

القسم الثاني

ثالثاً: فيزياء نواة الذرة وطرق استعمالها

8 المواد الطبيعية المشعة The natural Radioactivity

بعد الذي رأيناه في دراساتنا في الأقسام السابقة الخاصة بالإلكترونات في غلاف الذرة، وبمتابعة دراسات مميزات غلاف الذرة وتحرك الإلكترونات في هذا الغلاف حول نواة الذرة؛ أصبح عندنا لذلك فكرة عن الذرة وغلافها وشيء مبسط عن نواتها. وهنا نريد أن نتعمق في دراسة نواة الذرة قبل أن ندخل في المواضيع التابعة لها حتى نستطيع أن نتفهم كل ما يختص بالذرة عامة وغلافها وكذلك نواتها وهو المهم، ومنها النقاط التالية:

1 - الشحنة الكهربائية لنواة الذرة:

إن نواة الذرة تملك شحنة كهربائية إيجابية Positive، وقيمة هذه الشحنة عدد صحيح كامل وهذه الشحنة التي نسميها الشحنة الكهربائية البدائية والتي تساوي القيمة التالية المعروفة والتي وجدت وحسبت سابقاً:

$$e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

وتابعاً لذلك، إن عدد الشحنات الإيجابية البدائية للنواة نعطيها كذلك اسم Z، أي العدد النظامي الذي يساوي عدد الإلكترونات في غلاف الذرة، وهذا العدد الذي أثبت النسبية الكيميائية للذرة، وكذلك هذا العدد النظامي Z يساوي عدد بروتونات نواة الذرة.

2 - كتلة نواة الذرة:

إن نواة الذرة لها كذلك كتلة m تساوي كتل جسيمات الذرة أجمع نسميها كتلة الذرة، والتي سبق وتكلمنا عنها في قسم إيجاد الحل لكتلة الذرة، وهذه تحتوي على أحجار بناء الذرة التي نسميها Nucleon وهي البروتونات والنيوترونات. ونسمي

هذا القسم عدد الكتل A أو العدد الذري، وهذا يساوي عدد النيوترونات مجموعة مع العدد النظامي Z المساوي المعادلة التالية:

$$A = N + Z$$

3 - رموز الذرة:

الرمز الكيميائي للذرة يساوي الحرف X .. ZX^A والشكل هذا يمثل رمز الذرة؛ فالحرف الموجود في أعلى الحرف X نسميه عدد الكتل الذرية A والحرف الموجود في أسفل الحرف X نسميه العدد النظامي Z.

4 - حجم نواة الذرة:

حسب اختبارات Rutheford ظهر أن حجم نواة الذرة بالنسبة إلى الذرة صغير جداً، وأن نواة الذرة تأخذ بالحل التقريبي شكل كرة صغيرة، وهذا ما بين أن تقريباً نصف قطرها المتعلق بأعداد الكتل A يساوي:

$$r = r_0 \sqrt{A}$$

في الوقت الذي حل وحسب سابقاً، ويساوي العدد التالي:

$$r_0 = 1,42 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

5 - كثافة نواة الذرة:

وبمساعدة الحجم المعطى لنواة الذرة حسب نصف قطرها المعروف نستطيع كذلك أن نجد الكثافة بالمعادلة التالية:

$$V = 4/3 \cdot \pi r^3 \approx 4/3 \cdot \pi r_0^3 \cdot A$$

إن كثافة نواة الذرة ρ حسب المعادلة المعطاة للكثافة، تساوي الكتلة مقسومة على الحجم كما حل وحسب سابقاً:

$$\rho = m/v = m_p / 4/3 \cdot \pi r^3 \approx 1,4 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

في الوقت الذي

$$m_p = \text{الكتلة الراكدة للبروتون} \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

=v حجم البروتون

$$r_p = \text{نصف قطر البروتون} \approx 1,42.10^{-15} \text{ m}$$

1.8 اكتشاف الراديوم

في سنة 1896 اكتشف الفيزيائي الفرنسي (1908-1852) H.A Becquerl مادة ملح اليورانيوم Uranium، الذي من مميزاته في ذلك الوقت أنه يشع إشعاعاً غير منظور وبدون انقطاع، وقدرة كثافة أو حدة هذا الإشعاع تخرق الغلاف الحافظ للوحات التصوير المصنوعة من مادة Silver bromide المغلفة والمحجوزة عن الضوء وشعاع الشمس.

ولكن إشعاعات ملح اليورانيوم سودت هذه الأغلفة، وكذلك هذه الإشعاعات أُيِّنت الهواء وجعلته ناقلاً للتيار الكهربائي وكذلك عندها قدرة تفريغ المخزن الكهربائي Capacity ويعود فضل وجود هذه المادة المشعة وما اكتشف واشتق منها إلى الزوجين Curie. (1906-1859) Pierre Curie وخاصة زوجته Marie Curie (1934-1867) اللذين ثابرا على الاختبارات واكتشفا في سنة 1898 مادتين مشعتين من مواد ملح اليورانيوم الطبيعية التي وجدت في النمسا في منطقة Böhme. . وقسم من هذه المواد المشعة يملك قدرة إشعاع وهو يشبه عنصر اليورانيوم. وأعطى له اسم Polonium تقديراً للزوجة ماري التي يعود أصلها إلى بلاد بولونيا Poland. والمادة الثانية تشع بقدرة تساوي أكثر من 10.000 مرة قدرة الأولى أي Polonium، وهذا العنصر المكتشف الجديد من نوعه بقدرة الإشعاع المنبعث منه سمي Radium .

وظهر بأن هذا المعدن، أو بالأحرى العنصر الذري، وجوده قليل في الطبيعة. وهو من العناصر المشعة النادرة غير الثابتة Unstable، ومن الممكن أن يوجد منه في العالم أجمع ما يعادل أو يقرب من 1500 غرام فقط.

2.8 مميزات وخواص تحويل المواد المشعة

مميزات هذه المواد المشعة التي سميت Radio Activity سوف نشرحها بالنقاط التالية :

1 - إن هذه المواد المشعة لا يمكن تقوية حدة إشعاعاتها أو خفضها حتى ولو عن طرق:

- الحرارة أو الضغط ولا حتى عن طريق المعالجة الكيميائية.

2 - هذه العناصر المشعة، فإنه من تكوينها أن حرارتها تبقى أعلى من حرارة المحيط الموجودة به، فإن غراماً واحداً من هذه المواد يعطي الحرارة المساوية:

$$Q = 575 \text{ Joule}$$

ملحوظة: هذه الميزة إلى الآن لا يوجد لها شرح أو تفسير علمي مقنع.

3 - من المميزات المهمة للمواد المشعة التي اكتشفت من بعد الاختبارات على مادة الراديوم:

- أنه لما نضع ربطة الإشعاع الصادرة عن الراديوم في حقل مغناطيسي، يعطينا هذا الاختبار صوراً ظاهرة معنية لثلاثة إشعاعات وهي: α . β . γ .

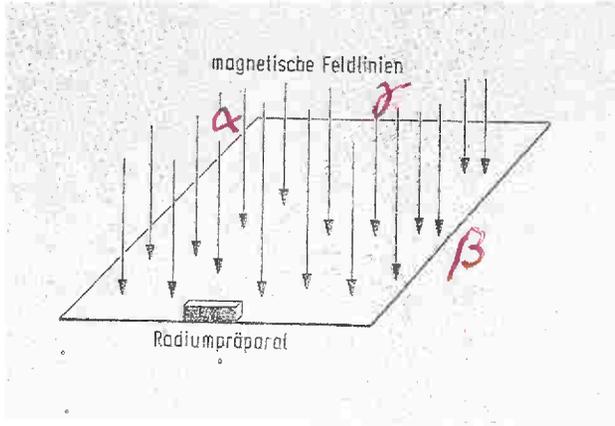
A - منها إشعاعات الرزمة الأولى انحرفت قليلاً في الحقل المغناطيسي إلى الشمال وتملك الشحنة الإيجابية، ونسميها إشعاعات α .. وبعد الاختبارات ظهر بأن هذه الإشعاعات لم تنشق أو تبعث إلا من ذرة نواة الـ Helium التي تملك العدد النظامي $Z=2$ ، وعدد الكتل أو العدد الذري يساوي: $A=4$ ، والرمز الذري يساوي: $2\alpha^4$.

إنتاج جسيمة ألفا: مثال على ذلك: لإنتاج جسيمة من عنصر الـ
 $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\alpha + ^{222}_{86}\text{Rn} = \text{Radium}$

وتدل هذه العملية الإشعاعية على بعث جسيمة ألفا من عنصر الراديوم؛ فإن هذا العنصر أضعاف من العدد الذري A أربع وحدات، ومن العدد النظامي Z وحدتين، وهذا ما يثبت اضمحلال عنصر الراديوم الذي تحول إلى عنصر جديد اسمه . Radon

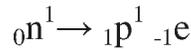
B - أما رزمة الإشعاع الثاني المواجه للإشعاع الأول في الحقل المغناطيسي، فقد انحرفت بشدة بعكس إشعاع α إلى اليمين. وبعد الاختبارات والتجارب ظهر بأن

هذا الإشعاع يملك شحنة سالبة e^- ، ولم يكن إلا جسيمات إلكترونات سريعة سرعتها تقارب 90% من سرعة الضوء في الفراغ وسمي هذا الإشعاع إشعاع β .

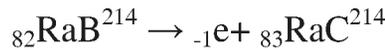


إنتاج جسيمة بيتا مثلاً على ذلك لإنتاج جسيمة β

لتفهم عملية إنتاج β ، أي إعطاء نواة الذرة جسيمة بيتا، أي إلكترون، نحن نعرف أن النواة لا تملك إلا بروتونات ونيوترونات وليس إلكترونات، ولكن لإنتاج جسيمة β يجب أن يتحول النيوترون إلى بروتون، ومن هذا التحول ينبعث أو ينشق الإلكترون حسب المعادلة التالية:



بعملية بث جسيمة β يزداد على العدد النظامي Z للعنصر واحد، وعدد الكتل أو ما يقال عنه أيضاً الوزن الذري A يبقى على حاله بدون تغيير، مثلاً:



ملحوظة: في عمليات β ، α تظهر معها عامة إشعاعات γ ، وهذه لم يكن لها أية صلة بعمليات تحويل نواة الذرة.

C - أما رزمة الإشعاع الثالثة التي لم تتحرف إشعاعاتها في مسار الحقل المغناطيسي سميت إشعاعات غاما γ وهذا ما يدل على أن هذه الإشعاعات مؤلفة من موجات إلكترومغناطيسية لها نفس مميزات إشعاعات Roentgen بموجاتها

القصيرة، وهذه الإشعاعات بصفاتها موجات إلكترومغناطيسية والتي لا تملك أية شحنة كهربائية إيجابية أو سلبية، لا يؤثر عليها الحقل المغناطيسي.

وحتى ندخل في دراسة نواة الذرة، وخاصة مميزات نواة الذرة، فإن هذه الدراسة تختلف كثيراً عما وجدناه في الدروس السابقة والمتعلقة بغلاف الذرة.

فدراسة نواة الذرة استغرقت وقتاً طويلاً لتفهمها، ولكي يتوصل العلماء لمعرفة الشيء القليل عنها وهنا نذكر بعض النقاط الواجبة للتعلم في أبحاث النظريات العلمية والاختبارات التطبيقية لنواة الذرة:

1 - أولاً التعمق في بناء نواة الذرة.

2 - موضوع مهم عن طرق تصنيع المواد المشعة المصنعة غير الطبيعية بعمليات قذف أو إطلاق جسيمات على نواة الذرة التي يجب تصنيعها كعنصر اصطناعي مشع. وهذه الجسيمات المقذوفة لتعمل مفعولها في نواة الذرة يجب أن يكون عندها طاقة حركية وسرعة عالية لعمل هذا التفاعل المنتظر.

3 - نقطة مهمة في تصنيع المواد المشعة يجب على هذه العناصر المصنعة أن تثبت إشعاعات تماثل أو تعادل إشعاعات المواد الطبيعية المشعة.

4 - ومن الصعوبات التي وجدت في انشطار الذرة، من الجهتين النظرية والتطبيقية، في المواد ذوات النواة الثقيلة لانشطاراتها إلى قسمين عن طريق القذف بجسيمات تكون موافقة ومساوية لعملية الانشطار.

5 - وفي النهاية، وكذلك ما وجد من صعوبات نظرية وتطبيقية حتى يومنا هذا لانصهار الذرة، وهذا العلم خاصة أجبرنا للتعلم في بناء أحجار نواة الذرة .

ولهذا نتابع الدراسات اللازمة لهذه العلوم عن طريق النظريات والاختبارات النموذجية والتطبيقات العلمية بشروح مبسطة مع أمثلة منطقية معطاة.

8 . 3 العمر النصفى وثابتة الاضمحلال

من المعروف عامة أن نوى ذرات العناصر المشعة تضمحل مع الوقت وهي غير مستقرة، ولهذا نقول ونتساءل هل يوجد في الطبيعة بعدُ عناصر مشعة؟ نقول نعم يوجد!

والسبب في بقاء هذه العناصر في الطبيعة وعدم اختفائها نهائياً أو اضمحلالها للأبد، يعود إلى أن هذه المواد لا تضمحل دفعة واحدة بل تضمحل بالتتابع؛ أي أن نوى ذراتها تضمحل الواحدة بعد الأخرى. وعملية الاضمحلال هذه لا يوجد لها قاعدة، ولا يمكن تحديد وقت بدء الاضمحلال؛ مثلاً نواة ذرة الراديوم من الممكن أن تعيش مئات الألوف من السنين، كما أنها من الممكن أن تضمحل بدقيقة واحدة وتكون نهايتها عن طريق بث جسيماتها أو إشعاعاتها المعروفة بإشعاعات α .

لدرجة أنه من الصعب أن نعطي فكرة عن حياة اضمحلال فردية لكل نواة ذرة، ولذلك نترك هذا الاضمحلال لقوانين الاحتمال بالإمكانية، أي Possibility .

لنأخذ مثلاً: عندنا غرام واحد من الراديوم 1gr ، الذي يعيش حسب الدراسات والحلول النظرية والاختبارات 1590 سنة، وبعد هذه المدة تضمحل نصف نوى ذراته وبعدها نسال: متى وفي أي وقت من بعد ذلك يضمحل نصف القسم الباقي من نوى ذراته المتفاعلة؟ وهلم جرا إلى ما لا نهاية .. وهنا أعطينا لهذا الوقت اسم: الاضمحلال النصفى المتتابع تلقائياً.. أي اسم العمر النصفى المساوي $T_{1/2}$.

ولتحديد هذه العملية نستطيع أن نعبر عنها بشكل مختلف ولكن بنفس المعنى، فنقول: في كل وحدة من الوقت يضمحل قسم صغير معين من الكمية الباقية من نوى ذرات العنصر التي لا تزال متفاعلة، وهذا القسم أو الكمية الصغيرة التي اضمحلت نسميها ثابتة الاضمحلال λ لهذه المادة التي تضمحل وهذا ما نقصده بأن ثابتة الاضمحلال λ هي قسم صغير من أي كمية كانت موجودة من أساس المادة NO من نوى ذرات العناصر التي تضمحل بوحدة الوقت، وهذا ما يقابل قانون الحل الحسابي Mathematical Low الذي يقول إن عدد النوى المعروفة ΔN

التي اضمحلت في الوقت Δt تساوي نسبياً Proportion الكمية الموجودة الباقية N ، ولهذا أعطيت المعادلة التالية:

$$\Delta N / \Delta t = - \lambda N$$

وهنا نقول: إن λ لم تكن إلا عاملاً نسبياً لعمليات الاضمحلال والتي نسميها ثابتة الاضمحلال Decay Constant وإذا كتبنا هذه المعادلة على الشكل التالي:

$$\Delta N / N = -\lambda dt$$

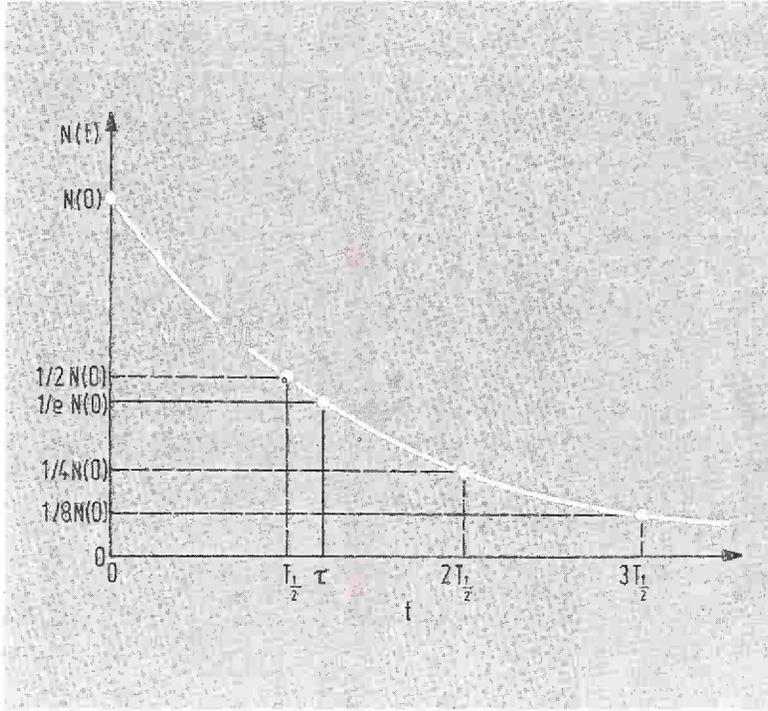
التي نسميها معادلة القانون الأساسي للاضمحلال الإشعاعي الموجودة عن طريق شكل التفاضل، أي الـ Differential Equation، التي تحدد وقتاً طويلاً غير معروف للاضمحلال. وحتى نعرف وقت الاضمحلال يجب أن نحدد تكامل هذه المعادلة التفاضلية عن طريق التكامل Integral من الوقت المساوي صفراً مع الجسيمات $N(0)$ ، إلى الوقت t ، مع الجسيمات $N(t)$ المساوي المعادلة التالية:

$$\int_{N(0)}^{N(t)} \frac{\Delta N(t)}{N(t)} = - \lambda \int_0^t dt = \ln(t) - \ln(0) = - \lambda t$$

وهنا نبسط هذا الحل بالطريقة التالية: $N(t) / N(0) = e^{-\lambda t}$ ، أي أن المعادلة تصبح تساوي الشكل التالي:

$$N(t) = N(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

وهنا المقصود في $N(0)$ القيمة الأساسية لنوى المادة الموجودة سابقاً، وكذلك بالاصطلاحية $N(t)$ القيمة الباقية بعد مرور الوقت (t) ، وهذه المعادلة حددت القانون الأساسي للاضمحلال عناصر ومواد الإشعاعات الذرية عامة Radioactive Element، وهذا القانون حسب المعادلات التي سبقت أنزل بشكل منحنى كما في الشكل التالي:



والحرف λ أعطي له اسم ثابتة الاضمحلال كما سبق وذكرنا. ونقول بأن هذه الثابتة تتغير قيمتها بتغير المواد المشعة، وقيم هذه الثابتة يمكن أن نجدها عن طريق الاختبار. ووحدات هذه الثابتة تعطى بالثانية والساعة واليوم والسنة. وكذلك أنه في مكان ثابتة الاضمحلال في كثير من الحالات، يتميز المواد المشعة تستعمل عبارة العمر النصفى $T_{1/2}$. وهنا نفهم بالعمر النصفى الوقت الذي يبقى فيه نصف العدد الموجود من نوى المادة المشعة. وحتى نتعرف على تعلق العمر النصفى مع ثابتة الاضمحلال لمادة مشعة نذهب من وقت نسميه الوقت t_1 الموجودة به الذرات بقيمة $N(t_1)$ والذي يساوي المعادلة التالية :

$$N(t_1) = N(0) \cdot e^{-\lambda t_1}$$

فإنه بعد مضي الوقت $T_{1/2}$ ، أي الوقت النصفى، يصبح الوقت يساوي $t_1 + T_{1/2}$ وهذا ما يدل على أن عدد الجسيمات اضمحلت إلى النصف ($1/2$)، ولذلك تعطى بالمعادلة التالية:

$$1/2 \cdot N(t_1) = N(0) \cdot e^{-\lambda (t_1 + T_{1/2})}$$

ومنها كذلك تشتق المعادلة التالية

$$e^{-\lambda t_1} = 2.e^{-\lambda(t_1 + T_{1/2})}$$

وعن طريق الحل الـ Logarithm نحصل على المعادلة التالية التي منها تشتق قيمة العمر النصفى $T_{1/2}$:

$$\lambda t_1 = \text{Ln}2 - \lambda(t_1 + T_{1/2}) . (\text{Ln } e = 1) -$$

$$T_{1/2} = \text{Ln}2 / \lambda = 0,6931 / \lambda$$

وهذه المعادلة تظهر أن العمر النصفى للعنصر أو المادة المشعة غير متعلق بعمر هذا العنصر؛ ولكن متعلق من أي نقطة وقت بدأ العمر النصفى.

ولتفهم موضوع الاضمحلال نعطي الحل المبسط بالمثل التالي:

عندنا غرام واحد 1 gr Radium من مادة الراديوم التي هي غير ثابتة .Unstable

يجب أن نعرف كم نواة ذرة تضمحل من قيمة هذه المادة في الثانية؟

أولاً يجب أن نعرف كم نواة ذرة توجد في غرام واحد من مادة الراديوم

$$N = N_A / A = 6,023.10^{23} . 1\text{gr} / 226\text{gr} = 2,67.10^{21}$$

ثانياً يجب أن نجد ثابتة الاضمحلال λ وحسب قانون الاضمحلال تساوي

المعادلة التالية:

$$\lambda = 0,6931/T = 0,6931/ 1590.365.86400 = 1,382.10^{-11} \text{ 1/sec}$$

أما عدد النوى التي اضمحلت في الثانية من غرام راديوم واحد تساوي الحل التالي:

$$N.\lambda = 2,67.10^{21} . 1,382.10^{-11} = 3,68.10^{10} \text{ nucleon}$$

ملحوظة: عدد الذرات المضمحلة هذه $3,68.10^{10}$ تساوي هنا وحدة 1 Curie.

$$N_A = \text{يساوي عدد أفوكدرو Avogadro} .$$

$$A = \text{يساوي الوزن الذري أو عدد الكتل للراديوم} .$$

ولدراسة حالات ومميزات العناصر المشعة نستعمل كذلك العمر الوسطي τ لمعرفة العدد الوسطي لحياة مادة العنصر المشع أو أيًا كان من الأشياء، يجب أولاً إيجاد قيمة حياة كل الجسيمات الموجودة والكمية تنقسم على عدد الجسيمات، أو بالطريقة العلمية الحسابية المساوية Analog .

$$\tau = \int_0^{\infty} \frac{1}{N(t)} N(t) e^{-\lambda t} dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \left| -\frac{1}{\lambda} \cdot e^{-\lambda t} \right|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda}$$

وبعد الحل لهذه المعادلة وجدنا أن حياة العمر الوسطي τ لحياة مادة العنصر المشع تساوي ثابتة الاضمحلال λ متبادلة بالعكس، أي $\tau = 1/\lambda$ ومثالاً على ذلك نعطي الحل التالي:

كم بالمائة من مادة مشعة Nuclide يبقى منها بعد ثلاثة أضعاف وقت مضي عمرها الوسطي τ ؟

$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t} \quad \lambda = 1/\tau \quad \text{and} \quad t = 3\tau$$

$$N(3\tau) = N(0) e^{-3\tau/\tau} = N(0) e^{-3}$$

والكمية المطلوبة بالمائة تساوي المعادلة التالية:

$$P = N(3\tau) / N(0) \cdot 100\% = 1/e^3 \cdot 100\% \approx 5\%$$

وفي هذا الموضوع يوجد عدة أسئلة منها: كم ذرة من المادة المشعة بعد مضي وقت العمر الوسطي τ لم تضمحل ؟

وهنا بعد قانون الاضمحلال العام نعطي الجواب بالمعادلة التالية:

$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t} = N(0) e^{-1} = 1/e N(0)$$

وهنا كذلك نستطيع حسب قانون الاضمحلال للمواد المشعة المعروف استعماله

لعمليات تفاعل الـ Radiology، أي المقصود به التفاعل Radiology Activity نكتبه بالشكل التالي ويعطينا المعادلة التالية:

$$A = - \Delta N / \Delta t = \lambda N$$

ما يعادل النسبية التالية: $A(t)/A(0) = N(t)/N(0)$

ومنها يشتق قانون الاضمحلال المستعمل في قضايا ال Radiology بالمعادلة

التالية:

$$A(t) = A(0) e^{-\lambda t}$$

في الوقت الذي يساوي:

$$t = 0 \text{ = التفاعل ال Radiology في الوقت } A(0)$$

$$t \text{ = التفاعل ال Radiology في الوقت } A(t)$$

$$\lambda = \text{ثابتة الاضمحلال.}$$

والمقصود بتفاعل ال Radiology مع الوقت، لم يكن لإقياسات أو أوزان قيم

عدد إشعاعات نواة الذرة.

إن ما وجدناه في القسم السابق عن قانون الاضمحلال لعدد الذرات $N(t)$ التي

بقيت بعد وقت مضى، أنه في عدد من حالات هذا الوقت يولد أو ينشق من نوى

ذرات هذه العناصر أولاد نسميهم بنات نواة الذرة $D(t)$ ، بالاسم Atom

Daughter تحت مكنون الظن والتكهن بأن هؤلاء البنات لم يضمحلن، ونعطينهن

المعادلة التالية:

$$D(t) = N(0) - N(t)$$

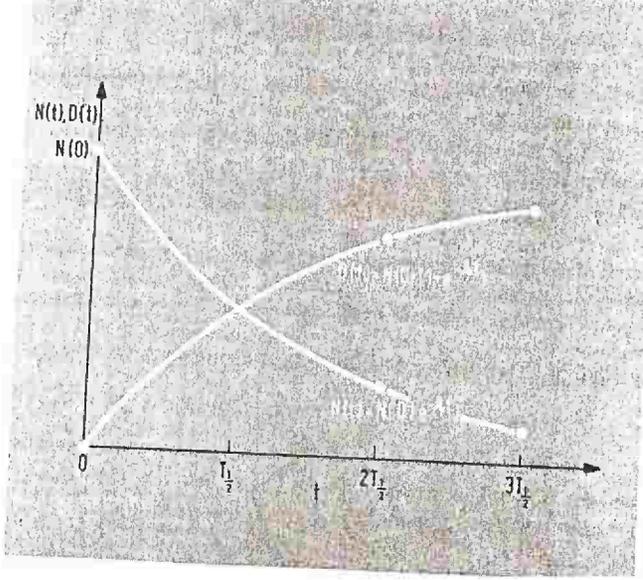
$$N(t) = N(0) e^{-\lambda t}$$

ومن المعادلتين بوضع الاصطلاحية $N(t)$ في مكانها، تشتق المعادلة الخاصة

ببنات الذرة المساوية المعادلة العويصة التالية:

$$D(t) = N(0) \cdot (1 - e^{-\lambda t}) = N(t) \cdot (e^{-\lambda t} - 1)$$

وفي شكل المنحنى التالي:



يظهر العدد الباقي من النوى الأولية، وكذلك عدد النوى التي انشقت أي بنات الذرات كعامل $D(t)$ Function (t) للوقت t وهذا التعلق بين الأم والبنات يصعب حله لأنه عويص أي صعب جداً؛ وهذه الصعوبة سببها أن البنات نفسها لم تضمحل بل تنشع. وهذه الحالة نجدها

في الطبيعة، وهذه العملية التفاعلية من انشقاق واضمحلال نسميها صفوف المواد المشعة أو عائلة المواد المشعة. ولشرح هذا الموضوع نعطي عدة أمثال لاضمحلال المواد المشعة في القسم التالي:

8 . 4 صفوف المواد المشعة القابلة للاضمحلال

لقد توصلنا إلى أن العناصر الطبيعية المشعة في حالة الاضمحلال يشتق منها عناصر جديدة، وهذه العناصر المشتقة الجديدة تكون مشعة وكذلك تضمحل بالتتابع أو تلقائياً، وطرق هذا الاضمحلال أسميناها الاضمحلال بالتعاقب أو عائلة العناصر المشعة. وعملية صفوف الاضمحلال بالتتابع هذه تنتهي مرة واحدة عندما يصبح هذا العنصر الموجود غير مشع.

يوجد أربعة صفوف مختلفة للاضمحلال منها ثلاثة من الإنتاج الأخير الثابت Stable مثل الرصاص، في حين أن المادة الرابعة منهم مادة Wismut.

إن الصفوف الأربعة للاضمحلال نجدها مع الشرح المفسر المبسط في الصورة التالية:

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchen- energie in MeV			
				α	β	γ	
Uran	$^{238}_{92}\text{U}(\text{AcU})$	$7,1 \cdot 10^8 \text{ a}$		4,56	—	γ	
Thorium	$^{234}_{90}\text{Th}(\text{UY})$	25,6 h		—	0,30	γ	
Protactinium	$^{234}_{91}\text{Pa}$	$3,4 \cdot 10^4 \text{ a}$		5,05	—	γ	
Actinium	$^{227}_{89}\text{Ac}$	13,5 a (α) 22,0 a (β)		4,94	0,046	—	
Thorium	$^{227}_{90}\text{Th}(\text{RdAc})$	18,2 d		5,97	—	γ	
Francium	$^{223}_{87}\text{Fr}(\text{AcK})$	22 min		5,3	1,15	γ	
Radium	$^{226}_{88}\text{Ra}(\text{AcX})$	11,6 d		5,7	—	γ	
Astatin	$^{219}_{85}\text{At}$	0,9 min		6,27	β	—	
Radon	$^{219}_{86}\text{Rn}(\text{An})$	3,92 s		6,82	—	γ	
Wismut	$^{215}_{83}\text{Bi}$	8 min		—	β	—	
Polonium	$^{215}_{84}\text{Po}(\text{AcA})$	$1,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}$		$5 \cdot 10^{-4}\%$ $\approx 100\%$	7,36	β	—
Astatin	$^{215}_{85}\text{At}$	10^{-4} s		8,00	—	—	
Blei	$^{214}_{82}\text{Pb}(\text{AcB})$	36,1 min		—	1,4	0,6	
Wismut	$^{214}_{83}\text{Bi}(\text{AcC})$	2,15 min		0,32% 99,68%	6,62	0,75	γ
Polonium	$^{214}_{84}\text{Po}(\text{AcC}')$	0,52 s		7,43	—	—	
Thallium	$^{207}_{81}\text{Tl}(\text{AcC}'')$	4,78 min		—	1,45	γ	
Blei	$^{207}_{82}\text{Pb}(\text{AcD})$	∞		—	—	—	

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchen- energie in MeV			
				α	β	γ	
Plutonium	$^{241}_{94}\text{Pu}$	13 a		—	0,02	γ	
Americium	$^{241}_{95}\text{Am}$	458 a		5,48	—	γ	
Neptunium	$^{237}_{93}\text{Np}$	$2,2 \cdot 10^6 \text{ a}$		4,79	—	γ	
Protactinium	$^{233}_{91}\text{Pa}$	27 d		—	0,26	γ	
Uran	$^{233}_{92}\text{U}$	$1,6 \cdot 10^5 \text{ a}$		4,82	—	γ	
Thorium	$^{229}_{90}\text{Th}$	$7,3 \cdot 10^3 \text{ a}$		4,85	—	0,20	
Radium	$^{225}_{88}\text{Ra}$	14,8 d		—	0,32	0,04	
Actinium	$^{225}_{89}\text{Ac}$	10 d		5,82	—	γ	
Francium	$^{223}_{87}\text{Fr}$	4,8 min		6,30	—	γ	
Astatin	$^{217}_{85}\text{At}$	0,018 s		7,02	—	—	
Wismut	$^{213}_{83}\text{Bi}$	47 min		96% 4%	5,9	1,39	γ
Polonium	$^{213}_{84}\text{Po}$	$4 \cdot 10^{-6} \text{ s}$		8,34	—	—	
Thallium	$^{209}_{81}\text{Tl}$	2,20 min		—	1,99	γ	
Blei	$^{209}_{82}\text{Pb}$	3,3 h		—	0,62	—	
Wismut	$^{209}_{83}\text{Bi}$	$2 \cdot 10^{17} \text{ a}$		—	—	—	

وكذلك في لوائح الاضمحلال التالية:

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchen- energie in MeV		
				α	β	γ
Uran	$^{238}_{92}\text{U}(\text{UI})$	$4,51 \cdot 10^9 \text{ a}$		4,19	—	0,05
Thorium	$^{234}_{90}\text{Th}(\text{UX}_1)$	24,1 d		—	0,19	0,10
Protactinium	$^{234}_{91}\text{Pa}(\text{UX}_2)$	1,14 min		—	2,3	0,80
	$^{234}_{91}\text{Pa}(\text{UZ})$	6,66 h		—	1,55	—
Uran	$^{234}_{92}\text{U}(\text{UII})$	$2,5 \cdot 10^5 \text{ a}$		4,77	—	γ
Thorium	$^{230}_{90}\text{Th}(\text{Io})$	$8 \cdot 10^4 \text{ a}$		4,68	—	0,24
Radium	$^{226}_{88}\text{Ra}$	1620 a		4,78	—	0,19
Radon	$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,8 d		5,48	—	0,51
Polonium	$^{218}_{84}\text{Po}(\text{RaA})$	3,05 min		6,00	β	—
Astatin	$^{218}_{85}\text{At}(\text{RaB}')$	1,3 s		6,63	—	—
Blei	$^{214}_{82}\text{Pb}(\text{RaB})$	26,8 min		—	0,7	0,35
Wismut	$^{214}_{83}\text{Bi}(\text{RaC})$	19,7 min		5,50	3,2	1,8
Polonium	$^{214}_{84}\text{Po}(\text{RaC}')$	$1,637 \cdot 10^{-4} \text{ s}$		7,68	—	—
Thallium	$^{210}_{81}\text{Tl}(\text{RaC}'')$	1,32 min		—	1,96	2,36
Blei	$^{210}_{82}\text{Pb}(\text{RaD})$	19,4 a		—	0,018	0,047
Wismut	$^{210}_{83}\text{Bi}(\text{RaE})$	5,0 d		4,96	1,17	—
Polonium	$^{210}_{84}\text{Po}(\text{RaF})$	138,5 d		5,30	—	0,8
Thallium	$^{206}_{81}\text{Tl}(\text{RaE}''')$	4,2 min		—	1,51	—
Blei	$^{206}_{82}\text{Pb}(\text{RaG})$	∞		—	—	—

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchen- energie in MeV		
				α	β	γ
Thorium	$^{232}_{90}\text{Th}$	$1,39 \cdot 10^{10} \text{ a}$		4,0	—	0,06
Radium	$^{228}_{88}\text{Ra}(\text{MsTh}_1)$	6,7 a		—	0,012	—
Actinium	$^{228}_{89}\text{Ac}(\text{MsTh}_2)$	6,1 h		—	1,55	γ
Thorium	$^{228}_{90}\text{Th}(\text{RaTh})$	1,90 a		5,42	—	0,85
Radium	$^{224}_{88}\text{Ra}(\text{ThX})$	3,64 d		5,68	—	0,24
Radon	$^{220}_{86}\text{Rn}(\text{Tn})$	54,5 s		6,28	—	0,54
Polonium	$^{216}_{84}\text{Po}(\text{ThA})$	0,16 s		6,77	β	—
Blei	$^{212}_{82}\text{Pb}(\text{ThB})$	10,6 h		—	0,34	γ
Astatin	$^{212}_{85}\text{At}(\text{ThB}')$	$3 \cdot 10^{-4} \text{ s}$		7,79	—	—
Wismut	$^{212}_{83}\text{Bi}(\text{ThC})$	60,5 min		6,09	2,27	γ
Polonium	$^{212}_{84}\text{Po}(\text{ThC}')$	$3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$		8,78	—	—
Thallium	$^{208}_{81}\text{Tl}(\text{ThC}''')$	3,1 min		—	1,79	2,62
Blei	$^{208}_{82}\text{Pb}(\text{ThD})$	∞		—	—	—

وللتوضيح:

في العمود الأول من الشمال يوجد اسم العناصر .
وفي العمود الثاني موجود رموز العناصر المشعة المعطى اسمها في العمود الأول .

- وفي العمود الثالث معطى العمر النصفى $T_{1/2}$ لهذه العناصر .
- وفي العمود الرابع نجد إشعاعات الجسيمات المشتقة من المواد .
- وفي العمود الأخير نجد قيم طاقات هذه الإشعاعات $\alpha . \beta . \gamma$.

1 - اضمحلال صف العناصر Uranium Radium Seri

صف اليورانيوم والراديوم أخذ اسمه من عنصر مادة اليورانيوم $^{238}\text{U}_{92}$ الأساسية وما يشتق منها بعد الاضمحلال الكامل، والمادة الناتجة الأخيرة هي الرصاص $^{206}\text{Pb}_{82}$ ، والعدد الكتلي لهذه الصفوف المضمحلة من نوع $(4n+2)$ في الوقت الذي العدد n عدد كامل طبيعي.

2 - صف اضمحلال عنصر ال Thorium Seri

العنصر الأساسي هو عنصر التورويم $^{232}\text{Th}_{90}$ ، والعنصر المشتق النهائي هو الرصاص، وعدد الكتل أو الوزن الذري لصف هذا الاضمحلال هو $4n$ ، ويسمى هذا صف $4n$ Seri .

3 - صف الاضمحلال للعناصر ال Uranium Actinium

العنصر البدائي الأساسي اليورانيوم $^{235}\text{U}_{92}$ ، وهنا بعض العناصر المشتقة عدد كتلها أو الوزن الذري لصف الاضمحلال يساوي $(4n+3)$ ، وهو من $4n+3$ Seri .

4 - صف اضمحلال عنصر ال Neptunium

العنصر البدائي الأساسي ال $^{241}\text{Pu}_{94}$ ، والعنصر الأخير الناتج منه عنصر $^{209}\text{B}_{83}$.

وهذا الصف Seri اكتشف في المدة الأخيرة، ولم يعرف من قبل لأن هذا العنصر مات واختفي من الأرض لأن عمره النصفى لم يتعد $2,1.10^6$ a سنة من عمر الأرض المساوي 10^9 a سنة والعناصر المشتقة من هذا العنصر وجدت تصنيعياً. وهذا الموضوع سوف نتكلم عنه في قسم جديد لاحقاً

8 . 5 البقية من أعضاء عائلة العناصر المشعة

بوجود واضمحلال العنصر Neptunium، والذي كان العنصر الأخير من مجموعة العناصر المشعة القابلة للاضمحلال، وهذا ما دل على أن كل صفوف الاضمحلال كانت ملك الذرات التي لها عدد الكتل أو الوزن الذري من نوع $4n+1$ والتي نقول عنها من Seri $(4n+1)$ ، فأكثرية هذه العناصر طبيعية مشتقة، وكمية إشعاعاتها صغيرة، وهنا نذكر ما هو مهم لمعرفة ميزاتها:

1 - كل المواد المشعة التي وجدت في الطبيعة تثبت إشعاعات أي تشع وتعطي إشعاعات منها: $\alpha . \beta . \gamma$.

2 - ولكن بعضها يبث إشعاعات α وكذلك إشعاعات β .

3 - في عملية بث إشعاعات ألفا α أو إشعاعات بيتا β دائماً يرافقها إشعاعات γ

4 - ونعرف من هنا أن العناصر أو المواد تثبت إشعاعات α أو إشعاعات β ، ولكن عندما يكون البث من إشعاعات α وإشعاعات β وكذلك في نفس الوقت إشعاعات γ ؛ يجب أن يكون هذا العنصر المشع خليطاً من عدة عناصر.

ملحوظة: بإعطاء كمية كم من إشعاع Quantum γ ناتجة من نواة الذرة فهذه العملية تغير حالة الطاقة لا غير ولا تغير طبيعة نواة الذرة.

وقيمة الطاقة المعطاة أو الناتجة للاضمحلال غرام واحد من عنصر الراديوم في غضون الاضمحلال، في الوقت الذي 1590 أو 1620 سنة تساوي تقريباً:

$$E = 10^9 \text{ Joule}$$

وكذلك لتحويل غرام واحد من الراديوم إلى معدن الرصاص يلزمنا طاقة تساوي:

$$E = 1,4.10^{10} \text{ Joule}$$

8 . 6 توازن المواد المشتقة

لنفترض أن عدنا قطعة من عنصر اليورانيوم الخام مدفونة من ملايين السنين في داخل الأرض، وعندها كل صلاحيات التفكك للاضمحلال، ولكن بوجود الأم الوالدة لها التي تعطي للبننت في كل لحظة ذرة جديدة، وعلى هذه الحالة من الإعطاء والمساندة فإن هذه الابنة تحيا عن طريق إعطاء المادة اللازمة للتوازن مع الأم.

وإذا لم توجد هذه المساندة بالعطاء من الأم، فإن هذه الابنة تضمحل نهائيًا، وهذا القول يعاكس الخبرة هنا يجب أن نعرف نسبية كمية العنصر المشع بين الأم والبننت.

ولهذا السبب نفكر بالحل التالي:

إذا كانت ثابتة الاضمحلال للعنصر الأم تساوي λ_1 تضمحل من المادة الأساسية N_1 ، في وحدة الوقت $N_1 \lambda_1$ ، وكذلك نفس العملية عند الابنة $N_2 \lambda_2$ ، ولهذا تقبل وتصبح المعادلة تساوي $N_1 \lambda_1 = N_2 \lambda_2$ وبمساندة معادلة العمر الوسطي τ الذي يعادل بتبادل ثابتة الاضمحلال، وتعطى للنسبة المعادلة التالية:

$$N_1 / N_2 = T_1 / T_2$$

وهذا ما يفسر أو يشرح لنا توازن كمية نوى الذرات الموجودة عند البننت والأم، ونسميها العمر النصفى للبننت والأم، ولكن إذا عدنا إلى كتلة عنصر الأم التي تساوي في الحقيقة m_1 ، وهي كذلك تساوي فيزيائيًا: $m_1 = N_1 \cdot A_1$.

$$m_2 = N_2 \cdot A_2$$

فإن النسبية بين الاثنتين تساوي المعادلة التالية:

$$m_1/m_2 = N_1 A_1 / N_2 A_2 = T_1 A_1 / T_2 A_2$$

وكمية توازن كتل المواد بالنسبة لكمية البننت تساوي المعادلة التالية:

$$m_2 = m_1 \cdot T_2 \cdot A_2 / T_1 \cdot A_1$$

وهذا القانون يصلح للتوازن الدائم بين الأم والابنة للمادة أو العنصر الخام الموجود منذ آلاف السنين في جوف الأرض.

ولكن فالذي نجده دائماً في حالة وجود عنصر أو مادة أم مشعة انشقت حديثاً ومنها اشتق عنصر الابنة، وهي كذلك مادة مشعة قابلة للاضمحلال، فإن العدد B لنوى الابنة يرتفع في البداية، وبعد ذلك ينخفض لأن هذه الابنة المشعة تضمحل كذلك لأنها من نوى الأم ولم تعد تلقي مساعدة، فإذا كانت كمية نوى الأم A_t في الوقت t، فإن عدد نوى الابنة التي لم تعد تلقي مساعدة من الأم تساوي المعادلة التالية:

$$B = \lambda_A / \lambda_B - \lambda_A \cdot A_t (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t})$$

وهذه العملية من بعد الوقت الأعظمي المتعالي t_{max} وصل عدد نوى B إلى عدد مرتفع جداً، وكذلك نسبة التوازن بين الأم والابنة نعبّر عنها بالمعادلة التالية:

$$t_{max} = \text{Ln } \lambda_B / \lambda_A / \lambda_B - \lambda_A$$

مثالاً على ذلك إذا أخذنا عنصر ال Thorium B الذي ولد حالياً، وعمره النصفى الحالي يساوي $T = 10,6 \text{ a}$ الذي يشتق منه عنصر البنت Thorium C، عمره النصفى المساوي بالدقيقة $T = 60,5 \text{ min}$.

السؤال: بعد كم من الوقت ممكن اشتقاق أكبر كمية من عنصر Th.C؟

احسب معادلة الوقت التي ذكرت سابقاً، أي t_{max} يجب قبل الحل معرفة قيم λ_B and λ_A

$$\lambda_B = 0,693/60,5 = 0,01154.1/\text{min} \quad \lambda_A = 0,693/635 = 0,00109.1/\text{min}$$

وبوضع هذه القيم في معادلة الوقت الأعظمي المتعالي t_{max} نحصل على الحل التالي:

$$t_{max} = 2,3 \log 1145/109 / 0,01145 - 0,00109 = 3,78 \text{ h}$$

ونسبوية تعادل النوى بين الأم والابنة يساوي حل المعادلة التالية:

$$N_A/N_B = T_A/T_B = 60,5 / 636 = 1/10,5$$

ولتحديد عمر الجيولوجيات والأثرية القديمة أو عمر الأرض أو غيره، ما علينا إلا أن نقول: إذا افترضنا معرفة التركيب الابتدائي للمادة القديمة بمعرفة النوى الموجودة عن طريق تحليل عينة من هذه. وإذا كانت بعض النوى مشتقة من مادة معروفة، نستطيع تقدير عمر العينة بتحديد تركيبها في الوقت الحاضر. بطريقة إعطاء العمر النصفى للمادة حسب المعادلة التالية $N/N_0 = e^{-\lambda t}$ ، أو بالمعادلة المساوية التالية $t = \text{Ln}(N/N_0) / \lambda$. ولكن لسوء الحظ لا نعرف $N_0 = ??$ ولكن حسب التحديد في المسألة التالية نشرح طريقة مبسطة لنجد عملية لحل وجود ما لا يوجد.

مثلاً: إن نظير الفحم C^{14} مشع، ويساوي عمره النصفى $\tau = \text{Ln} 2 / \lambda = 5730$ y وأما عنصر الفحم C^{12} فهو مستقر ثابت. وكانت نسبة C^{12} إلى C^{14} في البداية تساوي العدد $8,3 \cdot 10^{11}$ ، وهذه النسبة زادت بعد فترة وقت t فأصبحت تساوي: $9,1 \cdot 10^{12}$.

والمطلوب تحديد هذه الفترة من الوقت t .

الحل:

نفترض بأن N_{12} هو العدد النووي أو الذري A للعنصر C^{12} الذي كان موجوداً في الأصل، وبما أن هذا النظير مستقر ثابت إذن عنده نفس عدد النوى بعد مضي وقت أو فترة t وهنا للحل نأخذ نسبة C^{12} إلى C^{14} ، أي نسبة المادة البدائية إلى المادة النهائية الموجودة حالياً، فنجد أن العدد الذري البدائي N_0 للنوى C^{14} كان يساوي القيمة $8,3 \cdot 10^{11} / N_{12}$ ، والعدد النهائي للنوى C^{14} الموجود حالياً يساوي القيمة التالية $9,1 \cdot 10^{12} / N_{12}$ ، إذن حسب المعادلة:

$$N/N_0 = 8,3 \cdot 10^{11} / 9,1 \cdot 10^{12} = 0,0912 = e^{-\lambda t} \quad \text{or}$$

$$0,0912 = e^{-\lambda t} \quad \text{and} \quad \text{Ln} 0,0912 = -2,39 = -\lambda t$$

العمر النصفى يساوي $\tau = 5730$ y، ولمعرفة ثابتة الاضمحلال λ نأخذ المعادلة المعروفة التالية:

$$\tau = \text{Ln} 2 / \lambda \quad \text{and} \quad \lambda = 0,693 / 5730 \text{y} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/y [t]}$$

$$- 2,39 = - 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1/y$$

$$t = 2,39 / 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1/y = 19,9166 \cdot 10^3 \approx 20 \cdot 10^3 [y]$$

وهذه الطريقة بمساعدة عنصر الـ C^{14} المشع فإنها تستعمل خاصة لمعرفة أعمار الأشياء ما بين 50 000 سنة إلى 100 000 سنة؛ لأن هذا النظير المشع لا يعمر أكثر من 5730 سنة وهذا ينطبق على أعضاء الإنسان والحيوان والنبات وعلى كل ما هو على قيد الحياة ويوجد منه في الطبيعة تقريباً 80000 طن ويضمحل بمقدار 16 ست عشرة عملية اضمحلال في الدقيقة.

ولمتابعة طرق معرفة العمر لقد طرقتنا عملية نظير الفحم المشع الـ C^{14} المشتق من النظير المستقر C^{12} ، الطريقة الخاصة لمعرفة العمر من مليون سنة. والطريقة الحديثة التالية لمعرفة أعمار الأشياء والمواد الموجودة من أكثر من مليون سنة تتطرق من النقطة التالية:

فنعقول: إذا كان هناك شيء N_0 يملك في بدء وجوده في ذراته عدداً محدداً من النوى المشعة وهذا عن طريق قانون اضمحلال المواد المشعة والمقصود به معرفة الوقت t اللازم للاضمحلال وكم تبقى من نوى مشعة في ذرات هذا الشيء المطلوب معرفة عمره ؟ حسب المعادلة المعروفة التالية:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

وهنا حسب معادلة قانون الاضمحلال أصبح الحل غير ممكن، لأننا لا نستطيع بأن نحدد عدد النوى $N(0)$ لهذا الشيء وقت نشأته بأي طريقة كانت، ولكن من الممكن معرفة عدد النوى لهذا الشيء الموجودة به في الوقت الحاضر عن طريق تحليل عينة صغيرة من مادة هذا الشيء القديم، ويمكن معرفة عدد نوى الابنة $D(t)$ بعد مسار الوقت t ولهذا أعطيت المعادلة التالية:

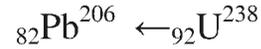
$$D(t) = N(0) - N(t) = N(t) \cdot (e^{-\lambda t} - 1)$$

وعن طريق هذه المعادلة نستطيع بأن نحدد وقت نشأة هذا الشيء أو العنصر القديم.

$$t = 1 / \lambda \cdot \text{Ln}.D(t) + N(t) / N(t)$$

ومثالاً على ذلك: معرفة عمر الرصاص المشع أو الابنة الموجودة حالياً التي انبثقت من اضمحلال عنصر اليورانيوم 238، أي $N(0)$.

والمعروف علمياً وتطبيقياً بأن الابنة المشتقة أو المنبثقة $D(t)$ من بعد اضمحلال نظير اليورانيوم الأساسي U^{238} أصبحت نظير الرصاص $^{206}Pb_{82}$ حسب المعادلة التالية:



وكذلك تنبثق الابنة $^{207}Pb_{82}$ من العنصر $^{235}U_{92} \rightarrow ^{207}Pb_{82}$

ولمعرفة الوقت t للرصاص 206 نملي المعادلة السابقة حسب ما كتبت بالقيم التالية:

$$t = 1/\lambda(U238) \cdot \ln D(Pb206) + N(U238) / N(U238)$$

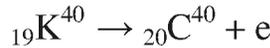
$$\lambda(U238) = \text{ثابتة اضمحلال عنصر اليورانيوم 238.}$$

$$D(Pb206) = \text{عدد النوى الموجودة في عينة اليورانيوم 238.}$$

$$N(U238) = \text{عدد النوى الموجودة في عينة الرصاص الحاضر 206.}$$

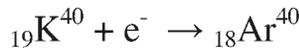
ومن عناصر الرصاص واليورانيوم الموجودة تؤخذ عينات للتحليل علمياً وتطبيقياً، وعن طريقة تحليل الكمية Quantity analyze نوجد عدد النوى المطلوبة من عينة اليورانيوم، وكذلك من الرصاص غير العادي بل الرصاص 206، وهذه الطريقة تستعمل لمعرفة عمر العناصر والنظائر القديمة جداً. ولكن لمعرفة عمر البشرية تؤخذ طريقة نظير الـ Kalium.

أو بالأحرى Kalium- Argon، وعن هذه الطريقة المتبعة المعطاة بالمعادلة التالية:



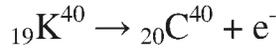
يتبع الحل لما يلتقط عنصر الـ $^{40}C_{20}$ الإلكترونات من عنصر الـ $^{40}K_{19}$ بقيمة

معروفة تساوي 11% بالمائة لعملية إنتاج نظير Argon حسب المعادلة التالية



وعن طريق الحل السابق وجد عمر البشرية عن طريق وجود بقايا إنسانية في شرقي القارة الأفريقية في المتحجرات Human Fossils البركانية، ثم تحليل بعض عينات من هذه البقايا عن طريق مادة الكاليوم المشعة الموجودة في جسم الإنسان، حدد عمر وجود البشرية مما يقارب 1,75 مليون سنة. ولذلك نعطي الحل للمثل التالي:

نفترض أن شخصاً عادياً وزنه 70 kg، موجود في جسمه 0,170 kg من عنصر أو نظير الكاليوم $^{40}_{19}\text{K}$ ، منهم قسم غير مستقر يساوي 0,012%، ولكن ذرات نظير الكاليوم هذه غير المستقرة أو غير الثابتة تضمحل بمقدار 89% حسب المعادلة التالية:



وإذا كان العمر النصفى لهذا النظير، أي الكاليوم يساوي $T = 1,3 \cdot 10^9 \text{a}$ ، وقسم من هذا النظير، أي 11% بالمائة يؤخذ عن طريق النقاط الإلكترونية التي أنتجت من عنصر الـ Argon حسب المعادلة التي ذكرت في البداية.

يأتي السؤال: كم هو عدد عمليات الاضمحلال وكذلك عدد عمليات النقاط الإلكترونية في الثانية في جسم هذا الشخص إذا كان وزن مادة الكاليوم في هذا الشخص تساوي:

$$m = 170 \text{ gr} + 0,012 \cdot 10^{-2} = 2,04 \cdot 10^{-2} \text{ gr}$$

لمعرفة عدد الذرات الموجودة في كمية $2,04 \cdot 10^{-2} \text{ gr}$ كاليوم تساوي حسب المعادلة التالية:

$$N = N_A/A = 6,023 \cdot 10^{23} / 40 \cdot 2,04 \cdot 10^{-2} = 3,07 \cdot 10^{20} \text{ Atom}$$

وعن طريق معادلة الاضمحلال التالية نجد عدد النوى التي تضمحل:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N \Delta t = -\text{Ln}2/T \cdot N \Delta t \quad \lambda = \text{Ln}2/T$$

$$\Delta N = 0,963 \cdot 3,07 \cdot 10^{20} \text{sec} / 1,3 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 50 \cdot 60 \text{sec} \approx 5000$$

فإن عدد عمليات الاضمحلال في الثانية من 89% بالمائة تساوي:

$$5000 \cdot 89\% \approx 4450$$

وكذلك عدد التقاط الإلكترونات في الثانية من 11% بالمائة يساوي:

$$5000.11\% \approx 550$$

7.8 وحدات التفاعل الإشعاعي ووحدات الجرعة الإشعاعية

حتى نستطيع تحديد حدة إشعاعات العناصر المشعة، والكمية الإشعاعية المشتقة من غرام واحد من هذه المواد مع معرفة تفارق مميزات هذه المواد المشعة المختلفة، نقول حسب ما وجدنا وتعمقنا في دراسات التفاعل لعدة مواد إن حدة إشعاعات هذه المواد المشعة متعلق أولاً:

بكم عملية اضمحلال تحدث في الثانية؟

وهذا الاضمحلال في الوقت لم يكن إلا وزناً أو مقياساً لتفاعل اضمحلال المادة.

ومثال على ذلك ما ظهر وحسب في القسم 3-8 العمر النصفى وثابتة الاضمحلال.

كم ذرة تضمحل من غرام واحد من عنصر الراديوم؟ أو كم عملية اضمحلال في الثانية؟ ولهذه العملية وجد العدد قديماً بين $3,68.10^{+10}$ nucleon ولكن الحل الجديد يساوي القيمة $3,71.10^{+10}$ نواة ذرة في الثانية وسميت وحدة هذا المقياس في ذلك الوقت ال Curie = Ci.

$$1 \text{ Curie} = \text{Ci} = 37.10^{+9} \text{ n} \quad 1 \text{ Bq} = 37.10^{+9} .1/\text{sec}$$

ولهذا نعطي الأمثلة التالية:

1 - كم هي الكمية بوحدة ال Curie لتفاعل اضمحلال عنصر مشع والذي لا يوجد به خليط من مواد أخرى، إذا كان هذا العنصر يبعث كل ثانية إشعاعات أو جسيمات β التي تساوي تقريباً 500 جسيمة في كل ثانية؟

وللحل نأخذ عن طريق تبسيط قاعدة أو عملية التثليث لوجود العدد المفقود x

نأخذ المعادلة التالية:

$$3,71.10^{10} / 1 = 500 / x$$

$$x = 500 \cdot 1 / 3,71 \cdot 10^{10} = 135 \cdot 10^{-10} \text{ Curie Ci}$$

2 - كم Curie يوجد في 100 gr من عنصر اليورانيوم المشتق حديثاً من مادة أوكسيد اليورانيوم (U_3O_8)، وزنه بوحدة Mol تساوي $3.238 + 8.16 = 842$ إذا كان قسم اليورانيوم يساوي $3.238 = 714$ ؟ وهنا نريد أن نعرف كم هي كمية اليورانيوم الموجودة بهذا الخليط والتي سوف نجدها عن طريق قاعدة التثليث بالمعادلة التالية:

$$824/714 = 100/x \quad \therefore x = 84,8 \text{ gr Uranium..(UI)}$$

عدد الذرات الموجودة 84,8 gr من عنصر اليورانيوم تساوي في الوقت الذي عدد الكتل لهذا العنصر يساوي $A_u = 238$

$$N_u = NA / A_u = 6,023 \cdot 10^{23} / 238 = 3,146 \cdot 10^{23} \text{ Atoms}$$

إذا كان العمر النصفى لهذه المادة يساوي $T = 4,5 \cdot 10^9 \text{ a}$ ، فإن ثابتة الاضمحلال تساوي المعادلة التالية:

$$\lambda = 0,6931/4,5 \cdot 365 \cdot 46400 = 1/2,053 \cdot 10^{17} \cdot 1/\text{sec}$$

وكمية الاضمحلال في الثانية تساوي المعادلة التالية:

$$N_u \cdot \lambda = 3,146 \cdot 10^{23} \cdot 1 / 2,053 \cdot 10^{17} = 1,045 \cdot 10^{6} \text{ Atoms}$$

وكمية الاضمحلال هذه تعادل بوحدة الكوري Curie:

$$1,045 \cdot 10^6 / 3,7 \cdot 10^{10} = 0,28 \cdot 10^{-4} = 28 \mu\text{Ci}$$

لقد ذكرنا سابقاً بأنه لتحديد قدرة أو حدة الإشعاعات أخذت عملية الاضمحلال، وعلماً بأنها متعلقة بعدد الذرات التي تضمحل بالثانية من غرام واحد من عنصر الراديوم كوحدة لوزن أو قياس الإشعاعات وكمية هذه الإشعاعات في حالة التأين في الهواء أو في مادة حيوية. ولعمل هذا التأين يلزمنا في سنتم مكعب هواء أو ماء أو مادة حيوية شحنة إلكتروستاتيكية قدرة طاقتها تساوي 32,5 eV، وأعطينا لعملية التأين هذه اسم: الجرعة أي الـ Doses، وهذه الجرعة شرحت علمياً، أي أن الجرعة تساوي النسبة بين شحنة الإشعاعات الصادرة التي تقوم بعملية التأين في الهواء الجاف غير الرطب بدرجة 0° ، الموجود تحت ضغط يساوي 1013 mbar،

وكذلك كتلة المادة المقذوف عليها القابلة لعملية التأين في الوقت ..t، ويؤخذ لهذه العملية حجم هواء صغير كتلته تساوي Δm ، وقدرة شحنة الإشعاعات الساقطة تساوي ΔQ ووحدة التأين تساوي المعادلة التالية:

$$I = \lim_{\Delta m \rightarrow 0} \cdot \Delta Q / \Delta m$$

وهذا التحديد Limit $\Delta m \rightarrow 0$ يعطى لأن عمليات التأين لم تكن متساوية، بل تنتقل من نقطة إلى أخرى وأعطى لوحدة التأين هذه من بعد قانون القياسات والأوزان وحدة Coulomb مقسومة على الكتلة المساوية المعادلة التالية:

$$I = C/kg$$

وهنا يتبع إعطاء وحدات الجرعة بالتتابع قديماً وحديثاً، ومنها الوحدات القديمة التي ذكرت مسبقاً: Roentgen Curie Bq وهذه مساوية:

$$1.R = 258\mu C.1/kg = 258.10^{-6} .C/k.gr$$

$$1.C/kg = 3895,97 Roengten (C= in Coulomb)$$

وأما الوحدات الحديثة تعطى:

$$1rad = 1cGy = 10^{-2} J/kg$$

$$1Gy = 100 rad$$

$$1rem = 10^{-2} J/kg$$

$$1J/kg = 100 rem$$

ما معنى جرعة ؟

ولتفهم هذا نعرف كيف وجدت الجرعات

المعروف علمياً بأنه لتأين ذرة من جزيئة هواء air Mol يلزمنا قدرة إلكتروستاتيكية فعالة تساوي $3,33.10^{-10}$ Amp ، ولمعرفة عدد الأيونات الموجودة في سنتم مكعب هواء نقسم قدرة هذه الشحنة على قيمة الكهرباء الواجبة لإنتاج الأيونات المطلوبة حسب المعادلة التالية:

$$3,33.10^{-10} A / 1,602.10^{-19} Asec = 2,08125.10^{+9} Ion$$

كيف وجدت القيمة الكهربائية الصغيرة ؟ من المعروف أنه لتأين غرام ذرة هواء يلزمنا طاقة كهربائية تساوي 96,489 Coulomb ، وهذه مقسومة على دالة أفوكدرو N_A المساوية $N_A = 6,023.10^{+23}$ ، حسب المعادلة توجد القيمة التالية:

$$96,489 \text{ Coulomb} / 6,023.10^{+23} = 1,602.1^{-19} \text{ Asec}$$

لقد سبق وذكرنا أن الطاقة الإشعاعية الواجبة لخلق أيون في الهواء تساوي 32,5 eV ، ولذلك فإن الطاقة الواجبة لتأين $2,0812.10^9$ Ion تساوي بوحدات ال eV حسب الحل التالي:

$$32,5\text{eV} \cdot 2,08125.10^9 = 6,7640.10^{10} \text{ eV} \quad (1\text{eV} = 1,6.10^{-12} \text{ erg})$$

$$6,7640.10^{10} \text{ eV} \cdot 1,6.10^{-12} \text{ erg} = 107,84.10^{-3} \text{ erg}$$

ولكن هذه الكمية الموجودة في حجم سنتم مكعب هواء ولمعرفة كتلتها بوحدة الغرام تعطى حسب الحل التالي:

$$1\text{cm}^3 \text{ air} = 1,28.10^{-3} \text{ gr}$$

لتأين هذه الكمية من الهواء أو الماء أو مادة حية يلزمنا طاقة إشعاعية بوحدة ال erg غرام تساوي: حسب المعادلة التالية

$$107,84.10^{-3} \text{ erg} / 1,28.10^{-3} \text{ gr} = 84,25 \text{ erg}$$

وكذلك نستطيع أن نعطي القيم بالوحدات التالية: Joule W sec eV

$$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ Wsec}$$

$$1\text{Wsec} = 1 \text{ Joule}$$

$$1 \text{ Joule} = 10^{+7} \text{ erg}$$

$$1 \text{ erg} = 2,24.10^{+11} \text{ eV}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ erg}$$

9 الإشعاعات الذرية Radio Active Ray

مما ذكرناه قبلاً عن المواد الطبيعية المشعة علمنا أنها ليست الوحيدة، ولكن يوجد المئات غيرها من المواد المشعة المصنعة، ولهذا السبب فإنه من الضروري

التفهم والتعمق في دراسة ميزاتهم وصفاتهم الفيزيائية، وكذلك كمية الإشعاعات التي تبث منهم.

هذه الإشعاعات أو الجسيمات حينما تخرق المادة تخسر قسماً من طاقتها أو بالأحرى طاقتها الكاملة، وتضعف كذلك حدثهم على عمق من المادة المقذوفة منها، ولا يحدد لهم وزن أو قياس. وهذه الإشعاعات بدخولها أي مادة كانت تحدث بينها وبين المادة تفاعلات نذكر منها النقاط التالية:

1 - هذه الإشعاعات أو Corpuscle تتحرك في المادة الماصة أو مادة الهدف بعملية تفاعل مع المادة بدون توقف، ولكنها بعملية التفاعل هذه أضاعت من طاقتها في إلكترونات غلاف ذرة المادة، وكذلك في نواتها، ولكن هذه الجسيمات المشعة تكبح Brake Action حسب سمك المادة. ولكن عدد جسيمات هذه الإشعاعات المتفاعلة يبقى كما هو ولكن تضعف. ونتيجة لهذه التفاعلات تنتج إشعاعات ثنائية تترك المادة، وما تبقى في المادة من عملية التفاعل نسميه عملية الامتصاص Absorption Action .

2 - هذه الإشعاعات وكذلك إشعاعات الكم Quantum Ray بتفاعلها أو بتصادمها مع نوى المادة تحرف وتفقد من طاقتها، أو تتطاير في كل الاتجاهات وعملية التفرق هذه نسميها عملية التشتت Scatter Action.

3 - وكذلك هذه الإشعاعات ومنها إشعاعات الكم Quantum Ray في تصادمها مع إلكترونات المادة تترك أو تبقى بدون تفاعل، وهذه العملية نسميها عملية الامتصاص الكامل أو ما نسميه Pure Absorption .

وفي كل الحالات فإن المسار الفيزيائي لهذه النقاط السابقة لم يكن واضحاً لأن تضعيف عملية الإشعاع في عمليات التفاعل يجب أن يدرس بتعمق، وكذلك مثل التفاعلات الثنائية في غلاف الذرة، وكذلك في نواتها يجب كذلك أن تدرس لأنه ليس من الممكن احتواء كل شيء من الإشعاعات والتفاعل في المواد الماصة، ولهذا

ننتقل إلى نقطة رابعة تابعة لهذه النقاط الأولية وهي عملية تفاعل مهمة كذلك بين الإشعاعات والمواد نسميها عملية التأين المعروفة بالـ Ionization .

ولشرح أو تبسيط هذه العملية نقول إن عملية تأين ذرة أو جسيمة مادة ليست إلا إبعاد إلكترون أو أكثر من غلاف ذرة مادة الهدف، أو من مجموعة الجزيئات Mol الموجودة في هذه المادة.

أما الإشعاعات القادرة على عملية التأين نرى أن الأغلبية منهم فوتونات الكم من الإشعاعات السينية، أو إشعاعات Roentgen أو كذلك من إشعاعات الـ Corpuscle .

وكذلك يحدث التأين عن طريق إشعاعات ألفا α ، أو عن طريق الجسيمات المعروفة التالية الـ Neutron ..Proton ..Positron إلخ.

وهذه الإشعاعات التي تقوم بعملية التأين في المواد الحية تخلق أضراراً بالصحة مما يقود إلى الموت المحتم، وهذا يعود إلى نوعية التأين Specifically Ionization، كما يعود إلى نوعية الإشعاعات أو الكم الإشعاعي. وهذه الحالة نعطيها اسم التأين النوعي Is المساوي العملية التي تنتج في المادة المقذوف عليها الجسيمات أو إشعاعات الكم، عدد مزدوج من وحدات الأيونات Δn وهذه الكمية مقسومة على مسافة مسار طريق الخرق والتفاعل في المادة المعطاة Δs تعطي المعادلة التالية:

$$I_s = \Delta n / \Delta s$$

وهذا التأين يملك كثافة I_d وهذه الكثافة لم تكن إلا قسمة وحدات الأيونات المزدوجة Δn على وحدة الوقت Δt ، وكذلك ضرب وحدة الوقت بحجم المادة المقذوف عليها الإشعاع ΔV ، وهذه العملية تعطي بالمعادلة التالية:

$$I_d = \Delta n / \Delta t . \Delta V$$

إن قيم التأين النوعي Is وكذلك الكثافة I_d تتعلق بنوعية الإشعاعات وطاقتها، وكذلك بطبيعة المادة المقذوفة عليها أو الماصة للإشعاعات عامة، منها الإشعاعات التالية:

9 . 1 إشعاعات ألفا α

عن طريق قذف المادة بإشعاعات ألفا α يحدث التفاعل بين الإشعاعات المقذوفة وإلكترونات غلاف ذرة المادة الماصة، وبهذه العملية يحدث التأين

وفي عملية التأين هذه تعطي جسيمات α من طاقتها إلى إلكترونات غلاف ذرة المادة الماصة وتخسر من سرعتها، ولكن يتغير اتجاهها قليلاً بسبب وزن كتلتها التي هي أكبر من كتل إلكترونات المادة، ولكن هذه الإشعاعات بعملية خرقها ذرة المادة، إذا اقتربت من نواة الذرة فإنه من الممكن أن يكبر انحرافها أو التشرّد، وهذا يعود لصغر نواة الذرة، وهذه العملية تحدث قليلاً، وهذا يعني أن تشرّد إشعاعات α في المادة له أهمية كبرى.

وهنا نقول بأن ضعف إشعاعات ألفا.. في خرق المادة.. هذا معناه خلق عملية تأين في المادة الماصة عن طريق هذه الإشعاعات، ولكن عملية التشرّد لإشعاعات α في مسار خرق المادة خفيفة جداً.

ولكن الخسارة تكون في الطاقة وإشعاعات ألفا.. أي أن هذه الإشعاعات تخسر من طاقتها التي تعطيها لإلكترونات الذرة كما ذكر قبل، وفي أكثر الحالات تكون خسارة طاقة جسيمات ألفا كبيرة لخلق أيونات مزدوجة، ولكن خرق عنصر الهواء يحدث تحت الضغط المعروف بكمية 1013 m bar، وكذلك في حرارة تساوي 0° .

وفي هذه الحالة يلزم لهذه الإشعاعات حتى تعمل عملية التأين طاقة تساوي 35,5 eV .

ولكن إذا كانت إشعاعات α هذه من نوعية إشعاعات mono Power Ray، فإنها بتفاعلها مع المادة في بعض الحالات يحدث تفاعلات غير عادية without norm ويلزمها لهذه التفاعلات مع المادة طاقة مرتفعة جداً 1000 eV، ويجب أن ننظر بعين الاعتبار لهذه الحالة لما ندخل في دراسة متوسط مسار طول طريق الخرق أي R لإشعاعات ألفا في المادة الماصة أو المتفاعلة مع هذه الإشعاعات.

ويقصد بمتوسط طول مسار طريق الخرق للإشعاعات mono Power Ray، أي المسافة التي تقطعها جسيمات ألفا في المادة للتفاعل. ولما تنتهي طاقتها التي خسرتها للتفاعل تصل إلى حالة الركود، وهذه العملية حسب عدد التفاعلات مع ذرات المادة وخسارة طاقتها أسميناها متوسط طول مسار طريق الخرق في المادة، فأعطيت اسم \dot{R} .

وهنا بعض الأعداد لهذه العمليات، مثل الطاقة الموجبة للإشعاعات لخرق الهواء التي تساوي مثلاً 1M eV لتؤين أو تخرق مادة الهواء على عمق يساوي 0,6 cm وكذلك بقدرة طاقة تساوي 2M eV، لمسافة تساوي 1,1 cm وهلم جرا.

ولكن لمعرفة قيمة متوسط طول مسار طريق الخرق R ، جاء الفيزيائيان H.Geiger من سنة (1882 - 1945) وكذلك J.H.Nuttal فوجدا لهذه المسافة، أي متوسط طول مسار الطريق، معادلة تقريبية Empiric equation في عنصر الهواء متعلقة بالعنصر الباث أو المعطي إشعاعات α ، وكذلك بثابتة امتصاص هذه المادة المشعة λ ، فأعطيت قيمتها بالمعادلة التالية:

$$\text{Log} . \lambda / S^{-1} \approx A+B \text{ Log} . \dot{R}_{\text{air}}/\text{cm}$$

في الوقت الذي..

$\lambda =$ ثابتة اضمحلال المادة المشعة.

$\dot{R}_{\text{air}} =$ متوسط طول مسار طريق خرق إشعاعات α في الهواء.

وكذلك فإن الاصطلاحات A B تعادل ثوابت صفوف Seri اضمحلال الإشعاعات.

ولكن لمعرفة متوسط طول مسار طريق التفاعل في المواد الصلبة جاء الفيزيائيان التاليان von Bragg وكذلك Kleeman ووجدا المعادلة التالية:

$$R = c . \sqrt{A_r} / \rho . \dot{R}_{\text{air}}$$

وهنا المقصود..

$$\dot{R}_{air} = \text{متوسط مسار الطريق في الهواء.}$$

$$A_r = \text{الكتلة النسبية Relative Atom mass للمادة المقذوفة بالإشعاعات.}$$

$$\rho = \text{كثافة المادة المقذوفة بالإشعاعات.}$$

$$c = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{gr/cm}^3 \text{ (Constant) } = c$$

وأما المعادلة القديمة التقريبية لمتوسط طول مسار طريق خرق إشعاعات α في المادة تساوي المعادلة التالية:

$$R = 0,323 \cdot E_0^{1,5}$$

$$E_0 = \text{طاقة الإشعاعات.}$$

$$R = \text{متوسط طول مسار طريق الإشعاعات في المادة.}$$

ولمعرفة هذا الطول المتوسط أو مسافة الخرق نعطي مثلاً في الحل التالي:

إذا أخذنا لوحة من مادة الألمنيوم كتلتها الذرية تساوي $A_{al} = 26,98$ ، وكثافتها تساوي $\rho_{al} = 2,7 \text{gr/cm}^3$ ، وقذفنا هذه المادة أي الألمنيوم بإشعاعات α المنبثقة من عنصر الـ $^{214}\text{Polonium}$ الذي إشعاعاته تخرق الهواء على مسافة متوسط طول يساوي: $\dot{R}_{air} = 6,87 \text{ cm}$.

كم يكون متوسط طول مسار طريق الخرق في مادة الألمنيوم ؟ حسب المعادلة التالية:

$$R_{al} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{gr/cm}^3 \cdot \sqrt{26,98 / 2,7 \text{gr/cm}^3} \cdot 6,87 \text{cm} =$$

$$R_{al} = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{cm} = 0,043 \text{ mm}$$

وأما إشعاعات α في المواد الحية تحت الطقوس العادية عندها متوسط مسافة طول خرق تساوي تقريباً $0,1 \text{mm}$ ، وهذه الإشعاعات بخرقها المواد الحية فإنها تؤثر على الجلد الخارجي وتسبب حروقاً به، ولكن أضرارها خطيرة عندما تدخل في الجسم وتسكن في مكان تبث منه الإشعاعات أو تشع.

2.9 إشعاعات بيتا وأشعة النيوتريانو β Ray and the Neutrino Ray

إن دراسة تفاعل إشعاعات β مع الذرات أو بالأحرى مع جزيئات Mol المواد المقذوفة بإشعاعات بيتا معقدة وأصعب بكثير من دراسة إشعاعات ألفا، لأنه ينتج من تفاعل إشعاعات β أشياء جديدة غير معروفة بعمليات α ، ومنها عمليات تهيج وتأيين في المادة المقذوفة بإشعاعات أو بجسيمات β ، وكذلك هذه الإشعاعات بالعكس لا تعطي أي شيء من طاقتها للمادة الماصة المقذوفة عليها جسيمات β . وهذا ما نراه بعكس إشعاعات α التي تعطي طاقتها للمادة الماصة. وكذلك الفرق المؤكد أن إشعاعات β في عملية التفاعل تنحرف بزوايا نسميها زاوية التشرّد.

وهنا نقول إن ضعف إشعاعات β في خرق المواد الماصة يتبعه تأين هذه المواد الماصة عن طريق عملية التشرّد Scattering Action.

إن إشعاعات β لتأين عنصر الهواء في محيط هواء جاف درجة حرارته تساوي 15° ، وتحت ضغط ارتفاعه لا يتعدى أكثر من 1013 m bar يلزمها لتشكيل أو خلق أيونات مزدوجة طاقة متوسطة بقيمة تساوي 35,5 eV .

هنا بعض الأمثلة لعملية التأين في الغاز عن طريق إشعاعات β ومنها الغازات التالية:

N_2 يلزمه طاقة تساوي: 35,8 eV.

H_2 يلزمه طاقة تساوي: 38,0 eV.

Ar يلزمه طاقة تساوي: 27,0 eV.

وأما النقطة التالية أنه في عملية التأين عن طريق إشعاعات β المعاكسة لعملية التأين بإشعاعات α ، أنه من الممكن بعملية β عن طريق الحل الحسابي معرفة عدد الأيونات المزدوجة، ولكنه ما يحدث في عملية التأين النوعي Specification في عملية التأين بإشعاع β فإن هذه العملية أصغر بمائة مرة من عملية التأين النوعي في α .

وهذا الفرق ظهر من بعد الاختبارات..

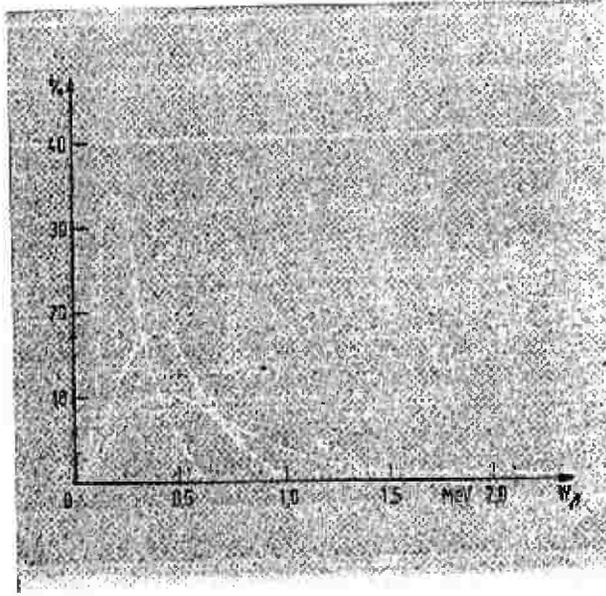
فشاهدنا أن عملية إشعاعات α تظهر الأيونات الناتجة المتقاربة في مسار خط مستقيم، في الوقت الذي يظهر مسار الأيونات الصادرة عن تفاعل β بخط كصف حبات اللؤلؤ متتابعة بالصف خلف بعضهم البعض، كما يوجد بينهم تفارق، وهذه الفروق الصغيرة هي مصادر لعملية التشرّد، وكذلك لإظهار صغر التأين النوعي Specification Ionization في عملية إشعاعات β ، أي أن هذه الجسيمات أو الإلكترونات ظهر أن عندها القدرة على أن تخرق مسافة في المادة أطول من مسافة خرق إشعاعات α .

ولهذا السبب فإنه من الصعب إعطاء اسم أو مدلول علمي كما أعطي لمتوسط طول مسار طريق الخرق في الهواء أو المادة الصلبة، أي R لخرق إشعاعات α . لأنه كذلك مجموع إضاعة طاقة كل إلكترون بحد ذاته في التفاعل مع المادة الماصة لم يكن إلا ما يساوي الطاقة المنبعثة أو الخارجة من التفاعل المساوية تقريباً الطاقة المتوسطة الداخلة الفاعلة عملية الكبح.

وهذا ما يتبع بأن الإشعاعات الناتجة عن تفاعل إشعاعات β مع المادة تعمل صعوبات لأنها لم تكن من نوعية إشعاعات mono Power، وهذا كذلك بعكس عملية ما تصدره أو تبثه عملية إشعاعات α .

ولهذا نقول بأنه في كل حالات تفاعل إشعاعات β مع ذرات المواد الماصة، وما يصدر من إشعاعات أو جسيمات، أو بالأحرى من هذه الإلكترونات المنبعثة التي تملك كل أنواع الطاقات من قيمة صفر حتى 1M eV، لم تكن إلا إشعاعات Roentgen.

وهنا تظهر في الصورة التالية:



وهي صورة لطيف تتابع تفرق قيم الطاقات الذي نسميه علمياً وفيزيائياً بطيف تتابع الطاقات Energy Spectrum لعمليات إشعاعات β ، وكذلك إشعاعات β المصنعة غير الطبيعية عندها تقريباً نفس الطاقة ونفس التفاعل.

وهذه الدراسة لتتابع تفرق قيم الطاقات استغرقت وقتاً طويلاً لشرح الموضوع ولتفهمه، وسوف نأتي على شرحه لاحقاً في دراسة شرح موضوع جديد في الفيزياء الكلاسيكية وهو موضوع المادة وعكس المادة Matter and anti matter .

طول مسار طريق تفاعل إشعاعات β :

لمعرفة اصطلاحية أو مدلول يعبر عن طول مسار طريق تفاعل إشعاعات β في المواد، بحث كثير من الفيزيائيين ووجدوا المدلول التالي الذي سمي: نصف قيمة السمك أو البدانة.

وهنا شرح لتفهم ما قصد half value Tick بنصف مسافة سمك المادة التي تخترقها إشعاعات β حين تمتص المادة وتشتد نصف قدرة إشعاعات β ، ومسافة

الخرق هذه، أي طول مسار تفاعل إشعاعات بيتا يتعلق بحددة Intensity الإشعاعات β .

ولكن نقطة أو دالة في هذا المسار والتي نسميها (محدد سُمك المادة) Thick Limit لم تكن إلا مسافة خرق طبقات نهاية المادة الماصة التي يقطعها الإشعاع ويخرج منها.

وعن طريق محدد السمك المتقارب من قيمة نصف السمك Half value Thick نستطيع أن نقول بأن هذا يساوي مسافة خرق الإشعاع في المادة، وهذه الدالة لها قيمتها العلمية والتطبيقية في علم الحماية من الإشعاعات الذرية Ray safe protection الذي يعرف ويدل على سُمك المادة الماصة التي هي واجبة للحماية من إشعاعات β ، وكذلك لمعرفة طول طريق أو مسافة الخرق العظمى R_{max} المتعلقة بطاقة الإشعاعات وكذلك بنوعية المادة الماصة.

الطريقة العلمية المستعملة لقياس مسافة خرق إشعاعات β :

لوزن أو قياس ال Thick Limit، أو ما قصد Half value Tick، هذه القياسات لم تؤخذ بوحدات الطول أي cm، ولكن بوحددة الكتلة في وحدة المساحة وهذه الدالة أظهرت بأنها لم تكن متعلقة بالمادة المقذوف عليها أو الماصة وهذا ما نسميه كثافة المساحة Surface density، أو تغطية الكتلة بالإشعاعات Mass cover وهنا بعض الأمثلة في هذه الوحدات لطول مسافة مسار خرق الإلكترون في المادة:

الطاقة الواجبة [M eV]	0,5 M eV	1M eV	5 M eV
طول مسار الطريق [cm]	0,04	0,14	0,96
طول مسار الطريق [mgr/cm ²]	111	383	2600

مثلاً بطريق اضمحلال عنصر الراديوم Radium(Bi 214) تنبعث إشعاعات β التي تساوي قدرتها العظمى $E_{max} = 3,2 \text{ M eV}$ ، وقدرة هذه الإشعاعات

يلزمها حتى تمتص نهائياً من المادة تغطية مساحة كتلة Mass cover تساوي بوحدة الكتل على المساحة بالمربع المعادلة التقريبية التالية:

$$b = 1800 \text{ mgr/cm}^2 = 1,8 \text{ gr/cm}^2$$

المطلوب: كم هو طول مسار طريق الخرق لهذه الإشعاعات في المواد التالية المادة الحية، الرصاص ، الألمنيوم، الهواء بوحدة Cm حسب المعادلة التالية ؟

$$R = 1,8 \text{ gr/cm}^2 / \rho$$

ρ كثافة المادة

R طول مسار الطريق

في المادة الحية يساوي:

$$R_a = 1,8 \text{ gr/cm}^2 / 1,2 \text{ gr/cm}^3 = 1,5 \text{ cm}$$

في مادة الرصاص يساوي:

$$R_{pb} = 1,8 \text{ gr/cm}^2 / 11,3 \text{ gr/cm}^3 = 1,6 \text{ mm}$$

في مادة الألمنيوم يساوي:

$$R_{al} = 1,8 \text{ gr/cm}^2 / 2,7 \text{ gr/cm}^3 = 6,7 \text{ mm}$$

في مادة الهواء يساوي:

$$R_{air} = 1,8 \text{ gr/cm}^2 / 1,293 \text{ gr/cm}^3 = 14 \text{ mm}$$

هذه الأعداد نعطيها كفكرة لنتفهم قضية التعامل مع العناصر المشعة التي يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لحجب هذه الإشعاعات، وخاصة في المادة الحية، وكذلك يجب أن نعلم بأن هذه الإشعاعات تضعف قدرة حدتها Intensity بتباعد المسافة وأما من جهة المواد الحية نرى أن تأثيرات إشعاعات β فيها أصغر قدرة على التأثير على المواد الحية، ويجب عدم تعرض نقطة ثابتة من الأعضاء الحية لهذه الإشعاعات؛ لأنه مع الوقت يحدث من تأثيرها تخريب كامل في العضو الحي مواجه لها.

وهنا بعض الحلول التقريبية التي أخذت في هذا المسار لتحديد مسافة طول مسار خرق إشعاعات β والتي تبين كذلك بأن المواد الماصة غير متعلقة بطول

مسافة الخرق والمعطاة بالمعادلة التالية، هنا أخذ لطول مسافة المسار الدالة d_{\max} وليس R:

$$R_{\max} = d_{\max} \cdot \rho \text{ and } (d_{\max} = R_{\max} / \rho)$$

ولكن بمساعدة معادلة الطاقة التقريبية المتقلبة بين 0,8 MeV أو أكثر حسب المعادلة التالية:

$$E_{\max} \leq 0,8\text{MeV} \rightarrow R_{\max} = 0,407 \cdot E_{\max}^{1,83} \text{ [} R_{\max} \text{ in gr/cm}^2 \text{]}$$

$$E_{\max} \geq 0,8\text{MeV} \rightarrow R_{\max} = 0,542 - 0,133$$

هنا مثال على ذلك:

السؤال: ما هو طول مسار d_{\max} كطريق خرق إشعاعات β في المواد التالية: الهواء والألمنيوم إذا كانت طاقة الإشعاعات تساوي $E_{\max} = 1,5\text{MeV}$ ؟

أولاً: يجب أن نجد قيمة R_{\max} حسب المعادلة المعطية

$$R_{\max} = (0,542 \cdot 1,5 - 0,133)\text{gr/cm}^2 = 0,68\text{gr/cm}^2$$

طول مسار الطريق الأعظم d_{\max}

في مادة الهواء تساوي إذا كانت كثافة الهواء تساوي $0,00129\text{g/cm}^3$:

$$d_{\max} = 0,68\text{gr cm}^3 / \text{cm}^2 \cdot 0,00129\text{gr} = 527 \text{ cm}$$

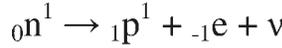
في مادة الألمنيوم تساوي إذا كانت كثافة الألمنيوم تساوي $2,7\text{g/cm}^3$:

$$d_{\max} = 0,68\text{gr cm}^3 / \text{cm}^2 \cdot 2,7\text{gr} = 0,25 \text{ cm}$$

إشعاعات النيوترينو Neutrino

أما بما يختص بإشعاعات النيوترينو Neutrino، لقد وجد الفيزيائي W.Pauli في سنة 1931 بعد الاختبارات أن عنصر الراديوم Ra.E يبعث إشعاعات β وكذلك ظهر في عملية التشعع طيف إشعاع غير عادي بطاقة تحت 0,35 MeV. سمي هذا الإشعاع الـ Neutrino فأعطي له الرمز $(\nu \quad \nu_0)$ ، فوجد بعد الاختبارات والقياسات بأن هذا الإشعاع محايد لا يملك أية شحنة كانت إيجابية أو سلبية، وكذلك كتلة هذا الإشعاع تساوي تقريباً أو بالأحرى صفراً.

طريقة إنتاج هذا الإشعاع: ممكن تحدث عندما يتحول نيوترون إلى بروتون، وعن طريق عملية التحول هذه أو غيرها تبتث النيوترونات Neutrino حسب المعادلة التالية:



الخلاصة أن تفاعل إشعاعات β مع المواد الماصة ينتج عنه العمليات التالية:

- 1 - عملية تأين ذرة المادة تحت طاقة إشعاعات معينة وهذا ما نسميه: عملية التأين.
- 2 - عملية كبح إشعاعات β بخرقها حقل Coulomb في ذرات المادة وبتث إشعاعات رونتجن Roentgen، ونسميه: عملية كبح الإشعاعات.
- 3 - عملية تغير وانحراف اتجاهات إشعاعات β في المادة ونسميه عملية التشرذ.

3.9 إشعاعات γ Gamma Ray

إن بتث إشعاعات γ ينتج دائماً بواسطة تحرك أو انتقال الإلكترونات، وهذا يحدث عندما تنتقل طاقات الإلكترونات في غلاف الذرة في دورانها حول نواة الذرة من حالة مستوى طاقة مرتفعة إلى حالة مستوى طاقة منخفضة وفي هذه العمليات كما سبق وشرحناه في الدروس السابقة ينبعث كم إشعاعات γ Quantum، وهذا ما يدل كذلك على أن نواة الذرة في حالة تهيجها تبتث إشعاعات α وكذلك β كلما كانت باقية في حالة التهيج وعندما تعود نواة الذرة إلى حالتها الطبيعية، أي إلى المستوى الأساسي هنا في أثناء عمليات فرق مستوى الطاقات العليا والمنخفضة يبتث كطاقة كم لإشعاعات γ وطاقة الكم هذه للإشعاعات $E\gamma$ تساوي المعادلة التالية:

$$E\gamma = h \nu$$

هذه الطاقة متعلقة بعملية تردد الإشعاعات Frequency وكذلك بطول الموجة λ ، وفي كل الحالات عندما يرتفع التردد يقصر طول الموجة، ومن المعروف أن طول الموجة عامة يساوي $\lambda = c/\nu = hc/E$ ، وأنه للعلم والمعرفة فإن إشعاعات

γ تنبعث من نواة الذرة المؤلفة من عدة تراكم Components مهمة غير النيوترون والبروتون ولحل عملية طول موجة إشعاعات γ تؤخذ المعادلة التقريبية المساوية:

$$\lambda = hc/E\gamma$$

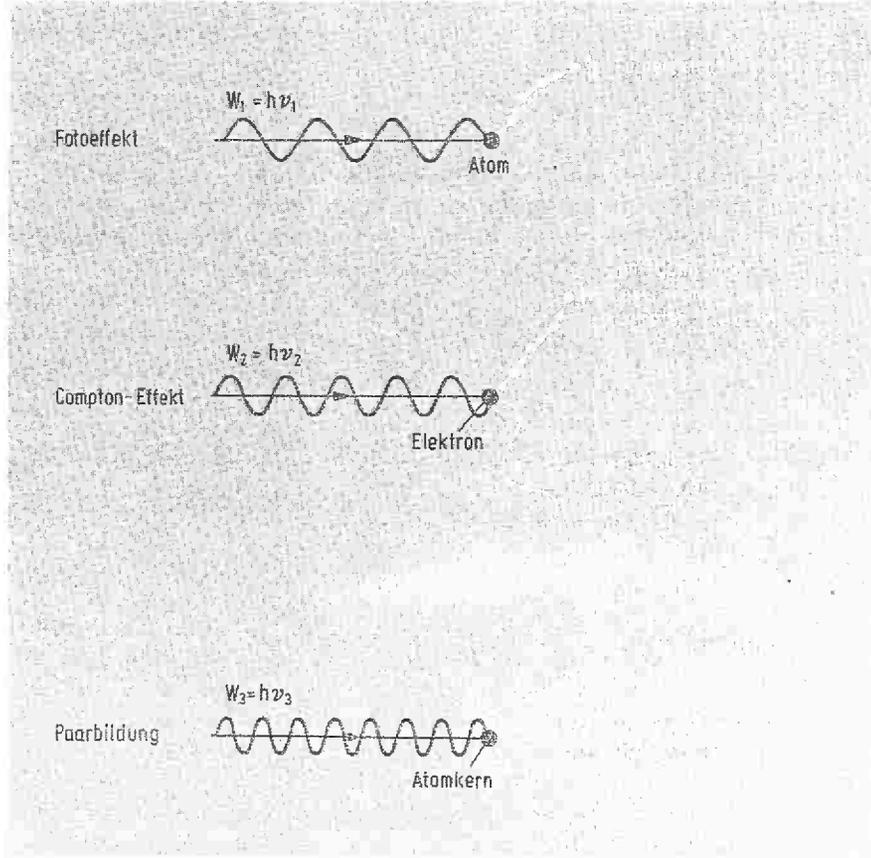
ومثالاً على ذلك:

إذا كانت طاقة إشعاعات γ المنبعثة أو الناتجة من عنصر Ra.C تساوي 1,8 فكم يكون طول موجة هذه الإشعاعات؟

الحل التقريبي:

$$12,34 \cdot 10^{-4} / 1,8 = 6,86 \cdot 10^{-4} \text{ nm}$$

ويجب أن يعرف أن حدة إشعاعات γ Intensity تضعف في الهواء بتربيع المسافة الموجودة بين النبع والهدف، ومن تفاعلات إشعاعات غما في خرق المواد ينتج منها العمليات التالية:



1 - عملية الـ Photo effect

وهذه العملية تحدث عندما تقذف طاقة كم من إشعاعات γ Quantum بطاقة معروفة على غلاف ذرة مادة ما يتحرر من القشرة K أو من القشرة L من غلاف هذه المادة الإلكترون وبهذه العملية يفقد الإشعاع الساقط طاقته الكاملة ويضعف عن طريق الامتصاص الذي عمل عملية كهروضوئية في المادة وهذا الإلكترون المحرر المنبعث نسميه فوتو إلكترون Photo electron .

2 - عملية تأثيرات Compton

هنا تحدث عملية تأثيرات Compton عندما تصطدم إشعاعات الكم γ الساقطة على مادة ما مع إلكترون متزعزع أو متخلخل في غلاف ذرة هذه المادة، فإشعاعات الكم هذه تفقد قسماً من طاقتها E_γ ، وكذلك يضعف ترددها Frequency، ولهذا تتحرف اتجاهات إشعاعات الكم فتشرد، وبعملية التشرد هذه تتحرر إلكترونات عديدة من غلاف الذرة، وهذه الإلكترونات المتحررة نسميها إلكترونات كمبتون Compton electron.

3 - عملية إنتاج الجسيمات المزدوجة

ما يحدث في هذه العملية هو أن إشعاعات الكم Quantum γ الساقطة على المادة تتحول في قرب حقل نواة ذرة المادة إلى إلكترونات مزدوجة منها الإلكترون والبوزيترون.

وبث هذه الجسيمات المتعاكسة بالشحنة لا غير Electron and Positron تثبت نظرية أينشتين بنسبية الطاقة والكتلة القائلة بتحويل الطاقة إلى كتلة والعكس بالعكس، وهذا الموضوع سوف نطرقه لاحقاً في درس المادة وعكس المادة.

وأما ما يختص بعملية مسار الإلكترون والبوزيترون فإنهما يعطيان طاقتهم للمادة الماصة في الوقت الذي يخضع فيه البوزيترون للتحويل، وهذه دراسات خاصة نجدها في المراجع. والعمليات الثلاث نطرحها كما سبق في الصورة السابقة.

9. 4 قانون الامتصاص للإشعاعات γ and β

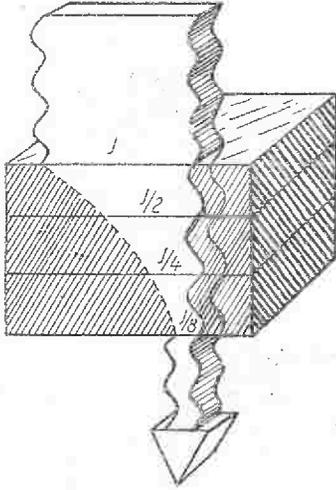
هذا القانون يشرح عندما تسقط جسيمات أو إشعاعات حدثها N على مادة ماصة رقيقة البنية سمكها يساوي Δx ، وعن طريق الامتصاص أو الخرق في المادة الماصة تضعف حدثها ΔN ، فإن النسبة بين ΔN و N تساوي المعادلة التالية:

$$\Delta N = -\mu N \cdot \Delta x$$

والاصطلاحية النسبية μ المتعلقة بطول موجة الإشعاع λ وكذلك بكثافة الإشعاع ρ وحتى بالعدد النظامي Z ، نسميها العامل النسبي Proportional Factor = μ وهذه معروفة بثابتة الامتصاص Absorption Coefficient .

والمعادلة النسبية تساوي الشكل التالي:

$$\Delta N / \Delta x = -\mu N$$



وعن طريق عملية التفاضل و Integration نحصل على المعادلة المشابهة لمعادلة قانون الاضمحلال، وهنا معادلة قانون الامتصاص تساوي المعادلة التالية:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu x}$$

هنا N_0 تساوي عدد جسيمات β أو عدد كم إشعاعات γ البدائية الساقطة على المادة وأما العدد N يساوي عدد

الجسيمات أو الكم الباقية من بعد خرق المسافة x في جسم المادة الماصة، وفي بعض الحالات تستعمل المعادلة التي نسميها (نصف قيمة السمك أو البدانة) $d_{1/2}$ Half value Thick والتي تساوي المعادلة التالية:

$$d_{1/2} = 0,693 / \mu$$

1 . 4 . 9 استعمال قانون الامتصاص للإشعاعات β

مع كل ما عرفناه من عوامل ومميزات للإشعاعات β ، نقدر أن نستعمل لعملية امتصاص هذه الإشعاعات كذلك قانون الامتصاص التالي:

$$N = N_0.e^{-\mu x}$$

ولتعقد وصعوبة عمليات إشعاعات بيتا في خرق المواد كما ذكرنا قبلاً فإنه من الأفضل استعمال الحلول التقريبية، مثلاً لحل طول مسافة مسار خرق إشعاعات β في المادة التي ذكرت سابقاً R_{max} ، والتي لم تكن عامة متعلقة بالمادة وبمساعدة وحدة تضعيف الكتلة المساوية $\mu' = \text{Mass faint Coefficient}$ المعادلة ثابتة الامتصاص μ مقسومة على الكثافة ρ المظهرة بالمعادلة التالية:

$$\mu' = \mu / \rho \text{ [cm}^2\text{/gr]}$$

هذه الثابتة بوحداتها تعطى لكل المواد وهي متعلقة بطاقة إشعاعات β لا غير حسب معادلة الطاقة التي ذكرت قبلاً كمعادلة تقريبية $E_{max} \geq 08\text{MeV}$ والحل التقريبي نظيره هنا ويساوي الاصطلاحية التالية:

$$\mu' = 22/E^{4/3}$$

ولهذه الحالة نعطي بعض الأمثلة:

كم هي الطاقة العظمى E_{max} التي تبقى من إشعاعات β عندما تسقط هذه الإشعاعات على صفيحة من مادة الألمنيوم كتلة مادتها في السنتم المربع تساوي $0,135 \text{ gr/cm}^2$ حتى يبقى منهم نصف كمية الإشعاعات؟

$$d_{1/2} = 0,693 / \mu' . \mu' = 0,693 \text{cm}^2 / 0,135 \text{ gr} = 5,13 \text{ [cm}^2\text{/gr]}$$

$$E_{max} = \sqrt[4]{(22/5,13)^3} \quad \mu' = 22/E^{4/3}$$

$$E_{max} = 2,98 \text{ MeV}$$

المثال الثاني والحل:

أي طول موجة بها إشعاعات β ، إذا كانت طاقتها تساوي $1,5\text{MeV}$ في الهواء، وكذلك عندما تخرق مادة الهواء يمتص 50% من طاقتها؟

$$\mu' = 22 / E^{4/3} = 22 \text{cm}^2 / \sqrt[3]{(1,5)^4} = 12,8 \text{ [cm}^2\text{/gr]}$$

$$50\% \rightarrow d_{1/2} = 0,693 \text{ gr}/12,8 \text{ cm}^2 = 0,05414 \text{ gr}/\text{cm}^2$$

ولكن سنتم مكعب واحد هواء وزنه بالغرام يساوي 0,00129 gr وهذا ما يساوي مسافة قطع طبقة الهواء بوحدة السنتمتر

$$0,05414 / 0,00129 = 42 \text{ cm}$$

9 . 4 . 2 استعمال قانون الامتصاص على إشعاعات γ

لقياس تفاعلات امتصاص إشعاعات γ يستعمل عامة قانون الامتصاص المعروف لأنه يطابق نظرياً وكذلك تطبيقاً هذه القياسات، بالأحرى لثابتة الامتصاص الأساسية وكذلك في حالة ضعف إشعاعات غما تصبح ثابتة الامتصاص μ تساوي مجموع كل الثوابت التالية:

$$\mu = \tau + \sigma + \chi$$

في الوقت الذي الدالة τ تساوي عملية الـ Photo effect، وكذلك الدالة σ تساوي عملية تأثير Compton، والدالة χ تساوي عملية الخلق الزوجي للجسيمات، وهذه الثوابت الثلاث متعلقة بالمادة وكذلك بطاقة إشعاعات E_γ .

ولكن في حالة تطبيق قانون الامتصاص للإشعاعات γ ينتج من عملية تأثيرات Compton تفاعلات ثنائية في المادة، تثبت من عملية التفاعلات الثنائية إشعاعات كم جديدة، ولهذه الإشعاعات الثنائية أضرارها. أي أنه عدد الجسيمات N يضعف ويصبح أقل من عدد جسيمات الإشعاعات البدائية الخارقة للمادة أي N_0 ، ولهذا عدل القانون بحرف Z الذي سمي عامل الإنماء. وأصبح قانون الامتصاص المعدل متعلقاً بطاقة إشعاعات غما، وكذلك متعلقاً بكم هذه الإشعاعات والمادة الماصة في تكوين طبقاتها حسب المعادلة التالية:

$$N = z.N_0.e^{-\mu x}$$

وللحماية من هذه الإشعاعات الحادة تستعمل مادة الرصاص؛ لأنه في مادة الرصاص أثناء عملية تأثيرات Compton ينتج عملية تشتت واسعة على إلكترونات المادة الماصة وعملية التشتت هذه تضعف إشعاعات γ المتعلقة بعدد إلكترونات المادة الماصة، وكذلك في بدانة أو سمك المادة، وفي كل الحالات للحماية من

إشعاعات γ تستعمل مادة الرصاص لأن عندها كثافة عالية من الإلكترونات والتي يطبق عليها الحل العلمي لتضعيف الإشعاعات من قيم التضعيف من نصف إلى عشر إلى $1/100$ $1/10$ $1/2$ ولذلك حل المثل التالي حسب قانون الامتصاص:

كم يجب أن يكون سمك مادة الرصاص لتضعيف أو تأيين إشعاعات γ التي تساوي طاقتها 1MeV إلى مستوى تضعيف 1/10، إذا كانت ثابتة الامتصاص في مادة الرصاص تساوي $\mu = 0,79$ ؟ ثابتة الامتصاص هذه أخذت من لائحة ثوابت الامتصاص للمواد:

Energie der Strahlung MeV	Blei	Gußeisen	Aluminium	Beton	Wasser
0,6	1,37	0,55	0,210	0,179	0,0894
0,8	0,99	0,47	0,184	0,156	0,0786
1,0	0,79	0,43	0,166	0,141	0,0706
1,25	0,66	0,38	0,149	0,126	0,0632
1,5	0,58	0,35	0,137	0,116	0,0576
2,0	0,51	0,30	0,117	0,100	0,0493
3,0	0,46	0,26	0,094	0,080	0,0396
4,0	0,47	0,24	0,084	0,071	0,0339
5,0	0,49	0,23	0,075	0,064	0,0302
8,0	0,55	0,23	0,068	0,058	0,0242

وعملية الحل تساوي المعادلات التالية:

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu x} \rightarrow N / N_0 = 1/10 = 0,1 = e^{-0,79 \cdot X}$$

$$-0,79 \cdot X = \ln 0,1$$

$$X = 2,302 / 0,79 = 2,913 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

10 طرق إظهار قياسات الإشعاعات الذرية

من المعروف بعد الدراسات العديدة بأن الإشعاعات أو الجسيمات النووية لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولا قياسها أو وزنها بالطرق العادية؛ ولكن لأجل وزنها وقياساتها يجب بأن نتعمق في ميزات وخصائص هذه الإشعاعات لنعرف كيفية وزنها وقياسها، ولهذا يجب بأن نجد أو نطور أجهزة قادرة تساعدنا في هذه العمليات مثلاً عن طريق الاختبارات والأوزان لقياس هذه الإشعاعات، والحل البسيط والممكن لوزن هذه الإشعاعات هو عندما تتفاعل المواد المشعة وتؤين المادة، هذا التفاعل لإنتاج الأيونات يسهل وزن هذه الأيونات المزدوجة مثل الأيون

الإيجابي والإلكترون السلبى، وكذلك الطاقة والقدرة لهذه الإشعاعات النووية. ومنها العدادات التالية:

10 . 1 عداد لعد المادة المشعة Luminous Stuff Counter

في بداية عصر توسع علوم الذرة وجد كثير من العلماء أجهزة لقياسات وأوزان الإشعاعات النووية، ولكن لم يتوصلوا إلى ما كانوا يريدون إليه من دقة في الأنظمة كما هو موجود في عصرنا الحديث الحاضر؛ ولكن كثيراً مما وجدوه وفكروا به في ذلك الوقت كان الأساس البناء لأجهزتنا الحديثة المتطورة ومنها العداد الأولي: عداد إشعاعات $\alpha . \beta . \gamma$ المسمى قديماً جهاز Spinthariscop

وهذا الجهاز القديم الذي تطور وأصبح في وقتنا الحاضر من أحدث الأجهزة وأدقها لوزن هذه الإشعاعات المذكورة سمي Scintillation counter، والجهاز القديم الأساس لهذه القياسات والأوزان لم يكن إلا أنبوباً من الزجاج أو المعدن أسطوانى الشكل مغلقاً، في قعره غشاء من مادة تتأثر بالإشعاعات والفوتونات، مثل: Zinc Sulfate (Zn.s) أو من مادة الـ Phosphor، وهذا لما يوضع بالقرب من هذه الطبقة على حاملة المادة أو العنصر المشع الذي يراد عد جسيمات إشعاعاته، ولرؤية وعد الإشعاعات جهز هذا الأنبوب في المدخل بعدسة مكبرة لصورة الإشعاعات المنبعثة من العنصر، ولقياسات الإشعاعات المختلفة وضع لكل قياس عد إشعاعات في قعر الأنبوب غشاء من مادة مشعة خاصة. مثلاً لوزن وعد إشعاعات β أخذت مادة عضوية مشعة Organic matter مثل: Antharzan in . Naphtalin

وأما لوزن أو عد إشعاعات γ أخذت المادة المشعة Natirum Jod (Na.J) وعن طريق هذا التفاعل المبسط بين المادة المشعة والتي تهيج وتشرذ إلكترونات ذرات العنصر الواجب عد إشعاعاته، وجد الفيزيائي Rutherford بتشرذ جسيمات α على وجه صفيحة معدن رقيق بأن الذرة يوجد عندها نواة.



وفي الوقت الحديث اشتق من الجهاز القديم أي من Spintarscop جهاز دقيق فوق العادة يستعمل لوزن كل الإشعاعات بدون استثناء α . β . γ وكذلك النيوترونات السريعة والخفيفة وسمي كما ذكر قبلاً Scintillation counter .

وهنا نشرح عملية التفاعل في هذا الجهاز، وهي لم تكن إلا إعطاء الجهاز القديم وجهًا جديدًا وحديثًا عن طريق التقوية الإلكترونية لوزن وعد الإشعاعات عن طريق ال Multiplier.

هنا العنصر المشع الذي يجب وزن إشعاعته يشع على مادة كرسنال خاصة تتفاعل وتتأين عن طريق إشعاعات العنصر، وترسل هذه الإشعاعات على لوحة

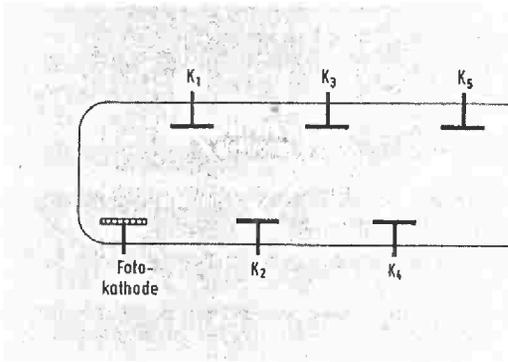


Photo cell، وهذه بدورها ترسلها إلى عامل التقوية الذي يقوي هذه النتائج من 5^{10} إلى عامل مرتفع يفوق ال 10^7 .

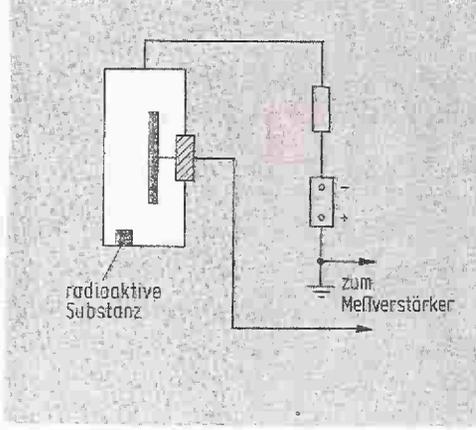
إن هذا الجهاز عنده خاصية دقة العد السريع، ومن خاصيته أن وقت ركوده أقل بكثير من وقت ركود

عداد Geiger Müller فوجدت غرف التأين الأحداث لنظر وعد وقياس الإشعاعات.

10 - 2 غرفة التأين Ionization rum

إن ما يقصد بغرفة التأين هو وعاء من المعدن مملوء بالهواء أو الغاز موجود بداخله لوحتان Electrode متواجهتان منعزلة الواحدة عن الأخرى، إحدى هاتين

اللوحتين حسب التصميم هي الوعاء المعدني نفسه كلوحة Chatted ولوحة ال Anode معزولة موجودة داخلياً في نصف غرفة التأين. صورة رقم 41 .



وعندما يصل بين اللوحتين تيار كهربائي متساوي Direct current التوتر مرتفع الجهد يساوي بعض المائة فولت ينتج في الغرفة حقل كهربائي مرتفع، وبوجود أي عنصر مشع في داخل الغرفة تحدث عملية التأين في الغاز أو الهواء الموجود بالغرفة. وهنا عملية التأين متعلقة

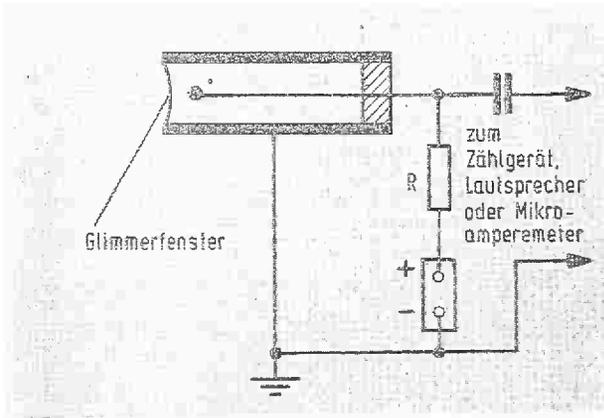
بضغط الهواء أو الغاز وكذلك بوضع لوحتي غرفة التأين. ولإنتاج عدد كبير من الأيونات والإلكترونات يجب تصاعد التيار الكهربائي عاليًا أولاً .. لمنع إعادة تماسك الجزيئات، أي عملية ال Recombination وحتى هذه الجسيمات يسرع وصولها إلى اللوحتين للقياسات ومنعها من العودة إلى جزيئية الأم، وكذلك لتضعيف نسبة العودة للتماسك فتصبح صغيرة جداً. وهذا ما يدل على أن قدرة التأين متعلقة بالتيار الكهربائي، وهو الذي يحدد إنتاج ووجود الأيونات المزدوجة .

3.10 عداد كيكِر Geiger Müller Counter

10.3.1 طريقة بناء عداد كيكِر وتأثيرات خواصه

إن جهاز كيكِر المعروف والمنتشر لقياس الإشعاعات النووية هو جهاز معروف عالمياً طوره الفيزيائي الألماني (1882 - 1945) H.Geiger بمساعدة Müller أحد مساعديه العلميين. هذا العداد يعمل عن طريق تأثيرات عمليات التأين التي تحدث في داخله، وهذا العداد ليس إلا أنبوباً أسطواناني الشكل مصنوعاً من مادة الزجاج أو المعدن الرقيق، موجوداً بداخله على طول الأنبوب قضيب دقيق من معدن نسميه لوحة ال Anode ولوحة ال Cathode، مصنوعة من مادة الغرافيت Graphite or metal تغطي حائط الأنبوب الداخلي، وهذا العداد له

كمدخل شباك محكم مغلق بمادة غير معدنية مادة ال Glimmer التي تترك إشعاعات $\alpha.\beta.\gamma$ تمر بدون صعوبة أو تفاعل مع مادة الشباك، وهذا الأنبوب كثيف محكم مملوء بالهواء أو الغاز مثل غاز ال Argon، ويزاد عليه بخار الكحول تحت ضغط ضعيف يساوي تقريباً 10 Torr، وهذا يساعد على عد التفاعلات وكذلك حتى يزيل بنفسه ما تبقى من التفاعلات القديمة ويعود بعد التنظيف إلى وزن التفاعلات الجديدة.



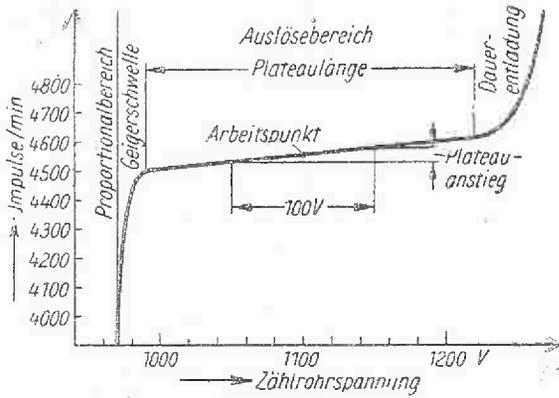
وداخل هذا الأنبوب كما ذكرنا لوحة ال Anode أي القضيب الدقيق ولوحة Cathode الموجودة على الحائط الداخلي للأنبوب. ولذلك التفاعل يوجد بين اللوحتين تيار كهربائي مرتفع منسق متساوي Direct

Current قدرة توتره بين 1000 إلى تقريباً 1300V.

وعلى هذا القضيب يوجد مقاوم قدرته من ال 10^6 إلى قدرة $10^{10} \Omega$ أوم. وبدخول الإشعاعات إلى داخل الأنبوب يحدث التأين حسب الإشعاع الداخل.. هنا الإلكترونات تذهب إلى ال Anode أي القضيب الدقيق في الوقت الذي بالقرب من هذا القضيب يوجد حقل كهربائي مرتفع، وبوجود هذا الحقل تتسارع الأيونات وتنتج كتلة انهيار من الأيونات، وفي هذا الوقت يعمل عداد كيكس كمقو للغاز والأيونات أي الأيونات البدائية. وبوجود بخار الكحول كغاز ماسح ومنظف لتفاعل جديد تبدأ دفعات العد القصيرة التي تعطى عن طريق المقاوم المنتج النبضات الكهربائية التي تقوى وتحول وتسمع كطرقات متتابعة حسب قدرة وطاقة الإشعاع الذي يجب قياسه. ونتيجة هذه القياسات في العدادات الحديثة تظهر على صمامات صوتية أو عدادات صوتية، وكل هذه العمليات تبنى حديثاً بالطرق الإلكترونية.

10 . 3 . 2 وصف مميزات عداد كيك

إن هذا العداد يبدأ بالعمل لما النبضات في المقاوم الخارجي تتناسب Proportional مع بداية التأين، وعملية هذا التناسب هي التي تحدد نوعية طاقة الإشعاعات الساقطة غير المعروفة، وبتصاعد قدرة توتر كهرباء أنبوب العداد هذا تصل إلى درجة أن كل جسيمة ساقطة وكذلك كل كم Quantum يصبح متعلقاً بالطاقة، وينتج نبضة قوية تظهر في المنحنى بالصورة التالية:



على شكل منصة بارتفاع يقاس بوحدة الفولت يساوي 970 Volt، وهذه المنصة تظهر مستوى العداد أي Counter Plateau الذي يحوي مجال مدى مسار منصة المسطح. وارتفاع هذا المستوى للمنصة يجب ألا يتعدى ارتفاعه أكثر من 1% 2% من مستوى

المنصة العادي. هذا الارتفاع متعلق فيزيائياً بعمر العداد، وعندما يرتفع القسم الأيمن من سطح المنصة بين 10% إلى 15% يصبح هذا العداد غير صالح للعمل.

10 . 3 . 3 استثمار أو استغلال نتائج المقاييس من عداد كيك، ومنها النقاط

التالية:

1 - عامل التعادل أو العامل صفر Null effect

إن عداد كيك يعمل في بعض المرات حتى لو لم يكن هناك أية إشعاعات للوزن أو للقياس وهذا العداد يعمل في وجود إشعاعات فلكية أو فضائية Cosmetic Ray أو يتفاعل مع بقية الإشعاعات الموجودة في الأنبوب وبسبب هذا العامل المسمى عامل الصفر أي الـ Null effect في كثير من الأحيان يخرب القياسات الحقيقية.

2 - استغلال أو مكسب طاقة الكم

العداد الجيد يسجل Registered مائة في المائة 100% إشعاعات $\alpha.\beta.\gamma$ الساقطة وكذلك الكم الحاد Quantum من الإشعاعات الفضائية، ولكن درجة كفاءته في إشعاعات γ لا تتعدى أكثر من واحد في المائة 1%، والسبب في هذا يحصل من عملية التأين لوجود الإلكترونات الثانوية الناتجة من تأثيرات Compton، وكذلك من عملية الـ photo effect التي تحصل على Chatted الحائط المغلف ولتحسين ومنع هذه العملية الخاطئة يجب أن نغطي حائط الأنبوب أو Chatted بمواد خاصة مثل Wismut , Platinum , Wolfram ويعبأ أنبوب كيكس هذا بغاز الـ Krypton.

3 - أخطاء العداد الإحصائية

إن اضمحلال كل ذرة من إشعاعات العنصر المشع لا تتعلق هنا بأي قانون كان، مثل تتبع مسار الصف أو الوقت، وهذه تدخل بالعداد بدون نظام مقرر، وهذا ما يحدث من تشعع عنصر ضعيف، وهنا يجب للوزن والقياسات الصحيحة، بأن يقاس متوسط عدد نبضات الاضمحلال \check{N} لوقت طويل، وكلما طال الوقت كلما كانت نتائج القياسات صحيحة. وحسب قانون النسبية يعطينا متوسط عدد النبضات \check{N} الذي منه يشتق متوسط الغلط الإحصائي، وكذلك الانحراف القياسي لهذا المستوى المتوسط أي $\sigma = \text{Stander deviation} = \sqrt{\check{N}}$ المساوي المعادلة التالية.

$$\sigma = \sqrt{\check{N}}$$

وبمساعدة هذه الاصطلاحية σ نستطيع أن نجد النسبة المئوية لأخطاء القياسات حسب المعادلة التالية:

$$\sigma^* = 100 / \sqrt{\check{N}} \%$$

لهذا الحل نعطي المثل التالي:

في الدقائق المتتابعة التالية يعطي عداد كيكس قياسات عدد النبضات بالأعداد التالية:

251 , 236 , 248 , 253 , 245 فإن القيمة الوسطى \bar{N} لهذه القياسات تساوي
العدد التالي:

$$\bar{N} = 245 + 253 + 248 + 236 + 251 / 5 = 274 \cdot \text{min}^{-1}$$

وغلطة انحراف القياس تساوي :

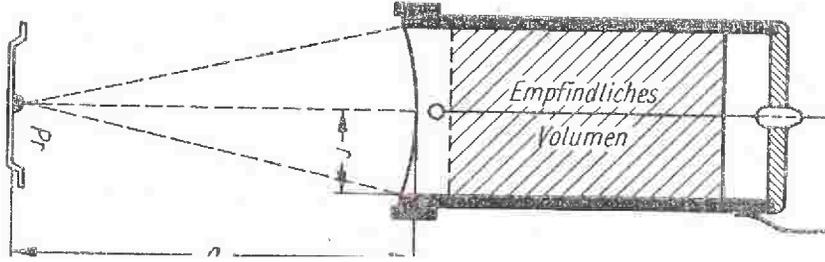
$$\sigma = \sqrt{274} \approx 16$$

وغلطة القياسات بالمائة تساوي:

$$\sigma^* = 100 / 16 = 6,25\%$$

4 - العامل الهندسي لعداد كيكير

إن إشعاعات العنصر المشع تتفرق في المحيط الموجود به هذا العنصر على شكل 2π وعداد Geiger بشكله الأسطواني:



يستطيع أن يدرك أو يرى ويقبس قسماً بسيطاً من إشعاعات محيط هذا العنصر وهذا الوزن أو القياس لهذا القسم نسميه العامل الهندسي η وهنا إذا كان شكل العنصر يساوي نقطة فإن العامل الهندسي لهذه النقطة أو العنصر يغطي بالمعادلة التالية :

$$\eta = 0,5 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+(r/a)^2}} \right)$$

r = نصف قطر شبك العداد.

a = المسافة الموجودة بين العداد والعنصر المشع .

وهذه العملية نتبعها بحل المثل التالي: كم بالمائة يصل من إشعاعات العنصر المشع إلى العداد إذا كان قطر شبك العداد يساوي $d = 2 \text{ cm}$ ، والمسافة بين العداد والعنصر المشع تساوي $a = 3 \text{ cm}$ ؟ وحسب المعادلة التالية:

$$\eta = 0,5.(1 - .1 / \sqrt{1+(1/3)^2}) = 0,026 = 2,6\%$$

10 . 4 غرفة ضباب ولسن Wilson fog room

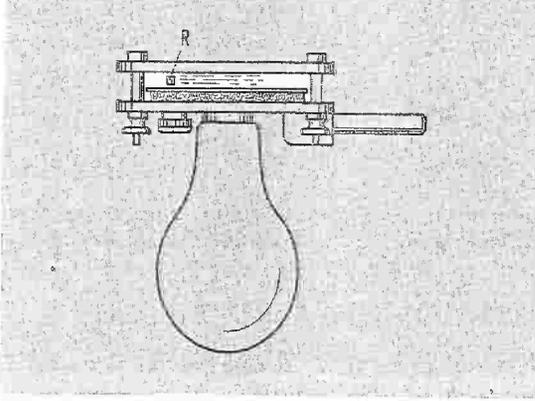
قبل ما ندخل في موضوع غرف الضباب يجب أن نلقي نظرة عامة على هذه الغرف الفيزيائية لنتفهم ما هي غرف الضباب وما القصد من بنيان هذه الغرف؟ إن هذه الغرف ما هي إلا أوعية مبنية ومطورة لإظهار عمليات التأين Ionization حتى نرى كعلميين بالعين المجردة مسار تشعع جسيمات المواد المشعة، ولهذه العملية، أي عملية التأين في غرف الضباب، يجب أن نأخذ بعين الاعتبار التفاعلات الفيزيائية التالية:

الغرف نفسها أوعية مبنية من زجاج أسطوانية الشكل لها شبك في المسطح العلوي من الزجاج النقي لمراقبة وتصوير مسار الإشعاعات المنبعثة من مادة عنصر مشع.. خاصة غرفة Wilson يوجد في داخلها بخار ماء مشبع، وهذا البخار لما يبرد حسب درجة التشبع إما يبقى بخاراً في الهواء، وإما يتغير ويتحول إلى نقاط صغيرة خفيفة نسميها الضباب، وهذه العملية تتم في الهواء المغبر غير النقي أجود مما في الهواء النقي، والسبب؟ لأنه في الهواء المغبر جسيمات الغبار الصغيرة تحمل النقاط لتطير كضباب.

ولعملية التكثيف Condensation يجب أن يوجد لكل نقطة من نقط الضباب نواة نسميها نواة التكثيف تأخذ من جسيمات الغبار أو من الأيونات الموجودة في الهواء وهذه هي العملية التي تحدث في غرف الضباب الفيزيائية التالية:

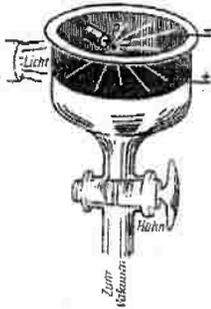
A- غرفة ضباب ولسن أو غرفة التوسع Wilson Expansion fog room

هذه الغرفة بنيت وطورت من الفيزيائي الإنكليزي (1959- C.T.R Wilson (1868) في سنة 1912 فالقسم الرئيسي منها أسطواني الشكل له فتحة شبك من زجاج نقي في السطح الأعلى وقعر أسود غامق مضاء من الخارج لرؤية وتصوير مسار جسيمات إشعاعات المواد المشعة.



وكذلك حجم هذا الوعاء أو الغرفة موصول بعامود الآلة الضاغط Piston، وعندما يسحب هذا بسرعة إلى اليمين تحدث عملية ال Adiabatic: تبرد الوعاء ومحتوياته، وقبل عملية التوسع، أي ما نسميه Expansion ، يوجد في الغرفة خليط هواء مشبع بالماء وبخار الكحول؛ ولكن

عملية التوسع المتعلقة بالتبريد تؤدي إلى تشبع البخار الموجود في الوعاء ومن بعدها عملية التكثيف Condensation التي تنتج نوى معقمة للتكاثف. ولهذا السبب يجب أن تكون الغرفة أو الوعاء خالية من الغبار أو الأيونات المزعجة التي يمتصها وجود الحقل الكهربائي، ولذلك بعد عملية التوسع Expansion هذه ينتج رأسًا في الغرفة، مع مسار جسيمات الإشعاعات أو حبوب الضباب المصفوفة المتتابعة، مسار خطوط إشعاعات متقاربة وعن طريق الإضاءة من خارج الوعاء يتشرد الضوء مع نقاط الضباب المواجهة لحائط الغرفة المعتم فتصبح مضيئة ظاهرة للنظر. ولنجاح عملية التصوير يجب أن تتم بسرعة قبل اضمحلال حبوب الضباب.



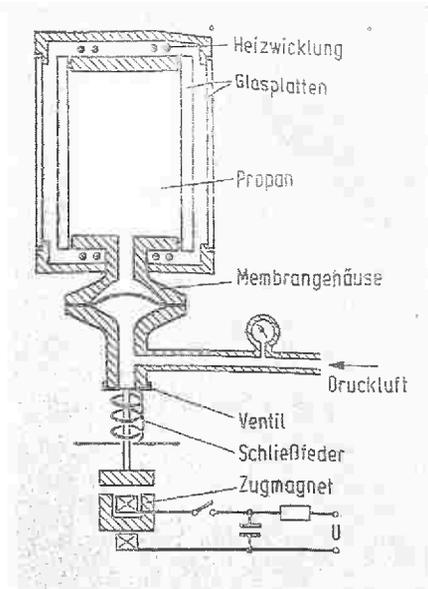
هنا نعطي مثلاً لمعرفة التفريق بين تأين جسيمات α من الإلكترونات السريعة، فإن جسيمات إشعاعات α تتأين بين 20 000 إلى 60 000 أيون مزدوج في السنتم، وهي تظهر بشكل مسار نقاط ضباب دقيقة متقاربة قليلاً وأما عملية تأين جسيمات الإلكترونات السريعة تساوي تقريباً 50 أيون مزدوجاً في السنتم وتظهر بشكل مسار خط نقاط متقاربة جداً من بعضها البعض.

B غرفة الانتشار أو التشرّد Diffusion fog room

إن غرفة الانتشار أو التشرّد Diffusion هذه أظهرت من بعد الخبرة والاختبارات أنها أجود من غرفة ضباب Wilson في إظهار مسار جسيمات الإشعاعات، لأنها دائماً مستعدة لإنتاج نقاط الضباب على نمط غرفة ضباب Wilson. وهنا في هذه الغرفة يتم العمل فيها بعد عملية التوسع... Expansion بوقت قصير بين ال 0,1 sec إلى 1 sec ، والفرق المهم النافع بهذه الغرفة أنه لا يوجد فيها أدوات متحركة مثل الضاغط أو غيره، هنا عملية فوق التشبع Condensation تحدث بإنتاج بخار ماء أو مواد حيوية عن طريق التجمي الحراري الموجود في داخل حجم الجهاز وليس عن طريق التوسع Expansion الموجود في غرفة ضباب Wilson.

C غرفة الفقائيع أو غرفة كلازر Bubbles room or Glaser room

هذه الغرفة طورت في سنة 1952 من الفيزيائي الأميركي D.Glaser،



وأظهرت مميزات وخصوصيات فيزيائية خاصة لها لإظهار مسار طريق الجسيمات. وفي هذه الغرفة تحدث عملية الإظهار ليس عن طريق تكاثف تشبع بخار الماء أو الكحول، بل عن طريق تبخر أو غليان مواد سائلة مثل مادة الأثير السائلة Äther (C₂H₅.O.C₂H₅)، أو كذلك عن طريق غليان غاز ال Porpan السائل أو الهيدروجين السائل..

إن عمل غرفة الفقائيع مع غاز ال Porpan السائل تحدث بغلي الغاز السائل على درجة حرارة تساوي

57°C، وفي بدء التبخر على وجه المادة السائلة يرتفع ضغط هذا البخار إلى 35 bar، وعند الانخفاض السريع لضغط هذا البخار ينتج تآين للجسيمات المشعة التي تتطاير في الغرفة وتأخذ لمسارها الأيونات كنوى بإنتاج وخلق فقائيع البخار. وطريق مسار هذه الجسيمات يظهر عن طريق الإضاءة الخاصة بشكل أثر خطوط فقائيع واضحة للنظر وللتصوير.

وغرفة الفقائيع هذه تملك دقة إظهار خطوط الفقائيع أكبر من غرف الضباب العادية والسبب يعود إلى أن الجسيمات في المواد السائلة تكبح بطاقة أكبر من الهواء أو الغاز وتظهر واضحة للدراسات.. ولكن تصنيع هذه الغرف تكلف الكثير ولذلك فهي باهظة الثمن.

10. 5 القياسات عن طريق التصوير لقياس تأثير القدرة الإشعاعية

هذه الطريقة أظهرت بأنها أبسط وأجود طريقة لإظهار مسار طرق إشعاعات الجسيمات المنبعثة من عامة المواد المشعة ومعرفة أنواعها وطاقتها، وهذه الطريقة غير طريقة التصوير العادي المعروف عن طريق الكاميرا، ولكن عن طريق لوحات مطلية بطبقة من المواد الكيميائية متنوعة الحساسية الخاصة بالتصوير مثل مادة ال Broom silver أو غيرها، وهذه المواد صنعت خاصة لهذه العملية من جزيئات المواد الحساسة؛ وهنا تحدث طريقة التصوير هذه أي Emulsion بدون جهاز الكاميرا، إذ تحدث عند وجود مادة مشعة بالقرب من لوحات التصوير، وعندما يمر إشعاع جسيمة في طبقة هذه المواد الحساسة يؤين كل جزيئة يصطدم بها، ويغير حالات هذه الجزيئات بشكل نقاط سوداء بدون أن يرى مسار الإشعاع، وعن طريق التظهير يظهر مسار طول طريق الإشعاع في لوحة مادة التصوير. ولكن لتصوير إشعاعات ذات طاقة كم مرتفعة وجدت مادة تطلّى كطبقة غير عادية بسمك بين ال 0,5mm إلى ارتفاع يقارب 1 mm وطريقة التصوير هذه تستعمل حديثاً لتصوير كل أنواع الإشعاعات حتى الحادة منها مثل التصوير بالنيوترونات السريعة، ومؤلف ومحرر هذا الكتاب البروفيسور الدكتور سليم مراد الذي حضر

أطروحته في المفاعل النووي بألمانيا الغربية بمونخ، طور وبنى بالطرق الفيزيائية لأطروحته كاميرا فيزيائية لأول مرة في تاريخ الفيزياء النووية تصور بطريقة النيوترونات السريعة وتمكن بهذه الطريقة أن يصور أي شيء مغشى أو مغلف حتى نخاع العظم داخل اللحم والعظم وطبقت فكرة التصوير بالنيوترونات السريعة تقريباً على حوالي عشرين تطبيقاً وقياساً وتصويراً علمياً وطبياً وكيميائياً ونوويًا وحيويًا وحربيًا وميكانيكيًا. ومثالاً على ذلك رؤية مسار تماسك الذرات في القطع الحساسة مثل ..الحاملة في الطائرات ومراكب الفضاء، على أغلاط الاختلال في تماسك جسيمات جزئيات المواد والشقوق التي لا ترى بالعين المجردة. وللتعمق بهذا الموضوع الحديث يمكن العودة إلى كتاب المؤلف: «الذرة والإنسان والمادة والطبيعة» باللغة العربية العلمية الفصحى الموجود في كل المكتبات في لبنان، أو العودة إلى أطروحة الفيزيائي البروفيسور الدكتور سليم مراد اللبناني كمراجع في مكتبة كلية الهندسة T.U.M في مونخ بألمانيا الغربية، أو في مكتبة جامعة العلوم في سالسبورج بالنمسا.

وهنا بعد هذه الدراسات والتطبيقات النظرية في الأقسام السابقة حصلنا على فكرة، وتعرفنا تقريباً على الذرة ونواة الذرة ومميزاتها والتي سوف نتعمق لاحقاً بتفاعلاتها والدخول في تطبيقاتها العديدة. وقبل أن ننهي موضوع وجود مسار

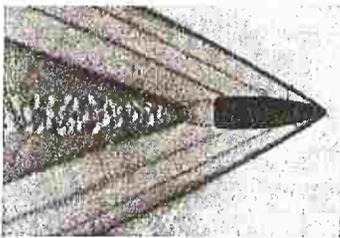


Bild 113. Kopfwelle eines mit Überschallgeschwindigkeit fliegenden Geschosses

إشعاع الجسيمات نلفت نظر الطالب لفكرة تطوير عداد قديم له خاصته وميزاته وهو:

10 . 6 عداد تشرنكوف Tschernkow counter

وحتى لا يغيب عن بالنا العدادات والأفكار القديمة التي تظهر مسار طرق الجسيمات المشعة، أردنا أن نشرح كيفية

عمل عداد الفيزيائي الروسي المعروف Tschernkow؛ فهذا ذهب إلى أن جسيمة الإشعاع المنبعثة من المادة المشعة أشبه بقذيفة منطلقة بسرعة مرتفعة تقارب سرعة الضوء، وهذه القذيفة حسب الحالة المعروفة بطيران القذيفة كتلتها تكبر وتنتج موجة خاصة تقطع سرعة الصوت. وحدد هذه الموجة بالزاوية 2α المسماة زاوية مَخ Mach angel .

فكم تكون سرعة القذيفة إذا كانت سرعة الصوت 340 m/sec؟ ومن هنا انشقت المعادلة التالية:

$$\sin \alpha = \text{Sound speed} / \text{projectile speed}$$

ولمعرفة سرعة القذيفة Projectile speed U تؤخذ المعادلة التالية:

$$U = 340 \text{ m sec}^{-1} / \sin 28,5^\circ = 723 \text{ m/sec}$$

هنا جاء الفيزيائي الروسي في سنة 1934 بتطبيق هذا القانون على تحركات جسيمات الإلكترونات وغيرها من الإشعاعات على نظرية سرعة الصوت وقال بأن الضوء في كل الأوساط Medium، مثلاً في الماء أو الزجاج ينعكس وتصيح سرعته أقل من سرعته في الفراغ، وأعطى لهذه الفكرة المعادلة التالية: $C' = C / n$ هنا الاصطلاحات:

$$C = \text{سرعة الضوء قبل الانعكاس.}$$

$$C' = \text{سرعة الضوء بعد الانعكاس.}$$

$$n = \text{عامل الانعكاس.}$$

ومن الممكن أن تنطلق الجسيمات ذات الطاقة المرتفعة بسرعة تساوي تقريباً سرعة الضوء، وخاصة حسب فكرته بأنها تنبعث من زاوية محددة وهذا ما نراه كإشعاع أزرق في منطقة التفاعل Core في مياه المفاعل النووي، وهذا ما يدل

على أن الإلكترونات تقطع سرعة الصوت أي أن سرعتها تساوي $V' = 0,75 V$ وتحدث هذه الظاهرة المرئية في قاع أحواض المفاعلات النووية.

11 النظائر The Isotope

1.11 نوى النظائر

هنا نعود مرة ثانية لنشرح ما تبقى من تفهم مدلول العناصر الكيميائية الموجودة في الجدول الدوري Period System الذي تكلمنا عنه سابقاً. ورأينا أن لكل عنصر في مكانه: عدد الكتلة الذرية A وكذلك العدد النظامي Z ، ولكن هنا يأتي السؤال هل عدد الكتل الذرية A يستطيع أن يحدد العنصر الكيميائي؟

قديمًا كان مؤكدًا أن عدد الكتل أو الوزن الذري A يحدد العنصر الكيميائي وكذلك تعلمنا من الجدول الدوري Period System أن المواد التي تضمحل هي العناصر التي عندها دائماً العدد النظامي Z المساوي $Z = 82$ ، وهذه في نهاية اضمحلالها العودة المؤكدة إلى عنصر واحد لا غير: عنصر الرصاص، ولكن هذا العنصر الذي يوجد منه عدة عناصر بنفس العدد النظامي Z نسميها النظائر the Isotope وهو دليل قاطع للمادة الكيميائية.

ما معنى نظائر بالمختصر المفيد؟

النظائر هي مواد العناصر التي تملك نفس العدد النظامي Z ، ولكن تختلف في الوزن الذري أو عدد الكتل A .

وجوابًا على سؤال طرح سابقاً هل عدد الكتل A يحدد العنصر الكيميائي؟

إن العلامة أو الرمز التي تدل على المادة الكيميائية - بعد دراسات كثيرة - ليست كما كان يعتقد قبلاً عدد الكتل أو الوزن الذري A ، بل العدد النظامي المعروف في كل الدراسات Z .

إن النظائر عامة لا يمكن فصل محتوياتها عن بعضها بالطرق الكيميائية، وهنا نلقي نظرة على نظير الرصاص Pb Isotope الذي عدده النظامي $Z = 82$ هذا النظير أنتج وبقي من بعد اضمحلال العناصر الطبيعية المشعة التالية - Radium

Uranium وكذلك ما تبقى منها مثلاً نظائر ال RaB , RaC , RaD إلخ. وهذا ما دل بعد الاختبار على أن هذه النظائر غير ثابتة، ونهاية اضمحلالها العودة إلى مادة الرصاص.

وأما ما وجده الفيزيائي الإنكليزي Aston في سنة 1912 أن عدداً كبيراً من العناصر الطبيعية يتألف من عدة نظائر، ومنها مثلاً نظير ال Chlor، فوجد هذا كذلك أن نظائر الكلور لا تتعلق بمكان وجودها، ومنها النظائر $^{37}_{17}\text{Cl}$ - $^{35}_{17}\text{Cl}$ التي وزنها الذري أو عدد كتلتها 35,417 وأما كذلك نفس العدد النظامي المساوي... $Z = 17$ أي أن هذا النظير مخلوط من مادتين طبيعيتين، أي مؤلف من نظيرين Isotope 2، والنسبة بين الاثنين تساوي 75,53 / 24,7.

2.11 نواة النظير الهيدروجيني Instope Hydrogen

وهنا كذلك يجب أن نلقي نظرة على نوى النظائر التي يتساوي كثير منها في عدد البروتونات، ولكن عدد النيوترونات غير متساوٍ.

هنا ندخل في موضوع مهم لنظائر الماء H_2O والهيدروجين ^1H والمياه الثقيلة D_2O :

إن مادة الهيدروجين توجد في المياه العادية، وعن طريقة عملية ال Electrolyzes نستطيع أن نستخرج المياه الثقيلة الموجودة في المياه العادية بنسبة 0,015%؛ وهذا ما يساوي في كل لتر نشربه من المياه العادية 0,15 gr مياه ثقيلة.

هنا لائحة عن نظائر الماء:

اسم الذرة = الهيدروجين	المياه الثقيلة Deuterium	فوق ثقيلة Tritium
رمز المادة = ^1H	$^2\text{H} = ^1\text{D}$	^3T
اسم النواة = Proton	Deuteron	Triton
العدد النووي = 1	2	3

ولكن نظير مادة Helium مؤلف من ست نظائر، وهنا نعطي مثلاً على النظائر المهمة المؤلفة من عدة نظائر ونسبية هذه النظائر:

مثلاً نظير الكلور Natural Chlorine الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:
 ^{37}Cl from 24,47% and ^{35}Cl from 75,53%

نظير الأكسجين Natural Oxygen الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:
 ^{18}O 0,20% and ^{17}O 0,04% and ^{16}O from 99,76%

نظير اليورانيوم Natural Uranium الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:
 ^{234}U 0,006% and ^{235}U 0,720% and ^{238}U from 99,274%
 هنا وجدنا بأن نوى النظائر متساوية في عدد البروتونات، وكذلك نفس العدد النظامي Z وإلى الآن عرف تقريباً 230 نظيراً طبيعياً منهم تقريباً 50 نظيراً مشعاً وكذلك 20 عنصراً صافياً غير مخلوط مثل:

Be , F , Na , Al , P , Au , Bi , etc

واللوائح التالية تدل على كل النظائر الموجودة في اللوائح السابقة:

Z			$^{12}\text{C} = 12$	Z			$^{12}\text{C} = 12$
0	n	1	1,00865	13	Al	27	26,98149
1	H	1	1,00782	14	Si	28	27,97688
	(D)	2	2,01409			29	28,97644
	(T)*	3	3,01604			30	29,97372
2	He	3	3,01602	15	P	31	30,97372
		4	4,00261	16	S	32	31,97202
3	Li	6	6,01512			33	32,97140
		7	7,01600			34	33,96841
4	Be	9	9,01219			35	34,96700
5	B	10	10,01294	17	Cl	35	34,96805
		11	11,00929			37	36,96584
6	C	12	12,00000	18	Ar	36	35,96749
		13	13,00333			38	37,96281
7	N	14	14,00547			40	39,96239
		15	15,00483	19	K	39	38,96364
8	O	16	16,00000			40*	39,96304
		17	17,00347			41	40,96473
9	F	18	18,00091	20	Ca	40	39,96271
10	Ne	20	19,99241			42	41,96089
		21	20,99381			43	42,96071
		22	21,99135			44	43,95962
11	Na	23	22,98972			45	44,96026
12	Mg	24	23,98501			46	45,95263
		25	24,98580	21	Sc	45	44,95570
		26	25,98254	22	Ti	48	47,88279
							45,95233

57

Z		A	¹² C = 12	Z		A	¹² C = 12		
22	Ti	47	46,951 67	36	Kr	83	82,914 08		
		48	47,947 87			84	83,911 53		
		49	48,945 82			86	85,910 68		
23	V	50	49,944 09	37	Rh	85	84,911 89		
		51	49,946 27			87	86,909 87		
		52	50,943 33			88	87,912 27		
24	Cr	50	49,944 11	38	Sr	88	85,909 47		
		52	51,940 41			87	86,909 08		
		53	52,940 62			88	87,905 80		
25	Mn	54	53,938 87	39	Y	89	88,905 83		
		55	54,938 04			40	Zr	90	89,904 50
		56	55,935 08			91	90,905 21		
26	Fe	56	55,935 08	92	91,904 52	94	93,900 02		
		57	56,935 55	96	95,908 04				
		58	57,933 05	41	Nb	93	92,906 80		
59	58,933 08	42	Mo			92	91,905 29		
60	59,930 43	94	93,904 52						
27	Co	61	60,929 81	43		95	94,905 53		
		62	61,927 64			96	95,905 09		
		64	63,927 81			97	96,906 12		
28	Ni	63	62,928 61	44	Ru	98	97,905 44		
		65	64,926 25			100	99,906 53		
		66	65,928 00			99	98,907 43		
29	Cu	66	65,926 98	45		101	97,906 01		
		67	66,927 22			100	98,905 4		
		68	67,925 12			102	99,903 8		
30	Zn	70	69,925 36	46	Rh	101	100,905 2		
		69	68,925 81			102	101,903 70		
		71	70,924 97			104	103,904 57		
31	Ga	70	69,924 14	47	Pd	105	102,904 71		
		72	71,921 03			102	101,904 94		
		73	72,923 27			104	103,903 21		
32	Ge	74	73,921 12	48		105	104,904 73		
		76	75,921 90			106	105,903 08		
		75	74,921 73			108	107,903 71		
33	As	74	73,922 60	49	Ag	110	109,904 52		
		76	75,919 32			107	106,904 03		
		77	76,920 02			109	108,904 72		
34	Se	78	77,917 43	50	Cd	106	105,905 85		
		80	79,916 51			108	107,903 20		
		82	81,916 64			110	109,904 17		
35	Br	79	78,918 41	51		111	110,904 19		
		81	80,916 45			112	111,904 42		
		78	77,920 21			113	112,906 17		
36	Kr	80	79,916 31	52		114	113,903 92		
		82	81,913 48			116	115,905 27		

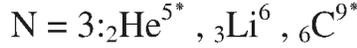
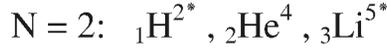
Z		A	¹² C = 12	Z		A	¹² C = 12
49	In	113	112,90423	60	Nd	142	141,90840
		115*	114,90554			143	142,90892
50	Sn	112	111,90468			145	143,91207
		114	113,90489			146	145,9123
		115	114,90501			148	147,9170
		116	115,90121			150	149,92112
		117	116,90455	62	Sm	144	143,9102
		118	117,90185			148	147,9143
		119	118,90336			149	148,91612
		120	119,90092			150	149,9157
		122	121,90350			152*	151,9190
		124	123,90516			154	153,92159
51	Sb	121	120,9036	63	Eu	151	150,91955
		123	122,9040			153	152,9208
52	Te	120	119,90440	64	Gd	152	
		122	121,90281			154	153,92080
		123*	122,90423			155	154,92183
		124	123,90372			156	155,9219
		125	124,90437			157	156,9213
		126	125,9030			158	157,92322
		128	127,9054			160	159,92691
		130	129,9065	65	Tb	159	
53	J	127	126,9045	66	Dy	158	
54	X	124	123,90600			168	
		126	125,9045			100	159,9250
		128	127,9038			161	
		130	128,90455			162	161,92548
		130	129,90332			163	
		131	130,90500			164	162,92631
		132	131,90538			165	164,9267
		134	133,90542	67	Ho	165	
		136	135,90884	68	Er	162	
55	Ca	133	132,9049			164	163,9296
56	Ba	130	129,90606			166	
		132				167	
		134	133,90419			168	167,93053
		135	134,90556			170	169,93534
		136	135,9073	69	Tm	169	
		137	136,90611	70	Yb	168	
		138	137,9049			170	
57	La	139	138,9063			171	
						172	171,92918
58	Ce	136	135,90707			173	
		138	137,90603			174	173, 6
		140	139,8044				
		142	141,90791	71	Lu	175	
59	Pr	141	140,90630	72	Hf	174	

Z		A	$M_0 = 12$	Z		A	$M_0 = 12$			
72	Hf	176	175,94037		(Ra G)	206	205,97211			
		177			(Ac D)	207	206,98000			
		178	177,94319		(Th D)	208	207,97552			
		179			(Ra D)	210*	209,98283			
		180	179,9408		(Ac B)	211*	210,9874			
73	Ta	181	180,9454		(Th B)	212*	211,99052			
		182	181,9480		(Ra B)	214*	213,99830			
74	W	183	182,9471	83	Bi	209*	208,9790			
		184	183,9476			(Ra E)	210*	209,98276		
		185	185,9513			(Ac C)	211*	210,986		
		186				(Th C)	212*	211,98989		
		187	185,9504			(Ra C)	214*	213,99723		
75	Re	188	187,9543	84	Po	(Ra F)	210*	209,98151		
		189	188,95710			(Ac C')	211*	210,98527		
		190	188,9570			(Th C')	212*	211,98748		
		191	189,9570			(Ra C')	214*	213,99532		
		192	191,9615			(Ac A)	215*	214,99808		
		193	192,9639			(Th A)	216*	216,00032		
		194	193,96237			(Ra A)	218*	218,00745		
		195	194,96444			(Ac An)	219*	219,00814		
		196	195,96514			(Th)	220*	220,00990		
		197	197,9661			(Ra)	222*	222,01605		
76	Os	198	196,96585	87	Fr	(Ac K)	223*	223,01107		
		199	198,96730			88	Ra	(Ac X)	223*	223,01695
		200	198,96834					(Th X)	224*	224,01879
		201	200,9701					(Ra)	226*	226,02286
		202	201,97112					(Ac Th ₂)	228*	228,02903
203	202,97248	89	Ac	(Ac)	227*			227,02628		
204	202,97046			(Ac Th ₂)	228*	228,02957				
205	204,97276			90	Th	(RaAc)	227*	227,02619		
206*	205,97473					(RaTh)	228*	228,02732		
207*	206,97539					(Th)	230*	230,03159		
208*	207,98064	(U Y)	231*			231,03473				
209*	208,98881	(Th)	232*			232,03857				
77	Ir	191	190,9605		(U X ₁)	234*	234,0421			
		192	191,9615		91	Pa	(Pa)	231*	231,03438	
		193	192,9639				(U Z)	234*	234,04146	
		194	193,96237				(U X ₂)	234**	-	
		195	194,96444				92	U	(U II)	234*
196	195,96514	(Ac U)	235*	235,04232						
197	196,96585	(U I)	238*	238,04625						
198	197,9661									
199	198,96730									
78	Pt	199	198,96730							
		200	198,96834							
		201	200,9701							
		202	201,97112							
		203	202,97248							
		204	202,97046							
		205	204,97276							
		206*	205,97473							
		207*	206,97539							
		208*	207,98064							
79	Au	200	198,96834							
		201	200,9701							
		202	201,97112							
		203	202,97248							
		204	202,97046							
80	Hg	200	198,96834							
		201	200,9701							
		202	201,97112							
		203	202,97248							
		204	202,97046							
81	Tl	203	202,97046							
		204	203,97248							
		205	204,97276							
		206*	205,97473							
		207*	206,97539							
	(Ra E')	206*	205,97473							
		207*	206,97539							
		208*	207,98064							
		209*	208,98881							
		204	203,97128							

11 - 3 نوى النظائر المسماة Isobar- Isetan

النظائر Isetan تعرف بترتيب نوى الذرات حسب عدد النيوترونات

من ميزاتها يوجد في نواها نفس أعداد النيوترونات وتختلف في ما بينها بعدد البروتونات، وكذلك بعدد الكتل أو الأوزان الذرية A، وكذلك تختلف بميزات كيميائية خاصة بها عكس نظائر الـ Isotope أي أن نظائر الـ Isetan يمكن فصلها عن بعضها البعض بالطرق الكيميائية ومنها النظائر التالية:

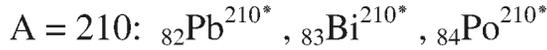


والنظائر المزودة برموز النجوم تدل على أنها مشعة.

النظائر Isobar تعرف بترتيب نوى الذرات حسب عدد الـ nucleon

من ميزاتها: يوجد عندها nucleon النوى متساوية، وكذلك يتساوى عدد الكتل أو الأوزان الذرية A، ولكن تختلف فيما بينها بالعدد النظامي Z، وتتساوى في نواها بعدد النيوترونات وكذلك تختلف بميزات كيميائية خاصة بها عكس النظائر الـ Isotope.

أي أن نظائر الـ Isobar نستطيع أن نفرصها عن بعضها البعض بالطرق الكيميائية ومنها النظائر التالية:



والنظائر المزودة برموز النجوم * تدل على أن النظير نظير مشع.

وهذه النظائر تدعم بقاعدة Mattauch التي تحدد وجود إثبات أو استقرار نوى

ذرات نظائر الـ Isobar القائلة:

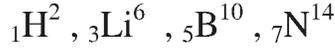
بأن نوى الذرات غير متساوية الأعداد unlike تملك في الحقيقة نواة مستقرة ثابتة، ولكن نوى الذرات متساوية الأعداد even من الممكن أن تكون أثبتت في الوقت الذي تفرق عدد شحنات النوى بوحدين 2 .

هنا نلقي نظرة على استقرار أو ثبات النوى The stability of nucleon

إلى الآن يوجد تقريباً 273 نواة مستقرة ثابتة، وفي هذه المجموعة يوجد 164 نواة أعداد بروتوناتها Z متساوية، وكذلك عدد نيوتروناتها N متساوية، وهذه العناصر نسميها (التدو بل) المتساوي، أي النوى التالية (g g) ومن هذا الصنف موجود على الأرض تقريباً 86 منهم مثلاً العناصر التالية:



والعناصر التي عندها (تدو بل) غير متساو (u u) في النيوترونات أو البروتونات ولكن عددها النظامي Z صغير مثل العناصر التالية:



وكذلك يوجد عناصر مستقرة ثابتة مبنية من نوى مزدوجة متساوية (g)even، وكذلك مزدوجة غير متساوية (u)unlike تقريباً ما يعادل ال 50 صنفاً. ومنها كذلك عناصر مبنية من نوى وكذلك بالعكس مزدوجة غير متساوية (u)unlike وكذلك مزدوجة متساوية (g)even، ويوجد من هذا الصنف 55 شكلاً ونوعاً ولكن يوجد من المجموعة عنصران غير مستقرين. ذكرها الفيزيائي Rutherford في عملية تحويل النوى ونظورها بالمعادلات التالية:



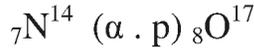
بروتون العنصر المنتج المادة المنتجة ما بين α المادة الأساسية

وعملية التفاعل هذه أعطيت بحالتين الحالة الأولى Quality والحالة الثانية Quantity.

والمقصود بالحالة الأولى عملية التفاعل مع الكميات المعطاة وما ينتج منها هنا المادة الأساسية نظير الأزوت N^{14} الذي يطلق عليه من نواة ال Helium جسيمة α .

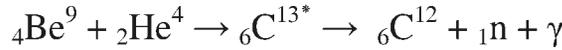
ومن تفاعل هذه العملية تنبعث نواة مشعة Fluor التي تضمحل وتنبعث من العملية نواة أوكسجين ونواة هيدروجين.

والحالة الثانية Quantity، المقصود بها الرموز التي توجد في أعلى أحرف المعادلة، تبقى غير متغيرة في كل عمليات التفاعلات لأنه في عملية تحويل النوى كل أحجار بناء النوى لم تتغير، وكذلك مجموع عدد الرموز الموجودة في أسفل أحرف المعادلة تبقى كذلك غير متغيرة والتي تساوي مجموع عدد شحنات النوى. وهذه العملية التفاعلية نختصرها بالمعادلة التالية:

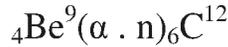


وهذه المعادلة نشرح تركيبها بالطرق التالية: الرمز N^{14} الموجود قبل الهلال من الجهة اليسرى يقصد به المادة البدائية الأساسية التي يقذف عليها جسيمة α الموجودة داخل الهلال، والحرف p هي الجسيمة التي انبعثت من عملية التفاعل بين الاثنين، والرمز O^{17} الموجود بعد الهلالين من الجهة اليمنى هي المادة المنتجة.

والمثل الثاني التفاعلي بين نظير ال Beryllium المقذوف كذلك بجسيمات α الذي وجده الفيزيائي J . Chadwich والذي غير به وجه الفيزياء وخاصة الفيزياء النووية بوجوده النيوترونات وهذا التفاعل نظره بالمعادلة التالية:



ونختصر هذه المعادلة حسب شرح المعادلة السابقة بالشكل التالي:



وحتى لا يمر علينا شيء من وصف وتفاعلات النوى لم نستوعبه بعد وهو وصف هندسة أشكال النوى الموجودة في العناصر والنظائر، فإن نوى الذرات تملك أشكالاً هندسية مختلفة منها الشكل الكروي وكذلك المسطح والأسطواني إلخ..

النوى ذات الشكل الكروي توجد في المواد التالية: ${}_2\text{He}^4$, ${}_8\text{O}^{16}$, ${}_{82}\text{Pb}^{208}$

النوى ذات الشكل الدائري المسطح توجد في: ${}_6\text{C}^{12}$, ${}_{14}\text{Si}^{28}$

النوى ذات الشكل الأسطواني Cigar توجد في: ${}_{10}\text{Ne}^{20}$, ${}_{12}\text{Mg}^{28}$

11. 4 نسبية كتل الذرات Relative Atoms masse

من المعروف قديماً وحديثاً أن الجسيمات مثل الإلكترون والبروتون والنيوترون تؤلف الحجارة البناءة لذرات ونوى كل المواد الموجودة، ولهذه الجسيمات ميزات خاصة بها والتي تحدد حالاتها وبنائها، منها الكتلة والشحنة والدوران الذاتي أو الغزل Spin وكذلك العزم المغناطيسي The magnetic moment وعدد شحنات ال Leptons وكذلك عدد شحنات ال Baryons والعمر النصفى $T_{1/2}$ ومدى متوسط حياة هذه الجسيمات .

ولشرح موضوع الكتلة:

نقول: كل جسيمة بدائية Elementary Particle تملك كتلة محددة ووحدة كتلتها بالوزن العادي تؤخذ بوحدة الكيلو غرام، ولكن نستطيع كذلك أن نعطيها وحدة فيزيائية بالرمز المعروف U. ووحدة الكتلة القديمة كانت مبنية أو تنسب إلى مادة الأوكسجين الطبيعي الذي وزن كتلته الذرية يساوي $A=16$ ، ومن المعروف بأن مادة الأوكسجين نظير يملك ثلاث حالات فيزيائية، أي ثلاثة أوزان ذرية وبهذه الكتل المتفرقة لحل الحسابات الفيزيائية وجدت صعوبات ونتائج متفرقة ولهذا أخذ في سنة 1961 قرار عالمي متفق عليه من اللجان العلمية الفيزيائية بأن تؤخذ كتلة الفحم C^{12} كوحدة فيزيائية غير كيميائية ككتلة نسبية لذرات كل المواد تساوي $C^{12} = 12$ أي أن نواة كل ذرة عندها كتلة M تساوي وحدة كتلة الذرة المختصرة $ME = AM = \text{Atomic masse Unit}$.

والمقصود بها أن كل وحدة 1 ME تساوي $1/12$ Relative Atom mass من نسبية كتلة الفحم C^{12} ، وكذلك أعطيت وحدة ال U المساوية المعادلة التالية:

$$1U = 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1} \cdot 1 / N_A = 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1} / 6,0221 \cdot 10^{23} \cdot \text{mol}^{-1} = \\ 1U = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

هنا نعطي مثلاً عامّاً لكتلة الجسيمة الراكدة m_0 التالية المعطاة بوحدة ال U حسب معادلة الكتلة الراكدة للجسيمة المتحركة تساوي: $m_0 = m_v \cdot \sqrt{1-(v/c)^2}$

مثلاً لنحول وحدات الكتلة الراكدة لجسيمات النيوترون والبروتون والإلكترون إلى وحدات U، الحل عرف سابقاً بالقسمة على عدد Avogadro المساعدة للحل في الأمثال التابعة لقسم الكتلة المفقودة Δm .

$$\text{Neutron } m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,008665 \text{ U}$$

$$\text{Proton } m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,007277 \text{ U}$$

$$\text{Electron } m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,548580 \cdot 10^{-3} \text{ U}$$

11 . 5 فرق مجموع الكتل أو الكتلة المفقودة Δm

حسب تفسير وشرح نظرية الفيزيائي الياباني H.Yukawa في سنة 1935 لقوى النوى Nucleon Power، وكذلك تبادل الـ Mesons Change، أعطي لوقتنا الحاضر من بعد الاختبارات والقياسات بأن النيوترون والبروتون ليسا من كيان واحد أو جسم متجانس في البناء Homage، بل كل واحد منهما يملك نواة خاصة بشحنتها أي أن البروتون يملك نواة إيجابية والنيوترون يملك نواة سلبية حتى تتماسك النوى يحيط بها غيمة أو ضباب من الـ Meson cloud تعطي طاقة لتماسك أو ترابط هذه الـ Nucleon's، ونحن الآن أولاً ننتقل من هذه النقطة لشرح وتفهم عملية ترابط الـ Nucleon's لتكوين كتل نوى غير معروفة عن طريق عملية الترابط Binding of Nucleons وكذلك في القسم التالي التابع لهذا الدرس نطرق عملية تفتت الـ Fission Nucleon's هنا - كما ذكرنا أولاً- نشرح عملية الترابط والفروق في الكتلة Δm التي تحدث حسب جمع وتماسك الجسيمات المعروفة التالية

لتكوين كتلة ذرة نواة m_x غير معروفة يجب أن نجمع جسيمات الـ Z= Proton للترابط مع جسيمات الـ N= Neutron التي تعطي المعادلة التالية:

$$m_x = Z m_p + N m_n$$

هنا إذا جمعنا جسيمتي بروتون مع جيمتي نيوترون نحصل على تكوين كتلة نواة أو بالأحرى ذرة مادة الهليوم المساوية مع الرموز $\text{Helium} = {}_2\text{H}^4\text{e}$

وكتلة هذا العنصر تساوي حسب ما أعطي سابقاً لكلل الجسيمات المعادلة التالية:

$$2 \cdot 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{kg} + 2 \cdot 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 6,6950 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

أما من بعد الاختبارات والمقاييس الفيزيائية الحديثة وجد بأن مجموع كتل نوى الهليوم أجمع تساوي الكمية التالية بوحدة الكيلو غرام:

$$m_{\text{He}} = 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

وهذا ما دلّ على أن وزن مجموع كتل نواة الهليوم أصغر من مجموع كتل الأحجار البناءة، أي عدد البروتونات والنيوترونات، وفرق الكتلة الموجود بين الاثنتين نسميه: الكتلة المفقودة.

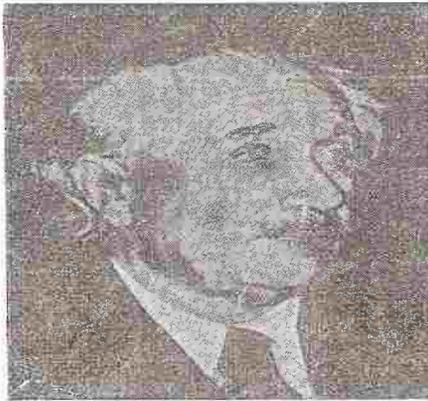
والمقصود بها الفرق ما بين الكتلتين المساوي:

$$\Delta m = Z m_p + N m_n - m$$

$$\Delta m = \sum m - M = 6,6950 - 6,6447 = 0,0503 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

ولشرح كيف فقدت هذه الكتلة المسماة الكتلة المفقودة Δm سوف نأتي على شرحها وتفسير عملياتها حسب ما يلي:

ولشرح وتفسير هذا النقص يجب أن نعود إلى قانون أينشتين القائل عن تساوي الكتلة مع الطاقة، أي أن الـ Nucleon's لما تتحد وتتماسك لتكون نواة جديدة لهذا يوجد فيما بينها قدرة طاقة مرتفعة أسماها أينشتين Potential energy، وهذه الطاقة بتقارب الجسيمات من بعضها البعض تصغر، وكذلك هذه الطاقة تضعف حتى الاضمحلال عندما تندمج هذه الجسيمات المتقاربة وتكون نواة ذرة، أي أنه في عملية هذا التماسك بين البروتون والنيوترون لتكوين نواة ذرة جديدة تصدر طاقة حرة Free energy، ونسمي هذه الطاقة طاقة التماسك أو طاقة الترابط، Coupling or Binding Power،



Albert Einstein (1879 bis 1955)

وبهذه العملية يضيع من قدرة الطاقة وكذلك من الكتلة وهذا يعود إلى قانون أينشتاين أي أنه في عملية التساوي ما يضيع من الطاقة في نفس الوقت يضيع من الكتلة، وهذه الكتلة الناقصة أو الضائعة نسميها الكتلة المفقودة Δm ولهذا نعود إلى ما قاله هذا العلامة أينشتاين.

(التعلق ما بين طاقة الترابط والطاقة المفقودة.. Δm في نواة الذرة يفسر بالمعادلة التالية):

$$E = \Delta m \cdot c^2$$

وهذه العملية حددت واختبرت بدقة أن الطاقة المفقودة لإنتاج نواة ذرة جديدة حددت نسبة أو مقياس طاقة التماسك أو ترابط جسيمات النواة لبناء نواة الذرة.

ومثالاً على ذلك نأخذ الكتلة المفقودة من عنصر الهليوم لبناء نواة الهليوم Helium وما يلزم لهذه العملية من طاقة لإنتاج ذرة الهليوم نعطيها بالمعادلة التالية:

$$E_{\text{He}} = \Delta m \cdot c^2 = 0,0503 \cdot 10^{-27} \text{kg} \cdot (2,99793)^2 \cdot 10^{16} \text{ m}^2 \text{ sec}^{-1}$$

$$E_{\text{He}} = 0,453 \cdot 10^{-11} \text{ J} = 28,3 \text{ MeV}$$

ملاحظة لمساعدة الحل حسب لائحة الوحدات

$$1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Wsec and } 1\text{Joule} = 1\text{W sec} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$

$$\text{Or } 0,453 \cdot 10^{-11} \text{ J} \cdot 6,24 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 28,2672 \approx 28,3 \text{ MeV}$$

وهذا ما يدل على أن كل واحدة من البروتون والنيوترون المساوية ال Nucleons المنتجة نواة الهليوم يلزم كل واحدة طاقة ترابط تساوي:

$$E_{\text{Nuc}} = 7,1 \text{ MeV}$$

وكذلك بالعكس لما يوجب تفكك أو تفتت أو بالأحرى انشطار نيوترون أو بروتون من نواة الهليوم يلزمنا كذلك طاقة للمجموعة تساوي: 28,3MeV .

وهذه الأمثال والدراسات المبسطة لعملية الترابط تدخلنا في عمق موضوع عمليات الترابط التي سوف نطرقها في الدرس التالي.

11 . 6 طاقة الترابط أو التماسك Coupling or Binding energy

إننا لما نتصور بناء الكون الذي بني من المواد البدائية أو الأولية للذرة، وكذلك في هذه العمليات الفيزيائية النووية ومن المؤكد أضاعت كل ذرة في إنتاج نواتها قسماً من الكتلة والطاقة، وهذا ما أعطي وشرح حسب قانون أينشتين القائل بتساوي الطاقة والكتلة والمعطي بالمعادلة التالية: $E = \Delta mc^2$ ، المحدد طاقة ترابط Nucleon's نواة الذرة وكذلك بالعكس لانفصال أو تفرق أجزاء هذه الـ Nucleon's يلزمنا طاقة تعادل طاقة الترابط.

وهنا نقدر بأن نقول بأن طاقة الترابط بين جزيئات نواة الذرة ليست إلا قياس Mass للتماسك والارتباط.

ومن المعروف والعادي في الفيزياء النووية بأن يعطى لطاقة الترابط وحدة MeV، وفي القسم السابق تكلمنا عن وحدة الكتلة الذرية AMU Atomic masse وهذه التي لم تكن إلا نسبة حسب Avogadro في غرام واحد من أي مادة كانت يوجد: $6,0221.10^{+23}$ نواة ذرة أي ما يساوي معادلة النسبة التالية المعطاة بالغرام:

$$AMU = 1 / 6,0221.10^{23} [gr]$$

هنا إذا أخذنا معادلة أينشتين المساوية $E = \Delta m c^2$ ، ووضعنا وحدة AMU في المعادلة، في الوقت الذي نأخذ محل (1) $6,24.10^5 \text{ MeV} = 1 \text{ erg}$ فتصبح المعادلة تساوي وحدة الطاقة MeV:

$$E = \Delta m c^2 = (3.10^{10})^2 . 6,24.10^5 / 6,0221.10^{23} = 931 \text{ MeV}$$

أي وحدة الكتلة الذرية المطلوبة:

$$1AMU = 931 \text{ MeV}$$

ولهذا نعطي حلاً في المثل التالي: هنا نأخذ وحدات كتل كل جزيئات نواة مادة الرصاص بالوحدات الذرية، أي بوحدات U وليس بوحدات الكيلوغرام.

المطلوب: معرفة طاقة ترابط نواة مادة عنصر الرصاص $^{207}_{82}\text{Pb}$ التي مجموع قيم كتل جسيماته الذرية البدائية تساوي $m = 207,9755 \text{ U}$.

يجب أولاً معرفة مجموع كتل ال Nucleons الموجودة في ذرة الرصاص ${}_{82}\text{Pb}^{207}$

$$N = A - Z = 207,9755 - 82 \approx 126$$

$$\Sigma m = (82.1,00727)+(126.1,00865)+(82.0,00055) = 209,73114 \text{ U}$$

$$\Delta m = \Sigma m - m$$

$$\Delta m = 209,73114 - 207,9755 = 1,7556 \text{ U}$$

وطاقة الترابط لوحدة ذرة الرصاص تساوي المعادلة التالية:

$$E_{\text{Pb}} = 1,7556 .931\text{MeV} = 1635 \text{ MeV}$$

وطريقة حل طاقة الترابط Δm عن طريق وحدات الكيلوغرام تساوي الحل

التالي:

$$1\text{U} = 1,66055.10^{-27}\text{kg} \text{ and } 207,9755\text{U} = x \text{ kg}$$

$$x = 207,9755\text{U} . 1,66055.10^{-27}\text{kg} / \text{U} = 3,453537.10^{-25}\text{kg}$$

$$\Sigma m=(82.16726.10^{-27})+(126.1,6749.10^{-27})+(82.9,1095.10^{-31}) =\text{kg}$$

$$= 1,371532.10^{-25} + 2,1110374.10^{-25} +7,46979.10^{-29}$$

$$=3,483316.10^{-25}$$

$$\Delta m=3,483316.10^{-25}\text{kg} - 3,453527.10^{-25}\text{kg} =0,029789.10^{-25}\text{kg}$$

$$E_{\text{pb}} = \Delta mc^2 = 0,0297.10^{-25}\text{kg} . 2,99793^2.10^{16}\text{m}^2\text{sec}^{-1} =$$

$$= 0,0297.10^{-25} . (2,99793)^2.10^{16} =2,66.10^{-10} \text{ Joule}$$

$$E_{\text{pb}} = 2,66.10^{-10} . 6,24.10^{18} = 1650 \text{ MeV}$$

وهنا الفرق في النتيجة بين 1635 و 1650 لم يكن إلا فروق الحل بين وحدات

الكتل بالكيلوغرام ووحدات U، والحل الحديث بوحدات الكيلوغرام هو الأفضل.

7.11 طاقة ترابط الجسيمات Nucleons في نواة الذرة

إن هذه الطريقة التي اتبعناها في القسم الأول لحل طاقة الترابط لجزيئات النواة،

أي المقصود بها Nucleon's نواة الذرة أي أن هذه الطريقة يمكن أن تستعمل

كنموذج لمعرفة طاقة الترابط في نوى كل المواد المعروفة وهذه العملية أظهرت لنا

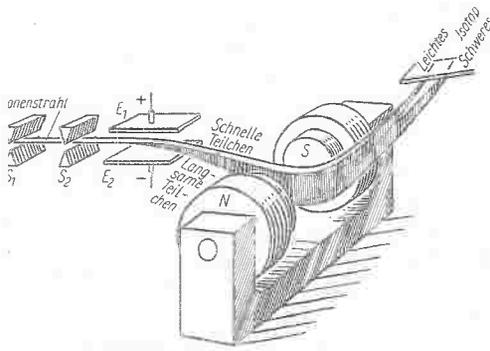
أن الكتلة المفقودة وكذلك طاقة الترابط يرتفعان بارتفاع كتلة الذرة وعملية الحل

أظهرت لنا كذلك شيئاً مهماً يجب أن نأخذه بعين الاعتبار في الفيزياء النووية هو أن قيمة الترابط النووي لكل Nucleons من نواة الذرة والتي وجدناها بحل عملية معرفة طاقة الترابط بين جسيمات Nucleons نواة الهليوم Helium المساوية تقريباً $7,1 \text{ MeV}$ ، وهي قيمة طاقة الترابط المتوسطة لنوى العناصر ذوات الكتل المرتفعة أو الثقيلة، وهنا نستطيع أن نقول بأن طاقة الترابط تساوي في داخل النواة تقريباً: 8 MeV .

11 . 8 انفصال النظائر Isotopes separation

11 . 1.8 الوزن أو القياس التطبيقي للكتل The Masse Spectrograph

لوصف جهاز يقوم بعملية انفصال الجسيمات البدائية نأخذ أنبوباً موجوداً به لوحتان مملوءاً بالغاز الرقيق، ولما يحدث بين اللوحتين الاثنتين عملية تشع عن طريق توتر كهربائي عالٍ للطاقة، معطى بين الـ Cathode والـ Anode الناتج عن طريق التفريغ Glimmer discharge، وبهذه العملية تتطاير من فتحات



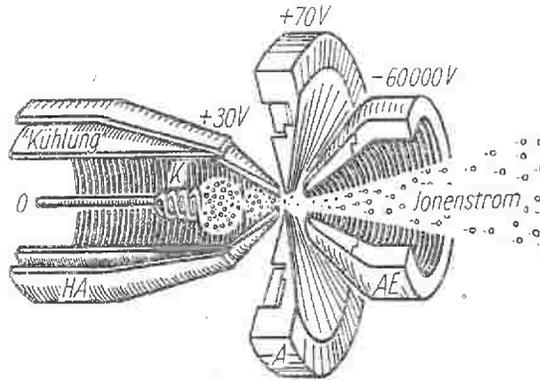
لوحه Cathode أيونات غاز إيجابية حسب كتل هذه الجسيمات وسميت عملية تطاير الجسيمات المتطايرة بعملية قناة الإشعاع channel Ray حسب كتل الخمول المقصود بها Inertia Masse بسرعة مختلفة، ولوزن أو قياس جسيمات غير معروفة من نظائر مواد مشعة خاصة محددة بالاسم Determinate Isotope

تملك كتلاً مختلفة ولذلك نسمي هذا الجهاز الذي أوجده وطوره في سنة 1919 الفيزيائي الإنكليزي Aston بالـ Masse Spectrograph الذي يستعمل لوزن كتل الإشعاعات النووية

وبمساعدة هذا الجهاز وجد Astron كما ذكر قبلاً النظائر الثنائية لمادة ال

³⁷CL₁₇ .

هنا نعطي صورة نموذجية لجهاز ال Masse spectrograph وهذا الجهاز طور وحسن كذلك من Aston حتى أصبح هذا الجهاز قادراً على وزن جزيئات الأيونات الإيجابية التي تملك نفس الكتل ولكن مختلفة السرعة، تقع على نقطة واحدة على فلم حساس وحديث على شاشة إلكترونية، وكذلك في ذلك الوقت الأيونات التي تملك نفس الشحنة ولكن مختلفة الكتل تقع على غير محل من الفلم الحساس، ولكن هذا الجهاز المساعد لقياس النويات في المدة الأخيرة حسن ونظم حتى أصبح قابلاً لوزن وقياس النظائر الصافية غير المخلوطة، وكذلك لربح وقياس أكبر كمية وهذا التطور في الجودة ساعد به الفيزيائي الألماني M.von Ardenne وأعطى لهذا الجهاز الحساس الجديد المتطور اسم غير الاسم القديم Uno plasma tron فأصبح مرتفع القدرة بعد تزويده بين لوحتي ال Cathode والـ Anode بتوتر كهربائي خفيف، بعكس توتر التفريغ الكهربائي المرتفع الذي استعمل قبلاً كعملية تفريغ كهربائي معروف Glimmer discharged وبعد ذلك التطور الملموس حسن هذا الجهاز أخيراً وسمي بجهاز Duo plasma tron، بعد أن زود كذلك بلوحة Anode ثنائية مساعدة للأولى وأصبح هذا الجهاز قادراً على أخذ أو استيعاب تيار كهربائي يساوي 100 m.Amp ومن ميزاته كذلك أنه يستطيع أن يسرع ويقيس قيم عدد كبير من أصناف الأيونات من الشكل 3 إلى 4 إلخ..



11 . 2.8 التحليل الكهربائي Electrolyze والتخصيب عامة

تخصيب المياه الثقيلة D₂O

عامة إن نسبة الكتل واحد إلى اثنين 1 / 2 في المواد لا توجد إلا في مادة الهيدروجين المعروفة H₂ أو الديوتاريوم Deuterium = D₂O وفصل نسبة هذا الخليط في المادة بسيط جداً ولكن غالي الكلفة وعملية الفصل هذه Electrolyze أخذت قديماً لفصل أو تخصيب كمية كبيرة من المياه الثقيلة أي لفصلها من المياه العادية. ومثالاً على ذلك الفصل عن طريق هذه العملية لتخصيب غرام واحد من المياه الثقيلة أخذ مائة لتر مياه عادية، وللعملية أوجب طاقة كهربائية مرتفعة تساوي 1000 kwh وهذه الطريقة لا تستعمل لتخصيب إلا مواد بالنظر لتفارق كتل المواد التي هي غير مناسبة لهذه العملية مثل مادة الهيدروجين.

مميزات المياه الثقيلة والمياه العادية والفرق بينهما

خاصية	المياه العادية H ₂ O	المياه الثقيلة D ₂ O
الكثافة في 20c°	0,9982 gr/cm ³	1,1057 gr/cm ³
الكثافة في ..	1,000 gr/cm ³ for 4c°	1,1059 gr/cm ³ for 11,6c°
حرارة الذوبان 1013 mbar	0c°	+3,82c°
حرارة الغليان 1013 mbar	100 c°	101,43c°

إن المياه الثقيلة موجودة بقلّة في الطبيعة، نسبتها إلى المياه العادية 7000/1 والمياه الثقيلة تستخرج عن طريق التقطير بكميات قليلة، مثلاً لتقطير حجم 60 cm³ مياه ثقيلة نحتاج حجم 100 لتر من المياه العادية..

11 . 3.8 التخصيب بطريقة التقطير The Distillation Methods

هذه الطريقة، أي طريقة التقطير المعروفة من آلاف السنين، استعملت كذلك لتخصيب المياه الثقيلة عن طريق غليان المياه العادية لدرجة التبخر، وتقطير المياه الثقيلة منها عن طريق التقطير.

في الوقت الذي المياه الثقيلة D_2O نقطة غليانها مرتفعة و Concentration، ونتيجة تجميع كمية المياه الثقيلة بهذه الطريقة المتبعة قديماً، أي التقطير، كانت صغيرة جداً، ولهذا طلبت لجنة الطاقة النووية في ذلك الوقت من منتجي المياه الثقيلة كمية كبيرة ونقاوة تساوي 99.8%، ولهذا طورت الطريقة القديمة بطريقة جديدة سميت Fraction Colon، أي التقطير المتوازي من عدة أجهزة، الأمر الذي يلزم طاقة كهربائية قليلة لإنتاج كمية كبيرة من المياه الثقيلة بسعر معقول للتر الواحد وتبعاً لذلك وجد عدد من الطرق المستعملة حديثاً يوجد شرحها في المراجع العلمية.

4.8 .11 التخصيب بطريقة الترشيح Diffusions

حسب عمليات الترشيح العادية وجدت عمليات تخصيب اليورانيوم، وهذه الطريقة الطبيعية المعروفة كذلك قديماً لتبريد مياه الشرب عن طريق ترشيح الماء من مسام أباريق الفخار، فإنه كذلك علمياً من المعروف بأن الغاز الخفيف له الخاصية ذاتها Propriety أي عملية الترشيح Porous، فإنه كذلك يرشح من مسام أوعية مادة الفخار أسرع من الغاز الثقيل ومثالاً على ذلك: إذا ملأنا وعاء أسطوانياً من مادة الفخار مغلقاً غير مقزز أو مطلي بمادة الزجاج بمادة غاز الإضاءة الخفيف الذي يتسم بسرعة ترشح من مسام الفخار أسرع من الهواء، ولهذا السبب ومن المعروف كذلك بأن كل مادة غازية موجود بها هيدروجين بها خاصية الترشيح أو الخروج من مسام مادة الفخار إلى الهواء.

ولهذا السبب استعملت هذه الطريقة من الأميركيين في الحرب العالمية الثانية لتخصيب عنصر اليورانيوم U^{235} الذي استعمل كحشوة تفجير لأول قنبلة ذرية أبادت آفاقاً من اليابانيين.

وهذه الطريقة كانت المتبعة للحصول على اليورانيوم النقي المخصب في ذلك الوقت، أي أنه استعملت مادة اليورانيوم المؤلفة من عنصر UF^6 القابلة للتبخر

كغاز، وهذه المادة الغازية تنفخ في أوعية طاردة كبيرة عديدة تفوق 5000 وعاء مصنوعة من مادة الفخار غير المقرز ذي المسام الكثيرة، وهذه العملية تبعاً لخاصية الترشيح أنتجت الكميات اللازمة لصنع القنبلة الذرية الأولى وغيرها وهذه الطريقة من الممكن أن يتبعها اليوم علماء النقل بدون تعب وتفكير لحكومة بلاد العجم المغفلين والمتعطشين لتخصيب اليورانيوم وبناء القنبلة الذرية وعلى ما يظهر منهم لتخريب العالم.

5.8.11 طريقة الترشيح الحراري للتخصيب

The Thermos Diffusion

إن هذه الطريقة غير القديمة المبنية على نفس نظام الترشيح والمتبعة في كثير من البلدان التي تملك تقنية تخصيب اليورانيوم عن طريق الترشيح الحراري، وبهذه الطريقة يوفر آفاقاً من أجهزة الفخار وغيرها.

وعملية الترشيح هذه تحدث في وعاء مستطيل الشكل، ارتفاعه يعادل 20 متراً، في داخله قضيب من مادة الـ Platinum يستعمل كمقاوم للحرارة وتبخّر مادة عنصر الـ UF^6 كغاز. وهذا الجهاز حاو طبقة محيطة به بالمياه للتبريد، وبعملية التبخر السريع لعنصر الـ UF^6 الذي يحدث عن طريق حرارة القضيب المرتفعة، هنا جزيئات النظير UF^6 المبنية من نظير غاز ثقيل ونظير غاز خفيف؛ فنظير الغاز ذو الكتلة الثقيلة يسقط إلى أسفل الجهاز ويبرد، وغاز النظير ذو الكتلة الخفيفة الحار يصعد إلى أعلى الجهاز وهذا المسار يحدث حسب فيزياء الهواء، ومسار الهواء البارد والساخن الخفيف ونموذج هذا الجهاز نظهره بالصورة الموضحة.

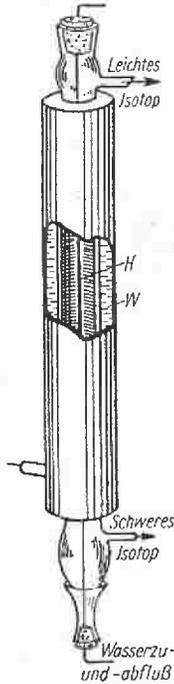


Bild 125. Schema des Trennrohres, H Heizdraht, W Wasserkühlung

وكذلك لقد وجد لعملية التخصيب عدة طرق حديثة غير التي ذكرت، ومنها المتبعة حالياً وهي عملية تطاير جسيمات الغاز المبخر UF_6 أي ال Centrifuge بدوران جهاز الفصل بسرعة عالية تتعدى ال 40000U/min دورة في الثانية، أو بالطريقة الروسية المسماة علمياً N15، وكذلك بطريقة B10 وما يتبع التخصيب بالتفاعل الكيميائي في تبادل العمليات أي ما يسمى Chemical Chang Reaction، أو عن طريق تسارع الأيونات في التحليل الكهربائي Electrolyze الخاص للتخصيب النووي.

12 تحويل أو تغيير نوى الذرات بالطرق الاصطناعية

من بعد اكتشاف العناصر المشعة التي ذكرت سابقاً Radio active Elements وكذلك النظائر Isotope، قادت هذه الاكتشافات إلى عمليات معروفة وتعمق بعلم وبناء المواد ولكن وجد في العناصر الكيميائية وكذلك في النظائر الكيميائية بأنها مواد طبيعية لا يمكن تحويل نواهم اصطناعياً ولكن وجد بعد اختبارات مدام كوري وغيرها من الفيزيائيين بأن العناصر أو المواد بعد الخبرة التي تملك عدداً نظامياً Z وكذلك المواد التي تملك العدد النظامي وكذلك العدد الذري ممكن تغيير وتحويل نواهم بالطرق الاصطناعية ولعمل هذا التحويل أو تغيير النوى يلزمنا قذف المواد الواجب تحويلها بجسيمات ذوات طاقة حركية وسرعة مرتفعة، وهذه الجسيمات ذوات الطاقة والسرعة المرتفعة لا توجد في الطبيعة ويجب أن نوجدهم وننتجهم بالطرق التكنولوجية الفيزيائية.

1.12 إنتاج الجسيمات السريعة عن طريق المسرعات

في الحقيقة إن إنتاج الجسيمات غير صعب؛ ومثلاً إذا عدنا إلى ما ذكر وشرح قبلاً عن طرق إنتاج جسيمات الإلكترونات عن طريق تحمية لوحة نسميها Cathode التي تثبت وتعطي جسيمات كثيرة، وكذلك لإنتاج أيونات أكبر قيمة، فإنه من الممكن إنتاجهم بكمية كبيرة من منبع أو من جهاز الأيونات الذي ذكر قبلاً Masse Spectrograph، أو عن طريق المسرعات والمقصود بإسراع الجسيمات أن هذه الجسيمات عندما تمر في حقل كهربائي موجود في جهاز مبنى خاصة للتسارع، تتسارع الجسيمات حسب تركيب وبناء هذا الجهاز المسرع حتى تصل إلى السرعة والطاقة المطلوبة أو المفروضة، وبعملية قذف هذه الجسيمات ذوات

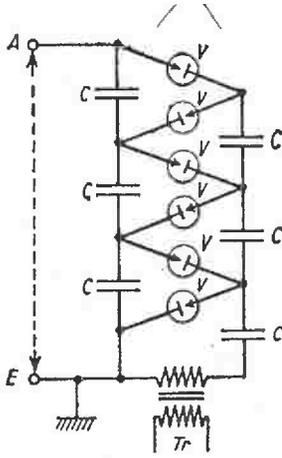
الطاقة والسرعة المرتفعة على نواة ذرة مادة نريد تحويلها نحصل على نواة محولة متغيرة وهذه الطريقة تتبع لتحويل كل المواد ذوات النوى المعروفة وغير المعروفة.

1.12 توتر الجهد الكهربائي المرتفع المسرع للجسيمات البدائية

high-tension Linear Accelerator

قبل أن ندخل في بناء وشرح أجهزة إسراع الجسيمات، نلقي نظرة على طرق إنتاج حقول التوتر الكهربائي المرتفع للتيار المتساوي في المسرعات القديمة كان معروفاً عامة المولد للتيار المتساوي مولد van der Graff، وهذا المولد من أقدم ما أخذ لإنتاج التوتر العالي للتيار المتساوي.

قديمًا كان أنبوب التسارع موصولاً بطاقة كرة هذا المسرع، و على سطح هذه الكرة الملساء التي نصف قطرها يساوي 80 سنتم كان يسير توتر جهد عالٍ متساوٍ يساوي تقريباً 30 000 Volt، بتيار يساوي 0,75 m Amp وعن طريق تكبير نصف قطر الكرة إلى $r = 100 \text{ cm}$ يصبح التوتر يساوي ما يعادل بوحدة الفولت حسب الحل التالي $U = E \cdot r = 30 \cdot 10^3 \cdot 100 = 3 \cdot 10^6 \text{ V}$.

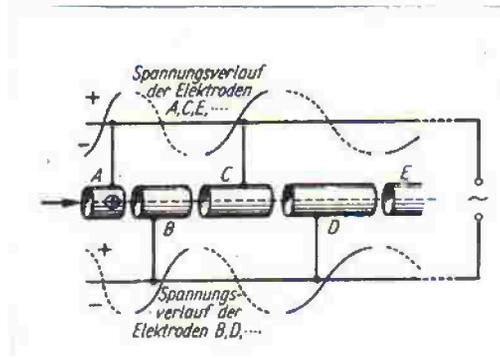


Kaskadenschaltung Greinacher

ولصعوبات ضخامة المولد جاء الكهربائي الألماني Greinacher وطور وصمم مولدًا مصغراً للتوتر والتيار العالي عن طريق المكثفات Condenser والمحولات Rectifier، أسماه المولد الشلال Cascade Generator وهذا المولد صمم للتوتر والتيار العالي، فالشحنات السلبية تأخذ الطريق السفلي للمكثفات، ولكن كل المكثفات تشحن في طبقتها العليا بشحنة إيجابية، وبهذه الطريقة توصل إلى أن كل مكثف يصل بشحنته بارتفاع يعادل توتر مخرج توتر المحول بقدر أكبر بمرتين.

12. 2.1 المسرع الخطي المتتابع Repeated Linear accelerator

في هذا الجهاز تسرع الجسيمات على مسار طوله تقريبًا 13m عن طريق التفريغ الكهربائي Discharged بالتدرج لأنابيب موجودة متقاطعة في صف خلف بعضها البعض، وهذه الأنابيب تستعمل كاللوحات Electrode، وهذه موصولة بعملية تبادل أقطاب مسيرة من محطة تردد Frequent Generator، كما يظهر بالصورة النموذجية التالية:



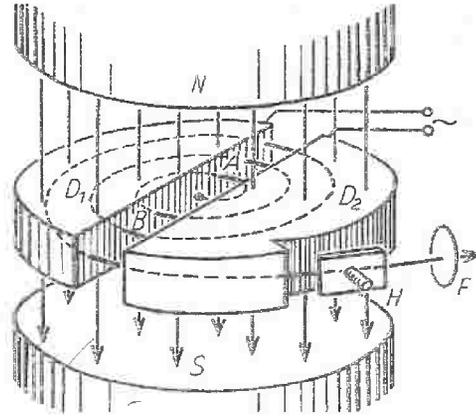
هنا عملية التسارع تحدث بتسارع الجسيمات من لوحة أنبوب إلى التالية. مثلاً: عندما تقطع الجسيمات البدائية أنبوب اللوحة A يرتفع ويتغير التوتر في لوحة هذه الأنبوب من سلبى إلى إيجابى بارتفاع عال، وعندما تخرج هذه الجسيمات من الأنبوب A تصبح إيجابية ولكن لوحة أنبوب B تصبح سلبية، ولهذا لما الجسيمات تمر في لوحة أنبوب B تتبدل عن طريق مولد التردد وتصبح إيجابية في الوقت الذي لوحة أنبوب C الموصولة بلوحة أنبوب A تصبح لوحة أنبوب C في هذا الوقت سلبية وهلم جرا.

وبهذه العملية تتسارع الجسيمات وتعالى سرعتها من لوحة الأنبوب التابعة وطول طريق مسار مجرى التسارع متعلق بالتردد الموجي المرتفع المسمى علمياً بالتردد Decimeter Wave .

12. 3.1 جهاز التسارع الـ Cyclotron

هذا الجهاز طوره وبناه الفيزيائي الأميركي Lawrence في سنة 1932، وهو من الأجهزة المسرعة ذات الأهمية التقنية الكبرى بالنسبة لتقنية الجهاز المسرع

الخطي في هذا الجهاز تجبر الجسيمات على الدوران على مسار حلزوني الشكل Spiral form، الذي بدوران الجسيمات هنا يؤلف ويعادل مسار مسافة طريق طويلة، والمهم في هذا الجهاز هو القسم العامل الإلكترومغناطيسي الذي يساوي وزنه أو كتلته ما يقارب 7000 t هذا الجهاز موجود في روسيا Dubna وبين قطبيه يوجد غرفة مستديرة الشكل مزودة بعملية مضغ شفط تسحب وتنظف بدون انقطاع الغرفة من الغبار والهواء وهذا المسرع نظهره بالصورة النموذجية التالية:



وهذه الغرفة المعدنية التي شكلها يشبه شكل علبة مستديرة مشطورة أو مقسومة إلى قسمين؛ نصف العلبة الأول D_1 والقسم الثاني D_2 متصلين بمحطة إرسال على الموجة القصيرة $12 \cdot 10^6$ Hz، حتى كل نصف غرفة أو بالأحرى علبة تتغير شحنتها بالتناوب من إيجابية إلى سلبية ويوجد في نصف الغرفة في الشق ما بين القسمين لوحة Cathode موجودة تحت تيار مرتفع تنتج كمية كبيرة من الإلكترونات. وعندما يطلق إلى داخل هذا الجهاز مثلاً هيدروجين أو دوتاريوم Deuterium على شكل رذاذ فإن ذرات أو جزيئات هذه الجسيمات تصطدم بالإلكترونات فينتج عملية تأين ياقى من Deuterium, Proton ولما يقطع العامل الإلكترومغناطيسي تتحرك الجسيمات بسرعة مرتفعة على مسار مسطح دائري، في الوقت الذي نصف قطر المسار الدائري يكون متعلقاً بسرعة الجسيمات وهنا كل

قسم في الغرفة له وظيفته، مثلاً نأخذ النقطة A ونصف الغرفة أو العلبه D_1 الموجودة على الشمال، وفي اللحظة التي تكون شحنة هذه الغرفة أو نصف العلبه سلبية تجلب الجسيمات التي دفعتها نصف العلبه أو الغرفة D_2 الموجودة على اليمين إليها، وهذه الجسيمات تتسارع في نصف الغرفة الموجودة في الشمال D_1 على مسار نصف دائري وتصل إلى مكان نقطة B، وهنا ترددات محطة الإرسال تغير شحنة نصف الغرفة التي على اليمين لتصبح شحنتها سلبية، فالجسيمات تأتيها قوة دفع ثانية وهذه العملية تتتابع مجدداً. وهذه الجسيمات بتحركها الدائري كلما أسرعت يتوسع مسارها الدائري، وتدور هذه الجسيمات على مسار طريق حلزوني الشكل Spiral form بسرعة مرتفعة، والتحرك الدوري لهذه الجسيمات يبقى منظماً حسب تردد محطة الإرسال، ولكن لما التيار المتناوب يرتفع إلى عدد مرتفع مثلاً إلى ما فوق 100 000 Volt تتصاعد كذلك عدد الدورات إلى مائة مرة أكثر، وتعطي طاقة حركية Kinetic energy للجسيمات المتسارعة تساوي تقريباً 10 MeV، وفي نهاية المسار فإن حزمة هذه الجسيمات المتسارعة بمساعدة لوحة الـ Electrode H تتحرف وتخرج من الشباك المحدد F إلى الخارج، وهنا تظهر كشمعة منيرة لأن هذه الجسيمات السريعة الخارجة إلى الهواء تؤين الهواء وتشتت.

وهذا الجهاز أي الـ Cyclotron الذي أتينا على وصفه قادر كذلك على أن ينتج بروتونات بطاقة حركية تساوي 680 MeV، وكذلك Deuteron بطاقة تساوي 350 MeV، وكذلك نيوترونات بطاقة تساوي 100 MeV، وما تبقى كذلك أيونات هيدروجين بطاقة مرتفعة تتعدى الـ 750 MeV. وهنا إذا أتينا للمقارنة بين ما ينتجه هذا الجهاز وما ينتجه جهاز المسرع الخطي Linear Accelerator وكذلك ما تعطيه مادة الـ Radium من طاقة لجسيمات α المساوية تقريباً 9 MeV، هنا نجد ونرى الفرق الكبير بإنتاج الطاقة الحركية للجسيمات. ولكن لقد ذكرنا بأن المسرع الخطي وكذلك Cyclotron ينتجان نيوترونات ولكن بأية طريقة؟ فإن إنتاج النيوترونات عامة عن طريق المسرع الخطي أو الـ Cyclotron، فهذان الجهازان عامة ينتجان Deuteron بطاقة وسرعة مرتفعة،

وعندما تقذف جسيمات هذه الـ Deuteron وتصطدم بهدف في داخل المسرع أو خارج المسرع من مادة خاصة نوى ذراتها مثلاً Beryllium Target تتشطر عن طريق تسارع جسيمات الديتوريوم السريعة إلى بروتون ونيوترون، فأما البروتونات نستطيع أن نحيدها ونحرف طريقها بالطاقة المغناطيسية إلى غير اتجاهها والنيوترونات الحيادية التي لا تؤثر عليها لا طاقة مغناطيسية ولا كهربائية تخرج بتيار قوي والمؤلف البروفيسور الدكتور سليم مراد حضر أول اختباره لأطروحته المبنية على التصوير بالنيوترونات السريعة على المسرع الخطي المنتج للنيوترونات الذي ساعد في بنائه مع الطلاب والاختصاصيين من الدارسين الموجود في كلية الهندسة العليا مونيخ T.U.M Garching، ولهذا استعمل قدرة النيوترونات المرتفعة لأطروحته الأولى من هذا المسرع.

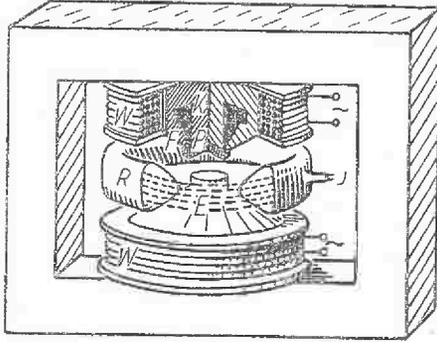
4.1.12 الجهاز المسرع Synchrony Cyclotron

هنا لا نعيد ما سبق وشرح عن جهاز الـ Cyclotron، ولكن نذكر ما هو الفرق بين الاثنين؛ فعندما تقارب سرعة الجسيمات سرعة الضوء حسب قانون نسبية أينشتين تكبر أو ترتفع كتلتها، ولذلك تصل متأخرة إلى الشق الموجود بين قسمة D_1 and D_2 ، أي نصفي الغرفة أو العلبة، وفي هذا الجهاز يوجد قسم من نوعية الأيونات يساعد كذلك على التأخر، أي يصبح وصول الجسيمات متأخرًا لما قدرة الحقل تصبح صفراً ومن هذه اللحظة سرعة الجسيمات لا تعود للارتفاع ولكن تتأرجح سرعتها في وسط القيمة المطلوبة، ومن الممكن ارتفاع السرعة ولكن عن طريق تغيير ترددات حقل الإرسال لتعديل تحرك الجسيمات وعن طريق التأخر تعطي حصيلة سرعة أصغر، ولكن طاقة الجسيمات ترتفع تقريباً إلى طاقة تساوي 1000 MeV.

5.1.12 جهاز الـ Betatron

جهاز الـ Betatron أو المسمى كذلك مسرع الإلكترونات؛ وهذا المسرع بني وصمم على مبدأ أو طريقة المحول Trans من ملفين بينهما أنبوب كبير الحجم بشكل سيجار مفرغ من الهواء، وأما الجسيمات أو الإلكترونات التي يجب أن تسرع في هذا المسرع، أي الأنبوب، تنتج عن طريق تحمي لوحة Cathode وكذلك

بوجود توتر مرتفع على لوحة ال Anode يساوي تقريبًا 1000V وحسب الأقطاب ذوي الشكل الدائري وكذلك شكل الأنبوب بمساره الدائري تجبر الإلكترونات عن طريق الحقل على أن تسير بشكل دائري متساو متعلق بشكل الأنبوب بحيث إن هذه الإلكترونات لا تلامس في تحركها حائط الأنبوب. والحقل الذي يقوم بهذه العملية نسميه حقل التوجيه أو القيادة، وفي كل مرة لما هذا الحقل يقطع لوقت قصير تنطلق وتخرج الإلكترونات بسرعة من الأنبوب إلى الخارج.



Schema des Betatrons

- K Mittelsteg des Transformatorkerneln
- P Polschuhe aus Sirufer
- F ringförmige Polschuhe für das Führungsfeld
- R ringförmige Vakuumkammer
- E Elektronen-Ringstrom
- W Magnetwicklung
- J Zuleitung zur Glühkatode und Anode

وبوجود الحقلين المغناطيسيين المختلفين غير المتساويين والذي كل واحد منهما له وظيفته الخاصة؛ فأما نوى الحقل الموجود في النصف الداخلي ينتج أو يخلق تياراً دائرياً لعاصفة من الإلكترونات يجبر تسارعها عن طريق التأثير المغناطيسي المقصود به Induction reaction، وأما الحقل الموجه أو القائد يعمل لتحرك وتسارع

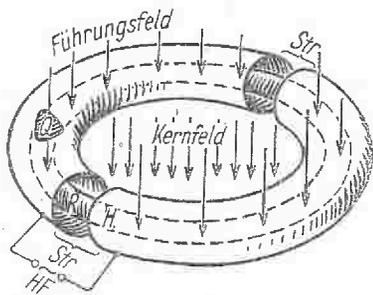
الإلكترونات بنفس عملية التسارع في جهاز ال Cyclotron ، أي على مسار دائري. والمثير للاهتمام هو أن منتج الحقلين المغناطيسيين هو لفة خطوط واحدة.

وهذا المسرع أي Betatron يعمل على التيار المتناوب، ويستطيع أن يسرع الإلكترونات في الحالة الأولى والثالثة عن طريق ربع الدورة الزمنية. والمقصود بهذه العملية أن التسارع يحدث كلما كانت هناك طاقة مغناطيسية في نواة حديد المحول المصنوعة من الحديد الصافي وفي هذا الوقت تتسارع الإلكترونات على شكل دائرة بسرعة تقارب مليون دورة، وهذا التحرك للتسارع يبدأ ببداية ربع الدورة الزمنية 1/4 Period .

وبعملية انحراف الإلكترونات في نهاية مسارها على لوحة من مادة ال Wolfram، وهذه الإلكترونات بتصادمها بذرات معدن اللوحة تنتج طاقة إشعاع كبح تساوي طاقة إشعاع 20 جراماً من عنصر الراديوم Radium ومن الممكن في مسرعات Betatron الضخمة إنتاج طاقة كبح تتعدى ال 200 MeV القادرة على خرق لوحة فولاذ سمكها فوق الثلاثين سنتم 30 cm، وبالاختصار إن جهاز الـ Betatron هو جهاز بني لتسارع الإلكترونات على شكل مسار دائري بعملية تغير الحقل المغناطيسية.

12. 6.1 مسرع الإلكترونات Electron Synchrotron

جهاز ال Electron Synchrotron صمم وطور لرفع حصيله سرعة و طاقة الإلكترونات، ولهذه العملية جاء الفيزيائي Weksler ودمج عملية المسرع



Prinzip des Elektronen-Synchrotrons
R Vakuüm-Ringrohr
Q Querschnitt des Ringrohres
H Halbring-Beschleunigungselektroden
Str Beschleunigungsstrecke
H.F. Hochfrequenz-Spannungsmelle

Betatron بعملية المسرع Synchrotron وكون من الجهازين جهازاً عنده ميزات الاتنين والتسارع المرتفع للإلكترونات أسماه جهاز Betatron Synchrotron.

هذه الصورة تؤخذ كنموذج والتي تظهر بشكل دائرة تحوي غرفة التسارع المؤلفة من قسمين، وكل قسم منهما يساوي نصف غرفة مشابهة تقريباً لنصف غرفة من

جهاز ال Synchrotron، وهذا الجهاز أي Electron Synchrotron يساعد في عملية التسارع عن طريق منظم مولد ثابت التردد، وكذلك في نفس الوقت له ميزات الفيزيائية، مرتفع التردد High Frequency Generator (H.F).

أولاً في هذا الجهاز Electron Synchrotron تسرع الإلكترونات حسب طريقة جهاز ال Betatron حتى تصبح سرعتها مقاربة لسرعة الضوء في الفراغ، في الوقت الذي تماشي التردد، لما يصل هذا إلى ارتفاع حقل H.F يقف تأثير

تسارع نوى الحقل. هنا في هذه اللحظة تفتح طاقة تردد ال H.F وهذه تستلم إلى النهاية عملية التسارع.

وحتى لا تترك الإلكترونات طريق مسارها الدائري يجب على القدرة المغناطيسية B.. Induction التابعة لحقل التوجيه أو القيادة أن ترتفع لتساوي نسبة طاقة دوران الإلكترونات E، وهذه يجب أن تبقى مع التردد العالي H.F في نفس القطب وهذه النسبية، أي ال Proportion بين B وكذلك الطاقة E تنظم من نفسها حتى تدور هذه الإلكترونات على مسار دوران ثابت الأقطاب.

الخلاصة: المسرع ال Electron Synchrotron ليس إلا اندماج المسرع ال Batatron مع نموذج جهاز المسرع Cyclotron في الوقت الذي توجد الإلكترونات في هذا الجهاز وتبقى في مسار دوران ثابت مع تعالي الحقل المغناطيسي. وهذه المسرعات عندها القدرة والإمكانية بإنتاج طاقة من الإلكترونات المسرعة تساوي 500 MeV .

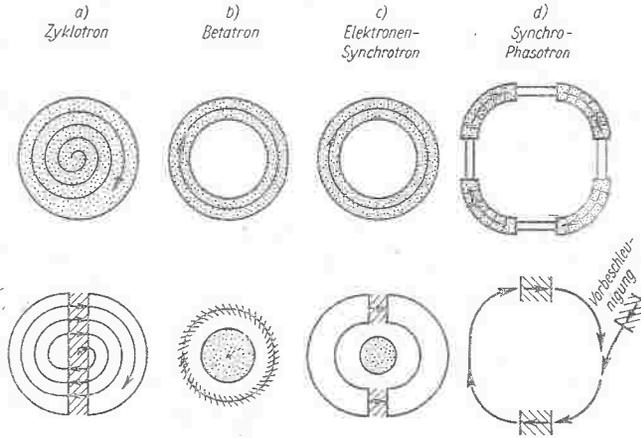
12. 7.1 جهاز مسرع البروتونات Proton Synchrotron

عن طريق التطور والتصميم لمسرعات الإلكترونات مثل Electron Synchrotron طور مسرع ضخيم لجسيمات البروتونات وسمي Proton Synchrotron وكذلك سمي بالمسرع ال Synchro Phasotron، أو كذلك Kosmotron أما Bevatron.

وهذه المسرعات الضخمة استعملت وتستعمل لتسارع الجسيمات الثقيلة مثل البروتون وغيره من الجسيمات، لتسارعها على سرعة مرتفعة لتعادل جسيمات الفضاء Cosmos Ray، ولهذا سمي هذا المسرع Cosmo tron والفرق بينه وبين المسرع Electron Synchrotron أن هنا في المسرع Proton Synchrotron حقل النوى ترك أو ألغى، ولكن عملية التسارع في الجهاز نفسه أنتجت عن طريق تردد التوتر العالي H.F ولهذا السبب أخذت عملية التسارع الأولي خارج الجهاز وسيرت الإلكترونات المسرعة مماشية Tangential التسارع في اتجاه المسار الدائري وهنا نقول باختصار:

بأن المسرع The Proton Synchrotron يسرع الجسيمات الثقيلة عن طريق عملية توازن Synchrony بقيادة أو توجيه التردد العالي H.F على مسار شكل دائري، في الوقت الذي يحدث فيه التسارع الأولي أو قبل البدائي خارجاً، ومن ثم توجه الجسيمات المسرعة قبلاً إلى الجهاز للتسارع المرتفع.

هنا حقل التوجيه أو القيادة يسير حسب طريق الدعم الإلكترومغناطيسي الدائري المبني من أربع دوائر مقسمة حتى تتسارع الجسيمات على خط مستقيم حسب النموذج الموجود في الصورة التالية:



وفي المقطعين الاثنتين الأوليين يوجد التسارع الكهربائي، وفي المقطعين الاثنتين الباقيين تنساق الإلكترونات المسرعة قبلاً إلى المسار Course أو بالأحرى تنحرف إلى المسار داخل الجهاز. وهذه الدوائر المغناطيسية يمكن بناؤها على عدة أشكال معطاة بالصورة التالية:

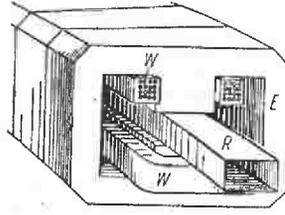


Bild 136
Querschnitt durch den Ringmagnet
eines Synchro-Phasotrons

وهذه تظهر قناة المسرع الضخمة، وأضخم جهاز من هذا الشكل يوجد في روسيا في مركز الأبحاث بمدينة Dubna ، وما كتب وظهر بالصورة عن وزن أو كتلة الدائرة المغناطيسية فإنها تزن تقريباً 36000t ، وقطرها يساوي تقريباً 60m ، تعطي طاقة للجسيمات المسرعة تساوي تقريباً عشر مليارات إلكترون فولت $10 \cdot 10^9 \text{ eV} = 10 \text{ Ge}$.

هذا المسرع يساعده مسرع أولي في البداية، أي مسرع خطي، ينتج ويعطي جسيمات متسارعة وبقدرة تساوي $9 \cdot 10^9 \text{ eV}$ إلى مسار الجهاز العام في وقت لا يتعدى 3,3Sec ، وبسرعة دوران $4,5 \cdot 10^9$ دورة، أي ما يساوي مرتين ونصف 2,5 المسافة بين الأرض والقمر ذهاباً وإياباً.

إن موضوع المسرعات مرتفعة القدرة أي مسرعات الجسيمات الثقيلة موضوع لم ينته بعد موضوع مهم يدخلنا علمياً وتقنياً في مواضيع المادة وعكس المادة وللتعمق بهذا العلم الحديث يلزمنا في المستقبل القريب أجهزة ضخمة تنتج طاقة تسارع جسيمات ما فوق $100 \cdot 10^9 \text{ eV} = 100 \text{ GeV}$ ، في الوقت الذي يوجد في مركز الأبحاث العالمي في جنيف بسويسرا مسرع قدرته تساوي تقريباً ما فوق 25 GeV ، وكذلك المسرع الموجود في Brookhawn الذي قدرته تفوق $30 \cdot 10^9 \text{ eV} = 30 \text{ GeV}$ وذلك عدا ما فكر وصمم في المستقبل من أجهزة ضخمة متعلقة ومساعدة في موضوع المادة وعكس المادة، وهذا الموضوع سوف نطرقه بقسم خاص لاحق في نهاية هذا الكتاب.

هنا تركنا أولاً شرح هذا القسم الخاص بمسرعات المستقبل العظيمة ليستوعب الطالب في البداية كل المواضيع الخاصة بالفيزياء الكلاسيكية النووية وكذلك حتى يسهل عليه من بعدها في المستقبل تفهم عملية المادة وعكس المادة وهنا في الصور

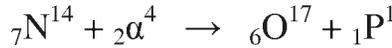
التالية النموذجية التابعة لشرح صور رقم 54,53,52 الخ.. نظهر للقارئ أصناف المسرعات الموجودة العديدة وطرق مسارهم للتسارع.

أولاً: إجبار الجسيمات عن طريق الحقل المغناطيسي على الدوران والسير على مسار دائري.

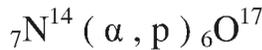
ثانياً: وعن طريق الحقل الكهربائي تسرع هذه الجسيمات لرفع السرعة.

12. 2 تفاعل الإشعاعات النووية لتحويل أو تغيير صفة النوى النووية

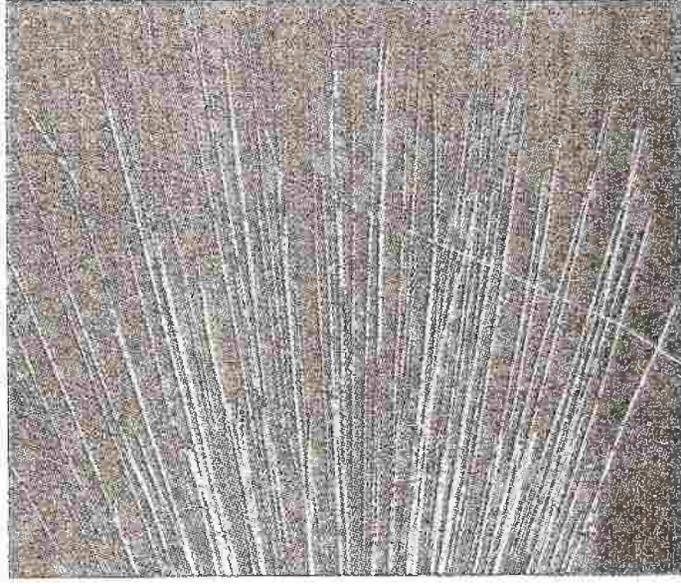
أول تحويل أو تغيير اصطناعي لنوى الذرات أوجده واختبره وحققه في سنة 1919 الفيزيائي الإنكليزي Erenst Rutherford وأعطى نتيجة نافعة كانت عن طريق قذف ذرة مادة الأوزوت أو نتروجين ${}^{14}_7\text{N}$ بإشعاعات أو جسيمات α ، وهذه الإشعاعات أنتجت أو بالأحرى انبعثت من العنصر الطبيعي RaC' وهذه الجسيمة ألفا لما دخلت نواة ذرة مادة الأوزوت أنتجت في ذلك الوقت جسيمة بروتون Proton، وهذا ما أكد بأن نواة ذرة النتروجين أو الأوزوت تحولت وأصبحت نواة مادة غير نواة مادة الأوزوت الأولى قبل قذفها بالجسيمة α .. وهذه العملية الفيزيائية نظهرها بالمعادلة التالية:



ونتيجة هذه المعادلة هي أنها تساوي مجموع رموز الكتل النووية $A1+A2 = (14+4)$ الموجودة في الأعلى على جهة الشمال، والمساوية المجموع $(17+1)$ في الأعلى على اليمين، وكذلك نأخذ نفس الطريقة لجمع العدد النظامي في أسفل الأحرف $Z1+Z2 = (7+2)$ والذي أصبح العدد النهائي $8 = (9-1)$ هنا نظهر العملية بالصورة النموذجية بالشكل المعادلة:



ولتحقيق هذه العملية، أي عملية التحويل وتغيير النوى، وإظهارها للعلم الفيزيائي جاء الفيزيائي الإنكليزي Blackett وبمساعدة غرفة الضباب في ذلك الوقت صور خطوط الإشعاعات المظهرة في غرفة الضباب لعملية تحول النوى هذه:



ومن صورة خطوط غرفة الضباب ظهر بأن إشعاعات جسيمات ألفا α تنتهي فجأة على مسار مسافة قصيرة، وإشعاعات جسيمات البروتونات Protons عندها مسار طويل والفيزيائي الإنكليزي في ذلك الوقت جرب أكثر من 25000 تجربة تصوير حتى توصل وحقق هذه الصورة المظهرة الفروق.

وهذا ما أظهر بأن Rutherford هو أول من وجد عملية تحويل، أو بالأحرى تغيير نواة الذرة، عن طريق الإشعاعات النووية الطبيعية، وكذلك أكد لأول مرة بأن كذلك النواة الراكدة أو الساكنة ممكن تحويلها، وكذلك حتى النواة ذات الكتلة الخفيفة.

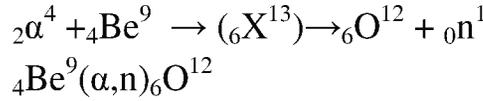
12 . 3 متابعة طرق عمليات التحويل الاصطناعي

وبما يختص بعمليات التحويل الاصطناعي لقد ذكرنا في الدرس السابق الطريقة البدائية وكيف نتجت، وهنا نعيد ونقول بأن عملية تحويل وتفاعل تطور النوى لا تعمل إلا عندما تدخل جسيمات ذات طاقة مرتفعة، أيًا كان نوعها، في حقل نواة ذرة

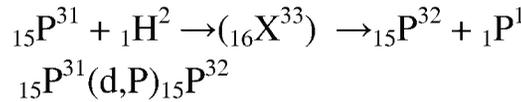
ما تغير لهذه طبيعتها وتعمل عملية تجبر النواة على التهيح وفي حالة التهيح هذه، أي بعد لحظة من الوقت بدون تأخر تفاعلي، تتغير طبيعة النواة وتتبعث جسيمات جديدة نستطيع أن نتعرف عليها من الحالات التالية:

1 - كما ذكرنا سابقاً عن طريق قذف أو إطلاق الجسيمات المشحونة التالية على نواة الذرة مثل: proton ($P=^1_1H$) أو Deuteron ($d=^2_1H$)، أو Triton ($t=^3_1H$)، إما جسيمات $\alpha=^4_2He$ ، أو نوى الـ Lithium (7_3Li)، وكذلك ($^6C^{12}$ or $^6C^{13}$)، أو نوى نيتروجين أو الأوزون ($^7N^{14}$)، أو نوى الأكسجين ($^8O^{16}$)، ولكن كذلك جسيمات الإلكترونات ذوات الطاقة المرتفعة (e^-) وكذلك الـ Positron (e^+) نستطيع بهذه الجسيمات المقذوفة على نواة الذرة بأن نظهر عملية تحول أو تغير الذرة ولذلك نظهر عمليات التحول بالأمثال التالية:

ولكن كذلك لأول مرة بعملية تحويل نوى اصطناعية عن طريق إشعاعات α الطبيعية لإيجاد النيوترونات حققها Cockroft and walton سنة 1932 حسب الصورة النموذجية التابعة للمعادلة التالية:

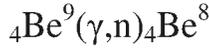


وكذلك بقذف ذرة الـ ${}_{15}P^{31}$ بعنصر الـ Deuterium $=^2_1H$ نحصل على المعادلة والنموذج التابع لها:

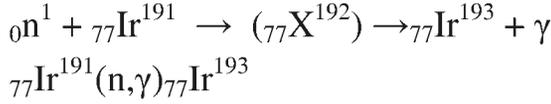


ولكن كذلك كمثل يتبع قذف ذرة الـ ${}_4Be^9$ بإشعاعات γ تنتج المادة ${}_4Be^8$ وانبثاق نيوترونات نعطيها بالمعادلة والنموذج التابع لها:





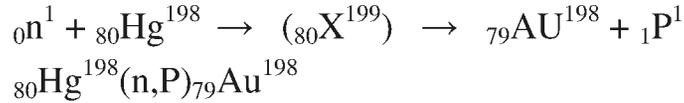
وكذلك عملية التحويل بقذف ذرة ال ${}_{77}\text{Ir}^{191}$ عن طريق النيوترونات وانبثاق مادة مشعة تساوي ${}_{77}\text{Ir}^{192}$ ، وكذلك إشعاعات γ حسب المعادلة التالية:



ملحوظة: عامة إن النواة المكونة من نواة ذرة المادة والجسيمة الساقطة عليها تكون غير ثابتة وتعيش تقريباً 10^{-12} sec.

وكذلك يوجد عناصر مثل مادة ال ${}_{9}\text{F}^{19}$ Fluor بقذف نواتها بجسيمات حادة تتحول لعدة مواد حتى الآن معروف منهم عشر تحولات مواد.

وهنا نذكر للمعرفة والتفهم ما قصد به قديماً Al chemie بتحويل مادة الزئبق Hg إلى مادة الذهب AU، عن طريق قذفها بالنيوترونات وللأسف فإن مادة الذهب المنتجة من هذا التحويل تكون مشعة غير ثابتة، وتضمحل بعد وقت قصير والتحويل يحدث حسب ما نظهره بالمعادلة التالية:



حتى لا يغيب عن فكرنا يجب ألا ننسى الشيء المهم لفتح طريق الفيزياء النووية هو عمليات القذف بالجسيمات التالية:

1 - النيوترونات.

2 - كم إشعاعات γ Quantum γ .

هنا عن طريق النقاط نواة الذرة لهذه الجسيمات المقذوفة الساقطة التي تدخل حقل النواة حاملة الطاقة الحركية وطاقة الترابط Binding energy، وبعملية الالتقاط أو ذوبان هذه الجسيمات الساقطة على نواة ذرة المادة تنتج نواة من الاثنين: الجسيمة الساقطة ونواة هذه المادة. والتفاعل يحدث حسب نوى المواد وطاقة الجسيمات وما يتبع من عمليات للحالات الفيزيائية التالية:

a - عملية التشرّد المرن Elastic Scattering

في هذه العملية فإن النواة المكونة من نواة المادة والجسيمة الساقطة تشع الجسيمة الساقطة، أو أي جسيمة كانت موجودة قبلاً في نواة المادة لتكون مساوية للجسيمة الساقطة، في الوقت الذي لا يتماشى اتجاه الجسيمة الساقطة وتشع الجسيمة المنتجة معاً، وكذلك قسم من الطاقة المجلوبة مع الجسيمة الساقطة يبقى أو يترك النواة.

وعن طريق هذه العملية تبقى نواة ذرة المادة في تهيج وتعود إلى حالتها العادية

b - عملية التشرّد غير المرن

هنا النواة المنتجة من نواة المادة والجسيمة الساقطة تشع الجسيمة الساقطة أو أي جسيمة كانت موجودة قبلاً في نواة المادة لتكون مساوية للجسيمة الساقطة في الوقت الذي الطاقة المجلوبة مع الجسيمة الساقطة تترك نواة المادة وعلى هذه الطريقة تبقى نواة المادة في حالة تهيج وينبعث منها إشعاعات γ قبل أن تترك مكانها أو مركزها.

c - عملية تبادل التفاعل

هنا النواة المنتجة من نواة المادة والجسيمة الساقطة تعطي أو تشع عوضاً عن الجسيمة الساقطة أو الملتقطة جسيمة مشحونة أو غير مشحونة طاقة زائدة تعادل طاقة إشعاعات γ ومن الممكن كذلك أن يحدث أن النواة المنتظر تكوينها من بين نواة المادة والجسيمة الساقطة لا تتكون، أو تتكون ولكن ينبعث أو يعطى محلها إشعاعات كم γ ، وهذه العملية تحدث في بعض المرات مع الجسيمات الساقطة من النيوترونات.

d - عملية تفاعل النوى التصويري Nucleon Photo effect

هنا كذلك النواة المنتجة من بين نواة المادة والجسيمة الساقطة، أي الملتقطة، وجدت فأنتجت عن طريق إسقاط أو التقاط كم Quantum... γ وعملية النوى التصويري تساوي تقريباً تفاعل التصوير العام، ولكن طريقة عملية التصوير العام

تحدث عندما تقذف فوتونات وتسقط على غلاف الذرة فإن كمية من إلكترونات غلاف الذرة تترك الغلاف، وتبعاً لتفاعل النوى التصويري تنتج جسيمات من نواة الذرة ولكن من الممكن إذا كانت الجسيمات المسلطة المقذوفة ذات طاقة مرتفعة مثل كم γ Quantum وبسبب هذا التفاعل يخرج أو ينبعث من النواة جسيمات مثل نيوترون وبروتون وكذلك جسيمات α ، وكذلك تبعاً لهذه العملية تنتج جسيمات لا نعرفها ولم نتكلم عنها الآن مثل Mesons وكمية النيوترونات المنتجة خاصة عن عملية النوى التصويرية وهذه نسميها Photo neutron وكذلك جسيمات البروتون نسميها Photo Proton، وعملية النوى التصويرية تستعمل كذلك حتى في إنتاج النيوترونات .

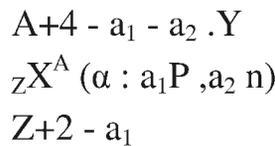
e - عملية التبخر الجزئي لنواة الذرة أو بالأحرى التفتت أو الانشطار

هنا نرى أن النواة المنتجة من نوى المادة والجسيمة الساقطة عليها في عملية تهيجها تعطي أو تبعث بدون توقف أو انقطاع وحسب توسع عملية التهيج فيها بالقليل أو الكثير عدداً كبيراً من البروتونات والنيوترونات وكذلك جسيمات α وغيرهم .

g - عملية تفتت أو انشطار نواة الذرة Fission

إن عملية الانشطار تحدث عامة في ذرات النوى الثقيلة، وبتهيج النواة المنتجة من نواة المادة والجسيمة الساقطة تضمحل أو تنقسم إلى نواتين اثنتين متوسطتي الثقل، وكذلك يبعث بعض النيوترونات، وعملية انشطار النوى موضوع مهم سوف نأتي على ذكره موسعاً في قسم خاص بهذا الموضوع .

وهنا أردنا خاصة أن نظهر كمثال تفاعل جسيمات ألفا α المسلطة لعملية القذف، والتي بتفاعلها مع المادة تبث نيوترون أو بروتون، وعمليات التفاعل نظهرها بالمعادلة التالية:



هذه الأحرف والرموز نشرح عمليات تفاعلها في اللائحة التالية:

$$X = \text{نواة المخرج.}$$

$$Z = \text{شحنة نواة المخرج.}$$

$$A = \text{كتلة نواة المخرج.}$$

$$\alpha = \text{جسيمة } \alpha \text{ التي قامت بعملية التفاعل.}$$

$$a_1 = \text{عدد البروتونات المشعة } a_1 \geq 0.$$

$$a_2 = \text{عدد النيوترونات المشعة } a_2 \geq 0.$$

$$Y = \text{النواة النهائية.}$$

$$Z + 2 - a_1 = \text{عدد شحنات النوى النهائية.}$$

$$A + 4 - a_1 - a_2 = \text{عدد كتل النوى النهائية.}$$

h - عملية التفاعلات المباشرة.

إن العمليات التي أخذت وشرحت تحت الأحرف a, b, c هي نوع من العمليات التي تحدث كذلك بدون أن تنتج نواة من نواة ذرة المادة والجسيمة الساقطة، وهذه العمليات نسميها العمليات المباشرة Direct Reaction ولكن في حالة التشرذ غير المرن مثلاً لما تمر جسيمة في حقل نواة ذرة المادة، في هذه الحالة الخاصة تتهيج النواة وعملية هذا التهيج نسميها الـ Isomer، وهذه الحالة نصفها بالشرح التالي:

أي أن Isomer معناه لما عدد البروتونات Z في الذرة يكون متساوياً، وكذلك عدد النيوترونات N . يكون كذلك متساوياً، ويتبع تغير بعض المميزات الفيزيائية العمر النصفى يفترق وهذا ما نقصد به تفاعل حالات تهيج متفرقة لنواة واحدة

ومثالاً على ذلك: نواة ذرة النظير الـ Isomer الذي وجد من الكيميائي O.Hahn سنة 1879-1968 من عملية التفاعل التالية بأن نواة عنصر الـ Thorium = ${}_{90}\text{Th}^{234}$ التي وصفت قديماً باسم العنصر UX_1 تبث أو تعطي

جسيمات β ، وهذا العنصر موجود به عمليات لنظيره Isomer اثنين مشتقين من نواة الابنة التي تضمحل والذي أعطي لهما قديماً اسم نظائر الـ UX_2 and UZ . وفي الوقت الحاضر أعطي لها اسم ${}_{91}Pa^{234}$ ويوجد منها Isomer نوعان معروفان بالاسم الفيزيائي Protactinium، والذان عندهما تفارق وقت كبير بالعمر النصفى مما يوجد بين 1,14 min إلى 6,7 h وهؤلاء وال Isomer الاثنان بتفاعل اضمحلالهم يبتون إشعاعات أو جسيمات β وينتجون عنصر اليورانيوم ${}_{92}U^{234}$.

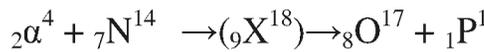
في الوقت الحاضر يوجد تقريباً 100 نوع معروف من ال Isomer موصوفة وموجودة في المراجع، وهنا نقول إنه يجب على الفيزيائي متابعة التعمق في العلوم الفيزيائية ليبقى في المحيط العلمي الواسع

4.12 الطاقة الواجبة للجسيمات المطلقة لعملية تحويل نواة الذرة

لعملية حدوث تغير أو تحول في نواة ذرة المادة يجب على الجسيمة أو القذيفة الساقطة على نواة الذرة أن تملك طاقة كافية لعملية التفاعل حتى تستطيع بأن تحول النواة ومن المعروف قبلاً عن جسيمات إشعاعات α المحولة نوى الذرات أنه يلزمها قدرة شغل بطاقة تساوي المعادلة التالية :

$$E_{\alpha} = e_0^2 / 4\pi\epsilon_0 r$$

هنا إذا أخذنا عملية التحويل التي اتبعتها الفيزيائي الإنكليزي Rutherford عن طريق إشعاعات ألفا الطبيعية لتحويل ذرة النتروجين، أو بالأحرى الأوزوت حسب المعادلة التالية:



ولوجود طاقة جسيمات ألفا الطبيعية الواجبة لعملية تحويل نواة ذرة النتروجين يلزمنا الطاقة التالية E_{α} ، في الوقت الذي جسيمات ألفا تملك $Z=2$ ، والمادة N تملك $Z=7$ ، ونصف قطر نواة المادة يساوي: $r=1,4 \cdot 10^{-13} \cdot \sqrt[3]{14} = 3,37 \cdot 10^{-13}$ cm¹³ فالطاقة المطلوبة تعطى حسب الحل بالمعادلة التالية:

$$E_{\alpha} = 2e_0 \cdot 7e_0 / 4\pi\epsilon_0 r = 14e_0 / 4\pi\epsilon_0 r$$

$$E_{\alpha} = 14(1,6 \cdot 10^{-19}) A^2 \text{sec}^2 \text{Vcm} / 4\pi 8,854 \cdot 10^{-14} \cdot A \text{sec} 3,37 \cdot 10^{-13} \text{ cm}$$

$$E_{\alpha} = 9,56 \cdot 10^{-13} \text{ Wsec or} = 5,97 \text{ M eV}$$

$$.1 \text{ Wsec} = 6,24 \cdot 10^{18} \text{ eV} \text{ والتحويل حسب لائحة الوحدات}$$

هنا حسب هذا المثل التطبيقي والنظري وجدنا بأن الطاقة الطبيعية لإشعاعات ألفا المنبثة من عنصر الـ Radium عندها الطاقة المساوية تقريباً $7,67 \text{ MeV}$ ، وهذا ما يظهر بأنها فوق الكافية لتحويل نواة الذرة، ولكن لتحويل نوى الذرات الثقيلة يلزمنا طاقة مرتفعة جداً، وهذه الطاقة المرتفعة ننتجها من السرعات ذوات الطاقة والسرعة المرتفعة.

12 - 5 ميزانية الطاقة للتحويل والتفاعل النووي

بين العمليات الكيميائية والتفاعلات النووية يوجد تناسب، أو بالأحرى تشابه ومن المعروف أن العمليات الكيميائية مثل احتراق الأكسجين أو الفحم تنتج طاقة حرارية تساوي Q .

وعملياً الاحتراق هذه ليست إلا عملية Exothermal، وحتى كذلك ننتج عملية تفاعل نووي Exothermic تشابه العملية الكيميائية نأخذ المثل التطبيقي والنظري التالي:



حسب الجدول الدوري، أخذت الأعداد التالية بوحدة كتل:

$${}_3\text{Li}^7 \rightarrow 7,01600 \text{ Me}$$

$$+ {}_1\text{H}^1 + 1,00782 \text{ Me}$$

$$= \text{مجموع الكتل الأساسية} = 8,02382 \text{ Me}$$

$$- 8,00522 \text{ Me} = 2 \cdot 4,00251 \text{ ناقص}$$

$$\Delta m = 0,01860 \text{ Me} \text{ فرق الكتل أو الكتلة المفقودة}$$

والطاقة المستعملة حسب قانون أينشتين بتبادل الطاقة والكتلة وما تبقى من الكتلة بشكل طاقة كما حسب وحل سابقاً، في الوقت الذي $Me = 931 \text{ MeV}$ ، فالطاقة تساوي المعادلة التالية:

$$0,01860 \cdot 931 \text{ MeV} = 17,3 \text{ MeV}$$

هنا رأينا في هذا القسم أن حصيلة عملية تحويل ذرة المادة متعلقة كذلك بعدد نوى ذرات هذه المادة، أي الهدف المقذوف بالجسيمات الساقطة عليه، وهذه العملية النسبية نسميها العامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى المشروح بالعمليات التابعة والمسمى: عمليات الانشطار النصفى، أي Cross Section or Profile of effectiveness.

12 . 6 عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى Cross Section

هنا ما نسميه عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى Cross Section ليس إلا مقياس Mass حاصل لتفاعلات جسيمات مقذوفة على نوى ذرات مادة كهدف مقصود. وحتى نتفهم موضوع الحاصل النسبي للانشطار النصفى Cross Section نتخيل مكاناً أو بالأحرى غرفة يساوي حجمها V منتشر في حجمها عدد غير معروف n من نوى الذرات، يسقط على هذه الغرفة كهدف قذائف بعدد يساوي N من الجسيمات، وهذه الجسيمات تدخل وتخرق في الغرفة على مسافة تساوي Δx في اتجاه محدد حتى تصطدم بإحدى النوى وفي هذه العملية نفترض بأن قسماً صغيراً من الجسيمات المساوية $\Delta N / N$ اصطدمت بنوى الذرات الموجودة في الغرفة أو المكان، وتفاعلت معها تفاعلاً نووياً، وأن هذا التفاعل أظهر التعلق بمسافة الخرق أي Δx ، وكذلك بكثافة عدد نوى الذرات الموجودة في الغرفة وحصيلة عملية هذا التصادم تؤكد أنه كلما كانت كثافة نوى الذرات متكاثفة كانت نسبة التفاعل من التصادم متعلقة في n / V ، وهذا ما نظهره بالمعادلة التالية:

$$\Delta N / N = \sigma n / V \cdot \Delta x \rightarrow \sigma = \Delta N / N \cdot V / \Delta x \cdot 1 / n$$

هنا الدالة $\bar{\sigma}$ ليست إلا العدد النسبي أو عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى المساوي عامة عدد التفاعلات مقسوماً على عدد الجسيمات المقذوفة على سنتم مربع:

عدد التفاعلات

$$\text{-----} = \bar{\sigma}$$

عدد الجسيمات الساقطة على سنتم مربع

وهذا فمن المؤكد بأن كل تفاعل نووي بين جسيمة ونواة ذرة يوجد به عملية عامل حاصل نسبي أو انشطار نصفى، وهذه العملية كما نظرت سابقاً نظرياً سوف نظهرها نظرياً وتطبيقياً بالمثل التالى:

لنأخذ المعادلة التالية لتحويل نواة الألمنيوم المساوية عامة: ${}_{13}\text{Al}^{27}(\alpha, p){}_{14}\text{Si}^{30}$ إلى غير مادة، هنا نوى مادة الألمنيوم يطلق أو يقذف عليهم جسيمات إشعاعات ألفا α ومن هذه العملية ينتج نوى مادة الـ ${}_{14}\text{Si}^{30}$ ، وكذلك بروتونات P.

واستعملنا أشعة جسيمات ألفا المنبثة من عنصر الراديوم المشع ${}_{84}\text{P}^{214}$ والمسمى قديماً عنصر الـ RaC'، والذي طاقة إشعاع جسيماته قادرة على تحويل وتغيير نواة مادة الألمنيوم. هذه الطاقة المساوية تقريباً 7,9 MeV، وكهدف من مادة الألمنيوم أخذنا لوحة من الألمنيوم رقيقة البنية حتى تكبح جسيمات ألفا في مادة الألمنيوم هذه؛ في الوقت الذي كتلة مادة الألمنيوم تعود وتساوي إلى ما يوجد في كل سنتم مربع 0,7mgr من مادة الألمنيوم، ومن عملية الاختبارات عامة ظهر بأنه يجب إطلاق ما يعادل $N=2.10^6$ جسيمة ألفا لإنتاج بروتون واحد. ولذلك نقول إذا كانت A تساوي مساحة لوحة الألمنيوم الرقيقة وضخامتها Δx فإن الحجم يساوي:

$$V = A \cdot \Delta x$$

وحسب المعادلة التي أظهرت من قبل نظرياً تلاقي أو تصادم الجسيمات في حجم الغرفة V، وجسيمات ألفا هذه المقذوفة الساقطة على نوى ذرات المادة تعطى بالمعادلة التالية:

$$\bar{\sigma} = \Delta N/N \cdot A \Delta x / \Delta x \cdot 1/n = \\ = \Delta N/N \cdot A \cdot 1/n$$

إن عدد نوى مادة الألمنيوم المساوية n الموجودة في هذا الحجم نستطيع أن نعرف عددهم عن طريق الكتلة المطلقة لذرة مادة الألمنيوم المساوية:

$$\text{Absolute Atom Mass} = m_{Al} = 4,48 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

وجدت هذه الكتلة المطلقة عن طريق الحل التالي: من المعروف بأن الكتلة النووية لمادة الألمنيوم تساوي $A = 26,9815$ ، وبقسمة هذه على عدد أفوكادرو تعطينا قيمة الكتلة المطلقة لمادة الألمنيوم المساوية المعادلة التالية:

$$26,9815 / 6,023 \cdot 10^{23} = 4,48 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

ونسبة عدد نوى المادة n للمساحة A تساوي الدالة التالية:

$$n/A = 0.7 \text{ mgr cm}^{-2} / 4,48 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 1,56 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$$

ولقد ذكرنا ودل الاختبار بإطلاق $2 \cdot 10^6$ جسيمة إشعاعية على نوى مادة حتى يحصل تصادم ومنها تفاعل واحد مع نواة ذرة هذه المادة، وهذا التفاعل يعطى له اسم العامل النسبي الحاصل للانشتار النصفى المساوي المعادلة التالية:

$$\bar{\sigma} = \Delta N/N \cdot A/n = 1 / 2 \cdot 10^6 \cdot 1 \text{ cm}^2 / 1,56 \cdot 10^{19} = 3,2 \cdot 10^{-26} \text{ cm}^2$$

وهذه العملية أظهرت لنا أنه لما تطلق جسيمات ألفا α على لوحة من مادة الألمنيوم بطاقة تساوي 7,89 MeV، نحصل على تفاعل حاصل لانشتار نصفى لنواة مادة الألمنيوم يساوي العدد التالي:

$$\bar{\sigma} = 3,2 \cdot 10^{-26} \text{ cm}^2$$

قديمًا أعطت وحدة العامل الحاصل النسبي للانشتار النصفى بوحدة البرن Barn، أي أن برن واحدًا يساوي:

$$1 \text{ Barn} = 10^{-28} \text{ m}^2 = 10^{-24} \text{ cm}^2$$

ولتبسيط شرح عامل الحاصل النسبي للانشتار النصفى Cross Section عن طريق أخذ الحل النظري لمساحة نواة الألمنيوم الهندسية Geometric Nucleon Section = πr^2 في الوقت الذي نصف قطر نواة ذرة الألمنيوم يساوي المعادلة التالية:

$$r_{Al} = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{A}$$

ولذلك مساحة نواة ذرة الألمنيوم الهندسية تساوي $\pi r^2 = 5,5 \cdot 10^{-25} \text{ cm}^2$ ولكن مساحة ذرة الألمنيوم أي الـ Al Atom، تساوي: $A_{Al} = 5,12 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$. وهذا الحل أظهر بأن مساحة نواة الألمنيوم أصغر من مساحة ذرة الألمنيوم بمقدار مليار مرة، أي بعامل يساوي 10^9 Factor.

ولقد شرح أينشتين Einstein عملية هذا العامل الحاصل النسبي للانشتار النصفى بمثل لصياد موجود في ليلة ظلماء وفي مكان لا يوجد فيه إلا القليل من طيور البط، يطلق بندقيته بدون تصويب بالاحتمال Possibility بأن يصيب بطة؟ وهذا ما يدل أيضا على أنه غير ممكن وجود نتيجة تفاعل بدون اصطدام، وهذا ما يظهر في عملية حدوث الجزر والمد حسب تفاعل النجوم.

ولكن دائما عن طريق قذف نواة ذرة ما بجسيمة مشحونة أو غير مشحونة يحدث عدة تفاعلات كعامل الحاصل النسبي للانشتار النصفى، والمهم لما تكون الجسيمات المقذوفة الساقطة خاصة. النيوترونات يحدث التفاعلات النووية التالية:

1 - عامل الانشتار النصفى البدائي σ_{Ei}

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون أن يلتقط من نواة الذرة في الوقت الذي هذا النيوترون بعد عملية الالتقاط يبقى بدون اهتمام، ولكنه يعمل عملية الانشتار في ذرة النواة.

2 - عامل الانشتار النصفى للانشتار σ_{SP}

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون لعمل عملية الانشتار في الوقت الذي الانشتار النصفى يحدث بنوى ذرات العناصر الموجودة في آخر الجدول الدوري.

3 - عامل الانشطار النصفى للامتصاص $\bar{\sigma}_a$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون ليمتص من نوى الذرات ولهذا السبب عامل انشطار الامتصاص يساوي:

$$\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_{Ei} + \bar{\sigma}_{SP}$$

4 - عامل الانشطار النصفى للتشرد المرن $\bar{\sigma}_e$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون لتشرد نواة الذرة ولكن كمية الطاقات الحركية لكل المشاركين في العملية تبقى بدون تغيير.

5 - عامل الانشطار النصفى للتشرد غير المرن $\bar{\sigma}_u$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون ليقوم بعملية تشرد غير مرن مع نواة الذرة، ولكن هنا الطاقات الحركية للمشاركين بالعملية تصغر لأن قسماً من هذه الطاقات يستعمل لإجبار النواة على البقاء في حالة التهيج.

6 - عامل الانشطار النصفى للتشرد $\bar{\sigma}_s$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility لما نيوترون في نواة ذرة يتشرد بتفاعل عملية التشرد المرن أو التشرد غير المرن، فإن $\bar{\sigma}_s$ يساوي:

$$\bar{\sigma}_s = \bar{\sigma}_e + \bar{\sigma}_u$$

7 - عامل التشرد النصفى للمجموعة $\bar{\sigma}_t$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility هل يحدث عامة تفاعل بين النيوترونات ونوى الذرات؟ ولهذا يتبع التفاعلات التالية:

$$\bar{\sigma}_t = \bar{\sigma}_a + \bar{\sigma}_s = \bar{\sigma}_{Ei} + \bar{\sigma}_{SP} + \bar{\sigma}_e + \bar{\sigma}_u$$

وهنا يجب الملاحظة بأن عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى لم يكن متعلقاً بالأحرى خاصة بنواة الذرة المقذوفة، ولكن بالقسم الخاص بسرعة وطاقة النيوترون المقذوف وهذا الموضوع سوف نتعمق به ونطرقه لاحقاً.

7.12 عامل الامتصاص الخطي μ ومسافة مدى المسار المتوسط λ

لما رزمة من إشعاعات الجسيمات تسقط وتصطدم على مادة مبنية ليس من ذرة واحدة فحسب بل من عدد من طبقات الذرات التي تؤلف حجماً معروفاً ولنفترض أن هذا الحجم يمثل مكعباً حجمه يساوي $V = 1\text{cm}^3$ سنتم مكعب واحد فإنه يوجد في هذا المكعب عدد من الذرات حسب المعادلة المعروفة التالية:

$$N_L = \rho N_A/A$$

في الوقت الذي الدالات التالية تساوي:

$$N_L = \text{عدد الذرات الموجودة في مكعب حجمه سنتم مكعب واحد.}$$

$$N_A = \text{عدد الذرات الموجودة في غرام مادة أو عدد أفوكدرو } 6,023 \cdot 10^{23}$$

$$A = \text{الوزن الذري أو الكتلة النووية للمادة.}$$

$$\rho = \text{كثافة المادة.}$$

وهذا ما يدلنا على أنه عندما تيار إشعاعات الجسيمات المسمى (I) يسقط على الوجه الأول من المكعب، هذه الجسيمات تقطع مسافة مدى طريق مسار يساوي 1cm هنا حسب معادلة الامتصاص القائلة والمساوية المعادلة التالية:

$$\Delta I = - I \mu dx$$

كذلك في نفس الوقت يحدث تفاعل بين الجسيمات الساقطة بالتيار I ونوى ذرات المادة المقذوفة بعملية تساوي المعادلة التالية:

$$\Delta I = I \sigma N_L$$

وعن طريق المقابلة بين العمليتين الاثنتين وجدنا وظهر لنا بأن الدالة σN_L تساوي عامل الامتصاص الخطي μ الذي نسميه كذلك الانشطار النصفى ال

$$\Sigma = \text{Microscopy}$$

$$\Delta I = - I \mu \cdot dx \quad \Delta I = I \sigma N_L dx$$

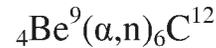
$$\Sigma = \mu = \sigma N_L$$

وحدة هذا الانشطار الميكروسكوبي تساوي $[1/\text{cm}] = \Sigma$ المنتجة من وحدة الانشطار النسبي $\bar{\sigma}$ ووحدة عدد الجسيمات في المكعب N_L ($\text{cm}^2 \cdot 1/\text{cm}^3 = 1/\text{cm}$) ومن هذه العمليات ينتج مقياس فيزيائي مهم أي أنه لما الجسيمات تقطع طبقة من المادة تساوي 1cm فإن قيمة عامل الامتصاص تصغر وتصبح $1/\mu$ حسب انتقالها من حالة إلى حالة بقطعها مسافة مسار مدى وهذه المسافة الفيزيائية المقطوعة نسميها مسافة مدى المسار المتوسط، ونعطيها اسم λ المساوية المعادلة التالية:

$$\lambda = 1/\bar{\sigma}N_L$$

وحتى نتفهم الموضوع نعطي المثل التالي:

إن عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى لمعادلة تفاعل تحول مادة الـ Beryllium المساوية المعادلة التالية (يؤخذ نفس الحل كما أخذ لمادة الألمنيوم):



لقد وجدنا أن عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى لمادة الـ Beryllium يساوي حسب الحل:

$$\bar{\sigma} = 0,2 \cdot 10^{-24} \text{cm}^2 = 0,2 \text{ Barn}$$

$$\rho = 1,75 \text{ gr/cm}^3 \quad \text{كثافة الـ Beryllium}$$

هنا عامل الانشطار النصفى الميكروسكوبي يساوي العدد التالي:

$$\Sigma = \bar{\sigma}N_L = \bar{\sigma} N_A \rho/A$$

$$= 0,2 \cdot 10^{-23} \text{cm}^2 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \cdot 1,75 \text{gr} / 9 \text{gr} \cdot \text{cm}^3 = 0,0234 \cdot 1/\text{cm}$$

$$\Sigma = 0,0234 \cdot 1/\text{cm}$$

وطول مسافة مدى المسار المتوسط λ لخرق جسيمة α في مادة الـ Beryllium لتعمل عملية تفاعل التحول تساوي المعادلة التالية:

$$\lambda = 1/\bar{\sigma}N_L = 1/\Sigma = 1/0,0234 = 43 \text{ cm}$$

وهذا الحل أظهر بأنه لكي تحدث جسيمة ألفا عملية تغيير في مادة الـ Beryllium يجب أن تقطع مسافة 43cm .

13 مميزات النيوترونات وعلاقة نسبية النيوترونات

عامّة النيوترونات تلعب في العمليات والتفاعلات الفيزيائية دوراً مهماً وخاصة في المفاعلات النووية المختصة بإنتاج الطاقة الكهربائية للسلم، وكذلك في تصنيع القنابل الذرية والقنابل الهيدروجينية المخربة للعالم والإنسانية، وكذلك تستعمل النيوترونات للحصول على العناصر المشعة الاصطناعية، وباستعمال هذه الجسيمات البدائية في القضايا الفيزيائية فإن لها تفاعلاتها وحالاتها الخاصة ولهذا السبب يجب أن نتعمق في حالات وميزات هذه الجسيمة، جسيمة النيوترون المهمة.

اكتشف النيوترون في سنة 1932 من الفيزيائي الإنكليزي Chadwick ويقال اكتشف النيوترون قبلاً في سنة 1930 من الفيزيائي الألماني Bothe سنة 1891-1957، وجدها ولم يستطع أن يحددها أو يحدد ميزاتها فجاء الفيزيائي Chadwick باختباراته لما كان يطلق على بعض المواد إشعاعات جسيمات α فإن هذه الجسيمات بتفاعلها مع هذه المواد لم تثبت جسيمات أو إشعاعات Protons كما كان معروفاً قبلاً، ولكن جسيمات خالية من الشحنة الكهربائية ومحايدة. ولكن كتل هذه الجسيمات كانت تساوي تقريباً كتل البروتونات، وكذلك هذه الجسيمات كان من غير الممكن إظهارها عن طريق غرفة الضباب بسبب تجردها من الشحنة الكهربائية، ولهذا أعطي لهذه الجسيمات المحايدة اسم النيوترونات، الجسيمات المحايدة أعطي رمزها بالحرف n.

مميزات النيوترونات بالنسبة إلى كل الجسيمات البدائية Elementary Particle مفترقة ومتعلقة بطاقتها وسرعتها وكذلك بنوعية النيوترون، ومن هذه النيوترونات يوجد الأنواع الأربعة التالية:

$$1- \text{ النيوترونات السريعة } V_n \geq 4,4 \cdot 10^6 \text{ m/s and } E_n = >10^5 \text{ eV}$$

$$2- \text{ المتوسطة السرعة } V_n = 4,4 \cdot 10^6 \text{ to } 1,4 \cdot 10^5 \text{ m/s. } E_n = 10^5 \text{ to } 10^3 \text{ eV}$$

$$3- \text{ النيوترونات الـ } V_n = 1,4 \cdot 10^5 \text{ to } 10^3 \text{ m/s. } E_n = 10^2 \text{ to } 10^{-1} \text{ eV epitherm}$$

$$4- \text{ النيوترونات الحرارية } V_n = < 4,4 \cdot 10^3 \text{ m/s. } E_n = < 10^{-1} \text{ eV}$$

فأما النيوترونات الحرارية فسرعتها تساوي سرعة ذرات الهيدروجين في الحرارة العادية، أي حرارة الغرفة، ونستطيع أن نقابل طاقتهم نظرياً بطاقة الغاز المساوية المعادلة التالية:

$$E_n = 1/2 m_n v^2 = 3/2 kT$$

في الوقت الذي..

$$k = 8,6169 \cdot 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1} = 1,3806 \cdot 10^{-23} \text{ Jk}^{-1} (\text{Boltzman Cont})$$

$$T = 293 \text{ K} = 20^\circ \text{ c} \quad \text{والحرارة تساوي:}$$

$$2700 \text{ m/s} \quad \text{والسرعة تساوي:}$$

ومن المعادلة السابقة نستطيع معرفة الطاقات الحرارية والطاقة المتوسطة بالأعداد التالية:

$$E_n = 0,025 \text{ eV} \quad \text{وطاقة متوسطة تساوي} \quad E_{n \text{ th}} = 0,038 \text{ eV}$$

لمعرفة الطاقة المتوسطة للنيوترونات الحرارية. فإنه ممكن وسهل معرفتها ولكن كذلك نستطيع أن نحدد الطاقة الحركية للنيوترونات الحرارية عن طريق سرعتها وكذلك كتلتها عن طريق المعادلة التالية $1/2 m_n v^2$ ، في الوقت الذي معرفة الكتلة المطلقة تؤخذ من المعادلة المعروفة المساوية:

$$m_A = A/N_A$$

فنقول بأن كتلة النيوترون تساوي:

$$m_n = 1/N_A$$

وسرعة النيوترون الحراري تساوي: $2000 \text{ m/s} = 2 \cdot 10^5 \text{ cm/s}$ ، ولذلك تكتب

المعادلة كما يلي:

$$E_n = 1/2 \cdot 1/N_A \cdot v^2 = 1 \cdot (2 \cdot 10^5)^2 / 2 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ cm}^2 = 3,33 \cdot 10^{-14} \text{ erg}$$

$$1 \text{ erg} = 6,24 \cdot 10^{11} \text{ eV}$$

$$E_n = 3,33 \cdot 10^{-14} \cdot 6,24 \cdot 10^{11} \text{ eV} = 0,024 \text{ e}$$

ومن ميزات النيوترونات الخرق في المادة فإن النيوترون يستطيع أن يخرق تقريباً حائطاً سمكه أو ضخامته 100 سنتم وهذا يعود لأن النيوترون لا يملك أية شحنة كهربائية وهي محايدة ولهذا السبب لا تدخل بتفاعل مع نواة ذرة المادة إلا إذا اقترب النيوترون كثيراً من حقل نواة ذرة المادة حتى يحدث التفاعل.

وهذا يعود كذلك إلى كتلة النيوترون الساقط وطاقته ونوعية النيوترون ومنها القيم التالية للنيوترون الراكذ:

$$m_{n0} = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 1,008665 \text{U}$$

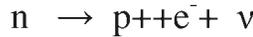
$$E_{n0} = 939,6 \text{MeV}$$

وكذلك للنيوترون خاصية الدوران الذاتي Spin المساوية:

$$S = 1/2$$

وكذلك شحنة ال Lepton Neutron تساوي 0، وأما شحنة Baryon Neutron تساوي +1 والنيوترون الحر غير ثابت أو ساكن Unstable ويضمحل تدريجياً في نصف وقت نصفي يساوي $T_{1/2} = 11,5 \text{ min}$ وعملية اضمحلال النيوترون تعطى بالمعادلة التالية:

Neutron Proton Electron Neutrinos



عامة فإن النيوترونات في عملية الاضمحلال تضع، أي أن المقصود به أن النيوترونات تلتقط Neutron Catched من نوى المادة الموجودة بالقرب منهم، وكذلك النيوترونات من ميزاتها التشرذ مع الإلكترونات نوات الطاقة المرتفعة.

والنيوترونات والبروتونات تملك في داخلها بناء خاصاً بها، أي أن النيوترونات يوجد في داخل كل واحد منها نواة مشحونة إيجابياً وهذه الشحنة تساوي تقريباً شحنة نواة البروتون، وهذه الجسيمات أي النيوترونات والبروتونات محاطة بضباب مشحون سلبياً لعملية التماسك أو الترابط.

ويحدث للنيوترونات كما يحدث للجسيمات البدائية والنيوترون كتلة Mass Point وهذا ما نظهره عن طريق طول موجة De Broglie بالمعادلة التالية:

$$\lambda_n = h/m_n v$$

في الحقيقة إن ضباب أو بالأحرى غاز النيوترونات لا يملك في انتشار تفرقه نفس الطاقة، وهذه الطاقة تتراوح بين المرتفعة والصغيرة في تفرق هذه النيوترونات ولهذه المسالك، أي عمليات تفرق الطاقة لذلك وجد لها حل حسابي يحدد قيم الطاقات المتفرقة، هنا لا يوجد محل لطرق هذا الموضوع ويجب العودة إلى المراجع.

ولكن تفاعل النيوترونات مع نوى ذرات المواد يظهر بحالتين:

a - تناقل طاقة النيوترونات

لما تصطدم النيوترونات مع نوى المادة هنا يحدث ما يلي: إذا كانت كتلة نواة المادة تساوي كتلة النيوترون الساقط فإن هذا النيوترون يعطي كل طاقته إلى نواة الذرة.

ومثالاً على ذلك: لما يصطدم النيوترون بنواة ذرة الهيدروجين لأن كتل البروتونات والنيوترونات في مادة الهيدروجين تساوي كتلة النيوترون، وهنا أمثلة لبعض المواد التي يصطدم بها النيوترون، وكذلك نظهر كم بالمائة يخسر النيوترون من طاقته.

كتلة نواة المادة	Proton	Deuteron	فحم	رصاص
1	2	12	206	
100%	89%	28,4%	1,9%	
خسارة الطاقة بالمائة				

وهذا ما ظهر في حالة اصطدام نيوترون مع نواة ثقيلة، يفقد النيوترون قسماً صغيراً من طاقته الحركية، وهنا يحدث عملية تشتت للنيوترون. ولكن لما يصطدم نيوترون مع نواة ذرة خفيفة فإنه يضيع كمية كبيرة من طاقته، وهذا ما بين بأن إشعاعات النيوترونات في طبقة الرصاص تعمل عملية كبح أصغر بكثير من عملية الكبح في طبقة ماء مساوية لطبقة الرصاص. وللوقاية من إشعاعات النيوترونات فإن أفضل واقٍ من هذه الإشعاعات المواد الحاوية، أي المؤلفات من نوى

الهيدروجين ونسبها المواد الكابحة أي Moderator للنيوترونات، وفي كل الحالات للوقاية من إشعاعات النيوترونات تستعمل مادة Paraffin ونعود ونقول بأن عملية كبح النيوترونات في المادة أو العنصر الخفيف تفقد النيوترونات كمية كبيرة من طاقتها، ونوى المادة المصطدمة بالنيوترونات نسميها النوى المصطدمة المعاكسة، وهي تتحرك في المادة الماصة أو المقذوفة على مسار مسافة قصيرة، وتنتج عملية تأين خاص تسمى Specify Ionization .

b- عملية التقاط النيوترونات Neutron Catches

إن عملية كبح النيوترونات في المادة عامة ليست إلا عملية التقاط Catch النيوترونات من نوى المادة المقذوفة بالنيوترونات، ولهذا يخلق من هذه المادة مادة مشعة والإشعاعات المنتجة تؤين هذه المادة الماصة أو المقذوفة . والنيوترونات عندها قدرة الخرق لأنها لا تملك شحنة كهربائية، وكذلك ليس عندهم الميزات للتأين العضوي الحي ولهذا يجب أن نعرف كذلك بأن النيوترونات الحرة المقصود بها.. Free Neutrons عندها قدرة الخرق، ومسافة الخرق هذه للنيوترونات نسميها مسافة مسار مدى الخرق المتوسط للنيوترونات وهنا في هذه اللائحة نقابل مسافة خرق النيوترونات بمسافة خرق إشعاعات γ في مادة الرصاص.

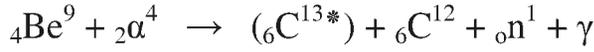
الطاقة خرق النيوترونات في الرصاص خرق إشعاعات γ في الرصاص

1,2cm	7cm	100MeV
1cm	6cm	1MeV
0,01mm	3cm	20keV

1.13 طرق كسب أو إنتاج النيوترونات وطرق إثبات وجودها وقياسها

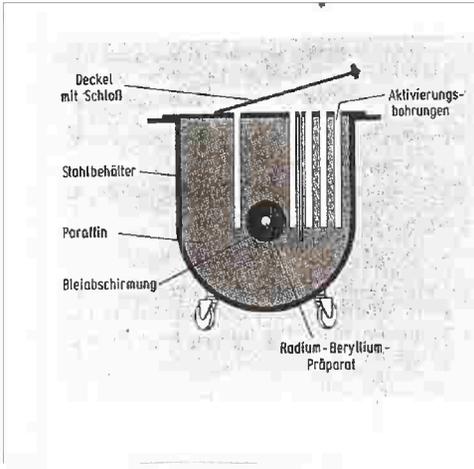
من أهم التفاعلات النووية التي ذكرت ووجدت إلى الآن في تاريخ الفيزياء النووية هي عملية قذف مادة ال Beryllium بإشعاعات α لإنتاج النيوترونات، وعملية القذف والتفاعل هذه وجدها الفيزيائي الألماني Bothe في سنة 1930.

وحدد تحقيقها ونتيجة إنتاجها للنيوترونات الفيزيائي الإنكليزي Chadwick في سنة 1932 حسب المعادلة المعطاة التالية:



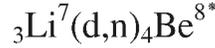
ولإنتاج النيوترونات للقضايا العلمية والاختبار ما علينا وحسب المعادلة السابقة إلا أن نخلط كمية من مسحوق مادة ال Beryllium المعروفة مع 1.mgr Radium ونضعهم في أنبوب من معدن محجوز عن الهواء والرطوبة، وهذا الخليط ينتج لنا منبعًا للنيوترونات. وهذا المنبع يمكن أن يعيش 1620 سنة حسب العمر النصف لعنصر الراديوم ومن الممكن لهذا المنبع أن يعطينا طاقة إشعاعات نيوترونات مرتفعة جدًا تتراوح بين الطاقة المساوية من 5 MeV إلى طاقة تساوي 13,7MeV ومن المعروف علميًا وفيزيائيًا أن كل عدد من 4000 جسيمة من إشعاعات ألفا تنتج نيوترون واحدًا لا غير، وإذا كان ينبوع النيوترونات الذي ذكرناه حسب الخبرة مؤلف من 1.mgr Radium وكمية معروفة من مادة ال Beryllium، فإنه يبث أو يعطي 9000 نيوترون في الثانية.

وما يجب الانتباه له بسبب أضراره الإشعاعية أن هذا الينبوع للنيوترونات من بداية التفاعل واضمحلال عنصر الراديوم يبث ليس إشعاعات جسيمات النيوترونات فحسب بل إشعاعات γ ولهذا السبب يجب أن يحفظ هذا المنبع في وعاء خارجي من الرصاص وكذلك تغليفه بطبقات من مادة ال Paraffin حسب الصورة الموضحة.



ووعاء هذا المحضر كينبوع لبث النيوترونات السريعة ومتوسطة السرعة والحرارية، تعود طاقة النيوترونات المنبثة حسب الثقوب الموجودة المحددة سرعة النيوترونات للدراسات والاختبارات النووية بإشعاعات النيوترونات. ولإنتاج كذلك النيوترونات ذوات الطاقة

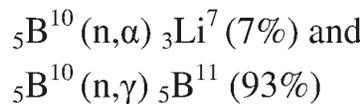
المرتفعة بغير الطريقة الطبيعية تستعمل المسرعات الخطية Linear Accelerator لتسرع الـ Deuteron، وهذه بدورها المسرع تسقط على هدف مؤلف من مادة الـ ${}^7\text{Li}_3$ ، ومن هذه العملية ينتج النيوترونات السريعة بطاقة مرتفعة حسب المعادلة التالية:



وفي الوقت الحاضر تستعمل للدراسات والاختبارات بالنيوترونات ثقوب تشكل مجاري خاصة في المفاعلات النووية، وطرق خاصة لتحويل النيوترونات من سريعة إلى حرارية، وكذلك حديثاً عن طريق الكاميرا الفيزيائية للتصوير بالنيوترونات السريعة التي أوجدها سليم مراد في ذلك الوقت كطالب لأطروحة الدكتوراه، وهذا ما تجده مفصلاً في أطروحة المؤلف البروفيسور سليم مراد الموجودة كمراجع في مكتبة كلية الهندسة العليا في مونيخ بألمانيا الغربية قسم المفاعلات النووية في كلية الهندسة T.U.Marching، وكذلك في مكتبة كلية العلوم الطبيعية في Salzburg النمسا.

- إثبات وجود النيوترونات وقياسها

وحتى نظهر ونقيس النيوترونات بصفتها جسيمات محايدة لا تملك شحنات كهربائية، وليس عندها قدرة التأين كما يحدث في عداد Geiger لقياس وعد الجسيمات البدائية الأخرى، ولذلك وجب علينا أخذ الطريق التالية لبناء عداد للنيوترونات يؤخذ وعاء غاز الـ BF_3 المخصب بعنصر البور ${}^{10}\text{B}_5$ ، والنيوترونات عندما تدخل وتخترق هذا الغاز تتفاعل مع نوى البور Bor حسب المعادلة التالية:



ومن عملية هذا التفاعل تنبث نبضات Impulse تحدث عن تأين إشعاعات α كعداد نسبي للنيوترونات . وحديثاً يوجد عديد من عدادات النيوترونات منهم ال Sinsilator وغيرهم

13. 2. عملية تشتت والتقاط النيوترونات

Scattering , Catching of Neutron

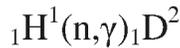
جسيمات النيوترونات لا تملك شحنات كهربائية وفي خرقها نواة المادة تحدث التفاعلات حسب العمليات التالية:

a - عملية التشتت المرن للنيوترونات

أي أنه لما نيوترون يصطدم بنواة ذرة المادة فإن النيوترون ونواة المادة بتصادمهما كشكل كرتين يتشردان، وبهذه العملية لا يتغير من حالة نواة المادة شيء ونسبي هذه العملية التشتت المرن لأن التصادم الذي حدث كان كتصادم حسب قانون التصادم الميكانيكي، وبهذا التصادم فإن النيوترون وكذلك نواة المادة كل واحد منهما بعد التصادم يتطاير في اتجاهات وبطاقات متفرقة.

b - عملية الالتقاط للنيوترونات

هنا النيوترون لما يدخل في المادة يلتقط من نواة المادة ويدخل إلى داخل هذه النواة، وهنا تحدث عملية تغيير نواة المادة، وعامة في عملية التغيير تتضارب مع بعض عمليات التشتت وكذلك عمليات الالتقاط. وهذه التفاعلات نستطيع أن نظهرها بالمعادلة، أي لما يدخل نيوترون إلى داخل نواة ذرة الهيدروجين ويقوم بعملية التغيير المظهرة بالمعادلة التالية:



ونسبية هذه التفاعلات بين التشتت والالتقاط نسميها عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفى، أي المقصود به Cross Section وهنا يجب أن يفرق علمياً بين الانشطار النصفى للالتقاط σ_a والانشطار النصفى للتشتت σ_s .

c - عملية الانشطار أو تفتت النواة

هنا بدخول النيوترون إلى داخل نواة المادة يفتتها أو يشطرها إلى قسمين وعملية هذا التقسيم أو الانشطار مهمة جداً سوف ننتعمق ونطرق الموضوع مفصلاً في قسم لاحق.

والعملية الممكنة Possibility لهذا الانشطار المسماة عامل الحاصل النسبي للانشطار النسبي لتفتت σ_i ولكسب طاقة الانشطار المنتجة لعملية الالتقاط والتشرد تكون عن طريق النيوترونات الحرارية، التي لها في هذه الحالات أهمية كبرى ولهذا نعطي أمثلة في اللائحة التالية لعمليات الالتقاط والتشرد في العناصر الطبيعية للنيوترونات الحرارية في وحدة الـ Barn المساوية $1 \text{Barn} = 10^{-24} \text{cm}^2$.

هنا إذا أخذنا بعين الاعتبار الانشطار النسبي للالتقاط في عدة طاقات مختلفة، وكذلك سرعة النيوترونات، فنجد عامة حسب الاختبارات في تضعيف سرعة النيوترونات أن قيمة الانشطار تكبر، وفي حالة الطاقة الصغيرة يلعب ضعف السرعة دوراً مهماً ويصبح ارتفاع أو تناسل الانشطار متناسباً Proportional $1/V$ ، وهذا ما يثبت ما نسميه قانون الالتقاط وانشطار الالتقاط، النيوترونات تكبر بضعف سرعة النيوترونات .

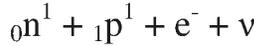
وبالتعمق في نقطة هذا القانون يوجد في بعض الحالات في انشطار الالتقاط أن طاقات النيوترونات ترتفع بسرعة، وهذا ما اختبر وأكد بأن بين الجسيمة الساقطة، أي النيوترون ونواة المادة ينتج نواة من الاثنين، أي لاستجابة وتوازن في الطاقة وهذه الاستجابة العلمية نسميها Energy Resonance. ولتفهم هذا التجاوب في عملية الالتقاط، أو بالأحرى الذي نسميه Resonance Catch، نأخذ هذه العملية ونقابلها بالتموج الميكانيكي Mechanical Wave، هنا نأخذ تحرك النيوترونات الساقطة كموجة حسب نظرية الـ Wave Theory في الحالة لما التردد $v = u / \lambda$ ومن المعروف فيزيائياً أن طول الموجة λ وكذلك التردد v متعلقين بالسرعة، أي $P = mv$ وحسب معادلة الفيزيائي De Broglie فإن طول الموجة يساوي المعادلة التالية:

$$\lambda = h / mv$$

وفي عملية الانشطار فإن نواة المادة من طبيعتها أنها جسم مهتز غير ثابت يملك تردداً أو نذبذة خاصة، وهنا لما تردد النيوترون يستجيب مع تردد النواة فإن النيوترون يمتص أو يلتقط من نواة المادة بدون صعوبة .

13 . 3 اضمحلال النيوترونات

أن اضمحلال النيوترون عكس اضمحلال الـ Proton، لأن النيوترون لما يكون في حالة حرة خارجاً عن النواة فإنه يكون غير ثابت أو ساكن مستقر، وفي هذه الحالة فإن حياته محدودة أي العمر النصفى $T_{1/2} = 12 \text{ sec}$. نأخذ بأن النيوترون مركب من بروتون وإلكترون فإن مجموع كتلتها تساوي $1,00727 + 0,00055 = 1,00782 \text{ MeV}$ ولكن كتلة النيوترون بالحقيقة تساوي: $1,00865$ وهنا نرى في هذه العملية عكس عملية الكتل المفقودة، أي أن $1,00865 - 1,00782 = 0,00083$ MeV ولتقسيم النيوترون وبث الإلكترون يلزمنا طاقة تساوي $E = 0,00083$ MeV ولتقسيم النيوترون وبث الإلكترون يلزمنا طاقة تساوي $931 \text{ MeV} = 0,77 \text{ MeV}$ وهذه تضمحل مع إنتاج Antineutrino.. حسب المعادلة التالية:



14 - المواد المشعة الاصطناعية The artificial Radioactivity

14 - 1 اكتشاف المواد المشعة المصنعة وجسيمات الـ Positron

من بعد سنين عديدة من اكتشاف العناصر المشعة الطبيعية كعنصر الـ Uranium وكذلك عنصر Thorium and Radium، وقيل عن وجود هذه العناصر إنها مسرحية طبيعية كانت غلطة في التكوين من وقت وجود الأرض .

حتى جاء الفيزيائي الفرنسي Frederic Joliot وحرمه Irene Curie ابنة الفيزيائية Marie Curie في سنة 1934، واكتشفا شيئاً جديداً مهماً بوضعهما في وعاء من مادة الألمنيوم عنصر الـ Polonium ذا الطاقة الإشعاعية لجسيمات α

علمي معرفة كم من وقت يلزم لتصنيع غرام واحد من المادة وعكس المادة في الوقت الحاضر يجب تشغيل آلاف من المفاعلات النووية لمدة تصل إلى ثلاثة آلاف سنة، وللتعمق بالموضوع ما لك إلا أن ترجع إلى ملحق هذا الكتاب في المادة وعكس المادة.

a - عملية التشعع

تحدث عملية التشعع عندما تصطدم جسيمتان متعاكستان في الشحنة أي إيجابية وسلبية ومتساويتان في الكتلة معاً مثل اصطدام بين الإلكترون و Positron حسب المعادلة التالية:

$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma \text{ Quantum}$$

$$\text{Electron} + \text{Positron} \rightarrow 2\gamma \text{ Quantum}$$

هنا كل طاقة كم منتجة بإشعاعات γ تساوي في تحويل جسيمة الإلكترون أو جسيمة بوزيترون كاملة، تساوي:

$$E_\gamma = m_e c^2 = 0,511 \text{ MeV}$$

ومجموع الطاقات المعطاة للجسيمتين في تشعع إبادتها كاملاً يساوي المعادلة المذكورة التالية:

$$2m_e c^2 = 2 \cdot 0,511 = 1,022 \text{ MeV}$$

ومن عملية هذا التشعع لإشعاعات γ الحادة التي طول موجاتها القصيرة مساوية حسب المعادلة التالية:

$$E_\gamma = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda_e = m_e c^2$$

$$\lambda_e = h / m_e c = 2,4262 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

ونسمي طول الموجة هذه طول موجة Compton Wave في الوقت الذي المرادف التالي للحل يساوي

$$h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J sec} \text{ عامل Planck أي تأثير الكم المساوي}$$

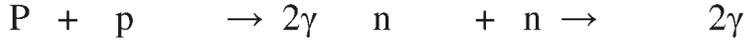
$m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31}$ kg كتلة الإلكترون أو Positron المساوية

$c = 2,997925 \cdot 10^8$ m/sec سرعة الضوء في الفراغ

إن موجات التشعع تعادل موجات إشعاعات γ الحادة ونستطيع بأن نظهرها بالاختبار ولكن عملية التشعع لم تكن من مجموع طاقة ومادة بل عملية تشكيلية Sentence من نبضات، أي أن شحنة الإلكترون وشحنة الجسيمة المعاكسة البوزيترون يتحدان كاملاً، أي ما يقال Neutralized وتتحوّل هذه الجسيمات إلى طاقتي كم 2γ Quantum محتويتين الطاقة والكتلة هنا إذا أخذنا بعين الاعتبار سرعة البوزيترون بالنسبة إلى سرعة الضوء فإنها صغيرة، ولكن نبضات هذه العملية تعادل $P = m_e v$ بتطابير كل طاقة كم من إشعاعات γ كل واحدة في اتجاه متعاكس باختفاء وإبادة المادة.

b - عملية التشعع في الجسيمات ذوات الكتل الثقيلة

إن عملية التشعع ليست محصورة فحسب في ال Electron وعكسها ال Positron، بل كذلك في النوى ذوات الكتل المرتفعة مثل ال Proton وال Antiproton، وكذلك ال Neutron وال Antineutron .



Proton + Antiproton 2γ Neutron + Antineutron 2γ

وبسبب كبر كتل هذه الجسيمات البدائية، النيوترون والبروتون فإن عملية التشعع التي تحصل ما بين النيوترون وأنتي نيوترون، وكذلك البروتون وأنتي بروتون تعطي كل عملية تشعع منهم طاقة كم أعلى بكثير مما حصل بعملية التشعع بين الإلكترون والبوزيترون.

وهذه الطاقة تساوي حسب المعادلة التالية:

$$E_\gamma = m_{0p}c^2 \approx 938 \text{ MeV}$$

$$E_\gamma = m_{0n}c^2 \approx 938 \text{ MeV}$$

كتلة البروتون الراكدة $m_{0p} = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ kgr

$$1,6749.10^{-27} \text{ kgr} = m_{0n} \text{ كتلة النيوترون الراكدة}$$

وهذا التشعع المبيد كما أسميناه قبلاً عنده كذلك طول موجة Compton الناتجة عن عملية تقارب أو تصادم نيوترون مع أنتي نيوترون، وكذلك بروتون مع أنتي بروتون المساوية المعادلة التالية:

$$\lambda_p = h / m_p c = 1,321.10^{-15} \text{ m}$$

$$\lambda_n = h / m_n c = 1,320.10^{-15} \text{ m}$$

هنا نقول بأن عملية التشعع التي نحن بصدها الآن يجب أن نتعمق بها لاحقاً والتي تخولنا لتفهم درس المادة وعكس المادة، وكذلك عملية خلق الزوج من الجسيمات الذي يتبع في الدرس التالي وهم من أهم العلوم في علم الفيزيائية الحديثة .

14. 2.2 عملية خلق الأزواج أو الجسيمات المزدوجة

Positron and Electron

لنتفهم عملية إنتاج الزوج من الجسيمات فإن أبسط طريقة لتفهم شرح نموذج Dirac أي نموذج الخروق Hole Model، وقبل أن ندخل في الموضوع يجب أن نذكر الفيزيائي الإنكليزي P.A.M. Dirac، هذا الفيزيائي وجد ووضع في سنة 1930 نظرية مبنية على الخبرة والمعرفة تعود إلى معرفة الطاقة وتحرك الجسيمات وخاصة طاقة الإلكترونات القائمة حسب المعادلة التالية:

$$E_c = \pm \sqrt{(m_{e0}c^2)^2 + p^2c^2}$$

والمقصود بالرموز (±) أنه يجب أن نعطي للإلكترون أثرين إيجابياً وسلبياً، وهذا ما جاء به الفيزيائي Dirac كفكرة فرضية Hypotheses فقال:

أولاً: طاقة الإلكترون لها حالتان: الإيجابية وسلبية.

a - في الحالة الإيجابية (+) فإن طاقة الإلكترون تساوي المعادلة التالية:

$$E_{e0} \geq +m_{e0}c^2 \quad \text{or} \quad E_c \geq = +0,511\text{MeV}$$

b - في الحالة السلبية (-) فإن طاقة الإلكترون تساوي المعادلة التالية:

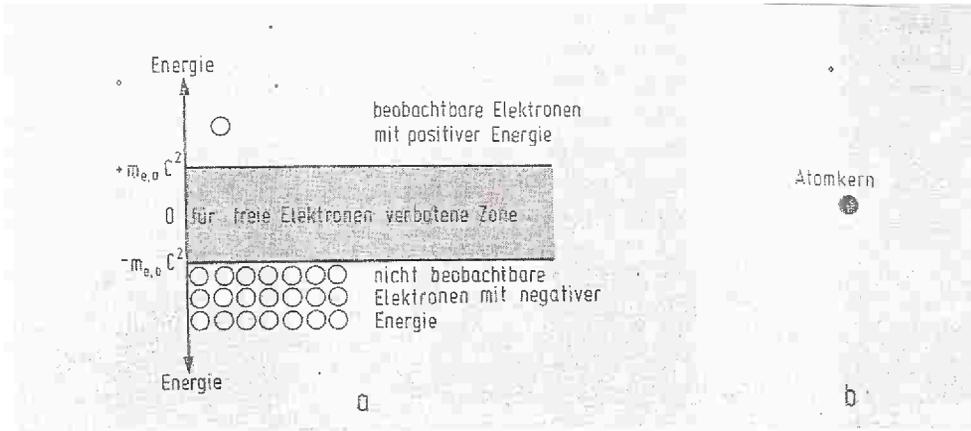
$$E_{e0} \leq -m_{e0}c^2 \quad \text{or} \quad E_{e0} \leq -0,511 \text{ MeV}$$

ثانيًا: إن الحالتين السابقتين المقبولتين للطاقة تفصل بينهما حالة طاقة ممنوعة حسب المعادلات التالية:

$$E_{e0} = -m_{e0}c^2 = -0,511 \text{ MeV To } E_{e0} = +m_{e0}c^2 = +0,511 \text{ MeV}$$

وهذا القسم ممنوع لا توجد به إلكترونات، لأن قيمة طاقة الإلكترونات ليست أصغر من طاقة الإلكترون الراكدة أو الساكنة.

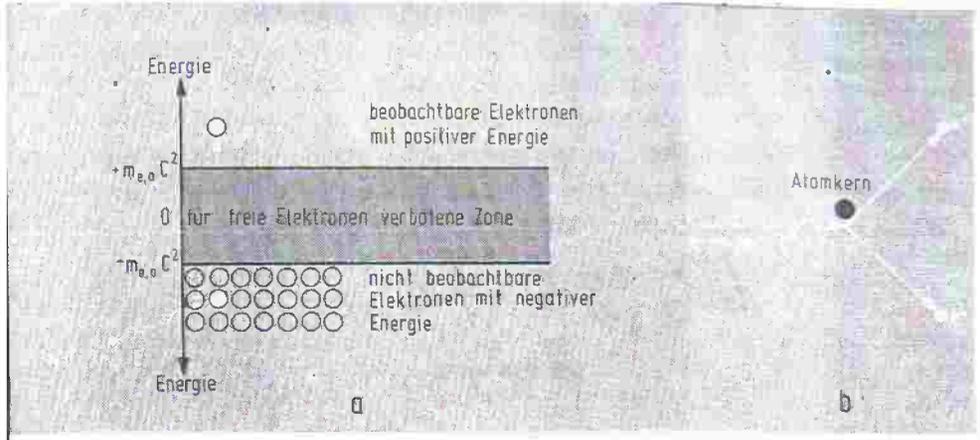
ثالثًا: من الممكن أن الإلكترونات التي تملك طاقة صغيرة عامة مستواها مملوك بطاقة سلبية، والإلكترونات الموجودة في هذه الحالة يجب حسب نظرية Dirac ألا تؤخذ بعين الاعتبار لكميتها الواسعة كبحر من الإلكترونات. انظر الصورة التالية، ومن هذه الصورة يشتق الصورتين التاليتين لها.



رابعًا: في حالة الطاقة الإيجابية فإن قليلاً من هؤلاء يملكون الطاقة الإيجابية وهنا المقصود في هذه الحالة من الطاقة توجد جسيمات إيجابية، كما توجد جسيمات الإلكترونات في غلاف الذرة.

خامسًا: هنا لما ندخل طاقة من الخارج نستطيع بأن نخرج جسيمة من طاقتها السلبية وندخلها في ستار طاقة إيجابية، وهذه العملية تظهر بشكل عادي بوجود الإلكترون، ولكن في حالة الطاقة السلبية يوجد مكان فارغ، وهذا المكان الفارغ أسماه Dirac الثقب، وهذه الحالة غير المسكونة، أي الثقب، تظهر بتأثيرها كأنها جسيمة إلكترون موجودة تملك شحنة إيجابية وهذه الجسيمة اسمها Positron

وتفاعل هذه العملية النظرية أنتج في نفس الوقت جسيمتين جديدتين نظريهما نموذجياً بالصورة التالية:



إن ما أراده الفيزيائي الإنكليزي Dirac بنموذجه النظري للثقوب هو إظهار جسيمات ال Positron كجسيمات لم تكن معروفة بعد، وهذه النظرية الفطرية كانت بشكل تكهن حتى جاء الفيزيائي الشاب الأميركي C.D.Anderson في سنة 1932، وعن طريق الاختبار حقق نظرية الفيزيائي الإنكليزي Dirac لوجود ال Positron بعد أن وجد مثلها في جسيمات الفضاء.

وفي سنة 1932 وجد الفيزيائي الفرنسي Joliot وحرمه في غرفة الضباب Wilson ظاهرة غير معروفة قبلاً، أي Vision .

وهذه الظاهرة الفيزيائية أظهرت كذلك في غرفة الفقائيع، وتحدث هذه الظاهرة لما تدخل طاقة كم من γ Quantum في غرفة الضباب أو الفقائيع.

هنا بصفة هذا الإشعاع γ ليس مشحوناً لا سلبياً ولا إيجابياً، لم ير له أثر في غرفة الضباب ولكن لما هذا الكم الإشعاعي γ يقترب أو يصطدم بنواة ذرة بيت فجأة خطين يملكان نفس شكل النقاط والفقائيع. وخطوط هذه النقاط والفقائيع مرورها في الحقل المغناطيسي يذهب كل خط منها بانحراف قوي واتجاه معاكس يدل على كتلة الجسيمة وشحنة الجسيمة المنحرفة وكذلك على طاقتها الحركية وهذا ما دل على أنه ينتج جسيمتان بعملية قذف نواة ذرة بطاقة كم γ منهما الإلكترون

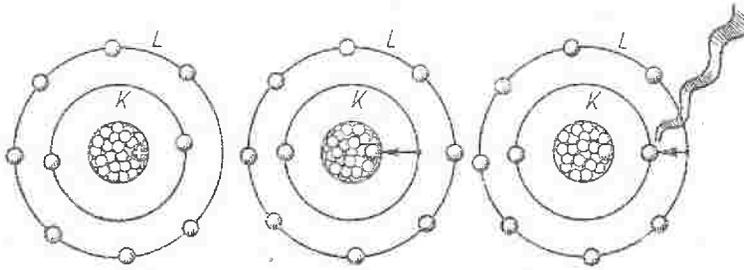
وكذلك البوزيترون. وهذا التفريق في إنتاج الجسيمات المزدوجة سميت هذه العملية تحويل الطاقة إلى مادة أو Materialism of energy والمقصود بها حسب قانون أينشتاين التساوي بين الطاقة والمادة حسب المعادلة التالية:

$$\Delta m = \Delta E / c^2$$

أي تحويل طاقة إشعاعات الكم إلى كتلة وهذا ما وجدناه في عملية إنتاج الزوج أي بخلق جسيمتين واختفاء طاقة الكم .

3.14 الالتقاط الإشعاعي في قشرة الذرة K

من بعد عملية وجود الـ Positron، كذلك يوجد طريقة لتحويل نواة جسيمة البروتون إلى نيوترون وهذا البروتون المناسب الزائد في العدد يختفي Neutralized لما الإلكترون يترك قشرة غلاف الذرة القريبة ويدخل في النواة، وهذا الإلكترون بتركه القشرة المسماة K يترك فسحة أو خرقاً مكانه يملؤه إلكترون من الإلكترونات الموجودة في القشرة الأعلى.



ومن هذه العملية تنتج إشعاعات Roentgen وهذا الإنتاج متعلق بالعمر النصفى للنواة المقصود تحويلها . الشرح بالاختصار:

عملية الالتقاط في القشرة K موصولة بإنتاج إشعاعات Roentgen ومتعلقة بتحويل النواة، في الوقت الذي الإلكترون التارك قشرة غلاف الذرة يلتقط من النواة وهذه العملية، أي عملية الالتقاط K Catch تحدث كذلك في كل النوى التي عددها

النظامي Z مرتفع، فإن إلكترونات غلاف الذرة هنا لديها قدرة سحب كبيرة لجلبها إلى قرب النوى.

وهذا مثال على ذلك: لإنتاج عنصر Nickel Isotope من مادة النحاس عن طريق قذف مادة النيكل بإشعاعات α يعطى حسب المعادلة التالية:



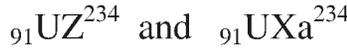
في كل الحالات يوجد تبارز بين عمليات الالتقاط عن طريق قشرة K وكذلك عملية القذف بجسيمات β^+ التي تقوم بنفس عملية التغيير في النوى وكل عملية منها عندها الإمكانية المحددة Possibility ولكن العمليتين الاثنتين عندهما نفس المفعول.

14.4 التفاعل الداخلي مع بث أشعة بيتا β

إن عملية التفاعل الداخلي ليست إلا عملية تحرك وبث إشعاعات جسيمات β^- ، المقصود بها الإلكترونات العادية التي تترك غلاف الذرة عن طريق إعطائها طاقة من نواة الذرة نفسها رأساً.

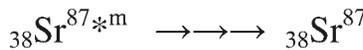
14.5 نوى ال Isomer

إن نوى ال Isomer هي النوى التي لها نفس العدد النظامي ونفس عدد الكتل النووية، ولكن مختلفة في البناء الذري، مثلاً في عناصر ال Isomer التالية:



وهذه العناصر ممكن تحويلها إلى نوى ${}_{92}\text{UII}^{231}$ بقذفها بإشعاعات الإلكترونات β^- ، وهي تفترق عن بعضها بالعمر النصفى؛ فالأول يعيش 1,14 min والثاني 6,7 h وعامة يرمز عنصر ال Isomer مثلاً بالرمز التالي:

2,8 h



$E\gamma = 0,4 \text{ MeV}$

14.6 طريقة الاضمحلال Decay schemata

أي نوع كان من طاقة الإشعاعات النووية المنبعثة من النوى نستطيع أن نأخذ قيمها من اللوائح المختبرة عن طريق اضمحلال هذه الإشعاعات، ممكن إظهارهم عن طريق الخطوط.

هنا نشرح بخطوط الاضمحلال العمليات التالية:

نواة العنصر المشع $^{22}_{11}\text{Na}^*$ ، يتحول من نواته 90% ومن الممكن Possibility كذلك إلى جسيمات Positron وعن طريق عملية الالتقاط K يأخذ عشرة بالمائة لتحول العنصر $^{22}_{10}\text{Na}^*$ إلى عنصر مشع متهيج وهذا يحدث عن طريق بث إشعاعات غاما γ ، وفي الحالة الثابتة من هذا العنصر ينتج كمية قليلة بالمائة Positron ولكن بطاقة مرتفعة بدون بث إشعاعات γ ، وباستعمال طاقة تساوي $2m_e c^2$ يحدث خلق إلكترونات مزدوجة حسب عملية خلق الزوج.

تأخذ عملية اضمحلال الـ Isomer، وهذا الاضمحلال يحدث بسرعة فائقة تساوي تقريباً من الوقت $T = 10,5 \text{ min}$ يثبت بهذه العملية إشعاعات γ بطاقة ضعيفة، وكذلك إنتاج بنفس الوقت عنصر مشع طويل العمر الـ $^{66}_{27}\text{Co}^*$ ، وهذا العنصر يتحول عن طريق قذفه بإشعاعات أو جسيمات β^- إلى مادة نواتها متهيجة $^{66}_{28}\text{Ni}$ ، والعودة إلى الحالة الأساسية تجدد عن طريق بث Emission كم من إشعاعات 2γ Quantum بطاقة ضعيفة خاصة الأول تساوي $1,17 \text{ MeV}$ والثاني بطاقة تساوي $1,33 \text{ MeV}$. وهنا في هذه العملية إشعاعات غاما γ وكذلك إشعاعات بتا β^- تثبت في وقت واحد.

14.7 ميزانية الطاقة في اضمحلال النواة

وعن طريق الاضمحلال الطبيعي المتبع تضحل كذلك المواد المشعة الاصطناعية حسب قانون حفظ الطاقة والكتلة. ولهذا نأخذ المثل التالي لعنصر الـ $^{22}_{11}\text{Na}^*$ حتى نثبت ما خطط في عملية الاضمحلال المعطاة في الرسم صورة رقم 60.1، وهذه العملية نسميها ميزانية طاقة الاضمحلال للعنصر المشع $^{22}_{11}\text{Na}^*$.

قيم الكتل تساوي:

$$21,99440 \text{ ME} = {}_{11}\text{Na}^{22*} \text{ المشع}$$

$$21,99135 \text{ ME} = \text{قيمة كتلة النواة النهائية للمادة المنتجة بعد الاضمحلال}$$

$$\Delta m = 0,00305 \text{ ME} \text{ فرق الكتل يساوي}$$

$$E = 0,00305 \text{ ME} \cdot 931 \text{ MeV} = 2,820 \text{ MeV} \text{ والطاقة المقابلة تساوي}$$

والطاقات المستعملة لهذه العملية تساوي حسب المعادلات التالية

$$2 \cdot 0,000549 \cdot 931 = 1,022 \text{ MeV} \text{ الطاقة المستعملة لخلق الازدواج تساوي}$$

$$0,543 \text{ MeV} \text{ طاقة إشعاعات } \beta^+ \text{ أو جسيمات } \beta^+ \text{ تساوي}$$

$$1,275 \text{ MeV} \text{ طاقة الكم للإشعاعات } \gamma \text{ تساوي}$$

$$2,840 \text{ MeV} \text{ مجموع الطاقات المستعملة تساوي}$$

وهذه العملية تدل على ميزانية الطاقات المتعادلة

15 بناء وتقسيم نواة الذرة

1.15 قدرة أو قوة طاقة النواة

لقد تعرفنا سابقاً على أن كل نوى الذرات مؤلفة ومبنية من بروتونات ونيوترونات ولكن هنا يأتي السؤال؟ أية قدرة موجودة لتماسك هذه الجسيمات النيوترون والبروتون في نواة الذرة؟ نعرف علمياً أن هذا التماسك بين غلاف نواة الذرة السليبي وشحنة النواة الإيجابية يعود إلى قدرة السحب الإلكترومغناطيسية التابع لقانون Coulomb، ومن المعروف كذلك حسب قانون Coulomb بأنه لما تتنافر مادتان لهما نفس الشحنة، ولكن نعود ونتساءل كيف ينتج تماسك جسيمات النواة عن طريق قدرة الـ Gravitation، وهذه القدرة بعد الاختبار والتجارب وجد بأنها ليس لها تأثير على تماسك جسيمات النواة أو الـ Nucleons لأنه ظهر بأن المسافة بين النيوترون والبروتون قصيرة جداً، ولذلك القدرة المغناطيسية لا تستطيع عمل عملية تماسك جسيمات النواة، ولهذا يجب أن يوجد قدرة أو قوة للتماسك بين

البروتون والنيوترون في نواة الذرة وهذه القدرة أو القوة غير المعروفة نسميها قدرة أي قوة النوى، وهذه القدرة أو القوة غير المعروفة تملك المميزات التالية:

1 - قدرة أو قوة تماسك جسيمات النوى في نواة الذرة عندها طريق مسار قصيرة جداً تساوي تقريباً 10^{-15} m، ومن هذه الميزة يفترق تأثير قدرة تماسك جسيمات النواة عن عملية الـ Gravitation والقدرة الإلكترومغناطيسية .

2 - قدرة أو قوة تماسك جسيمات النوى في نواة الذرة يظهر قدرة فوق عادية بعملية فوق التشبع Over Saturate Power، والمقصود بها بأن كل جسيمات Nucleon بسبب مسار طريق المسافة القصيرة المعروفة بالطول المحدد لتفاعل مع جارتها، هنا وجد بأن قدرة عملية الـ Gravitation وقدرة الكهرباء بعيداً التأثير على الجسيمة المجاورة، وهذا ما نراه في النوى التي كتلتها النووية $A > 4$ ، هنا عملية التشبع يتفاعل بالاتصالات بين الجسيمات انتهت ولم تعد كل Nucleon تتفاعل مع جارتها. وهذا التفاعل سوف نتعمق في درسه لاحقاً ولكن نقول إن نوى الذرات عندها نفس ميزات نقط الماء المائعة، وكل Nucleons من جسيمات النواة تملك نفس الكثافة التي تساوي:

$$\rho = 1,45 \cdot 10^{17} \text{ kg / m}^2$$

3 - قدر أو قوة تماسك جسيمات نواة الذرة تملك كمية أو طاقة كبيرة من القدرة أو القوة، وقدرة الـ Gravitation أو قدرة الكهرباء الموجودة بين هذه الجسيمات صغيرة جداً بالنسبة لقدرة أو قوة تماسك جسيمات النواة .

4 - إن قدرة تماسك جسيمات نواة الذرة غير متعلقة بالشحنة، وهذا معناه بأنه بين الجسيمات الـ Nucleon المزدوجة بروتون ونيوترون، وكذلك بين نيوترون ونيوترون قدرة التماسك عندها نفس المبلغ من القدر ونفس المميزات للتماسك .

5 - قدرة أو قوة تماسك جسيمات نواة الذرة هي قدرة ذات طابع جديد خاص غير معروف، نسميها قدرة التبادل Changing Power، وهذه القدرة نستطيع أن نظهرها عن طريق الحل العلمي مثل الـ Quantum Mechanic، ولتفهم هذا الموضوع يجب أن يكون عندنا معرفة كاملة عميقة في علم الرياضيات. ولتبسيط

وتفهم شرح موضوع قدرة تماسك جسيمات النوى نعود إلى نموذج مقارب، وفي هذا النموذج تلعب الجسيمات البدائية دوراً مهماً. وسميت هذه الجسيمات البدائية ال Mesons وسوف نتعمق بدرستها لاحقاً.

ومن هذه الجسيمات يوجد كثير من أشكال ال Mesons ولكن في نواة الذرة يوجد:

π Meson or Pioneer

وهنا نشرح الفرق بين الجسيمات البدائية التالية:

Positive π Meson or Positive Pioneer (Symbol = π^+)

Negative π Meson or Negative Pioneer (Symbol = π^-)

Neutral π Meson or Neutral Pioneer (symbol = π^0)

ملاحظة إن جسيمات ال π Meson المشحونة ليست إلامالة شحنات الجسيمات البدائية في نواة الذرة وهي تقوم بالعمليات التالية:

لما Proton من جسيمات النواة يعطي Pioneer إيجابياً يتحول إلى Neutron حسب المعادلة التالية: $P^+ + \pi^0 \rightarrow n + \pi^+$

لما Neutron من جسيمات النواة يأخذ هذا ال Pioneer ويتحول إلى Proton حسب المعادلة التالية: $n + \pi^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$

وعمليات هذا التفاعل تعاد أو تراجع حسب المعادلات السابقة

لما Neutron من جسيمات النواة يعطي Pioneer سلبياً يتحول إلى Proton حسب المعادلة التالية: $n + \pi^0 \rightarrow p^+ + \pi^-$

لما Proton من جسيمات النواة يأخذ هذا ال Pioneer يتحول إلى Neutron حسب المعادلة التالية: $p^+ + \pi^- \rightarrow n + \pi^0$

وعمليات هذا التفاعل تعاد أو تراجع حسب المعادلات السابقة.

وتحت تأثير شحنات ال Pioneers الإيجابية والسلبية فإن الشحنات بين البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة تبقى متقلبة بين هذا وذاك، ولم يعرف أحد

مسيرها إلى أن جاء الفيزيائي الياباني H.Yukawa في سنة 1934 ووجد حلاً نظرياً لتقلات هذه الشحنات يشابه الـ Pioneer الذي ينتقل بشكل كرة من يد لاعب إلى أخرى، وهذا التناقل الحركي أعطى له قيمة كحل لقدرة أو قوة الترابط أو التماسك في نواة الذرة، واستعمل لهذا الحل العلمي عن طريق الـ Quantum Mechanic، وهنا ما أظهره Yukawa كقدرة للتماسك أو الترابط بين نيوترونات وبروتونات نواة الذرة بتنقل الشحنات، ولكن البيونات Pioneer لا تظهر في نواة الذرة، بل تبقى Virtual ولا يعترف بها كحقيقة لأن الـ Pioneer المنبثق لوقت لا يزيد عن 10^{-24} sec يمتص بسرعة، والحل أظهر بأن عملية تنقل الشحنات بين الـ Nucleon تقارب 10^{20} مرات في الثانية .

فإن الوجود الوهمي Virtual للـ Pioneer أكد وحقق علمياً عن طريق قذف نواة الذرة بجسيمات ذات طاقة مرتفعة، وهذا الموضوع سوف نطرقه لاحقاً.

وظهر بأن القدرة أو القوة الموجودة بين بروتونين اثنين ونيوترونين تعادل نسبياً تنقل أو تغير الـ Pioneer المحايد وهنا نشرح باختصار:

إن قدرة أو قوة تماسك النوى في الذرات ليست إلا نتيجة تبادل أو تناقل الـ Meson.

وحسب نظرية Meson Theory لقدرة أو قوة التماسك ظهر بالحل التعادل والتسوية بين الحل والاختبار، وهذا معناه بأن قدرة تماسك النوى بمساعدة تبادل الـ Mesons أظهر في وقتنا الحاضر بسبب الخبرة العلمية والتطبيقية بأن نواة الذرة المبنية من البروتون والنيوترون بناؤها ليس بناء متجانساً Homage، بل البروتون والنيوترون كل واحد منهما يملك نواة خاصة في الوقت الذي البروتون نواته إيجابية والنيوترون نواته سلبية، وشحنات البروتون والنيوترون تتعادل بضباب يحيطهم من الـ Mesons. هنا لأنه لم نعد نستطيع بأن نعطي شرحاً وافياً لقدرة أو قوة تماسك جسيمات نواة الذرة نعود إلى الطاقة الجامعة تماسك النواة الـ Nucleon بفكرة تحوي التدبير التالي:

فنعلم بأن ذرة النواة المؤلفة من Z Proton وكذلك من N Neutron يجب أن يكون عندها كتلة تساوي m ونظهرها بالمعادلة التالية:

$$m = Zm_p + Nm_n$$

في الوقت الذي m_p كتلة البروتون وكذلك m_n كتلة النيوترون وعن طريق القياسات والاختبارات وجدت قيم هذه الكتل حسب المعادلات التالية:

$$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad \text{and} \quad m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

ومجموع كتل النوى الموجودة من 2 Proton وكذلك من 2Neutron التي تؤلف ذرة الهليوم ${}^4_2\text{He}$ التي أظهرناها سابقاً بالمعادلة التالية:

$$2\text{Protons} + 2\text{Neutrons}$$

$$2 \cdot 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kgr} + 2 \cdot 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kgr} = 6,6950 \cdot 10^{-27} \text{ kgr}$$

ولكن من بعد القياسات والاختبارات العديدة في وقتنا الحاضر وجد بأن كتلة عنصر الهليوم العادية تساوي:

$$m_{\text{He}} = 6,6447 \cdot 10^{-27} \text{ kgr}$$

ومن بعد هذه الدراسات المقنعة علمياً ظهر بأن كتلة الهليوم العادية أصغر من مجموعة كتل أقسام أحجار بنائها، والفرق بين الاثنين في الكتل يساوي:

$$\Delta m = 6,6950 - 6,6447 =$$

$$\Delta m = 0,0503 \cdot 10^{-27} \text{ kgr}$$

والفروق في الكتل وجدت كذلك في غير نوى الذرات التي تعطينا نتيجة القول بأنه بجمع بروتون مع نيوترون لبناء نواة ذرة مادة يوجد ضياع قسم من الكتل، وهذا الضياع في الكتل نسميه نقص الكتل أو Masses Defect في نواة الذرة ويعطى بالمعادلة التالية:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m$$

ولشرح عملية نقص الكتل يجب أن نعود إلى قانون أينشتين القائل عن تساوي الطاقة بالكتلة. وهنا نقول قبل أن يتكامل تماسك الـ Nucleon وتصبح نواة للذرة

فإن قدرة الطاقة Potential الموجودة بينهم أي بين جسيمات النواة نسبياً كبيرة ولكن في عملية تقاربهم بعضهم من بعض قدرة هذه الطاقة، أي Potential تصغر وتصل إلى حد أدنى في وقت بداية تشكيل نواة الذرة، ولكن كذلك في عملية اندماج البروتون مع النيوترون لإنتاج نواة الذرة تبت طاقة حرة Free Energy، قيمة هذه الطاقة بعكس ما يجب أن تعطى وتستعمل كذلك لما نريد تفتيت أو انشطار النواة.. وتسمى هذه الطاقة كذلك طاقة التماسك أو الترابط Binding Energy وكذلك بالضياء من Potential Energy يعود هذا كذلك إلى قانون أينشتاين المتعلق كذلك بضياء الكتل Masse Defect هنا نقول يوجد بين طاقة التماسك أو الترابط E وكذلك في ضياء الكتل Δm تعلق بين الاثنين حسب المعادلة التالية:

$$E = \Delta m c^2$$

وحسب القياسات والاختبارات الدقيقة وجد نقص أو فرق الكتل Masses Defect في نواة الذرة، وهذا الذي يعطي كذلك قياساً لطاقة الترابط أو التماسك. ومثالاً على ذلك نأخذ ترابط نواة الهليوم ونجد هنا حلاً لطاقة ترابطها أو تماسكها عن طريق ما سبق شرحه بعملية نقص كتلتها حسب المعادلة التالية:

$$E = \Delta m c^2 = 0,0503 \cdot 10^{-27} \text{ kgr} \cdot (2,9979)^2 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{sec}^2$$

$$E = 0,453 \cdot 10^{-11} \text{ Joule} = 28,3 \text{ MeV} .$$

$$1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ Joule}$$

وهذا ما أظهر كم يجب أن يستعمل من الطاقة لبناء نواة ذرة الهليوم المؤلف من بروتونين اثنين ونيوترونين اثنين، وحسب الحل ظهر بأنه يلزمنا طاقة للتماسك أو الترابط تساوي $E_{\text{He}} = 28,3 \text{ MeV}$ أي أن كل جسيمة Nucleon موجودة في نواة الذرة يلزمها طاقة تماسك أو ترابط تساوي:

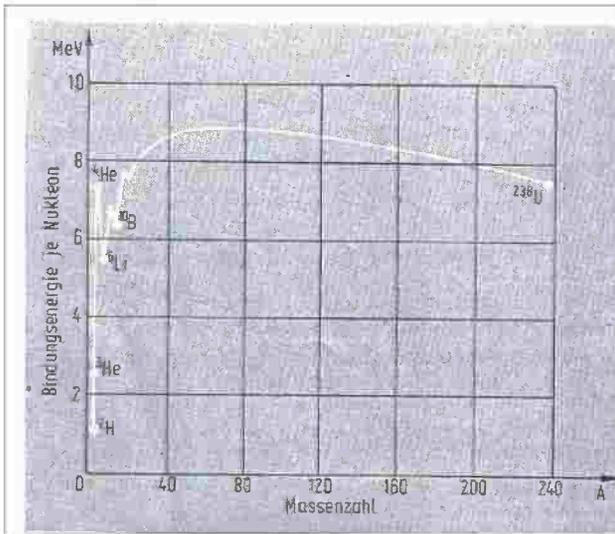
$$E_{\text{Nu}} = 7,1 \text{ MeV}$$

$$2+2 \times 7,1 = 28,3 \text{ MeV}$$

وعن طريق العكس لتفتت أو انشطار نواة ذرة الهليوم إلى جسيمات بروتونات ونيوترونات يلزمنا طاقة تساوي كذلك: $28,3 \text{ MeV}$.

في الوقت الحاضر فإن نقص أو فرق الكتل $Masse\ defect$ في نواة الذرة أصبح معروفاً بدقة ولهذا السبب أصبح يعطى نتائج مرضية لطاقة عملية الترابط أو التماسك في نواة الذرة، وهذا ما أظهر كذلك بأن طاقة كل Nucleon من نواة الذرة متعلقة بنواة الذرة نفسها وليست بنوعية النوى التي عندها نفس الكتلة، لأنه كل نوع من النوى عنده ميزاته الخاصة، ولهذا السبب نقول بأن طاقة الترابط أو التماسك لجسيمات النواة يلزمها طاقة متوسطة قيمتها بين ال 7 الى 9 MeV .

ولكن إذا أردنا طرق موضوع طاقة تماسك أو ترابط نواة الذرة المتعلقة بالكتل النووية $A..$ أظهرت هذه العملية من بعد الاختبار والقياسات بأن طاقة التماسك أو الترابط لنوى الذرات الخفيفة فضلاً عن التفرق في ارتفاع الكتل النووية A ترتفع وفي نوى الثقيلة تتخفض.



والمنحنى بالصورة الموضحة يظهر ويبين تعلق طاقة التماسك مع الكتل النووية A ، وهذا ما ظهر كذلك في نوى الذرات الثقيلة فإن طاقة التماسك أو الترابط لكل Nucleon طاقة صغيرة جداً، وهذا ما دل وظهر كذلك بأن طاقة التماسك

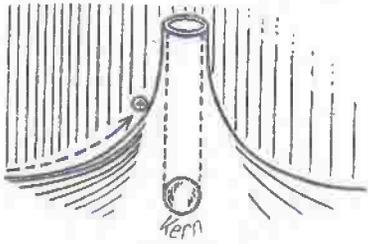
للنوى متوسطة الثقل أكبر من طاقة التماسك في النوى الثقيلة، ولكن بالعكس في عملية الانشطار أو التفتت ترتفع طاقة التماسك، ومن هذا ما يتبع بث طاقة حرة $Free\ energy$ يعود ريعها لربح أو كسب الطاقة النووية عن طريق عملية انشطار النوى الثقيلة في المفاعلات النووية للطاقة، وكذلك بارتفاع طاقة تماسك كل Nucleon مثلاً وخاصة في عنصر الهليوم الذي ذكر قبلاً كذلك تعطى طاقة حرة $Free\ energy$ ، أي نوى ثقيلة منتجة من نوى خفيفة التي تعود تفاعلاتها

لعملية الانصهار ومن هذه العمليات تظهر الطاقات التي يمكن كسبها، منها عن طريق الانشطار Fission، ومنها كذلك في المستقبل القريب عن طريق الانصهار . Fusion

15 . 2 النوى بشكل وعاء كقدرة للطاقة Potential pot

نواة الذرة تظهر للخارج كمادة شحنتها إيجابية ومحاطة بحقل يملك قدرة من الطاقة نسميها قدرة الـ Potential وإذا جسم مشحون إيجابياً قارب هذا الحقل المشحون كذلك إيجابياً حسب قانون Coulomb ينفر وقدرة طاقته تساوي المعادلة التالية:

$$E_{pot} = e_0^2 / 4\pi\epsilon_0 r$$



لأنه في كل نقطة من هذا الحقل

الكهربائي شغل يعادل الـ Electricity

Potential وهذا بعكس جاذبية الأرض،

ويوجد بينهما فرق كبير. هنا قدرة

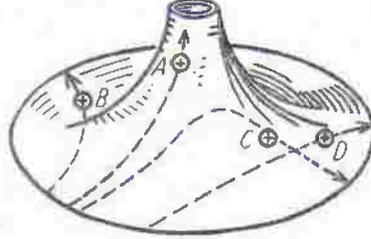
Coulomb تساوي نسبياً المسافة مقلوبة

بالمربع ولهذا ترتفع طاقة Electro

Potential بالتقارب غير الخطي ولكن بقوة، وهذا ما يشابه كرة ثقيلة كبيرة يجب أن تتدحرج صعوداً إلى قمة جبل على طريق متصاعدة إلى القمة، وعملية هذا التدحرج إلى قمة الجبل تشابه شكل خط قطع زائد، أي المقصود الـ Hyperbole.

وهذا ما يظهر بأن كل نواة ذرة محاطة بجبل من الـ Potential شكله منحدر واقف كخط الـ Hyperbole، وهذا ما يظهر صعوبة صعود الكرة على منحدر هذا الجبل الواقف. وصعود هذه الكرة على منحدر الجبل إلى القمة غير ممكن، وتشابه هذه العملية محاولة كريات الجسيمات مثل البروتونات وغيرها من الجسيمات المشحونة إيجابياً الصعود إلى النواة الموجودة في قلب الجبل، وكذلك غير ممكن وصولها إلى قمة هذا الجبل؛ منها ما يصل إلى نصف طريق انحدار

الجبل ثم تعود على طريق الانحدار المنحرف، وهذا ما نراه ونعاهده بالرسم حسب الصورة التالية:



كذلك في غرفة الضباب، هذا الانحراف نسميه التفرق أو التشرّد وهذه الجسيمات المتشرّدة ترسم في انحرافها شكل خطوط الـ Hyperbole وكذلك زوايا لتشرّد الإشعاعات α الفيزيائي الإنكليزي Rutherford جرب في ذلك الوقت سنة 1911 حل أول مرة قطر نواة الذرة وهذا ما قاله:

لو أنه لا يوجد إلا قدرة كولومب وحدها فإن البروتونات لا تستطيع الوصول إلى النواة حتى لو كانت سرعتها مرتفعة، وهذه لا تساعد البروتونات إلى الوصول وفي الحقيقة تعود وتسقط على طريق انحدار الجبل إلى الأسفل .

علمياً نعرف أنه بالقرب من النواة يوجد إيداء قوة سحب خاصة هذه النواة وكذلك قوة ارتفاع Potential الجبل التي لا تلحق السماء .. ولكن هذا الجبل يوجد به خروق أو نفق Tunnel كما يوجد في الجبال البراكينية. هنا لما جسيمة مثلاً تصل إلى سور قمة الجبل الواقف تقع وتلتقط وتسحب بقدرة أو قوة سحب النواة إلى داخل وعاء الـ Potential Pot وعملية الوصول هذه إلى النواة نسميها عامل النقب أي Tunnel effect.

15 . 3 عامل النقب Tunnel effect

كذلك بالعكس يوجد صعوبة لجسمية إيجابية من Nucleon جسيمات النواة حتى تخرج من محيط النواة إلى الخارج، من الممكن خروجها من الـ Potential pot لما تكون طاقتها مرتفعة للقفز من داخل الوعاء فوق سد الجبل المرتفع وتتدحرج

على منحدر الجبل، وسرعة هذه الجسيمة المتدحرجة ممكن حلها علميًا بالطرق المبسطة، ولكن لنأخذ مثلاً حل طاقة الـ Potential لنواة عنصر الـ Uranium تساوي المعادلة التالية:

$$E_{\text{pot}} = e_0^2 / 4\pi\epsilon_0 r$$

فإن طاقة جسيمة α بالنسبة لنواة Uranium تساوي: $(92-2)e_0 = 90e_0$ وتنظم في المعادلة التالية:

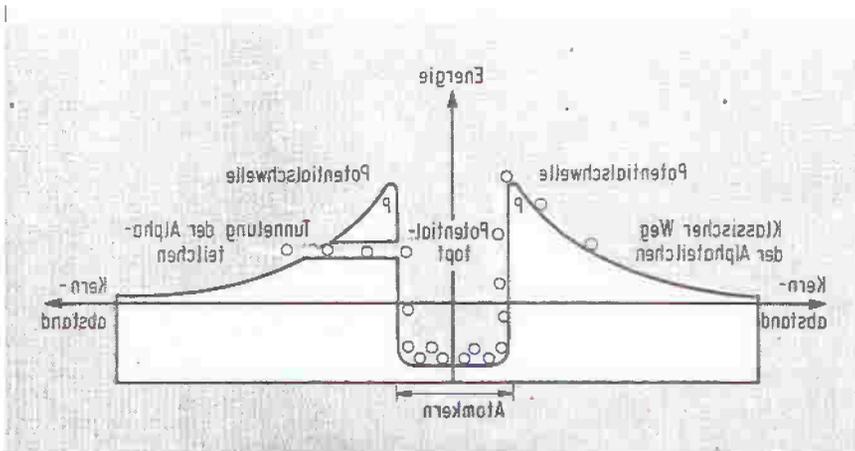
$$E = 2.90e_0^2 / 4\pi\epsilon_0 r =$$

$$E = 2.90.(1,6)^2.10^{-38} / 4\pi.8,854.10^{-14}.3,6.10^{-12} = 1,15.10^{-12} \text{Ws}$$

$$1 \text{ Wsec} = 6,24.10^{12} \text{ eV}$$

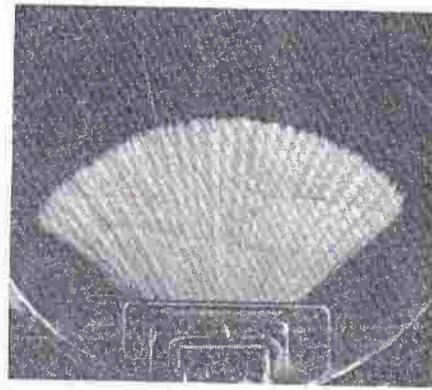
$$1,15.10^{-12} \text{ Wsec} . 6,24.10^{12} = 7,2 \text{ Mev}$$

هنا جسيمات α المنبعثة من نواة ذرة الـ Uranium تملك طاقة صغيرة تساوي تقريباً: $4,18 \text{ MeV}$ ، نفكر ونقول بأن هذه الجسيمات موجودة في أعلى الوعاء ولكن على بعد مسافة قصيرة من النواة تساوي تقريباً: $6,3.10^{-12} \text{ cm}$ ولكن كيف وجدت هذه الجسيمات على هذا الارتفاع في جبل الـ Potential ونفكر ونقول بأنها خرجت من الداخل إلى منحدر الجبل من ثقب أو نفق، وهذه العملية نسميها كذلك Tunnel effect المظهرة بالصورة التالية:



ولمعرفة الأسس الحقيقية لهذه العملية يعطينا إياها الحل العلمي عن طريق الحل النظري للموجات الميكانيكية Theoretical Mechanical wave هنا نفكر ونشابه الجسيمات بشكل Corpuscle ، وكل واحدة من هذه الـ Corpuscle هي بنفسها موجة فإنها تعكس كاملاً على حائط الوعاء المرتفع الموجود بشكل الجبل ولكن في حالة الانعكاس الكلي Total Reflection لموجات الضوء على سطح رقيق يخترق هذا المسطح قليل من هذا الضوء إلى الجهة الثانية من هذا الوسط Medium لما يكون سمك السطح أكبر بكثير من طول موجة الضوء، وهنا بالمقابل لشرح العملية كذلك موجات المادة تخترق سد الـ Potential Wall على شكل صورة للجسيمات وهذا يعني بأن سمك أو ضخامة حائط السد مؤلف Possibility ممكن من جسيمات النواة التي نستطيع خرقها، وهذه الإمكانية المقصودة متعلقة رأساً بثابتة الاضمحلال λ ، ولكن كذلك حسب نوعية النواة. وهنا نستطيع أن نقول بأن عامل النفق أي عملية الـ Tunnel effect ليست إلا نسبة اختراق سد الـ Potential Wall الذي يساوي ثابتة الاضمحلال λ وهذا ما أكد تطبيقياً ونظرياً كلما ارتفعت ثابتة الاضمحلال يصغر العمر النصفوي وكذلك يطول طريق مسافة خرق إشعاعات α كلما قصر العمر النصفوي $T_{1/2}$.

وهنا نرى كذلك تعلق مسار طول خرق إشعاعات α في حالة تهيج موجودة في النواة وهذا ما نلاحظه في غرفة الضباب.



في أثر خطوط جسيمات α المنبعثة من تهيج النواة ومنها البقية المظهرة بعض خطوط لما تكون النواة في الحالة الأساسية الراكدة غير المتهيجة .

15 . 4 نموذج النقط في نواة الذرة

من المعروف علمياً ونظرياً بأن طاقة التماسك في جسيمات النواة أي ال Nucleons في كل نوى الذرات تقريباً متساوية، ولكن دائماً لما ترتفع الكتل النووية A في جسيمات النواة، أي Nucleons، تعطى أو ينتج نفس الطاقة الحرة Free energy، وأما مسافة مسار قدرة أو قوة التماسك أو الترابط تصبح معطاة ومحددة حسب الجسيمة القريبة منها.

ولهذا السبب نستطيع أن نشبه نواة الذرة بنقطة ماء، وكلما جاءت جسيمة ماء جديدة على هذه النقطة تتطور هذه الكمية إلى عملية (تكاثف حراري) نسميها طاقة التماسك أو الترابط، وهذا التعلق الذي نسميه Cohesion power أو قدرة أو قوة النوى هذا لا يؤثر على المسافات القصيرة، وهذا ما أسماه ووجده الفيزيائي الروسي Gowow سنة 1930 نموذج النقط للنوى وما يتبع له من ظاهرات.

إلى الآن لقد مرّ علينا عديد من النماذج الفيزيائية التي عرضت ووجدت عن طريق النظريات العلمية Theory وكذلك الاختبار، مثلاً في مجال غلاف الذرة التي وجدها العلميان الاثنان الفيزيائي Bohr وكذلك الفيزيائي Sommerfeld، أو ما يقابلها من حل النظريات العلمية للموجات الميكانيكية Theory of Mechanical Wave، وما وجد كذلك من نماذج لنواة، ولكن إذا أردنا بأن نتابع ما وجد قديماً من نظريات فيزيائية غير صالحة فيجب تحقيقها بالأصح، وكذلك يجب على هذا التصحيح بأن يجمع كل النماذج حتى نموذج نواة الذرة المعروف قبل الوقت الحالي ولبناء نموذج جديد لنواة الذرة يجب أن ينتج هذا البناء عن الخبرة والتطبيق والمعرفة بأن كل نواة ذرة مبنية من بروتونات ونيوترونات، ولكن منها نواة ذرة الهيدروجين مبنية نواتها من بروتون واحد، وهي بصورة استثنائية خارجة عن القاعدة الفيزيائية. وسؤالي ما هو السبب العلمي المنطقي الفيزيائي؟ وليس حسب التكوين؟

وهذه النقاط التي تستهدف دراسات عميقة في نوى الذرات منها مميزات بناء البروتونات وكذلك النيوترونات والتفاعلات الموجودة في ما بينها، ومع كل ما وجد من نماذج ونظريات لم نصل بعد إلى الهدف المقصود.

والصعوبات الموجودة تعود إلى القدرة أو القوة الموجودة بين النيوترونات والبروتونات، أي بين الـ Nucleons والتي نسميها كما ذكر قوة النوواة أي Nucleons power، وهذه القوة أو القدرة المعروفة قليلاً وحتى بالحل العلمي Mathematical calculation لم تعرف أو تحدد بعد، والسبب لأنه يوجد كثير من بنى أنواع النوى المتعددة التي تخلق هذه الصعوبات وهنا نحاول دعم تعمق طالب العلوم لتفهم الموضوع عن طريق بناء النماذج، وهذا ما يسهل الشرح والتفهم العلمي والفيزيائي، ومنها ما يختص بهذا الموضوع النماذج المعروفة التالية:

1- نموذج Gamow أو نموذج النقط.

2 - نموذج غلاف نوواة الذرة.

ونموذج النقط هذا فكر به لتفهم قوة أو قدرة التماسك بين نوى الذرة طوره الفيزيائي الأميركي من الأصل الروسي Gamow، والذي وجده وحضره قبلاً الفيزيائي الدنمركي المعروف N.Bohr. وهذا النموذج هو من أنسب الطرق المظهرة كنموذج لتفهم قوة تماسك نوواة الذرة والذي وصف بالجملة التالية:

إن ذرة النوواة مبنية من نقط مائة أو سائلة من نيوترونات وبروتونات، وهذا ما ظهر كذلك فيزيائياً بأن نوواة الذرة ونقط السوائل عندها تقريباً نفس المميزات لبناء نموذج يشابه نقط نوواة الذرة، ولبنائه يجب معرفة النقاط التالية:

A - كثافة النوواة

كثافة النوواة معروفة علمياً وفيزيائياً بالقيمة التالية، وكذلك هذه القيمة تساوي كثافة كل أنواع النوى المشتقة من المعادلة التالية:

$$\rho = m_p / V = m_p / 4/5\pi r^2 = 1,4.10^{17} \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 1,4.10^{17} \text{ kg/m}^3$$

والاختبار أظهر بأن عملية الانفصال أو الانشطار وكذلك عملية التماسك في ذرة النواة يلزمها طاقة تساوي تقريباً 8 MeV لكل قسم من أقسام النواة، أي Nucleons انظر الحل الذي اتخذ سابقاً.

هنا وجدت هذه الطاقة أي طاقة التماسك وكذلك طاقة الانشطار عن طريق نقص الكتل حسب المعادلة $E = \Delta mc^2$ ، وصور عمليات التماسك نظهرها بالمنحنى بالصورة السابقة.

وبمساعدة هذا المنحنى نستطيع أن نظهر قيم قدرة التماسك المسماة Quantitative Binding power التي بعد الاختبار وجدت متوافقة المنحنى، وهنا ظهر كذلك بأن مجموع طاقات التماسك لنواة الذرة مؤلفة من عدة عوامل نسميها Energy Term ولذلك جاء الفيزيائي الألماني Von Weizsager وحقق بحل نصف تقريبي Semi empire معادلة لمجموع طاقات التماسك في النواة، وكذلك طاقة تماسك جسيمات الـ Nucleons المتعلقة بعدد البروتونات أو العدد النظامي Z وكذلك بعدد النيوترونات N، التي تعادل ما وجد بعد الخبرة الـ Term العديدة لتماسك أو ترابط أقسام النواة، أي الـ Nucleons ومنها النقاط التالية:

A - حصة حجم التماسك

إن القدرة الكبرى التي تنتج من قوة النواة والتي نسميها Potential energy للنواة السائلة أو المائعة، والتي ذكرت قبلاً باسم طاقة الحجم Volume energy والمقصود بها في الحقيقة قدرة Van Der Waals لتماسك نقط السوائل المساوية أو Analog حسب الفيزياء الكلاسيكية لسوائل نواة الذرة المظهرة بالطاقات، أي Energy Term، في حجم النواة، أي عدد الـ Nucleons، المعطى عددهم هنا بحرف الـ A بأن هذه الأقسام متساوية. ونظهر هذه الطاقة بالمعادلة التالية:

$$E_1 = C_1 \cdot A$$

هنا الحرف C_1 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها بالحل.

B - حصة سطح التماسك

بعد أن وجدنا طاقة الحجم $E_1 = \text{Volume energy}$ يجب أن ننقص أو نطرح منها الطاقة E_2 ، لأنه على سطح النواة يوجد أقسام Nucleons التي طاقة تماسكها ضعيفة، وهنا مقصود بالشغل الواجب عمله لفصل أو إخراج جسيمة Nucleon من داخل النواة إلى الخارج، ولهذا نعرف أن السطح المغطي كل النواة عنده كذلك طاقة تماسك محددة كما في كل السوائل، وهذه الطاقة التي نسميها طاقة تماسك السطح الخارجي للنقط السوائل، وهذا ما يدل بأنها متناسبة Proportional لنقاط السطح الخارجي وهنا نرى الفرق الموجود بين السطح الخارجي O والحجم V لنقطة شكلها كروي بأن O يساوي تقريباً الاصطلاح: $O \approx \sqrt{V^2}$ وهنا تعطى تقريباً طاقة السطح الخارجي بالمعادلة التالية:

$$E_2 \approx 3\sqrt{V^3}$$

وهذا ما يعادل بإظهار التقارب بأن نصف قطر نواة الذرة أي الـ Radian يساوي حسب المعادلة التالية:

$$r = r_0 \cdot 3\sqrt{A} \quad \text{and} \quad r_0 = 1,42 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

وكذلك من المعروف بأن حجم نواة الذرة يساوي أو ما يقارب نسبياً Proportional عدد الكتلة النووية A وهذا ما يوافق مساحة سطح لطاقة التماسك المساوية المعادلة التالية:

$$E_2 = C_2 \cdot 3\sqrt{A^2}$$

هنا الحرف C_2 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها بالحل.

C - حصة قانون Coulomb لطاقة التماسك

هنا الطاقة الإلكترونية ستاتستيقية Electro statistic لتنافر البروتونات في نواة الذرة، وعملية التنافر هذه تؤثر وتضعف قدرة أو قوة النواة الجامعة لطاقة الحجم التي تساوي E_3 والتي نسميها حصة قانون كولومب Coulomb لطاقة التماسك أو الترابط، وهذا التفاعل يعود لقدرة الطاقة الكهربائية الشاحنة لشكل الكرة التي

شحنتها بالمربع مع نصف قطر النواة r يكون تناسبياً بالعكس في الوقت الذي $r \approx \sqrt[3]{A}$ وهنا حصة كولومب في طاقة التماسك أو الترابط تساوي المعادلة التالية:

$$E_3 = C_3 \cdot Z^2 / r \quad \text{or} \quad E_3 = C_3 \cdot Z^2 / \sqrt[3]{A}$$

وهنا كذلك الحرف C_3 ليس إلا ثابتة تناسبية يجب معرفتها عن طريق الحل.

D - حصة التماسك أو التماثل Symmetry لطاقة التماسك

هنا حصة التماسك أو التماثل لطاقة التماسك لا تتشابه بأي شكل مع نقط السوائل ولكن من بعد الاختبارات تبين أو ظهر أن نواة الذرة التي تملك عدد بروتونات يعادل عدد النيوترونات عندها طاقة تماسك لكل Nucleons أكبر من طاقة التماسك للنواة المجاورة التي عندها مثلاً عدد البروتونات الموجودة فيها أكبر أو أصغر من عدد النيوترونات، وهذا ما نسميه حصة التماثل Symmetry وهنا حسب الحل التقريبي، الحل المسمى empiric تأتي عملية التماثل بين N وكذلك Z ، ولما $N = Z$ توجد أو تؤخذ القيمة الصغيرة وهذه العمليات نستطيع أن نكتبها بالمعادلة التالية:

$$(N - Z)^2$$

ولكن بسبب توحيد سائل النواة فإن ارتفاع أو انخفاض أعداد N أو أعداد Z ليس له تأثير، ولكن عملية التأثير تأتي حسب نسبة N/Z .

وإذا هنا دخلنا في عملية حل مبسطة وقسمنا $(N-Z)^2$ على $(A+Z)^2$ مع استعمال ثابتة جديدة C_4 لنعطي حصة التماثل لكل Nucleon في الوقت الذي عدد أقسام جسيمات النواة أي الـ Nucleons يساوي $A = N + Z$ ومما مرّ تنتج المعادلة التالية:

$$E_4 / A = C_4 \cdot (N-Z)^2 / (A+Z)^2 = C_4 \cdot (A-2Z)^2 / A^2$$

وحصة التماثل أي الـ Symmetry لطاقة التماسك تساوي المعادلة التالية:

$$E_4 = C_4 \cdot (A-2Z)^2 / A^2$$

هنا كذلك الحرف C_4 ليس إلا ثابتة تناسبية يجب معرفتها عن طريق الحل.

E - حصة الازدواج في طاقة التماسك

وموضوع أي Term الطاقة الأخيرة الذي يجب أن نأخذه بعين الاعتبار وكذلك ما وجد حسب الخبرة أي أن ثبات أو جمود Stability نواة الذرة متعلق بعدد البروتونات وكذلك بعدد النيوترونات إذا كانت هذه مستقيمة even أو غير مستقيمة odd وهذا ما يظهر بأن طاقة التماسك ترتفع أو تكبر لما عدد البروتونات يكون مستقيماً مزدوجاً gg..، وكذلك عدد النيوترونات يكون مستقيماً مزدوجاً ولكن لما تختلف الأعداد بين مستقيمة وغير مستقيمة تصغر طاقة التماسك، وفي النهاية لما تكون أعداد النوى غير مستقيمة uu ولكن مزدوجة تصبح طاقة التماسك أو الترابط أضعف ما وجد وهذه التأثيرات نسميها حصة الازدواج لطاقة التماسك، وتكتب على عدة أشكال حسب الاصطلاحية δ بالمعادلة التالية:

$$E_5 = C_5 \cdot \delta / 4 \sqrt{A^3}$$

في الوقت الذي الحرف C_5 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها عن طريق الحل في الحالات التالية:

$$\delta = +1 \text{ لما تكون النوى مستقيمة غير مزدوجة.}$$

$$\delta = 0 \text{ لما تكون النوى من نوع ug,gu غير مزدوجة.}$$

$\delta = -1$ لما تكون النوى من نوع uu من نوعين بدون الازدواج من بروتون ونيوترون.

والاصطلاحية δ فإنها غير ثابتة تتغير بين الأعداد -1 , 0 , +1، وهذا يحدث بتغير الكتل النووية A وعن طريق تركيب كل واحدة من الطاقات التي وجدت نجد الطاقة الإجماعية للتماسك أو الترابط المساوية المعادلة التالية:

$$E = C_1 \cdot A - C_2 \cdot \sqrt{A^2} - C_3 \cdot Z^2 / \sqrt[3]{A} - C_4 \cdot (A-2Z)^2 / A + C_5 \cdot \delta / \sqrt[4]{A}$$

وقيم الثوابت C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 وجدت عن طريق الحل وهنا نعطي قيمها بالأعداد التالية:

$$C_1 = 15,75 \text{ MeV} \quad C_2 = 17,8 \text{ MeV} \quad C_3 = 0,710 \text{ MeV}$$

$$C_4 = 23,7 \text{ MeV} \quad C_5 = 34 \text{ MeV}$$

ولتيسيط الحل نظهر في اللائحة التالية عديداً من الطاقات E أو بالأحرى كل طاقة جسيمة بحد ذاتها.

وللتأكد من صحة حل هذه المعادلات وجدت لذلك النقاط التالية:

1 - المنحنى المظهر في الصورة السابقة.

هذا المنحنى يظهر تعلق طاقة التماسك في كل Nucleons من الأقسام الموجودة في النوى المعطاة في المعادلات السابقة، وهنا نرى أن الأعداد المحسوبة للنوى الخفيفة تظهر بغير تناسق، ولكن للنوى متوسطة الثقل حسب الاصطلاحية النسبية التالية E/A تظهر بتكاثر Maximum وهذه القيم الخاصة بالنوى الثقيلة تضعف أو تصغر وبعد ذلك تضحل، وهذه العمليات سوف نذكرها بالنقاط التالية:

A - العمليات غير المستقيمة في النوى الخفيفة هذه تعود إلى الكمية الموجودة بالمائة من الجسيمات، أي الـ Nucleons الموجودة على وجه السطح: وهذه لما ترتفع يصغر عدد النقط وكذلك ما يتبع، أي أن طاقة التماسك المتوسطة في كل قسم من النواة، أي المقصود بها الـ Nucleon، لم تعد تساوي الطاقة 8 MeV .

B - وفي حالة تناقص أو انخفاض طاقة التماسك في كل Nucleon من النوى الثقيلة وهذا النقص تقوم به العملية الإلكترونية استاتيكية لتناظر البروتونات.

1 - هنا حصة التماثل Symmetry لطاقة التماسك تصبح صفراً 0 لما العدد الذري يساوي $A = 2Z$.

أو لما $N = Z$ وهذا ما يدل على أن النوى من هذا النوع طاقة تماسكها كبيرة؛ لأن هنا في هذه الحالة قدرة الـ Potential لطاقة السوائل بسبب الأقسام الصغيرة للتناقص والتماثل تصغر، وهذا ما يختص بالنوى الخفيفة لا غير.

والتعلق العامي يعطى لما نوى الذرات التي لها نفس أعداد الـ Nucleons المساوية الكمية A، أي أنه من بعد الخبرة معرفة كم يجب أن يكون عدد

البروتونات Z وعدد النيوترونات N لإنتاج طاقة التماسك العظمى Maximum،
وبعملية تفاضل طاقة التماسك على Z وبوضع أول قسم حل منها يساوي صفرًا
تعطينا المعادلة التالية:

$$Z = 2C_4 \cdot A / C_3 \sqrt{A^3} + 4C_4 \text{ and}$$

$$N = A - Z = 2C_4 \cdot A + C_3^3 \sqrt{A^5} / C_3^3 \sqrt{A^2} + 4C_4.$$

$$N/Z = 1 + C_3/2C_4 \cdot 2\sqrt{A^2}$$

نضع في هذه المعادلة قيم الثوابت التالية من C_3 وكذلك C_4 فنجد أن
الاصطلاحية النسبية تساوي العدد التالي:

$$N/Z = 1 + 0,015 \cdot \sqrt{A^2}$$

هذه المعادلة تظهر أن النسبة N/Z لحالة طاقة التماسك المرتفعة لما يزداد عدد
واحد يكبر عدد الـ Nucleons، وهذا معناه أنه في وجود نوى ثقيلة يخلق تزايد
في النيوترونات.

وسبب هذا التزايد سوف يشرح لاحقًا.

ولكن على أسس التحليل العلمي عن طريق الرياضيات Mathematics ظهر
بأن الاصطلاحية Z^2/A في الوقت الذي Protons Z وكذلك A هنا تساوي
الكتلة النووية لعملية الانشطار وخاصة للنوى لما تكون النسبة $Z^2/A > 45$ أكبر
من 45، هنا في هذه الحالة عملية الانشطار لا يلزمها طاقة مساعدة لأن التناثر
الإلكتروستاتيكي للبروتونات يصبح مرتفعًا جدًا. وهنا نطرق بعض النقاط المهمة
للانشطار النووي ونظهرها بالأعداد التالية لبعض النوى بالنسبية Z^2/A مثلا:

$$U233 \text{ .. } 36,3 , U235 \text{ . } 36,0 , U238 \text{ . } 35,5 , Pu239 \text{ . } 37,0$$

ولكن نرى على كل حال هذه الأعداد أصغر من العدد 45، ولهذا السبب عملية
الانشطار هنا يلزمها طاقة تفاعل مساعدة يجب إدخالها على عملية الانشطار مع
الطاقة الحركية المطلوبة حسب الحل النظري المعطى بالقيم التالية:

$$U235 \text{ 6,1 MeV and } U238 \text{ 7,0 MeV}$$

وبفارق طاقة تساوي 0,9 MeV تزداد على U235 فيصبح انشطار هذه النواة أسهل بكثير من انشطار نوى U238 وهذا التفكير لا يماشي الخبرة بأن لانشطار U238 عن طريق النيوترونات الحرارية يلزمه طاقة تساوي 1.MeV، في الوقت الذي يجب لانشطار اليورانيوم U238 طاقة أعلى من بعض ال MeV وسبب هذا الفرق نجده عامة في معادلة تماسك نوى الذرات.

وما نراه أولاً بعمليات التهيح وانشطار نواة الذرة، أي أنه لما نيوترون حراري يلتقط من نواة اليورانيوم U235 يتهيح، وهذا التهيح يحدث عن طريق خرق النيوترون في النواة وليس عن طريق النقاط النيوترون. وهذه العملية نظهرها عن طريق كل عمليات طاقات التماسك، أي أنه في كل عملية تظهر نواة U^{236} ينقص منها نواة اليورانيوم U^{235} حسب المعادلة التالية:

$$E_{(92U^{236})} - (92U^{235}) = 1793,8 \text{ MeV} - 1787,3 \text{ MeV} = 6,5 \text{ MeV}$$

ولمتابعة شرح هذا التفاعل والأقسام المنتجة، نظهرهم في الكتاب الثالث القسم 16 - 3 في قسم (عمليات انشطار الذرة).

والمقصود هنا لما نيوترون حراري يلتقط من نواة ال U^{235} يصدر طاقة حرة قيمتها لا تتعدى ال 6,5 MeV، وهذه الطاقة أكبر مما يلزمه الانشطار من طاقة مساعدة.

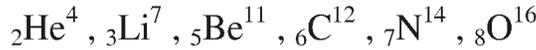
ولهذا السبب أكد بأن نواة اليورانيوم $92U^{235}$ يمكن انشطارها بدون مساعدة حتمية بالنيوترونات الحرارية، فأما ما يختص بانشطار اليورانيوم $92U^{238}$ كذلك هذا نشرحه حسب المعادلة التالية:

$$E_{(92U^{239})} - (92U^{238}) = 1810,4 \text{ MeV} - 1805,3 \text{ MeV} = 5,1 \text{ MeV}$$

والمقصود كذلك هنا لما نيوترون حراري يلتقط من نواة اليورانيوم U^{238} يصدر طاقة حرة قيمتها تساوي 5,1 MeV فهذه الطاقة أصغر من طاقة التفاعل الواجبة المساعدة 7,0 MeV، ولهذا السبب نوى اليورانيوم U^{238} لا تتشطر بالنيوترونات الحرارية.

ونتبع ما سبق بشرح مبسط، مثلاً في النواة الخفيفة فإن طاقة التماسك المتوسطة لكل ال Nucleon تكون أصغر بكثير من طاقة التماسك المتوسطة في النوى الثقيلة.

وهذا ما ظهر كذلك بأن النوى الخفيفة تملك عددًا متساويًا بين النيوترونات والبروتونات، وهي كذلك من النوى الثابتة وبإلقاء نظرة على البعض منها تكفي للتحقق مما ذكر مثلاً:



وهنا نستطيع أن نقول بأن النوى الخفيفة الثابتة أن أكثرها مبنية نواهم من بروتونات ونيوترونات مزدوجة. وهنا نرى في تكبير كتل نوى الذرات كذلك يرتفع عدد البروتونات، في الوقت الذي كذلك الشحنة الكهربائية النافرة الموجودة بين البروتونات تعود إلى البداية. ولكن في النوى الثقيلة فإن القسم النسبي للنيوترونات يرتفع بارتفاع كتل النوى بالنسبة إلى نسبة Z/N ، أي بين 1/1,6 To 1/1.

وهذا ما يدل على أن كلما كان عدد البروتونات أكبر في نواة الذرة يجب على طاقة Coulomb بأن تقوى، ولهذا يجب وجود Kit أي المقصود أساس Cement مثبت لنيوترونات أكبر.

15 . 5 النبضات الدوارة في نواة الذرة

لقد مر علينا في الأقسام السابقة، وكذلك ما ذكرناه بوضوح عن مسار طرق النبضات الدائرية، وكذلك دوران Spin الإلكترونات، وكذلك عن بناء غلاف الذرة وكذلك ما شرح وذكر عن الطيف الخطي Linear Spectrum، وكذلك خاصة الخطوط الدقيقة لبناء Spectrum الذين أظهروا بأن الإلكترونات التي عندها مسار طريق دائري للنبضات وكذلك مسار دوران ذاتي أي Spin ، هنا وجد كذلك لجسيمات النواة الـ Nucleons مسار دائري حول المحور ولشرح هذه العملية يتبع النقاط التالية:

1 - كل جسيمة من نواة الذرة Nucleon أيًا كانت بروتون أو نيوترون عندها كذلك مثل الإلكترون دوران ذاتي Spin قيمته $h/2\pi$, $1/2$ ، ولهذا نقول بأن كل Nucleon نواة عندها الدوران الذاتي $Spin = I = 1/2$.

2 - وعلاوة على ذلك كل Nucleon عندها مسار طريق دائري نبضي يساوي عدة مرات قيمة $h/2\pi$.

3 - إن النبض الدائري لكل نواة ذرة (Nucleons Spin) مؤلف من طريق مسار النبض الدائري، وذلك من الدوران الذاتي الـ Spin من مجموع كل Nucleon وحدها. وفي الـ Nucleons التي عددها مستقيم كامل نأخذها كعدد مستقيم كامل، وأما جسيمات النواة الـ Nucleons التي عددها غير مستقيم وكامل نقول عنها إن عندها نصف عدد مستقيم كامل. وهنا قيم I تتراوح بين الأعداد التالية من $0, 1/2, 1, 3/2, 2, 9/2$.

4 - فإن تأثير مجموع النبض الدائري في الـ Nucleons يتبعه قسم كبير من وجود التدرج غير المتوازي Anti parallel، ولهذا السبب دوران النواة الذاتي الـ $I = Spin$ لما يرتفع عدد الـ Nucleons يصغر.

5 - إن النبض الدوري لكل اثنين من البروتونات أو اثنين من النيوترونات هؤلاء يتشبعون بعكس بعضهم البعض لتصل قيمة الدوران الذاتي $I = 0$ تساوي صفرًا.

6 - مجموع النبض الدوري للنوى أنه يحدد من الـ Nucleons غير المزدوجة، ومثالاً على ذلك:

A - نواة ذرة الهليوم ${}^4_2\text{He}$ تملك مجموعة النبض الدوري لما $I = 0$ حسب النقطة عدد 5.

B - نواة ذرة الـ ${}^{10}_5\text{B}$ تملك مجموعة النبض الدوري لما $I = 1$ في حالة Nucleon اثنين غير مزدوجين حسب نقطة عدد 3.

C - نواة ذرة الـ ${}^5\text{B}^{11}$ المؤلفة من 3.2 Neutron، وكذلك من 3.2 Proton
 فإن مجموعة النبض الدوري في هذه الحالة $I = 0$ ، وكذلك بروتون غير مزدوج
 هنا مجموع النبض الدوري يساوي: $I = 3/2$ حسب نقطة 6.

6.15 النموذج النظامي للذرة Nucleons Systematic

كثير من الأمثلة عن عديد من نوى الذرات التي مرت في دراستنا السابقة، منها
 نوى الذرات الخفيفة وكذلك الثقيلة منها وكذلك منها الطبيعية والمصنعة وكذلك
 النوى غير القابلة للتغيير، ولكن يأتي السؤال عن تكوين هذه النوى ومن أي خليط
 بنيت هذه النوى للذرات؟

وهذا السؤال حتى نجيب عنه بالتفصيل فإنه من الممكن الإجابة عنه لما العملية
 النظرية لبناء نواة الذرة تكون قد انتهت، ولكن للأسف هذا الحل النظري بعده في
 البداية ولكن عملية الحل والإثبات النظري لغلاف الذرة قد انتهت أي أن كل
 الحالات والمميزات الكيميائية والفيزيائية للمواد وللعناصر شرحت واستوعبت.

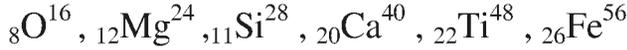
ولكن حل العملية النظرية للنوى وأقسامها بعده في المهد، هنا نعطي بعض
 النقاط لعملية الحل النظري Nucleons Theory ومنها النقاط التالية حسب
 الجدول التالي:

النوع	Tip	بناء وتركيب مواد النوى
Even gg	العدد المستقيم من البروتونات مع العدد المستقيم من النيوترونات	مثلاً ${}^8\text{O}^{16} = 8 \text{ Proton} + 8 \text{ Neutrons}$
gu	العدد المستقيم من البروتونات مع العدد غير المستقيم من النيوترونات	مثلاً ${}^9\text{Be} = 4 \text{ Protons} + 5 \text{ Neutrons}$
Odd ug	العدد غير المستقيم من البروتونات مع العدد المستقيم من النيوترونات	مثلاً ${}^{107}\text{Ag}_{37} = 47 \text{ Protons} + 60 \text{ Neutrons}$

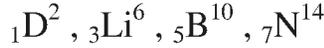
Odd un العدد غير المستقيم من البروتونات مع العدد غير المستقيم من النيوترونات

$${}^7\text{N}^{14} = 7\text{Protons} + 7\text{Neutrons} \quad \text{مثلاً}$$

إن النوع Tip gg نقدر بأن نقول عنه أنه ثابت وموجود دائماً منه 80% في غلاف قشرة الأرض منها النوى التالية:



ومجموع المواد ذوات النوى الثابتة يساوي تقريباً 275، منها تقريباً 170 من نوع الـ gg . وقليل من المواد ذوات النوى الثابتة التي أغلبها من نوعية ug ، gu يوجد منها ما يقارب من نوع الـ 57 gu ، وكذلك 53 ug ، ولكن نوى ثابتة من نوعية un فإن وجودها قليل ومنها مثلاً النوى الثابتة التالية:



ولكن كل النوى من نوعية un ذوات العدد النظامي $Z = 9$ هي نوى ثابتة تبت إشعاعات β .

ولهذا القسم من الدرس قواعد وعمليات مهمة منها

1 - النوى الثابتة هي النوى التي عددها النظامي Z يصل إلى عدد 83 .
ومن الممكن في كل عدد نظامي أن توجد نواة ثابتة، ولكنه يوجد كذلك شواذ أو خروج عن القاعدة، مثل نوى هذه المواد ${}^{99}\text{Te}^{43}$ ، ${}^{145}\text{Pm}^{61}$. ولما نوى هذه المواد أيّاً كانت عددها النظامي يتعدى $Z = 48$ كل هذه المواد تكون من النوع المشع.

2 - حسب قانون Astons للعناصر أي Astons Isotope كل النوى التي عددها النظامي غير مستقيم موجود منهم عنصران ثابتان 2 Stable Isotope والمواد التي عددها النظامي مستقيم موجود منها أكثر من عنصرين ثابتين.

3 - والنوى التي عدد كتلتها النووية A مستقيم هي من نوعية gg ، ولكن يوجد كما سبق وذكرنا الشواذ في الأعلى من نوعية un.

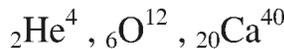
4 - وحسب Mattau في قانون الـ Isobar كل اثنين من الـ Isobar لهما عددهما النظامي يفترق بواحد ما بين الاثنين فإنهما دائماً غير ثابتين.

مثالاً لذلك في المواد الجديدة $^{99}_{43}\text{Te}$ وكذلك $^{145}_{61}\text{Pm}$ فإنها غير ثابتة لأن كل نظير أي Isobar مثل $^{99}_{44}\text{Ru}$ وكذلك $^{145}_{60}\text{Nd}$ فهو ثابت .

7.15 نموذج غلاف نواة الذرة

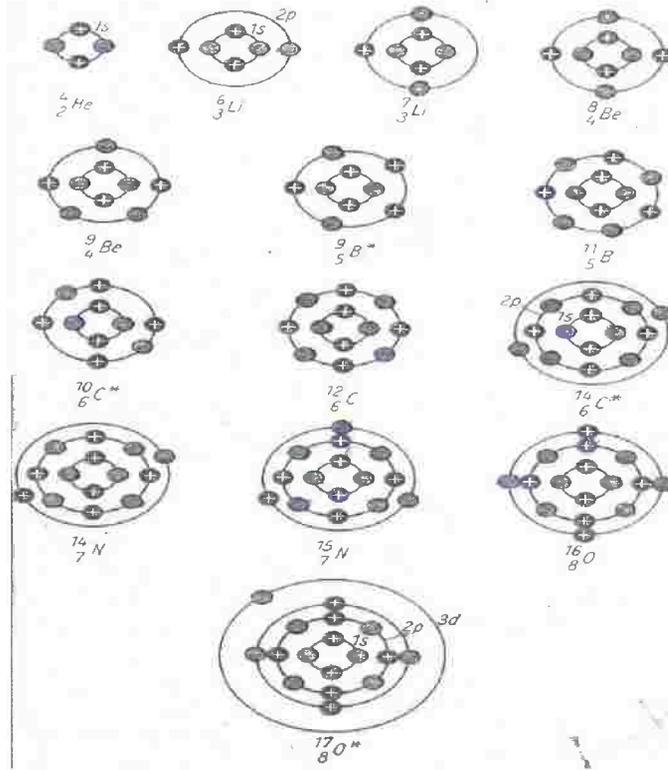
كما هو موجود في غلاف الذرة الخارجي من قشر كذلك موجود ويشابه تقريباً غلاف النواة. على أسس تشكيل الجدول الدوري المشتق من الكيمياء إلى الفيزياء الذي صنف المواد والعناصر، ومن بناء هذا النموذج الذي انعكست منه صورة واضحة لتفهم بناء غلاف النواة، الذي يشابه كما سبق وشرح وكذلك يذكرنا بقشور بناء غلاف الذرة، حسب صف أعداد القشور التالية 2 , 8 , 18 , 32 المبنية من الإلكترونات وبتكامل هذا الغلاف أنتجت الذرة الثابتة، ومنها مثلاً نوعية الغاز الكريم وكذلك التفاعلات الكيميائية للوصول إلى الحالة الثانية، وهي الحالة الموجودة بالقرب من النواة معطاة بأعداد يجب أن نجدها والتي تحدد ثبوت النواة، وهذا ما وجدناه يشابه كذلك بناء نواة الذرة.

ولقد وجدت لذلك الأعداد السحرية ومنها 2 , 8 , 20 , 28 , 50 , 82 , 126، وأما النوى التي تملك عدد بروتونات أو عدد نيوترونات يساوي أحد هذه الأعداد فهو موجود منه كثير في الطبيعة، فنعطي نظرة واسعة عن النوى نأخذ مثلاً مواد الأشهب في الفضاء أو طبقات النجوم الجامدة، ولهذا يجب علينا تفهم وتعمق النظر في أنواع النوى العديدة الموجودة في الفضاء، أي الـ Cosmos Frequently، ولنأخذ مثلاً النوى الموجودة في النجوم الجامدة ومنها:



فإن ما نجده في نوى مواد هذه النجوم من أعداد البروتونات وأعداد النيوترونات يشابه الأعداد الثلاثة الأولى الموجودة في صف الأعداد السحرية، وكذلك يجب أن

نفكر بوجود كذلك أعداد مرتفعة ثابتة غير مستقيمة للنوى مثل العدد 5 وكذلك عدد $N = 20$ وكذلك 28 . فإن العناصر Isotope التي عددها مرتفع مثل Sinn والذي عدده النظامي يساوي $Z = 50$ ، والمادة التي يجب أن نعطيها انتباهنا التي عندها 82 Protons كآخر عضو من المواد الثلاث ذوات الاضمحلال الطبيعي، وهن لسن من الآخرين بل نجد دائماً غيرهن مثلاً عنصر الرصاص ^{208}Pb Isotope، وكذلك لا ننسى آخر عضو من صف Np مثل ^{209}Bi الذي يملك 126 نيوترون. وإنه يوجد دائماً سبب بأن نقول كذلك بأن جسيمات ال Nucleons كذلك مجموعة وفي كامل الذرة، فإن الميزات الكيميائية والفيزيائية للإلكترونات في غلاف الذرة محددة في القشرة الخارجية، أي أن النبض الدائري وكذلك القدرة المغناطيسية لكل النوى تسير في نفس الاتجاه الذي يناسب دوران ال Nucleons. وفي محيط هذا الإطار، كذلك النواة تتوافق مع مغناطيسية عدد من النيوترونات التي عامة تعطي عامل الانشطار النصفى لالتقاط النيوترونات الذي يعمل ويؤلف تحالف النيوترونات ويصبح عنده عامل النقاط نصفى مرتفع. وهذه العملية حسب ما نتصوره أنتجت غلاًفاً للنوى مشابه ال Quantum Number 4 حسب النموذج المنظم حسب ما وجده الفيزيائي Pauli للإلكترونات في غلاف الذرة، والذي يشابه كذلك بناء النواة كذلك من ال Quantum Number 4 المؤلف من النيوترونات والبروتونات والذي يوجد لكل قسم منها طريقة Term Schema معينة، وهي لكل قسم من هذين الاثنين يعطى الغلاف الذي يتزايد عدد ال Nucleons يملأ أو يعبأ من تحت إلى فوق وهذه الأغلفة تضمحل إلى وحدات مستوى طاقات نستطيع بأن نقابلها مع مسار طريق الإلكترونات حسب نموذج ما نظمه الفيزيائي Bohr.. وهذا التابع في هذا المستوى ينحرف عن عملية غلاف الإلكترونات ومثالاً على ذلك ما يتبع على المستوى 1s رأساً يأتي بعده 2p في الوقت الذي 2s يبني في القشرة الثالثة. وهذا ما نراه في الصورة التالية:



المظهرة المستويات التابعة والقشور الموجودة فإنه في كل واحدة منها نجد حالات طاقات متقاربة إلى بعضها البعض، ولكن متباعدة بفروق ولمعرفة على أي طريق وجدت هذه الأغلفة مرتبة مصفوفة، هل هي نموذج من ال Nucleons المتحركة أو الدوارة كما يوجد في نموذج Atom Model الفيزيائي Bohr؟ ولهذا لا نستطيع بأن نقول إلا أن ال Nucleons تدور حول نقطة النواة المتوسطة، ولهذا بني في الوقت الحاضر هيكل فيزيائي للشرح والتفسير يجب بأن يصحح.

وهنا نختصر ونقول بأن لكل نواة غلافين منهما واحد للبروتونات وواحد للنيوترونات، وهذان الاثنان كل واحد من هذه الـ Nucleons يدور على مسار طريق حسب نموذج Pauli عنده كذلك دوران ذاتي Spin معاكس للأول الذي يثبت نوعية المادة gg، وللتعمق في هذه العملية يجب الرجوع إلى المراجع الفيزيائية العديدة.

* * *