القسم الثاني

ثالثًا : 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 سابقًا:

$$e = 1{,}6022.10^{-19}\ C$$

وتابعًا 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 .. $_{Z}X^{A}$ 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 جدًّا، وأن نواة الذرة تأخذ بالحل التقريبي شكل كرة صغيرة، وهذا ما بين أن تقريبًا نصف قطرها المتعلق بأعداد الكتل A يساوي:

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

في الوقت الذي حل وحسب سابقًا، ويساوي العدد التالي:

$$r_0 = 1{,}42.10^{-15}\ m$$

5 – كثافة نواة الذرة:

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

$$V = 4/3\ .\ \pi r^3 \approx 4/3\ .\ \pi r_0{}^3\ .\ A$$

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

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

في الوقت الذي

m_p = الكتلة الراكدة للبروتون $\approx 1{,}67.10^{-27}$ kg

v= حجم البروتون

obeikandi.com

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

1.8 اكتشاف الراديوم

في سنة 1896 اكتشف الفيزيائي الفرنسي H.A Becquerl (1852-1908) مادة ملح اليورانيوم Uranium، الذي من مميزاته في ذلك الوقت أنه يشع إشعاعًا 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 أيَّنت 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. (1859-1906) Pierre Curie وخاصة زوجته Marie Curie (1867-1934) 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. وأعطي له اسم Polonium تقديرًا 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 أويقرب من 1500 غرام فقط.

2 . 8 ميزات 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 ولـــو 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 غرامًا واحدًا 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 فـــي حقـــل مغناطيـــسي، يعطينا هذا الاختبار صورًا ظاهرة معنية لثلاثة إشعاعات وهي: γ . β . α .

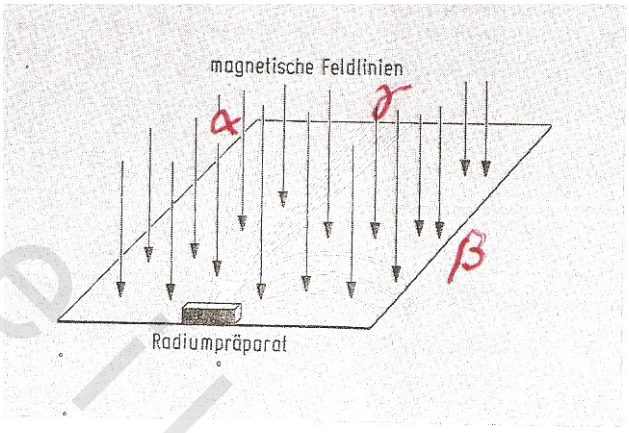
A – منها إشعاعات الرزمة الأولى انحرفت قليلاً في الحقل المغناطيـــسي إلـــى الشمال وتملك الشحنة الإيجابية، ونسميها إشعاعات..α وبعد الاختبارات ظهر بـــأن هذه الإشعاعات لم تنشق أو تبعث إلا من ذرة نواة الـــ Helium التي تملك العـــدد النظامي $Z=2$ ، وعدد الكتل أو العدد الذري يساوي: $A=4$ ، والرمـــز الـــذري يساوي: $_2\alpha^4$.

إنتاج جسيمة ألفا: مثال علـــى ذلـــك: لإنتـــاج جـــسيمة مـــن عنـــصر الـــــ Radium $= {}_{86}Rn^{222} + {}_2\alpha^4 \rightarrow {}_{88}Ra^{226}$.

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

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

هذا الإشعاع يملك شحنة سلبية 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:

$$_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e$$

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

$$_{82}RaB^{214} \rightarrow {}_{-1}e + {}_{83}RaC^{214}$$

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

C – أما رزمة الإشعاع الثالثة التي لم تنحرف 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 بصفتها 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 كثيرًا عما وجدناه في الدروس السابقة والمتعلقة بغلاف الذرة.

فدراسة نواة الذرة استغرقت وقتًا طويلاً لتفهمها، ولكي يتوصل العلماء لمعرفة الشيء القليل عنها وهنا نذكر بعض النقاط الواجبة للتعمق 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 تبث 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 لانشطارها إلى قسمين عن طريق القذف بجسيمات تكون موافقة ومساقبة لعملية الانشطار.

5 – وفي النهاية، وكذلك ما وجد من صعوبات نظرية وتطبيقية حتى يومنا هذا لانصهار الذرة، وهذا العلم خاصة أجبرنا للتعمق 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 النصفي 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 نهائيًّا 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 مثالاً: عندنا غرام واحد من الراديوم 1gr، الذي يعيش حسب الدراسات والحلول النظرية والاختبارات 1590 سنة، وبعد هذه المدة تضمحل نصف نوى ذراته وبعدها نسأل: 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 النصفي المتتابع تلقائيًّا.. أي اسم العمر النصفي 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 N0 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 نسبيًّا Proportion الكمية الموجودة الباقية N ، ولهذا أعطيت المعادلة التالية:

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

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

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

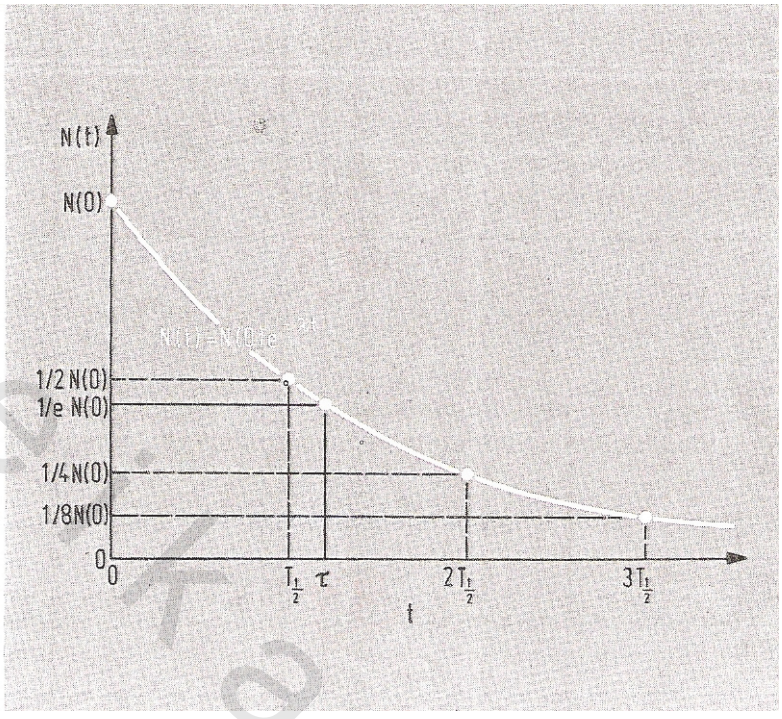
التي نسميها معادلة القانون الأساسي للاضمحلال الإشعاعي الموجودة عن طريق شكل التفاضل، أي الـ Differential Equation، التي تحدد وقتًا طويلاً غير معروف للاضمحلال. وحتى نعرف وقت الاضمحلال يجب أن نحدد تكامل هذه المعادلة التفاضلية عن طريق التكامل Integral من الوقت المساوي صفرًا مع الجسيمات $N(0)$، إلى الوقت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

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

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

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

وهنا المقصود في $N(0)$ القيمة الأساسية لنوى المادة الموجودة سابقًا، وكذلك بالاصطلاحية $N(t)$ القيمة الباقية بعد مرور الوقت (t)، وهذه المعادلة حددت القانون الأساسي لاضمحلال 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 هـذه 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، بتميز المواد المشعة تستعمل عبـارة العمر النصفي $T_{1/2}$. وهنا نفهم بالعمر النصفي الوقت الذي يبقى فيه نصف العـدد الموجود من نوى المادة المشعة. وحتى نتعرف على تعلق العمر النصفي 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 النصفي، يصبح الوقت يـساوي $t_1 +$ $T_{1/2}$ وهذا ما يدل على أن عدد الجسيمات اضمحلت إلى النـصف (1/2)، ولـذلك تعطى بالمعادلة التالية:

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

ومنها كذلك تشتق المعادلة التالية

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

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

$$\lambda t_1 = Ln2 - \lambda(t_1+T_{1/2}) \;.\; (Ln\, e = 1) \quad -$$

$$T_{1/2} = Ln2 / \lambda = 0{,}6931 / \lambda$$

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

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

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

ثانيًا يجب أن نجد ثابتة الاضمحلال λ وحسب قانون الاضمحلال تساوي المعادلة التالية:

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

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

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

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

N_A = يساوي عدد أفوكدرو Avogadro.

A = 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 أيًّا كان من الأشياء، يجب أولاً إيجاد قيمة حياة كل الجسيمات الموجودة والكمية تنقسم على عدد الجسيمات، أو بالطريقة العلمية الحسابية المساوية Analog .

$$\tau = 1/N(0) \int_0^\infty N(0)e^{-\lambda t}\, dt = \int_0^\infty e^{-\lambda t}\, dt = \left| -1/\lambda \cdot e^{-\lambda t} \right|_0^\infty = 1/\lambda$$

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 ؟

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

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:

obeikandl.com

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

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:

$A(0)$ = التفاعل ال Radiology في الوقت $t = 0$

$A(t)$ = التفاعل ال Radiology في الوقت t

λ = ثابتة الاضمحلال .

والمقصود بتفاعل الـــ Radiology مع الوقت، لم يكن إلا قياسات 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 نـــوى ذرات هذه العناصر أولاد نسميهم بنـــات نـــواة الـــذرة $D(t)$، بالاســـم Atom Daughter تحت مكنون الظن والتكهن بأن هؤلاء البنات لم يضمحللن، ونعطيهن المعادلة التالية:

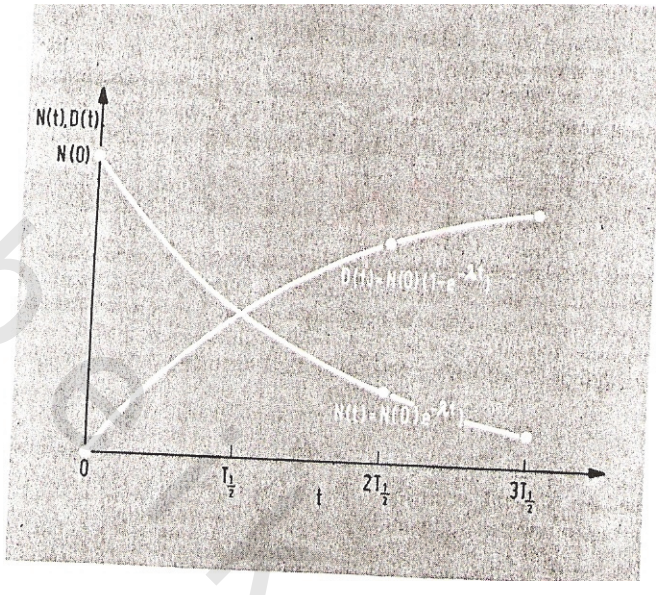
$$D(t) = N(0) - N(t)$$
$$N(t) = N(0)\, e^{-\lambda t}$$

ومن المعادلتين بوضع الاصطلاحية $N(t)$ في مكانها، تشتق المعادلة الخاصـــة ببنات الذرة المساوية المعادلة العويصة التالية:

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

وفي شكل المنحنى التالي:

obeikandl.com



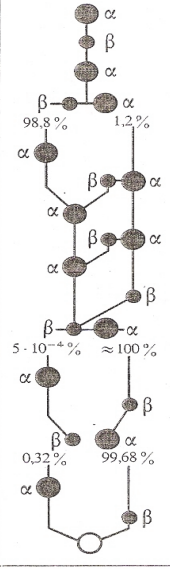
يظهر العدد البـــاقي مـــن النـــوى الأوليـــة، وكذلك عدد النوى التي انشقت أي بنات الذرات كعامـــل(t) Function للوقت t وهذا التعلـــق بين الأم والبنت يصعب حله لأنه عـــويص أي صـــعب جـــدًّا؛ وهـــذه الصعوبة سببها أن البنت نفسها لم تضمحل بـــل تشع. وهذه الحالة نجدها في الطبيعة، وهذه العملية التفاعلية من انشقاق واضمحلال نسميها صفوف المـــواد المشعة أو عائلة المواد المشعة. ولشرح هذا الموضوع نعطي عدة أمثال لاضمحلال المواد المشعة في القسم التالي:

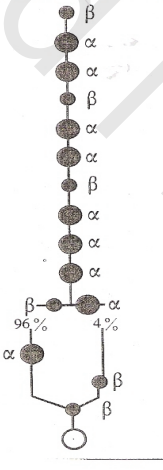
8 . 4 صفوف المواد المشعة القابلة للاضمحلال

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

يوجد أربعة صفوف مختلفة للاضمحلال منها ثلاثة من الإنتاج الأخير الثابـــت Stabile 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.) Teilchenenergie in MeV		
				α	β	γ
Uran	$^{235}_{92}$U(AcU)	$7{,}1 \cdot 10^8$ a		4,56	–	γ
Thorium	$^{231}_{90}$Th(UY)	25,6 h		–	0,30	γ
Protactinium	$^{231}_{91}$Pa	$3{,}4 \cdot 10^4$ a		5,05	–	γ
Actinium	$^{227}_{89}$Ac	13,5 a (α) 22,0 a (β)		4,94	0,046	–
Thorium	$^{227}_{90}$Th(RdAc)	18,2 d		5,97	–	γ
Francium	$^{223}_{87}$Fr(AcK)	22 min		5,3	1,15	γ
Radium	$^{223}_{88}$Ra(AcX)	11,6 d		5,7	–	γ
Astatin	$^{219}_{85}$At	0,9 min		6,27	β	–
Radon	$^{219}_{86}$Rn(An)	3,92 s		6,82	–	γ
Wismut	$^{215}_{83}$Bi	8 min		–	β	–
Polonium	$^{215}_{84}$Po(AcA)	$1{,}8 \cdot 10^{-3}$ s		7,36	β	–
Astatin	$^{215}_{85}$At	10^{-4} s		8,00	–	–
Blei	$^{211}_{82}$Pb(AcB)	36,1 min		–	1,4	0,6
Wismut	$^{211}_{83}$Bi(AcC)	2,15 min		6,62	0,75	γ
Polonium	$^{211}_{84}$Po(AcC′)	0,52 s		7,43	–	–
Thallium	$^{207}_{81}$Tl(AcC″)	4,78 min		–	1,45	γ
Blei	$^{207}_{82}$Pb(AcD)	∞		–	–	–

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchenenergie in MeV		
				α	β	γ
Plutonium	$^{241}_{94}$Pu	13 a		–	0,02	γ
Americium	$^{241}_{95}$Am	458 a		5,48	–	γ
Neptunium	$^{237}_{93}$Np	$2{,}2 \cdot 10^6$ a		4,79	–	γ
Protactinium	$^{233}_{91}$Pa	27 d		–	0,26	γ
Uran	$^{233}_{92}$U	$1{,}6 \cdot 10^5$ a		4,82	–	γ
Thorium	$^{229}_{90}$Th	$7{,}3 \cdot 10^3$ a		4,85	–	0,20
Radium	$^{225}_{88}$Ra	14,8 d		–	0,32	0,04
Actinium	$^{225}_{89}$Ac	10 d		5,82	–	γ
Francium	$^{221}_{87}$Fr	4,8 min		6,30	–	γ
Astatin	$^{217}_{85}$At	0,018 s		7,02	–	–
Wismut	$^{213}_{83}$Bi	47 min		5,9	1,39	γ
Polonium	$^{213}_{84}$Po	$4 \cdot 10^{-6}$ s		8,34	–	–
Thallium	$^{209}_{81}$Tl	2,20 min		–	1,99	γ
Blei	$^{209}_{82}$Pb	3,3 h		–	0,62	–
Wismut	$^{209}_{83}$Bi	$2 \cdot 10^{17}$ a		–	–	–

وكذلك في لوائح الاضمحلال التالية:

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchenenergie in MeV		
				α	β	γ
Uran	$^{238}_{92}$U(UI)	$4{,}51 \cdot 10^9$ a	α	4,19	–	0,05
Thorium	$^{234}_{90}$Th(UX_1)	24,1 d	β	–	0,19	0,10
Protactinium	$^{234}_{91}$Pa(UX_2) (UZ)	1,14 min 6,66 h	β	–	2,3 1,55	0,80
Uran	$^{234}_{92}$U(UII)	$2{,}5 \cdot 10^5$ a	α	4,77	–	γ
Thorium	$^{230}_{90}$Th(Io)	$8 \cdot 10^4$ a	α	4,68	–	0,24
Radium	$^{226}_{88}$Ra	1620 a	α	4,78	–	0,19
Radon	$^{222}_{86}$Rn	3,8 d	α	5,48	–	0,51
Polonium	$^{218}_{84}$Po(RaA)	3,05 min	β 0,04 % α 99,96 %	6,00	β	–
Astatin	$^{218}_{85}$At(RaB′)	1,3 s	α	6,63	–	–
Blei	$^{214}_{82}$Pb(RaB)	26,8 min	β	–	0,7	0,35
Wismut	$^{214}_{83}$Bi(RaC)	19,7 min	β 99,97 % α 0,03 %	5,50	3,2	1,8
Polonium	$^{214}_{84}$Po(RaC′)	$1{,}637 \cdot 10^{-4}$ s	α	7,68	–	–
Thallium	$^{210}_{81}$Tl(RaC″)	1,32 min	β	–	1,96	2,36
Blei	$^{210}_{82}$Pb(RaD)	19,4 a	β	–	0,018	0,047
Wismut	$^{210}_{83}$Bi(RaE)	5,0 d	β 99,9999 % α 0,0001 %	4,96	1,17	–
Polonium	$^{210}_{84}$Po(RaF)	138,5 d	α	5,30	–	0,8
Thallium	$^{206}_{81}$Tl(RaE″)	4,2 min	β	–	1,51	–
Blei	$^{206}_{82}$Pb(RaG)	∞		–	–	–

Element	Symbol	Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}}$	Ausgesandtes Teilchen	(max.) Teilchenenergie in MeV		
				α	β	γ
Thorium	$^{232}_{90}$Th	$1{,}39 \cdot 10^{10}$ a	α	4,0	–	0,06
Radium	$^{228}_{88}$Ra($MsTh_1$)	6,7 a	β	–	0,012	–
Actinium	$^{228}_{89}$Ac($MsTh_2$)	6,1 h	β	–	1,55	γ
Thorium	$^{228}_{90}$Th(RaTh)	1,90 a	α	5,42	–	0,85
Radium	$^{224}_{88}$Ra(ThX)	3,64 d	α	5,68	–	0,24
Radon	$^{220}_{86}$Rn(Tn)	54,5 s	α	6,28	–	0,54
Polonium	$^{216}_{84}$Po(ThA)	0,16 s	β 0,014 % α 99,986 %	6,77	β	–
Blei	$^{212}_{82}$Pb(ThB)	10,6 h	β	–	0,34	γ
Astatin	$^{216}_{85}$At(ThB′)	$3 \cdot 10^{-4}$ s	α	7,79	–	–
Wismut	$^{212}_{83}$Bi(ThC)	60,5 min	β 65 % α 35 %	6,09	2,27	γ
Polonium	$^{212}_{84}$Po(ThC′)	$3 \cdot 10^{-7}$ s	α	8,78	–	–
Thallium	$^{208}_{81}$Tl(ThC″)	3,1 min	β	–	1,79	2,62
Blei	$^{208}_{82}$Pb(ThD)	∞		–	–	–

opelkamal.com

وللتوضيح:

في العمود الأول من الشمال يوجد اسم العناصر.

وفي العمود الثاني موجود رموز العناصر المشعة المعطى اسمها في العـــامود الأول.

وفي العمود الثالث معطى العمر النصفي $T_{1/2}$ لهذه العناصر.

وفي العمود الرابع نجد إشعاعات الجسيمات المشتقة من المواد.

وفي العمود الأخير نجد قيم طاقات هذه الإشعاعات γ . β . α .

1 – اضمحلال صف العناصر Uranium Radium Seri

صف اليورانيوم والراديوم أخذ اسمه من عنـــصر مـــادة اليورانيـــوم $_{92}U^{238}$ الأساسية وما يشتق منها بعد الاضمحلال الكامل، والمادة الناتجـــة الأخيـــرة هـــي الرصاص $_{82}p^{206}$، والعدد الكتلي لهذه الصفوف المضمحلة من نوع (4n+2) في الوقت الذي العدد n عدد كامل طبيعي.

2 – صف اضمحلال عنصر الـــ Thorium Seri

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

3 – صف الاضمحلال للعناصر الـــ Uranium Actinium

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

4 – صف اضمحلال عنصر الـــ Neptunium

العنصر البدائي الأساسي الـــ $_{94}Pu^{241}$، والعنصر الأخير الناتج منـــه عنـــصر $_{83}B^{209}$.

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

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 تبث إشعاعات أي تشع وتعطي إشعاعات منها: γ . β . α .

2 – ولكن بعضها يبث إشعاعات α وكذلك إشعاعات β .

3 – في عملية بث إشعاعات ألفا α أو إشعاعات بيتا β دائمًا يرافقها إشعاعاتγ

4 – ونعرف من هنا أن العناصر أو المواد تبث 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 خليطًا 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 تقريبًا:

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

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 عندنا قطعة من عنصر اليورانيوم الخام مدفونة من ملايين السنين في داخل الأرض، وعندها كل صلاحيات التفكك للاضمحلال، ولكن بوجود الأم الوالدة لها التي تعطي للبنت 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 نهائيًّا، وهذا القول يعاكس الخبرة هنا يجب أن نعرف نسبية كمية العنصر المشع بين الأم والبنت.

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 البنت والأم، ونسميها العمر النصفي للبنت والأم، ولكن إذا عدنا إلى كتلة عنصر الأم التي تساوي في الحقيقة m_1، وهي كذلك تساوي فيزيائيًا: $m_1 = N_1 . A_1$.

وكذلك كتلة عنصر الابنة تساوي: $m_2 = N_2 . A_2$.

فإن النسبية بين الاثنين تساوي المعادلة التالية:

$$m_1/m_2 = N_1A_1 / N_2A_2 = T_1A_1 / T_2A_2$$

وكمية توازن كتل المواد بالنسبة لكمية البنت تساوي المعادلة التالية:

$$m_2 = m_1.T_2.A_2 / T_1.A_1$$

obeikandl.com

وهذا القانون يصلح للتوازن الدائم بين الأم والبنت للمـــادة أو العنـــصر الخـــام الموجود منذ آلاف السنين في جوف الأرض.

ولكن فالذي نجده دائمًا في حالة وجود عنصر أو مادة أم مشعة انـــشقت حـــديثًا 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 تـــضمحل كذلك لأنها من نوى الأم ولم تعد تلقى مساعدة، فإذا كانت كمية نوى الأم At فـــي الوقت t، فإن عدد نوى الابنة التي لم تعد تلقي مساعدة من الأم تـــساوي المعادلـــة التالية:

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

وهذه العملية من بعد الوقت الأعظمي المتعالي t_{max} وصل عدد نوى B إلـــى عدد مرتفع جدًّا، وكذلك نسبية التوازن بين الأم والابنة نعبر عنها بالمعادلة التالية:

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

مثالاً على ذلك إذا أخذنا عنصر ال Thorium B الذي ولـــد حاليًـــا، وعمـــره النصفي الحالي يساوي $T = 10,6\ a$ الذي يشتق منه عنصر البنت Thorium C، عمره النصفي المساوي بالدقيقة $T = 60,5\ min$.

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

احسب معادلة الوقت التي ذكرت سابقًا، أي t_{max} يجب قبل الحل معرفـــة قـــيم λ_B and λ_A

$\lambda_B=0,693/60,5=0,01154.1/min$ $\lambda_A=0,693/635=0,00109.\ 1/min$

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

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

ونسبية 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 والأثريات 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 النصفي للمادة حسب المعادلة التالية $N/N_0 = e^{-\lambda t}$، أو بالمعادلة المساوية التالية $t = Ln(N/N_0)\ \lambda$. 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 النصفي $\tau = Ln\ 2/\lambda = 5730$ y وأما عنصر الفحم C^{12} فهو مستقر ثابت. وكانت نسبية C^{12} إلى C^{14} في البداية تساوي العدد $8{,}3.10^{11}$، وهذه النسبية زادت بعد فترة وقت t فأصبحت تساوي: $9{,}1.10^{12}$.

والمطلوب تحديد هذه الفترة من الوقت t.

الحل:

نفترض بأن N_{12} هو العدد النووي أو الذري A للعنصر C^{12} الذي كان موجودًا في الأصل، وبما أن هذا النظير مستقر ثابت إذن عنده نفس عدد النوى بعد مضي وقت أو فترة t وهنا للحل نأخذ نسبية C^{12} إلى C^{14}، أي نسبية المادة البدائية إلى المادة النهائية الموجودة حاليًا، فنجد أن العدد الذري البدائي N_0 للنوى C^{14} كان يساوي القيمة $N_{12} / 8{,}3.10^{11}$، والعدد النهائي للنوى C^{14} الموجود حاليًا يساوي القيمة التالية $N_{12} / 9{,}1.10^{12}$ ، إذن حسب المعادلة:

$$N/N_0 = 8{,}3.10^{11}/9{,}1.10^{12} = 0{,}0912 = e^{-\lambda t} \quad \text{or}$$
$$0{,}0912 = e^{-\lambda t} \quad \text{and} \quad Ln\ 0{,}0912 = -2{,}39 = -\lambda t$$

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

$$\tau = Ln2 / \lambda \text{ and } \lambda = 0{,}693 / 5730y = 1{,}2.10^{-4}\ 1/y\ [t]$$

$$- 2,39 = - 1,2.10^{-4}.1/y$$

$$t = 2,39 / 1,2.10^{-4} .1/y = 19,9166.10^{3} \approx 20.10^{+3}[\ y\ ]$$

وهذه الطريقة بمساعدة عنصر ال 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 تقريبًا 80000 طن ويضمحل بمقدار 16 ست عشرة عملية اضمحلال في الدقيقة.

ولمتابعة طرق معرفة العمر لقد طرقنا عملية نظير الفحم المشع ال 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 تنطلق من النقطة التالية:

فنقول: إذا كان هناك شيء N_0 يملك في بدء وجوده في ذراته عددًا محددًا من النوى المشعة وهذا عن طريق قانون اضمحلال المواد المشعة والمقصود به معرفة الوقت t اللازم للاضمحلال وكم تبقى من نوي 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:

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

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

$$t = 1 / \lambda\ .\ Ln.D(t) + N(t) / N(t)$$

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

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

$$_{82}Pb^{206} \leftarrow {}_{92}U^{238}$$

وكذلك تنبثق الابنة $_{82}Pb^{207}$ من العنصر $_{92}U^{235} \leftarrow {}_{82}Pb^{207}$

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

$$t = 1/\lambda(U238) \,.\, Ln\ D(Pb206) + N(U238) / N(U238)$$

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

D(Pb206)= عدد النوى الموجودة في عينة اليورانيوم 238 .

N(U238) = عدد النوى الموجودة في عينة الرصاص الحاضر 206.

ومن عناصر الرصاص واليورانيوم الموجودة تؤخذ عينات للتحليل علميًّا وتطبيقيًّا، 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 جدًّا. ولكن لمعرفة عمر البشرية تؤخذ طريقة نظير الـ Kalium .

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

$$_{19}K^{40} \rightarrow {}_{20}C^{40} + e$$

يتبع الحل لما يلتقط عنصر ال $_{20}C^{40}$ الإلكترونات من عنصر ال $_{19}K^{40}$ بقيمة معروفة تساوي 11% بالمائة لعملية إنتاج نظير Argon حسب المعادلة التالية

$$_{19}K^{40} + e^{-} \rightarrow {}_{18}Ar^{40}$$

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

$$_{19}K^{40} \rightarrow {}_{20}C^{40} + e^{-}$$

وإذا كان العمر النصفي لهذا النظير، أي الكاليوم يساوي $T = 1,3.10^{9}a$، وقسم من هذا النظير، أي 11% بالمائة يؤخذ عن طريق التقاط الإلكترونات التى أنتجت من عنصر الـ Argon حسب المعادلة التي ذكرت في البداية.

يأتي السؤال: كم هو عدد عمليات الاضمحلال وكذلك عدد عمليات التقاط الإلكترونات في الثانية في جسم هذا الشخص إذا كان وزن مادة الكيلوم في هذا الشخص تساوي:

$$m = 170\ gr + 0,012.10^{-2} = 2,04.10^{-2}\ gr$$

لمعرفة عدد الذرات الموجودة في كمية $2,04.10^{-2}$ gr كاليوم تساوي حسب المعادلة التالية:

$$N = N_A/A = 6,o23.10^{23} / 40\ .\ 2.04.10^{-2} = 3,07.10^{20}Atom$$

وعن طريق معادلة الاضمحلال التالية نجد عدد النوى التي تضمحل:

$$\Delta N = -\lambda.N\Delta t = -Ln2/T.N\Delta t\ .\ \lambda = Ln2/T$$

$$\Delta N = 0,963,07.10^{20}1sec / 1.3.10^{9}.365.24.50.60sec \approx 5000$$

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

$$5000.89\% \approx 4450$$

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

$$5000.11\% \approx 550$$

8 . 7 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 مقياسًا لتفاعل اضمحلال المادة.

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

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

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

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 يبث كل ثانية إشعاعات أو جسيمات β التي تساوي تقريبًا 500 جسيمة في كل ثانية؟

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

نأخذ المعادلة التالية:

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

obeikandl.com

$$x = 500 \cdot 1 / 3{,}71.10^{10} = 135.10^{-10} \text{ Curie} \quad Ci$$

2 – كم Curie يوجد في 100 gr من عنصر اليورانيوم المشتق حديثًا من مادة أوكسيد اليورانيوم ($U_3 0_8$)، وزنه بوحدات Mol تساوي 842 = 8.16 + 3.238 إذا كان قسم اليورانيوم يساوي 714 = 3.238 ؟ وهنا نريد أن نعرف كم هي كمية اليورانيوم الموجودة بهذا الخليط والتي سوف نجدها عن طريق قاعدة التثليث بالمعادلة التالية:

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

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

$$N_u = NA / A_u = 6{,}023{,}.10^{+23} / 238 = 3{,}146.10^{+23} \text{ Atoms}$$

إذا كان العمر النصفي لهذه المادة يساوي $T = 4{,}5.10^9$ a، فإن ثابتة الاضمحلال تساوي المعادلة التالية:

$$\lambda = 0{,}6931/4{,}5 \cdot 365 \cdot 46400 = 1/2{,}053.10^{17}.1/\text{sec}$$

وكمية الاضمحلال في الثانية تساوي المعادلة التالية:

$$N_n.\lambda = 2{,}146.10^{+23} \cdot 1 / 2{,}053.10^{+17} = 1{,}045.10^{+6} \text{ Atoms}$$

وكمية الاضمحلال هذه تعادل بوحدة الكوري Curie:

$$1{,}045.10^{+6} / 3{,}7.10^{+10} = 0{,}28.10^{-4} = 28 \ \mu\text{Ci}$$

لقد ذكرنا سابقًا بأنه لتحديد قدرة أو حدة الإشعاعات أخذت عملية الاضمحلال، وعلمنا 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 علميًّا، 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:

$$I = Lim_{\Delta m \to 0} . \Delta Q / \Delta m$$

وهذا التحديدLimit Δm→ 0 يعطى لأن عمليات التأين لم تكن متساوية، بل تنتقل من نقطة إلى أخرى وأعطي 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 قديمًا وحديثًا، ومنها الوحدات القديمة التي ذكرت مسبقًا : Roentgen Curie Bq وهذه مساوية:

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

$$1.C/kg = 3895,97 \text{ Roengten (C= in Coulomb)}$$

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 علميًّا 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 تقسم 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: eV W sec Joule

$$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19} \text{ Wsec}$$
$$1\text{Wsec} = 1 \text{ Joule}$$
$$1 \text{ Joule} = 10^{+7} \text{ erg}$$
$$1 \text{ erg} = 2,24.10^{11} \text{ eV}$$
$$1 \text{ eV} = 1,6.10^{-19}\text{erg}$$

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 قسمًا من طاقتها أو بالأحرى طاقتها الكاملة، وتضعف كذلك حدتهم 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 تنحرف وتفقد من طاقتها، أو تتطاير في كل الاتجاهات وعملية التفرق هذه نسميها عملية التشرد Scatter Action.

3 – وكذلك هذه الإشعاعات ومنها إشعاعات الكم Quantum Ray في تصادمها مع إلكترونات المادة تركن 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 واضحًا 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 أضرارًا 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:

$$Is = \Delta n / \Delta s$$

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 تعطى بالمعادلة التالية:

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

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

obeikandi.com

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 التشرد، وهذا يعود لصغر نواة الذرة، وهذه العملية تحدث قليلاً، وهذا يعنى أن تشرد 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 التشرد لإشعاعات α في مسار خرق المادة خفيفة جدًّا.

ولكن الخسارة تكون في الطاقة وإشعاعات ألفا.. أي أن هذه الإشعاعات تخسر من طاقتها التي تعطيها لإلكترونات الذرة كما ذكر قبلُ، 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 $.0^{\circ}$

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 جدًّا 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 $\acute{R}$.

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:

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

في الوقت الذي..

λ= ثابتة اضمحلال المادة المشعة.

$\acute{R}_{air}$= 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:

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

وهنا المقصود..

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

A_r= الكتلة النسبية Relative Atom mass للمادة المقذوفة بالإشعاعات.

ρ = كثافة المادة المقذوفة بالإشعاعات.

$c = 3{,}2.10^{-4} gr/cm^3$ (Constant) = c.

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

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

E_0 = طاقة الإشعاعات.

R = متوسط طول مسار طريق الإشعاعات في المادة .

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

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

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

$$R_{al} = 3{,}2.10^{-4} gr/cm^3 . \sqrt{26{,}98 / 2{,}7 gr/cm^3} . 6{,}87 cm =$$
$$R_{al} = 4{,}32.10^{-3} cm = 0{,}043 \text{ mm}$$

وأما إشعاعات α في المواد الحية تحت الطقوس العادية عندها متوسط مسافة طول خرق تساوي تقريبًا 0,1mm، وهذه الإشعاعات بخرقها المواد الحية فإنها تؤثر على الجلد الخارجي وتسبب حروقًا به، ولكن أضرارها خطرة عندما تدخل في الجسم وتسكن في مكان تبث منه الإشعاعات أو تشع.

obeikandl.com

2.9 إشعاعات بيتا وأشعة النيوترينو 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 وتأين 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 بزاوية نسميها زاوية التشرد.

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

إن إشعاعات β لتأيين 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.

obeikandl.com

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 التشرد، 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 .

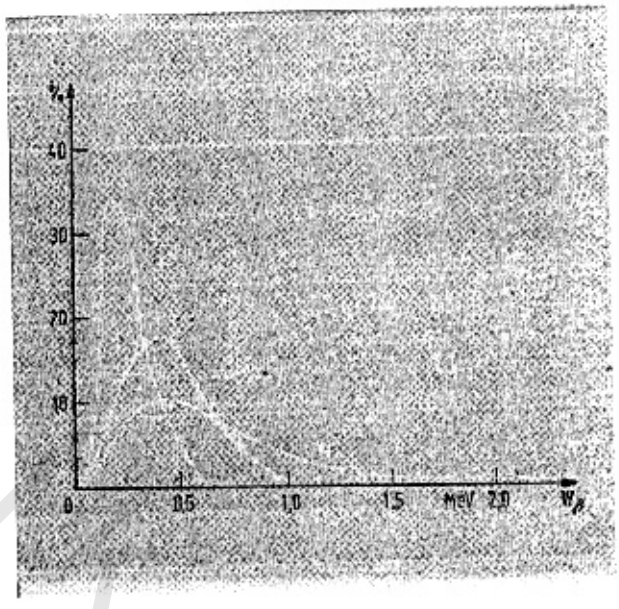
ولهذا السبب فإنه من الصعب إعطاء اسم أو مدلول علمي كما أعطي لمتوسط طول مسار طريق الخرق في الهواء أو المادة الصلبة، أي R لخرق إشعاعات α . لأنه كذلك مجموع إضاعة طاقة كل إلكترون بحد ذاته في التفاعل مع المادة الماصة لم يكن إلا ما يساوي الطاقة المنبعثة أو الخارجة من التفاعل المساوية تقريبًا الطاقة المتوسطة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

openkgmail.com



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

وهذه الدراسة لتتابع تفرق قيم الطاقات استغرقت وقتًا طويلاً لشرح الموضوع ولتفهمه، وسوف نأتي على شرحه لاحقًا 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 سُمك المادة التي تخرقها إشعاعات β حين تمتص المادة وتشرد نصف قدرة إشعاعات β ، ومسافة

الخرق هذه، أي طول مسار تفاعل إشعاعات بيتا يتعلق بحدة 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 بوحدة 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 M eV، وقدرة هذه الإشعاعات

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

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

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

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

ρ كثافة المادة

R طول مسار الطريق

في المادة الحية يساوي:

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

في مادة الرصاص يساوي:

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

في مادة الألمنيوم يساوي:

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

في مادة الهواء يساوي:

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

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 المواجه 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

obeikandl.com

مسافة الخرق والمعطاة بالمعادلة التالية، هنا أخذ لطول مسافة المسار الدالـــة 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 حـــسب المعادلة التالية:

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

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

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 $E_{max} = 1{,}5MeV$ ؟

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

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

طول مسار الطريق الأعظم d_{max}

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

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

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

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

إشعاعات النيوترينو Neutrino

أما بما يختص بإشعاعات النيوترينو Neutrino، لقد وجد الفيزيائي W.Pauli في سنة 1931 بعد الاختبارات أن عنصر الراديوم Ra.E يبث إشعاعات β وكذلك ظهر في عملية التشعع طيف إشعاع غير عادي بطاقة تحت 0,35 MeV. ســـمى هذا الإشعاع الـــ Neutrino فأعطي له الرمز (ν ν_o)، فوجد بعـــد الاختبـــارات والقياسات بأن هذا الإشعاع محايد لا يملك أية شحنة كانت إيجابية أو سلبية، وكذلك كتلة هذا الإشعاع تساوي تقريبًا أو بالأحرى صفرًا.

طريقة إنتاج هذا الإشعاع: ممكن تحدث عندما يتحول نيترون إلى بروتون، وعن طريق عملية التحول هذه أو غيرها تبث النيوترنيو Neutrino حسب المعادلة التالية:

$$_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e + \nu$$

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 وبث إشعاعات رونتجن Roentgen، ونسميه: عملية كبح الإشعاعات.

3 – عملية تغير وانحراف اتجاهات إشعاعات β في المادة ونسميه عملية التشرد.

3 . 9 إشعاعات γ Gamma Ray

إن بث إشعاعات γ ينتج دائمًا 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 تبث 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 يبث كطاقة كم لإشعاعات γ وطاقة الكم هذه للإشعاعات Eγ 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

openkanal.com

γ تنبعث من نواة الذرة المؤلفة من عــدة تــراكم Components مهمــة غيــر النيوترون والبروتون ولحل عملية طول موجة إشعاعات γ تؤخذ المعادلة التقريبية المساوية:

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

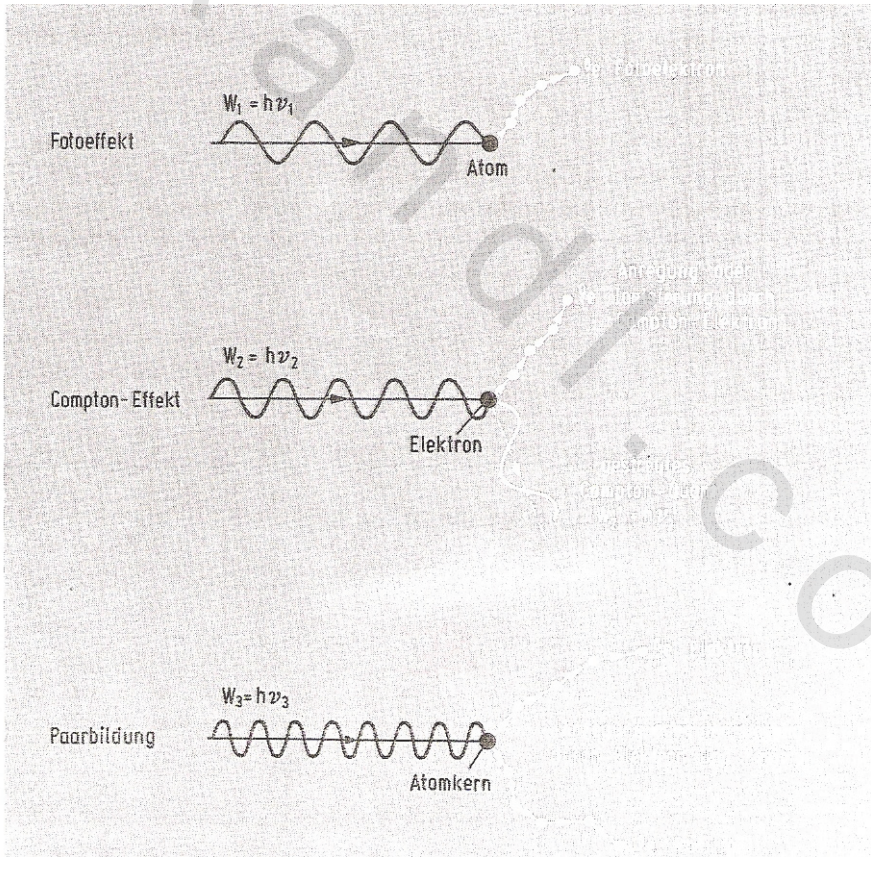
ومثالاً على ذلك:

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

الحل التقريبي:

$$12{,}34.10^{-4} / 1{,}8 = 6{,}86.10^{-4}\text{nm}$$

ويجب أن يعرف أن حدة إشعاعات γ Intensity تضعف في الهــواء بتربيــع 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 قسمًا من طاقتها Eγ، وكذلك يضعف ترددها Frequency، ولهذا تنحرف 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

مايحدث في هذه العملية هو أن إشعاعات الكم γ Quantum 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 لاحقًا في درس المادة وعكس المادة.

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

9 . 4 قانون الامتصاص للإشعاعات β and γ

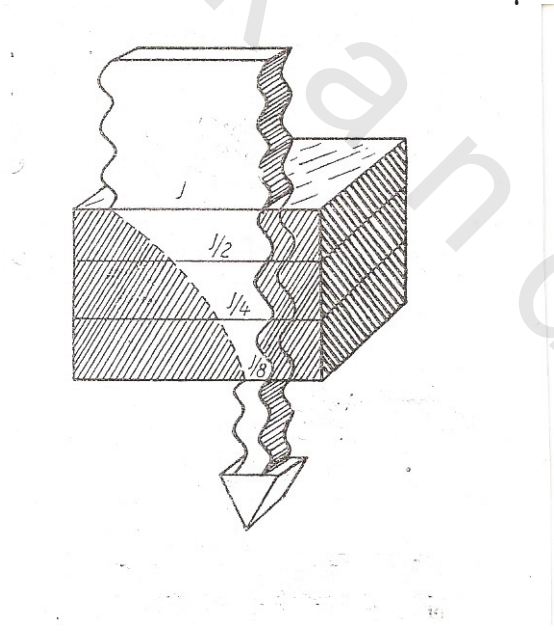
هذا القانون يشرح عندما تسقط جسيمات أو إشعاعات حدتها N على مادة ماصة رقيقة البنية سمكها يساوي Δx، وعن طريق الامتصاص أو الخرق في المادة الماصة تضعف حدتها ΔN، فإن النسبة بين N Δx تساوي المعادلة التالية:

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

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 Integration نحصل على المعادلة المشابهة لمعادلة قانون الاضمحلال، وهنا معادلة قانون الامتصاص تساوي المعادلة التالية:

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

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 السُمك أو البدانة)$d_{1/2}$ Half value Thick والتي تساوي المعادلة التالية:

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

9 . 4 . 1 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 μ' = Mass faint Coefficient المعادلة ثابتة الامتصاص μ مقسومة على الكثافة ρ المظهرة بالمعادلة التالية:

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

هذه الثابتة بوحداتها تعطى لكل المواد وهي متعلقة بطاقة إشعاعات β لا غير حسب معادلة الطاقة التي ذكرت قبلاً كمعادلة تقريبية $E_{max} \geq 08MeV$ والحل التقريبي نظهره 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 $0,135\ gr/cm^2$ حتى يبقى منهم نصف كمية الإشعاعات؟

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

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

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

المثال الثاني والحل:

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

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

obeikandl.com

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

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

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

9 . 4 . 2 استعمال قانون الامتصاص على إشعاعات γ

لقياس تفاعلات امتصاص إشعاعات γ يستعمل عامة قانون الامتصاص المعروف لأنه يطابق نظريًّا وكذلك تطبيقيًّا 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 Eγ.

ولكن في حالة تطبيق قانون الامتصاص للإشعاعات γ ينتج من عملية تأثيرات Compton تفاعلات ثنائية في المادة، تبث 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 متعلقًا بطاقة إشعاعات غما، وكذلك متعلقًا 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 تأثيراتCompton ينتج عملية تشرد واسعة على إلكترونات المادة الماصة وعملية التشرد 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 1/2 1/10 1/100 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:

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

$$-0,79.X = \text{Ln } 0,1$$

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

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 وخصوصيات 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

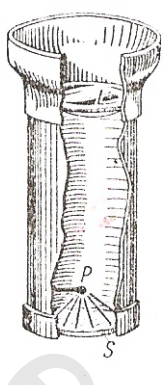
الإيجابي والإلكترون السلبي، وكذلك الطاقة والقدرة لهذه الإشعاعات النووية. ومنها العدادات التالية:

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 يرنون إليه من دقة في الأنظمة كما هو موجود في عصرنا الحديث الحاضر؛ ولكن كثيرًا مما وجدوه وفكروا به في ذلك الوقت كان الأساس البناء لأجهزتنا الحديثة المتطورة ومنها العداد الأولي: عداد إشعاعات α . β . γ المسمى قديمًا 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 أنبوبًا من الزجاج أو المعدن أسطواني الشكل مغلقًا، 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 .

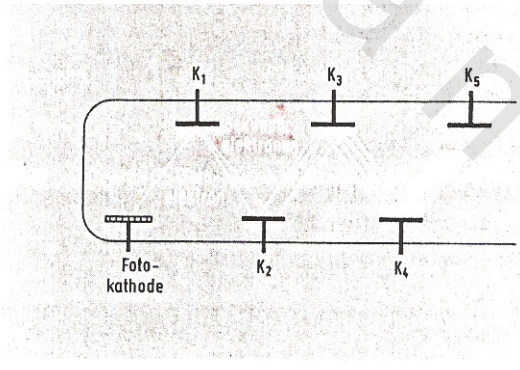
وأما لوزن أو عد إشعاعات γ أخذت المادة المشعة Natirum Jod (Na.J) وعن طريق هذا التفاعل المبسط بين المادة المشعة والتي تهيج وتشرد إلكترونات ذرات العنصر الواجب عد إشعاعاته، وجد الفيزيائي Rutherford بتشرد جسيمات α على وجه صفيحة معدن رقيق بأن الذرة يوجد عندها نواة.



وفي الوقت الحديث اشتق من الجهاز القديم أي من Spintharscop 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 إشعاعاته يشع على مادة كرستال 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} إلي عامل مرتفع يفوق ال 10^{7} .

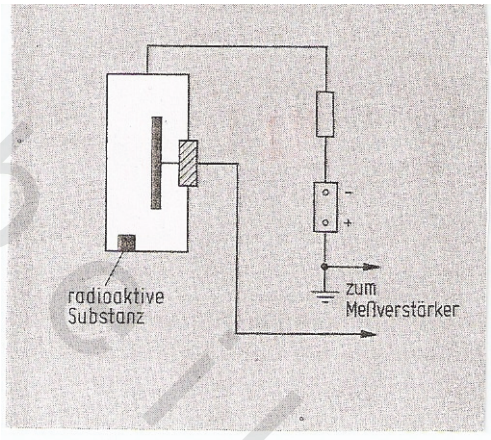


إن هذا الجهاز عنده خاصية دقة العد السريع، ومن خاصيته أن وقت ركوده أقل بكثير من وقت ركود عداد Geiger Műller فوجدت غرف التأين الأحدث لنظر وعد وقياس الإشعاعات.

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 داخليًّا في نصف غرفة التأين. صورة رقم 41 .



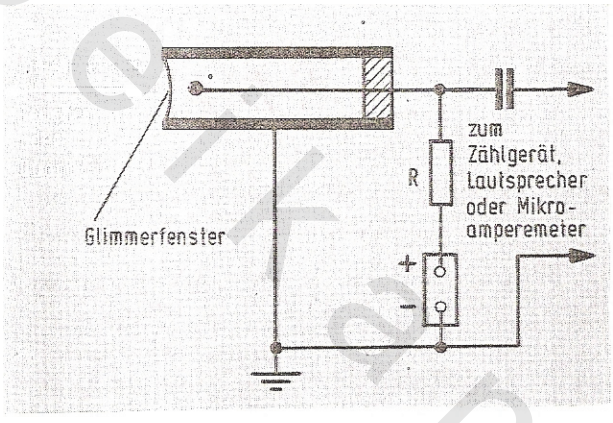
وعندما يصل بين اللوحتين تيار كهربائي متساويDirect current التوتر مرتفع الجهد يساوي بعض المائة فولت ينتج في الغرفة حقل كهربائي مرتفع، وبوجود أي عنصر مشع في داخل الغرفة تحدث عملية التأين في الغاز أو الهواء الموجود بالغرفة. وهنا عملية التأين متعلقة بضغط الهواء أو الغاز وكذلك بوضع لوحتي غرفة التأين. ولإنتاج 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 جزئية الأم، وكذلك لتضعيف نسبية العودة للتماسك فتصبح صغيرة جدًّا. وهذا ما يدل على أن قدرة التأين متعلقة بالتيار الكهربائي، وهو الذي يحدد إنتاج ووجود الأيونات المزدوجة .

10 . 3 عداد كَيْكر Geiger Műller Counter

10 . 3. 1 طريقة بناء عداد كيكر وتأثيرات خواصه

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

كمدخل شباك محكم مغلق بمادة غير معدنيـــة مـــادة ال Glimmer التـــي تتـــرك إشعاعات $\alpha.\beta.\gamma$ تمر بدون صعوبة أو تفاعل مع مادة الشباك، وهذا الأنبوب كثيف محكم مملوء بالهواء أو الغاز مثل غاز الـــ Argon، ويزاد عليه بخـــار الكحـــول تحت ضغط ضعيف يساوي تقريبًا Torr 10، وهذا ليساعد على عـــد التفـــاعلات وكذلك حتى يزيل بنفسه ما تبقى من التفاعلات القديمة ويعود بعد التنظيف إلى وزن التفاعلات الجديدة.

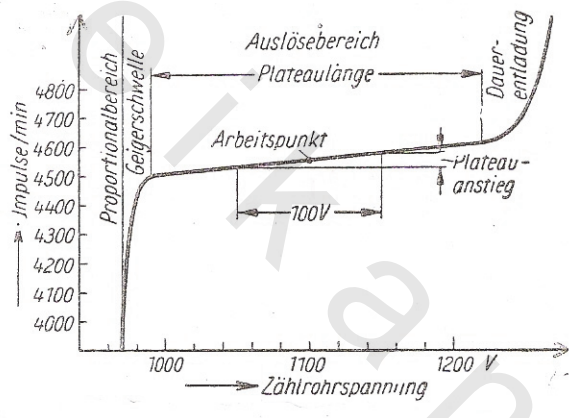


وداخل هذا الأنبوب كمـــا ذكرنا لوحة ال Anode أي القـــضيب الـــدقيق ولوحـــة Cathode الموجودة علـــى الحائط الـــداخلي للأنبـــوب. ولذلك التفاعل يوجـــد بـــين اللوحتين تيار كهربائي مرتفع منـــسق متـــساوي Direct Current قدرة توتره بين 1000 إلى تقريبًا 1300V.

وعلى هذا القضيب يوجد مقاوم قدرته من الـــ 10^6 إلـــى قـــدرة $\Omega 10^{10}$ أوم. وبدخول الإشعاعات إلى داخل الأنبوب يحدث التأين حسب الإشعاع الداخل.. هنـــا الإلكترونات تذهب إلى الـــ Anode أي القضيب الدقيق في الوقت الذي بالقرب من هذا القضيب يجود حقل كهربائي مرتفع، وبوجود هذا الحقل تتسارع الأيونات وتنتج كتلة انهيار من الأيونات، وفي هذا الوقت يعمل عداد كيكر كمقو للغاز والأيونـــات 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 الإشـــعاع الـــذي يجـــب قياسه. ونتيجة هذه القياسات في العدادات الحديثة تظهر على صمامات ضـــوئية أو عدادات صوتية، وكل هذه العمليات تبنى حديثًا بالطرق الإلكترونية.

10 . 3. 2 وصف مميزات عداد كيكر

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 متعلقًا بالطاقة، وينتج نبضة قوية تظهر في المنحنى بالصورة التالية:



على شكل منصة بارتفاع يقاس بوحدة الفولت يساوي Volt 970، 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 فيزيائيًّا 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 كيكر، ومنها النقاط التالية:

1 – عامل التعادل أو العامل صفر Null effect

إن عداد كيكر 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 α.β.γ 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 الثنائية 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 كيكر هذا بغاز الـ Krypton.

3 – أغلاط 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 Stander deviation = σ المساوي المعادلة التالية.

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

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

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

لهذا الحل نعطي المثل التالي:

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

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

$$\check{N} = 245+253+248+236+251 / 5 = 274 \ . \ min^{-1}$$

وغلطة انحراف القياس تساوي :

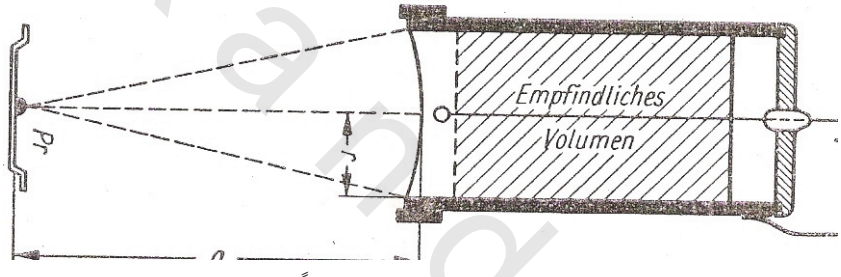
$$б = \sqrt{274} \approx 16$$

وغلطة القياسات بالمائة تساوي:

$$б^* = 100 / 16 = 6{,}25\%$$

4 – العامل الهندسي لعداد كيكر

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



يستطيع أن يدرك أو يرى ويقيس قسمًا بسيطًا 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 يغطى بالمعادلة التالية :

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

r = نصف قطر شباك 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 شباك العداد يساوي $d = 2$ cm ، والمسافة بين العداد والعنصر المشع تساوي $a = 3$ 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

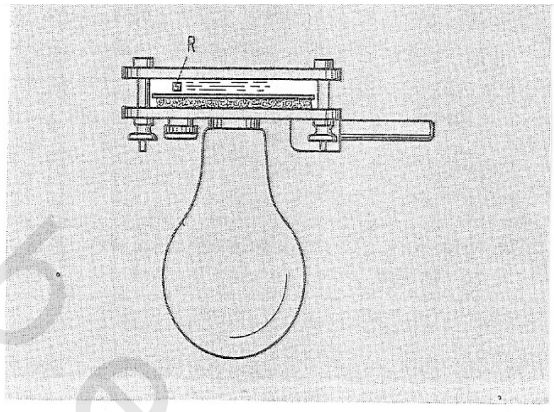
قبل ما ندخل في موضوع غرف الضباب يجب أن نلقي نظرة عامة على هـذه الغرف الفيزيائية لنتفهم ما هي غرف الضباب وما القصد من بنيان هذه الغـرف ؟ إن هذه الغرف ما هي إلا أوعيـة مبنيـة ومطـورة لإظهـار عمليـات التـأين Ionization حتى نرى كعلميين بالعين المجردة مسار تـشعع جـسيمات المـواد المشعة، ولهذه العملية، أي عملية التأين في غرف الضباب، يجب أن نأخـذ بعـين الاعتبار التفاعلات الفيزيائية التالية:

الغرف نفسها أوعية مبنية من زجاج أسطوانية الشكل لها شباك فـي المـسطح العلوي من الزجاج النقي لمراقبة وتصوير مسار الإشعاعات المنبعثـة مـن مـادة عنصر مشع.. خاصة غرفة Wilson يوجد في داخلها بخار ماء مـشبع، وهـذا البخار لما يبرد حسب درجة التشبع إما يبقى بخارًا في الهواء، وإما يتغير ويتحول إلى نقاط صغيرة خفيفة نسميها الضباب، وهذه العملية تتم في الهواء المغبر غيـر النقي أجود مما في الهواء النقي، والسبب؟ لأنه في الهواء المغبر جسيمات الغبـار الصغيرة تحمل النقاط لتطير كضباب.

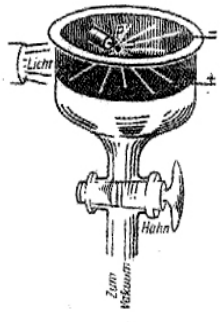
ولعملية التكثيف Condensation يجب أن يوجد لكل نقطة من نقط الـضباب نواة نسميها نواة التكثيف تأخذ من جسيمات الغبار أو من الأيونات الموجودة فـي الهواء وهذه هي العملية التي تحدث في غرف الضباب الفيزيائية التالية:

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

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



وكذلك حجم هـذا الوعـاء أو الغرفة موصـول بعـامود الآلـة الضاغط Piston، وعندما يسحب هذا بسرعة إلى اليمـين تحـدث عمليـة ال Adiabatic: تبـرد الوعاء ومحتوياته، وقبـل عمليـة التوسع، أي ما نسميه Expansion ، يوجد في الغرفة خلـيط هـواء مشبع بالماء وبخار الكحول؛ ولكن عملية التوسع المتعلقة بالتبريد تؤدي إلى تشبع البخار الموجود في الوعـاء ومـن بعدها عملية التكثيف Condensation التي تنتج نوى معقمة للتكاثف. ولهذا السبب يجب أن تكون الغرفة أو الوعاء خالية من الغبار أو الأيونـات المزعجـة التـي يمتصها وجود الحقل الكهربائي، ولذلك بعد عملية التوسع Expansion هذه ينتج رأسًا في الغرفة، مع مسار جسيمات الإشعاعات أو حبـوب الـضباب المـصفوفة المتتابعة، مسار خطوط إشعاعات متقاربة وعن طريق الإضاءة من خارج الوعـاء يتشرد الضوء مع نقاط الضباب المواجهة لحائط الغرفة المعـتم فتـصبح مـضيئة ظاهرة للنظر. ولنجاح عملية التصوير يجب أن تتم بسرعة قبل اضمحلال حبـوب الضباب.



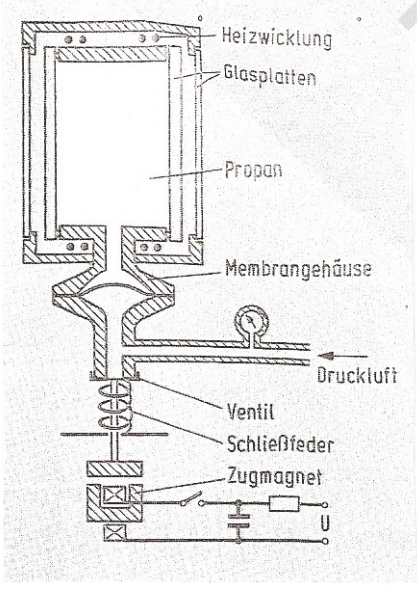
هنا نعطي مثلاً لمعرفة التفريق بين تأين جسيمات α من الإلكترونات السريعة، فإن جسيمات إشعاعات α تتأين بين 20 000 إلى 60 000 أيون مزدوج في السنتم، وهي تظهر بشكل مسار نقـاط ضـباب دقيقة متقاربة قليلاً وأمـا عمليـة تـأين جـسيمات الإلكترونات السريعة تـساوي تقريبًـا 50 أيـون مزدوجًا في السنتم وتظهر بشكل مسار خط نقـاط متقاربة جدًّا من بعضها البعض.

B غرفة الانتشار أو التشرد Diffusion fog room

إن غرفة الانشطار أو التشرد Diffusion هذه أظهرت من بعد الخبرة والاختبارات أنها أجود من غرفة ضباب Wilson في إظهار مسار جسيمات الإشعاعات، لأنها دائمًا 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 أوغيره، هنا عملية فوق التشبع Condensation تحدث بإنتاج بخار ماء أو مواد حيوية عن طريق التحمي الحراري الموجود في داخل حجم الجهاز وليس عن طريق التوسع Expansion الموجود في غرفة ضباب Wilson.

C غرفة الفقاقيع 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 ($C_2H_5.O.C_2H_5$)، أو كذلك عن طريق غليان غاز ال Porpan السائل أو الهيدروجين السائل..



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

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

وغرفة الفقاقيع هذه تملك دقة إظهار خطوط الفقاقيع 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 وطاقاتها، 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 تطلى كطبقة غير عادية بسمك بين ال 0,5mm إلى ارتفاع يقارب 1 mm وطريقة التصوير هذه تستعمل حديثًا 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 بمـــونيخ، طـــور وبنـــى بـــالطرق الفيزيائية لأطروحته كاميرا فيزيائية لأول مرة في تاريخ الفيزياء النووية تـــصور بطريقة النيوترونات السريعة وتمكن بهذه الطريقة أن يصور أي شيء مغطـــى أو مغلف حتى نخاع العظم داخل اللحم والعظم وطبقت فكرة التصوير بالنيوترونـــات السريعة تقريبًا على حوالي عشرين تطبيقًا وقياسًا وتصويرًا علميًّا وطبيًّا وكيميائيًّا ونوويًّا وحيويًّا وحربيًّا وميكانيكيًّا. ومثالاً على ذلك رؤية مسار تماسك الذرات في القطع الحساسة مثل ..الحاملة في الطائرات ومراكب الفضاء، على أغلاط الاختلال في تماسك جسيمات جزيئات المواد والشقوق التي لا ترى بالعين المجردة. وللتعمق بهذا الموضوع الحديث يمكن العودة إلى كتاب المؤلف: «الذرة والإنـــسان والمـــادة والطبيعة» باللغة العربية العلمية الفصحى الموجود في كل المكتبات في لبنـــان، أو العودة إلى أطروحة الفيزيائي البروفيسور الدكتور سليم مراد اللبناني كمراجع فـــي مكتبة كلية الهندسة T.U.M في مونيخ بألمانيا الغربية، أو في مكتبة جامعة العلوم في سالسبورج بالنمسا.

وهنا بعد هذه الدراسات والتطبيقات النظرية في الأقسام السابقة حـــصلنا علـــى فكرة، وتعرفنا تقريبًا على الذرة ونواة الذرة ومميزاتها والتي سوف نتعمق لاحقًـــا بتفاعلاتها والدخول في تطبيقاها العديدة. وقبل أن ننهي موضـــوع وجـــود مـــسار إشعاع الجسيمات نلفت نظر الطالب لفكرة تطوير عداد قديم له خاصته وميزاته وهو:

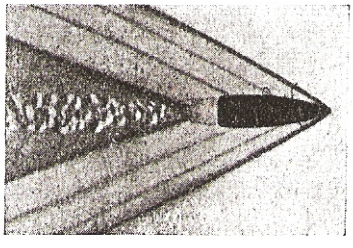


Bild 113. Kopfwelle eines mit Überschall-geschwindigkeit fliegenden Geschosses

10 . 6 عـــــداد تـــــشرنكوف
Tschernkow counter

وحتى لا يغيب عـــن بالنـــا العـــدادات والأفكار القديمة التي تظهر مسار طـــرق الجسيمات المشعة، أردنا أن نشرح كيفيـــة

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 قي 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 وتصبح سرعته أقل من سرعته في الفراغ، وأعطى لهذه الفكرة المعادلة التالية: $C' = C / n$

هنا الاصطلاحات:

C = سرعة الضوء قبل الانعكاس.

C'= سرعة الضوء بعد الانعكاس.

n = عامل الانعكاس.

ومن الممكن أن تنطلق الجسيمات ذات الطاقة المرتفعة بسرعة تساوي تقريبًا 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

11 . 1 نوى النظائر

هنا نعود مرة ثانية لنشرح ما تبقى من تفهم مدلول العناصر الكيميائية الموجودة في الجدول الدوري Period System الذي تكلمنا عنه سابقًا. 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 الكيمائي وكذلك تعلمنا من الجدول الدوري Period System أن المواد التي تضمحل هي العناصر التي عندها دائمًا 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 سابقًا هل عدد الكتل A يحدد العنصر الكيمائي ؟

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

obeikandl.com

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

وأما ما وجده الفيزيائي الإنكليزي Aston في سنة 1912 أن عددًا كبيرًا مـن العناصر الطبيعية يتألف من عدة نظائر، ومنها مثلاً نظير الـ Chlor، فوجد هـذا كذلك أن نظائر الكلور لا تتعلق بمكان وجودها، ومنها النظائر $_{17}CL^{35}$ - $_{17}CL^{37}$ التي وزنها الذري أو عدد كتلها 35,417 وأمـا كـذلك نفـس العـدد النظـامي المساوي...17 = Z أي أن هذا النظير مخلوط من مادتين طبيعيتين، أي مؤلف من نظيرين Isotope 2، والنسبة بين الاثنين تساوي 24,7 / 75,53.

2.11 نواة النظير الهيدروجيني Instope Hydrogen

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

هنا ندخل في موضوع مهم لنظائر الماء H_2O والهيدروجين $_1H^2$ والمياه الثقيلة D_2O:

إن مادة الهيدروجين توجد فـي الميـاه العاديـة، وعـن طريقـة عمليـة ال Electrolyzes نستطيع أن نستخرج المياه الثقيلة الموجودة في المياه العادية بنسبة 0,015%؛ وهذا ما يساوي في كل لتر نشربه من المياه العاديـة 0,15 gr ميـاه ثقيلة.

هنا لائحة عن نظائر الماء:

اسم الذرة = الهيدروجين	المياه الثقيلة Deuterium	فوق ثقيلة Tritium
رمز المادة = $_1H^1$	$_1H^2 = _1D^2$	$_1T^3$
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 Choler الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:

$_{17}CL^{37}$ from 24,47% and $_{17}CL^{35}$ from 75,53%

نظير الأكسجين Natural Oxygen الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:

$_{8}O^{18}$ 0,20% and $_{8}O^{17}$ 0,04% and $_{8}O^{16}$ from 99,76%

نظير اليورانيوم Natural Uranium الطبيعي مؤلف من النظائر التالية:

$_{92}U^{234}$ 0,006% and $_{92}U^{235}$ 0,720% and $_{92}U^{238}$ from 99,274%

هنا وجدنا بأن نوى النظائر متساوية في عدد البروتونات، وكذلك نفس العدد النظامي Z وإلى الآن عرف تقريبًا 230 نظيرًا طبيعيًّا منهم تقريبًا 50 نظيرًا مشعًا وكذلك 20 عنصرًا صافيًا غير مخلوط مثل:

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

واللوائح التالية تدل على كل النظائر الموجودة في اللوائح السابقة:

Z			$^{12}C = 12$
0	n	1	1,00865
1	H	1	1,00782
	(D)	2	2,01409
	(T)*	3	3,01604
2	He	3	3,01602
		4	4,00261
3	Li	6	6,01512
		7	7,01600
4	Be	9	9,01219
5	B	10	10,01294
		11	11,00929
6	C	12	12,00000
		13	13,00333
7	N	14	14,00307
		15	15,00009
8	O	16	15,99491
		17	16,99912
		18	17,99912
9	F	19	18,99841
10	Ne	20	19,99241
		21	20,99381
		22	21,99135
11	Na	23	22,98972
12	Mg	24	23,98501
		25	24,98580
		26	25,98254

Z			$^{12}C = 12$
13	Al	27	26,98149
14	Si	28	27,97688
		29	28,97644
		30	29,97372
15	P	31	30,97372
16	S	32	31,97202
		33	32,97140
		34	33,96841
		36	35,96700
17	Cl	35	34,96895
		37	36,96584
18	Ar	36	35,96749
		38	37,96281
		40	39,96239
19	K	39	38,96264
		40*	39,96394
		41	40,96173
20	Ca	40	39,96271
		42	41,95869
		43	42,95871
		44	43,95522
		46	45,9526
		48	47,95238
21	Sc	45	44,95570
22	Ti	46	45,95233

Z		A	$^{12}C = 12$	Z		A	$^{12}C = 12$
22	Ti	47	46,951 57	36	Kr	83	82,914 08
		48	47,947 87			84	83,911 53
		49	48,947 82			86	85,910 68
		50	49,944 69	37	Rb	85	84,911 89
23	V	50	49,946 27			87*	86,909 37
		51	50,943 33	38	Sr	84	83,913 27
24	Cr	50	49,944 11			86	85,909 47
		52	51,940 41			87	86,909 08
		53	52,940 62			88	87,905 80
		54	53,938 87	39	Y	89	88,905 83
25	Mn	55	54,938 04	40	Zr	90	89,904 80
26	Fe	54	53,939 40			91	90,905 21
		56	55,935 08			92	91,904 52
		57	56,935 56			94	93,906 02
		58*	57,933 05			96	95,908 04
27	Co	59	58,933 08	41	Nb	93	92,905 86
28	Ni	58	57,935 35	42	Mo	92	91,905 29
		60	59,930 43			94	93,904 52
		61	60,929 91			95	94,905 53
		62	61,927 64			96	95,905 09
		64	63,927 81			97	96,906 12
29	Cu	63	62,928 61			98	97,905 44
		65	64,926 95			100	99,906 53
30	Zn	64	63,929 00	44	Ru	96	95,907 43
		66	65,925 98			98	97,906 01
		67	66,927 22			99	98,9054
		68	67,925 12			100	99,9038
		70	69,925 36			101	100,9052
31	Ga	69	68,925 81			102	101,903 70
		71	70,924 87			104	103,904 57
32	Ge	70	69,924 14	45	Rh	103	102,904 71
		72	71,921 63	46	Pd	102	101,904 84
		73	72,923 27			104	103,903 21
		74	73,921 13			105	104,904 73
		76	75,921 30			106	105,903 08
33	As	75	74,921 72			108	107,903 71
34	Se	74	73,922 49			110	109,904 52
		76	75,919 32	47	Ag	107	106,904 93
		77	76,920 02			109	108,904 72
		78	77,917 43	48	Cd	106	105,905 85
		80	79,916 51			108	107,903 90
		82	81,916 64			110	109,904 17
35	Br	79	78,918 41			111	110,904 19
		81	80,916 45			112	111,904 42
36	Kr	78	77,920 21			113	112,906 17
		80	79,916 33			114	113,903 22
		82	81,913 48			116	115,905 27

Z		A	$^{12}C = 12$
49	In	113	112,90423
		115*	114,90554
50	Sn	112	111,90468
		114	113,90488
		115	114,90501
		116	115,90121
		117	116,90455
		118	117,90185
		119	118,90336
		120	119,90092
		122	121,90350
		124	123,90515
51	Sb	121	120,9036
		123	122,9040
52	Te	120	119,90440
		122	121,90281
		123*	122,90423
		124	123,90272
		125	124,90437
		126	125,9036
		128	127,9054
		130	129,9065
53	J	127	126,9045
54	X	124	123,90600
		126	125,9045
		128	127,9038
		129	128,90485
		130	129,90382
		131	130,90500
		132	131,90536
		134	133,90542
		136	135,90684
55	Cs	133	132,9049
56	Ba	130	129,90606
		132	
		134	133,90419
		135	134,90556
		136	135,9073
		137	136,90611
		138	137,9049
57	La	139	138,9063
58	Ce	136	135,90707
		138	137,90608
		140	139,9044
		142	141,90791
59	Pr	141	140,90630

Z		A	$^{12}C = 12$
60	Nd	142	141,90640
		143	142,90862
		145	144,91207
		146	145,9123
		148	147,9170
		150	149,92112
62	Sm	144	143,9102
		148	147,9143
		149	148,91612
		150	149,9157
		152*	151,9190
		154	153,92159
63	Eu	151	150,91955
		153	152,9206
64	Gd	152	
		154	153,92080
		155	154,92163
		156	155,9219
		157	156,9213
		158	157,92322
		160	159,92691
65	Tb	159	
66	Dy	156	
		158	
		160	159,9250
		161	
		162	161,92548
		163	
		164	163,92831
67	Ho	165	164,9287
68	Er	162	
		164	163,9296
		166	
		167	
		168	167,93053
		170	169,93534
69	Tm	169	
70	Yb	168	
		170	
		171	
		172	171,92918
		173	
		174	173, 6
71	Lu	175	
72	Hf	174	

*

obeikandl.com

Z		A	$^{16}O = 16$
72	Hf	176	175,94037
		177	
		178	177,94319
		179	
		180	179,9408
73	Ta	181	180,9454
74	W	180	179,9442
		182	181,9460
		183	182,9471
		184	183,9478
		186	185,9513
75	Re	185	
76	Os	184	
		186	185,9504
		187	186,9516
		188	187,9543
		189	188,95710
		190	189,9570
		192	191,9615
77	Ir	191	190,9605
		193	192,9639
78	Pt	194	193,96237
		195	194,96449
		196	195,96514
		198	197,9681
79	Au	197	196,96585
80	Hg	196	195,96553
		198	197,9681
		199	198,96730
		200	199,96834
		201	200,9701
		202	201,97113
		204	203,97248
81	Tl	203	202,97046
		205	204,97276
	(Ra E'')	206*	205,97473
	(Ac C'')	207*	206,97539
	(Th C'')	208*	207,98064
	(Ra C'')	210*	209,98861
82	Pb	204	203,97128
	(Ra G)	206	205,97311
	(Ac D)	207	206,98000
	(Th D)	208	207,97552
	(Ra D)	210*	209,98283
	(Ac B)	211*	210,9874
	(Th B)	212*	211,99052
	(Ra B)	214*	213,99830
83	Bi	209*	208,9790
	(Ra E)	210*	209,98276
	(Ac C)	211*	210,986
	(Th C)	212*	211,98989
	(Ra C)	214*	213,99725
84	Po (Ra F)	210*	209,98151
	(Ac C')	211*	210,98527
	(Th C')	212*	211,98748
	(Ra C')	214*	213,99332
	(Ac A)	215*	214,99806
	(Th A)	216*	216,00052
	(Ra A)	218*	218,00745
86	Rn (An)	219*	219,00814
	(Tn)	220*	220,00999
	(Rn)	222*	222,01605
87	Fr (Ac K)	223*	223,01107
88	Ra (Ac X)	223*	223,01698
	(Th X)	224*	224,01870
	(Ra)	226*	226,02385
	(Ms Th_1)	228*	228,02803
89	Ac	227*	227,02628
	(Ms Th_2)	228*	228,02957
90	Th (Rd Ac)	227*	227,02619
	(Rd Th)	228*	228,02732
	(Io)	230*	230,03159
	(U Y)	231*	231,03472
	(Th)	232*	232,03657
	(U X_2)	234*	234,0421
91	Pa (Pa)	231*	231,03438
	(U Z)	234*	234,04146
	(U X_2)	234**	—
92	U (U II)	234*	234,03930
	(Ac U)	235*	235,04232
	(U I)	238*	238,04025

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:

$$N = 2: \quad {}_1H^{2*} , {}_2He^{4} , {}_3Li^{5*}$$
$$N = 3: {}_2He^{5*} , {}_3Li^{6} , {}_6C^{9*}$$

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 ال Isotope.

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

$$A = 17 : {}_7N^{17*} , \ {}_8O^{17} , {}_9F^{17*}$$
$$A = 210: {}_{82}Pb^{210*} , {}_{83}Bi^{210*} , {}_{84}Po^{210*}$$

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 أثبت في الوقت الذي تفترق عدد شحنات النوى بوحدتين 2 .

obeikandl.com

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

إلى الآن يوجد تقريبًا 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 تقريبًا 86 منهم مثلاً العناصر التالية:

$$_8O^{16}\ ,\ _{12}Mg^{24}\ ,\ _{14}Si^{28}\ ,\ _{20}Ca^{40}\ \text{etc}$$

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

$$_1H^2\ ,\ _3Li^6\ ,\ _5B^{10}\ ,\ _7N^{14}$$

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

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow {}_9F^{18*} \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1$$

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:

$$_7N^{14} \ (\alpha \ . \ p) \ _8O^{17}$$

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 نظهره بالمعادلة التالية:

$$_4Be^9 + _2He^4 \rightarrow _6C^{13^*} \rightarrow \ _6C^{12} + _1n + \gamma$$

ونختصر هذه المعادلة حسب شرح المعادلة السابقة بالشكل التالي:

$$_4Be^9(\alpha \ . \ n)_6C^{12}$$

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: $_2He^4$, $_8O^{16}$, $_{82}Pb^{208}$

النوى ذات الشكل الدائري المسطح توجد في: $_6C^{12}$, $_{14}Si^{28}$

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

11 . 4 نسبية كتل الذرات Relative Atoms masse

من المعروف قديمًا وحديثًا 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 momentوعدد شحنات ال Leptons وكذلك عدد شحنات ال Baryons والعمر النصفي $T_{1/2}$ 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= 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:

$$1U = 10^{-3}\ kg.mol^{-1}\ .1 / N_A = 10^{-3}\ kg.mol^{-1}/6{,}0221.10^{23}.mol^{-1} =$$
$$1U = 1{,}66055.10^{-27}\ kg$$

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

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

Neutron $m_n = 1{,}6749.10^{-27}kg = 1{,}008665$ .U

Proton $m_p = 1{,}6726.10^{-27}kg = 1{,}007277$ U

Electron $m_e = 9{,}1095.10^{-31}kg = 0{,}548580.10^{-3}$ 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 ننطلق 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 Fission الـ Nucleon's هنا – كما ذكرنا أولا– نشرح عملية الترابط والفروق في الكتل Δm التي تحدث حسب جمع وتماسك الجسيمات المعروفة التالية

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

$$m_x = Z\, m_p + N\, m_n$$

هنا إذا جمعنا جسيمتي بروتون مع جسيمتي نيوترون نحصل على تكوين كتلة نواة أو بالأحرى ذرة مادة الهليوم المساوية مع الرموز Helium = $_2H^4e$

وكتلة هذا العنصر تساوي حسب ما أعطي سابقًا لكتل الجسيمات المعادلة التالية:

$$2 \cdot 1{,}67265.10^{-27}kg + 2 \cdot 1{,}6749.10^{-27}kg = 6{,}6950.10^{-27}kg$$

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

$$m_{He} = 6{,}6447.10^{-27}kg$$

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

والمقصود بها الفرق ما بين الكتلتين المساوي:

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

$$\Delta m = \sum m - M = 6{,}6950 - 6{,}6447 = 0{,}0503.10^{-27}kg$$

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 أينشتين 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 أينشتين.

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

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

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:

$$E_{He} = \Delta m \,.\, c^2 = 0{,}0503.10^{-27}kg \,.\, (2{,}99793)^2.10^{16}\ m^2\ sec^{-1}$$

$$E_{He} = 0{,}453.10^{-11}\ J = 28{,}3\ MeV$$

ملاحظة لمساعدة الحل حسب لائحة الوحدات

$$1eV = 1{,}602.10^{-19}\ Wsec \ \text{ and } \ 1Joule = 1W\ sec = 6{,}24.10^{18}eV$$

$$\text{Or } 0{,}453.10^{-11}J \,.\, 6{,}24.10^{18}\ eV = 28{,}2672 \approx 28{,}3\ MeV$$

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

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

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 أوالأولية للذرة، وكذلك في هذه العمليات الفيزيائية النووية ومن المؤكد أضاعت كل ذرة في إنتاج نواتها قسمًا من الكتلة والطاقة، وهذا ما أعطي وشرح حسب قانون أينشتين القائل بتساوي الطاقة والكتلة والمعطي المعادلة 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 Uni وهذه التي لم تكن إلا نسبة حسب Avogadro في غرام واحد مادة من أي مادة كانت يوجد: $6,0221.10^{+23}$ نواة ذرة أي ما يساوي معادلة النسبة التالية المعطاة بالغرام:

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

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

$$E = \Delta m\, c^2 = (3.10^{10})^2.6,24.10^5 / 6,0221.10^{23} = 931MeV$$

أي وحدة الكتلة الذرية المطلوبة:

$$1AMU = 931\ MeV$$

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 $_{82}Pb^{207}$ التي مجموع قيم كتل جسيماته الذرية البدائية تساوي $m = 207,9755\ U$.

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

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

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

$\Delta m = \Sigma m - m$

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

وطاقة الترابط لوحدات ذرة الرصاص تساوي المعادلة التالية:

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

وطريقة حل طاقة الترابط Δm عن طريق وحدات الكيلوغرام تساوي الحل التالي:

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

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

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

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

$=3,483316.10^{-25}$

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

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

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

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

وهنا الفرق في النتيجة بين 1650 و1635 لم يكن إلا فروق الحل بين وحدات الكتل بالكيلوغرام ووحدات U، والحل الحديث بوحدات الكيلوغرام هو الأفضل.

11 . 7 طاقة ترابط الجسيمات Nucleons في نواة الذرة

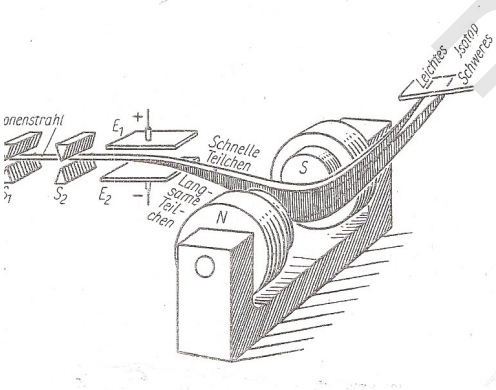
إن هذه الطريقة التي اتبعناها في القسم الأول لحل طاقة الترابط لجزيئات النواة، أي المقصود بها Nucleon's نواة الذرة أي أن هذه الطريقة يمكن أن تستعمل كنموذج لمعرفة طاقة الترابط في نوى كل المواد المعروفة وهذه العملية أظهرت لنا أن الكتلة المفقودة وكذلك طاقة الترابط يرتفعان بارتفاع كتلة الذرة وعملية الحل

أظهرت لنا كذلك شيئًا مهمًّا 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 تقريبًا 7,1MeV، وهي قيمة طاقة الترابط المتوسطة لنوى العناصر ذوات الكتل المرتفعة أو الثقيلة، وهنا نستطيع بأن نقول بأن طاقة الترابط تساوي في داخل النواة تقريبًا: 8 MeV.

11 . 8 انفصال النظائر Isotopes separation

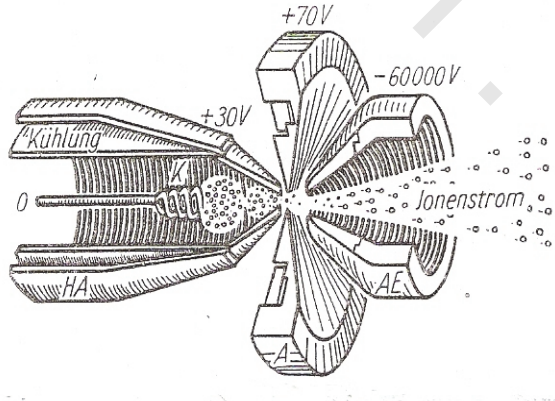
11 . 1.8 الوزن أو القياس التطبيقي للكتل The Masse Spectrograph

لوصف جهاز يقوم بعملية انفصال الجسيمات البدائية نأخذ أنبوبًا موجودًا به لوحتان مملوءًا بالغاز الرقيق، ولما يحدث بين اللوحتين الاثنتين عملية تشعع عن طريق توتر كهربائي عالٍ للطاقة، معطى بين الـ Cathode والـ Anode الناتج عن طريق التفريغ Glimmer discharge، وبهذه العملية تتطاير من فتحات لوحة 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 النظـائر الثنائيـة لمـادة ال $_{17}CL^{37}$.

هنا نعطي صورة نموذجية لجهاز الـ Masse spectrograph وهذا الجهـاز طور وحسن كذلك من Aston حتى أصبح هذا الجهاز قادرًا على وزن جزيئـات الأيونات الإيجابية التي تملك نفس الكتل ولكن مختلفة السرعة، تقـع علـى نقطـة واحدة على فلم حساس وحديث على شاشة إلكترونية، وكذلك فـي ذلـك الوقـت الأيونات التي تملك نفس الشحنة ولكن مختلفة الكتل تقع على غير محل من الفلـم الحساس، ولكن هذا الجهاز المساعد لقياس النوويات 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 وأعطي لهذا الجهاز الحساس الجديد المتطور اسم غير الاسم القديم Uno plasma tron فأصبح مرتفع القدرة بعد تزويده بين لوحتي الـ Cathode والـ Anode بتوتر كهربائي خفيف، بعكس توتر التفريغ الكهربائي المرتفع الذي استعمل قـبلاً كعملية تفريغ كهربائي معروف Glimmer discharged وبعـد ذلـك التطـور الملموس حسن هذا الجهاز أخيرًا وسمي بجهاز Duo plasma tron، بعد أن زود كذلك بلوحة Anode ثنائية مساعدة للأولى وأصبح هذا الجهاز قادرًا على أخذ أو استيعاب تيار كهربائي يساوي 100 m.Amp ومن ميزاته كذلك أنه يـستطيع 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 D_2O

عامة إن نسبية الكتل واحد إلى اثنين 2 / 1 في المواد لا توجد إلا في مادة الهيدروجين المعروفة H2 أو الديوتاريوم Deuterium = D_2O وفصل نسبية هذا الخليط في المادة بسيط جدًّا ولكن غالي الكلفة وعملية الفصل هذه Electrolyze أخذت قديمًا 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_2O	المياه الثقيلة D_2O
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 for11,6c°
حرارة الذوبان1013 mbar	0c°	+3,82c°
حرارة الغليان 1013 mbar	100 c°	101,43c°

إن المياه الثقيلة موجودة بقلة في الطبيعة، نسبتها إلى المياه العادية 7000/1 والمياه الثقيلة تستخرج عن طريق التقطير بكميات قليلة، مثلاً لتقطيرحجم.. 60 cm^3 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 قديمًا، أي التقطير، كانت صغيرة جدًّا، 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، الأمرالذي يلزم طاقة كهربائية قليلة لإنتاج كمية كبيرة من المياه الثقيلة بسعر معقول للتر الواحد وتبعًا لذلك وجد عديد من الطرق المستعملة حديثًا يوجد شرحها في المراجع العلمية.

11. 4.8 التخصيب بطريقة الترشيح Diffusions

حسب عمليات الترشيح العادية وجدت عمليات تخصيب اليورانيوم، وهذه الطريقة الطبيعية المعروفة كذلك قديمًا لتبريد مياه الشرب عن طريق ترشيح الماء من مسام أباريق الفخار، فإنه كذلك علميًّا 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 أسطوانيًّا من مادة الفخار مغلقًا 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 آلافًا 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 المقزز ذي المسام الكثيرة، وهذه العملية تبعًا 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.

11. 5.8 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 يوفرون آلافًا من أجهزة الفخار وغيرها.

وعملية الترشيح هذه تحدث في وعاء مستطيل الشكل، ارتفاعه يعادل 20 مترًا، في داخله قضيب من مادة الـ Platinum يستعمل كمقاوم للحرارة وتبخر مادة عنصر ال UF^6 كغاز. وهذا الجهاز حاوٍ 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.

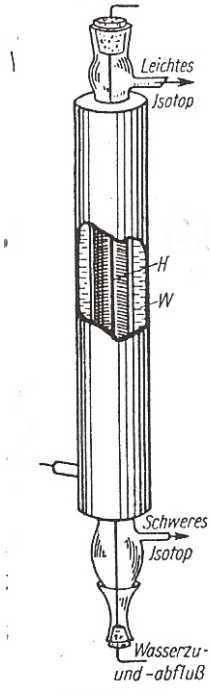


Bild 125. Schema des Trennrohres, H Heizdraht, W Wasserkühlung

وكذلك لقد وجد لعملية التخصيب عدة طرق حديثة غير التي ذكـرت، ومنهـا المتبعة حاليًا 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 علميًّا N15، وكذلك بطريقة B10 وما يتبع التخـصيب بالتفاعل الكيميائي فـي تبـادل العمليـات أي مـا يـسمى Chemical Chang Reaction، أو عن طريق تسارع الأيونات في التحليل الكهربـائي Electrolyze الخاص للتخصيب النووي.

12 تحويل أو تغيير نوى الذرات بالطرق الاصطناعية

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

12. 1 إنتاج الجسيمات السريعة عن طريق المسرعات

في الحقيقة إن إنتاج الجسيمات غير صعب؛ ومثلاً إذا عدنا إلى ما ذكر وشـرح قبلاً عن طرق إنتاج جسيمات الإلكترونات عن طريـق تحميـة لوحـة نـسميها Cathode التي تبث وتعطي جسيمات كثيرة، وكذلك لإنتاج أيونات أكبر قيمًا، فإنه من الممكن إنتاجهم بكمية كبيرة من منبع أو من جهاز الأيونات الذي ذكـر قـبلاً Masse Spectrograph، أو عن طريق المسرعات والمقصود بإسراع الجسيمات أن هذه الجسيمات عندما تمر في حقل كهربائي موجود في جهاز مبنـى خاصـة للتسارع، تتسارع الجسيمات حسب تركيب وبناء هذا الجهاز المسرع حتى تـصل إلى السرعة والطاقة المطلوبة أو المفروضة، وبعملية قذف هذه الجـسيمات ذوات

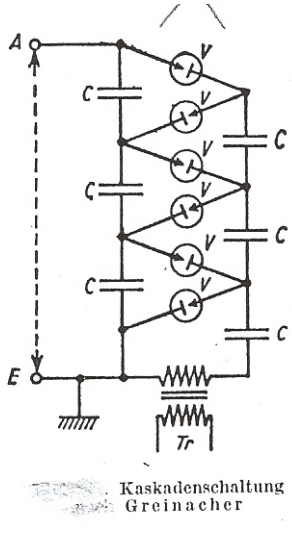
الطاقة والسرعة المرتفعة على نواة ذرة مادة نريد تحويلها نحصل على نواة محولة متغيرة وهذه الطريقة تتبع لتحويل كل المواد ذوات النوى المعروفة وغير المعروفة.

12. 1.1 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 معروفًا 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 تقريبًا 30 000Volt، بتيار يساوي 0,75 m Amp وعن طريق تكبير نصف قطر الكرة إلى r =100cm يصبح التوتر يساوي ما يعادل بوحدات الفولت حسب الحل التالي $U = E.r = 30.10^3 .100 = 3.10^6$ V.

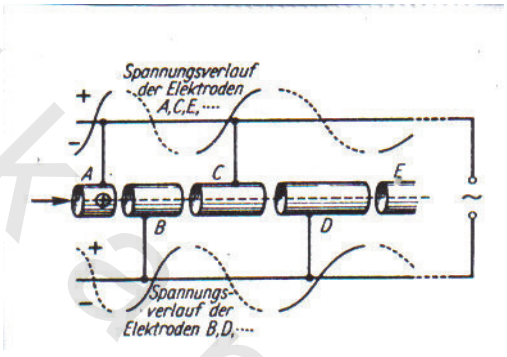


Kaskadenschaltung Greinacher

ولصعوبات ضخامة المولد جاء الكهربائي الألماني Greinacher وطور وصمم مولدًا مصغرًا للتوتر والتيار العالي عن طريق المكثفات Condenser والمحولات Rectifier ، أسماه المولد الشلال Cascade Generator وهذا المولد صمم للتوتر والتيار العالي، فالشحنات السلبية تأخذ الطريق السفلى 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 بقدرة أكبر بمرتين.

12. 2.1 المسرع الخطى المتتابع Repeated Linear accelerator

في هذا الجهاز تسرع الجسيمات على مسار طوله تقريبًا 13m عن طريق التفرغ الكهربائي Discharged بالتدريج 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.

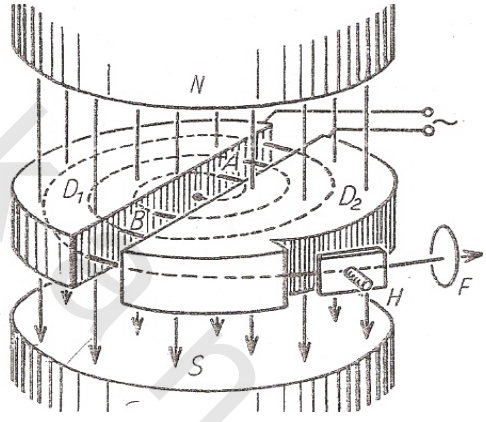
مثلاً: عندما تقطع الجسيمات البدائية أنبوب اللوحة A يرتفع ويتغير التوتر في لوحة هذه الأنبوب من سلبي إلى إيجابي بارتفاع عالٍ، وعندما تخرج هذه الجسيمات من الأنبوب A تصبح إيجابية ولكن لوحة أنبوب B تصبح سلبية، ولهذا لما الجسيمات تمر في لوحة أنبوب B تتبدل عن طريق مولد التردد وتصبح إيجابية في الوقت الذي لوحة أنبوب C الموصولة بلوحة أنبوب A تصبح لوحة أنبوب C في هذا الوقت سلبية وهلم جرا.

وبهذه العملية تتسارع الجسيمات وتتعالى سرعتها من لوحة الأنبوب التابعة وطول طريق مسار مجرى التسارع متعلق بالتردد الموجي المرتفع المسمى علميًّا 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 12.10^{+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 العلبة D_1 الموجودة على الشمال، وفي اللحظة التي تكون شحنة هذه الغرفة أو نصف العلبة سلبية تجلب الجسيمات التي دفعتها نصف العلبة أوالغرفة D_2 الموجودة على اليمين إليها، وهذه الجسيمات تتسارع في نصف الغرفة الموجودة في الشمال D_1على 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 مجددًا. 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 منظمًا حسب تردد محطة الإرسال، ولكن لما التيار المتناوب يرتفع إلى عدد مرتفع مثلاً إلى ما فوق 100 000Volt تتصاعد كذلك عدد الدورات إلى مائة مرة أكثر، وتعطي طاقة حركية Kinetic energy للجسيمات المتسارعة تساوي تقريبًا 10MeV، وفي نهاية المسار فإن حزمة هذه الجسيمات المتسارعة بمساعدة لوحة الـ Electrode H تنحرف وتخرج من الشباك المحدد F إلى الخارج، وهنا تظهر كشعلة منيرة لأن هذه الجسيمات السريعة الخارجة إلى الهواء تؤين الهواء وتشع.

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 ال Radium من طاقة لجسيمات α المساوية تقريبًا 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 تنشطر 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 اختباراته لأطروحته المبنية على التصوير بالنيوترونات السريعة على المسرع الخطي المنتج للنيترونات 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.

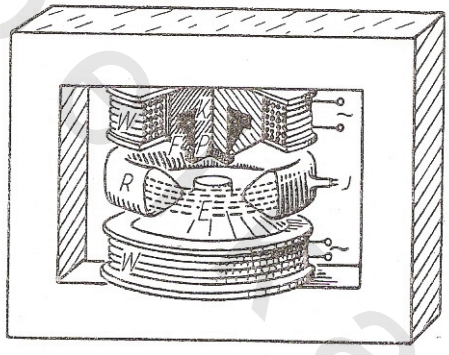
12. 4.1 الجهاز المسرع Synchrony Cyclotron

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 قسمي 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 صفرًا ومن هذه اللحظة سرعة الجسيمات لا تعود للارتفاع ولكن تتأرجح سرعتها في وسط القيمة المطلوبة، ومن الممكن ارتفاع السرعة ولكن عن طريق تغير ترددات حقل الإرسال لتعديل تحرك الجسيمات وعن طريق التأخر تعطي حصيلة سرعة أصغر، ولكن طاقة الجسيمات ترتفع تقريبًا إلى طاقة تساوي 1000 MeV.

12. 5.1 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 متساوٍ 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 Transformatorkernes
P Polschuhe aus Sirufer
F ringförmige Polschuhe für das Führungsfeld
R ringförmige Vakuumkammer
E Elektronen-Ringstrom
W Magnetwicklung
J Zuleitung zur Glühkatode und Anode

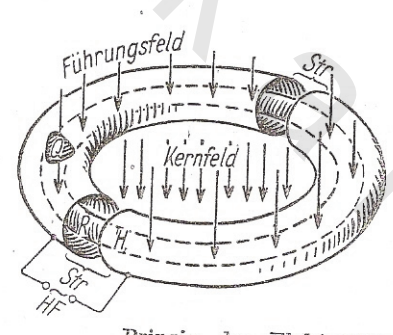
وبوجود الحقلين المغناطيسيين المختلفين غير المتساويين والذي كل واحد منهما له وظيفته الخاصة؛ فأما نوى الحقل الموجود في النصف الداخلي ينتج أو يخلق تيارًا دائريًّا لعاصفة من الإلكترونات يجبر تسارعها عن طريق التأثير المغناطيسي المقصود به Induction reaction، وأما الحقل الموجه أو القائد يعمل لتحرك وتسارع الإلكترونات بنفس عملية التسارع في جهاز الـ 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 علـــى لوحـــة مـــن مـــادة ال Wolfram، وهذه الإلكترونات بتصادمها بذرات معدن اللوحة تنتج طاقة إشـــعاع كبح تساوي طاقة إشعاع 20 غرامًا 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 الـــ Betatron هو جهاز بني لتسارع الإلكترونات على شكل مسار دائري بعملية تغير الحقول المغناطيسية.

12. 6.1 مسرع الإلكترونات Electron Synchrotron

جهاز ال Electron Synchrotron صمم وطور لرفع حصيلة سرعة وطاقة الإلكترونات، ولهذه العملية جاء الفيزيـــائي Weksler ودمـــج عمليـــة المـــسرع Betatron بعمليـــــة المـــــسرع Synchrotron وكون من الجهازين جهازًا عنده ميزات الاثنين والتسارع المرتفع للإلكترونات أسماه جهـــاز Betatron Synchrotron.



Prinzip des Elektronen-Synchrotrons
R Vakuum-Ringrohr
Q Querschnitt des Ringrohres
H Halbring-Beschleunigungs-elektroden
Str Beschleunigungsstrecke
HF Hochfrequenz-Spannungs-quelle

هذه الصورة تؤخذ كنموذج والتي تظهر بشكل دائرة تحـــوي غرفـــة التسارع المؤلفة من قسمين، وكـــل قسم منهما يساوي نـــصف غرفـــة مشابهًا تقريبًا لنصف غرفـــة مـــن جهاز الـــ Synchrotron، وهذا الجهاز أي Electron Synchrotron يساعد في عملية التسارع عن طريق منظم مولد ثابت التردد، وكذلك في نفـــس الوقـــت لـــه ميزاته الفيزيائية، مرتفع التردد High Frequency Generator (H.F).

أولاً في هذا الجهاز Electron Synchrotron. تسرع الإلكترونـــات حـــسب 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 يقـــف تـــأثير

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 نسبية طاقة دوران الإلكترونات E، وهذه يجب أن تبقى مع التردد العالي H.F في نفس القطب وهذه النسبية، أي الـ Proportion بين B وكذلك الطاقة E تنظم من نفسها حتى تدور هذه الإلكترونات على مسار دوران ثابت الأقطاب.

الخلاصة: المسرع الـ 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 .

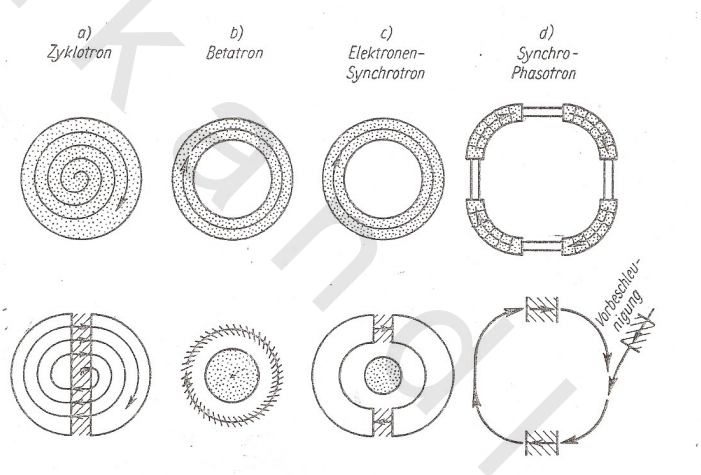
12. 7.1 جهاز مسرع البروتونات Proton Synchrotron

عن طريق التطور والتصميم لمسرعات الإلكترونات مثل Electron Synchrotron طور مسرع ضخم لجسيمات البروتونات وسمي Proton Synchrotron وكذلك سمي بالمسرع الـ 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 Synch أن هنا في المسرع Proton Synchrotron حقل النوى ترك أو ألغي، 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 شـــكل دائري، في الوقت الذي يحدث فيه التسارع الأولي أو قبل البدائي خارجًا، ومن ثـــم 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 خـــط مـــستقيم حـــسب النموذج الموجود في الصورة التالية:



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

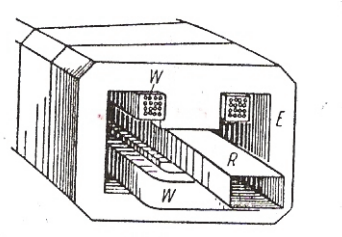


Bild 136
Querschnitt durch den Ringmagnet eines Synchro-Phasotrons

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 تقريبًا 36000t، وقطرها يساوي تقريبًا 60m، تعطي طاقة للجسيمات المسرعة تساوي تقريبًا عشر مليارات إلكترون فولت 10.10^9 eV = 10 Ge .

هذا المسرع يساعده مسرع أوليّ في البداية، أي مسرع خطي، ينتج ويعطي جسيمات متسارعة وبقدرة تساوي 9.10^9 eV إلى مسار الجهاز العام في وقت لا يتعدى 3,3Sec، وبسرعة دوران $4,5.10^9$ دورة، أي ما يساوي مرتين ونصف 2,5 المسافة بين الأرض والقمر ذهابًا وإيابًا.

إن موضوع المسرعات مرتفعة القدرة أي مسرعات الجسيمات الثقيلة موضوع لم ينتهِ بعد موضوع مهم يدخلنا علميًّا وتقنيًّا في مواضيع المادة وعكس المادة وللتعمق بهذا العلم الحديث يلزمنا في المستقبل القريب أجهزة ضخمة تنتج طاقة تسارع جسيمات ما فوق 100.10^9 eV = 100 G eV، في الوقت الذي يوجد في مركز الأبحاث العالمي في جنيف بسويسرا مسرع قدرته تساوي تقريبًا ما فوق 25 GeV، وكذلك المسرع الموجود في Brookhawen الذي قدرته تفوق 30.10^9 eV = 30 G eV 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.

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

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

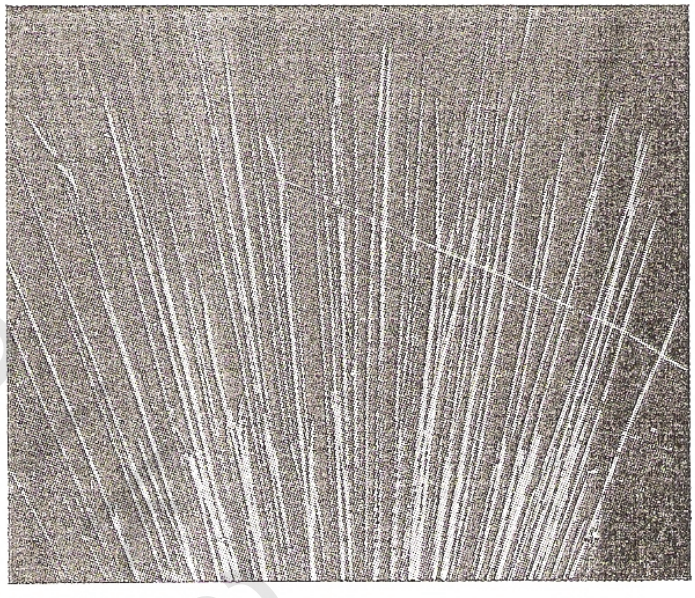
أول تحويل أو تغير اصطناعي لنوى الذرات أوجده واختبره وحققه في سنة 1919 الفيزيائي الإنكليزي Erenst Rutherford وأعطى نتيجة نافعة كانت عن طريق قذف ذرة مادة الأوزوت أو نتروجين $_7N^{14}$ بإشعاعات أو جسيمات α، وهذه الإشعاعات أنتجت أو بالأحرى انبعثت من العنصر الطبيعي RaC´ وهذه الجسيمة ألفا لما دخلت نواة ذرة 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 بالجسمية ..α، وهذه العملية الفيزيائية نظهرها بالمعادلة التالية:

$$_7N^{14} + {}_2\alpha^4 \rightarrow {}_6O^{17} + {}_1P^1$$

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:

$$_7N^{14} (\alpha , p) {}_6O^{17}$$

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، أيًّا كان نوعها، في حقل نواة ذرة

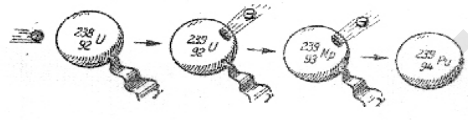
ما تغير لهذه طبيعتها وتعمل عملية تجبر النواة على التهيج وفي حالة التهيج هذه، أي بعد لحظة من الوقت بدون تأخر تفاعلي، تتغير طبيعة النواة وتنبعث جسيمات جديدة نستطيع أن نتعرف عليها من الحالات التالية:

1 – كما ذكرنا سابقًا عن طريق قذف أو إطلاق الجسيمات المشحونة التالية على نواة الذرة مثل: proton($P={}_1H^1$) أو Deuteron ($d={}_1H^2$)، أو Triton($t={}_1H^3$)، إما جسيمات $\alpha={}_2He^4$ ، أو نوى الـ (${}_3Li^7$)Lithium، وكذلك (${}_6C^{12}$ or ${}_6C^{13}$)، أو نوى نتروجين أو الأوزوت (${}_7N^{14}$)، أو نوى الأكسجين (${}_8O^{16}$)، ولكن كذلك جسيمات الإلكترونات ذوات الطاقة المرتفعة (e^-) وكذلك ال (e^+) Positron 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 Cockrof and walton سنة 1932 حسب الصورة النموذجية التابعة للمعادلة التالية:

$$ {}_2\alpha^4 + {}_4Be^9 \rightarrow ({}_6X^{13}) \rightarrow {}_6O^{12} + {}_0n^1 $$
$$ {}_4Be^9(\alpha,n)_6O^{12} $$

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



$$ {}_{15}P^{31} + {}_1H^2 \rightarrow ({}_{16}X^{33}) \rightarrow {}_{15}P^{32} + {}_1P^1 $$
$$ {}_{15}P^{31}(d,P)_{15}P^{32} $$

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

$$ \gamma + {}_4Be^9 \rightarrow ({}_4X^9) \rightarrow {}_4Be^8 + {}_0n^1 $$

$$_4Be^9(\gamma,n)_4Be^8$$

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

$$_0n^1 + {}_{77}Ir^{191} \rightarrow (_{77}X^{192}) \rightarrow {}_{77}Ir^{193} + \gamma$$
$$_{77}Ir^{191}(n,\gamma)_{77}Ir^{193}$$

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

وكذلك يوجد عناصر مثل مادة ال $_9F^{19}$ Fluor بقذف نواتها بجسيمات حادة تتحول لعدة مواد حتى الآن معروف منهم عشر تحولات مواد.

وهنا نذكر للمعرفة والتفهم ما قصد به قديمًا 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:

$$_0n^1 + {}_{80}Hg^{198} \rightarrow (_{80}X^{199}) \rightarrow {}_{79}AU^{198} + {}_1P^1$$
$$_{80}Hg^{198}(n,P)_{79}Au^{198}$$

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 التقاط 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:

obeikandl.com

a - عملية التشرد 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 وتشعع الجسيمة المنتجة معًا، 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 التشرد غير المرن

هنا النواة المنتجة من نواة المادة والجسيمة الساقطة تشع الجسيمة الساقطة أو أي جسيمة كانت موجودة قبلاً في نواة المادة لتكون مساوية الجسيمة 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 عوضًا 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 تقريبًا تفاعل التصوير العام، ولكن طريقة عملية التصوير العام

تحدث عندما تقذف فوتونات وتسقط على غلاف الذرة فإن كمية من إلكترونات غلاف الذرة تترك الغلاف، وتبعًا لتفاعل النوى التصويري تنتج جسيمات من نواة الذرة ولكن من الممكن إذا كانت الجسيمات المسلطة المقذوفة ذات طاقة مرتفعة مثل كم Quantum γ وبسبب هذا التفاعل يخرج أو ينبعث من النواة جسيمات مثل نيوترون وبروتون وكذلك جسيمات α، وكذلك تبعًا لهذه العملية تنتج جسيمات لا نعرفها ولم نتكلم عنها الآن مثل الـMesons 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 انتاج 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 عددًا كبيرًا 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 يبث بعض النيوترونات، وعملية انشطار النوى موضوع مهم سوف نأتي على ذكره موسعًا في قسم خاص بهذا الموضوع .

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

$$A+4 - a_1 - a_2 .Y$$
$$_ZX^A (\alpha : a_1P ,a_2 n)$$
$$Z+2 - a_1$$

هذه الأحرف والرموز نشرح عمليات تفاعلها في اللائحة التالية:

X = نواة المخرج.

Z = شحنة نواة المخرج.

A = كتلة نواة المخرج.

α = جسيمة α التي قامت بعملية التفاعل.

a_1 = عدد البروتونات المشعة $a_1 \geq 0$.

a_2 = عدد النيوترونات المشعة $a_2 \geq 0$.

Y = النواة النهائية.

$Z + 2 - a_1$ = عدد شحنات النوى النهائية.

$A+4 - a_1 - a_2$ = 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 التشرد 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 متساويًا، وكذلك عدد النيوترونات..N يكون كذلك متساويًا، ويتبع تغير بعض المميزات الفيزيائية العمر النصفي 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 $_{90}Th^{234}$ = Thorium التي وصفت قديمًا باسم العنصر UX_1 تبث أو تعطي

obeikandl.com

جسيمات β، وهذا العنصر موجود به عمليات لنظيريه Isomer اثنين مشتقين من نواة الابنة التي تضمحل والذي أعطي لهما قديمًا اسم نظائر الـ UX_2 and UZ.

وفي الوقت الحاضر أعطي لها اسم $_{91}Pa^{234}$ ويوجد منهـا Isomer نوعـان معروفان بالاسم الفيزيائي Protactinium، واللذان عندهما تفـارق وقـت كبيـر بالعمر النصفي مما يوجد بين 1,14 min إلـى 6,7 h وهـؤلاء وال Isomer الاثنان بتفاعل اضمحلالهم يبثون إشعاعات أو جـسيمات β وينتجـون عنـصر اليورانيوم $_{92}U^{234}$.

في الوقت الحاضر يوجد تقريبًا 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 القذيفـة الساقطة على نواة الذرة أن تملك طاقة كافية لعملية التفاعل حتى تستطيع بأن تحول النواة ومن المعروف قبلاً عن جسيمات إشعاعات α المحولة نـوى الـذرات أنـه يلزمها قدرة شغل بطاقة تساوي المعادلة التالية :

$$E_\alpha = e_o^2 / 4\pi\varepsilon_o r$$

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

$$_2\alpha^4 + {}_7N^{14} \rightarrow (_9X^{18}) \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1P^1$$

ولوجود طاقة جسيمات ألفا الطبيعية الواجبة لعملية تحويل نواة ذرة النتـروجين يلزمنا الطاقة التالية Eα، في الوقت الذي جسيمات ألفا تملـك Z=2، والمـادة N تملك Z=7 ، ونصف قطر نواة المادة يـساوي: $r=1,4.10^{-13}.\sqrt[3]{14} = 3,37.10^{-13}cm$ فالطاقة المطلوبة تعطى حسب الحل بالمعادلة التالية:

$$E_\alpha = 2e_o \,.\, 7e_o / 4\pi\varepsilon_o r = 14e_o/4\pi\varepsilon_o r$$

Open-kamal.com

$E_\alpha = 14(1,6.10^{-19})A^2sec^2Vcm / 4\pi 8,854.10^{-14}.A\ sec\ 3,37.10^{-13}\ cm$

$E_\alpha = 9,56.10^{-13}\ Wsec$ or $= 5,97\ M\ eV$

والتحويل حسب لائحة الوحدات $1Wsec = 6,24.10^{18}eV$.

هنا حسب هذا المثل التطبيقي والنظري وجدنا بأن الطاقة الطبيعية لإشـــعاعات ألفا المنبتة من عنصر الـــ Radium عندها الطاقة المساوية تقريبًا 7,67 MeV، وهذا ما يظهر بأنها فوق الكافية لتحويل نواة الذرة، ولكن لتحويل نـــوى الـــذرات الثقيلة يلزمنا طاقة مرتفعة جدًّا، وهذه الطاقة المرتفعة ننتجها من المسرعات 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.

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

مثلاً: تحويل مادة ال $_3Li^9(P,\alpha)2._2He^4$

حسب الجدول الدوري، أخذت الأعداد التالية بوحدة اكتل:

$_3Li^7 \rightarrow$ 7,01600 Me الذرة الأساسية

$+_1H^1$ + 1,00782 Me ذرة الهيدروجين

= مجموع الكتل الأساسية 8,02382 Me

2 . 4,00251 = - 8,00522 Me ناقص

Δm = 0,01860 Me فرق الكتل أو الكتلة المفقودة

والطاقة المستعملة حسب قانون أينشتين بتعادل الطاقة والكتلة وما تبقى من الكتلة بشكل طاقة كما حسب وحل سابقًا، في الوقت الذي Me = 931 MeV، فالطاقة تساوي المعادلة التالية:

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

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 النصفي المشروح بالعمليات التابعة والمسمى: عمليات الانشطار النصفي، أي Cross Section or Profile of effectiveness.

12 . 6 عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي Cross Section

هنا ما نسميه عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي Cross Section ليس إلا مقياس Mass حاصل لتفاعلات جسيمات مقذوفة على نوى ذرات مادة كهدف مقصود. وحتى نتفهم موضوع الحاصل النسبي للانشطار النصفي Cross Section نتخيل مكانًا 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 قسمًا صغيرًا من الجسيمات المساوية $\Delta N / N$ اصطدمت بنوى الذرات الموجودة في الغرفة أو المكان، وتفاعلت معها تفاعلاً نوويًّا، 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 نسبية التفاعل من التصادم متعلقة في n / V، وهذا ما نظهره بالمعادلة التالية:

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

obeikandl.com

هنا الدالة σ ليست إلا العدد النسبي أو عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي المساوي عامة عدد التفاعلات مقسومًا على عدد الجسيمات المقذوفة على سنتم مربع:

$$\sigma = \frac{\text{عدد التفاعلات}}{\text{عدد الجسيمات الساقطة على سنتم مربع}}$$

وهذا فمن المؤكد بأن كل تفاعل نووي بين جسيمة ونواة ذرة يوجد به عملية عامل حاصل نسبي أو انشطار نصفي، وهذه العملية كما نظرت سابقًا نظريًّا سوف نظهرها نظريًّا وتطبيقيًّا بالمثل التالي:

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

واستعمالنا أشعة جسيمات ألفا المنبثة من عنصر الراديوم المشع ${}_{84}P^{214}$ والمسمى قديمًا عنصر الـ RaC′، والذي طاقة إشعاع جسيماته قادرة على تحويل وتغيير نواة مادة الألمنيوم. هذه الطاقة المساوية تقريبًا 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. ولذاك نقول إذا كانت A تساوي مساحة لوحة الألمنيوم الرقيقة وضخامتها Δx فإن الحجم يساوي:

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

openkandil.com

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

$$\sigma = \Delta N/N.\ A\Delta x/\Delta x.1/n =$$
$$= \Delta N/N.A.1/n$$

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

$$\text{Absolute Atom Mass} = m_{Al} = 4{,}48.10^{-26}\ \text{kg}$$

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

$$26{,}9815 / 6{,}023.10^{23} = 4{,}48.10^{-26}\ \text{kg}$$

ونسبة عدد نوى المادة n للمساحة A تساوي الدالة التالية:

$$n/A = 0.7\text{mgr cm}^{-2} / 4{,}48.10^{-26}\ \text{kg} = 1{,}56.10^{19}\ \text{cm}^{-2}$$

ولقد ذكرنا ودل الاختبار بإطلاق 2.10^6 جسيمة إشعاعية على نوى مادة حتى يحصل تصادم ومنها تفاعل واحد مع نواة ذرة هذه المادة، وهذا التفاعل يعطى له اسم العامل النسبي الحاصل للانشطار النصفي المساوي المعادلة التالية:

$$\sigma = \Delta N/N.A/n = 1 / 2.10^6\ .\ 1\text{cm}^2 / 1{,}56.10^{19} = 3{,}2.10^{-26}\text{cm}^2$$

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

$$\sigma = 3{,}2.10^{-26}\ \text{cm}^2$$

قديمًا أعطت وحدة العامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي 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 للانشطار النصفي 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:

$$r_{Al} = 1{,}4.10^{-3}.\sqrt[3]{A}$$

ولذلك مساحة نواة ذرة الألمنيوم الهندسية تساوي $\pi r^2 = 5{,}5.10^{-25}\ cm^2$ ولكن مساحة ذرة الألمنيوم أي الـ Al Atom، تساوي: $A_{Al} = 5{,}12.10^{-16}\ cm^2$.

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

1 – عامل الانشطار النصفي البدائي $б_{Ei}$

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 الانشطار في ذرة النواة.

2 – عامل الانشطار النصفي للانشطار $б_{SP}$

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

obeikandl.com

3 – عامل الانشطار النصفي للامتصاص $б_a$

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

$$б_a = б_{Ei} + б_{SP}$$

4 – عامل الانشطار النصفي للتشرد المرن $б_e$

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

5 – عامل الانشطار النصفي للتشرد غير المرن $б_u$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility للنيوترون ليقوم بعملية تشرد غيـــر مرن مع نواة الذرة، ولكن هنا الطاقات الحركية للمشتركين بالعمليـــة تـــصغر لأن قسمًا من هذه الطاقات يستعمل لإجبار النواة على البقاء في حالة التهيج.

6 – عامل الانشطار النصفي للتشرد бs

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility لما نيوترون في نـــواة ذرة يتـــشرد بتفاعل عملية التشرد المرن أو التشرد غير المرن، فإن бs يساوي:

$$бs = бe + бu$$

7 – عامل التشرد النصفي للمجموعة $б_t$

هذا العامل يعطي الإمكانية Possibility هـــل يحـــدث عامـــة تفاعـــل بـــين النيوترونات ونوى الذرات؟ ولهذا يتبع التفاعلات التالية:

$$б_t = бa+бs = б_{Ei}+б_{SP}+бe+бu$$

وهنا يجب الملاحظة بأن عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي لم يكن متعلقًا بالأحرى خاصة بنواة الذرة المقذوفة، ولكن بالقسم الخاص بسرعة وطاقة النيترون المقذوف وهذا الموضوع سوف نتعمق به ونطرقه لاحقًا.

obeikandi.com

12. 7 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 حجمًا معروفًا ولنفترض أن هذا الحجم يمثل مكعبًا حجمه يساوي $V = 1cm^3$ 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 = عدد الذرات الموجودة في مكعب حجمه سنتم مكعب واحد.

N_A = عدد الذرات الموجودة في غرام مادة أو عدد أفوكدرو $6{,}023.10^{23}$

A = الوزن الذري أو الكتلة النووية للمادة.

ρ = 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:

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

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

$$\Delta I = - I\,\mu.dx \quad .\Delta I = I\,\sigma N_L.dx$$

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

obeikandl.com

وحدة هذا الانشطار الميكروسكوبي تساوي [1/cm]= Σ المنتجة من وحدة الانشطار النسبي σ ووحدة عدد الجسيمات في المكعب N_L $(cm^2.1/cm^3 = 1cm)$

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:

$$\lambda = 1/\sigma N_L$$

وحتى نتفهم الموضوع نعطي المثل التالي:

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

$$_4Be^9(\alpha,n)_6C^{12}$$

لقد وجدنا أن عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي لمادة ال Beryllium يساوي حسب الحل:

$$\sigma = 0{,}2.10^{-24}cm^2 = 0{,}2\ Barn$$

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

هنا عامل الانشطار النصفي الميكروسكوبي يساوي العدد التالي:

$$\Sigma = \sigma N_L = \sigma\ N_A\ \rho/A$$
$$= 0{,}2.10^{-23}cm^2.6{,}023.10^{23}.1{,}75gr\ /\ 9gr.cm^3 = 0{,}0234.1/cm$$
$$\Sigma = 0{,}0234.1/cm$$

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

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

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

13 مميزات النيوترونات وعلاقة نسبية النيوترونات

عامة النيوترونات تلعب في العمليات والتفاعلات الفيزيائية دورًا مهمًّا 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، جسمية 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 لمَّا كان يطلق على بعض المواد إشعاعات جسيمات α فإن هذه الجسيمات بتفاعلها مع هذه المواد لم تبث جسيمات أو إشعاعات Protons كما كان معروفًا قبلاً، ولكن جسيمات خالية من الشحنة الكهربائية ومحايدة. ولكن كتل هذه الجسيمات كانت تساوي تقريبًا 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.

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

1- النيوترونات السريعة $V_n \geq 4{,}4.10^6$ m/s and $E_n = >10^5$eV

2- المتوسطة السرعة $V_n = 4{,}4.10^6$ to $1{,}4.10^5$m/s.En=10^5 t0 10^3eV

3- النيوترونات الـ epitherm $V_n=1{,}4.10^5$to10^3m/s.En=10^2to10^{-1}eV

4- النيوترونات الحرارية $V_n = < 4{,}4.10^3$ m/s . En = < 10^{-1} eV

فأما النيوترونات الحرارية فسرعتها تساوي سـرعة ذرات الهيـدروجين فـي الحرارة العادية، أي حرارة الغرفة، ونستطيع أن نقابل طاقتهم نظريًا بطاقة الغـاز المساوية المعادلة التالية:

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

في الوقت الذي..

$k=8,6169.10^{-5}eV.K^{-1}=1,3806.10^{-23}Jk^{-1}$(Boltzman Cont)

والحرارة تساوي: $T\ 293K = 20^o\ c$

والسرعة تساوي: $2700m/s$

ومن المعادلة السابقة نستطيع معرفة الطاقات الحراريـة والطاقـة المتوسـطة بالأعداد التالية:

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

لمعرفة الطاقة المتوسطة للنيوترونات الحرارية. فإنه ممكن وسهل معرفتها ولكن كذلك نستطيع أن نحدد الطاقة الحركية للنيوترونات الحرارية عن طريق سـرعتها وكذلك كتلتها عن طريق المعادلة التالية $1/2m_nv^2$، في الوقت الذي معرفة الكتلـة 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: $2000m/s = 2.10^5\ cm/s$، ولذلك تكتب المعادلة كما يلي:

$E_n = 1/2.1/N_A.v^2 = 1.(2.10^5)^2 / 2.6,023.10^{23}\ cm^2 = 3,33.1^{-14}erg$

$1erg = 6,24.10^{+11}\ eV$

$E_n = 3,33.10^{-14} . 6,24.10^{11}\ eV = 0,024e$

obeikandl.com

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

وهذا يعود كذلك إلى كتلة النيوترون الساقط وطاقته ونوعية النيوترون ومنهـــا القيم التالية للنيوترون الراكد:

$$m_{n0} = 1,6749.10^{-27}kg = 1,008665.U$$

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

وكذلك للنيوترون خاصية الدوران الذاتي Spin المساوية:

$$S = 1/2$$

وكذلك شـــحنة ال Lepton Neutron تـــساوي 0، وأمـــا شـــحنة Baryon Neutron تساوي =1+ والنيوترون الحـــر غيـــر ثابـــت أو ســـاكن Unstable ويضمحل تدريجيًّا في نصف وقت نصفي يـــساوي $T_{1/2} = 11,5\ min$ وعمليـــة اضمحلال النيوترون تعطى بالمعادلة التالية:

Neutron Proton ElectronNeutrinos

$$n \rightarrow p^{++}e^{-}+ \nu$$

عامة فإن النيوترونات في عملية الاضمحلال تضيع، أي أن المقـــصود بـــه أن النيوترونات تلتقط Neutron Cached من نوى المادة الموجودة بالقرب مـــنهم، وكذلك النيوترونات من ميزاتها التشرد مع الإلكترونات ذوات الطاقة المرتفعة.

والنيوترونات والبروتونات تملك في داخلها بناء خاصًّا بها، أي أن النيوترونات يوجد في داخل كل واحد منها نواة مشحونة إيجابيًّا وهذه الشحنة تـــساوي تقريبًـــا شحنة نواة البروتون، وهذه الجسيمات أي النيوترونات والبروتونات محاطة بضباب مشحون سلبيًّا لعملية التماسك أو الترابط.

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

$$\lambda_n = h/m_{n0}v$$

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.

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

وهذا ما ظهر في حالة اصطدام نيوترون مع نواة ثقيلة، يفقد النيوترون قسمًا صغيرًا من طاقته الحركية، وهنا يحدث عملية تشرد 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 المؤلفة من نوى

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

1.13 طرق كسب أو إنتاج النيوترونات وطرق إثبات وجودها وقياسها

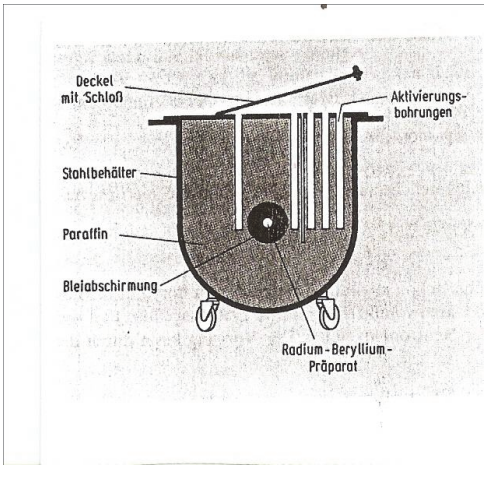
من أهم التفاعلات النووية التي ذكرت ووجدت إلى الآن في تاريخ الفيزياء النووية هي عملية قذف مادة ال Beryllium بإشعاعات α لإنتاج النيوترونات، وعملية القذف والتفاعل هذه وجدها الفيزيائي الألماني Bothe في سنة 1930.

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

$$_4Be^9 + _2\alpha^4 \rightarrow (_6C^{13*}) + _6C^{12} + _0n^1 + \gamma$$

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 النصفي لعنصر الراديوم ومن الممكن لهذا المنبع أن يعطينا طاقة إشعاعات نيوترونات مرتفعة جدًّا تتراوح بين الطاقة المساوية من 5 MeV إلى طاقة تساوي 13,7MeV ومن المعروف علميًّا وفيزيائيًّا 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 الـ 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 النيترونات 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 ال $_3Li^7$، ومن هذه العملية ينتج النيوترونات السريعة بطاقة مرتفعة حسب المعادلة التالية:

$$_3Li^7(d,n)_4Be^{8*}$$

وفي الوقت الحاضر تستعمل للدراسات والاختبارات بالنيوترونات ثقوب تشكل مجاري خاصة في المفاعلات النووية، وطرق خاصة لتحويل النيوترونات من سريعة إلى حرارية، وكذلك حديثًا 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.Mcarching، 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 $_5B^{10}$، والنيوترونات عندما تدخل وتخترق هذا الغاز تتفاعل مع نوى البور Bor حسب المعادلة التالية:

$$_5B^{10}(n,\alpha)\ _3Li^7\ (7\%)\ \text{and}$$
$$_5B^{10}(n,\gamma)\ _5B^{11}\ (93\%)$$

openkandil.com

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

13 .2 عملية تشرد والتقاط النيوترونات
Scattering , Catching of Neutron

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

a – عملية التشرد 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 ونسمي هذه العملية التشرد 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 التشرد وكذلك عمليات الالتقاط. وهذه التفاعلات نستطيع أن نظهرها بالمعادلة، أي لما يدخل نيوترون إلى داخل نواة ذرة الهيدروجين ويقوم بعملية التغيير المظهرة بالمعادلة التالية:

$$_1H^1(n,\gamma)_1D^2$$

ونسبية هذه التفاعلات بين التشرد والالتقاط نسميها عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي، أي المقصود به Cross Section وهنا يجب أن يفرق علميًّا بين الانشطار النصفي للالتقاط бa والانشطار النصفي للتشرد бs.

c – عملية الانشطار أو تفتت النواة

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

والعملية الممكنة Possibility لهذا الانشطار المسماة عامل الحاصل النسبي للانشطار النصفي لتفتت σi 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 $1Barn = 10^{-24}\ cm^2$.

هنا إذا أخذنا بعين الاعتبار الانشطار النصفي 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 دورًا مهمًّا ويصبح ارتفاع أو تناسل الانشطار متناسبًا 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 ال Wave Theory في الحالة لما التردد $\nu = u / \lambda$ ومن المعروف فيزيائيًا أن طول الموجة λ وكذلك التردد ν 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 ترددًا أو ذبذبة خاصة، وهنا لما تردد النيوترون يستجيب مع تـــردد النـــواة فـــإن النيوترون يمتص أو يلتقط من نواة المادة بدون صعوبة .

13 . 3 اضمحلال النيوترونات

أن اضمحلال النيوترون عكس اضمحلال الـــ Proton، لأن النيـــوترون لمـــا يكون في حالة حرة خارجًا عن النواة فإنه يكون غير ثابت أو ساكن مستقر، وفـــي هذه الحالة فإن حياته محدودة أي العمر النصفي $T_{1/2}$=12sec. نأخذ بأن النيوترون مركب من بروتون وإلكترون فإن مجموع كتلها تساوي = 1,00727 + 0,00055 = 1,00782 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 931 MeV = 0,77MeV وهذه تضمحل مـــع إنتـــاج..Antineutrino حـــسب المعادلة التالية:

$$_0n^1 + {}_1p^1 + e^- + \nu$$

14 - المواد المشعة الاصطناعية The artificial Radioactivity

14 - 1 اكتشاف المواد المشعة المصنعة وجسيمات الـ Positron

من بعد سنين عديدة من اكتـــشاف العناصـــر المـــشعة الطبيعيـــة كعنـــصر ال Uranium وكذلك عنصر Thorium and Radium، وقيل عـــن وجـــود هـــذه العناصر إنها مسرحية طبيعية كانت غلطة في التكوين من وقت وجود الأرض .

حتى جاء الفيزيائي الفرنسي Frederic Joliot وحرمه Irene Curie ابنـــة الفيزيائية Marie Curie في سنة 1934، واكتشفا شيئًا جديدًا مهمًّا بوضعهما فـــي وعاء من مادة الألمنيوم عنصر ال Polonium ذا الطاقة الإشعاعية لجسيمات α

المرتفعة جدًّا وهنا ظهر بعد مدة من الوقت أن وعاء الألمنيوم يبث إشعاعات للنيوترونات، أي أن هذا التفاعل النووي حدث لما نواة مادة الألمنيوم التقطت جسيمة ألفا وهنا بتفاعلهما رفعت الكتلة الذرية A إلى أربع وحدات، وكذلك العدد النظامي Z إلى وحدتين، وبثت نواة مادة الألمنيوم إشعاعات النيوترونات وكذلك الـ Positron حسب المعادلة التالية:

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}\alpha^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30^{*}} + {}_{0}n^{1}$$

ومن هذه العملية أنتج اصطناعيًّا الـ Isotope المشع، الفسفور المرفوع رمزه بنجمة يدل أنه عنصر مشع وعلى هذه الطريقة أنتجت كثير من العناصر غير المعروفة، وعملية الفيزيائي الفرنسي لم تبث من مادة الألمنيوم نيوترونات وحسب، بل كذلك نوعًا من جسيمات أو إشعاعات β حاملة شحنة إيجابية، ووجد بأن هذه الجسيمات بمرورها في الحقل المغناطيسي أخذت عكس اتجاه الإلكترونات الحاملة الشحنة السلبية وسميت هذه الجسيمات بـال Positron الحاملة الشحنة الإيجابية $+\beta$، ولكن لها نفس وزن كتل الإلكترونات وهذه الجسيمات أي الـ Positron يوجد قليل منها في الطبيعة ولكنها موجودة بكثرة كإشعاعات في الفضاء أي Cosmos .

هنا إذا أخرجنا من وعاء الألمنيوم مادة الـ Polonium المعطية إشعاعات α فإن مادة الألمنيوم لا تعود تبث إشعاعات النيوترونات بل جسيمات Positron التي عمرها النصفي لا يتعدى أكثر من 2,5 min وبث الـ Positron يأتي في الطبيعة من عنصر الـ Phosphor المشع الذي وجد عن الطريقة الاصطناعية، أو بالأحرى حسب تتابع التفاعلات التي تحدث في هذه العملية المظهرة في المعادلة التالية:

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}\alpha^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30^{*}} + {}_{0}n^{1}$$
$$\llcorner\ {}_{7}N^{15} + e^{+}$$

وكذلك بقذف ذرة الفحم بإشعاعات α ينتج منها جسيمات الـ Positron حسب المعادلة التالية:

$$_6C^{12} + {}_2\alpha^4 \rightarrow {}_8O^{15^*} + {}_0n^1$$
$$\llcorner {}_7N^{15} + e^+$$

إن العناصر المشعة Isotope المنتجة بالطرق الاصطناعية أصبحت في الوقت الحاضر يفوق عددها 1200 عنصر مصنع ثابت يشابه في اضمحلاله وفاعليته النووية العنصر الطبيعي

14 . 2 عملية إنتاج وإخفاء الـ Positron

ولقد وجدنا في عملية إنتاج العناصر المشعة الاصطناعية كذلك إنتاج ال+β = Positron، وكذلك أي أنه من جسيمة Proton تنتج جسيمة Positron التي تتحول إلى نيوترون، ولكن في وقت بناء الإلكترون من اضمحلال النيوترون فإنه من الممكن لأن كتلة النيوترون أكبر من كتلة الـ Proton وكذلك إنتاج Positron وهذا من الصعب شرحه.

14. 1.2 عملية التشعع

المقصود بالتشعع لما كل جسيمات مادة تتحول بكاملها إلى إشعاعات إلكترومغناطيسية، في الوقت الذي مجموع كتل جسيمات المادة حسب قانون أينشتين يكون متساويًا بين الكتلة والطاقة تتحول إلى إشعاعات إلكترومغناطيسية.

وبعملية التشعع هذه يحدث إنتاج موجات قصيرة حادة من إشعاعات γ، ولذلك نسمي عملية التشعع عملية الإشعاع المبيد، لأنه يبيد كتل نوى المادة كاملة وينتج من هذه العملية طاقة مرتفعة، أي أن المادة تتحول كاملة إلى طاقة $E = mc^2$. ولكن في عملية انشطار النواة في المفاعلات النووية أو في عملية انصهار النواة يستعمل قسم صغير من المادة الذي يتحول إلى طاقة.

وتحويل المادة كاملة إلى طاقة هو شيء مثمر للطاقة التي نحن بحاجة لها، ولكن في الوقت الحاضر لا نستطيع أن نقول بأن عملية التشعع تعتبر منبعًا للطاقة لأنه لتحقيقها يوجد صعوبات وتكاليف مادية وكذلك وقت طويل ولكن إذا أردت كطالب

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

a – عملية التشعع

تحدث عملية التشعع عندما تصطدم جسيمتان متعاكستان في الشحنة أي إيجابية وسلبية ومتساويتان في الكتلة معًا 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 الإلكتـــرون أو جسيمة بوزيترون كاملة، تساوي:

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

ومجموع الطاقات المعطاة للجسيمتين في تشعع إبادتها كاملاً يـــساوي المعادلـــة المذكورة التالية:

$$2m_e c^2 = 2.0{,}511 = 1{,}022 \text{ MeV}$$

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

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

$$\lambda_e = h / m_e c = 2{,}4262.10^{-12} \text{ m}$$

ونسمي طول الموجة هذه طول موجة Compton Wave في الوقـــت الـــذي المرادف التالي للحل يساوي

h .. عامل Planck أي تأثير الكم المساوي $h = 6{,}6262.10^{-34}$ J sec

m_e . كتلة الإلكترون أو Positron المساوية $m_e = 9{,}1095.10^{-31}$ kg

c سرعة الضوء في الفراغ $c = 2{,}997925.10^{8}$ m/sec

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 وتتحول هذه الجسيمات إلى طاقتي كم Quantum 2γ محتويتين الطاقة والكتلة هنا إذا أخذنا بعين الاعتبار سرعة البوزيترون بالنسبة إلى سرعة الضوء فإنها صغيرة، ولكن نبضات هذه العملية تعادل $P = m_e v$ بتطاير 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 الـ Neutron والـ Antineutron .

$$P + p \rightarrow 2\gamma \qquad n + n \rightarrow 2\gamma$$

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 $m_{0p} = 1{,}6726.10^{-27}$ kgr

obeikandl.com

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

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 بصددها 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 الازدواج 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:

$$E_e = \pm\sqrt{(m_{e0}c^2)^2+p^2c^2}$$

والمقصود بالرموز (±) أنه يجب أن نعطي للإلكترون أثرين إيجابيًّا وسلبيًّا، 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:

$$E_{e0} \geq +m_{e0}c^2 \quad \text{or } E_e \geq = +0{,}511\text{MeV}$$

b – في الحالة السلبية (-) فإن طاقة الإلكترون تساوي المعادلة التالية:

$$E_{e0} \leq -m_{e0}c^2 \quad \text{or } E_{e0} \leq -0{,}511 \text{ MeV}$$

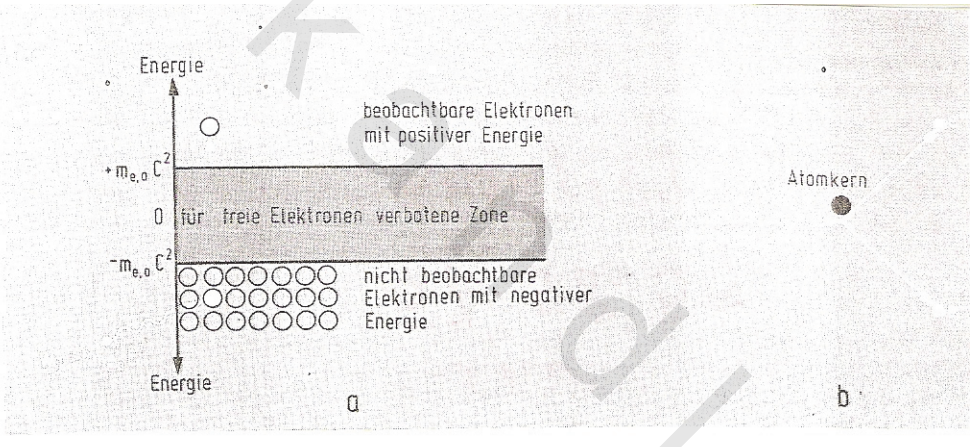
openkanal.com

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 الممنوع لا توجد به إلكترونات، لأن قيمة طاقة الإلكترونات ليست أصغر من طاقة الإلكترون الراكدة أو الساكنة.

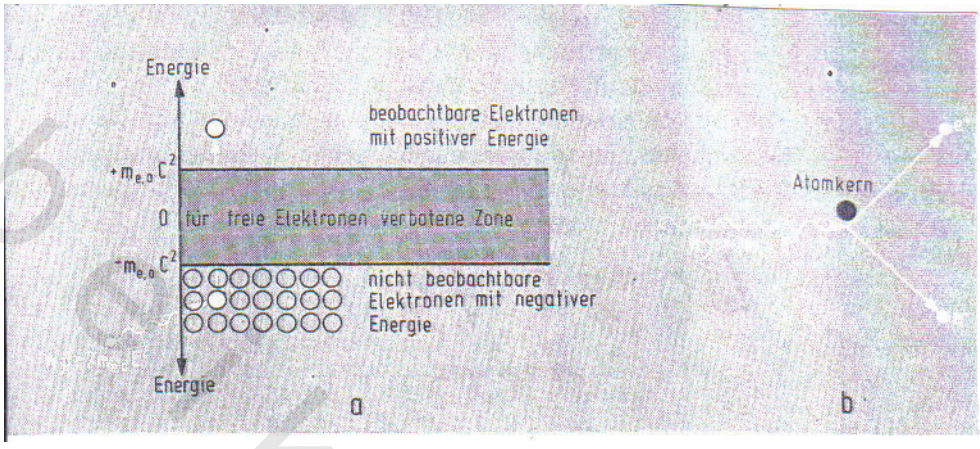
ثالثًا: من الممكن أن الإلكترونات التي تملك طاقة صغيرة عامة مستواها مملوك بطاقة سلبية، والإلكترونات الموجودة في هذه الحالة يجب حسب نظرية Dirac ألا تؤخذ بعين الاعتبار لكميتها الواسعة كبحر من الإلكترونات. انظر الصورة التالية، ومن هذه الصورة يشتق الصورتين التاليتين لها.



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 نظرهما نموذجيًّا 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 الفقاقيع، وتحدث هذه الظاهرة لما تدخل طاقة كم من Quantum γ في غرفة الضباب أو الفقاقيع.

هنا بصفة هذا الإشعاع γ ليس مشحوناً لا سلبيًّا ولا إيجابيًّا، لم يرَ له أثر في غرفة الضباب ولكن لما هذا الكم الإشعاعي γ يقترب أو يصطدم بنواة ذرة يبث فجأة خطين يملكان نفس شكل النقاط والفقاقيع. وخطوط هذه النقاط والفقاقيع بمرورها 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

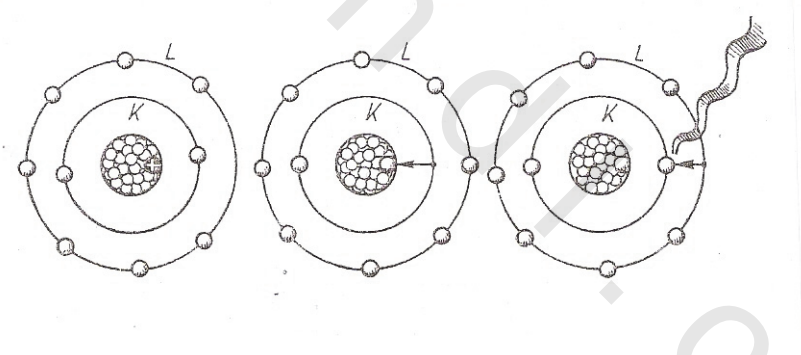
وكذلك البوزيترون. وهذا التفرق في إنتاج الجسيمات المزدوجة سميت هذه العملية تحويل الطاقة إلى مادة أو Materialism of energy والمقصود بها حسب قانون أينشتين التساوي بين الطاقة والمادة حسب المعادلة التالية:

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

أي تحويل طاقة إشعاعات الكم إلى كتلة وهذا ما وجدناه في عملية إنتاج الزوج أي بخلق جسيمتين واختفاء طاقة الكم .

14. 3 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 النصفي 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:

$$_{28}Ni^{58}(\alpha,p)_{29}Cu^{61*}\ (k)_{28}Ni^{61}$$

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 رأسًا.

14. 5 نوى الـ 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:

$$_{91}UZ^{234} \text{ and } _{91}UXa^{234}$$

وهذه العناصر ممكن تحويلها إلى نوى $_{92}UII^{231}$ بقذفها بإشعاعات الإلكترونات β^-، وهي تفترق عن بعضها بالعمر النصفي؛ فالأول يعيش 1,14 min والثاني 6,7 h وعامة يرمز عنصر ال Isomer مثلاً بالرمز التالي:

$$_{38}Sr^{87*m} \xrightarrow{2,8\ h} {}_{38}Sr^{87}$$

$$E\gamma = 0,4\ MeV$$

openkandil.com

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 $_{11}Na^{22*}$، يتحول من نواته 90% ومن الممكن Possibility كذلك إلى جسيمات Positron وعن طريق عملية الالتقاط K يأخذ عشرة بالمائة لتحول العنصر $_{10}Na^{22*}$ إلى عنصر مشع متهيج وهذا يحدث عن طريق بث إشعاعات غما γ، وفي الحالة الثابتة من هذا العنصر ينتج كمية قليلة بالمائة Positron ولكن بطاقة مرتفعة بدون بث إشعاعات γ، وباستعمال طاقة تساوي $2m_ec^2$ يحدث خلق إلكترونات مزدوجة حسب عملية خلق الزوج.

تأخذ عملية اضمحلال الـ Isomer، وهذا الاضمحلال يحدث بسرعة فائقة تساوي تقريبًا من الوقت T= 10,5 min يبث بهذه العملية إشعاعات γ بطاقة ضعيفة، وكذلك إنتاج بنفس الوقت عنصر مشع طويل العمر ال $_{27}Co^{66*}$، وهذا العنصر يتحول عن طريق قذفه بإشعاعات أو جسيمات -β إلى مادة نواتها متهيجة $_{28}Ni^{66}$، والعودة إلى الحالة الأساسية تجدد عن طريق بث Emission كم من إشعاعات 2γ Quantum بطاقة ضعيفة خاصة الأول تساوي 1,17 MeV والثاني بطاقة تساوي 1,33 MeV . وهنا في هذه العملية إشعاعات غما γ وكذلك إشعاعات بتا -β تبث في وقت واحد.

14. 7 ميزانية الطاقة في اضمحلال النواة

وعن طريق الاضمحلال الطبيعي المتبع تضمحل كذلك المواد المشعة الاصطناعية حسب قانون حفظ الطاقة والكتلة. ولهذا نأخذ المثل التالي لعنصر الـ $_{11}Na^{22*}$ حتى نثبت ما خطط في عملية الاضمحلال المعطاة في الرسم صورة رقم 60.1، وهذه العملية نسميها ميزانية طاقة الاضمحلال للعنصر المشع $_{11}Na^{22*}$.

قيم الكتل تساوي:

قيمة كتلة النواة الأساسية للعنصر المشع $_{11}Na^{22}*$ = 21,99440 ME

قيمة كتلة النواة النهائية للمادة المنتجة بعد الاضمحلال = 21,99135 ME

فرق الكتل يساوي Δm =0 ,00305ME

والطاقة المقابلة تساوي E = 0,00305 ME . 931MeV = 2,820 MeV

والطاقات المستعملة لهذه العملية تساوي حسب المعادلات التالية

الطاقة المستعملة لخلق الازدواج تساوي 2 . 0,000549.931= 1,022 MeV

طاقة إشعاعات أو جسيمات β+ تساوي 0,543 MeV

طاقة الكم للإشعاعات γ تساوي 1,275 MeV

مجموع الطاقات المستعملة تساوي 2,840 MeV

وهذه العملية تدل على ميزانية الطاقات المتعادلة

15 بناء وتقسيم نواة الذرة

15. 1 قدرة أو قوة طاقة النواة

لقد تعرفنا سابقًا 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 علميًّا أن هذا التماسك بين غلاف نواة الذرة السلبي 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 ال Nucleons لأنه ظهر بأن المسافة بين النيوترون والبروتون قصيرة جدًّا، 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 جدًّا تساوي تقريبًا 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 لتتفاعل مع جارتها، هنا وجد بأن قدرة عملية الـ Gravitation وقدرة الكهرباء بعيدا التأثير على الجسيمة المجاورة، وهذا ما نراه في النوى التي كتلها النووية $A > 4$، هنا عملية التشبع بتفاعل الاتصالات بين الجسيمات انتهت ولم تعد كل Nucleon تتفاعل مع جارتها. وهذا التفاعل سوف نتعمق في درسه لاحقًا ولكن نقول إن نوى الذرات عندها نفس ميزات نقط الماء المائعة، وكل Nucleons من جسيمات النواة تملك نفس الكثافة التي تساوي:

$$\rho=1,45.10^{17}\ kg / m^2$$

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 جدًّا 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 وبروتون، 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، وفـــي هذا النموذج تلعب الجسيمات البدائية دورًا مهمًّا. وسميت هذه الجسيمات البدائية ال Mesons وسوف نتعمق بدرسها لاحقًا.

ومن هذه الجسيمات يوجد كثير من أشكال ال Mesons ولكن في نـــواة الـــذرة يوجد:

π Meson orPioneer

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°)

ملاحظة إن جسيمات ال π Meson المـــشحونة ليـــست إلا حمالـــة شـــحنات الجسيمات البدائية في نواة الذرة وهي تقوم بالعمليات التالية:

لما Proton من جسيمات النواة يعطي Pioneer إيجابيًّا يتحول إلى Neutron حسب المعادلة التالية: $P^+ + \pi^\circ \rightarrow n + \pi^+$

لما Neutron من جسيمات النواة يأخذ هذا الـــ Pioneer ويتحول إلى Proton حسب المعادلة التالية: $n + \pi^+ \rightarrow p^+ + \pi^\circ$

وعمليات هذا التفاعل تعاد أو تراجع حسب المعادلات السابقة

لما Neutron من جسيمات النواة يعطي Pioneer سلبيًّا يتحول إلى Proton حسب المعادلة التالية: $n + \pi^\circ \rightarrow p^+ + \pi^-$

لما Proton من جسيمات النواة يأخذ هذا الـــ Pioneer يتحول إلى Neutron حسب المعادلة التالية: $p^+ + \pi^- \rightarrow n + \pi^\circ$

وعمليات هذا التفاعل تعاد أو تراجع حسب المعادلات السابقة.

وتحت تأثير شحنات ال Pioneers الإيجابية والسلبية فـــإن الـــشحنات بـــين البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة تبقى متنقلة بين هذا وذاك، ولم يعرف أحد

openkamal.com

مسيرها إلى أن جاء الفيزيائي الياباني H.Yukawa في سنة 1934 ووجد حلاً نظريًّا لتنقلات هذه الشحنات يشابه الـ Pioneer الذي ينتقل بشكل كرة من يد لاعب إلى أخرى، وهذا التناقل الحركي أعطى له قيمًا كحل لقدرة أو قوة الترابط أو التماسك في نواة الذرة، واستعمل لهذا الحل الحل العلمي عن طريق ال Quantum Mechanic، وهنا ما أظهره Yukawa كقدرة للتماسك أو الترابط بين نيوترونات وبروتونات نواة الذرة بتنقل الشحنات، ولكن البيونات Pioneers 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 لل Pioneer أكد وحقق علميًّا عن طريق قذف نواة الذرة بجسيمات ذات طاقة مرتفعة، وهذا الموضوع سوف نطرقه لاحقًا.

وظهر بأن القدرة أو القوة الموجودة بين بروتونين اثنين ونيوترونين تعادل نسبيًّا تنقل أو تغير ال 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 ال Mesons أظهر في وقتنا الحاضر بسبب الخبرة العلمية والتطبيقية بأن نواة الذرة المبنية من البروتون والنيوترون بناؤها ليس بناء متجانسًا 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 شرحًا وافيًا لقدرة أو قوة تماسك جسيمات نواة الذرة نعود إلى الطاقة الجامعة تماسك النواة ال Nucleon بفكرة تحوي التدبير التالي:

فنقول 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:

$$m_p = 1{,}6726.10^{-27}\ kg \quad and \quad m_n = 1{,}6749.10^{-27}\ kg$$

ومجموع كتل النوى الموجودة من 2 Proton وكذلك من 2Neutron التي تؤلف ذرة الهليوم $_2He^4$ التي أظهرناها سابقًا بالمعادلة التالية:

$$2Protons + 2Neutrons$$

$$2.1{,}6726.10^{-27}\ kgr + 2.1{,}6749.10^{-27}\ kgr = 6{,}6950.10^{-27}\ kgr$$

ولكن من بعد القياسات والاختبارات العديدة في وقتنا الحاضر وجد بأن كتلة عنصر الهليوم العادية تساوي:

$$m_{He} = 6{,}6447.10^{-27}\ kgr$$

ومن بعد هذه الدراسات المقنعة علميًّا ظهر بأن كتلة الهليوم العادية أصغر من مجموعة كتل أقسام أحجار بنائها، والفرق بين الاثنين في الكتل يساوي:

$$\Delta m = 6{,}6950 - 6{,}6447 =$$

$$\Delta m = 0{,}0503.10^{-27}\ kgr$$

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 نسبيًّا 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 تبث 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 بالضياع من Potential Energy يعود هذا كذلك إلى قانون أينشتين المتعلق كذلك بضياع الكتل Masse Defect هنا نقول يوجد بين طاقة التماسك أو الترابط E وكذلك في ضياع 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 قياسًا 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 كتلها حسب المعادلة التالية:

$$E = \Delta m\, c^2 = 0{,}0503.10^{-27} \text{kgr} \,.\, (2{,}9979)^2.10^{16}\ m^2/sec^2$$

$$E = 0{,}453\ .10^{-11} \text{ Joule} = 28{,}3 \text{ MeV} \ .$$

$$1 \text{ MeV} = 1{,}602.10^{-13} \text{ Joule}$$

وهذا ما أظهر كم يجب أن يستعمل من الطاقة لبناء نواة ذرة الهليوم المؤلفة من بروتونين اثنين ونيوترونين اثنين، وحسب الحل ظهر بأنه يلزمنا طاقة للتماسك أو الترابط تساوي $E_{He} = 28{,}3$ MeV أي أن كل جسيمة Nucleon موجودة في نواة الذرة يلزمها طاقة تماسك أو ترابط تساوي:

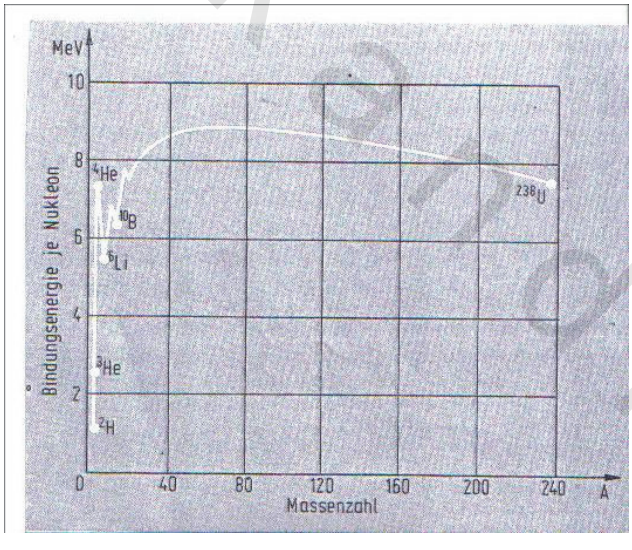
$$E_{Nu} = 7{,}1 \text{ MeV}$$

$$2+2 \text{ x } 7{,}1 = 28{,}3 \text{ MeV}$$

وعن طريق العكس لتفتت أو انشطار نواة ذرة الهليوم إلى جسيمات بروتونات ونيوترونات يلزمنا طاقة تساوي كذلك: 28,3 MeV .

في الوقت الحاضر فإن نقص أو فرق الكتل Masse defect في نـــواة الـــذرة 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 مـــن نـــواة الذرة متعلقة بنواة الذرة نفسها وليست بنوعية النوى التي عندها نفس الكتلة، لأنـــه كل نوع من النوى عنده ميزاته الخاصة، ولهذا السبب نقول بأن طاقة التـــرابط 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 بالكتـــل 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 ترتفـــع وفي نوى الثقيلة تنخفض.



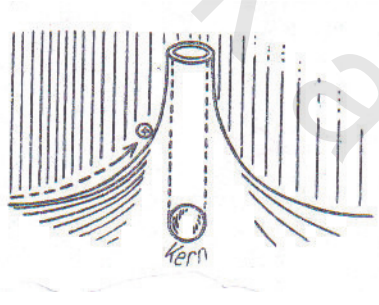
والمنحنـــى بالـــصورة الموضحة يظهـــر ويبـــين تعلق طاقة التماســـك مـــع الكتل النووية A، وهذا ما ظهر كـــذلك فـــي نـــوى الذرات الثقيلة فإن طاقـــة التماسك أو الترابط لكـــل Nucleon طاقة صغيرة جدًّا، وهذا ما دل وظهـــر كذلك بأن طاقة التماســـك للنوى متوسطة الثقل أكبر من طاقة التماسك في النوى الثقيلة، ولكن بالعكس فـــي عملية الانشطار أو التفتت ترتفع طاقة التماسك، ومن هذا ما يتبع بث طاقة حـــرة Free energy يعود ريعها لربح أو كسب الطاقة النووية عـــن طريـــق عمليـــة انشطار النوى الثقيلة في المفاعلات النووية للطاقة، وكذلك بارتفاع طاقـــة تماســـك كل Nucleon مثلاً وخاصة في عنصر الهليوم الذي ذكر قبلاً كذلك تعطى طاقـــة حرة Free energy، أي نوى ثقيلة منتجة من نوى خفيفة التي تعـــود تفاعلاتهـــا

لعملية الانصهار ومن هذه العمليات نظهر الطاقات التي ممكن كسبها، منهـا عـن 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 قـدرة مـن الطاقة نسميها قدرة الـ Potential وإذا جسم مشحون إيجابيًّا قارب هـذا الحقـل المشحون كذلك إيجابيًّا حسب قانون Coulomb ينفر وقدرة طاقته تساوي المعادلة التالية:

$$E_{pot} = e_0^2 / 4\pi\varepsilon_0 r$$

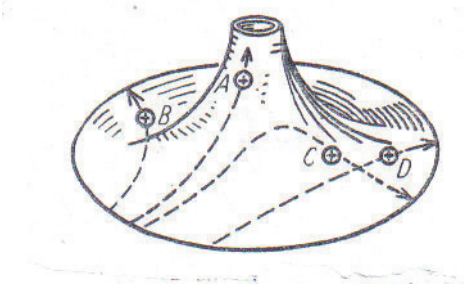


لأنه في كل نقطة مـن هـذا الحقـل الكهربائي شغل يعادل الـ Electricity Potential وهذا بعكس جاذبية الأرض، ويوجد بينهما فرق كبيـر. هنـا قـدرة Coulomb تساوي نسبيًّا المسافة مقلوبة بالمربع ولهذا ترتفـع طاقـة Electro Potential بالتقارب غير الخطي ولكن بقوة، وهذا ما يشابه كرة ثقيلة كبيرة يجب أن تتدحرج صعودًا إلى قمة جبل على طريق متصاعدة إلى القمة، وعمليـة هـذا 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 منحـدر هذا الجبل الواقف. وصعود هذه الكرة على منحدر الجبل إلى القمة غيـر ممكـن، وتشابه هذه العملية محاولة كريات الجسيمات مثـل البروتونـات وغيرهـا مـن الجسيمات المشحونة إيجابيًّا الصعود إلى النواة الموجودة في قلب الجبـل، وكـذلك غير ممكن وصولها إلى قمة هذا الجبل؛ منها ما يصل إلى نصف طريـق انحـدار

obeikandi.com

الجبل ثم تعود على طريق الانحدار المنحرف، وهذا ما نراه ونعاهده بالرسم حسب الصورة التالية:



كذلك في غرفة الضباب، هذا الانحراف نسميه التفرق أو التشرد وهذه الجسيمات المتشردة ترسم في انحرافها شكل خطوط الـ Hyperbole وكذلك زوايا لتشرد 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 .

علميًّا نعرف أنه بالقرب من النواة يوجد إبداء 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 ال Potential Pot عن طريق النفق، 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 علميًّا بالطرق المبسطة، ولكن لنأخذ مثلاً حل طاقة الـ Potential لنواة عنصر الـ Uranium تساوي المعادلة التالية:

$$E_{pot} = e_0^2 / 4\pi\varepsilon_0 r$$

فإن طاقة جسيمة α بالنسبة لنواة Uranium تساوي: $(92-2)e_0 = 90e_0$ وتنظم في المعادلة التالية:

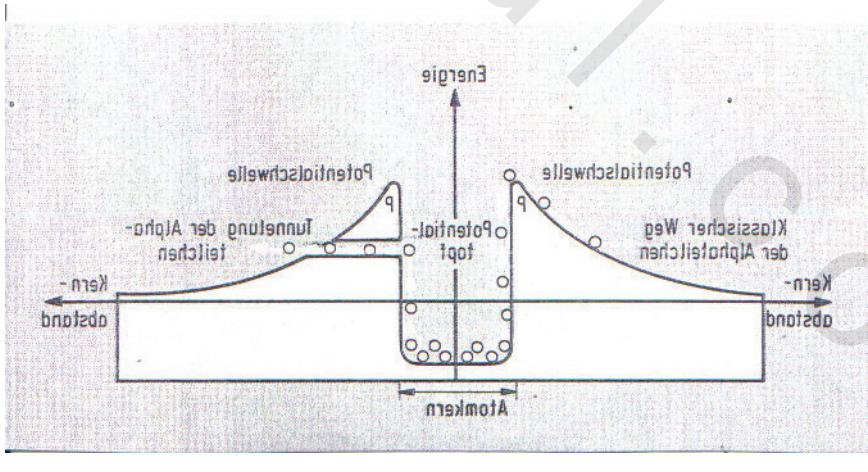
$$E = 2.90e_0^2 / 4\pi\varepsilon_0 r =$$

$$E = 2.90.(1,6)^2.10^{-38} / 4\pi.8,854.10^{-14}.3,6.10^{-12} = 1,15.10^{-12}Ws$$

$$1\ Wsec = 6,24.10^{12}\ eV$$

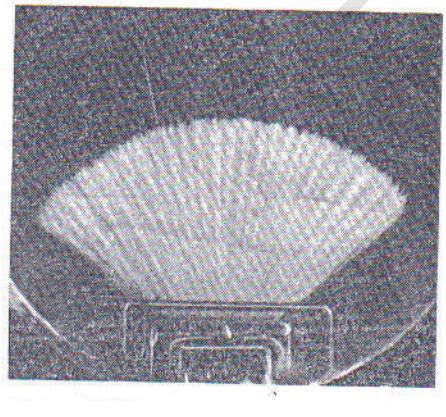
$$1,15.10^{-12}\ Wsec\ .\ 6,24.10^{12} = 7,2\ Mev$$

هنا جسيمات α المنبعثة من نواة ذرة الـ Uranium تملك طاقة صغيرة تساوي تقريبًا: 4,18 MeV ، نفكر ونقول بأن هذه الجسيمات موجودة في أعلى الوعاء ولكن على بعد مسافة قصيرة من النواة تساوي تقريبًا: $6,3.10^{-12}$ 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 رأسًا بثابتة الاضمحلال λ ، ولكن كذلك حسب نوعية النواة. وهنا نستطيع أن نقول بأن عامل النفق أي عملية ال Tunnel effect ليست إلا نسبية اختراق سد ال Potential Wall الذي يساوي ثابتة الاضمحلال λ وهذا ما أكد تطبيقيًّا ونظريًّا كلما ارتفعت ثابتة الاضمحلال يصغر العمر النصفي وكذلك يطول طريق مسافة خرق إشعاعات α كلما قصر العمر النصفي $T_{1/2}$.

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 علميًّا ونظريًّا بأن طاقة التماسك في جسيمات النواة أي ال Nucleons في كل نوى الذرات تقريبًا متساوية، ولكن دائمًا 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 Sommrfeld، 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 قديمًا 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 النواة أي Nucleons power، وهذه القوة أو القدرة المعروفة قليلاً وحتى بالحل العلمي Mathematical calculation لم تعرف أو تحدد بعد، والسبب لأنه يوجد كثير من بِنَى 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 نواة 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 نواة الذرة والذي وصف بالجملة التالية:

إن ذرة النواة مبنية من نقط مائعة أو سائلة من نيوترونات وبروتونات، وهذا ما ظهر كذلك فيزيائيًّا بأن نواة الذرة ونقط السوائل عندها تقريبًا نفس المميزات لبناء نموذج يشابه نقط نواة الذرة، ولبنائه يجب معرفة النقاط التالية:

A - كثافة النواة

كثافة النواة معروفة علميًّا وفيزيائيًّا بالقيمة التالية، وكذلك هذه القيمة تساوي كثافة كل أنواع النوى المشتقة من المعادلة التالية:

$$\rho = m_p / V = m_p / 4/5\pi r^2 = 1{,}4.10^{17}\ kg/m^3$$

$$\rho = 1{,}4.10^{17}\ kg/m^3$$

هذه الكثافة تؤخذ كذلك لوجود كثافة النقط السائلة في الوقت الذي هـذه الكثافـة غير متعلقة بحجم النقط.

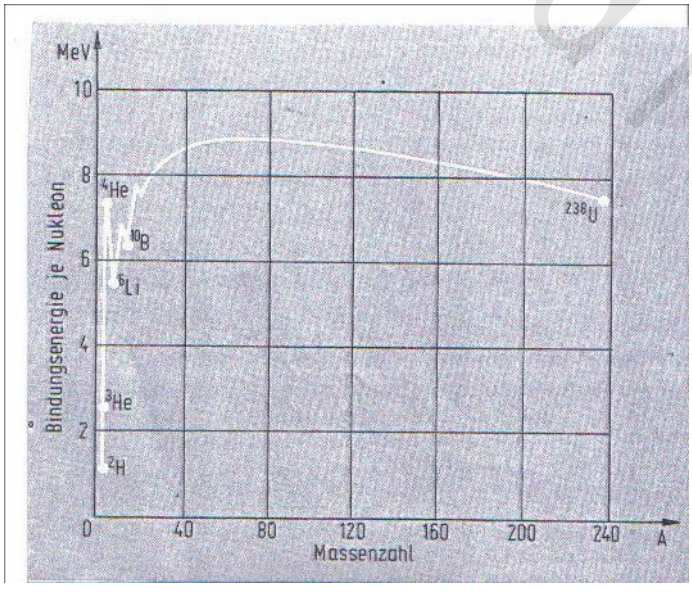
B – قوة أو قدرة النواة

هذه نقطة مهمة تحدد التوازن أو التناسق بين نواة الذرة ونقط الـسوائل تتعلـق بالقوى المؤثرة، ومن المعروف بأن تأثير التماسك بين النواة وجزئية Molecule النقطة يعود لقدرة أو قوة Van Der Waals التي عندها طريق مسار صـغيرة، ولهذا السبب بأن التفاعل المتبادل بين الاثنين موجود في الجسيمة التابعة، ولهذا بين بأن قدرة أو قوة النواة عندها مسار مسافة قصيرة وطول نصف قطر التأثير الـذي وجد عن طريق الاختبارات يساوي تقريبًا:

$$r_0 \approx 1{,}42.10^{-15}\ m$$

C – طاقة التماسك أو الترابط في نواة الذرة

هنا نريد بأن نحدد التشابه أو التوازن بين نواة الذرة ونقـط الـسوائل، ومـن المعروف لما نريد فصل جزيئة ماء عن طريق النقط من كوب ماء أو من البحـر، وعملية فصل جزيئة الماء هذه تشرح أو تفسر مسافة المسار القصيرة لقوة أو قدرة Van der Waals بين الكميـة الكبيـرة والنقطة المنفصلة من الجزيئات الغريبة، في الوقت الذي البقية من الجزيئـات لا يـؤثر عليهم وهذا ما يـشابه عملية انفصال قسم من نواة الذرة، وهذا مـا يؤكد بأن كل قسم من أقسام النـواة، غيـر متعلق بكبر نواة الذرة



والاختبار أظهر بأن عملية الانفصال أو الانشطار وكذلك عملية التماسك في ذرة النواة يلزمها طاقة تساوي تقريبًا 8 MeV لكل قسم من أقسام النواة، أي Nucleons انظر الحل الذي اتخذ سابقًا.

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 ال Term العديدة لتماسك أو ترابط أقسام النواة، أي ال 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 ال A بأن هذه الأقسام متساوية. ونظهر هذه الطاقة بالمعادلة التالية:

$$E_1 = C_1.A$$

هنا الحرف C_1 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها بالحل.

B – حصة سطح التماسك

بعد أن وجدنا طاقة الحجم E_1 = 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 تقريبًا الاصطلاح: $O \approx \sqrt{V^2}$ وهنا تعطى تقريبيًّا طاقة السطح الخارجي بالمعادلة التالية:

$$E_2 \approx \sqrt[3]{V^3}$$

وهذا ما يعادل بإظهار التقارب بأن نصف قطر نواة الذرة أي الـ Radian يساوي حسب المعادلة التالية:

$$r = r_0.\sqrt[3]{A} \quad \text{and} \quad r_0 = 1{,}42.10^{-15}\ m$$

وكذلك من المعروف بأن حجم نواة الذرة يساوي أو ما يقارب نسبيًّا Proportional عدد الكتلة النووية A وهذا ما يوافق مساحة سطح لطاقة التماسك المساوية المعادلة التالية:

$$E_2 = C_2.\sqrt[3]{A^2}$$

هنا الحرف C_2 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها بالحل.

C – حصة قانون Coulomb لطاقة التماسك

هنا الطاقة الإلكتروستاتستيكية 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

Openkanal.com

شحنتها بالمربع مع نصف قطر النواة r يكون تناسبيًّا بالعكس في الوقت الذي $r \approx \sqrt[3]{A}$ وهنا حصة كولومب في طاقة التماسك أو الترابط تساوي المعادلة التالية:

$$E_3 = C_3 . Z^2 / r \quad or \quad E_3 = C_3 . Z^2 / \sqrt[3]{A}$$

وهنا كذلك الحرف C_3 ليس إلا ثابتة تناسبية يجب معرفتها عن طريق الحل.

D – حصة التناسق أو التماثل Symmetry لطاقة التماسك

هنا حصة التناسق 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 توحد 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 C4 لنعطي حصة التماثل لكل Nucleon في الوقت الذي عدد أقسام جسيمات النواة أي الـ Nucleons يساوي A = N + Z ومما مرّ تنتج المعادلة التالية:

$$E_4 / A = C_4 . (N-Z)^2 / (A+Z)^2 = C_4 . (A-2Z)^2 / A^2$$

وحصة التماثل أي ال Symmetry لطاقة التماسك تساوي المعادلة التالية:

$$E_4 = C_4 . (A-2Z)^2 / A^2$$

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 مستقيمًا مزدوجًا ..gg، وكذلك عدد النيوترونات يكون مستقيمًا مزدوجًا 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:

$$E_5 = C_5.\delta / 4\sqrt{A^3}$$

في الوقت الذي الحرف C_5 ليس إلا ثابتة تناسبية Proportional يجب معرفتها عن طريق الحل في الحالات التالية:

δ = 1+ لما تكون النوى مستقيمة غير مزدوجة.

δ =0 لما تكون النوى من نوع ug,gu غير مزدوجة.

δ = 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:

$$E = C_1.A - C_2.\sqrt{A^2} - C_3.Z^2 / \sqrt[3]{A} - C_4.(A-2Z)^2 / A + C_5.\delta / \sqrt[4]{A}$$

وقيم الثوابت C_1 , C_2 ,C_3 , C_4 , C_5 وجدت عن طريق الحل وهنا نعطي قيمها بالأعداد التالية:

$C_1 = 15{,}75$ MeV $C_2 = 17{,}8$MeV $C_3 = 0{,}710$ MeV

$C_4 = 23{,}7$ MeV $C_5 = 34$ MeV

ولتيسيط الحل نظهر في اللائحة التالية عديدًا 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 تضمحل، 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 الإلكتروستاتستيكية لتنافر البروتونات.

1 – هنا حصة التماثل Symmetry لطاقة التماسك تصبح صفرًا 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 للتناسق والتماثل تصغر، وهذا ما يختص بالنوى الخفيفة لا غير.

والتعلق العامي يعطى لما نوى الذرات التي لها نفس أعداد ال 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:

$$Z = 2C_4.A / C_3\sqrt{A^3} + 4C_4 \text{ and}$$
$$N = A - Z = 2C_4.A + C_3^3\sqrt{A^5} / C_3^3\sqrt{A^2} + 4C_4.$$
$$N/Z = 1 + C_3/2C_4.2\sqrt{A^2}$$

نضع في هذه المعادلة قيم الثوابت التالية من C_3 وكذلك C_4 فنجد أن الاصطلاحية النسبية تساوي العدد التالي:

$$N/Z = 1+0,015.\sqrt{A^2}$$

هذه المعادلة تظهر أن النسبة N/Z لحالة طاقة التماسك المرتفعة لما يزاد 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 التنافر الإلكتروستاتيكي للبروتونات يصبح مرتفعًا جدًّا. وهنا نطرق بعض النقاط المهمة للانشطار النووى ونظهرها بالأعداد التالية لبعض النوى بالنسبية Z^2/A مثلا:

U233 .. 36,3 , U235 . 36,0 , U238 .35,5 , Pu239 .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 6,1 MeV and U238 7,0 MeV

وبفرق طاقة تساوي 0,9 MeV تزاد على U235 فيصبح انشطار هذه النـــواة 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 التهيج وانشطار نواة الذرة، أي أنه لما نيوترون حراري يلتقط من نواة اليورانيوم U235 يتهيج، وهذا التهيج يحدث عن طريـــق خـــرق النيوترون في النواة وليس عن طريق التقاط 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:

$$E(_{92}U^{236}) - (_{92}U^{235}) = 1793,8\ MeV - 1787,3\ MeV = 6,5MeV$$

ولمتابعة شرح هذا التفاعل والأقسام المنتجة، نظهرهم في الكتاب الثالث القـــسم 16 – 3 في قسم (عمليات انشطار الذرة).

والمقصود هنا لما نيوترون حراري يلتقط من نواة الU^{235} يصدر طاقة حرة قيمتها لا تتعدى الـــ 6,5 MeV، وهذه الطاقة أكبر مما يلزمه الانشطار من طاقـــة مساعدة.

ولهذا السبب أكد بأن نواة اليورانيوم $_{92}U^{235}$ يمكن انشطارها بـــدون مـــساعدة حتمية بالنيوترونات الحرارية، فأما ما يختص بانشطار اليورانيوم $_{92}U^{238}$ كـــذلك هذا نشرحه حسب المعادلة التالية:

$$E(_{92}U^{239}) - (_{92}U^{238}) = 1810,4\ MeV - 1805,3\ MeV = 5,1\ MeV$$

والمقصود كذلك هنا لما نيوترون حراري يلتقط مـــن نـــواة اليورانيـــوم U^{238} يصدر طاقة حرة قيمتها تساوي 5,1 MeV فهذه الطاقة أصغر من طاقة التفاعـــل الواجبة المساعدة 7,0 MeV، ولهذا السبب نـــوى اليورانيـــوم U^{238} لا تنـــشطر 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:

$$_2He^4 , _3Li^7 , _5Be^{11} , _6C^{12} , _7N^{14} , _8O^{16}$$

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 نسبية Z/N ، أي بين 1/1 To 1/1,6.

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 الدائرة، 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 أيًّا 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 الـــ Spin مـــن مجمـــوع كـــل Nucleon وحدها. وفي الـــ Nucleons التي عددها مستقيم كامل نأخذها كعـــدد مستقيم كامل، وأما جسيمات النواة الـــ Nucleons التي عددها غير مستقيم وكامل نقول عنها إن عندها نصف عدد مستقيم كامل. وهنا قيم I تتراوح بـــين الأعـــداد التالية من 9/2 ..2 , 3/2 , 1, 1/2 , 0 .

4 – فإن تأثير مجموع النبض الدائري في ال Nucleons يتبعه قسم كبير مـــن وجود التدرج غير المتوازي Anti parallel، ولهذا السبب دوران النواة الذاتي ال I = Spin لما يرتفع عدد الـــ Nucleons يصغر.

5 – إن النبض الدوري لكل اثنين من البروتونات أو اثنين مـــن النيوترونـــات هؤلاء يتشبعون بعكس بعضهم البعض لتصل قيمة الدوران الذاتي I= 0 تـــساوي صفرًا.

6 – مجموع النبض الدوري للنوى أنـــه يحـــدد مـــن ال Nucleons غيـــر المزدوجة، ومثالاً على ذلك:

A – نواة ذرة الهليوم $_2He^4$ تملك مجموعة النبض الدوري لما I = 0 حسب النقطة عدد 5.

B– نواة ذرة الـــ $_5B^{10}$ تملك مجموعة النبض الدوري لما I = 1 فـــي حالـــة Nucleon اثنين غير مزدوجين حسب نقطة عدد 3.

C – نواة ذرة الـ $_5B^{11}$ المؤلفة من 3.2 Neutron، وكذلك من 3.2 Proton فإن مجموعة النبض الدوري في هذه الحالة I = 0، وكذلك بروتون غير مـزدوج هنا مجموع النبض الدوري يساوي: I = 3/2 حسب نقطة 6.

15. 6 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 والمـصنعة وكـذلك 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 فـي البداية ولكن عملية الحل والإثبات النظري لغلاف الذرة قـد انتهـت أي أن كـل الحالات والمميزات الكيميائية والفيزيائية للمواد وللعناصر شرحت واستوعبت.

ولكن حل العملية النظرية للنوى وأقسامها بعده في المهد، هنـا نعطـي بعـض النقاط لعملية الحل النظري Nucleons Theory ومنها النقـاط التاليـة حـسب الجدول التالي:

النوع Tip بناء وتركيب مواد النوى

gg Even العدد المستقيم من البروتونات مع العدد المستقيم من النيوترونات

مثلاً $_8O^{16}$ = 8 Proton + 8 Neutrons

gu العدد المستقيم من البروتونات مع العدد غير المستقيم من النيوترونات

مثلاً $_4Be^9$ = 4 Protons + 5 Neutrons

ug Odd العدد غير المستقيم من البروتونات مـع العـدد المـستقيم مـن النيوترونات

مثلاً $_{37}Ag^{107}$ = 47 Protons + 60 Neutrons

Odd un العدد غير المستقيم من البروتونات مع العدد غير المستقيم من النيوترونات

مثلاً $_{7}N^{14} = 7Protons + 7\ Neutrons$

إن النوع Tip gg نقدر بأن نقول عنه أنه ثابت وموجود دائمًا منه 80% في غلاف قشرة الأرض منها النوى التالية:

$$_{8}O^{16} , _{12}Mg^{24} , _{11}Si^{28} , _{20}Ca^{40} , _{22}Ti^{48} , _{26}Fe^{56}$$

ومجموع المواد ذوات النوى الثابتة يساوي تقريبًا 275، منها تقريبًا 170 من نوع الـ gg . وقليل من المواد ذوات النوى الثابتة التي أغلبها من نوعية ug , gu يوجد منها ما يقارب من نوع الـ gu 57، وكذلك ug 53، ولكن نوى ثابتة من نوعية un فإن وجودها قليل ومنها مثلاً النوى الثابتة التالية:

$$_{1}D^{2} , _{3}Li^{6} , _{5}B^{10} , _{7}N^{14}$$

ولكن كل النوى من نوعية un ذوات العدد النظامي $Z = 9$ هي نوى ثابتة تبث 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 $_{61}Pm^{145}$, $_{43}Te^{99}$. ولما نوى هذه المواد أيًّا 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 Stabile Isotope والمواد التي عددها النظامي مستقيم موجود منها أكثر من عنصرين ثابتين.

3 – والنوى التي عدد كتلها 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 ال Isobar لما عددهما النظامي يفترق بواحد ما بين الاثنين فإنهما دائمًا غير ثابتين.

مثالاً لذلك في المواد الجديدة $_{43}Te^{99}$ وكذلك $_{61}Pm^{145}$ فإنها غير ثابتة لأن كل نظير أي Isobar مثل $_{44}Ru^{99}$ وكذلك $_{60}Nd^{145}$ فهو ثابت .

15. 7 نموذج غلاف نواة الذرة

كما هو موجود في غلاف الذرة الخارجي من قشر كذلك موجود ويشابه تقريبًا 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:

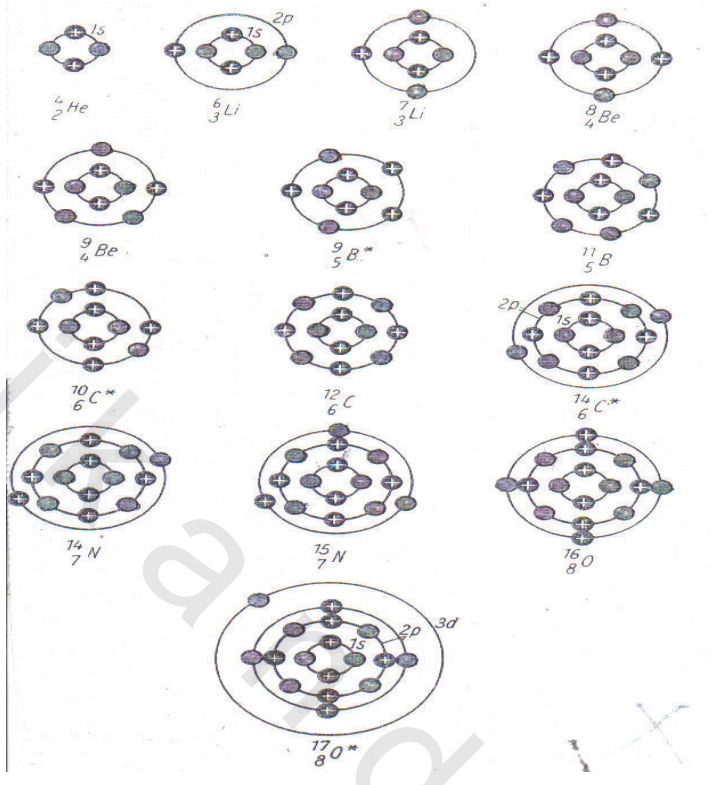
$$_{2}He^{4} , _{6}O^{12} , _{20}Ca^{40}$$

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 دائمًا غيرهن مثلا عنصر الرصاص $_{82}Pb^{208}$ Isotope، وكذلك لا ننسى آخر عضو من صف Np مثل $_{88}Bi^{209}$ الذي يملك 126 نيوترون.

وإنه يوجد دائمًا 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 الـ Nucleons.

وفي محيط هذا الإطار، كذلك النواة تتوافق مع مغناطيسية عدد من النيوترونات التي عامة تعطي عامل الانشطار النصفي لالتقاط النيوترونات الذي يعمل ويؤلف تحالف النيوترونات ويصبح عنده عامل التقاط نصفي مرتفع. وهذه العملية حسب ما نتصوره أنتجت غلافًا 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 المؤلفة من النيوترونات والبروتونات والذي يوجد لكل قسم منها طريقة Term Schema معينة، وهي لكل قسم من هذين الاثنين يعطى الغلاف الذي بتزايد 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 التتابع في هذا المستوى ينحرف عن عملية غلاف الإلكترونات ومثالاً على ذلك ما يتبع على المستوى 1s رأسًا يأتي بعده 2p في الوقت الذي 2s يبنى في القشرة الثالثة. وهذا ما نراه في الصورة التالية:



المظهرة المستويات التابعة والقشور الموجودة فإنه في كل واحـــدة منهـــا نجـــد حالات طاقات متقاربة إلى بعضها البعض، ولكن متباعدة بفروق ولمعرفة على أي طريق وجدت هذه الأغلفة مرتبة مصفوفة، هل هي نمـــوذج مـــن ال Nucleons المتحركة أو الدوارة كما يوجد في نمـــوذج Atom Model الفيزيـــائي Bohr ؟ ولهذا لا نستطيع بأن نقول إلا أن الـــ Nucleons تـــدور حـــول نقطـــة النـــواة 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.

* * *

obeikandl.com