القسم الأول

أولا : القواعد الأساسية الخاصة بعلم الذرة

1 تاريخ مفهوم علم الذرة:

1.1 علم الذرة ما قبل التاريخ:

بما يختص بتاريخ الذرة فإنها كانت معروفة قديمًا وإذا عدنا إلى التاريخ القديم للعلوم والفلسفة الإغريقية وفلاسفتها المعروفين، وإلى الذين اهتموا بالمادة والطبيعة والحياة منهم، ومن الأولين الفيلسوف العلامة أفلاطون وأستاذه فيثاغورس، الذي ذكر الذرة وتابعه من بعده كثير من الفلاسفة الإغريق وغيرهم بعلم المادة، والذين لم يعوا ما قصد أفلاطون بالذرة في وقتهم، وكذلك لم تكن عندهم المعدات والمختبرات اللازمة للتعمق في دراسة المادة وتقسيمها، ولذلك كتبوا عن المواد التي لا تقسم، وأسموها بالإغريقية (أتوم) Atom، أي الجسم غير القابل للتقسيم. ولكن هؤلاء قد جاهدوا لأجل العلم والمعرفة، وكانوا في ابتداء الطريق، وكانت مجاهدتهم مخاطرة، وتبين أنه في ذلك الوقت كل شيء كان عندهم غريبًا، ولم يعرفوا ما هي الجسيمة أو الجزيئة إلى ما قبل المسيح تقريبًا بـ500 سنة، كتب عن أحد الفلاسفة Leukipp الذي تعمق بعلم تقسيم المواد ومن الممكن الذرة، والفكرة العلمية التي أخذها من أفلاطون، أي تقسيم المواد Atomizes. إلى أن جاء تلميذه من بعده في سنة 420 ق . م Demokrit.

Demokrit

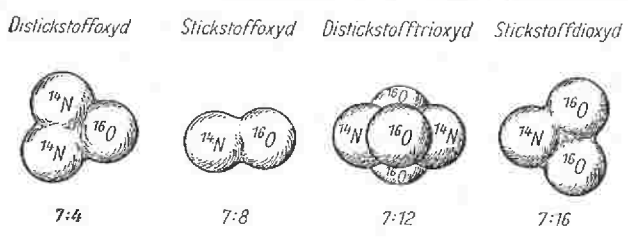
الذي سار مساره بعلم المواد، وهما الاثنان من بعد أفلاطون ذكرا الذرة، ولكن بقيا مثل غيرهما بعيدين عن التعمق بعلم الذرة قائلين بأنها لا تقسم. وكذلك بقيت في ذلك العهد، أي كانت عندهم الأشياء والمواد لا تقسم إلى جسيمات أو جزيئات.

ومن بعدهم جاء الكثير من الفلاسفة العلميين في ذلك العصر مثل Kant والكيميائي Oswald في سنة 1890 ، الذي قال إن كل شيء غير معروف يبقى عندنا بغير اهتمام ؟ وهذا قول غير مألوف عند علماء ذلك الوقت بقيت كل المواد غير معروفة للتقسيم إلى أن جاء الكيميائي الإنكليزي John Dalton سنة 1804، الذي أنزل قانون التآكل الكيميائي وأسماه: Chemistry of Atomizes

2.1 الكيمياء الذرية Chemistry of Atomizes :

قديمًا على ما رأينا أن علماء وفلاسفة علم الذرة فشلوا، ولم يقدروا على التعمق كما سبق وذكر حسب المحيط البدائي القديم بسبب قلة الإدراك بمعرفة علم الذرة، وذلك لما كان ينقصهم من ابتكار، ومعدات، ومختبرات وغيره، حتى جاء الكيميائي الإنكليزي John Dalton في سنة 1804 ووضع وعمم في ذلك الوقت القانون المبسط للكيمياء الفيزيائية باللغة الإنكليزية:

A new system of Simple and Multiplan proportions القانون المبسط، أي أنه يوجد عديد من المخطآت في الحصص كما كان معروفًا قبلاً، مثلاً حصتان من مادتين غير متشابهتين بكميات معروفة من الاثنتين نقدر بأن نجمعهما كيمائيًا لإعطاء مادة ثالثة، ومثالاً على ذلك: إذا أخذنا سبعة غرامات من مادة الأزوت الناتريوم Na، وثمانية غرامات من مادة الأوكسجين O، وإذا مزجنا المادتين معًا نحصل على مادة كيميائية ثالثة؛ مادة معروفة بالناتريوم أوكسيد.



وهذه النسبية الكيميائية من المادتين دلت (دالتون) على وجود ذرات لبناء المواد. ومن هذه النظرية الكيميائية الفيزيائيةHypotheses، استخلص هذا بأن الذرة عندها بالتأكيد في أسس كل مادة كتلة خاصة بها، ولهذا تجمع وتندمج كيمائيًّا مع بعضها. وتبين بأن عدة ذرات مواد تخلق وتؤلف الجزيئة Molecule، ومن المعروف أن الجزيئة مبنية من عدة ذرات. وهذه النسبية بين ذرات المواد نسميها نسبية الكتل المتعلقة ببعضها، ولكن نسبية الكتل لمواد معينة ترجع في الأساس لطبيعة ذرات المادة نفسها. وهنا نريد تذكير الطالب والقارئ ببعض القوانين الأساسية في الكيمياء: بأن كثيرًا من المواد التي سوف نذكرها، محتويات مادتهم لا تقسم. ونسمي هذه المواد العناصر الكيميائية Elements ومنها العناصر التالية: المعادن والأوكسجين واليود.. إلخ. وإذا أخذنا مثلاً مادة اليود Jody، نستطيع بأن نعمل بها ما نريد كيميائيًّا وفيزيائيًّا وحراريًّا وتعود إلى طبيعتها الأولى المعروفة متبلورة (كريستال) بنفسجية، وهو اللون الخاص بالمادة الأساسية لمادة اليود.

ولهذا نستطيع أن نقول إنه في وقت (Dalton) كان يوجد كثير من ذرات المواد غير المتشابهة كما يوجد عناصر كيميائية. ولكن من بعد وقت طويل أي إلى يومنا هذا نعرف بأنه يوجد عدد كبير من المواد المعروفة بعدد ذراتها المتفرقة أكثر بكثير من العناصر الكيميائية المعروفة.

ولكن بما يختص بكتلة الذرة، كان في ذلك الوقت غير ممكن معرفة كتلة الذرة عن طريق الاختبار الكيميائي، ولكن بالطريقة القديمة لدالتون وغيره وجدت نسبية الكتل للجزيئات الموجودة في العناصر وهذه الطريقة القديمة حققت وأبرزت أن النسبية في كتل المواد الموجودة في العناصر لم تكن إلا أوزان مجموعة كتل ذرات خليط العناصر الكيميائية .

وهنا حسب المثل الذي ذكر في الأعلى، ظهر لنا بأن عنصر Na النتريوم أو الأزوت عنده كتلة ذرة تساوي تقريبًا سبعة 7، وكتلة ذرة الأوكسجينO تساوي تقريبًا ثمانية 8، ولكن حسب تفاعل الاتصال الكيميائي بين مواد العناصر وغيره من التفاعلات أصبحت كتلة ذرة الـNa الناتريوم تساوي تقريبًا 14 وأصبحت كتلة ذرة الأوكسجينO تساوي تقريبًا 16. ولكن في وقتنا الحاضر من بعد سنة 1961

لم تعد تستعمل طريقة معرفة كتلة الذرة حسب الطريقة القديمة أي نسبية الكتل الكيميائية، بل حسب الطرق الفيزيائية الحديثة المعروفة عن طريق نظير Isotope C^{12} الفحم الصافي، ويتبع شرح الطريقة والموضوع لنظير الفحم الصافي في قسم خاص في فصل لاحق.

3.1 الجدول الدوري للعناصر وبناء الذرة

هنا إذا تابعنا تطورات التاريخ في العلوم الطبيعية وعلم الذرة، وجب علينا أن نصل إلى حدث له أهميته العلمية وتقدمه الفيزيائي الخاص بعلم الذرة، وهو أنه قبل نهاية القرن الثامن عشر من 1864 كان يوجد تقريبًا ثلاثة وستون عنصرًا كيمائيًّا معروفًا، وكان الكثير من هذه العناصر والمواد متشابهة بعضها ببعض، أو حسب أسس مميزاتها الكيميائية. ولكن يجب على العلميين أن يعرفوا ما هو السبب الأساسي المتعلق بهذه الاتصالات الكيميائية الفيزيائية، وهذا السؤال سأله الكيميائي الروسي Dimitri Mendelejew في سنة 1869، وحقق قسمًا منه، أي صنف وصف العناصر خلف بعضها بإعطاء كل عنصر عددًا معروفًا، في الوقت الذي جاء فيه الكيميائي الألماني Lother Meyer وساعد بالجواب المقنع؛ وكان بناء الجدول الدوري للعناصر المتكامل حسب الأعداد، أي إعطاء كل عنصر محله حسب عدده باسم Z وأعطي لهذا الحرف وسمي هذا العدد النظامي Atomic Number.

انظر الجدول الدوري من سنة 1961 وقابله مع الجدول الدوري الحديث المتطور من أفكار ساطعة لكثير من العلماء من قبل ثلاثين سنة مضت. هنا نقابل صورة الجدول الدوري الحديث مع صورة الجدول الدوري القديم:

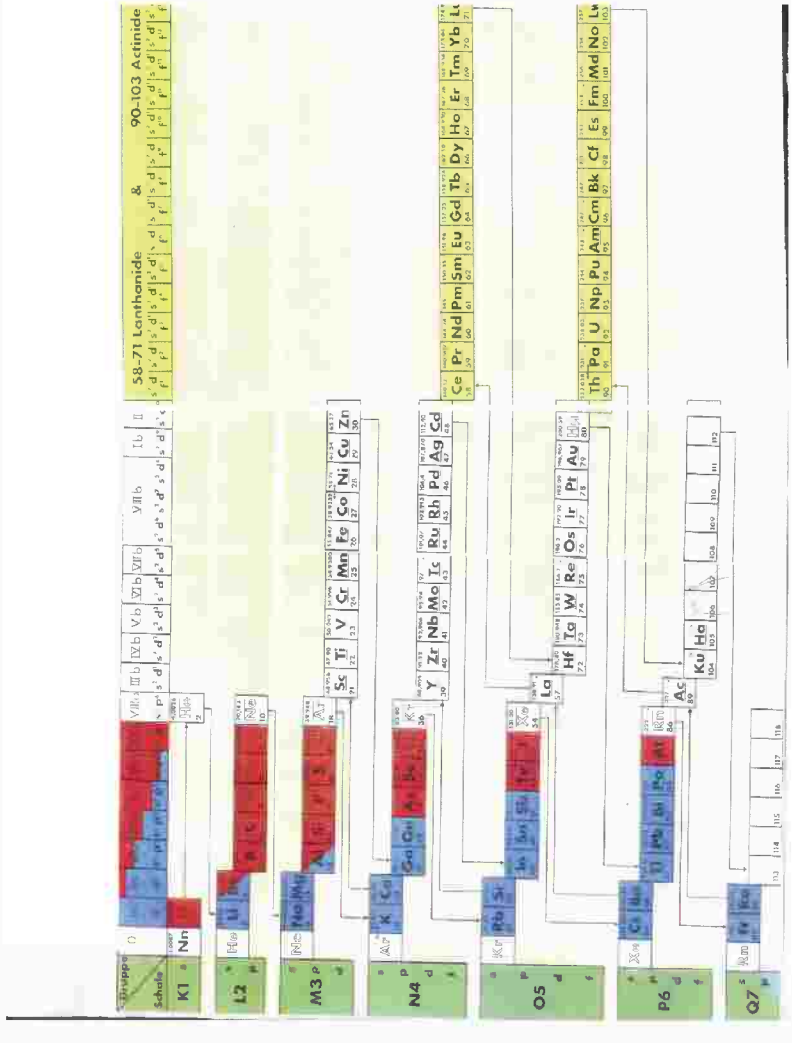
الجدول القديم

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	1 H 1,00797										2 He 4,0026
2	3 Li 6,939	4 Be 9,0122	5 B 10,811	6 C 12,01115	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984				10 Ne 20,183
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086	15 P 30,9738	16 S 32,064	17 Cl 35,453				18 Ar 39,948
4	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,9381	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,71	
4	29 Cu 63,54	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,909				36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc*	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,4	
5	47 Ag 107,870	48 Cd 112,40	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 J 126,9044				54 Xe 131,30
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La 138,91 [58···71]	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,09	
6	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,37	82 Pb 207,19	83 Bi 208,980	84 Po*	85 At*				86Rn*
7	87 Fr*	88 Ra* 226,05	89 Ac* [90···102]								

6	Lanthaniden:	58 Ce 140,12	59 Pr 140,907	60 Nd 144,24	61 Pm*	62 Sm 150,35	63 Eu 151,96	64 Gd 157,25	65 Tb 158,924	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,97
7	Aktiniden:	90 Th* 232,038	91 Pa*	92 U* 238,03	93 Np*	94 Pu*	95 Am*	96 Cm*	97 Bk*	98 Cf*	99 Es*.	100Fm*	101Md*	102No*	103Lw*

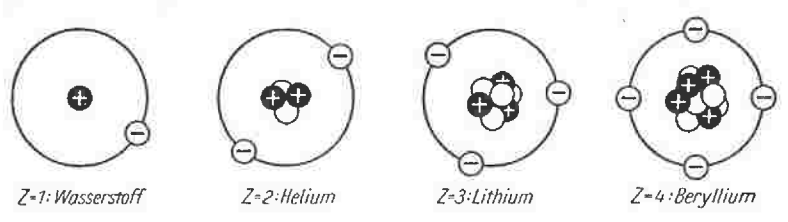
* * *

الجدول الحديث



وحتى نتفهم لأي سبب وجد الجدول الدوري للعناصر، يجب أن ندخل في موضوع بناء ذرات العناصر، ولهذا نأتي على شرح بناء الذرة.

فالذرة جسيمة صغيرة جدًّا لا ترى بالعين المجردة، نأخذ شكلها كرة مكبرة ملايين المرات في وسطها يوجد نواتها Nucleus، وهذا هو الجزء الأساسي المركزي للذرة Atom. تركب هذه النواة من جسيمات النيوترونات والبرتونات المكونة جسم وشكل النواة، وسمي هذا الشكل Nucleon. يحيط بالنواة غلاف ذو طبقات أو قشور من الإلكترونات عددهم يكون حسب مميزات الذرة ونوعية عنصرها.



ولقد ذكرنا في دراسة الجدول الدوري أسماء وأرقام العناصر، وأعطي لكل عنصر عدده النظامي الخاص به، وأعطي له حرف Z أي العدد النظامي Mass Number في الجدول الدوري ...

وهذا بحرفه Z يحدد عدد البرتونات Nucleon = Proton وهي جسيمات لها مميزاتها الكامنة. والمميزات الفيزيائية يحددها عدد النيوترونات N، والاصطلاحيةA تحدد كتلة النواة Atom Mass or Mass Number ، لأن كتلة الذرة A تساوي مجموعة شحنات nucleus Charge النيوترونات والبرتونات وتكتب بالمعادلة التالية:

$$A = Z + N$$

A كتلة الذرة

Z عدد البروتونات

N عدد النيوترونات

وإذا أردنا تبيان أو إظهار عنصر متكامل مع كل مميزاته الكيميائية والفيزيائية نكتبه بالشكل التالي: أي X اسم العنصر غير المعروف وتزيله برمز الأحرف التالية A . Z . N حسب المعادلة التالية نحصل على الشكل الفيزيائي للعنصر المطلوب، مثلاً عنصر مادة اليورانيوم U^{235}

A . 235

X . U

Z N 92 143

وهذا الشكل مطبق على كل العناصر الفيزيائية، وإلى الآن يوجد تقريبًا 1450 عنصرًا معروفًا عالميًا من الحرف A إلى الحرف Z ومن هذه العناصر: النظائر Isotope.

جدول النظائر

النظائر Isotope يوجد منها 23 نظيرًا لها نفس العدد النظامي Z ومنها نظير عنصر اليورانيوم:

235 238

U U

N1= 92 N2= 92 (N1=N2)

Isobar النظائر التي لها نفس عدد الكتلة في حالة اضمحلال الأشعة يبقى وزن الكتلة ثابت ومنها:

A1= 14 A2=14 (A1=A2)

C N

6 7

Isotern النظائر التي لها نفس عدد النيوترونات ومنها:

14 15

C N

Z1=8 Z2=8 (Z1=Z2)

Isomer النظائر التي لا تتعدى حياتها أكثر من 10^{-9}sec وهي في تفاعل طول حياتها.

النظائر المرائية الخفيفة Mirror Element عندها نفس عدد النيوترونات ونفس العدد النظامي والعكس بالعكس.

4.1 عدد أفوكدرو (Avogadro)

وعن طريق التقدم السريع للفيزياء النووية فتحت أبواب علوم كثيرة متعلقة بالتطور العلمي الفيزيائي. وهنا نتابع التطورات الأساسية العلمية التي قادت علوم الذرة الحديثة إلى وقتنا هذا، ولولا هذه التطورات للعلماء والمفكرين لبقي علم الذرة كما كان في عهد الإغريق؛ لا تقسم الذرة حتى جاء الفيزيائي الإيطالي Avogadro في سنة 1811 أنجز وأبدع شيئاً بنيت عليه كل علوم الذرة بقوله واكتشافه بأنه في وعاء بنفس الحجم، وكذلك بنفس الضغط والحرارة، يوجد في كل الغازات نفس عدد الجزيئات Molecules، أي الذراتAtoms، ومن بعده جاء الفيزيائي والكيميائي النمساوي Lechmidt سنة 1865، وأكد تطبيقيًّا بالمقاربة بأنه في حجم سنتم مكعب واحد من الغاز يوجدMolecules 27.10^{+18} جزيئة.

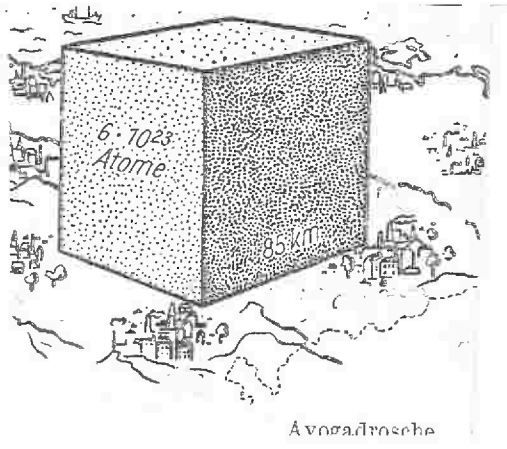
وأفوكدرو وجد المعادلة الحقيقية بالنسبية التاليةK / R لو أخذنا معادلة الغاز المعروفة المثاليةR الحرف $P V = NKT = n R T$(R = 8,314 J / mol/k)أي ثابتة الغاز، في الوقت الذي K تساوي ثابتة Bolzman $(K = 1,32 .10^{-23} J / mol/k)$ وقسمنا R/K لوجدنا عدد أفوكدروN_A القائل في كل غرام مادة يوجد كذا ذرة حسب المعادلة التالية:

$$N_A = R/K = (8,314 J/mol/k) / (1,23 .10^{-23} J/mol/k) = 6,023.10^{+23} Atoms$$

$$N_A = R / K = 6,023.10^{+23} gram Atoms$$

وإذا أردنا أن نظهر عدد أفوكدرو بمثل يبين ظاهرته، وأخذنا كل حجم ذرة يساوي رأس دبوس حجم رأسه مليمتر مكعب، ووضعنا هذه الذرات في مكعب كبير الحجم حسب عدد الذرات، فكم يصبح طول أضلاع المكعب؟ $\sqrt[3]{6,023.10^{+23}}$ = 84,450 Km وإذا صففنا رءوس هذه الدبابيس

كذرات وراء بعضها بخط مستقيم لوجدنا طول الخط هذا يعـد بملايـين الأمتـار ويساوي تقريبًا 600.000 ستمائة ألف سنة ضوئية .والسنة الضوئية تساوي تقريبًا المسافة 10^{12} km.



1.4.1 كتلة الذرة المطلقة (Absolute Masse)

ما هي كتلة الذرة المطلقة؟ وكيف يوجد الحل العلمي لكتلة الذرة المطلقة؟ وهذه الكتلة m_A توجد عن طريق قسمة العدد الذري A لأي مادة معروفة كانـت نريـد معرفة كتلتها المطلقة، نقـسمها علـى عـدد أفوكـدرو المعـروف والمـساوي $N_A = 6{,}023.10^{+23}$

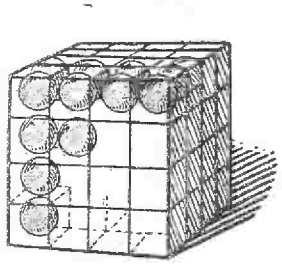
$$m_A = A / N_A$$

إذا أردنا معرفة كتلة الذرة المطلقة لمادة النحاس العدد الذري A لهذه المادة الذي يساوي A = 63,54g، وقسمنا هذا العدد على عدد أفوكدرو وجـدنا كتلـة الـذرة المطلقة للنحاس. وهذه الطريقة العلمية تستعمل لكل المواد الموجـودة والمعروفـة لمعرفة كتل الذرة المطلقة.

$$m_A = 63{,}54 \text{ gr} / 6{,}023.10^{23} = 10{,}5.10^{-23} \text{gr}$$

2.4.1 قطر الذرة

حتى نجد حلَّ أو نحدد علميًّا قطر الذرة في المادة، فكر العلماء بطريقة مبسطة: أي كم ذرة من مادة ما توجد في مكعب حجمه سنتم مكعب واحد؟ ولهذا الحل صفت الذرات هندسيًّا أي كل ذرة لها مكانها في مكعب صغير خاص بها من مجموعة المكعبات الموجودة في مكعب حجمه سنتم مكعب واحد. حسب الرسم الموضح.



في الوقت الذي كانت كثافة المادة معروفة ρ وكما أنه يوجد ومعروف عندنا حسب الحل الأعلى كتلة المادة المطلقة mA وحتى لو قسمنا الكثافة ρ ..على كتلة الذرة المطلقة وجد عندنا عدد الذراتNL الموجودة في حجم سنتم مكعب واحد حسب المعادلة التالية:

$$\rho / m_A = \rho / A / N_A$$

$$N_L = \rho . N_A / A$$

هنا نأخذ الذرة بشكل كروي ونضعها في مكعب صغير خاص بها من المكعبات الموجودة، حجمه سنتم مكعب واحد وهذا معناه هنا أن قطر الذرة يساوي ضلع المكعب الصغير الخاص بها، ونصف قطرها يساوي نصف قطر ضلع المكعب الموجودة به، وحجم هذه الذرة يساوي واحدًا من حجم الكل من المجموعة الموجودة في سنتم مكعب واحد حسب ما نظهره بالمعادلة التالية:

$$1 / N_L$$

أما قطر الذرة d يساوي الجذر المثلث للحجم $1 / N_L$

$$d = 1 / N_L = \sqrt[3]{A / \rho N_A}$$

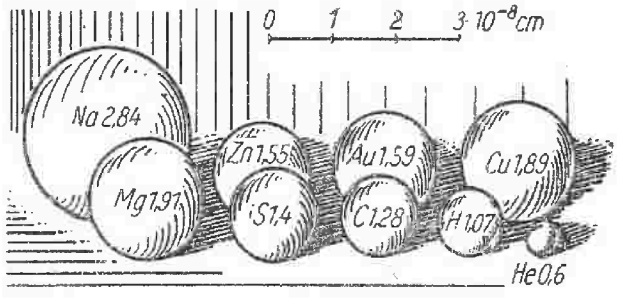
ونصف قطر الذرة يساوي نصف القطر من المعادلة السابقة:

$$r = 1 / 2 . \sqrt[3]{A / \rho N_A}$$

لنعرف مثلاً نصف قطر ذرة النحاس نقول كثافة النحاس تساوي $\rho = 63,54\ cm^3$ ولهذا يوجد الحل حسب المعادلة التالية:

$$r = 0{,}5\ \sqrt[3]{63{,}54\ g\ cm^3 / 8{,}9g\ .\ 6{,}023.10^{+23}} = 1{,}14.10^{-8}\ cm$$

وللمقارنة وشرح إظهار نصف قطر الذرات نأخذ الصورة التالية:



وهذا الحل التقريبي المنطقي يعادل كل الحلول الحديثة، ويبين أن نصف قطر الذرة لكل المواد يساوي تقريبًا

$$r = 1.\ 10^{-8} cm$$

5.1 الإلكترون:

إن ما أنجزه ووجده أفوكدرو فتح مجالات واسعة النقاط في علم الذرة القديم والحديث، ولكن وجود شيء مهم بما يختص بالكهرباء، وكذلك بما كان معروفًا قبلاً المتعلق بذوبان كل ما يختص بالأملاح والحوامض في الماء ..جاء العلميFaraday سنة 1834 واستعمله لإنجاز ومعرفة نتيجة مهمة: أي أنه أيَّن ذرات الماء بعملية إنزال قطب إيجابي في الماء أسماه Anode، أي أنه كذلك أنزل في نفس الوعاء وفي نفس كمية الماء قطبًا سلبيًّا أسماه Chatted بإعطائهم تيارًا كهربائيًّا، وبهذه الطريقة حول الماء الموجود في الوعاء المذكور إلى أيونات Ions، والأيونات ليست إلا ذرات مشحونة. وكان هذا الإنجاز أول بادرة لعملية التنكيل أي المقصود الElectrolyze أي أن الأيونات الإيجابية (+) المنبعثة من (لوحة الأنود) تنتقل من الـ Anode إلى لوحة الـ Chatted وبالعكس، والأيونات السلبية تنتقل من لوحةChatted و تذهب إلى لوحة Anode وتبقى عالقة ثابتة متماسكة. وهذه العملية الكيميائية الفيزيائية سميت: قانون فارادي Faraday Low.

والمقصود باستعمالها لعملية استخراج غرام كيميائي واحد من مادة ما، يلزمنا طاقة كهربائية قدرتها 96480C ، وكذلك واحد 1.Coulomb يساوي التيار المنتج في الثانية 1.Coulomb = 1Amper sec. وسميت هذه الكمية المستخرجة بالغرام من أي مادة كانت عدد Faraday . وهذه العملية تستعمل لاستخراج وتصفية كل المعادن الثمينة.

مثلاً لو أردنا استخراج غرام ذرة واحد1.gram Atom من مادة الفضة، قيمة كتلته الذرية تساوي A=107,87 g يلزمنا طاقة كهربائية تساوي 96840 Coulomb .

هنا أردت تحويل نظر الطالب العلمي إلى كيفية الاستعمال بالمثل التالي:

(مثل تطبيقي لعملية طلي وعاء أسطواني الشكل بمادة الكروم مع الحل)

وعاء أسطواني الشكل قطره 120 mm، ارتفاعه 400mm، يجب أن يطلى بطبقة من مادة الـ Nickel سمكها 0,015mm. قدرة التيار الكهربائي الموجب لهذه العملية يساوي $0,4\ A/dm^2$ وثابتة التنكيل تساوِي الاصطلاحية التالية:

$$Ä= 0,304\ mg/A.sec$$

وكثافة النيكل: $\rho = 8,8g/cm^3$

وكمية كتلة المادة تساوي عامة: $m = Ä.\ i.\ t\ [gr]$

فثابتة التنكيل Ä لكل جسم مادة تساوي $Ä = A / 96497\ Asec$

يطلب:

1- كم هي كمية النيكل الواجبة للتنكيل بالغرام؟

2- كم هو التيار الكهربائي الواجب في وحدة Ampere؟

3- ما هو الوقت اللازم لهذه العملية بالساعة؟

الحل:

المساحة الواجب تنكيلها في سنتم مربع واحد: هنا يوجد عندنا إذا قسمنا هندسيًّا الشكل الأسطواني إلى دائرتين: سفلى وعليا، والجسم الأسطواني إلـــى مطـــول.. مساحة كل دائرة تساوي $d^2\pi/4$ ومساحتهما سوية تساوي:

$$2(d^2\pi/4) = 113,1cm^2$$

ومساحة المطول الأسطواني تساوي...$2\pi r.h$، وكذلك مجموع المساحات التـــي يجب طليها بالنيكل تساوي:

$$2(d^2\pi/4)+2\pi r.h = 1734cm^2$$

إذا كان كل سنتم واحـــد يـــساوي: $1cm^2 = 1 / 100\ dm^2$ فـــإن $1734cm^2$ تساوي: $17,34\ dm^2 = 1734\ cm^2$.

وإذا كان كلdm^2 يلزمه تيار يساوي: $0,4A/dm^2$ فـــإن $17,34dm^2$ يلـــزمهم التيار الكهربائي المساوي:

$$i = 6,94 = 17,34.0,4 = 6,94\ \ Ampere$$

والحجم المطلي المنكل يساوي:

$$V=2(113,1cm^2 . 0,0015\ cm) +2\pi rh.0,0015 =2,60\ cm^3$$

وكمية النيكل بوحدة الغرام الواجبة للطلي تساوي:

$$m = \rho.V =8,8gr/cm^3 . 2,60cm^3 = 22,88gr$$

والوقت اللازم لهذه العمليات يساوي حسب المادة والمعادلـــة التاليـــة المعطـــاة لقضايا الطلي بالنيكل والفضة والذهب وغيرهم، وهنا يساوي الوقت:

$$t= m/Ä.i\ [sec]:\ m = Ä.i.t$$

$$t = 22,88gr/0,304mg/As.6,94A =10,8900sec/3600$$
$$= 3h.17min.30sec$$

1.5.1 عملية التأين Ionization

للتعرف على عملية التأين يجب معرفة كم هي قيمة الشحنة الكهربائيـــة التـــي يحملها الأيون في انتقاله..؟

الحل: هذه الشحنة توجد عن طريق قسمة 96840 A.sec كولومب على عدد أفوكدرو ليعطينا أقل كمية كهرباء موجودة إلى الآن بالطبيعة والتي نسميها الشحنة البدائية المساوية والمظهرة بالمعادلة التالية:

$$96840 \text{ A.sec} \ / \ 6{,}023.10^{+23} \ = \ 1{,}602.10^{-19} \text{A.sec}$$

وبوجود هذه الشحنة الكهربائية الصغيرة في الطبيعة، لفتت أنظار وأفكار الكثير من العلماء إلى أشياء جديدة مثل خلق Chatted Ray لمعرفة ماذا يحدث بوجود الإلكترودات، أي لوحات في أنبوب زجاجي مغلق فارغ من الهواء مزود بلوحتين اثنتين، الواحدة منهما إيجابية Anode، والثانية سلبيةChatted إذا وضع بين هاتين اللوحتين جهد كهربائي مرتفع؟ ولهذا جاء الفيزيائي الروسيHittorf سنة 1869 وسعا بهذه العملية ووجد حتى نقول أنبوب Chatted Ray، وقال عما وجده من إشعاعات وجسيمات متحركة بسرعة مرتفعة ومنتقلة بين اللوحتين في الأنبوب، بأنها حالة رابعة غير معروفة بالطبيعة، وهذا من بعد اختبارات وقياسات كثيرة.. جاء الفيزيائي Lenard في سنة 1898، وأكد أن هذه الإشعاعات ليست إلا جسيمات مشحونة سلبية، وأعطيت لهذه الجسيمات اسم علمي فيزيائي: الإلكترونات Electrons وهذه الجسيمات لم تكن ذرات كما قيل عنها، لأن وزن الواحدة منها أخف من ذرة الأوكسجين بمعدل 1836 مرة. لإيجاد لهذه الجسيمة كتلتها النسبية تقسم كتلة الأوكسجين الذريةA على عدد أفوكدرو، وهذا ما نراه حسب المعادلة التالية التي تعطينا وحدة كتلة الإلكترون النسبية المساوية:

$$1{,}008 \ / \ 6{,}023.10^{+23} \ = \ 0{,}000549 \text{ ME}$$

or AMUAtomic Masse Unit

فكتلة أو وزن الإلكترون المطلقة Absolute تحسب بقسمة وحدة كتلتها النسبية على عدد أفوكدرو حسب المعادلة التالية:

$$m_{e0} = 0{,}000549 \ / \ 6{,}023.10^{+23} \ = \ 9{,}1.10^{-28} \text{ g}$$

2.5.1 شحنة الإلكترون

الإلكترونات لها أصغر شحنة معروفة بالطبيعة وتساوي:

$$e_o \ = 1{,}602.10^{-19} \text{ A.sec}$$

وطاقة الإلكترون الراكدة تساوي $E_{eo} = m_{eo}.c^2 = 0{,}511Mev$

من المعروف من بعد النسبية الخاصة بأن كتلة أي جسم كان تكبر لما الجسم يتحرك وتصبح كتلته أكبر من كتلته الراكدة وتساوي حسب المعادلة التالية

$$m_v = m_0 / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

وأما الأجسام Microscopes فكتلهم النسبية لا تحسب بسبب سرعتهم العالية، وحسب قانون أينشتين فنسبة الطاقة إلى الكتلة تساوي الكتلة الراكدة والطاقة الراكدة، حسب المعادلة التالية:

$$E_0 = m_0c^2$$

وحسب الفيزياء الكلاسيكية، بما يختص بنبضات Pulse الجسيمة البدائية والطاقة الحركية للجسيمات المتحركة لما تكون سرعتها متعالية، لا يمكن لذلك حساب كتلها النسبية، ولكن نذكر بعض النقاط التي تلزمنا في ما بعد، أي المقصود نبضات Impulse الجسيمة المتحركة نظهرها هنا بالمعادلة التالية:

$$P = m_v.v = m_0.v / \sqrt{h-c^2/v^2}$$

هنا أردت أن ألفت النظر إلى مجموعة طاقات الجسيمات المتحركة حسب قانون أينشتين القائل بالتساوي بين الطاقة والكتلة، وكذلك يطبق هذا القانون على الطاقة الراكدة ومجموع الطاقات E_{ges} نظهرها بالمعادلة التالية:

$$E^2_0 = (m_0c^2)^2 \text{ وكذلك } E^2_{ges.} = (m_v.c^2)^2$$

في الوقت الذي تساوي النبضة مربعة $P^2 = (m_v.c)^2$ ، وبمساعدة تربيع m_0

$$m^2_0 = (1-c^2/v^2).m^2_v \quad m^2_vc^2-m^2_vv^2 = m_0c^2$$

وبضرب المجموعة بسرعة الضوء بالمربع يعطينا المعادلة التالية:

$$m^2_vc^4 - m^2_vv^2c^2 = m^2_0c^4 = (m_vc^2)^2 - (m_vv)^2c^2 = (m_0c^2)^2$$

وبإدخال المعادلات المتعلقة الموجودة في الأعلى تعطينا حسب الحل المعادلات التالية:

$E^2ges - p^2c^2 = E^2_0$ ومنها تشتق المعادلة التالية القائلة:

$$E^2ges = (m_0c^2)^2+p^2c^2 = E^2_0+(p.c)^2$$

إن تربيع مجموع الطاقة للجسيمة البدائية عامة يساوي مجموع تربيع الطاقة الراكدة زائد مضروب النبضات Pulse بسرعة الضوء في الفراغ. وهذا الحل يلزمنا لشرح دراسة المادة وضد المادة لاحقًا.

3.5.1 الدوران الذاتي للإلكترون Spin

أما فيما يختص بقضية الدوران Spin، يعطى للجسيمة البدائية لما ثابتة Planck تقسم على 2π حسب المعادلة التالية.. ولهذا الدرس قسم خاص يأتي في وقته.

$$S = h / 2\pi = 6{,}626.10^{-34} / 2\pi = 1{,}055.10^{-34}\ J.sec$$

$$S = 1/2.h \text{ or } S = 1.h$$

أما ما يختص بالعزم المغناطيسي Magnetic Moment لجسيمة الإلكترون المشحونة، معروف بأنها في دورانها تنتج عزمًا مغناطيسيًا وهذا سوف نأتي على ذكره وشرحه.

4.5.1 قطر الإلكترون

لمعرفة قطر الإلكترون، ولهذا الحل نأخذ شكل الإلكترون يساوي أو يشابه كرة، وهذه الكرة نصف قطرها يساوي r_e ، وتكون طاقة شحنتها على حقل سطحها الخارجي متساوية، وأما في داخلها، فطاقة الحقل غير موجودة وتساوي صفرًا .

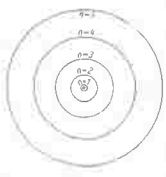
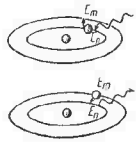
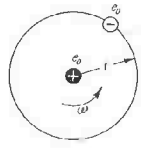
ولكن مجموع طاقات الحقول الخارجية يساوي طاقة الإلكترون الراكدة E_0، ولهذا السبب نضع طاقة الإلكترون الراكدة تساوي قدرة الجهد Potential، الطاقة الموجودة على سطحها الكروي مع نصف قطرها r_e . وعن طريق هذا الحل نستطيع أن نحدد قطر أو نصف قطر الإلكترون بالمعادلة والصورة التالية:

$$E_0 = m_{eo} . c^2 = 1/4\pi\varepsilon_o . e^2/2r_e$$

$$2r_e = 1/4\pi\varepsilon_o . e^2/m_{eo}c^2$$

$$2r_e \approx 2{,}82.10^{-15}\ m$$

$$r_e = 1{,}141.10^{-15} m$$

في الوقت الذي تستعمل الاصطلاحات التالية:

1- شحنة الإلكترون: $e = 1{,}6022.10^{-19}$ Asec

2- ثابتة الحقل الكهربائي: $\varepsilon_o = 8{,}8542.10^{-12}$ c.v^{-1}.m^{-1}

3- الكتلة الراكدة للإلكترون: $m_{eo} = 9{,}1095.10^{-31}$kg

4- سرعة الضوء في الفراغ: $c = 2{,}997925.10^{+10}$ m/sec

5- ثابتة بلنك: $h = 6{,}626.10^{-19}$ Asec

6.1 مهود تحرك الإلكترون Radian course of Electron

مهود مسار الخطوط وقدرة الطاقات بتحـرك الإلكتـرون Radian Line and power

لمعرفة حل علمي لمسار مهود خطوط Radian إلكترون ثابتة: بما أن الطاقـة الموجودة في المسار Radial power متشابهة ومساوية لقدرة قوة كولومب، وهذا يساعدنا على الحل العلمي بالمعادلة التالية:

$$1 / 4\pi\varepsilon_o \,.\, e^2/r^2 = m_e v^2/r^2 \text{ and } e^2 = 4\pi\varepsilon_o m_e v^2 r.$$

وهنا إذا أنزلنا v حسب Bohr-Postulate الأولى التي وجدت تنتج المعادلـة المعروفة التالية:

$$e^2 = 4\pi\varepsilon_o m_e r_n . n^2 h^2/4\pi^2 r^2_n m^2_e = 4\pi\varepsilon_o \,.\, h^2/4\pi^2 r_n m_e . n^2$$

$$r_n = \varepsilon_o \,.\, h^2/\pi e^2 m_e \,.\, n^2 . n = 1,2,3$$

وبإنزالنا الاصطلاحات المذكورة في الأعلى بالمعادلةr_n التي تصلح لكل خطوط مسار مهود الإلكترون، نستطيع أن نجد نصف قطر المهد الأول مثلاً لمـــا n =1 تساوي r_1 بالأمتار المعادلة التالية:

$$r_1 = 5{,}293.10^{-11} .1^2 = 5.293.10^{-11} m$$

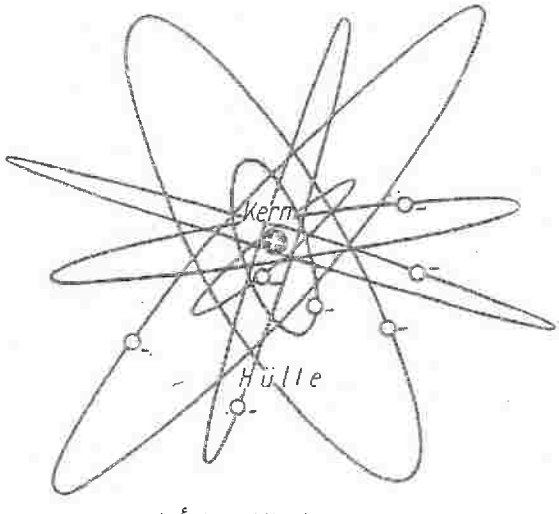
ومثلاً لمعرفة مهد تحرك الإلكترون في ذرة الأوكسجين، إذا كانت4 = n فـــإن نصف قطر المهد يساوي:

$$r_1 . 4^2 = 5{,}293.10^{-11}.16 = 84{,}688.10^{-11} m$$

إن هذا الموضوع سوف نأتي على شرحه مفصلاً في فصل4 قسم الإلكترونـــات كغلاف للذرة في ذرة الهيدروجين

6.1 .1 نمـوذج أو موديـل (روثرفـورد) للـذرة Rutherford Atom Model

باكتشاف الإلكتـــرون فكـــر العلماء الأولون بأن الذرة نفسها مصنوعة من كثافـــة جـــسيمات الإلكترونات، وهذه الإلكترونات إنما هي جسيمات صغيرة كروية الـــشكل والإلكترونـــات هـــذه تتصرف بتحركهـــا وخاصـــتها كجزيئات الغاز Molecule، أي أنها تشبه كورًا مطاطة تتصادم مع بعضها البعض وتتبع طريقة قانون التصادم وهذه النظرية بعد التجارب والاختبار وجدت غير مقبولة وغير صحيحة .



موديل الذرة الأولى

إلى أن جاء هنريش هرتز Henrich Hertz الألماني بعد الروسي Hittorf وبنى كذلك Chatted Ray، وأثبت بعد اختبارات كثيرة أن الإلكترون جسيمة سريعة تخرق هدفًا معدنيًا رقيقًا، وهذا ما دل على أن الإلكترونات تمر في ذرات المعادن. وجاء من بعده في سنة 1903 تلميذه Lenard وأظهر أن الذرة مبنية من نواة صغيرة محاطة ومغلفة بجسيمات الإلكترونات، ونواتها يجب أن تكون إيجابية (+) حتى يكتمل تعادل بناء الذرة بين الإلكترونات السلبية والنواة الإيجابية .

Ernest Rutherford
1871 bis 1937

ولكن في ذلك الوقت سنة 1898اكتشف الراديوم، واكتشفت مدام كوري Curie كذلك أشعة جسيمات ألفا α، وارتفع عدد الاكتشافات في الفيزياء وخاصة المعرفة في علم الذرة، وتصاعدت بسرعة، وتعمق العلميون بهذا العلم نظريًّا وتطبيقيًّا حتى جاء الفيزيائي الإنكليزي Rutherford من سنة 1871-1937 وفي سنة 1911 وبمساعدة أحد تلاميذه، عمل تقريبًا على طريقة الألماني Lenard ولكن لم يستعمل الإلكترونات Chatted Ray، بل استعمل ما وجد جديدًا إشعاعات α لخرق معدن رقيق البنية. وهذا الإشعاع له طاقة خرق أكبر من طاقة الإلكترونات، وهذا الإشعاع مؤلف من جسيمات سريعة إيجابية صادرة من نواة الهليوم Helium التي عدد كتلتها الذرية يساوي4 = A ورمزه يساوي $_2\alpha^4$ ، وشحنة الإشعاع إيجابية، والكتلة أكبر من كتلة الإلكترون بعدد يفوق 7300 مرة كتلة الإلكترون. وهذا أظهر أن تركيب الذرة داخلها إيجابي، وأكد نموذجه بأن كتلة الذرة موجودة في نواتها الصغيرة، وأظهر بأن عدد الكتل الذرية A يساوي عدد الجسيمات الإيجابية الموجودة في النواة.. وطاقة تماسك الذرة بين الإلكترونات والنواة ليست إلا طاقة فيزيائية إلكتروستاتيكية Electro static والتي تنتج التماسك

بين الاثنين: النواة وغلافها المؤلف من الإلكترونات السلبية. وهذا النموذج يشابه النموذج الشمسي للكواكب، وكذلك عدد الإلكترونات في الغلاف يساوي عدد شحنات نواة الذرة ..

7.1 - بناء نواة الذرة

بعد اختبارات روثرفورد العديدة وصل إلى نتيجة بأن نواة الذرة ليست بحالة جامدة، أي أن جسيماتها مشحونة إيجابيًّا، وأن كل واحدة منها متماسكة بحد ذاتها متقاربة بالوزن ومجمعة معًا، والمدعوة بجسيمات يقال عنها بروتونات Protons وهذا البروتون جسيمة كتلتها الذرية النسبية تساوي $m_p = 1,00727\ u$، وحاملة شحنة إيجابية تساوي أصغر شحنة بدائية Asec $1,602.10^{-19}$، وكذلك تابع روثرفورد اختباراته وبين بأن حجم نواة الذرة بالنسبة للذرة صغير جدًّا، ونواة الذرة نستطيع أن نقابلها بكرة صغيرة الحجم نصف قطرها يساوي المعادلة التالية:

$$r_p \approx r_0 . \sqrt[3]{A}$$

في الوقت الذي r_0 تساوي تقريبًا: $r_0 \approx 1,42.10^{-15}\ m$

8.1 - كثافة نواة الذرة

أما بما يختص بكثافة النواة، فيعود لوزن كتلتها m_p وحجمها V_p في الوقت الذي يكون حجمها بشكل كرة يساوي معادلة الحجم التالية:

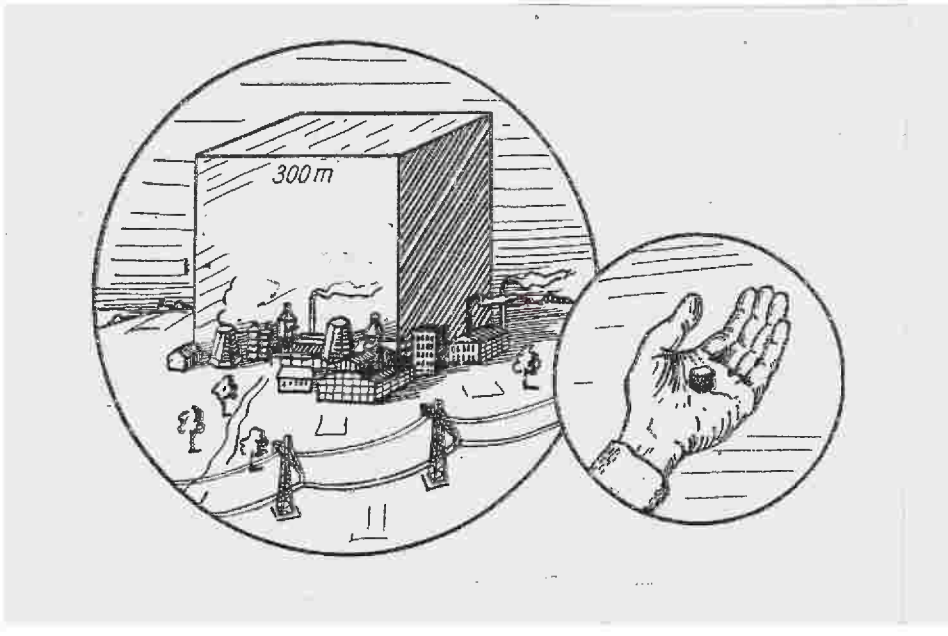
$$V_p = 4/3\ \pi\ r^3 = 4/3\ \pi\ r^3_o.A$$

والكثافة ρ حسب المعادلة الكلاسيكية تساوي الكتلة m مقسومة على الحجم

$$\rho = m / v$$

$$\rho = m/v = m_p / 4/3\ \pi\ r^3_p \approx 1,4.10^{17}\ kg/m^3$$

ومن بعد حل معادلة الكثافة في الأعلى، رأينا بأن نواة الذرة لها كثافة مرتفعة جدًّا تساوي تقريبًا العدد $1,4.10^{17} kg/m^3$، وهذا معناه أنه إذا وضعنا كتلة نواة صافية بهذه الكثافة المرتفعة في مكعب طول أضلاعه سنتم واحد، لكان وزن المكعب تقريبًا يساوي ما ينتجه العالم في سنة واحدة من الحديد.



2 بعض القوانين الفيزيائية المستعملة في علم الذرة

1.2 الاصطلاحات والوحدات والقوانين الميكانيكية

1.1.2 قدرة النبض أو عملية النبض في الذرة Pulse power

القدرة النابضة لجسم متحرك تساوي كتلة الجسم المتحرك m ضرب سرعته V تساوي المعادلة التالية:

$$P_p = m.v$$

مثلاً إذا أطلقنا من مسدس طلقة كتلتها تساوي 3 gr تتحرك بسرعة 500 cm/sec فإن القدرة النابضة لهذا الجسم تساوي:

$$P_p = 3gr \cdot 500\ cm/sec = 1500\ [g.cm/sec]$$

وإذا أطلقنا طلقة من مدفع مثبت على عربة تتحرك بعجلات على سكة حديد، أي أنه في الوقت الذي تطلق الطلقة من المدفع تأخذ هذه أي الطلقة طريق نبضتها إلى

الأمام بقدرة نبضتها المساوية $m_1.v_1$، في الوقت الذي كذلك العربة مع المدفع يأخذان طريق نبضتهما في الاتجاه المعاكس لاتجاه الطلقة، مع قدرة نبضتهما المساوية $m_2.v_2$ والتي في نفس الوقت مساوية أيضًا قدرة نبض الطلقة، ولكن القذيفة تنطلق بسرعة عالية والمدفع والعربة يتحركان في الاتجاه العكسي ببطء، والتحديد الإجماعي لقدرة وطاقة هذه العملية يساوي المعادلة $m_1v_1 = - m_2v_2$ أو الاصطلاحية المساوية المعادلة التالية:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = 0$$

أي أنه قبل وقت الطلقة المنبعثة كانت القذيفة والمدفع والعربة نبضاتهم في ركود، أي قدرة النبض كانت صفرًا، وكذلك بعد الطلقة عادت قدرة النبض إلى صفر وهذا ما يدل على أن مجموع النبضات في نموذج System مغلق ولهذا تبقى دائمًا ثابتة Constant.

2.1.2 النبض الدائري Rotors pulse

النبض الدائري غير نبض الجسم المتحرك على خط مستقيم، بل يدور هذا الجسم على مهد كطريق دائرة، أو يدور على محوره الخاص. في الحالة الأولى، نعطي لقدرة نبض الدوران اسم: النبض الدائري على دائرة، وفي الحالة الثانية اسم: قدرة نبض الدوران على المحور الخاص، وذلك في حالة دوران الجسيمات البدائية مثل الإلكترون حول النواة، أو في حالة دوران الإلكترون الذاتي على نفسها Spin .

في حالة الدوران يدخل محل كتلة الجسم كتلة دوران استمرارية J... في الوقت الذي تكون السرعة v تبدل بسرعة الزاوية ω فيصبح النبض الدوار يساوي $P\varphi = J.\omega$ ومن المعروف بأن العزم الاستمراريJ لأي جسم كان متعلق بشكل الجسم ووضع محوره، وهنا في درس الفيزياء النووية لا يهمنا إلا نبض الإلكترون الدائري، أي دوران الإلكترون. ونستطيع مثلاً أخذ نقطة تشابه كتلة على بعد أو مسافة r من نواة الذرة ومعادلة هذه، أي نقطة الكتلة الدوارة الاستمرارية، تكتب

بالاصطلاح التالي: $J = mr2$ ، ومنها يشتق نبض الإلكترون الدائري ويكتب بالمعادلة التالية:

$$P_{\varphi} = m_o r^2 \omega$$

ولكن بين النواة والإلكترون يوجد قوة إلكتروستاتيكية Electro static power تعادل أو تساوي الجاذبية بين نواة الذرة والإلكترون، والتي هي بعد قانون كولومب تساوي المعادلة التالية:

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

وحتى لا تسقط الإلكترونات الدائرة في طرق مهدها حول النواة في النواة، يجب على طاقة الانفصال المساوية $mor2\omega$ أن تبقى مساوية طاقة الجذب أو الطاقة الجاذبة التي نظهرها بالمعادلة التالية:

$$m_o r^2 \omega = 1/4\pi\varepsilon \, . \, e^2/r^2$$

3.1.2 الطاقات (طاقة جهد الموقع potential والطاقة الحركية Kinetic)

الطاقة عامة هي حصيلة جسم يعمل شغلاً، مثلاً .. جسم وزنه $G.[kg]$ نريد رفعه من موقعه على ارتفاع $h.[m]$ فالطاقة اللازمة تساوي المعادلة التالية:

$$E_{pot} = G \, . \, h \quad (G=m.g \;)$$

هنا الحرف g يساوي جاذبية الأرض المساوية الاصطلاحية التالية:

$$g = 9{,}80665 \text{ m/sec}^2$$

ولكن هذا الجسم متعلق بجاذبية الأرض، وتكتب اصطلاحية طاقته حسب الحل التالي:

مثلاً لرفع جسم وزنه $G = 1kp$، على ارتفاع متر $h = 1. m$ من محله أو موقعه، يلزمنا شغل أو طاقة تساوي 1kpm، يمكن أن نقول إن الجسم هنا متعلق بموقعه أو محله بجاذبية الأرض، وجهد الطاقة اللازمة يساوي $E_{pot} = 1kpm$. ووحدة الكيلوبوند وحدة فيزيائية تستعمل في الفيزياء والميكانيكا وتساوي:

$$1kp = 9{,}81 \text{ kg m/sec}^2$$

ولكن بعكس جهد طاقة الموقع E_p المحلية يوجد الطاقة الحركية Kinetic ومثلاً على ذلك إذا سقط جسم من أعلى على ارتفاع ما، وبسرعة معروفة على الأرض فإن طاقته الحركية تساوي المعادلة التالية:

$$E_{kin} = mv^2 / 2$$

ومن المعروف أن كل جسم يتحرك عنده طاقة حركية ولكن لا يجب أن تساوي طاقة قدرة النبض بحالة التحرك المساوية: $P_p = mv$، لأنه في الوقت الذي الطاقة الحركية تظهر الشغل الموجود في الجسم المتحرك.

حتى لو أخذنا مثلاً الطلقة من المسدس التي ذكرت سابقًا، والتي وزنها يساوي 3gr وسرعتها المساوية $V = 500\ cm / secv$ فإن طاقتها الحركية تساوي المعادلة التالية:

$$E_{kin} = mv^2/2 = 3gr.(500cm/sec)^2 = 3.250000 / 2 = 375kgcm^2/sec^2$$

ولكن وحدة الشغل الأساسية المتبعة تساوي w/sec وأما $1w/sec = 1kgm^2/sec^2$

4.1.2 وحدات الطاقات في الفيزياء النووية

خاصة في الفيزياء النووية تستعمل وحدة الطاقة المساوية Electron Volt =eV. وحتى نتفهم ما قصد بوحدة هذه الطاقة علينا أن نتخيل أنبوبًا زجاجيًّا مغلقًا من الجهتين وفارغًا من الهواء، يحتوي من كل جهة في داخله على لوحة أي لوحتين Electrode اثنتين: اللوحة السلبية Chatted، والإيجابية Anode. وُضع بين الاثنتين جهد كهربائي قدرته فولت واحد 1Volt، فينطلق منChatted الإلكترونات تتسارع إلى Anode بعملية تصادم وبسرعة لا نهائية، استعمل بها كل إلكترون منبت طاقة تساوي 1eV، وإذا مثلاً وضعنا بين اللوحتين جهد كهربائي قدرته 50000 فولت نجد أن الطاقة النهائية الموجودة على الإلكترونات في تحركها بين اللوحتين تساوي 50000 eV، وكل إلكترون فولت شحنته تساوي:

$$1eV = 1{,}602.10^{-19}\ A.sec$$

هنا نعطي لائحة لجدول الوحدات الفيزيائية المستعملة في الفيزياء النووية القديمة والحديثة منها:

Tabelle

	kpm	erg	Ws	eV	cal	kWh
1 kpm	1	$9{,}81 \cdot 10^{7}$	9,81	$6{,}12 \cdot 10^{19}$	2,34	$2{,}72 \cdot 10^{-6}$
1 erg	$1{,}02 \cdot 10^{-8}$	1	10^{-7}	$6{,}24 \cdot 10^{11}$	$2{,}39 \cdot 10^{-8}$	$2{,}78 \cdot 10^{-14}$
1 Ws	0,102	10^{7}	1	$6{,}24 \cdot 10^{18}$	0,239	$2{,}78 \cdot 10^{-7}$
1 eV	$1{,}63 \cdot 10^{-20}$	$1{,}6 \cdot 10^{-12}$	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$	1	$3{,}83 \cdot 10^{-20}$	$4{,}45 \cdot 10^{-26}$
1 cal	0,427	$4{,}19 \cdot 10^{7}$	4,19	$2{,}61 \cdot 10^{19}$	1	$1{,}16 \cdot 10^{-6}$
1 kg Stein-kohle	$3{,}4 \cdot 10^{6}$	$3{,}34 \cdot 10^{14}$	$3{,}34 \cdot 10^{7}$	$2{,}1 \cdot 10^{26}$	$8 \cdot 10^{6}$	9,28

5.1.2 التأثير أو الفاعلية

من المعروف أن الجهد أو الشغل يساوي الطاقة مقسومة على الوقت L = E/t، ولكن التأثير يساوي الطاقة ضرب الوقت W = E.t، وكذلك التأثير يساوي ضرب القدرة النابضة بمسافة الطريق $W = P_p . s = mv.s$، وخاصة في جسم يتحرك على مهد دائرة، كما هي حالة تحرك دوران الإلكترون حول نواة ذرتها لدورة واحدة يساوي طول طريق الدائرة $s = 2\pi r$، والتأثير الفعال يساوي $mv.s=$، $mv.2\pi r$ في الوقت الذي $v = r\omega$ فيصبح التأثير W على الإلكترون في الدائرة يساوي المعادلة التالية:

$$W = mr^2\omega 2\pi$$

وهذا الحل يظهر لنا الفرق بين عملية نبض الإلكترون في مهد طريقها الدوار حول النواة المساوي $P_\varphi = mr^2\omega$ وتأثير فاعلية الإلكترون الدائرة والفرق بينهما يساوي 2π.

2.2 نسبية الكتلة Relativity of Masse

عامة ينسب الضوء إلى مجموعة الموجات الإلكترومغناطيسية، ومنها موجات الراديو والموجات الأقصر من القصيرة، والإشعاعات الحرارية، وكذلك الضوء غير المنظور مثل إشعاعات Reontgen، وإشعاعات غما γ ، ولكن في الحقيقة

كل هذه الإشعاعات تتوسع وتسرع في المكان الفارغ الخالي من الهواء بسرعة تساوي سرعة الضوء في الفراغ المساوية:

$$C = 299793 \text{ km/sec} = 2{,}99793.10^{+10} \text{ cm/sec}$$
$$C = 2{,}99793.10^{+8} \text{ m/sec}$$

ولكن هذه الأضواء تفترق عن بعضها البعض بصلاحية كل ضوء حسب ميزته بطول الموجة λ، والتردد frequent ν، ولحل حساب كل الموجات الإلكترومغناطسية يستعمل القانون التالي: أي سرعة الضوء تساوي التردد ضرب طول الموجة المظهر بالمعادلة التالية:

$$C = \lambda.\nu$$

وأما بما يختص بسرعة الضوء في الفراغ، فلها أهمية كبرى فإنها إحدى الثوابت الكلية المطلقة في الفيزياء. فإنها ثابتة طبيعية لبناء المادة وتخطيط الفضاء، ولذلك نشكر العالم الفيزيائي أينشتين لإيجاده النسبية النظرية التي أكدت من بعد الدارسات والاختبارات والتطبيقات في الفضاء أن سرعة الضوء في الفراغ هي آخر سرعة يستطيع جسم أو مادة أن تتحرك بها.

ولكن بدون صعوبة يستطيع طلق من مسدس يتحرك بسرعة الآلاف من الأمتار في الثانية، وكذلك الإلكترون يستطيع بسرعة دورانه حول النواة أن يتعدى الآلاف من الكيلومترات في الثانية، ولكن بما أن سرعة هذه الأجسام تتقارب من سرعة الضوء، فإنها تلاقي مقاومة من كتلها أو وزنها للتسارع لأن كتلها تكبر وتصبح أكبر وزناً أو تزداد، والجسم المتسارع فإنه بتحركه لهذا السبب يصبح متكاسلاً، مثل سيارة لما تصل سرعتها إلى آخر نقطة من تسارعها Acceleration لا تعود قادرة على التسارع، والسبب يعود هنا خاصة إلى قدرة محركها، ولكن الفرق الموجود بإطلاق صاروخ في الفضاء لا يقدر هذا بأن يصل بسرعته إلى سرعة الضوء، والسبب ليس القضية التكنولوجية بل السبب فيزيائي؛ لأن كتلة الصاروخ تتزايد بتزايد السرعة، ويصبح وزن الصاروخ فوق العادي، وحتى بارتفاع قوة محرك الانطلاق فإنها لا تجدي نفعًا لتسارع الصاروخ، وهذا يعود إلى القانون الذي يقول بأنه لا يوجد أي جسم فيزيائي يستطيع بسرعته أيًّا كانت أن يصل إلى سرعة

الضوء في الفراغ. وهذا التزايد النسبي في الكتلة بارتفاع السرعة يبقى عاديًّا في كل الحالات التكنولوجية بدون أي انتباه، وهذه البادرة أي تزايد الكتلة بتزايد السرعة تظهر في المسرعات الحديثة فإنها نقطة صعبة ومزعجة بتزايد كتل الجسيمات المتسارعة، وهذا يعود إلى المعروف بأن الجسيمة الراكدة كتلتها تساوي m_0 ، بعكس كتلة الجسيمة النابضة المتحركة m_v، وهذه تفترق عن الجسيمة الراكدة حسب السرعة، وتظهر وتكتب بالمعادلة المذكورة التالية:

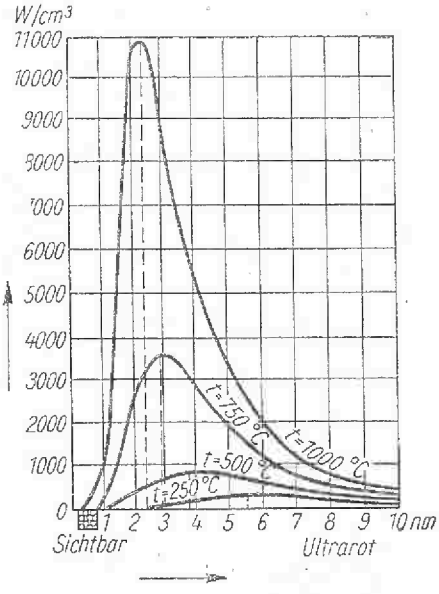
$$m_v = m_o / \sqrt{1-(v/c)^2}$$

وهنا لائحة لبعض الإلكترونات المتحركة المتسارعة ونسبية تزايد كتلهم m_v / m_o حسب تغير السرعة:

السرعة [cm/sec]	الطاقة [MeV]	نسبية تغير الكتل m_v/m_o
$5,847.10^9$	0,01	1,020
$1,682.10^{10}$	0,1	1,196
$2,821.10^{10}$	1	2,957
$2,994.10^{10}$	10	20,58

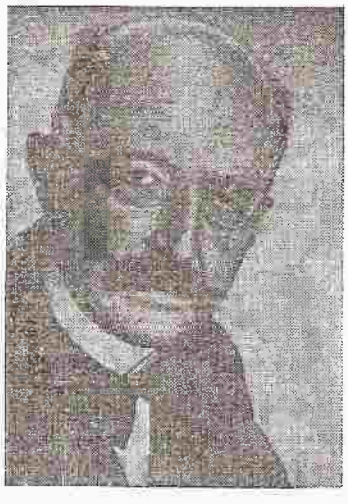
3.2 طاقة كم الإشعاع Power of Quantum ray

حتى نعرف لأي سبب كانت الذرة قادرة على إرسال إشعاعات موجات ضوئية، يجب علينا أن نتفهم القانون العام لأسباب تشعع الأجسام. ومن المعروف أن كل جسم حسب ما يعطى له من حرارة تتفاعل أو تتأرجح أو تهتز جسيماته البدائية وترسل إشعاعات تكون في البداية حرارية بطول موجات، وهذا ما نراه إذا أحمينا قطعة من الحديد ورفعنا حرارتها إلى درجة عالية، تشع أو ترسل إشعاعًا حراريًّا. ولما كانت هذه القطعة كذلك تتوهج بارتفاع الحرارة، ترسل كذلك موجات ضوء منظورة، وهذا ما يدل على أن كل حرارة لها طاقة إشعاعاتها وموجتها الخاصة، ولهذا نستطيع أن نظهر لكل موجة حرارية إشعاعها بطريقة ال Graphic بشكل منحنيات. انظر منحنى الأجسام السوداء في الشكل التالي:



الأجسام السوداء المقصود بها لمقابلتها مع الأجسام العادية أنها بنفس الحرارة ونفس المحيط تشع أو ترسل إشعاعات أعلى بكثير من الأجسام العادية.

ولإظهار قانون الإشعاع الحراري نظريًّا علميًّا، قام في ذلك الحين كثير من علماء الفيزياء جاهدين بعمل المعادلات والاختبارات لخلق منحنى يتجاوب مع علم الحرارة، ولكن هذا بقي بدون جدوى إلى أن جاء في سنة 1900 الفيزيائي Max Planck فوضع هذا العلامة معادلة مبسطة تظهر أن تأرجح أو اهتزاز جسيمات المادة الصادرة عن الحرارة ليس إلا صورة لنابض ترددي Oscillator يهتز أو يتأرجح بذبذبة محددة معروفة Frequency، تعطي طاقة صغيرة لموجات بدفعات معروفة، مثل تأرجح رقاص الساعة الصغير وهذا يعطي تأرجحًا حسب طاقة الدفع، وهذا النابض الترددي Oscillator لجسيمات المادة المهتزة يعطي أصغر طاقة موجودة إلى الآن وأسمينا هذه الطاقة البدائية طاقة الكم الصغير



Max Planck
(1858 bis 1947)

Eq=Elementary quantum energy

وهنا قال مكس بلنك أن الكم Quantum عدد كامل متمم بدون كسور. وهذا العلامة وجد

معادلته للإشعاعات الحرارية أن طاقة الكم E_q ليست إلا ضرب تردد الاهتـزازات ν، أي المقصود Frequency، بوحدة ثابتة بلنك h تعطينا الطاقة البدائيـة للكـم بالمعادلة المعروفة التالية:

$$E_q = h.\nu$$

ولهذه الطاقة أعطي في ذلك الوقت وحدة فيزيائية الerg وتأثير فاعلية عامـل مكس بلنك بوحدة الـerg تساوي..

$h = 6{,}626.10^{-34}$ J sec المساوية بوحدة الجول $h=6{,}6262.10^{-27}$ erg sec

.1 Joule = 10^{+7} erg

ولمعرفة حل الوحدات انظر لائحة الوحدات مع الجـداول الموجـودة فـي اللائحة سابقًا.

ولهذا أعطي مثلاً على ذلك لمعرفة طاقة الكم الصغيرة الموجودة فـي إشـعاع الضوء الأصفر الذي طول موجته يساوي$\lambda = 589{,}3$ nm، وتـردد اهتزازتـه ν يساوي $\nu = C / \lambda$ أي العدد التالي:

$$\nu = 3.10^{10}\ \text{cm/sec} / 589.10^{-7}\ \text{cm.sec} = 5{,}09.10^{14}.1/\text{sec}$$

وطاقة الكم لهذا الإشعاع للضوء الأصفر تساوي:

$$E_q = \nu.h = 5{,}09.10^{14}.1/\text{sec} \cdot 6{,}6262.10^{-27}\text{erg sec} = 33{,}7.10^{-13}\text{erg}$$

وحسب الوحدات الحديثة أي الحلول:

$$1\text{erg} = 10^{-7}\text{W sec and } .1\text{Wsec} = 1\text{Jule sec}$$

وطاقة الكم تساوي بوحدة الجول:

$$E_q = 33{,}7.10^{-13} \cdot 10^{-7} = 33{,}7.10^{-20}\ \text{J sec}$$

وهذه الطاقة هي أصغر طاقة كم Quantum موجودة فـي إشـعاع الـضوء الأصفر.

إن الدخول في أقسام جسم الذرة يوصلنا إلى حالتين بين Microphysics الذي هو القسم المصغر للأجسام أي الذرة، والثاني الذي يطرح استعماله فـي الفيزيـاء

الكلاسيكية للأجسام الكبيرة نسميه Macrophysics . وهذا الـ Macrophysics هو محدد إلى الـ Microphysics، وهذا الذي هنا تؤخذ حالات الكم بـه بعـين الاعتبار.

وهنا كذلك نعطي مثلاً منطقيًّا مقنعًا لتفهم موضوع قدرة الضوء وطول الموجة مثلاً:

حتى تستطيع عين الإنسان أن تميز (ترى) ضوء اللون الأزرق الـذي طـول موجته يساوي $\lambda = 500$ n.m ، يجب أن يسقط على شبكة عين الإنسان إنـزال ضوء أزرق قدرته بوحدة الواط تساوي Efficiency:

$$P = 2.10^{-18} \text{ watt}$$

السؤال:

كم فوتون Photon يجب أن يقع على شبكة العين في الثانية 1sec إذا كانـت قدرة طاقة كل فوتون تساوي المعادلة التالية؟

$$E_1 = h.\nu = h.c / \lambda$$

هنا نقول: لما في الوقت (t) يسقط على شبكة العين عدد n فوتون.. كل واحـدة من هذه الفوتونات لها قدرة الـ Efficiency تساوي المعادلة التالية:

$$P = n . E_1 / \lambda$$

ومن هذه المعادلة يشتق عدد الفوتونات اللازمة لكي ترى عين الإنسان اللـون الأزرق نظهرها بالمعادلة التالية:

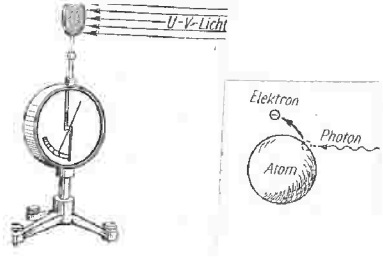
$$n = P.t / E_1 = P.t.\lambda / h.c$$

وعدد الفوتونات Photons الساقطة على العين بالثانية لرؤية الـضوء الأزرق تساوي:

$$n = 2.10^{-18}\text{w}.1\text{sec}.500.10^{-9}\text{m} / 6{,}626.10^{-34}\text{Jsec}.3.10^{8}\text{m.sec}^{-1} \approx 5$$

4.2 تفاعل الضوء والكهرباء

حتى وقت وجود نظرية الـQuantum theory، أي عملية الكم النظري العلمي، بقي الضوء بدون تأكد كموجات تتسارع مع ترددات اهتزاز، وبقية موجات الضوء تمثل الموجات على وجه الماء التي تحدث برمية حجر على وجه ماء مستنقع أو غيره. ولكن في الحقيقة بقيت مميزات واختصاصات الضوء المهمة مثل الانعكاس والانكسار والانحراف بحالتها، ولكن بدون صعوبة كذلك بقيت موجات الضوء تشابه وتماثل الموجات المنفعلة على سطح الماء، وبوجود نظرية الإرسال لنيوتن أي وجود The Emission theory، التي عرفت فأظهرت أن الضوء مؤلف من جسيمات، وهذه النظرية ألغيت ونسيت بوجود نظرية جديدة أحيت نظرية الموجات القديمة المختلف عليها، وهي نظرية Huygens المسماة بنظرية Wave theory التي أكدت في ذلك الوقت أن الضوء موجات لا غير. ولكن باكتشاف نظرية الكم لبلنك Quantum theory دخلنا إلى مرحلة جديدة من النظريات، وجاء السؤال هل من الممكن والأحسن أن نترك نظرية Huygnes أي نظرية الموجات، ونعود إلى نظرية الجسيمات لنيوتن؟ ونعترف بأن الضوء جسيمات مشعة Corpuscular elements؟ وهنا وصلنا إلى نقطة لم تعد تنفع معها التكهنات والنظريات العلمية النظرية، ولكن الاختبارات والتطبيقات الفعلية؛ وإذا عدنا في ذلك الوقت إلى العملية التجريبية لتفاعل Hallwach effect التي بينت تطبيقيًّا بطريقة الاختبار، أي أنه أخذ Electroscope، ووضع عليها لوحة من مادة حساسة للضوء amalgam Zinc ، وشحن هذا الجهاز الإلكتروسكوب سلبيًّا (–) باحتكاك قضيب من الكوتشوك الجامد في عملية عزل جيدة للآلة، لتبقى إبرة Instrument fore أي مظهر عداد الآلة جامدًا في موقعه، وعلى قدر الشحنة السلبية المعطاة يكون غير متحرك، وهنا إذا أرسلنا إشعاع ضوء عالي الجهد على اللوحة الحساسة المذكورة أعلاه، نرى مظهر العداد يعود إلى حالته الأولى – أي الصفر– قبل إعطائه الشحنة السلبية وهذه الآلة مظهرة بالصورة التالية:



وهذا ما أظهر تحت تأثير إشعاع الضوء بأن كمية من الإلكترونات التي تركت وتحررت أو خرجت من اللوحة الحساسة، وهنا من بعد الاختبارات العديدة تبين بأن طاقة الفوتو الإلكترون Photoelectron المنبعثة من المادة لم تكن منبعثة من جهد الضوء القوي وقدرته المرتفعة، بل من تردد اهتزازات الضوء Frequency. وهذا العملية قادت أينشتين إلى هذا الشرح بأن الضوء مؤلف من إشعاعات Corpuscular، سميت جسيمات إشعاعاته Photons فوتونات، وكل واحدة منها تحمل طاقة كم حسب بلنك تساوي المعادلة المعروفة التالية:

$$E_q = \nu.h$$

وبعملية تساقط هذه الفوتونات على المعدن الموجود به الإلكترونات غير المربوطة، أي الحرة، من ذرة مادة المعدن، وقدرة هذه الطاقة الصغيرة أي الـQuantum الموجودة في الضوء قادرة على أن تحرر الإلكترون من تماسكه الذري، أو قادرة على تأيين ذرة هذا المعدن، وتسمى هذه العملية الفيزيائية Photo effect.

والمقصود بها أن: "طاقة الفوتون تساوي طاقة عملية التحرر أو الانبعاث زائد الطاقة الحركية للفوتو إلكترون Photo Electron".

وهذا ما أظهر بأن عملية Photo effect لا تتم إذا كانت طاقة الكم $\nu.h$ أصغر من طاقة عملية التحرر، أو انفصال الإلكترون من المعدن. وعلى كل إذا كان هذا الإلكترون المنبعث تحرر من معدن معروف أو غيره، ولكن يبقى متعلقاً بموجة الإشعاع المشع، وهنا نرى أنه إذا كانت موجة الإشعاع مرتفعة فهذا معناه بأن تردد

اهتزازاته صغير، ولهذا السبب لا يوجد تحرر أو انبعاث للإلكترونات حتى لو كان جهد الضوء مرتفعًا جدًّا، ولكن بالعكس، يحدث تفاعل وعملية تحرر الإلكترونات من المادة لما تكون عملية التردد أو الذبذبة كافية لتحرير الإلكترون، ولهذا كذلك تحدث عملية Photo effect حتى لو كان الضوء ضعيفًا وخفيفًا ولكن ذا تردد Frequency أي ذبذبة عالية. ولكن بما يختص بعملية البث أو الانبعاث، شرح أينشتين هذه العملية ومثلها بلعبة كرة الأولاد، أي لما تطلق كرة وتتدحرج يجب أن يكون عندها على الأقل الطاقة اللازمة حتى إذا اصطدمت بكرة ثانية حرَّكتها، أو تكون طاقتها كافية لتزيح هذه الكرة المقصودة من مكانها.. وهنا نقول: وهذا ما يمثل تأثير قدرة تصادم الكم الضوئي لفهمه، وهذا لما تؤخذ بعين الاعتبار مميزات طاقة الـ Corpuscular وكتلة الجسيمة المنبعثة أي الإلكترون، ولهذا الشرح يتبع مصادر ومميزات الحساسات الضوئية والشمسية.

ومثالاً على ذلك:

استنادًا على تأثير التفاعل الكهروضوئي Light Effect، يجب على معدن Cesium المقذوف عليه الفوتونات بأن يتحرر منه فوتوإلكترونات Photoelectron، لما تكون طاقة الفوتونات الحركية الساقطة على المعدن تساوي: $E_k = 3$ eV، وقدرة طاقة الشغل لتحرير الإلكترونات تساوي$E_a = 1,8$eV .

السؤال:

1- كم يجب أن يكون الحد الأقصى لطول الموجة التي تحرر إشعاع الفوتو إلكترونات؟

2- في أي مجال أو مدى صف Seri يوجد هذا الإشعاع ..؟

الحل:

طاقة الكم تساوي طاقة الإشعاع الساقط وطاقة عملية التحرير المعطاة بالمعادلة التالية:

$$h.\nu = E_k + E_a = 3eV + 1,8\ eV = 4,8\ [eV]$$

$$\nu = E_k + E_a / h \quad c = \lambda.\nu$$

$\lambda = c/\nu = c.h / E_k+E_a$

$\lambda = c.h/E_k+E_a = 3.10^8 msec^{-1}. 6,626.10^{-34} J\ sec / 4,8.1,6.10^{-19}\ J =$

$\lambda = 2,59.10^{-7} m$

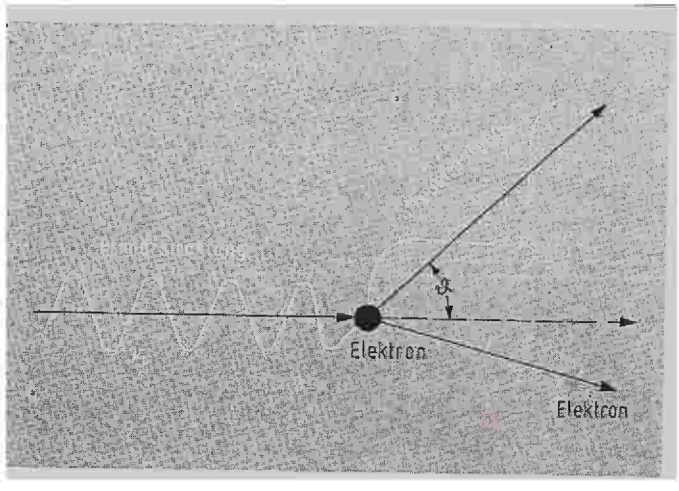
هنا وجد بأن هذا الإشعاع موجود في طيف الإشعاع فوق البنفسجيUltraviolet

5.2 تأثير فاعلية كمبتون Compton effect

وفي هذا الموضوع نعود إلى اختبار ثانٍ نظهر به أن الضوء جسيمات Corpuscle، أي فوتونات. وهذه الفوتونات لما تقذف على مادة وتصطدم بالإلكترون الحر يتحرر من المعدن فوتو إلكترون Photoelectron لما تكون الطاقة الحركية للفوتونات الساقطة تساوي الطاقة الحركية $E_k = 3eV$، وكذلك طاقة شغل التحرر $E_a = 1,8eV$ أو لما نرسل إشعاع Roentgen بموجة معروفة على الكرستال، فإن هذا الإشعاع ينحرف ويتشرد إلى عدة اتجاهات، ويقال لهذه العملية علميًّا التشرد أو الانتشار. وهذا التشرد يشرح عن طريق تغير الموجات، وليس عن طريق تردد أو اهتزاز الشعاع المتشرد الذي تردده أصغر من تردد ذبذبة الإشعاع الساقط أو المسلط، وبتضعيف هذه الذبذبة يحدث توسع زاوية التشرد. هنا جاء كمبتون الفيزيائي الأميركي واختبر في سنة 1929 هذه البادرة، أي بادرة التشرد، فوجد بالتدريج من بعد اختبارات كثيرة بأن تغير التردد ليس متعلقًا بطبيعة المادة المسلط عليها الإشعاع ولكن متعلق بجهد الإشعاع الذي يتغير بتغير الإشعاع نفسه. ولهذه القضية نظريات علمية ومعادلات عديدة تظهر عملية تأثير كمبتون، وهذه العملية سوف نشرحها بالمعادلات والشرح التابع.

لقد ذكرنا بأن عامل تأثير كمبتون هو التبادل أو التفاعل بين الإشعاع الساقط والإلكترون المنبوذ المتحرر حسب قانون التصادم، كما هو معروف في Macro Physic وهذا حسب الطاقة والنبض يسري مفعولهما، وهذا يحدث لما يسقط إشعاع

كمي ويصطدم مع الإلكترون الحر (الإلكترونات الحرة نجدها مثلاً في مادة Lithium) فإن هذا الإشعاع ينحرف عن مهد طريق مسقطه. وفي نفس الوقت يعطي قسمًا من طاقته ونبضته إلى الإلكترون المتحرر المقذوف. وإن الشرح والحل للطاقة والنبضة يعطى بالاصطلاحات التالية:



أولاً: بما يختص بحالة الطاقة قبل وبعد التصادم هنا شرحت كل عملية بحد ذاتها:

$$h\nu_p = h\nu_s + c^2(m_e/\sqrt{1-(v/c)^2} - m_e)$$

تزايد طاقة الإلكترون.. بالتصادم طاقة الإشعاع بعد التصادم.. طاقة الإشعاع قبل التصادم.

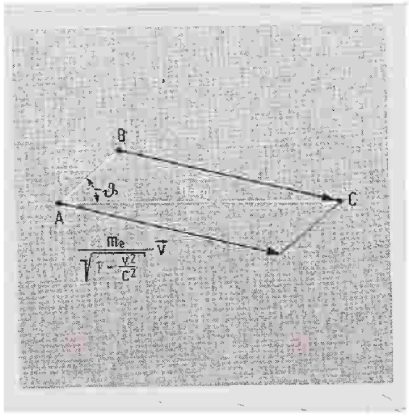
ثانيًا: وكذلك بما يختص بالنبض قبل وبعد التصادم Pulse $P_p = P_s + P_e$

$$P_p = h\nu_p/c \; ; \qquad P_s = h\nu_s/c \; ; \qquad P_e = m_e / \sqrt{1-(v/c)^2} \; . \; v$$

نبض الإلكترون بعد التصادم.. نبض الإشعاع بعد التصادم.. نبض الإشعاع قبل التصادم.

وعن عملية تجمد الطاقة أي Power carriage sediment، يتبع تردد كمبتون للتشرد الذي هو أصغر من تردد ذبذبة الإشعاع الساقط، ولكن طول الموجة أطول من طول موجة الإشعاع الأولى الساقطة، وطريقة الحل العلمية لإظهار ارتفاع

طول الموجة نأخذه عن طريق الحل التالي لـصورة المثلـث الهندسـي A B C المظهر في الشكل التالي:



ولكن في عملية حـل أو حـساب تغيـر الترددات وطول الموجـات لعمليـة عامـل كمبتون حسب المعادلة التالية:

$$BC^2 = AC^2+AB^2 - 2AC.AB.(\cos\theta)$$

وبوضع كل الاصطلاحات فـي أمكنـتهم نحصل على المعادلة التالية:

$$m_e^2/1-(v/c)^2 = (h\nu_p/c)+(h\nu_s/c) - 2h^2\nu_p\nu_s/c^2 \,.\, \cos\theta$$

وحسب عملية وقف الطاقة Power Carriage sediment يعطينا لمـا نرفـع المعادلة بالمربع المعادلة التابعة:

$$m_e^2.c^4 / 1-(v/c)^2 - 2m_e^2.c^4/\sqrt{1-(v/c)^2}+m_e^2c^4 = (h\nu_p)^2-2h^2\nu_p\nu_s+(h\nu_s)^2$$

ولما المعادلة الأولى تضرب بc^2 وتطرح من المعادلة الثانية، نحـصل علـى تحويل مبسط يساوي المعادلة التالية:

$$m_e^2c^2(c^2-v^2) / 1-(v/c)^2 - 2m_e^2c^4 / \sqrt{1-(v/c)^2}+m_e^2c^4 = 2h^2\nu_p\nu_s(\cos\theta-1)$$

ومن هذه العملية تشتق المعادلة المبسطة التابعة:

$$m_e^2c^4(c^2-v^2) / c^2-v^2 - 2m_e^2c^4 / \sqrt{1-(v/c)^2}+m_e^2c^4 = 2h\nu_p\nu_s(\cos\theta-1)$$

$$2m_ec^2(m_ec^2-m_ec^2/\sqrt{1-(v/c)^2}) = 2h^2\nu_p\nu_s(\cos\theta-1)$$

وبسبب عملية وقف تجمد الطاقة Power carriage sediment وبعملية القسمة على العدد2 نحصل على المعادلة المبسطة التالية:

$$m_ec^2(h\nu_s-h\nu_p) = h^2\nu_p\nu s(\cos\theta-1)$$

وإذا قسمنا هذه المعادلة على $-h\nu_p\nu_sm_ec$. نحصل على الحل للمعادلة التالية:

$$c(1/\nu_s-1/\nu_p) = h/m_e\,.\,c(1-\cos\theta)$$

ومنها تشتق معادلة فرق طول الموجة في الوقت الذي $c = \lambda\nu$ أو $\lambda=c/\nu$

$$\Delta\lambda = \lambda_s - \lambda_p = h/m_e c .(1-\cos\theta)$$

وهذا ما يدل على تزايد طول موجة الإشعاع الأولى الساقط المتعلق بالزاوية θ، وأن طول الموجة يكبر لما الزاوية تصبح تساوي $\theta = 180^o$، وهذا معناه كذلك بأن المعادلة تظهر أن طول الموجة $\Delta\lambda$ يتغير عن طريق طول الموجة λ_p ، أو من ذبذبة التردد ν_p ، ولكن ليس متعلقاً بالإشعاع الأول الساقط ولكن بالعامل الثابت λ_c الذي من الممكن بأن يساوي نصف مقدار تغير طول الموجة، ولهذا نسمي λ_c موجة كمبتون طول موجة الإلكترون المساوية المعادلة التالية:

$$\lambda_c = h /m_e c = 2{,}4263.10^{-12}\ m$$

وهذا العامل، أي λc، له قيمته في عملية تصادم الإشعاع الكمي الساقط والإلكترون وبتصادمها المرن يتبع تصاعد الطاقة إلى أعلى قيمها لما يكون عند الاثنين نفس الكتل، وإن عامل كمبتون يظهر لما الإشعاع الكمي حسب قانون أينشتين القائل بتساوي الطاقة والكتلة، أي أنه لما تكون الكتلة الساقطة m تساوي كتلة الإلكترون الراكدة m_e، وهذا ما نراه في هذه الحالة حسب المعادلة التالية:

$$m = h\nu / c^2 = m_e$$

ومن هذه الحالة يتبع تحويل الاصطلاحات التالية:

$$\nu = m_e c^2 / h \qquad \text{or} \qquad \lambda = c/\nu = h / m_e c = \lambda_c$$

وهذا معناه لما جسيمة من الإشعاع الكمي الساقط كتلتها مثل كتلة الإلكترون المصطدم بها، فإن طول موجة الإشعاع الساقط تساوي طول موجة كمبتون، ولهذا السبب كانت اختبارات كمبتون محددة على إشعاعات Roentgen وإشعاعات غما γ ؛ لأن طول موجة هذه الإشعاعات تقابل طول موجة كمبتون. وهذه العملية المعطاة بالمعادلة التالية تظهر لنا تغير تردد الذبذبات بالمائة لما تكون الزاوية تساوي $\theta=90^o$:

$$\Delta\lambda/\lambda_p = \lambda_c/\lambda_c = 100\%$$

ومثلاً على ذلك: إذا أخذنا ضوءًا منظورًا مثل ضوء اللون الأزرق طول موجته الضعيفة تساوي $\lambda = 4{,}8.10^{-7}$ m ، فنرى تغير ذبذبته بالمائة صغيرة جدًّا، تقريبًا غير محسوسة .

$$\Delta\lambda/\lambda_p = \lambda_c / \lambda_{blu} = 2{,}4.10^{-12}\text{m} / 4{,}8.10^{-7}\text{m} = o{,}5.10^{-5} = 5.10^{-4} \ \%$$

ومثالاً ثانيًا للتفهم أيضًا: موضوع قانون عمليات Compton

إشعاع كم طول موجته تساوي: $\lambda = 2{,}000.10^{-10}$ m ، يصادف الإلكترون الحر ويدخل معه في تفاعل، وبهذه العملية يتشرد هذا الإشعاع بزاوية قيمتها تساوي: $\theta = 90°$

السؤال:

a – كم هو طول موجة الإشعاع المتشرد؟

b – كم هي قدرة الطاقة حسب قانون Compton التي يحملها الإلكترون؟

الحل:

a – من المعروف حسب قانون Compton بأن تغير طول الموجات يساوي المعادلة التالية

$$\Delta\lambda = h/m_e c.(1-\cos\theta) \qquad \cos 90° = 0$$
$$= h/m_e c = 6{,}626.10^{-34} \text{ J sec}/9{,}1.10^{-31}\text{kg} \cdot 3.10^{8} \text{ msec}^{-1}$$
$$\Delta\lambda = 0{,}024.10^{-10} \text{ m}$$

فطول الموجة للإشعاع المتشرد تساوي:

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda = 2{,}000.10^{-10} + 0{,}024.10^{-10} = 2{,}24.10^{-10} \text{ m}$$

b–الطاقة الموجودة في الإلكترون حسب قانون Compton تساوي:

$$E = E_1 - E_2 = h.(\nu_1 - \nu_2) = hc.(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2)$$
$$E = 6{,}626.10^{-34} \text{ Js}.3.10^{8}\text{ms}(1/2{,}000.10^{-10}\text{m} - 1/0{,}024.10^{-10} \text{ m}) =$$
$$E = 1{,}18.10^{-17} \text{ J} \approx 72 \text{ eV}$$
$$1 \text{ Joule} = 6{,}12.10^{19} \text{ eV}$$

عامة ظهر لنا بأن كم إشعاع Roentgen يملك الطاقة المساوية: $E = h.\nu$ ، التي تمثل طاقة الجسيمة الصغيرة Corpuscular، أي الفوتون، وعملية التفاعل هنا تشابه تصادم كور البلياردBilliard أو فوتن مع إلكترون ذرة فتزيح هذا الإلكترون إلى جهة ما وهي كذلك، أي الفوتون، تنحرف إلى جهة أخرى وهذه الفوتون تضيع طاقة تعادل طاقة انحرافها، والطاقة الضائعة تباين ضعف الذبذبة، والطاقة الباقية بعد التصادم تساوي الطاقة: $\acute{E} = h.\nu$ أي أن المقدار الناقص يعود لمصلحة الإلكترون من بعد الاصطدام.

وهنا نشرح عملية تأثير كمبتون؛ فإنها لا تحدث إلا عندما يصطدم كم إشعاع فوتون على الإلكترون في الذرة، يضيع من تردد ذبذبته وينحرف، والإلكترون المصطدم يأخذ الطاقة الناقصة. وعملية تأثير كمبتون هي العملية المؤكدة بأن الCorpuscular تساوي طبيعة كل إشعاعات الكم من إشعاعات Roengten إلى كل إشعاعات الضوء.

6.2 كتلة كم الضوء

وحسب كل الاختبارات العلمية التي ذكرت عن إشعاعات الكم الضوئية، أي الفوتونات، تأكد لنا بأن الفوتون تملك كتلة مثل كل الجسيمات، وأظهر هذه النظرية تطبيقيًّا الفيزيائي الروسي Lebedew في سنة 1901، بأن الضوء عنده طاقة شد أو وزن، ولهذا وضع لوحة بطريقة تكون متحركة، وأسقط عليها ضوءًا من الفوتونات، ونظر بأنها تحركت متأثرة بوزن الكم الضوئي لأنها أصيبت برشة من الفوتونات الصغيرة. وفكر هذا بأخذ مكعب حجمه يساوي $1cm^3$ من هذه الرشة فيه عدد n من كم الضوء، وهذا الحجم أصدر أو أعطى طاقة كثافة تساوي الاصطلاحات n.h.m، وهذه حددت بوحدة الـ:

$$dyn.cm/cm^3 = dyn/cm^2$$

وأن ما قصد به لم يكن إلا تأثير شد أو وزن الكم الإشعاعي الموجود في المكعب على اللوحة، أي أن هذا الحجم من الكم الإشعاعي المسلط في الثانية على اللوحة بسرعة الضوء يساوي: n.C، ولكن في الوقت الذي كل وحدة منهم لها قدرة

نبضPulse تساوي المعادلة: P= m.C، أي الكتلة m ضرب سرعة الضوء. وهذا معناه هنا أنه لما تصطدم هذه الكمية الضوئية من الإشعاعات باللوحة تعطي قدرة تحدث تغير النبض المساوية بالمعادلة التالية:

$$n\,C \,.\, m\,C = n\,m\,C^2$$

وهذه القدرة ليست إلا طاقة الكم المساوية $n\,m\,C^2 = n\,h\,\nu$ أو الاصطلاحية التالية:

$$m\,C^2 = h\,\nu$$

ومن هذه العملية تشتق المعادلة التالية المعطية كتلة الكم الضوئي التي تساوي المعادلة التالية:

$$m = h.\nu / C^2$$

ولكن نعرف من قبل حسب نظرية أينشتين بأن كل جسم يتحرك بسرعة الضوء تكبر كتلته، وهذا ما نراه حسب المعادلة المعروفة التالية: $m = m_0 / \sqrt{1-(v/c)^2}$ أي لما تصبح السرعة v تساوي سرعة الضوء C، فتأخذ الكتلة قيمة تساوي $m = m_0$ أي صفرًا، ولكن حسب معادلة الكتلة المساوية:

$$m = h\nu/C^2$$

وهذه الحالة لم تقبل وتصلح علميًّا هنا نستطيع بأن نقول إن كتلة الفوتون الراكدة تساوي صفرًا $m_{0p} = 0$، ولهذا السبب نضع الفوتون في محيط الجسيمات البدائية، ونعطي لحالتها ميزة خاصة، في الوقت الذي يكون للإلكترونات والبرتونات وكل ما تبقى من الجسيمات في حالة ركودها كتل خاصة معروفة، وأما الفوتونات نستطيع أن نقول عن ميزاتها بأنها جسيمات تتماشى مع سرعة الضوء، والجسيمات الباقية حتى في عملية تسارعها إلى الآن لم تصل إلى سرعة الضوء المعروفة في الفراغ.

7.2 النسبية بين الكتلة والطاقة

إن معادلة كتلة الكم التي وجدت أعلاه $m = h\nu / C^2$، أخذت أهمية كبرى في علم الفيزياء النووي؛ وهنا بمساعدة المعادلة المعروفة لطاقة الكم: $E_q = h.\nu$

نضعها في محلها فتصبح معادلة الكتلة تساوي: $m = E_q / C^2$ في الوقت الذي تساوي الطاقة عامةE المعادلة العالمية المنسوبة إلى أينشتين المساوية المعادلة :

$$E = m. C^2$$

أي أن الطاقة تساوي نسبية كتلة المادة ضرب سرعة الضوء بالمربع .

إن هذه المعادلة النظرية التي لها قيمتها التطبيقية في كل مجالات الطاقة والكم، لها أهمية كبيرة. وكما نرى بأنها متعلقة بكم الضوء، ولكن أبانت بأنها يمكن أن تستعمل في كل عملية متعلقة بالكتلة، وكذلك أنها لم تكن إلا نظرية لنسبية الطاقة تعادلها نسبية الكتلة، وأنها خاصة معادلة غير متعلقة بالمواد أو الأجسام أيًّا كان نوعها مثل الرمل أو الحديد أو الماء، ولم تكن إلا أسسًا للعلوم التكنولوجية النووية لتفهم بأنه يمكن استعمال أصغر كتلة من المادة لربح طاقة كبيرة. وهذه المعادلة هي أول وآخر ما وجد كقاعدة أساسية للطاقة النووية. ومثالاً على ذلك باستعمال غرام مادة واحد، أي m = 1gr، يعطينا طاقة نسبية مرتفعة جدًّا E حسب حل المعادلة التالية:

$$E = m.C^2$$

$$E= 1gr . (3.10^{+10})^2.cm^2/sec^2 = 9.10^{+20} erg = 25.10^{+6} kwh$$

$$1erg = 10^{-7} W sec = 2,78.10^{-14}kwh \quad (1Wsec = 1J sec)$$

$$E = 9.10^{20} . 2,78.10^{-14} = 25.10^{+6} kwh$$

3 المبارزة بين الموجات والجسيمات Corpuscle

1.3 مبارزة الضوء

لمعرفة عملية موازنة أو توازن بين الموجات والجسيمات، ولمعرفة الحقيقة يأخذ الضوء شكل موجات متدافعة أو جسيمات Corpuscle منتشرة مبعثرة، في الوقت الذي يظهر لنا الضوء كثيرًا من ميزاته مثل الانعكاس والانحراف والتقأطب، ونستطيع بأن نعطي لكل هذه الميزات حلها وشرحها علميًّا بطريقة الحل النظري للموجات.Theory of Wave، ومن جهة ثانية نجبر من بعد معرفة التأثيرات الفيزيائية المعروفة كتأثيرات للضوء على الإلكترونات مثل تأثيرات: Photo and

Compound effect، بأن نأخذ الضوء كجسيمات Corpuscle، وهنا نرى أن عمليات تأثيرات الاثنين بحد ذاتها معقولة ومطبقة ومن المعترف به، ولكن لم نعد نعي إلا أن نعترف أن الضوء Corpuscle، كما أنه في نفس الوقت موجات وهذه الجملة بالحقيقة مستجدة لحقيقتين في نفس الوقت معترف بها علميًّا، ولكن الفيزياء الكلاسيكية تعترف وتقول بأن الضوء عنده صفة التبارز كموجة أو كجسيمات أو فوتونات أو Corpuscle .

2.3 موجات المواد Elements wave

إنه بالحقيقة غريب ما توصل إليه علم الفيزياء بتبارز الضوء بين الموجات أو الجسيمات Wave or Corpuscle، ولكن هذا لم يكن مقصورًا على الضوء والفوتونات عامة والإشعاعات الإلكترومغناطيسية وحسب، بل ولكن على كل ما يختص بالجسيمات أيًّا كان نوعها. وهنا وبمتابعة الموضوع هذا لم يكن إلا شرحًا بأن طبيعة الضوء غير محددة أي أنها تظهر كأعجوبة نسميها Phenomena، التي تبين لنا خطي تبارز بين طبيعة الضوء كموجات أو كجسيمات. وكما سبق وشرحنا ولم نقف عند نتيجة، إلى أن جاء العلامة الفيزيائي الفرنسي De Brogelie سنة 1892 – 1924 بتفكير نظري جمع الحالتين المختلف عليهما، أي أن الضوء كموجة وكذلك Corpuscle، وأدخل كذلك الإلكترونات وغيرها من الجسيمات بأن وضعها بصورة موجات، ولهذا سميت نظرية الدمج الفيزيائي هذه بموجة بروكولي، أي الموجات المادية والمقصود بها Element Wave . وهذه الموجات ليست كموجات التموج في المعدن مثل تموج الماء برمي حجر في بركة ماء، بل بنظرية تمثل جسمًا يتحرك ويملك كتلة الركود التي تساوي m_0، وهذا الجسم يتحرك بسرعة تساوي v، ولكنه يملك كذلك حسب النسبية الطاقة E ، وقدرة الـ Pulse أي النبض P المتعلقة كذلك بالكتلة والسرعة حسب المعادلة التالية:

$$E = m_0C^2 / \sqrt{1-(v/c)^2} \text{ and } P = m_0v / \sqrt{1-(v/c)^2}$$

وتابع بروكلي وأخذ ما وجده من معادلات تختص بطاقة الضوء وقدر نبض الضوء المعلقين بكم الضوء، مثلاً: $E = h.\nu$ وكذلك $P = h/\lambda$ والمعروف

$\lambda = C/\nu$ $P = m.v$ بأن هذه المعادلات تستعمل على جسيمة الـــCorpuscle المتحركة، وهذا ما نراه بتعلقهم معًا في المعادلات التالية:

$$\nu = 1/h \,.\, m_0C^2 / \sqrt{1-(v/c)^2} \text{ and } \lambda = h \,.\, \sqrt{1-(v/c)^2} / m_0v$$

وهنا نرى أن الكتلة m_0 والسرعةv موجودين تحت واقعية الموجةλ والذبذبة ν، لأن تأثير ثابتة بلنكh أوجد تماسكًا بين الموجة λ وكذلك الذبذبة ν، وأيضًا كذلك بين الكتل وسرعة الـ Corpuscle. وهنا أصبح طول الموجة λ يساوي موجة بروكولي الطويلة لكل Corpuscle، ولكن في الحالة الخاصة، أي أن سرعة الجسيمات v تصبح أبطأ من سرعة الضوءC في الفراغ. ولهذا اشتقت المعادلات التالية:

$$\nu = m_0C^2 / h \quad \text{and} \quad \lambda = h / m_0.v$$

ولكن يجب ألا يفوت عن بالنا أنه يوجد عندنا أيضًا سرعة نسميها تغير القطب، المعروفة بالسرعة U = Phase speed. والمقصود بهذه السرعة، أي سرعة الموجات التي تتماوج وتسير طورًا بشكل جبال وطورًا بشكل أودية، فأعطيت هذه بالمعادلة التالية:

$$U = \lambda.\nu = h.\sqrt{1-(v/c)^2} / m_0v \,.\, m_0C^2 / h.\sqrt{1-(v/c)^2} = C^2/v$$

فنرى هنا أن هذه السرعة تفوق سرعة الضوء في الفراغ ولكن الإلكترونات أو الجسيمات تتنقل بسرعة v وليس بسرعة التغير U، ولهذا يوجد هنا تضارب بالنسبية، ولهذا نستعمل مثلاً بقولنا: كم يكون طول موجة بروكولي لإلكترون واحد ينتقل بقدر واحد بالمائة 1% من سرعة الضوء، لما تكون سرعة الضوء تساوي $C = 2{,}998.10^{+6}$m/sec، وكذلك لما تكون كتلة الإلكترون تساوي: $m_0 = 9{,}109.10^{-31}$kg ؟ فإن طول موجة بروكولي تساوي المعادلة التالية:

$\lambda = h / m_0.C$

$\lambda = 6{,}626.10^{-34}$Jsec$/9{,}109.10^{-31}kg. 2{,}998.10^{+6}$ m/sec$= 0{,}2426.10^{-9}$ m

وهذه الموجة الطويلة لبروكولي موجودة في محيط طول موجة إشعاع Reontgen وهي ممكن معرفة مقدار وزنها وقياستها.

3.3 موجات التصادف الممكنة Probability Wave

من بعد التجارب العديدة والنظريات والمعادلات لمعرفة طبيعة الضوء، عدنا إلى الاختبار والتطبيق؛ فأخذنا طريقة التصوير، ورأينا أن جهد الضوء The Light Intensity في كل محل على لوحة الصورة يظهر بأن هذا الجهد مقياسه ووزنه ممكن Probable بالتصادف، ويدل على وجود فوتون. وهذه، أي أن عملية التصوير أكدت بأن جهد الضوء يساوي قدرة موجة الضوء، أي Wave Amplitude بالمربع المساوية: $\psi 2$.

ولهذا نستطيع أن نقول بأنه يوجد بين الموجة والفوتون ما يلي:

في محيط الإشعاع الذي ينتظر بأن يوجد به فوتون، وهذا ما أكد في توسع نموذج الموجات في المحيط المساوي تربيع جهد تعالي الموجات The Amplitude Wave = $\psi 2$ في كل نقطة أو وقت، أي أنه يستطاع ومن الممكن تصادف وجود فوتون. وهنا وصلنا بأن نقول بطريقة غير شرعية بأن موجة الضوء لما وصلت إلى هذا المكان حسب ما فكر بها بأنها جالبة معها من الممكن Probability فوتون، وهذا نسبي. ومن الممكن بتصادف وجود فوتونات في مجموع الإشعاع الساقط، ولهذا سميت هذه العملية وأعطي لها الاسم الفيزيائي العلمي الـ Probability Wave، وهذه العملية أوجدت فكرة للفيزيائيين لتعرفهم على تماشي ومعرفة كل فوتون في إشعاع ضوئي ساقط، وحتى لا يقولوا عن هذا الموضوع أكثر مما ذكر بأن التصادف النسبي The Probability لوجود فوتون في الإشعاع في الوقت والمكان لا يكون معروفاً إلا عن طريق رفع بالمربع اصطلاحة قدرة جهد موجة الضوء الساقطة المساوية: ψ^2، أي Amplitude Wave الموجودة في هذا المكان.