة التالية:

$$\lambda = h / m_e.V = 6{,}626.10^{-34}\ J.sec / 10^{-31}Kg.1m.sec^{-1} = 7.10^{-29}m$$

وحسب طول الموجة لهذا الجسم الصغير التي يصعب تحديدها، هذا ما أظهر الفرق بين الموجة والCorpuscle وهذا الحل هو من مميزات الMicrophysics الذي سوف نأتي على ذكره في قسم أو مقطع لاحق وهنا نعود إلى الإلكترون كموجة.

وهذا ما وجدناه حسب De Broglie، بأن كل إلكترون متحرك له موجة خاصة ونسميها موجة الإلكترون أو موجة De Borglie .

وفي الدرس السابق للإلكترون ذكرنا بأن تربيع قدرة السعة Amplitude Square لموجة الضوء يساوي في كل مكان ووقت قدرة تيار الضوء Light Intensity، أي الاصطلاحية ψ وهذه تلفظ Psi وكذلك عن طريق موجة الضوء وموجة ديبورجلي يمكن عن طريق التقابل بين الاثنين إظهار انحراف، وهذا ما يعنى به كسؤال؟

هل في عملية تربيع قدرة السعة Amplitude Square في موجة De Broglie يوجد كذلك نظرية فيزيائية؟

هنا جاء الفيزيائي النمساوي E.Schroedinger (1887-1961) وفكر بأن الإلكترون شكله تقريبًا كرة بنسبة نقطة من جسيمة، وأن كتلتها وشحنتها لم يوجدا في مكان مركز ضيق ثابت ولكن حسب قوانين معطاة يوجدان في مكان واسع، ولكن في أمكنة متفرقة موزعة، وهذه القوانين أؤكد وجودها في موجة De Broglie وهو بأن قسمًا من الكتلة والشحنة يجب أن يوجد في المكان الذي توجد به قدرة السعة Amplitude، وهذا حسب تفكير شردنجر بأنهم موجدون في كل الأماكن ولكن ليس في مكان معروف، لما كانت قدرة السعة Amplitude تساوي صفرًا وهذا كان الجواب الحاسم للفيزيائي النمساوي Schroedinger للسؤال المطروح.

ولكن في سنة 1926 جاء الفيزيائي M.Born (1883 - 1970) بقوله بأن كل الجسيمات كذلك الإلكترونات، وضعهم كذلك، وأعطاهم شكل نقطة، وقال عن عملية تربيع قدرة السعة أي Square Amplitude=ψ، بأنها عملية عويص فهمها ووصفها كمركز أو محل احتمالي لجسيمة ما، وكذلك قيمة تربيع قدرة السعة لم تكن إلا قيمة الاحتمال الممكن، أيPossibility، أي الوجود في الوقت والمكان. وهذا الاحتمال يحدث إذا وجدت جسيمة في وقت معروف، وكذلك في مكان سعة حجمه

يساوي ΔV .. أي يساوي قدرة السعة المذكورة بالمربع Square Amp الموجودة في الحجم ΔV.

وهذا الشرح يماثل ما ذكر قبلاً في درس التبارز بين فوتونات الضوء والإلكترونات

ولكن نعود إلى ما قاله Born عن الإلكترون بأنه نقطة كروية الشكل، وماذا يحدث إذا اخترق هذا الإلكترون شبكة الكرستال؟ هل يجد هذا مسار مداره حول ذرة الكرستال حسب نظرية أو نموذج Bohr؟ ولكنا لا نريد التعمق بهذا الموضوع، ونكتفي بما ذكره الفيزيائي Heisenberg بالتواصل أو التلاقي التناسبي غير الحاد والمنظور وهذا الشرح نجده في كثير من المراجع للفيزيائي Heisenberger وهنا نذكر بتبسط ما فكر به الفيزيائي Heisenberg بمعادلة النسبية غير المحددة $\Delta x.\Delta p \geq h/2\pi$ ، ولتفهم هذه نفترض أن إحداثيات التنظيم x,y لجسيمة ما موجودة على المحور x ، مثل الإلكترون أو ضوء الCorpuscle أو بروتون إلخ فالقسم غير المؤكد يساوي القيمة Δx وهذا ما يعني أنه إذا انحرف الإلكترون عن المحور X مثلاً المقصود يمثل إلكترونات ساقطة على شاشة التلفزيون، وكذلك نبضة هذه الجسيمة تساوي p والقسم غير المؤكد منها لما تنحرف أو تضعف يساوي Δp وهذه الانحرافات والأغلاط الصغيرة نظهرها بالمعادلة التالية:

$$\Delta x.\Delta p \geq h/2\pi$$

لنتابع المثل على ذلك، ونفترض بأن هذا الإلكترون من ذرة الهيدروجين موجود في مكان محدد في غلاف الذرة، فإن التحديد المسموح لمكان الإلكترون يساوي 1/10 من قطر الذرة :

$$\Delta x = 0{,}1.10^{-10}m = 10^{-11}m$$

وحسب Heisenberg للنسبية غير المحددة، فإنه بتتبع عدم تحديد النبضات يعطى حسب المعادلة التالية:

$$\Delta x.\Delta p \geq h/2\pi \quad or \quad \Delta p \geq h/2\pi.\Delta x$$
$$\Delta p \geq 6{,}626.10^{-34}Jsec / 2\pi.10^{-11}m \geq 10^{-23}Nsec$$

وعدم تحديد السرعة يعطى بالمعادلة التالية

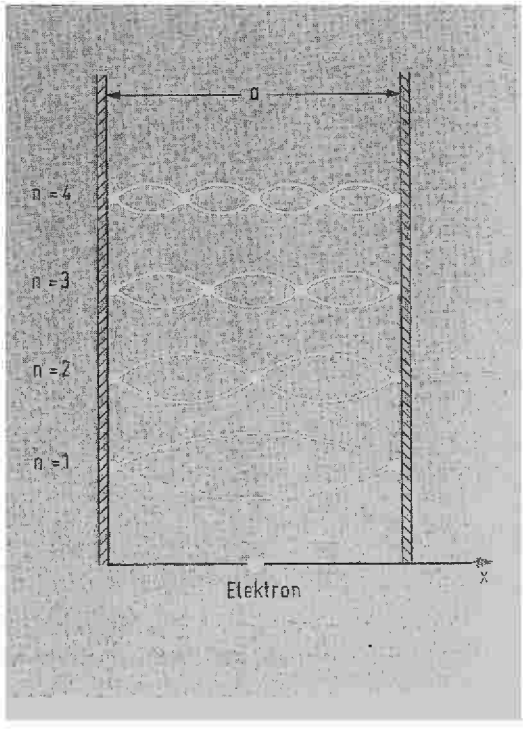
$$\Delta v \geq \Delta p / m_e \geq 10^{-23}\text{Nsec} / 9.1.10^{-31}\text{kg} \geq 10^{7}\text{msec}^{-1}$$

وهنا إذا أخذنا للمقارنة نموذج Bohr، إذا كان الإلكترون n=1 يسير بسرعة v مساوية السرعة $v \approx 2.10^{6}\text{m/sec}$، فهنا وجدنا بأن الفرق بين السرعتين يعطينا قيمة عدم تناسب التحديد المساوية 500%.

وهذا ما دّل وأظهر بالحل والحساب العلمي بأن عدم تحديد نسبية Heisenberg لم يكن أصغر من ثابتة Planck المعروفة.

ونعود لنتابع تحركات الجسيمة حسب De Broglie ولنأخذ مثلاً على هذه التحركات:

لنفترض أن الإلكترون يتحرك ذهابًا وإيابًا بنفس السرعة V على طول المحور X بين حائطين متوازيين والمسافة بين الحائطين تساوي a وهنا يجب أن نجد حل حساب موجة De Broglie التابعة للصورة التالية:



هنا نرى أن معادلة De Broglie للموجة الجامدة أو الثابتة غير المتحركة بين الحائطين التي نسميها Elongation، عندها بادرة التنحي الإشعاعي المعروفة أي ما نسميه بالحرف Interference بين موجتين متعاكستين، والتحركات لها قدرة السعة، أيAmplitude ، التي تساوي الحرف A وطول الموجةλ وكذلك التردد ν، بثباتها أو تجمدها يعطى بالمعادلة التالية:

$$\psi = 2A\cos . \ 2\pi x / \lambda . \sin 2\pi \nu t$$

وهذه الموجات غير متعلقة بالوقت t، ولكن متعلقة بقدرة السعةA المتعلقة بالمكان X حسب المعادلة التالية:

$$\psi(x) = 2A\cos . \ 2\pi x / \lambda$$

وهذا ما نراه إذا كانت $x = 0$ أو $x = a$ فإن قدرة السعة Amplitude (A) تصبح قيمتها كذلك صفرًا.

$$\psi(x) = 0 \quad \psi(a) = 0$$

وهذا ما نسميه الموجة الجامدة الثابتة الموجودة بين حالة تردد محلية بين الحائطين وتملك هذه الموجة الخصوصيات والمميزات التالية:

$$a = n.\lambda_n / 2 \quad or \quad \lambda_n = 2a / n.. \quad n = 1 , 2 , 3$$

وهذا ما يدل على أنه في هذه الموجة الجامدة غير المتحركة العديد من أطوال الموجات غير المعروفة، أي λ_n، والتي تنتمي إلى هذه الموجة المتعلقة بتقسيم قدرة السعة A حسب المعادلة التالية:

$$\psi_n(x) = 2A\cos . \ \pi n / a . x$$

هنا تحركات الإلكترون بين الحائطين المتوازيين ليست إلا عملية تفاعل لنابض أحادي الانعكاس One Dimension Reflection Oscillator، وهنا العامل $\psi_n(x)$ ليس إلا عملية Function النابض الخاصة.

ومن هذه نحصل على تتابع علمي مهم لوجود لكل طول موجة طاقة مؤكدة خاصة بها، وهنا نأخذ طاقة تحرك الإلكترون المعروفة بالمعادلة التالية:

$$E = 1/2m_eV^2$$

وحسب معادلة De Borglie نحصل كذلك على سرعة الإلكترون التي تساوي المعادلة التالية:

$$V = h/m_e\lambda$$

وبعملية مساعدة إنزال الاصطلاحية لطول الموجة غير المعروفة في الموجة الجامدة حسب ما ذكر سابقًا المساوية $\lambda_n = 2a/n$ في المعادلات السابقة، نحصل على معادلة الطاقة للحالات غير المعروفة n بالمعادلة التالية:

$$E_n = h^2 / 2m_e\lambda^2 = h^2 / 8m_ea^2 . n^2$$

وكذلك بمساعدة وبوجود صورة موجة الإلكترون، وجدنا كذلك صورة لجسيمة الإلكترون القائلة بأن الإلكترون الذي يتحرك بين الحائطين المتوازيين، وبنفس السرعة التي لا تتغير، تستطيع أن تأخذ الانعكاسات كطاقة مؤكدة خاصة متعلقة بالمسافة بين حائطين، وتساوي هذه الطاقة تربيع كل الأعداد، وقيمة هذه الطاقة نسميها Power of Reflection Oscillator وبعد كل هذه العمليات الحسابية يتبع لصورة موجة الإلكترون أشياء أخرى، أي أنه يوجد قيمة لكل موجة جامدة، وكذلك طاقة خاصة للإلكترون، ومن المحتمل في مكان موجود مؤكد بين الحائطين المؤلفين للنابض. وهذا الإلكترون المعني عنده طاقة ثانية خاصة معطاة بالمعادلة التالية:

$$E_n = 4h^2 / 8m_ea^2 = 1/2\ h^2 / m_ea^2$$

وحسب الحلول والمميزات لتحركات الإلكترون رأينا بأنه يوجد له حالتان من الطاقات، وهذا ما يفسر بأنه من المحتمل موجود في المكان إذا كانت الموجتان الاثنتان تبدوان كالبطن المنفوخ، أو في غير مكان انظر الصورة المظهرة سابقًا.

وهذه الحالة تصفها الفيزياء الكلاسيكية، ويعطى لها عامل Function متعلق بالمكان والزمان ولكن علم الكم Quantum Physic يعطي بعكس العلم الكلاسيكي معلومات عن طاقة الجسيمة وإقامتها، ولذا السبب نستطيع بأن نقول عن الإلكترون بأنه مؤلف من نقطة شكلها كروي تتكور بطاقتها وشحنتها مع بعضها البعض، ولكن إلى الآن لا يمكن تحديد مكان إقامتها المحتمل الذي يقارب الصفر.

وكذلك عن طريق الحل الميكانيكي الكلاسيكي في مجال العلم الذري أصبح كذلك غير ممكن إعطاء تحديد خاص بما يختص بمعادلة الموجات Schroedinger الميكانيكية، والتي لا يمكن حسابها عن طريق الحل المدرسي لإعطاء أجوبة عن قيمها وتكافئها.

2.7 عملية الموجات Wave Function

من بعد ما رأيناه من نتائج في الفصول السابقة، وبرنامج نموذج تحركات الإلكترون حول النواة، وكذلك عن تحركات الإلكترون بين حائطين متوازيين لموجة De Broglie هنا يأتي السؤال هل هذه الإلكترونات الدائرة حول نواة الذرة بتحركها تنتج كذلك موجات تابعة لهذا التحرك؟

هنا نعود إلى ما تعرفنا عليه عن برم أو دوران هذا الإلكترون بشكل دائرة حول نواة نصف قطرها يساوي r_n، وكذلك بعملية دوران هذا الإلكترون ينتج تموج أو موجات يكون عددها غير معروف n بطول موجة تساوي λ حسب المعادلة التالية:

$$2\pi r_n = n.\lambda$$

وفي كل الحالات يجب على هذه الموجات أن يكون لها مسار للتنحي Interference لحالاتها، وهنا إذا أنزلنا على معادلة الإلكترون De Borglie قيم طول الموجات نحصل على المعادلة التالية:

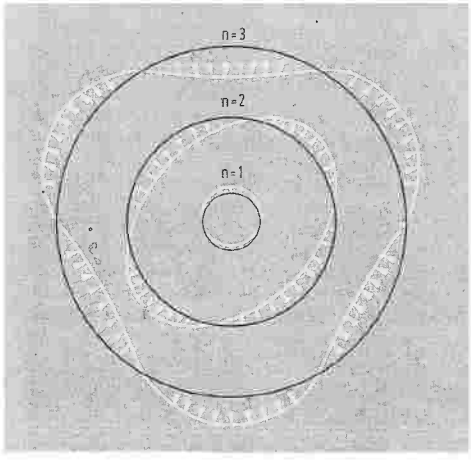
$$2\pi r_n = n \cdot h / m_e V \text{ or } 2\pi m_e v r_n = n.h$$

فنرى أن هذه العملية تعادل Bohr Postulate المساوية:

$$2\pi m_e r_n^2 \omega = n.h \cdot \omega = r.V$$

وفي هذا المكان على مسار دائرة تحركات الإلكترونات ظهر تمـوج موجـات مغلقة لهذه الإلكترونات، بطول الموجات 3, 2, 1 المعطى لهم أعداد الكم n = 1, 2 ., 3

وهذا ما نظهره في الصورة الموضحة،



أي تحرك الموجات بشكل اهتزازات Swing على الدائرة حول النواة ببعـد واحد الذي نسميه One Dimensional، ولكن إذا أردنا إظهار هذه الموجات بثلاث أبعاد 3 Dimensional، يجب أن نقابلها بتحركات الموجـات الميكانيكيـة ولهـذه العملية نأخذ مثالاً .. شكل وتـر مـشدود مثبت من الجهتين وإذا نقرنا علـى هـذا الوتر المشدود يتفاعل بطريقة اهتزاز Swing، وما ينتجه من موجات يشبه الموجة الجامدة التي من الممكن وجود موجات في داخلها، ولكن تحت متطلبات ومميـزات تحديد محددة، وهذه الموجات تنتج لما يكون طول الوتر المشدود يساوي n وهـذا باهتزازه يعطي طول الموجة بالمعادلة التالية:

$$\lambda_n = 2.a / n$$

وكذلك نستطيع أن نظهر حالة هذه الاهتزازات كموجات لها المميزات والصفات التالية:

طول الموجة λ، والتردد ν، وكذلك نقط وعقد الموجات الجامدة هنا، نقدر بـأن نقول بأنه لكل أشكال الاهتزازات Swing يوجد عدد من العقـد يـساوي n – 1، وهذه الاهتزازات، والعقد تذكرنا باختبار أنبوب Kundt Tub في درس الفيزيـاء الذي يعطي الموجات وصور العقد والبطون حـسب التمـوج الـذي ينـتج عـن الاهتزازات وهذه تنعكس في الحد أو الحائط النهائي. وهذا لم يقابل نمطه تحـرك تموج الإلكترونات؛ لأن تحرك موجاتهم لم يكن ميكانيكيًّا، لأن موجات الإلكترونات

تعطى بتقسيم الإلكترونات حسب تطلب الحد والتحديد مرفقة بإظهار كهربائي. والمعروف بأن إلكترونات الذرة موجودة في حقل النواة الإيجابي، ولذلك هنا طاقة هذا الحقل تصغر حينما يكون مسار مهد هذه الإلكترونات بعيدًا عن النواة، وعندما تبعد هذه المسافة كثيرًا عن حقل النواة، تختفي طاقة هذا الحقل. وأما ما يختص بحالة الإلكترونات في هذا الحقل، أي حقل الذرة المسمى فيزيائيًّا بحقل عدد الكم Quantum number ، ومن المعروف بأن لكل عدد كم يوجد طاقة مؤكدة خاصة للإلكترون، وأما ما يختص بإقامة الإلكترون في هذا الحقل، فإن الإلكترون هنا يوجد في عدة أماكن، وتسمى هذه الحالة الإقامة المفرقة الاحتمالية. هنا يوجد لكل عدد كم Orbit، وما يقصد بلفظة Orbit مكان ظاهر محدد في غلاف الذرة. وفي هذا المكان يوجد به الإلكترون الذي من المحتمل تنقله من مكان إلى آخر، وهذه البادرة Orbit يتبعها حالة كم تحدد طاقة الإلكترون.

وفي القسم التابع نطرق موضوع الموجات الميكانيكية لنموذج الإلكترون، وقبل ما ندخل بالموضوع نعطي بعض الملاحظات عن نموذج Bohr وما ذكره عن الإلكترون ومسار مهده في غلاف الذرة، وللتعمق بالنموذج التابع نأخذ النقاط التابعة التالية:

1 - الإلكترونات في غلاف الذرة تملك مساكن إقامة هندسية متفرقة مع احتمال التنقل من مكان إلى آخر. وهذه الأمكنة نسميها محلات السكن.

2 - كل الإلكترونات تملك في مجال الOrbit نفس الطاقة، وكذلك كل Orbit يخصه طاقة محددة له، وكذلك حالة كم لكل إلكترون موجود به.

إن مكان إقامة الإلكترون لا يذكر إلا بوجود الإلكترون في المكان المحتمل، ويجب أن يحدد هذا حسب المكان الذي يوجد به الإلكترون في الـ Orbit.

وإقامة مكان الإلكترون محتمل بأن يكون عاملاً للمكان والوقت f(x,t)، ونحن هنا نعمل في حالة الوضع الثابت Stationery state في الوقت الذي تكون موجة De Borglie موجودة في الوقت والمكان، وهذا لما تكون قدرة السعة

Amplitude ثابتة؛ وفي هذه الحالة يلغى تعلقها بقدرة السعة A والوقت، وتصبح عددًا مركبًا Complexes متعلقًا بالمكان لا غير حسب الاصطلاحية التالية:

$$\psi = \psi(x,y,z)$$

ويصبح كل مكان بشكل كثافة محتملة Possibility dense ومنها تشتق المعادلة التالية:

$$\rho(x,y,z) = \psi^2(x,y,z)$$

وهذا ما يعادل تفكير Born بإمكانية الاحتمال w_i، وهذه الإمكانية المحتملة تحسب عندما يوجد الإلكترون في حجم سعته Δv_i ومن هذا تشتق المعادلة التالية:

$$w_i = \rho(x_i,y_i,z_i) \cdot \Delta v_i$$

والمكان الموجود به إحداثيات التنظيم الـ xi,yi,zi Coordinate موجود في قلب عنصر الحجم Δv_i وعنصر الحجم هذا يجب أن يكون حجمه صغيرًا جدًّا حتى الكثافة المحتملة ρ توجد في هذا الحجم؛ ليصبح من المحتمل وجود إلكترون واحد لا غير في هذه الكثافة.

$$\sum W_I = 1$$

ليصبح احتمال إمكانية الكثافة ρ الذي يعطى بالمعادلة التالية ويساوي واحدًا (1)

$$\sum \rho(xi,yi,zi) \cdot \Delta v_i = 1$$

وبجمع وبناء مجموع كل عناصر الحجم Volume Element - Δv_i معًا، فإنهم يساوون حالة الكم لمكان إقامة الإلكترون، ولهذا السبب ممكن حل وحسب ما ذكر قبلاً لكل الأماكن عن طريق التكامل Integration انظر مثلاً الحل في القسم التابع، والذي يساعدنا على الحل بالمعادلة التي سبق وشرحت قبلاً الخاصة بقدرة السعة للموجة الجامدة.

$$\psi(x) + 2A\cos \cdot 2\pi m_e vx / n$$

وعن طريق التكامل Differentiation حسب x نحصل على المعادلة التالية:

$$d^2\psi/dx^2 = 2A\cos \cdot 4\pi^2 m_e^2 V^2 / h^2 = 0$$

وبإنزال الطاقة الحركية للإلكترون المساوية $E_k = 1/2m_eV^2$ على هذه المعادلة نحصل على المعادلة التالية:

$$d^2\psi/d^2x + 8\pi^2m_e/h^2 .E_k . \psi = 0$$

وهذه المعادلة ليست إلا معادلة الموجة في اتجاه المحور x للإلكترونات المهتزة النابضة ونسميها Electron Oscillation.

فإن معادلة الموجات المعطاة للإلكترون الذي يتحرك بحرية لم تكن تعادل معادلة الإلكترون الموجود في غلاف الذرة، أي أنه على هذه تأتي تأثيرات حقل النواة وهذا يجب أخذه بعين الاعتبار، ويعطى معادلة Schroedinger بهذا الشكل.

$$d\psi^2/dx^2+d\psi^2/dy^2+d\psi^2/dz^2+8\pi^2m_e / h^2 . (E-E_p).\psi + 0$$

وهذا معناه في هذه المعادلة بأن E تساوي مجموعة طاقات الإلكترون أجمع، وكذلكE_p تساوي قدرة طاقة الإلكترون نفسها Potential power .

وقبل أن ندخل في حل هذه المعادلة واستعمالها، وجدنا أن الإلكترون بانتقال تحركه الخطي Translation الذي يساوي التحرك الميكانيكي النقطي ووجود هذه البادرة، وجد لها قيمة ملحوظة في الفيزياء الكلاسيكية، وهذا ما ظهر بأن معادلة Schroedinger للموجات في التحرك الخطي للإلكترون Translation أعطت نفس النتائج كما في الفيزياء الكلاسيكية، ولكن للأسف أعطت نتائج مختلفة حينما كان الإلكترون موجودًا في غلاف الذرة.

وهنا نأخذ مثالاً باستعمال ذرة الهيدروجين في معادلة Schroedinger ولهذا نأخذ نموذجًا لحالة 1s Electron عندما يوجد الإلكترون في الحالة الأساسية في القشرة K مع عدد الكم المساوي n = 1 وبمساعدة معادلة Heisenberg، فإنه من الممكن وجود حل الكثافة ρ لهذه الحالة من الإلكترون 1s Electron تساوي المعادلة التالية:

$$\rho(r) = \psi^2(r) = 1/a^3\pi . e^{-2r/a}$$

وهنا الحرف (a) يساوي القيم التالية:

$$a = \varepsilon_0h^2 / \pi e^2m_e = 5{,}293.10^{-11}m$$

وقيمة هذا الحرف تعادل نصف قطر r_1 في مسار مهد الإلكترون الداخلي بعدد الكم الرئيسي $n = 1$ حسب الحل الموجود سابقًا.

وهنا الكثافة المحتملة التي نريد معرفتها لم تكن متعلقة في إحداثيات التنظيم x,y,z ولكن متعلقة بمسافة بعد الإلكترون من نصف الذرة المساوي r .

$$r = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$$

وهنا ما وجد بالأسبقية لأن هذا أعطانا وجود الكثافة المحتملة بشكلها الكروي متفرقة ومتناسقة حول النواة وهذا ما نسميه الـ Term المبسط.

لمعرفة قيمة الكثافة المحتملة ρ نعطي الأمثلة التالية:

1 – إن إقامة الكثافة الإمكانية المحتملة في حالة 1s Electron الموجود في هذا المكان من الـOrbit يجب أن تكون واحدًا.

يتبع الحل بمعادلة التفاضل Integration التالية:

$$\int_0^{\infty} \rho dv = \int_0^{\infty} 1/a^3\pi . e^{-2r/a} . 4\pi r^2 dr$$

$$= -2/a^2 . [e^{-2r/a} . r^2 + e^{-2r/a} .r + a^2/2 .e^{-2r/a}]_0^{\infty}$$

$$= -2/a^2.[0+0+0 - (0+0+a^2/2)] = 1$$

2– لوجود قيمة الاحتمال الممكن عندما يكون 1sElectron موجودًا في غلاف كرة نصف قطرها يساوي $r = .10^{-10}m$، وضخامتها تساوي $\Delta r = .10^{-11}m$ يجب معرفة حالة الاحتمال Possibility، وهذا يعطى عن طريق احتمال الكثافة المساوي:

$$\rho(r_1).\Delta v = \rho(r_1).4\pi r^2 \Delta r = (1/a^3\pi . e^{-2r/a} . 4\pi r_1 \Delta v)$$

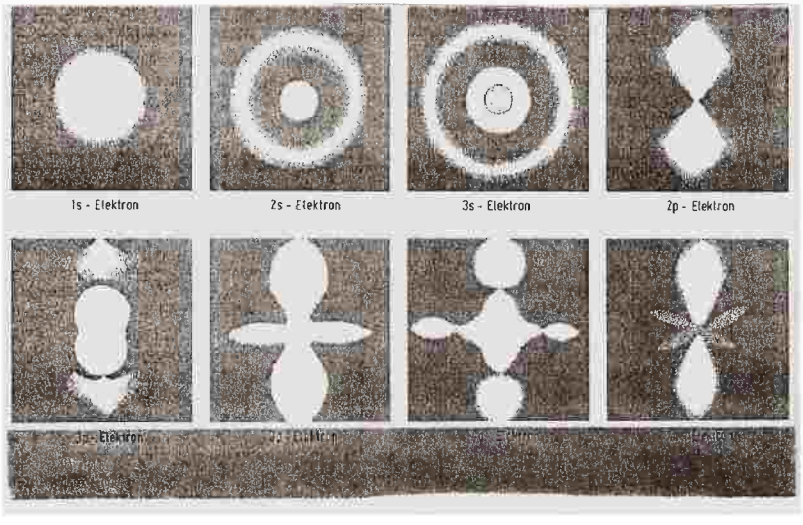
$=4/(5{,}293.10^{-11}m)^3 .e^{-} 2.10^{-10}m / 5{,}293.10^{-11}m . 10^{-20}m^2 .10^{-11}m$

$= 0{,}00617$

وأما ما يختص بحالة 2s Electron، فإن الكثافة المحتملة في هذه الحالة تساوي المعادلة التالية

$$\rho(r) = \left| \psi^2(r) \right| = 1/8a^3\pi. e^{-r/a} . (1 - r/2a)^2$$

وهنا في الصورة التالية:



تظهر عدة حالات احتمال الكثافة من 1s Electron إلى 4.1 Electron، خاصة في ذرة الهيدروجين بظهور عقد بشكل كرات ومسطحات وهنا العدد الذي تظهره الكرات متعلق بحالة كم الإلكترون ويطبق عليه القانون التالي: إن مجموع أعداد العقد في الاتجاه الـRadial يساوي عدد الكم n ناقصًا واحد n-1.

* * *