الباب السادس
النشاط الاشعاعى الطبيعى

اكتشاف النشاط الاشعاعى :

فى عام ١٨٩٥ اكتشف رونتجن Roentgen أن أنابيب التفريغ تتوهج بلون أصفر مائل للاخضرار عند اصطدام أشعة المهبط بجدران الأنبوبة ، وهذا الضوء شبيه للضوء المنبعث من المواد الفلورسية . ولاحظ أن نوعا جديدا من الأشعة أطلق عليه أشعة اكس ـ ينبعث من البقعة المتوهجة من جدران أنبوبة التفريغ . وأشعة اكس نفاذة لأنها تؤثر على الالواح الفوتوغرافية الملفوفة فى ورق اسود . وفى عام ١٨٩٦ قام بكيريل Becquerel بفحص كثير من المواد الفلورسية ، فوجد أن كبريتات يورانيل البوتاسيوم $K_2 UO_2 (SO_4)_2 . 2H_2 O$ ترسل أشعة نفاذة بعد عرضها إلى ضوء الشمس أو أشعة الكاثود ، وأذهذه الأشعة تؤثر فى الألواح الفوتوغرافية الملفوفة فى ورق أسود . وفى نفس العام اكتشف بكيريل أن أملاح اليورانيوم تطلق هذه الأشعة النفاذة تلقائيا ، وأن النشاط الاشعاعى لاصلة له بظاهرة التفسفر fluorescence لأن أملاح اليورانوز ترسل أشعة نفاذة تؤثر على الالواح بالرغم من أنها مواد غير متفسفرة ثم وجد بكيريل أن أملاح اليورانيل واليورانوز ومحاليل اليورانيوم وعنصر اليورانيوم ذات نشاط أشعاعى طبيعى يتوقف فقط على ما تحتويه من عنصر اليورانيوم فاستنتج أن النشاط الاشعاعى خاصية ذرية لأنها لا تتوقف على نوع المركب .

واكتشفت مدام كيورى وزوجها (The Curies) أن خام البتشبلند (يورانينيت) نشاط اشعاعى يفوق نشاط ما يحتويه من عنصر اليورانيوم وقد أدى ذلك إلى استنتاج بوجود عنصر أو عناصر أخرى أكثر نشاطا من

عنصر اليورانيوم، فقاما بفصل المواد الموجوده فى خام البتشبلند وقياس النشاط الأشعاعى للمواد المفصولة . وأدت أبحاثها إلى اكتشاف عنصرين مشعين جديدين ، ينفصل كبريتيد أحدهما مع كبريتيد البزموت عند امرار غاز كبريتيد الأيدروجين ، ويشبه البزموت فى كثير من خواصه وأطلقا عليه البولونيوم Polonium نسبة إلى وطنها الأول بولندا ، وفصل كلوريد العنصر الثانى مع كلويد الباريوم وبتكرار عملية التبلور الجزئى أمكن فصل العنصر المشع على صورة كلوريد ذائب ـ وأطلقا عليه اسم الراديو . ثم اكتشف كيورى وشميدت أن لمركبات الثوريوم نشاط أشعاعى طبيعى .

وأجريت تجارب منتظمة نتج عنها اكتشاف ما يزيد عن أربعين عنصرا تتميز بنشاط اشعاعى طبيعى وتزيد أوزانها الذرية من الوزن الذرى لعنصر البزموت كما وجد أن لبعض العناصر الخفيفة ـ مثل البوتاسيوم ، الروبيديوم ، اللوتيثيوم ـ نشاط أشعاعى ضعيف .

وتشبه أشعه بكيريل أشعة اكس فى بعض خواصها ، إذ تؤثر على الألواح الفوتوغرافيه فى الظلام ، وتسبب توهج السطح المغطى بطبقة رقيقة من كبريتيد الخارصين أو بلاتينوسيانيد الباريوم Barium platinocyanide وتخترق الصفائح الرقيقة ، وتسبب تأين الغازات .

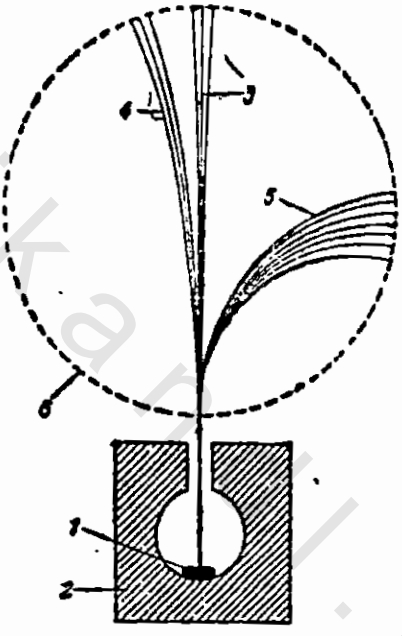
وقام رذرفورد وكيورى وفيلارد Villard بفحص أشعة بكيريل فوجد أنها تنقسم إلى ثلاثة أنواع هى .

اشعة ألفا : وهو عبارة عن أيون ذرة الهيليوم ، يحمل شحنتين موجبتين وينحرف فى المجال المغناطيسى أو الكهربائى ، ولها طاقة حركة كبيرة ، وقدرة فائقة لتأيين الغازات .

اشعة بيتا : وتتكون أشعة بيتا من الكترونات تنطلق بسرعة فائقة

وتنحرف فى المجال المغناطيسى والكهربائى فى اتجاه مضاد لاتجاه أشعة الفا .

اشعة جاما : وتتكون من موجات كهرومغناطيسية ، وتشبه أشعة اكس ولكنها أقصر منها فى طول موجتها كما أنها لا تنحرف بالمجال المغناطيسى أو الكهربائى .



٣ = أشعة جاما ، ٤ = أشعة الفا ، ٥ = أشعة بيتا

(شكل ٣٠)

طرق الكشف عن النشاط الاشعاعى :

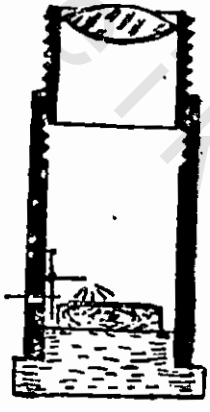
ابتكرت عدة أجهزة للكشف عن النشاط الاشعاعى وقياسه ، ويتوقف استعمالها إما على مقددة الاشعاعات فى أحداث تأين بالغازات أو أحداث وميض خاطف على سطح بعض المواد الصلبة .

عداد الوميض Scintillation Methods

لاحظ كروكس Crookes انبعاث وميض خاطف عند اصطدام أشعة الفا بسطح مغطى بطبقة كبريتيد الخارصين ، وينتج كل جسيم من جسيمات الفا ومضة ضوء خاطفة لونها أصفر يميل إلى الاخضرار وتستعمل هذه الطريقة

لقياس عدد جسيمات الفا فى وجود الاشعاعات الأخرى لأن سطح كبريتيد الخارصين لا يتأثر بجسيمات بيتا أو أشعة جاما ويمكن عد الجسيمات باستخدام ميكروسكوب مكبر له قوة تكبير = ٣٠ مرة ويمكن تحضير الشاشة برش سطح لوح من الزجاج ببلورات من كبريتيد الخارصين الذى يحتوى على نسبة ضيئلة من النحاس . ويبين شكل (٣١) عداد الوميض Spinthariscope الذى استخدمه كروكس .

وفى عددات الوميض الكهروضوئية يتم الكشف عن الوميض باستخدام خلية كهروضوئية، تحوله إلى نبضة من تيار كهربائى يمكن تكبيرها ثم تسجيلها بمؤشر كما ابتكرت أجهزة وميض للكشف عن جسيمات بيتا وأشعة جاما ، وتعتمد هذه الأجهزة على التفسفر fluorescence الناتج من المركبات العضوية مثل النفتالين ، الانثراسين الستلبين وفى أيوديد الصوديوم المنشط بعنصر الثاليوم وتستخدم خلية كهروضوئية تعد جسيمات بيتا أو أشعة جاما



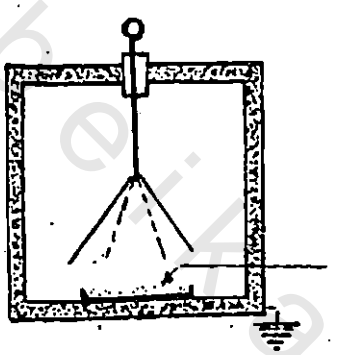
شكل ٣١

٢ ـ الكشاف الكهربائى The Electroscope

والكشاف الكهربى عباره عن مكثف يتكون من وعاء معدنى اسطوانى وصفيحتين رقيقتين من الذهب معزولتين عن الوعاء . عند توصيل جزئى المكثف بطرفى بطارية كهربية تتنافر صفيحتى الذهب وذلك لتماثل شحنتيهما . يقطع الاتصال الكهربائى ، ثم يؤين غاز الكشاف الكهربى وذلك باصطدامه باشعاعات المادة المشعة ، فتسرى أيونات الغاز الموجبة إلى الجزء السالب من الكشاف والايونات السالبة إلى الجزء الموجب من الكشاف فتقل شحنة الصفيحتين ويقل التنافر بينهما فتتقاربان ويؤخذ معدل تقارب الصفيحتين كمقياس لشدة الاشعاع المنبعث .

ويبين شكل (٣٢) صورة للكشاف الكهربائى .

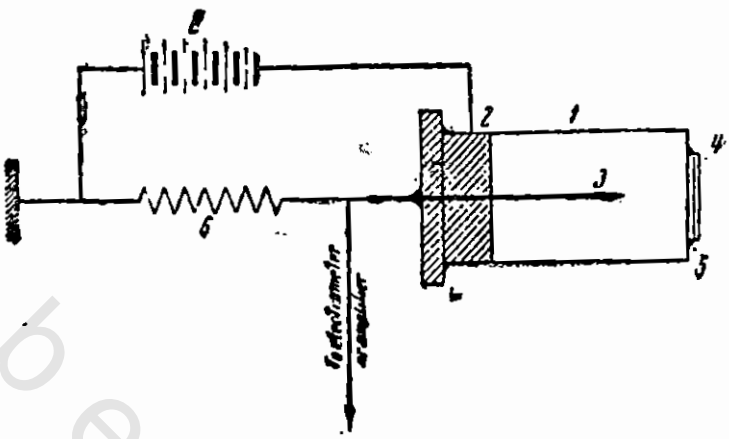
ويعتبر الكشاف الكهربى كشافا لجسيمات ألفا لان قدرتها على تأيين الغازات تفوق كثيرا قدرة جسيمات بيتا وأشعة جاما . ولقياس النشاط الاشعاعى لجسيمات بيتا تغطى المادة المشعة بصفيحة رقيقة من الألومنيوم يبلغ سمكها ٠١ مم وذلك لامتصاص جسيمات الفا ويؤخذ معدل اقتراب الصفيحتين لقياس لشدة اشعاع جسيمات بيتا لأن التأيين الذى تحدثه أشعة جاما ضئيل جدا . ولقياس النشاط الاشعاعى لأشعة جاما تحاط المادة المشعة بألواح من الرصاص يبلغ سمكها ٢ ـ ٣ مم وذلك لامتصاص جسيمات الفا وجسيمات بيتا .



شكل ٣٢

عداد جيجر مولر The Geiger Muller Counter

يتكون عداد مولر ـ جيجر (شكل ٣٣) من غرفة تأين اسطوانية من النحاس تعمل كمهبط وسلك رفيع فى وسط غرفة التأين ويعمل كمصعد . يستخدم فرق فى الجهد بين المصعد والمهبط (يتراوح بين ١٠٠٠ ـ ١٥٠٠ فولت) بحيث لا تتكون شرارة كهربية بين القطبين وتملأ غرفة التأين بخليط من الأرجون وبخار الكحول تحت ضغط منخفض . وللغرفة نافذة من الميكا تسمح بدخول جسيمات الفا التى تؤين ذرات الغاز وجزيئاته إلى أيونات موجبة واليكترونات ، وتبقى معظم الاليكترونات منفردة بعض الوقت ويرتبط القليل منها بذرات أو جزيئات الغاز مكونا أيونات سالبة ، ويتراوح عدد الأزواج الأيونيه Ion - pairs التى ينتجها جسيم الفا فى مسافة تبلغ اسم من الهواء العادى بين ٥٠٠٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠٠٠ بينما ينتج جسيم بيتا ـ الذى يمتلك طاقة مماثلة ـ بضع مئات من الأزواج

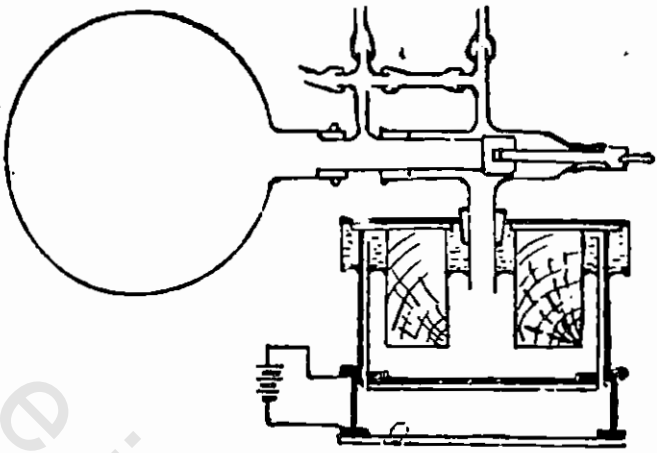


شكل ٣٣

الايونيه . ويسبب الفرق فى الجهد بين المصعد والمهبط تعجيل الاليكترونات التى تصطدم بذرات أو جزيئات أخرى من الغاز فيتكون مزيد من الايونات الموجبة والاليكترونات . وتتجه الأيونات الموجبة نحو المهبط بينما تتجه الاليكترونات والايونات السالبة نحو المصعد . لذلك يزداد التأين ولكنه لا يدوم إلا لوهلة وجيزة فتتكون نبضة كهربية . بذلك يصحب دخول كل جسيم من جسيمات الفا تكون نبضة كهربية ويمكن إمرار النبضات فى دوائر اليكترونية حيث يتم تكبيرها ثم تنقل إلى مكبر للصوت فتحدث دقات كالساعة . أو تنقل إلى مصباح كهربى يضىء وينطفىء . وباستخدام عداد جيجر مولر يمكن عد ٥٠٠٠ نبضة فى الثانية . وفى العادة يوصل عداد جيجر بعداد ميكانيكى يعد النبضات بطريقة أوتوماتيكية . ولعد النبضات بطريقة سريعة جدا تستخدم عدادات خاصة (Scaler) متصلة بجهاز جيجر مولر .

٤ ـ غرفة السحاب لولسن Wilson Cloud Chamber

وتستخدم غرفة السحاب لتسجيل مسارات الجسيمات الذرية . وتتكون غرفة السحاب (شكل ٣٤) من وعاء زجاجى به هواء نقى خالى من الغبار ، له نافذة من الزجاج تعتبر واجهه لتصوير المسارات ويتحرك بداخله مكبس ويوضع بغرفته قليل من الماء (لضمان تشبع الغاز ببخار الماء) وقليل من

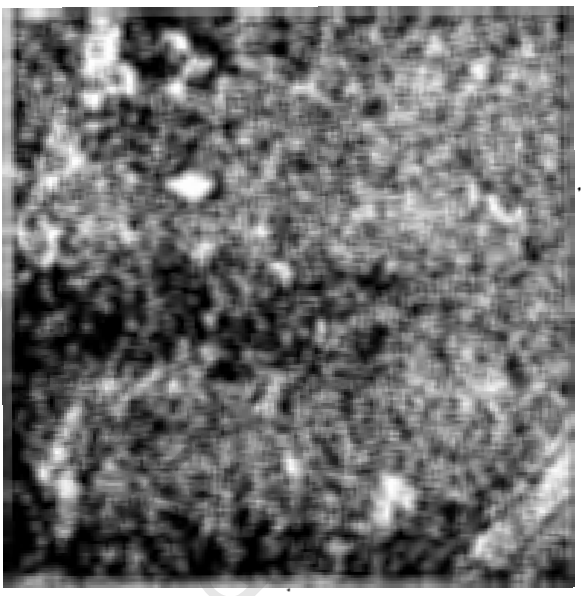


شكل ٣٤

الكحول . وحين يسحب المكبس فجأه للخارج تنخفض درجة حـــرارة الهواء المشبع ، ويصبح الهواء فى حالة فـوق التشبع Supersaturated ، فاذا نفذت خلال الهواء فوق المشبع جسيمات مشحونة موجبة أوسالبة فانها تعمل كالأنوية التى تتكثف حولها قطرات الماء . وباستخدام مصدر اضاءة قوى يمكن رؤية مسار الجسيم على شكل خيط رفيع أو سميك ويستعمل الكحول للحصول على تكثيف جيد من الأيونات الموجبة . وبمشاهدة انحنـــاء الأثر السحابى فى مجال مغناطيسى يمكن معرفة شحنة الجسيم .

ولقد أدخل بلاكت عدة تعديلات على غرفه ولسن فزودها بجهاز تصوير تلقائى ، لا يقوم بالتصوير إلا حين مرور أشعة من الجسيمات المشحونة كما زود الغرفة بعداد جيجر ومولر بحيث تعمل العدادات ويتمدد المكبس ويعمل جهاز التصوير كلها فى آن واحد عند مرور أشعة الجسيم . كما قام بتغليف الغرفة بألواح من الرصاص يمكن تغيير سمكها بحيث لا تسمح إلا لنوع واحد من الأشعاعات بالمرور خلالها .

ولجسيمات ألفا أعلى قيمة من التأيين النوعى specific ionisation وبذلك تتميز بمسارات خطية سميكة ذات انحناء عند نهايتها وتنتج الأليكترونات



(شكل ٣٥)

البطيئة مسارات رفيعة ملتوية وذلك لما تعانيه من تشتت داخل ذرات الغاز

٥ – تأثير الأشعاعات على الواح التصوير Photographic Methods

تؤثر أشعة الفا فى الـــلوحة الفوتوغرافية وتسبب أسوداد الحبيبـات الحساسة بالطبقة التى تصطدم بها • وبعد تحميض اللوحـــة تظهر الحبيبات السوداء منفردة تحت المجهر ويسجل مسار جسيم الفا على اللوحة •

وتقطع جسيمات الفا مسافة قصيرة جـــدا فى مستحلب الواح التصوير تبلغ بضع عشرات من الميكرون (١ ميكرون = ١٠$^{-٤}$سم) بينما يصـــل مداها بضع سنتمترات فى الهواء ، ويرجع ذلك إلى أن كثافة المستحلب تساوى ٢٠٠٠ مرة تقريبا قدر كثافة الهـواء • لذلك يستخـــدم المجهر (الميكروسكوب) لرؤية مسار جسيمات الفا فى المستحلب • ويمكن تصوير مسار مئات من الجسيمات على لوحة واحده وبذلك تحل اللوحة الواحـــدة محل مئات من صور غرفة السحاب •

وأخيرا أمكن تغيير تركيب مستحلب ألواح التصوير ، فتيسرت دراسة الكثير من الجسيمات التى لها قدرة على أحداث التأين ، ومن أمثلة هذه الجسيمات : جسيم الفا ، البروتون ، الميزون ، والاليكترون . وباضافة البورون إلى المستحلب أمكن الكشف على النيوترون . ويحتوى المستحلب المستخدم حاليا على ٨٠ ٪ من بروميد الفضة . ويبلغ نصف قطر حبيبات بروميد الفضة ٢ × ١٠$^{-٥}$ سم .

ويمكن استخدام الوحات الفوتوغرافية المغطاة بالمستحلب لمعرفة نوع الجسيم ، إذ يحدد طول المسار المسجل على اللوحة طاقة الجسيم ، وتقدر قوة تأين الجسيم بعدد الحبيبات السوداء فى وحدة المسافة على مساره ، وبمعرفة طاقة الجسيم وسرعته يمكن تعيين كتلته .

وباستعمال الألواح الفوتوغرافية ، أمكن كذلك تحديد اتجاه حركة الجسيم . فالجسيم المتحرك يفقد طاقته وسرعته أثناء تحركه : وتزداد قوة تأين الجسيم كلما تنخفض سرعته ولذلك يبدأ مسار الجسيم من الموضع الذى تكون فيه كثافة الحبيبات السوداء صغيرة وينتهى المسار عند الموضع الذى تكون كثافة الحبيبات السوداء كبيرة .

طبيعه الاشعاعات الذريه

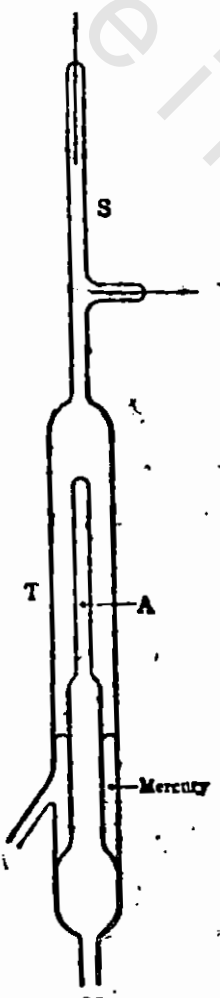
اولا ـ جسيمات الفا Alpha Rays

تنحرف جسيمات الفا فى المجال المغناطيسى فى اتجاه يدل على أنها عبارة عن جسيمات تحمل شحنة موجبة . ولتحديد طبيعتها عينت الشحنة النوعية لجسيمات الفا التى تنبعث من العناصر المشعة المختلفة وذلك بتقدير انحرافها فى مجال مغناطيسى أو كهربائى ، فوجد أن الشحنة النوعية لجسيم الفا

$\left(\frac{ش_{ه}}{ك_{ه}} \equiv ٤,٨٢٧ \times ١٠^{٣}\right.$ وحدة ديناميكية) تساوى نصف الشحنة

السرعة لأيون الايدروجين ($\frac{ش_{يد}}{ك_{يد}}$ = ٩,٦٥٤ × ١٠^٣ وحدة ديناميكيه مطلقة) .

وبذلك يحتمل أن يكون جسيم الفا إما أيونا لجزىء الايدروجين أو أيونا لذرة الهليوم يحمل شحنتين موجبتين . ولقد لاحظ راذرفورد تكوين غاز الهليوم عند اطلاق العناصر المشعة لجسيمات الفا . ففى احدى تجاربه وضع رذرفورد مقدارا صغيرا من غاز الرادون (Radon) ـ الذى ينتج من انحلال عنصر الراديوم ـ داخل أنبوبة زجاجية رقيقة (A) الجدران بدرجة تسمح لجسيمات الفا باختراقها ، ويحاط هذه الأنبوبة بأنبوبة أخرى مفرغة بالوجين معدنيين تستخدم بينهما فرق جهد كبير . وبعد بضعة أيام مرت شرارة كهربائية ، وأوضحت صور التحليل الطيفى ظهور طيف الهليوم على اللوحة . وقد أكدت هذه التجربة أن جسيم الفا عبارة عن أيون ذرة الهليوم . وحيث أن ذره الهليوم تبلغ ٤ أمثال وزن ذرة الايدروجين ، فان شحنه أيون الهليوم لابد وأن تساوى ضعف شحنة أيون الايدروجين ($\frac{ك_{\alpha}}{ك_{يد}} = \frac{ش_{\alpha}}{ش_{يد}} = \frac{1}{2}$) وبذلك يكون جسيم الفا عبارة عن ايون الهليوم الذى يحمل شحنتين موجبتين .



شكل ٢٦

وباستعمال الكشاف الكهربى electrometer تمكن رذرفورد وجيجر من تقدير الشحنة التى تحملها جسيمات الفا المنبعثة من مصدر مشع فى وحدة من الزمن ، ثم عينا عدد جسيمات إلفا بعد البصات الكهربية الناتجة من عداد جيجر ـ مولر ، أو بعد الومضات الناتجة من اصطدام جسيمات الفا بحاجز مغطى بطبقة من كبريتيد الخارصين ، أو بعد انحرافات ابرة جلفانومتر خيطى موجود بدائرة غرفة السحاب ، ووجدا أن شحنة جسيم الفا ($٩,٦ \times ١٠^{-١٠}$ وحدة كهربية استاتيكية مطلقة) تساوى ضعف الشحنة الاليكترونية ($٤,٨ \times ١٠^{-١٠}$ وحدة كهربية استاتيكية مطلقة) .

سرعه ومدى جسيمات الفا

ويمكن تقدير سرعة جسيمات الفا ـ كما هو الحال فى أشعة المهبط وأشعة القناة ـ بتعيين انحرافها فى مجال مغناطيسى أو كهربائى ولقد وجد أن السرعة الابتدائية التى تنطلق بها جسيمات الفا تعتمد على العنصر الذى يشعها وأن معظم هذه الجسيمات ينطلق بسرعة واحدة . وتتراوح سرعة جسيمات الفا بين $١,٤ \times ١٠^{٩}$ ـ $٢,٠ \times ١٠^{٩}$ سم/ثانية (أى بين $\frac{١}{٢٠}$ ـ $\frac{١}{١٥}$ من سرعة الضوء).

وتسير أشعة الفا فى الغازات فى خطوط مستقيمة ، وتفقد جزءا من طاقتها أثر اصطدامها وطردها لا ليكترونات ذرات وجزيئات الغاز التى تقع على خط مسارها . ثم تختفى تماما بعد مسافة معينة نتيجة لامتصاصها ، ويطلق على المسار الذى تقطعه قبل أن يتم امتصاصها بالمدى . ويتوقف مدى الأشعة الالفية على المادة المشعة التى ينبعث منها . ويمكن استخدام منحنيات التأين فى تحديد مدى جسيمات الفا حيث أن المنحنيات تعين النقطة التى عندها تفقد جسيمات الفا قدرتها على التأيين . ويبين منحنى التأيين أن التأين على طول مسار جسم الفا يرتفع باطراد نحو نهاية عظمى ثم يهبط بسرعة نحو الصفر ويحدد المدى بالعمود الساقط الذى يمثل الهبوط المفاجىء فى مقدار التأين

ويمكن دراسة درجة امتصاص الغازات لدقائق الفا بقياس طول مداها

فى غرفة السحاب التى يمكن ملؤها بأنواع مختلفة من الغازات تحت ضغوط مختلفة .

ويتوقف مدى الأشعة الألفية فى غاز ما على طبيعة الغـــاز ، ويتناسب تناسبا طرديا مع درجة الحرارة المطلقه ، وعكسيا مع الضغط . ولقـد أثبت حيجر أن مـــدى الأشعة (ر) يتناسب طـرديا مع الاس الثالث لسرعتها البدائية (س) :

أى أن $ر = ٩٫٢٥ \times ١٠^{-٢٨} س^{٣}$

ويبين الجدول التالى العلاقة بين السرعة الابتدائية التى ينطلق بها جسيم الفا من بعض العناصر المشعة ومداه فى الهواء :

العنصر المشع	السرعة (سم / ثانية)	المدى (سم)
الثوريوم	$١٫٣٨ \times ١٠^{٩}$	٢٫٥٩
يورانيوم (ا)	$١٫٣٩ \times ١٠^{٩}$	٢٫٦٣
الرادون	$١٫٦١ \times ١٠^{٩}$	٤٫١٢
ثوريوم (ا)	$١٫٨٠ \times ١٠^{٩}$	٥٫٦٨
ثوريوم (حـ)	$٢٫٩٥ \times ١٠^{٩}$	٨٫٦٢

ويعبر مدى دقائق الفا فى الهواء عن قوة الايقاف التى يبذلها الهواء لأنه يعين عدد السنتيمترات من الهواء التى تكفى لامتصاص دقائق الفـــا . وإذا اعترض جسيمات الفا لوح معدنى فانه ينقص من قيمة المدى .

ويمكن تعريف قوة ايقاف اللوح المعـــدنى بما يكافئها من سنتيمترات الهواء التى تعمل على انقاص المدى الطبيعى بنفس المقـــدار . وتعتمد قوة ايقـــاف اللوح على سمكه ووزنه الذرى وكثافته وإلى حد ما على السرعة الابتدائية الفعلية لدقائق الفا . ولقد وجـد براج وكلبمان أن قوة الايقـاف

تتناسب طرديا مع الجذر التربيعى للوزن الذرى للعنصر سواء أكان غازا أو صلبا . وطبقا لذلك فان أشعة الفا تنفذ خلال غاز الايدروجين مثلا لمسافة تعادل أربعة أمثال مدى نفاذها خلال غاز الاكسجين. وفى حالة المركبات وجد أن التأثير العائق يبلغ مجموع القدرات العائقة التى تختص بها الذرات التى تتكون منها هذه المركبات الأتية. ويمكن وضع قانون براج وكليمان فى الصورة الاتية:

$$\text{د ص} = \frac{\text{ر} \times (\text{ا})^{\frac{1}{2}} \times ٣٫٢ \times ١٠^{-٤}}{\text{ث}}$$

حيث د ص = المدى خلال المادة الصلبة

ر = المدى خلال الهواء

ا = الوزن الذرى للمادة الصلبة

ث = كثافة المادة الصلبة

مثال : لجسيم الفا مدى فى الهواء = ٣٫٤٥ سم ، أحسب مداه خلال الألومنيوم علما بأن الوزن الذرى للألومنيوم ٢٧ وكثافته ٢٫٧

الحل

$$\text{د ص} = \frac{٣٫٤٥ \times ١٠^{-٤} \times ٣٫٢ \times (٢٧)^{\frac{1}{2}}}{٢٫٧} = ١٫١٢ \times ١٠^{-٣} \text{ سنتيمتر}$$

ويحدد قانون جيجر العلاقة بين سرعة جسيم الفا بعد خروجه من الحاجز الصلب وبين مداه المتبقى .

كما توجد علاقة بين مدى جسيم الفا فى الهواء ، ومداه خلال الأنسجة الحية وهى :

$$\text{ر}_{\text{هـ}} \times \text{ث}_{\text{هـ}} = \text{ر}_{\text{ن}} \times \text{ث}_{\text{ن}}$$

حيث $\text{ر}_{\text{هـ}}$ = مدى جسيم الفا فى الهواء

$\text{ث}_{\text{هـ}}$ = كثافة الهواء جم / سم^{٣}

$\text{ر}_{\text{ن}}$ = مدى جسيم الفا فى النسيج

$\text{ث}_{\text{ن}}$ = كثافة النسيج جم / سم

مثال . احسب مدى جسيم الفا خلال نسيج كثافته ١ جم / سم^{٣} اذا علم أن مداها فى الهواء ٣٫٤٥ سم وأن كثافة الهواء ٠٫٠٠١٢٩ جم/سم^{٣}

الحـــل

$$\text{ر}_{\text{هـ}} \times \text{ث}_{\text{هـ}} = \text{ر}_{\text{ن}} \times \text{ث}_{\text{ن}}$$

$$\therefore \text{المدى خلال النسيج} = \frac{٣٫٤٥ \times ٠٫٠٠١٢٩}{١} = ٤٥ \times ١٠^{-٤} \text{ سنتمتر}$$

$$= ٤٥ \text{ ميكرون}$$

ثانيا : اشعة بيتا The Beta Rays

تختلف أشعة بيتا عن خواص أشعة الفا فهى تنحرف بسهولة فى المجال المغناطيسى فى اتجاة مضاد للاتجاه الذى تتخذه أشعة الفا مما يدل على أنها جسيمات سالبة الشحنة .

ولتعيين الشحنة النوعية لجسيمات بيتا استخدم كوفمان Kaufmann جهازا يتكون من وعاء مفرغ (١) حامل (٢) توضع عليه قطعه صغيرة من الراديوم ، وتنبعث الاشعاعات من الراديوم فتمر بين لوحين متوازيين (٣) ثم خلال ثقب الحاجز (٤) ثم تصطدم بلوح فوتوغرافى

حساس (٥) باستخدام مجالين متوازيين ـ أحدهما كهربائى والآخر مغناطيسى ـ متعامدين مع اتجاه مسار أشعة بيتا، تنحرف جسيمات بيتا ويكون الانحراف بالمجال الكهربى ($\overline{ص}$) متناسبا مع $\frac{ج \times ش}{ك \times ع^{٢}}$

حيث ج = شدة المجال الكهربائى ، ش = شحنة جسيم بيتا

ك = كتلة الاليكترون ، ع = سرعه الاليكترون

ويكون الانحراف بالمجال المغناطيسى ($\overline{س}$) متناسبا مع

$$\frac{هـ ش ع}{ك ع^{٢}} = \frac{هـ ش}{ك ع}$$

حيث هـ = شدة المجال المغناطيسى . وهذان الانحرافان متعامدان .

وترسم جسيمات بيتا المختلفه فى سرعتها قطعا مكافئا . وبقياس احداثى أى نقطة على المنحنى يمكن حساب قيمة الشحنة النوعية ($\frac{ش}{ك}$) والسرعه (ع) لجسيمات بيتا .

ولقد وجد أن جسيمات بيتا تنبعث من العنصر المشع بسرعات مختلفة ، لذلك تتشتت أشعة بيتا إلى طيف مستمر عند استعمال مجال مغناطيسى وتتوقف السرعة التى تنطلق بها جسيمات بيتا على المادة التى تشعها ، وتتراوح سرعتها بين $\frac{١}{٣}$ — ٩٩٪ من سرعة الضوء وهى بذلك أكثر سرعة من الاليكترونات. وتتراوح سرعة جسيمات بيتا المنطلقة من الراديوم بين ٢٫٨٣ × ١٠^١٠ سم/ثانية وبين ٢٫٣٦ × ١٠^١٠ سم/ثانية وهى تماثل تقريبا سرعة الضوء .

وتساوى الشحنة النوعية ($\frac{ش}{ك}$) لجسيمات بيتا البطيئة

١,٧٦ × ١٠^٨ كولوم / جرام وتماثل هذه القيمة قيمة الشحنة النوعية للاليكترون . وتقل قيمة الشحنة النوعية (ش / ك) بازدياد سرعة جسيم بيتا ويرجع ذلك إلى ازدياد كتلة جسيم بيتا بازدياد سرعته .

وبتعيين شحنة جسيم بيتا أمكن تقدير كتلته ، ووجد أن كتلة جسيم بيتا (البطيء) تساوى كتلة الاليكترون . وواقع الأمر أن جسيمات بيتا عباره عن اليكترونات ذات سرعة عالية .

وتقل قدرة تأيين هذه الأشعة عن قدرة الأشعة الألفية ويعزى ذلك إلى صغر كتلتها ، وتقل هذه القدرة بازدياد سرعة الجسيم . ويتأين من الهواء تحت الضغط الجوى المعتاد مايبلغ ٥٠ — ١٠٠ أيون لكل سنتيمتر من المسار بينما تنتج جسيمات الفا ٢٠٠٠٠ — ٤٠٠٠٠ أيون.

ونظرا لسرعتها الفائقة تتميز جسيمات بيتا بقدرة كبيرة على اختراق المواد ولكنها تنحرف عن مسارها بسهوله وذلك لصغر كتلتها .

لذلك فان مسار جسيمات بيتا ليس خطا مستقيما ، ولكنه خط ملتوى نتيجة للتشتت التى تعانيه بفعل ذرات الوسط الذى يصادف مسارها لذلك لا يمكن قياس مدى جسيمات بيتا .

ويفسر انبعاث جسيم بيتا من داخل النواة بتحول النيوترون المتعادل إلى بروتون موجب فيخرج جسيم بيتا مصحوبا بالنيوترينو مع انحلال العنصر إلى عنصر آخر يزيد عنه فى رقمه بمقدار الوحدة :

$$\text{ن} \rightarrow \text{مد} + \text{د} + \gamma \text{ (نيوترينو)}$$

$$\begin{matrix} 0 & +1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix}$$

ثالثا ـ أشعة جاما Gamma Rays

تتكون أشعة جاما من موجات كهرومغناطيسية ، لا تنحرف فى المجال المغناطيسى أو الكهربائى . وتظهر أشعة جاما بعد انبعاث أشعة بيتا أو

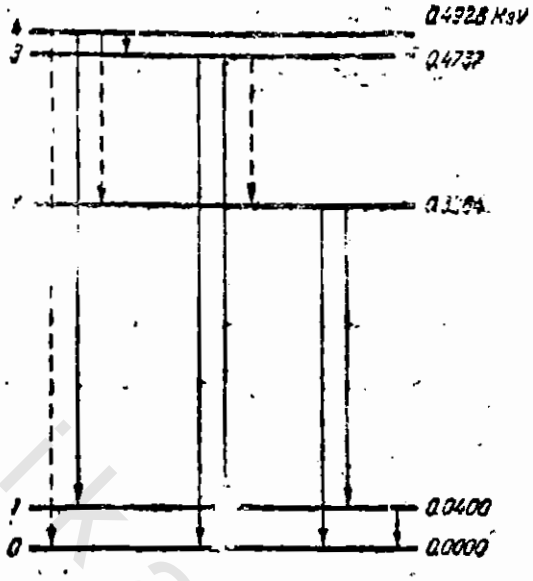
أشعة الفا . وتتفق أشعة اكس وأشعة جاما فى بعض الخواص ، فلكل منهما قدرة عظيمة على النفاذ . ويفشل درع من الحديد سمكه ثلاثون سنتيمترا فى احتجاز أشعه جاما . ويتوقف مدى أشعة جاما على مقدار الطاقة التى تنطلق بها ، فأشعة جاما المنبعثة من الراديوم تنفذ إلى مسافات أطول من أشعة جاما المنطلقة من اليورانيوم . وبينما توقف صفيحة من الرصاص سمكها ٢ مم كلا من أشعة الفا وأشعة بيتا ، فان أشعة جاما تنفذ خلال هذا الحاجز دون أن يعتريها أى تغيير ، وتستعمل هذه الطريقة للحصول على أشعاع جاما النقى .

وأشعة جاما قاسية للغاية ، إذ تنفذ خلال الانسجة لدرجة كبيرة ، وتستعمل لذلك فى العلاج الطبى . وتؤثر أشعة جاما فى الواح التصوير الحساسة ، وإذا كانت ذات شدة كافية فانها تسبب ابيضاض حاجز مغطى بمادة قابلة للتوهج . غير أن أشعة جاما ذات قدرة تأين ضعيفة.

مصدر اشعة جاما

وتنبعث أشعة جاما بعد انطلاق أشعة ألفا أو أشعة بيتا من العنصر المشع . ويعتقد أنه عند خروج جسيم بيتا أو جسيم الفا من النواة للشعة parent nucleus تتكون نواة جديدة daughter nucleus فى حالة استثارة excited state لوجود فائض من الطاقة بها . وفى فترة زمنية قدرها 10^{-12} ثانية ، تنبعث الطاقة الفائضة على صورة فوتون جاما ، وتنتقل النواة إلى حالة أقل استثارة أو إلى الحالة العادية. ويؤكد صحة هذا الرأى اكتشاف ست خطوط ـ ذات طاقة تساوى ٠٫٠٤ ، ٠٫٣٢٧ ، ٠٫٢٨٧ ، ٠٫٤٧١ ، ٠٫٤٣٢ ، ٠٫٤٥١ مليون اليكترون فولت على التوالى ـ عند تحول الثوريوم ج Thorium C إلى الثوريوم ج'' Thorium C'' . وبذلك يمكن اعتبار أشعة جاما كطيف للنواة يحدد مستويات طاقتها المختلفة ويبين الشكل (٣٢) مستويات الاستثارة للمنتجة لعنصر الثوريوم ج .

وتنبعث أشعه جاما كذلك إثناء انحلال النويات للمستثارة لبعض



(شكل ٣٧)

العناصر الثابته ، ويمكن استثارة نويات العناصر الثابته بتمويتها بكمية كافية من الطاقة .

امتصاص وتشتيت اشعة جاما

وتفقد أشعة جاما طاقتها أثناء نفاذها خلال المادة ويرجع ذلك الى امتصاصها أو تشتتها . وفيما يلى نذكر ثلاثة طرق من أهم طرق امتصاص أشعة جاما .

١ ـ الاصطدام الكهروضوئى Photoelectric Effect

وتعتبر هذه الطريقة من أهم طرق امتصاص أشعة جاما المنخفضة الطاقة بمواد ذات أوزان ذرية عالية . وفى هـــذه الحالة تنطلق الاليكترونات أثر اصطدام أشعة جاما بذرات العنصر . ويستهلك من طاقة أشعة جاما (ط) مقدار من الطاقة لطرد الاليكترونات من المادة المتصة وتساوى الطاقة المستهلكة طاقة ربط الاليكترون (طر) binding energy بالذرة ، ويحمل الاليكترون بقيه الطاقة على صورة طاقه حركة (ط ـ طر = $\frac{1}{2}$ ك ع^2)

٢ ـ تشتت كومبتون Compton Effect

وتلعب هذه الطريقة دورا رئيسيا لامتصاص أشعة جاما المتوسطة الطاقة بمواد ممتصة ذات أوزان ذرية منخفضة . وتتشتت أشعة جاما عند اصطدامها بالإلكترونات منفردة free electrons أو ضعيفه الارتباط loosely bound بالذرة . ويزداد تشتت أشعة جاما بازدياد سمك الحاجز . وقد يؤدى ازدياد عدد الاصطدامات إلى امتصاص تام لأشعة جاما . فاذا كان تردد شعاع جاما قبل تشتته = ت ، وتردد شعاع جاما المشتت = ت' فان الفرق بين طاقة الشعاعين (هـ ت ـ هـ ت') يستهلك لاكتساب الإلكترون المنطلق كمية من طاقة الحركة (½ ك ع² = هـ ت ـ هـ ت' ... حيث هـ = ثابت بلانك)

٣ ـ تكوين زوج البوزيترون ـ الإلكترون :

ويتكون زوج « البوزيترون ـ الإلكترون » إذا اصطدمت فوتونات جاما ذات الطاقة العالية مع عناصر ذات أوزان ذريه مرتفعة . وفى هذه الحالة يجب الا تقل طاقة فوتون جاما عن الحد الادنى من الطاقة اللازم لتكوين زوج « البوزيترون ـ الإلكترون » وتبلغ ١,٠٢ مليون إلكترون فولت .

وعلى ذلك ينتج من اصطدام فوتونات جاما بذرات العناصر المختلفة أما انطلاق إلكتروناتها أو تكوين ازواج من « البوزيترون ـ الإلكترون » ويستغل التأين الذى تحدثه هذه النواتج الثانوية للكشف على اشعاعات جاما .

ونظرا لقدرة أشعة جاما المذهلة على النفاذ ، يستخدم عنصر ثقيل مثل الرصاص لدراسة امتصاص أشعة جاما . وفى حالة أشعة جاما المتجانسة (أى ذات تردد واحد) وجد أن لوغاريتم شدة أشعه جاما يتناسب طرديا مع سمك العنصر الممتص ، ويمكن التعبير عن هذه العلاقه بالمعادلة الآتية :

$$ش = ش_{.} \times هـ^{-م س} = ش_{.} \times ١٠^{-٠٫٤٣٤ م س} \qquad (١)$$

حيث ش = شدة أشعة جاما بعد نفاذها خلال (س) سنتيمترا من العنصر الممتص .

$ش_{.}$ = شدة أشعة جاما الابتدائيه .

م = معامل الامتصاص

ويعبر نصف السمك Half Thickness عن سمك العنصر الذى يقلل شدة شدة أشعة جاما إلى نصف قيمتها الابتدائيه ($\frac{ش}{ش_{.}} = \frac{١}{٢}$)

$$\text{لو} \left(\frac{ش}{ش_{.}}\right) = - ٠٫٤٣٤ م س$$

بالتعويض عن $\frac{ش}{ش_{.}} = \frac{١}{٢}$ عندما $س = س_{\frac{١}{٢}}$

ينتج أن لو $\frac{١}{٢} = - ٠٫٤٣٤ م س_{\frac{١}{٢}}$

$$\therefore م = \frac{٠٫٦٩٣}{س_{\frac{١}{٢}}}$$

ويمكن بذلك حساب معامل الامتصاص بمقلوب السنتيمتر (سم$^{-١}$) إذا علم نصف السمك (بالسنتيمتر) .

تعيين طاقة أشعة جاما :

يمكن تعيين طول موجه أشعة جاما (ل) باستخدام بلورة كجهاز لحزوز الحيود Diffraction Grating ثم تحسب طاقه فوتون جاما من

معادلة بلانك (ط = هـ ن = $\frac{هـ س}{ل}$ حيث س = سرعة الضوء) ويمكن استخدام هذه الطريقة لتعيين طاقة أشعة جاما التى تبلغ ٠,٧٥ مليون اليكترون فولت ، وتتراوح طاقة أشعة جاما المنبعثة من العناصر المشعة بين ٠,٤ ـ ٢,٤ مليون اليكترون فولت .

كما يمكن تعيين طاقة أشعة جاما باستخدام علاقة الاصطدام الكهروضوئى (ط = طر + ½ ك ع^{٢}). وتعين طاقة ربط الاليكترون بالذرة (طر) بمعرفة أطوال موجات أشعة اكس المميزة للعنصر المتص ، وتنتج أثر ازاحة أحد الاليكترونات من غلاف ك أو ل بالعنصر المتص . وفى هذه الحالة تساوى طاقه الربط طاقة اليكترون ك أو ل ، أو م . كما يمكن تعيين كمية حركة الاليكترون المزاح بتقدير مداه فى لوح من الالومنيوم .

وفى حالة التفاعل النووى (راديوم ب ← راديوم ج). يمكن حساب طاقة حركة الالكترون للزاح من ذرة راديوم ج بقياس مداه فى لوح من الالومنيوم ، وتساوى طاقة ربط الالكترون بذرة راديوم ج طاقة خطوط أشعة اكس المميزة لذرة الراديوم ج ويقال فى هذه الحالة أنه قد حدث تحول داخلى internal conversion لأشعة جاما نتيجة لتصادم أشعة جاما تصادما كهروضوئيا مع أحد اليكترونات الذرة المولودة وذلك لانتقال طاقة فوتون جاما كلية إلى الاليكترونات للزاح .

نظرية الانحلال الاشعاعى The Theory of Radioactive Disintegration

وفى عام ١٩٠٥ تمكن العالمان رذرفورد وسودى E.Rutherford and F.Soddy من وضع نظرية الانحلال الاشعاعى لتفسير ظاهرة النشاط الاشعاعى وتتلخص فيما يلى :

١ ـ أن ذرات العناصر للشعة تختلف عن ذرات العناصر المستقرة فى أنها

تنحل تلقائيا نتيجة لانبعاث جسيمات الفا أو بيتا ، وتتكون بذلك ذرات عنصر جديد يختلف فى خواصه الطبيعية والكيميائية عن العنصر الوالد. وقد يكون العنصر المولود مشعا فتنطلق جسيمات بيتا أو الفا ويتكون عنصر ثالث وهكذا وينتهى الانحلال عند تكوين ذرة مستقرة .

وتتوقف كتلة العنصر المولود على نوع الأشعة المنطلقة فعندما تشع ذرة الراديوم (وزنها الذرى = ٢٢٦) جسيما واحدا من جسيمات الفا (وزنه الذرى = ٤) يتكون عنصر جديد (وزنه الذرى = ٢٢٢) ويعرف هذا العنصر بعنصر الرادون Radon ويلاحظ أن عنصر الرادون ذو نشاط أشعاعى وتشع واحدا من جسيمات الفا ويتكون عنصر جديد هو الراديوم (ا) Radium A (وزنه الذرى = ٢١٨) .

وتستمر عملية الاشعاع بانطلاق جسيم الفا أو جسيم بيتا حتى تتكون ذرة من عنصر الراديوم ـ G المستقرة .

وعندما تفقد نواة العنصر المشع جسيما واحدا من جسيمات الفا فان العنصر الناتج يقل رقمه الذرى بوحدتين ووزنه الذرى (أو رقم كتلته) بأربع وحدات . ويقع العنصر المولود فى مجموعة تسبق مجموعه العنصر الوالد بموضعين .

$$\text{ر ا} \xrightarrow[٨٦]{٢٢٢} \text{هى} \; + \; \text{شع} \; {}^{٢٢٦}_{٨٨}$$

$$\text{يو (I)} \xrightarrow[٩٠]{٢٣٤} \text{هى} \; + \; \text{يو (X}_1\text{)} \; {}^{٢٣٨}_{٩٢}$$

وتختلف نتائج انبعاث أشعة بيتا اختلافا بينا . فالوزن الذرى لأى عنصر لا يتأثر بفقدان هذه الأشعة ، ويرجع ذلك إلى ضآلة كتله الاليكترون .

ولكن يزداد الرقم الذرى للعنصر الناتج وحدة واحدة . ويقع العنصر المولود فى مجموعة تقع بعد مجموعة العنصر الوالد مباشرة .

$$\text{يو}\,(X_1) \xrightarrow[\text{١}-]{\text{د}} \text{يو}\,(X_2)$$

$$\text{را}\,(B) \xrightarrow[\text{١}-]{\text{د}} \text{را}\,(C)$$

وإذا فقـــدت ذرة ماجسيم القائم جسمين من جسيمات بيتا فان العنصر الجديد يقع فى نفس مجمـــوعة العنصر الوالد بالرغم من نقص كتلته بأربع وحدات .

مجموعات العناصر المشعة الطبيعية :

ويمكن تقسيم العناصر المشعة الطبيعية إلى ثلاثة مجموعات :

ا — مجموعة اليورانيوم : ويعتبر اليورانيوم (٢٣٨) العنصر الوالد لهذه المجموعة ، ويتحول اليورانيوم (٢٣٨) بعد اشعاع ٨ جسيمات ألفا ، ٦ من جسيمات بيتا أى بعد ١٤ تحولا إلى نظير عنصر الرصاص المستقر ذى الوزن الذرى ٢٠٦ . ويمكن التعبير عن الوزن الذرى لعناصر هذه المجموعة بالمعادلة (٤ ن + ٢) حيث ن = عدد صحيح تتراوح قيمته بين ٥١ — ٥٩ ، وتعرف هذه المجموعة أيضا بمجموعة (٤ ن + ٢) .

ويرمز لتحول عنصر اليورانيوم ٢٣٨ إلى عنصر الرصاص ٢٠٦ بالمعادلة الآتية :

$$\text{يو} \xrightarrow[\text{٨}\,\text{هى} - \text{٦}\,\text{د}]{} \text{ص} + \text{ر}$$

مجموعة اليورانيوم

THE URANIUM SERIES

Element	Symbol	At. Wt.	At. No.	Rays	Half-life Period
Uranium-I	U_I	238.2	92	α	4.5×10^9 yr.
Uranium-X_3	UX_1	(234)	90	β	24.5 days
Uranium-X_2*	UX_2	(234)	91	β	1.14 min.
Uranium-II	U_{II}	(234)	92	α	2.7×10^5 yr.
Ionium	Io	(230)	90	α	8.3×10^4 yr.
Radium	Ra	226.05	88	α	1590 yr.
Radon (Emanation)	Rn	222	86	α	3.82 days
Radium-A	RaA	(218)	84	α	3.05 min.
Radium-B	RaB	(214)	82	β	26.8 min.
Radium-C 99.96% / 0.04%	RaC	(214)	83	β and α	19.7 min.
Radium-C'	RaC'	(214)	84	α	1.5×10^{-4} sec.
Radium-C''	RaC''	(210)	81	β	1.32 min.
Radium-D	RaD	(210)	82	β	22 yr.
Radium-E	RaE	(210)	83	β	5.0 days
Radium-F (Polonium)	RaF	(210)	84	α	140 days
Radium-G (Uranium lead)	RaG	206	82	—	—

ب — مجموعة الثوريوم :

ويعتبر الثوريوم الوالد لهذه المجموعة .

ويمكن التعبير عن الوزن الذرى لعناصر هذه المجموعة بالمعادلة ٤ ن ، وتتراوح قيمة ن بين (٥٢ — ٥٨) ويتحول الثوريوم بعد اشعاع ٦ من جسيمات الفا ، ٤ جسيمات بيتا إلى نظير الرصاص المستقر ذى الوزن الذرى ٢٠٨

ويمكن التعبير عن تحول الثوريوم إلى الرصاص بالمعادلة الآتية :

$$\underset{٩٠}{ثو} \xrightarrow[٢]{-٦\,هى} \underset{٨٨}{د} \xrightarrow[-١]{-٤\,ب} \underset{٨٧}{ص} \xrightarrow[+١٢-٩٠+٤]{} \underset{٨٢}{ر}$$

هـ — مجموعة الاكتينيوم :

ويعتبر عنصر البروتواكتينيوم (٢٣١) أبا لهذه المجموعة ويتحول بعد أشعاع ٦ من جسيمات الفا ٣ من جسيمات بيتا إلى نظير الرصاص المستقر ذى الوزن الذرى ٢٠٧ .

٢٠٧ ٢٤_٢٣١ ٤ ٢٢١

ر—٦ هى — ٣ د — ص — ر

٨٢ ٣+١٢, ٩١ ١ ٢ ٩١

مجموعة الاكتينيوم

THE ACTINIUM SERIES

Element	Symbol	At. Wt.	At. No.	Rays	Half-life Period
Protoactinium*	Pa	(231)	91	α	3.2×10^4 yr
Actinium	Ac	(227)	89	β	13.5 yr.
Radioactinium	RaAc	(227)	90	α	18.9 days
Actinium-X	AcX	(223)	88	α	11.2 days
Actinon (Emanation)	An	(219)	86	α	3.92 sec
Actinium-*A*	Ac*A*	(215)	84	α	1.83×10^{-3} sec.
Actinium-*B*	Ac*B*	(211)	82	β	36 min.
Actinium-*C*	Ac*C*	(211)	83	α and β	2.16 min.
Actin.-*C'*	Ac*C'*	(211)	84	α	5×10^{-3} sec.
Actin.-*C''*	Ac*C''*	(207)	81	β	4.76 min.
Actinium-*D*	Ac*D*	(207)	82	—	—

99.84% | 0.16%

مجموعة الثوريوم

THE THORIUM SERIES

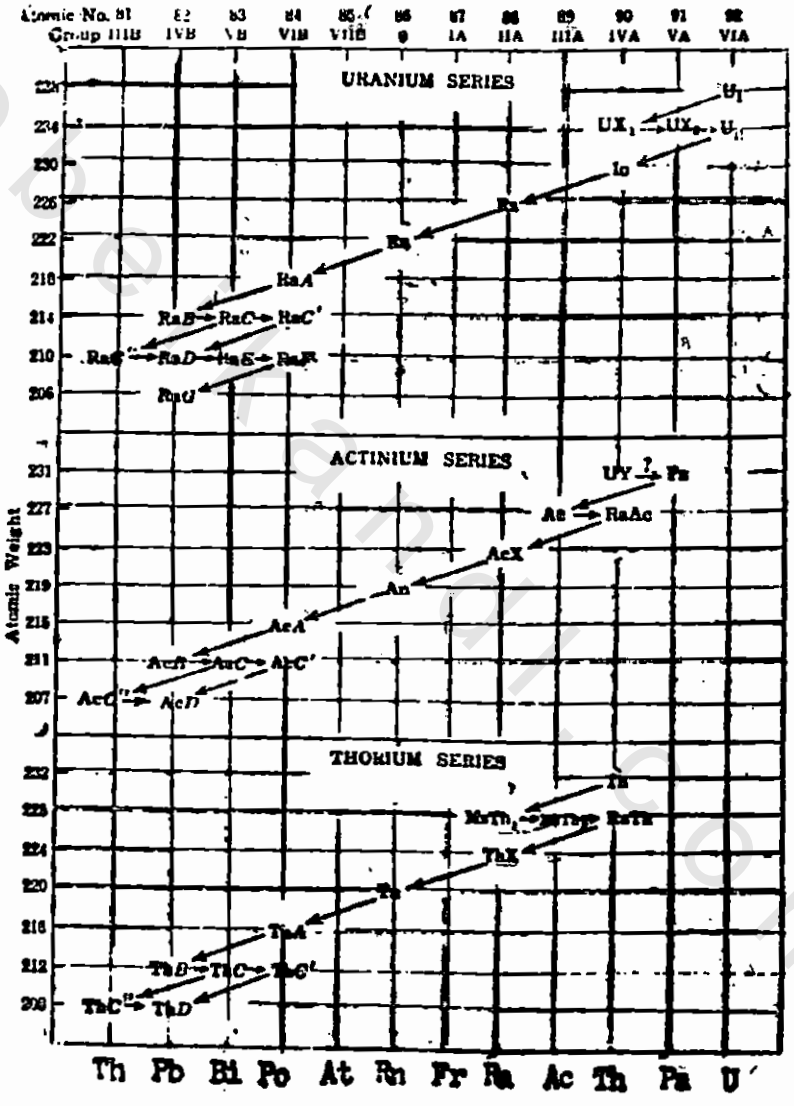
Element	Symbol	At. Wt.	At. No.	Rays	Half-life Period
Thorium	Th	232.12	90	α	1.39×10^{10} yr.
Mesothorium 1	MsTh$_1$	(228)	88	β	6.7 yr.
Mesothorium 2	MsTh$_2$	(228)	89	β	6.13 hr.
Radiothorium	RaTh	(228)	90	α	1.90 yr.
Thorium-X	ThX	(224)	88	α	3.61 days
Thoron (Emanation)	Tn	(220)	86	α	51.5 sec.
Thorium-*A*	Th*A*	(216)	84	α	0.16 sec.
Thorium-*B*	Th*B*	(212)	82	β	10.6 hr.
Thorium-*C*	Th*C*	(212)	83	β and α	60.5 min.
Thorium-*C'*	Th*C'*	(212)	84	α	3×10^{-7} sec.
Thorium-*C''*	Th*C''*	(208)	81	β	3.1 min.
Thorium-*D*	Th*D*	208	82	—	

65% 35%

النظائر المشعة Radioactive Isotopes

ويبين الجدول التالى طريقة انحلال مجموعات اليورانيوم . الاكتينيوم والثوريوم ، ويتضح أنه إذا فقدت الذرة الوالدة جسيما من جسيمات الفا ثم

TABLE 20. RADIOACTIVE SERIES AND THE GROUP DISPLACEMENT LAW



شكل ٢٨

جسيمين من جسيمات بيتا تتكون ذرة لها نفس العدد الذرى ولكن كتلتها تقل عن كتلة الذرة الوالدة بأربع وحدات . وتتماثل الذرتان فى خواصهما الكيميائية وتختلفان قليلا فى خواصهما الطبيعية التى تعتمد على الوزن الذرى ولقد أطلق على الذرات المتماثلة فى عددها الذرى والتى تختلف فى وزنها الذرى اسم «النظائر» . ويبين الجدول أن العناصر التى تقع فى صف عمودى تكون نظائرا لعنصر واحد ومن أمثلة ذلك :

ا — عناصر : UX_2 ، Pa نظائر مشعة لعنصر البروتاكتينيوم .

ب — عناصر : UX_1 ، Io ، UY ، Ra Ac ، Th ، Ra Th نظائر مشعة لعنصر الثوريوم .

ج — عناصر : Ac ، $MsTh_2$ نظائر لعنصر الاكتينيوم .

د — عناصر : Ra ، AcX ، $MsTh_1$ ، ThX نظائر مشعة لعنصر الراديوم (٨٨) .

هـ — عناصر : RaA ، RaC′ ، RaF ، AcA ، AcC′ ، ThA ، ThC′ نظائر مشعة لعنصر البولونيوم (٨٤) .

و — وعناصر : RaC ، RaE ، AcC ، ThC نظائر لعنصر البزموت .

ز — وعناصر : RaB ، RaD ، RaG ، RaC ، AcC ، AcD ، ThB ، ThD نظائر لعنصر الرصاص (٨٢) .

ح — وعناصر : RaC″ ، AcC″ ، ThC″ نظائر لعنصر الثاليوم (٨١)

وتختلف النظائر فى أوزانها الذرية والخواص الطبيعية وتتماثل فى اعدادها

الذرية وتحتوى نواياتها على عدد متساو من البروتونات ولكنها تختلف فى عدد النيوترونات كما تحتوى ذراتها على عدد متساو من الاليكترونات .

المتوازنات Isobars

أما إذا انبعث من نواة الذرة الوالدة جسيم بيتا فان الذرة المولودة تلى العنصر الوالد مباشرة فى الجدول الدورى، ويزيد رقمها الذرى بمقدار الوحدة وفى هذه الحالة تكون كتلة الذرة المولودة مساوية لكتلة الذرة الوالدة . وتعرف ذرات العناصر المتساوية الكتلة والمختلفة فى عددها الذرى باسم المتوازنات Isobars . وينتج نتيجة للاشعاع المتسلسل مجموعات مختلفة من المتوازنات ومن أمثلة ذلك :

ا — متوازنات مجموعة اليورانيوم

$$\underset{90}{^{234}U\,X_1} \xrightarrow{\beta} \underset{91}{^{234}U\,X_2} \xrightarrow{\beta} \underset{92}{^{234}U_{II}}$$

$$\underset{82}{^{214}Ra\,B} \xrightarrow{\beta} \underset{83}{^{214}Ra\,C} \xrightarrow{\beta} \underset{84}{^{214}Ra\,C'}$$

$$\underset{81}{^{210}Ra\,C''} \xrightarrow{\beta} \underset{82}{^{210}Ra\,D} \xrightarrow{\beta} \underset{83}{^{210}Ra\,E}$$

ب — متوازنات مجموعة الاكتينيوم

$$\underset{89}{^{227}Ac} \xrightarrow{\beta} \underset{90}{^{227}Ra\,Ac}$$

$$\underset{82}{^{211}Ac\,B} \xrightarrow{\beta} \underset{83}{^{211}Ac\,C} \xrightarrow{\beta} \underset{84}{^{211}Ac\,C'}$$

$$\underset{81}{\text{Ac C''}} \xrightarrow{\beta} \underset{82}{\text{Ac D}}$$

حـ — متوازنات مجموعة الثوريوم

$$\underset{88}{\text{Ms Th}_1} \xrightarrow{\beta} \underset{89}{\text{Ms Th}_2} \xrightarrow{\beta} \underset{90}{\text{Ra Th}}$$

$$\underset{82}{\text{Th B}} \xrightarrow{\beta} \underset{83}{\text{Th C}} \xrightarrow{\beta} \underset{84}{\text{Th C}}$$

$$\underset{81}{\text{Th C''}} \xrightarrow{\beta} \underset{82}{\text{Th D}}$$

وتختلف المتوازنات فى عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة فى النواة وفى عدد الاليكترونات الخارجية .

وتحتوى ذرة $\underset{90}{\overset{234}{UX_1}}$ على ٩٠ بروتون + ١٤٤ نيوترون + ٩٠ اليكترون .

وتحتوى ذرة $\underset{91}{\overset{234}{UX_2}}$ على ٩١ بروتون + ١٤٣ نيوترون + ٩١ اليكترون .

وتحتوى ذرة $\underset{92}{\overset{234}{U_{II}}}$ على ٩٢ بروتون + ١٤٢ نيوترون + ٩٢ اليكترون .

مجموعة النبتونيوم :

وفى أثناء الحرب العالمية الثانية تمكن العلماء باستخدام النشاط الاشعاعى الصناعى من تحضير مجموعة رابعة تعرف باسم مجموعة النبيونيون ولا توجد عناصر هذه المجموعة فى الطبيعة . وتسمى هذه المجموعة بمجموعة(٤ن+١) وتتراوح قيمة ن بين ٥٢ ، ٦٠. ويعتبر البلوتونيوم $^{241}_{94}Pu$ العنصر الوالد لهذه المجموعة ، وعنصر البزموت $^{209}_{83}Bi$ العنصر النهائى المستقر ويتحول البلوتونيوم (٢٤١) إلى البزموت (٢٠٩) بعد انطلاق ٨ من جسيمات الفا ، ٥ من جسيمات بيتا ، ويمكن التعبير عن هذا التحول بالمعادلة الآتية :

$$^{241}_{94}Pu - 8\,{}^{4}_{2}He - 5\,{}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{241-32}_{94-16+5}X \rightarrow {}^{209}_{83}Bi$$

التفاعلات المتفرعة :

ويلاحظ أنه يحدث بكل مجموعة تحولين متفرعين Branched disintegration على الأقل . ففى مجموعة اليورانيوم يتحول $^{218}_{84}Ra\ A$ إلى عنصر $^{214}_{83}Ra\ C$ بأحد الطريقين الآتيين :

١ — بانطلاق جسيم الفا (فيتكون $^{214}_{82}Ra\ B$) ثم جسيم بيتا (فيتكون $^{214}_{83}Ra\ C$)

ب — أو بانطلاق جسيم بيتا (فيتكون $^{218}_{85}At$) ثم جسيم الفـــا (فيتكون $^{214}_{83}Ra\ C$)

قانون ازاحة المجموعة

The Group Displacement Law

كان لاكتشاف ٤٠ عنصرا مختلفة فى خواصها الاشعاعية وتقع أوزانها الذرية بين ٢٠٤—٢٣٧ أن واجة العلماء مشكلة جديدة ألا وهى ترتيب هذه العناصر فى النظام الدورى . وقد تيسر حل هذه المشكلة عندما لوحظ أن عددا من العناصر المشعة تتشابه فى خواصها الكيميائية واقترح فاجان Fajan وراسل Russell وسودى Soddy كل على انفراد قانون ازاحـــة المجموعة لتفسير الملاحظات السابقة وتوضيح كيفية توزيع العناصر المشعة فى الأماكن القليلة المحددة لها فى الجدول الدورى . وينص هذ القانون :

«إذا فقدت ذرة مشعة جسيما واحدا من جسيمات الفا فان العناصر الناتج يقل رقمه الذرى وحدتين ورقم كتلته أربع وحـــدات ويتبع ذلك أن يقع العنصر الجديد قبل العنصر الوالد بمكانين فى الجدول الدورى » .

أما أشعاع جسيم بيتا فلا يؤثر على رقم الكتلة ولكن يزداد الرقم الذرى فى العنصر الوالد . ويمكن التعبير عن هذا القانون بالمعادلتين :

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$$

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

ويتضح من ذلك أن كثيرا من العناصر المشعة تتكون من عدة نظائر تختلف فى نشاطها الاشعاعى ولكنها متشابهة فى الخواص الكيميائية . ونظرا لأن كل النظائر ذات الأعداد الذرية الواحده تختص بطبقات اليكترونية خارجية متماثلة ، مما يؤدى إلى توافق حجومها الذرية فان كثافتها تختلف الواحدة عن الأخرى بسبب اختلاف أوزانها الذرية . فنظائر الرصاص المتباينة تختص بحجم ذرى واحد وكثافات مختلفة كما يتبين مما يأتى :

ر الوزن الذرى = ٢٠٧٫٢ حجمه الذرى = ١٨٫٢٧٧ كثافته = ١١٫٣٣٧

ر وزنه الذرى = ٢٠٦٫٣ حجمه الذرى = ١٨٫٢٧٤ كثافته = ١١٫٢٨٩

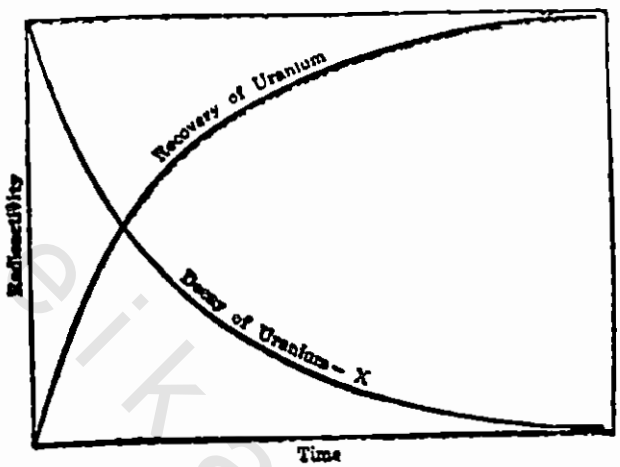
ومما يلاحظ أيضا أن قابلية ذوبان مركبات النظائر تكون واحدة ، على أنه بالنظر إلى اختلاف أوزانها الجزيئية فان كثافة المحاليل المشبعة تختلف فيما بينها فمثلا تبلغ كثافة محلول مشبع من نترات الرصاص للمتعادد عند ٢٤٫٤٥°م ١٫٤٤٤٤٩٩ بينما تبلغ كثافة المحلول المشبع بنترات الرصاص المحضر من البيتشبلند ١٫٤٤٣٥٨٦ .

ويستخدم الاختلاف فى الكثافة لفصل النظائر نظرا إلى أن سرعة انتشار غاز ما يتناسب تناسبا عكسيا مع الجذر التربيعى لوزنه الجزيئى فان النظائر الخفيفة تنتشر بسهولة أكثر من النظائر الثقيلة .

معدل انحلال العناصر المشعة Rate of Radioactive Disintegration

ولقد وجد سودى ـ ورذبفورد أن عدد الذرات المشعة التى تنحل فى وحدة من الزمن تتناسب مع عدد الذرات المشعة الموجودة . وحيث أن الانحلال يحدث بصورة مستمرة ، فان عدد ذرات العنصر المشع تقل بمرور الوقت ، كما يقل معدل الانحلال كذلك . ويعنى هذا أن معدل انحلال العنصر عند لحظه معينة يتناسب مع عدد ذرات العنصر المشعة الموجودة فى هذه اللحظة

$$\text{أى أن } \frac{\text{و ن}}{\text{و ز}} = - \text{ ل ن} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (١)$$



(شكل ٣٩)

حيث ل = ثابت الاشعاع وتتوقف قيمة ل على العنصر المشع ولاتعتمد على ظروفه الطبيعية ولا على حالته الكيميائية كما لاتتأثر بتغير الضغط والحرارة . وبذلك تعتبر ل كثابت يميز العناصر المشعة بعضها عن بعض : وحل هذه المعادلة هو:

$$\text{ن ز} = \text{ن}_{.} \times \text{هـ}^{-\text{ل ز}} = \text{ن}_{.} \times ١٠^{-٠٤٣٤٣ \text{ ل ز}} \quad (٢)$$

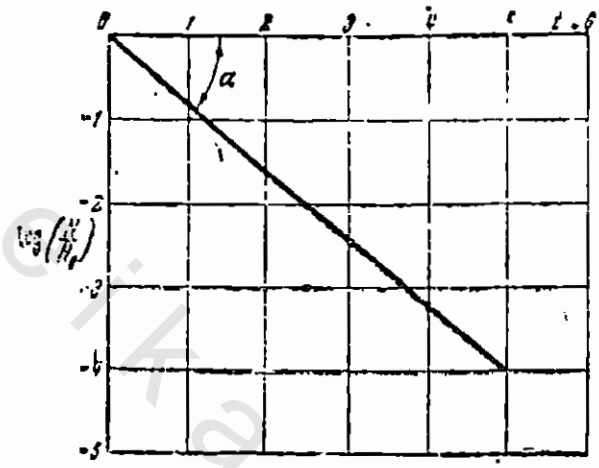
ويرمز لهذه العلاقة بالمنحنى الاسى فى (شكل ٣٩)

$$\text{لو}_{١٠} \text{ن ز} = \text{لو}_{١٠} \text{ن}_{.} - ٠٤٣٤٣ \text{ ل ز} \quad (٣)$$

حيث لو ن. = ثابت ، ل = ثابت الاشعاع

أى أن لوغاريتم عدد الذرات المشعة الموجودة عند لحظة معينة ، يتناسب تناسبا طرديا مع الزمن ، وأن ميل الخط المستقيم الذى يمثل هذه العلاقة

يساوى ـ ٠٫٤٣٤٣ ل . وبذلك يمكن برسم هذه العلاقة استنتاج قيمة ثابت الاشعاع « ل » (شكل ٤٠) .



(شكل ٤٠)

زمن نصف العمر The Mean Life of a Radioelemen

ويعرف زمن نصف العمر بالفترة الزمنية التى تلزم ليهبط عدد الذرات للشعة إلى نصف قيمتها الابتدائية :

وبفرض أن $ن_ز = \frac{1}{2} ن_.$ أى $\left(\frac{1}{2} = \frac{ن_ز}{ن_.} \right)$

$$\therefore \quad لو \frac{1}{2} = - ٠٫٤٣٤٣ ل ز_{\frac{1}{2}} \quad \ldots (٤)$$

أى أن $$لو ٢ = ٠٫٤٣٤٣ ل ز_{\frac{1}{2}} \quad \ldots (٥)$$

$$\therefore \quad ز_{\frac{1}{2}} = \frac{لو ٢}{٠٫٤٣٤٣ \times ل} = \frac{٠٫٦٩٣}{ل} \quad \ldots (٦)$$

مثال : احسب ثابت الأشعاع وزمن نصف العمر لعنصر الراديوم إذا علم أن جراما من الراديوم يشع $٣٫٧ \times ١٠^{١٠}$ جسيما من جسيمات الفا فى الثانية

الحـــل

$$\frac{\text{ع ن}}{\text{ع ز}} = ٣٫٧ \times ١٠^{١٠}$$

١ جم ذرى لعنصر الراديوم = ٢٢٦ جرام

عدد الذرات التى يحتويها ١ جم ذرى لأى عنصر = عدد أفوجادور

$= ٦٫٠٦ \times ١٠^{٢٣}$ ذرة

عدد الذرات (ن) التى يحتويها ١ جم من عنصر الراديوم $= \frac{٦٫٠٢ \times ١٠^{٢٣}}{٢٢٦}$ ذرة

$= ٢٫٧ \times ١٠^{٢١}$ ذرة

وبالتعويض عن $\frac{\text{ع ن}}{\text{ع ز}}$ ، ن فى المعادلة (١) ينتج أن

ثابت الاشعاع لعنصر الراديوم (لRa) $= \frac{٣٫٧ \times ١٠^{١٠}}{٢٫٧ \times ١٠^{٢١}}$

$= ١٫٣٧ \times ١٠^{-١١}$ ثانية$^{-١}$

∴ زمن نصف العمر لعنصر الراديوم (ز$_{\frac{١}{٢}}$) $=$

$$\frac{٠٫٦٩٥}{\text{ل}} = \frac{٠٫٦٩٥}{١٫٣٧ \times ١٠^{-١١}} = ٥ \times ١٠^{١٠} \text{ ثانية} = ١٫٦٢٠ \text{ ثانية}$$

وحدة الاشعاع «الكيورى» Units of radioactivity - The curie

يمكن حساب عدد الانحلالات التى يعانيها ١ جم من عنصر الراديوم فى الثانية الواحدة وذلك بوضع المعادلة (١) فى الصورة الآتية :

$$\Delta \text{ ن} = - \text{ل ن } \Delta \text{ ز}$$

أى أن القيمة العددية $| \Delta \text{ ن} | = \text{ل ن } \Delta \text{ ز}$

وبالتعويض عن $\text{ل} = \frac{٠٫٦٩٥}{\text{ز}^{\frac{١}{٢}}}$ ينتج أن

$$| \Delta \text{ ن} | = \frac{٠٫٦٩٥ \text{ ن}}{\text{ز}^{\frac{١}{٢}}} \text{ ن } \Delta \text{ ز}$$

وبالتعويض عن Δ ز = ١ ثانية ،

عدد الذرات فى ١جم من الراديوم (ن) $= \frac{٦٫٠٢ \times ١٠^{٢٣}}{٢١٦}$

$= ٢٫٧ \times ١٠^{٢١}$ ذرة

زمن نصف العمر لذرة الراديوم = ١٦٢٠ =

$= ١٫٦٢٠ \times ٣٦٥ \times ٨٦٫٤٠٠$ ثانية

∴ عدد ذرات الراديوم التى تتفكك فى الثانية (Δ ن)

$$= \frac{٠٫٦٩٥}{١٫٦٢٠ \times ٣٦٥ \times ٨٦٫٤٠٠} \times \frac{٦٫٠٢ \times ١٠^{٢٣}}{٢٢٦} = ٣٫٧ \times ١٠^{١٠}$$

ويؤخذ هذا العدد من الانحلالات فى الثانية كوحدة للنشاط الاشعاعى ويطلق عليها اسم «الكورى» ، ويعبر «الكورى» عن ذرات عنصر الرادون التى فى حالة اتزان مع ١ جم من الراديوم .

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

وأخيرا عرف الكورى على أنه كمية العنصر التى تعانى عددا من الانحلالات فى الثانية تساوى عدد انحلالات ١ جم من عنصر الراديوم أى ٣٫٧ × ١٠^١٠ انحلالا فى الثانية . وفى النواحى العملية تستعمل وحدات لليكورى وللميكرو كورى ، وتستخدم وحدات لليجا كورى فى تكنولوجيا للتفاعلات الذرية .

مثال . إذا علم أن زمن نصف العمر لذره ^{14}ك يساوى ٥٥٧٠ عاما ، فأحسب وزن الكربون بالجرامات الذى يكافىء ١٠٠ مليكيورى .

الحل

زمن نصف العمر $(ز_{\frac{1}{2}})$ = ٥٥٧٠ عاما

= ٥٥٧٠ × ٣٦٥ × ٢٤ × ٦٠ × ٦٠ ثانية

$$ل = \frac{٠٫٦٩٣}{ز_{\frac{1}{2}}} = \frac{٠٫٦٩٣}{٥٥٧٠ \times ٣٦٥ \times ٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$$

= ٣٫٩٥ × ١٠^-١٣ ثانية^-١

$$ل ن = ل \times \frac{ك}{١٤} \times ٦٫٠٢ \times ١٠^{٢٣} = \frac{ن}{ز}$$

= ١٫٧٠ × ك × ١٠^١١ ثانية^-١

لكن $\frac{\text{ن}}{\text{ز}} = ٣٫٧ \times ١٠^{٧}$ انحلال فى الثانية (١ مليكورى)

$$\therefore \text{ك} = \frac{٣٫٧ \times ١٠^{٧}}{٣٫٧ \times ١٠^{١١}} = ٠٫٢١٨ \times ١٠^{-٣} \text{ جم}$$

الانحلال الاشعاعى المتزن Radioactive Equilibrium

إذا وجد العنصر الوالد والعنصر المولود سويا فان حالة من الاتزان تقوم بينهما ، ويصبح معدل انحلال العنصر المولود مساويا لمعدل تكونه . ويحدث هذا الاتزان أثناء انحلال اليورانيوم والثوريوم .

معدل انحلال العنصر الوالد $(\text{ل}_{١}\text{ن}_{١})$ = معدل تكوين العنصر المولود .

معدل انحلال العنصر المولود $= \text{ل}_{٢}\text{ن}_{٢}$

وفى حالة الاتزان يكون معدل انحلال العنصر المولود مساويا لمعدل تكونه ؛ أى أن

$$\text{ل}_{١}\text{ن}_{١} = \text{ل}_{٢}\text{ن}_{٢} \qquad (١)$$

$$\therefore \frac{\text{ل}_{١}}{\text{ل}_{٢}} = \frac{\text{ن}_{٢}}{\text{ن}_{١}} \qquad (٢)$$

وحيث أن كلا من ل$_{١}$ ، ل$_{٢}$ ثابت فان النسبه ل$_{١}$ / ل$_{٢}$ لها قيمة ثابتة ، وبذلك تكون النسبة بين كمية أى عنصرين عند حدوث اتزان فى مجموعة مشعة ذات قيمة ثابته .

$$\text{لكن } \text{ل}_{١} = \frac{٠٫٦٩٣}{(\text{ز}_{١})_{\frac{١}{٢}}} \quad ، \quad \text{ل}_{٢} = \frac{٠٫٦٩٣}{(\text{ز}_{٢})_{\frac{١}{٢}}}$$

$$\therefore \frac{ن_{٢}}{ن_{١}} = \frac{(ز_{٢})^{\frac{١}{٢}}}{(ز_{١})^{\frac{١}{٢}}} \quad \ldots (٣)$$

وبذلك يمكن معرفة زمن نصف العمر لعنصر فى مجموعة مشعة إذ علمت النسبة بين العنصرين فى حالة الأتزان .

مثال : أحسب كمية اليورانيوم (X) التى فى حالة أتزان مع ١ جم من اليورانيوم ، إذا علم أن ثابت اتزان اليورانيوم — X ($ل_{٢}$) = ٣٫٩٤ × $١٠^{-٧}$ وأن ثابت اتزان اليورانيوم ($ل_{١}$) = ٤٫٩٩ × $١٠^{-١٨}$ ، وأن الوزن الذرى ليورانيوم (X) = ٢٣٤ ، وأن الوزن الذرى لليورانيوم = ٢٣٨ .

$ل_{١} ن_{١} = ل_{٢} ن_{٢}$

عدد ذرات اليورانيوم فى ١ جم = $\frac{٦٫٠٦ \times ١٠^{٢٣}}{٢٣٨}$ = ٢٫٥٢ × $١٠^{٢١}$ ذرة

لكن $ل_{١} ن_{١} = ل_{٢} ن_{٢}$

$$\therefore ن_{٢} = \frac{ل_{١}}{ل_{٢}} \times ن_{١} = \frac{٢٫٥٢ \times ١٠^{٢١} \times ٤٫٩٩ \times ١٠^{-١٨}}{٣٫٩٤ \times ١٠^{-٧}}$$

= ٣٫٦٣ × $١٠^{١٠}$ ١٠ ذرة يورانيوم (X)

$$= \frac{٣٫٦٣ \times ١٠^{١٠} \times ٢٣٤}{٦٫٠٦ \times ١٠^{٢٣}}$$

= ١٫١٤ × $١٠^{-١١}$ جم يورانيوم (X)

مثال : إذا علم أن زمن نصف العمر لعنصر الراديوم يساوى ١٦٢٠ سنة وأن ١ ذرة من الراديوم فى حالة اتزان مع ٢٫٩٨ × ١٠^٦ ذرة من اليورانيوم فاحسب زمن نصف العمر لعنصر الراديوم .

$$\frac{(ز_{\frac{1}{2}})_{١}}{(ز_{\frac{1}{2}})_{٢}} = \frac{ن_{١}}{ن_{٢}} \quad \text{حيث أن}$$

$$\therefore (ز_{\frac{1}{2}})_{٢} = \frac{٢٫٩٨ \times ١٠^{٦}}{١} \times ١٢٦٠ = ٤٫٩٥ \times ١٠^{٩} \text{ عاما}$$

obeikandl.com