المبادئ الفيزيائية للتصويرالشعاعي الصناعي

الفيزيائي.حميد الذياب

مرخص مستوى ثالث تصوير شعاعي

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

لمحة تاريخية:

- 1895اكتشاف الأشعة السينية (Rontgen)
- 1896 اكتشاف النشاط الإشعاعي (Becquerel)
- 1897 اكتشاف الإلكترون (Thomson)
- 1899 اكتشاف جسيمات ألفا و بيتا (Rutherford)
- 1900 اكتشاف أشعة غاما (Villard)
- 1908 اختراع عداد غايغر-مولر
- 1911 اكتشاف نواة الذرة (Rutherford)
- 1931 تطوير السايكلترون (Lawrence)
- 1932 اكتشاف النيوترون (Chadwick)
- 1933 اكتشاف البوزيترون (Anderson)
- 1939 اكتشاف ظاهرة الإنشطار النووي (Han & Strassmann)
- 1942 تشغيل أول مفاعل نووي (أول تفاعل نووي متحكم به)، (Fermi)

Structure of Matter بنية المادة

- تتألف المادة من عدد هائل من الجسيمات المتناهية في الصغر تسمى الذرات.
- وإذا تكونت المادة من ذرات متماثلة سميت عنصراً
- و إذا تكونت من أكثر من عنصر سميت مركباً.

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

بنية الذرة Structure of Atom

تتألف الذرة من نواة تحوي بروتونات ونترونات

ويدور حول النواة عدد من الإلكترونات في مدارات محددة

عدد هذه الإلكترونات يساوي عدد البروتونات في نواة الذرة.

أن الشحنة الموجبة الكلية للذرة الممثلة بعدد البروتونات يساوي الشحنة السالبة الكلية الممثلة بعدد الإلكترونات،

فإن الشحنة الكلية للذرة تساوي الصفر (الذرة معتدلة كهربائياً)،

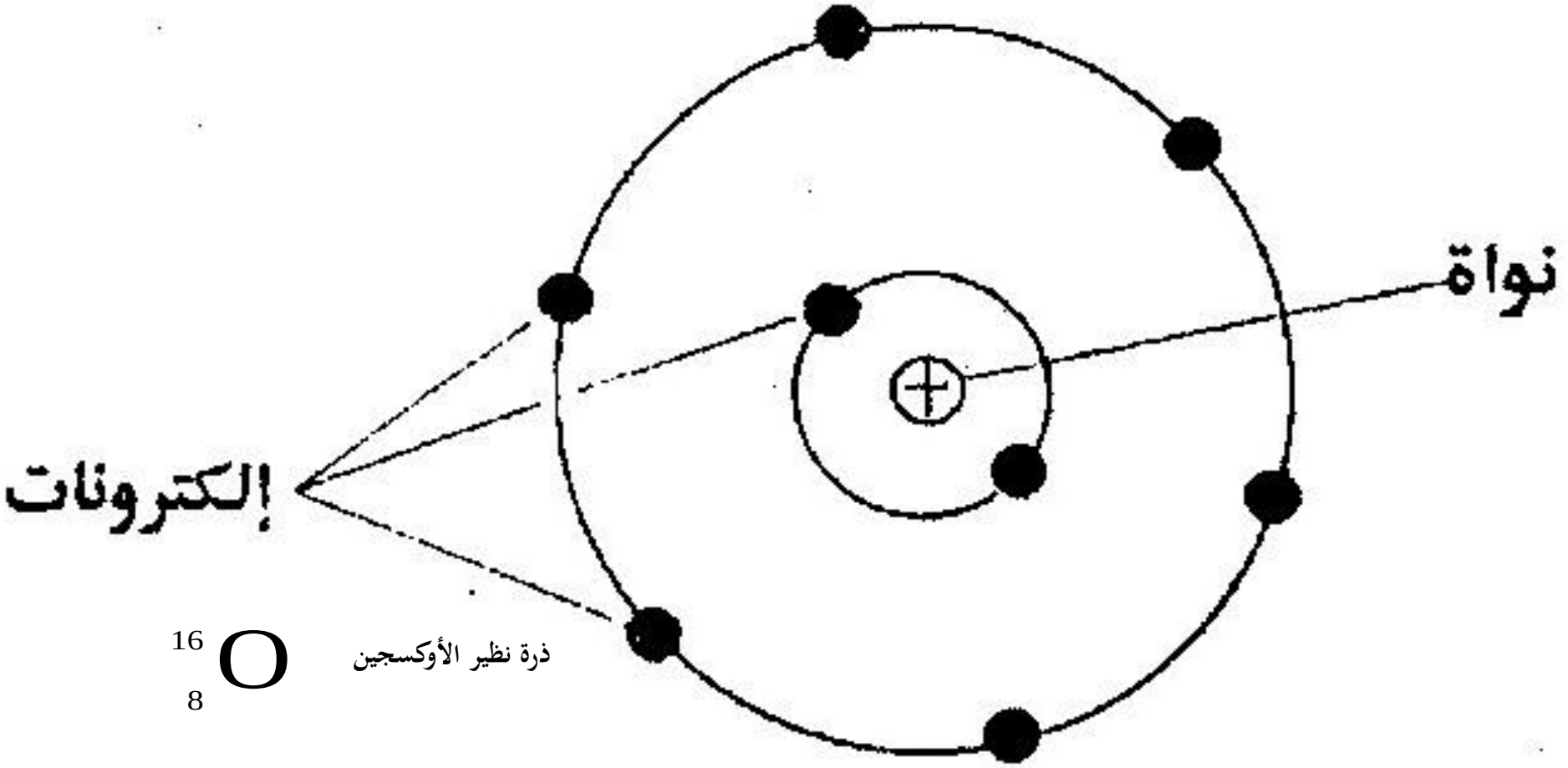
مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

- ان ذرات العنصر الواحد متماثلة ومتطابقة ولكنها تختلف من عنصر الى اخر
- كتلة ذرة الحديد = 9.3×10^{-26}كغ
- كتلة ذرة الأوكسجين = 2.7×10^{-26}كغ
- شحتة البروتون = 1.6×10^{-19} + كولون
- كتلة البروتون = 1.67×10^{-19} كغ

- الالكترون اخف من البروتون ب ١٨٣٦ مرة
- شحتة الالكترون = 1.6×10^{-19} - كولون
- كتلة الألكترون = 9.11×10^{-31}كغ
- تنتج حركة الألكترون من التجاذب المتبادل – الكترون – بروتون وبسبب الفارق الكبير بين هاتين الدقيقتين فإن النوة تعد ساكنة والكترون هو وحده الذي يتحرك بسرعة كبيرة جدا من رتبة ٢٢٠٠كم/ثا حيث مسار هذا الكترون غير محدد

- نظراً لبنية الذرة المعقدة لندرس بنية ذرة الهيدروجين
- ابعاد ذرة الهيدروجين
- نصف قطر نواة الهيدروجين= $2x10^{-15}$ م
- نصف قطرذرة الهيدروجين = $5\ x10^{-11}$ م
- نصف قطر الذرة اكبر ب ٢٥٠٠٠ مرة من نصف قطر النواة
- مثال نصف قطر نواة الهيدروجين على إنها كرة ١سم تكون نصف قطر ذرة الهيدروجين ٢٥٠ م
- اي يوجد فراغ كبير

بنية ذرة الأوكسجين التي تتألف من ثمانية إلكترونات تدور حول النواة و ثمانية بروتونات و ثمانية نترونات متوضعة في نواتها



المدارات الإلكترونية : Electronic Orbits

- تدور الإلكترونات حول النواة في مدارات محددة
- تتوزع في طبقات يرمز للطبقة الأقرب إلى النواة بالرمز K، و التي تليها بالرمز L و الثالثة M و هكذا.....، O،N، P . وتتسع كل طبقة لعدد محدد من الإلكترونات فالطبقة K تحتوي إلكترونين فقط، و الطبقة L تتسع لثمانية إلكترونات و M لثمانية عشر إلكتروناً و هكذا.
- فإذا انتقل الإلكترون من مدار في طبقة داخلية إلى أخرى في طبقة خارجية (مثلاً من M إلى N) فانه يمتص طاقة،
- وإذا انتقل من مدار خارجي إلى مدار داخلي فانه يصدر طاقة على شكل أشعة كهرطيسية.

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

العدد الذري : Atomic Number

يدعى عدد البروتونات في النواة بالعدد الذري

وهو يميزُ العناصر عن بعضها

يرمز له ب Z

يساوي الواحد في ذرة الهيدروجين،

يساوي اثنين في ذرة الهليوم .

يساوي اربعة في ذرة البيريليوم و هكذا.

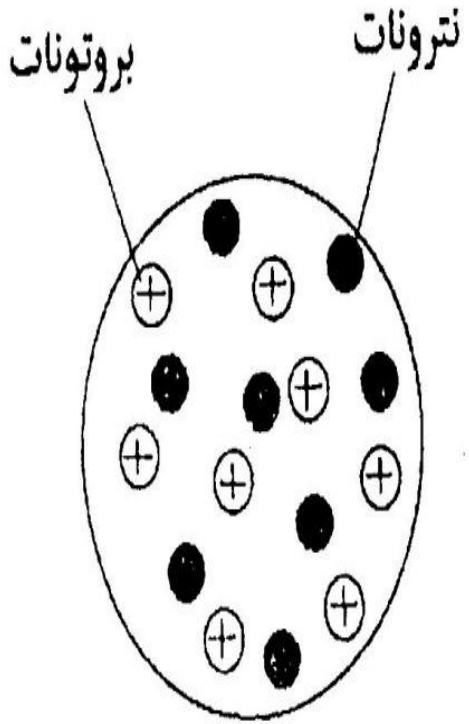
مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

العدد الكتلي : Mass Number

- يدل العدد الكتلي على عدد البروتونات و النترونات في النواة
- يرمز له ب A
- فإذا رمزنا لعدد النترونات ب N يكون:
- $N=A-Z$ أو $A=N+Z$

مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية

نواة ذرة الأوكسجين



الشكل (3-2) نواة ذرة نظير الأوكسجين $^{16}_{8}O$ تضم ثمانية بروتونات ⊕ وثمانية نترونات

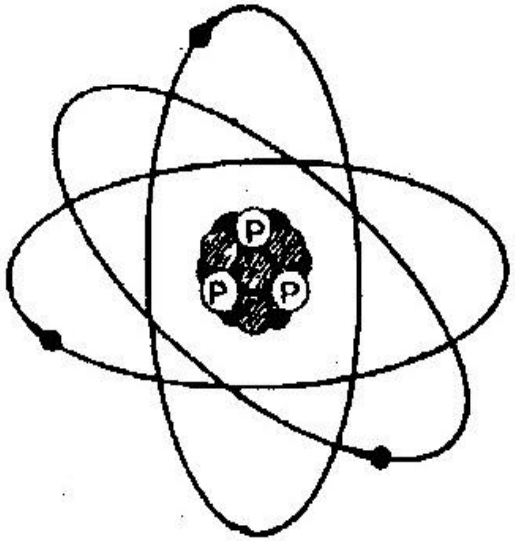
مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية

النظائر Isotops

- تحتوي ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات إلا أنها قد تحتوي على أعداد مختلفة من النترونات
- أن العدد الذري (عدد البروتونات) للعنصر الواحد لا يتغير،
- في حين يتغير العدد الكتلي تبعاً لعدد النترونات
- و يعبر عن ذلك بأن للعنصر الواحد عدة نظائر.
- وقد يصل عدد نظائر العنصر الواحد إلى خمسين نظيراً،
- يكون بعضها مستقراً اونشطاً يصدر إشعاعات نووية على شكل جسيمات مشحونة أو إشعاعات كهرطيسية.
- منها الطبيعي ومنها الصنعي

مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية

ذرة نظير الليثيوم



- الكترون (شحنة سالبة) (3)
- بروتون (شحنة موجبة) (3)
- نترون (عديم الشحنة) (4)

الشكل (3–3) نظير الليثيوم $^{7}_{3}Li$

مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية

طبيعة و خواص الأشعة السينية وأشعة غاما

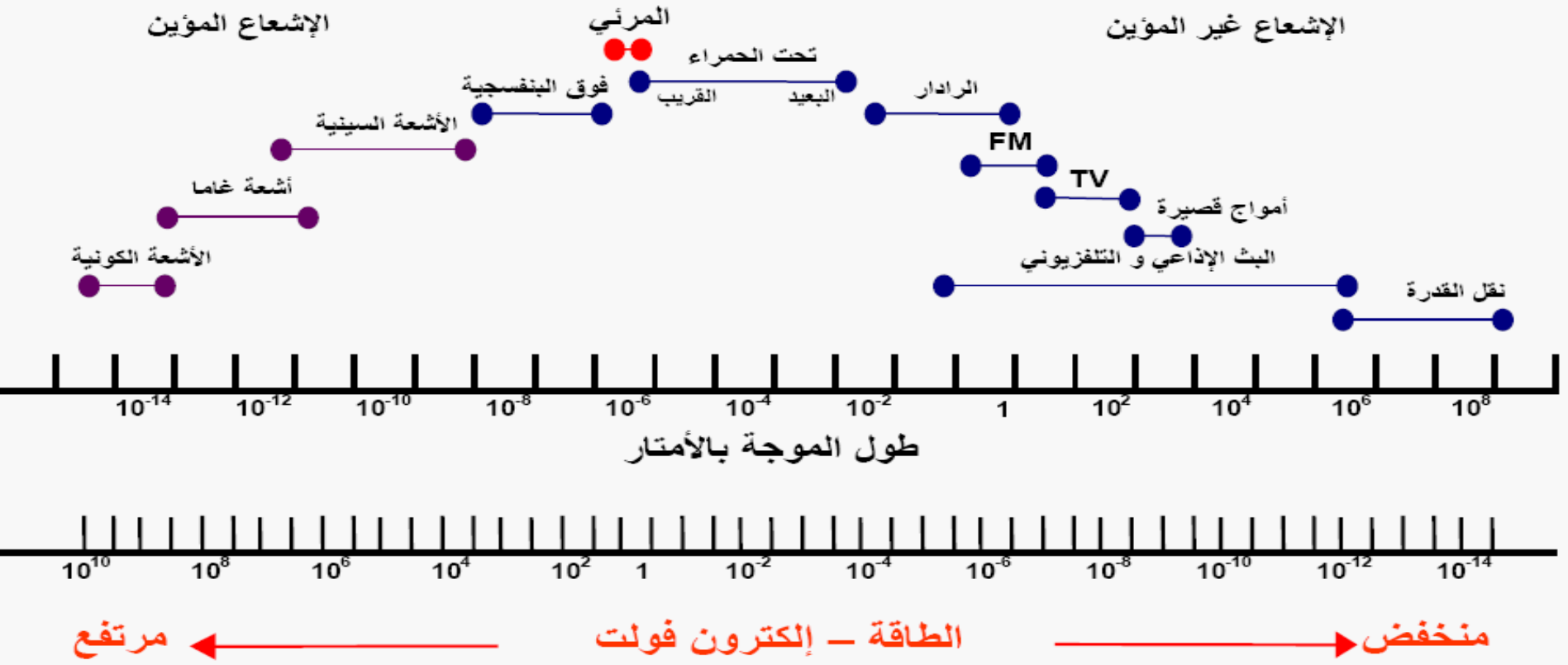
- الأشعة السينية و أشعة غاما هي أمواج كهراطيسية ذات تردد عالي وطول موجة قصير

- أي هي شكلاً من أشكال الأشعة الكهرطيسية كالضوء المرئي، إلا أن أطوال موجاتها قصيرة جداً من مرتبة ١/١٠٠٠٠ من أطوال أمواج الضوء المرئي. وأقل من ذلك،

مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية

- أن طاقة الأشعة السينية وأشعة غاما الكبيرة تساعدها في اختراق الأجسام التي تعكس أو تمتص الضوء العادي
- يبين الشكل قسماً من الطيف الكهرطيسية حددت عليه بعض مجالات أطوال الموجات السينية والغامية .

الطيف الكهرومغناطيسي

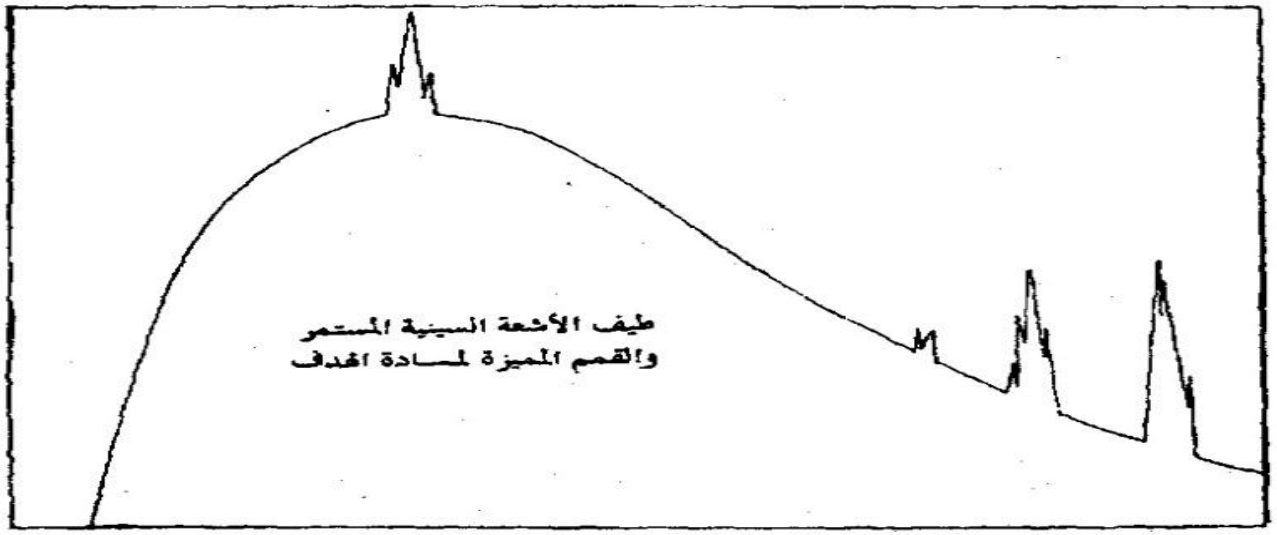


تتميز الأشعة السينية بطيفها المستمر بينما تكون أشعة غاما ذات طاقات محددة تتعلق بطبيعة النظير المشع الذي يصدرها.

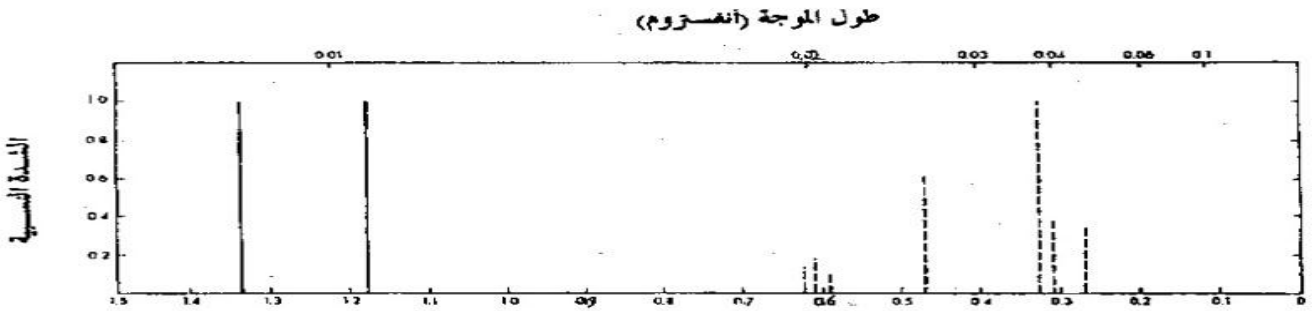
يبين الشكل طيف نموذجي للأشعة x و الشكل الأخر طيف أشعة غاما التي تصدرها كل من نواة الكوبالت ٦٠ ونواة الايريديوم ١٩٢.

الكوبالت ٦٠ يصدر شعاعين طاقتهم ١,١٧ -١,٣٣ متوسطها ١,٣٥

الأيريديوم ١٩٢ يصدر ثلاثة إشعة طاقاتها ٠,٣١ – ٠,٤٧ ٠,٦٠ متوسطها ٠,٣٥٥

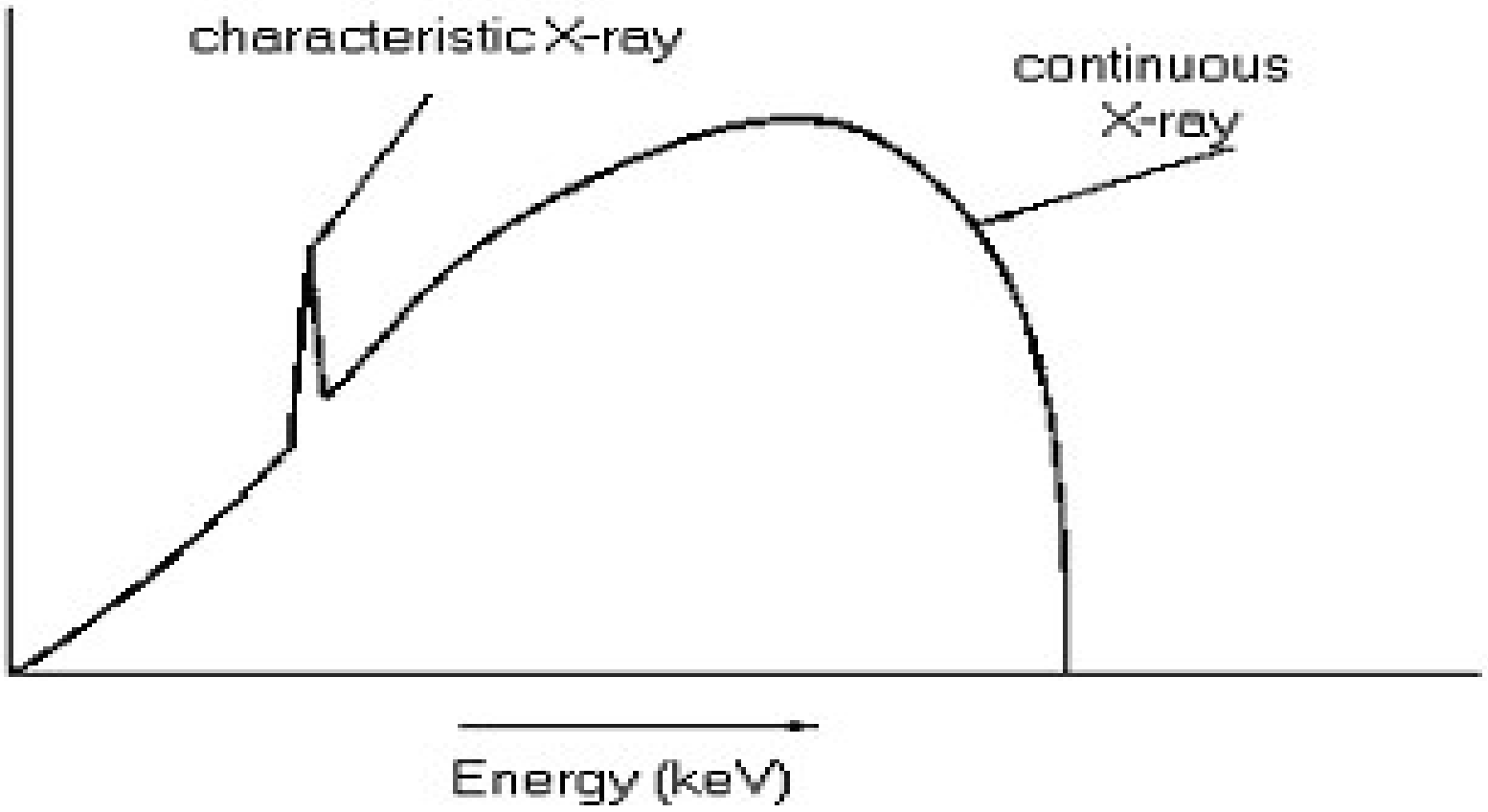


الشكل (3—5) طيف نموذجي يمثل توزع الأشعة السينية بدلالة طول الموجة بنوعيها المستمر والخطي أو المتقطع (المميّز)



الشكل (3—6) توزع طاقات أشعة غاما الصادرة
من الكوبالت 60 (الخطان المستمران)
ومن الايريديوم 192 (الخطوط المتقطعة)

X-RAY SPECTRUM



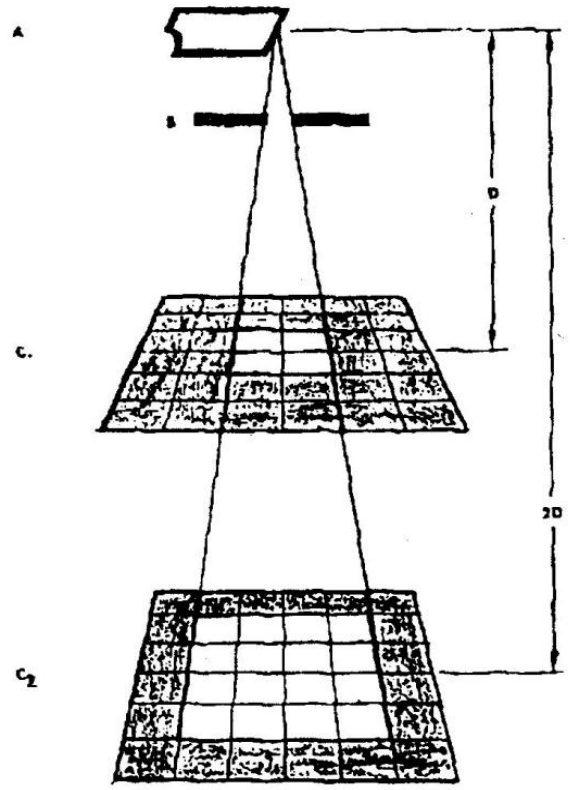
X-ray spectrum

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

خواص الأشعة السينية وأشعة غاما

- الأشعة السنية و أشعة غاما رزما(كم) من الطاقة ليس لها وزن أو كتلة.
- تنتشر بسرعة الضوء ٣ ×١٠^٨ م/ثا
- تنتشر في الخلاء وفى الأوساط المتجانسة وفق مسارات مستقيمة
- يخضع انتشارها من منبع نقطي لقانون التربيع العكسي

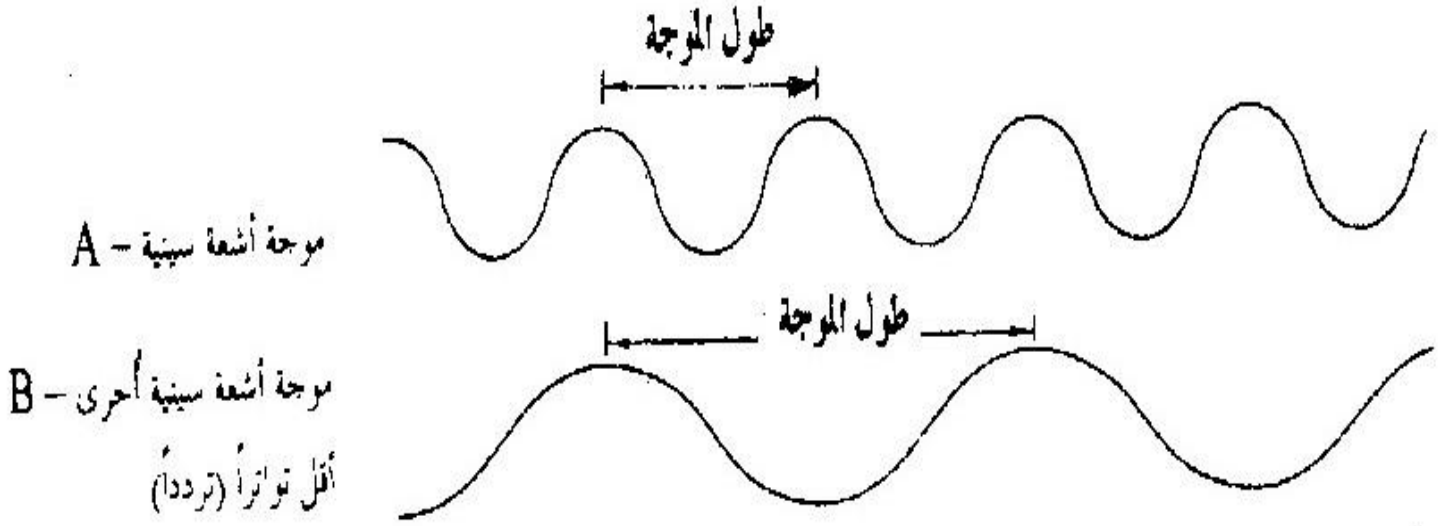
قانون التربيع العكسي



الشكل (3-7) رسم توضيحي لقانون التربيع العكسي

- تأين الغازات و المواد
- تؤثر على الطبقة الحساسة لأفلام التصوير
- تمتص و تتبعثر في المواد المختلفة
- تؤذي الخلية الحية (تخربها بفعلها المؤين)

- تتميز الأمواج الكهرطيسية بما في ذلك الأشعة السينية و أشعة غاما بطول موجتها (λ) و ترددها ν اللذين يرتبطان مع سرعة انتشارها في الخلاء c بالعلاقة : $C = \nu.\lambda$
- λ طول الموجة و يقاس بالمتر
- ν التردد ويقاس بالهرتز
- C سرعة الضوء و يقاس م/ثا
- يتضح من هنا انه كلما ازداد تردد الأشعة الكهرطيسية نقص طول موجتها



الشكل (3–8) يزداد عدد الموجات التي تعبر نقطة ما من الفراغ كلما ازداد تردد الموجة الكهرطيسية

من علاقة بلانك نجد : $E = h \cdot \nu$

حيث : E– طاقة كم أو فوتون الإشعاع مثل أشعة غاما

h– ثابت بلانك = ٦.٦٢٤×١٠^{-22} ارغ× ثانية

ν– تردد الأشعة

إنه كلما ازداد تردد الأشعة ازدادت الطاقة التي يحملها الفوتون الواحد وبالتالي ازدادت طاقة حزمة الأشعة

التفكك الإشعاعي : Radioactive Decay

- التفكك الإشعاعي هو التحول التلقائي لنظائر العناصر الطبيعية أو الصنعية المشعة إلى نظائر و عناصر مشعة أخرى أو مستقرة
- و يترافق التفكك الإشعاعي بإصدار طاقة على شكل جسيمات مشحونة و أشعة و ذلك وفق أنماط التفكك التالية:

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

التفكك الإشعاعي

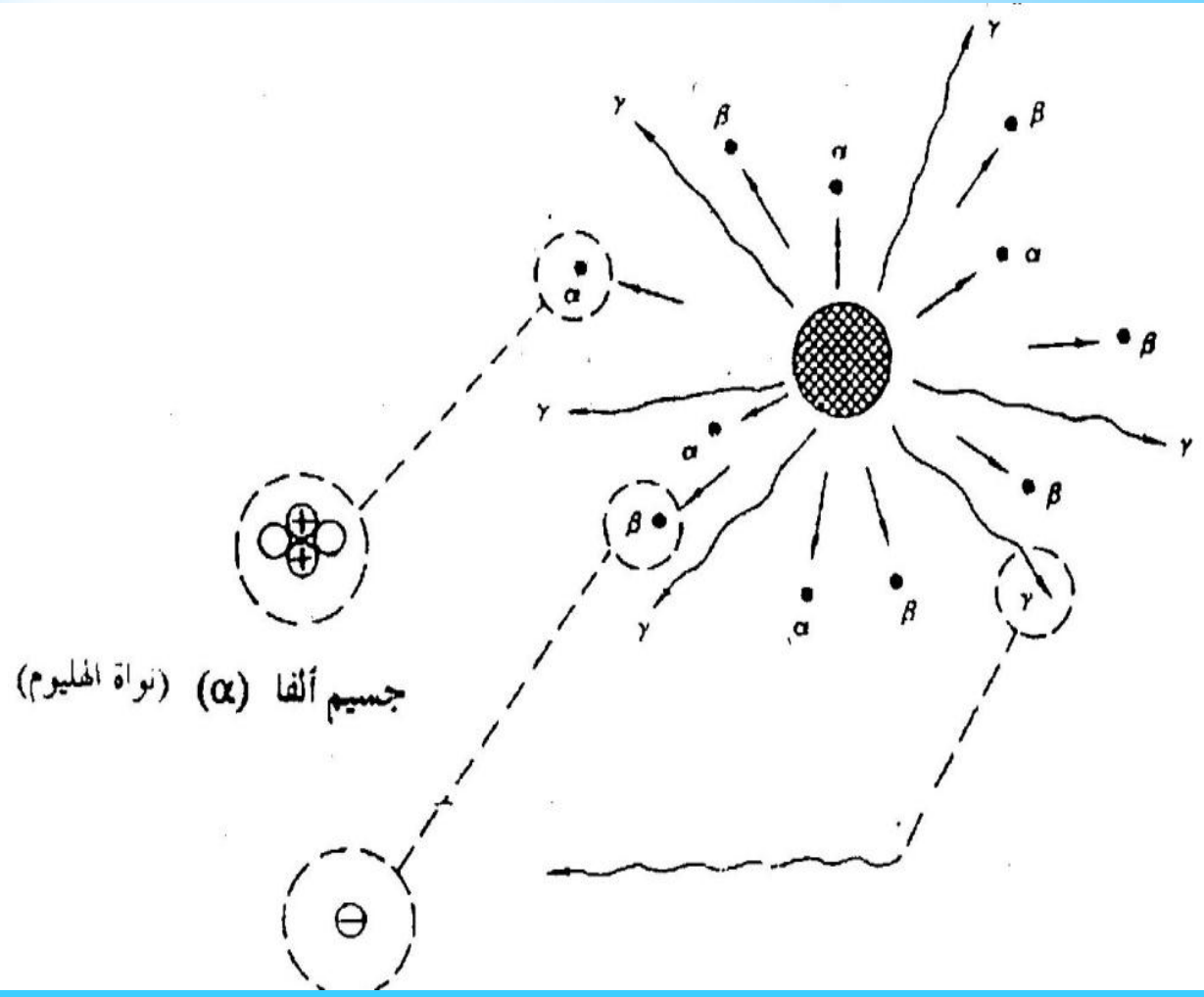
- إصدار جسيمات ألفا α-Particles (نوى ذرة الهيليوم).
- إصدار جسيمات بيتا β-Particles (إلكترونات أو بوزيترونات)
- أشعة غاما γ-Rays
- جسيمات بيتا و أشعة غاما
- جسيمات ألفا وأشعة غاما

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

التفكك الإشعاعي

- يبين الشكل مخططاً يوضح أنواع الإشعاعات التي تصدرها النواة المتفككة، و يستفاد من أشعة غاما الصادرة عن التفكك الإشعاعي في أعمال التصوير الإشعاعي الصناعي.

التفكك الإشعاعي



أشعة-غاما

- فوتونات كهرومغناطيسية أو إشعاع (مماثلة للأشعة السينية ما عدا المنشأ)
- تصدر من نوى الذرات المشعة - إصدار تلقائي؛
- تصدر بطاقة حركية ترتبط بالمصدر المشع؛
- شديدة الاختراق – و تحتاج إلى تدريع جيد؛
- تشكل خطر إشعاعي خارجي كبير؛

جسيمات ألفا

- تحتوي على نيوترونين و بروتونين؛
- شحنتها + 2
- تصدر من نوى الذرات المشعة؛
- تنقل الطاقة بمسافات قصيرة جدا (10 cm في الهواء)؛
- تحجب بواسطة الورق أو طبقة الجلد؛
- الخطر الرئيسي يأتي من التعرض الداخلي؛
- يمكن أن تتراكم مصدرات ألفا في النسج (عظام، كلية، كبد، رئة، طحال) و تسبب ضرر محلي؛

جسيمات بيتا

- جسيمات صغيرة مشحونة كهربائياً و تشبه الإلكترون
- شحنتها -1، +1؛
- تصدر من نوى الذرات المشعة؛
- تصدر بطاقات حركية مختلفة؛
- يحجبها الخشب و يمكنها اختراق جسم الإنسان لعمق يتراوح ما بين 0.2 cm و 1.3 cm بحسب طاقتها؛
- يمكن أن تسبب حروق جلدية أو أضرار داخلية إذا ما دخلت الجسم؛

قانون التفكك الإشعاعي : Radioactive Decay Law

- يتناقص عدد النوى المشعة في نظير مشع مع مرور الزمن و ذلك وفق علاقة أسية :

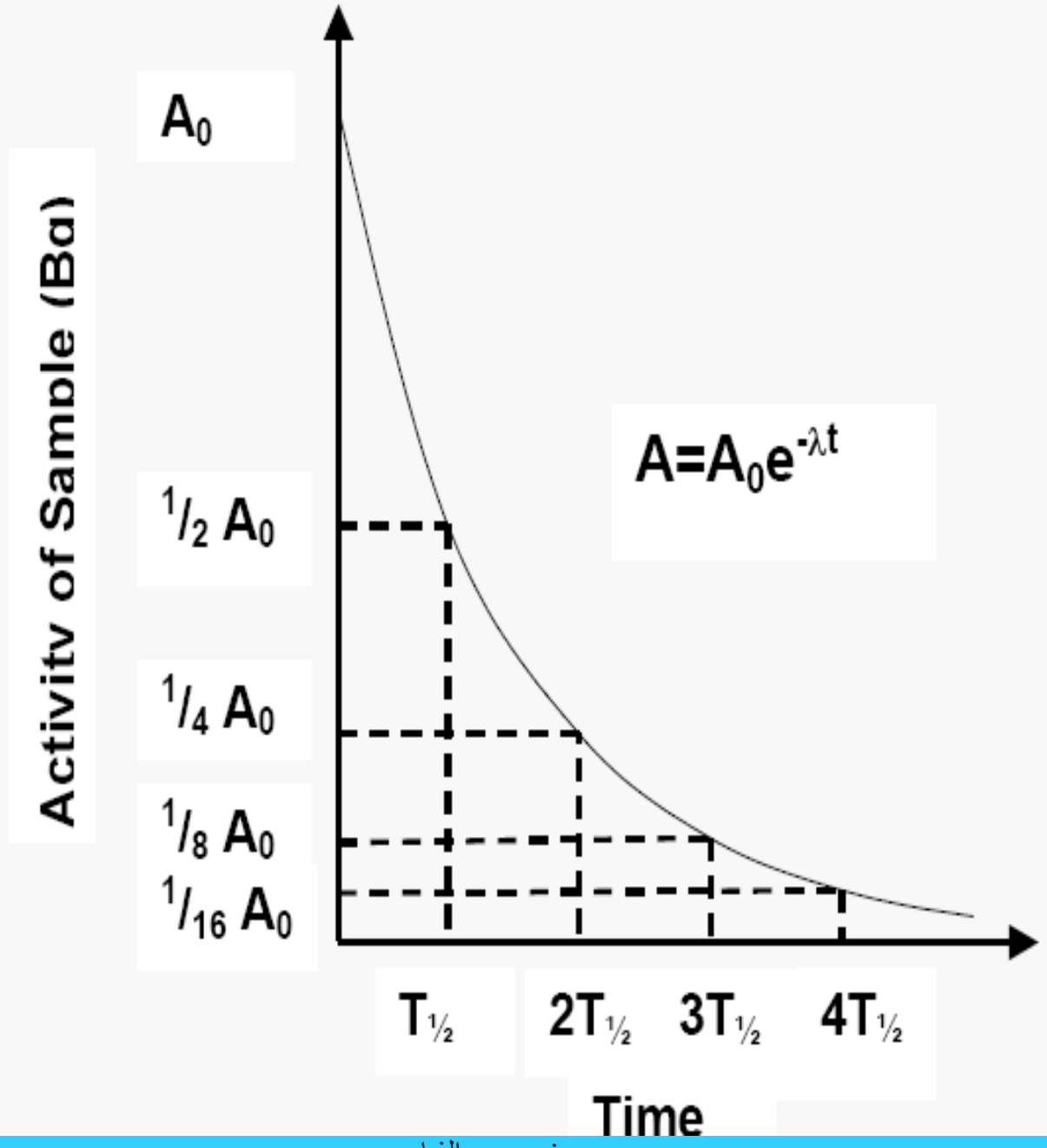
$$N_x = N_O e^{-\lambda t}$$

- حيث : N_O – عدد الذرات المشعة في لحظة البداية t=0
- N_x – عدد الذرات المشعة المتبقية بعد مرور زمن (t)
- λ – ثابت التفكك
- t – الفترة الزمنية التي يتم خلالها التفكك

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

Characteristic of : خصائص التفكك الإشعاعي
Radioactive Decay

- من أهم خصائص التفكك الإشعاعي
- عمر النصف Half Live
- يعبر عمر النصف T لنظير ما عن سرعة تفكك هذا النظير و هو الفترة الزمنية التي يتفكك خلالها نصف عدد النوى المشعة لهذا النظير و تعطى بالعلاقة : $T = 0,693 / \lambda$
- حيث : λ ثابت التفكك الإشعاعي للنظير المشع.


Activity of Sample (Bq)
A0
1/2 A0
1/4 A0
1/8 A0
1/16 A0
A=A0e-λt
T½
2T½
3T½
4T½
Time

نشاط النظير المشع : Radioisotop Activity

- يدل نشاط النظير المشع على عدد الذرات التي تتفكك في وحدة الزمن و يعبر عن ذلك بوحدة البيكرل (Bq) أو بالكوري (Ci) حيث :
- ١ بيكرل يساوي ١ تفكك/ثانية
- ١ كوري يساوي ٣,٧× $١٠^{١٠}$ تفكك/ثانية (بيكرل)

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

النشاط النوعي : Specific Activity

- هو ما يعبر عن النشاط في واحدة الكتلة ويقاس النشاط النوعي للنظير المشع في مادة ما بالكوري أو البكرل في الغرام [Chi/g] وهو يدل على درجة تركيز عنصر مشع معين في تلك المادة.
- مثال

طاقة الإشعاع المرافق للتفكك الإشعاعي : Radiation Energy

- يعبر عن طاقة الإشعاع الصادر عن النواة بمضاعفات وحدة الإلكترون فولط و بخاصة وحدة الكيلو إلكترون فولط Kev أو الميغا إلكترون فولط.Mev

- يعرف الإلكترون فولط بأنه كمية الطاقة المساوية للطاقة التي يكتسبها واحد إلكترون عند تسريعه فولط واحد.

$$1\ eV = q_e x 1V = 1.6x10^{-19} x 1 = 1.6x10^{-19}$$

الشدة المميزة : *Characteristic Intensity*

- تقاس الشدة المميزة بوحدة" الرونتغن/ساعة لكل كوري" على مسافة ١ متر [R/h/ Ci at 1 m]
- و تحدد الشدة المميزة العلاقة ما بين نشاط المنبع و شدته الإشعاعية

- و يوضح الجدول قيم مميزات التفكك الإشعاعي لأهم النظائر المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي

النظير	عمر النصف	طاقة الأشعة Mev	النشاط النوعي Ci/Gram	الشدة المميزة R/h/ Ci at 1 m
ايريديوم 192، $^{192}_{78}Ir$	74.3 يوم	0.355	350	0.55
كوبالت 60، $^{60}_{27}Co$	5.27 سنة	1.25	50	1.35
السيزيوم 137، $^{137}_{55}Cs$	30.1 سنة	0.66	25	0.37
الثيليوم 170، $^{170}_{69}Tm$	129 يوم	0.072	1000	0.003

الجدول (3-1) خصائص التفكك الإشعاعي للنظائر المشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي

تفاعل الأشعة مع المادة : Interaction of Radiation with Matter

- تتفاعل الأشعة السينية و أشعة غاما مع المادة وفق ثلاثة أنماط رئيسية هي:
- المفعول الكهرضوئي
- مفعول كمبتون
- إنتاج الأزواج
- تتفاعل الأشعة مع المادة وفق نمط أو أكثر من الأنماط الثلاثة وتتحرر الألكترونات

تفاعل الأشعة مع المادة

- تؤين هذه الإلكترونات الحرة المتشكلة خلال حركتها الذرات أو الجزيئات الواقعة على مساراتها بتصادمها مع الإلكترونات المدارية لهذه الجزيئات أو الذرات و تستمر طاقة الإلكترونات بالتناقص حتى تصل إلى قيم منخفضة و تتحرر الطاقة المفقودة على شكل إشعاعات ضوئية أو حرارة أو إشعاع سيني.

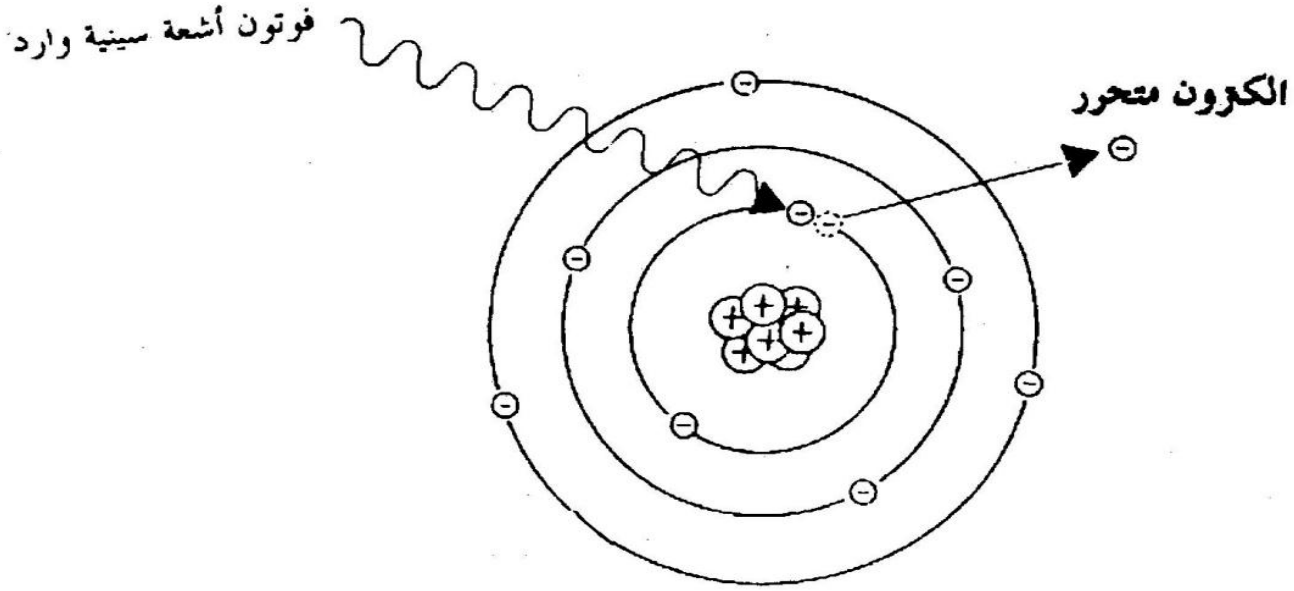
مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

المفعول الكهروضوئي : Photoelectric Effect

- يحدث هذا التفاعل من تفاعلات الإشعاع مع المادة عندما تكون طاقة فوتونات الأشعة الواردة اصغر من 500[Kev] (١٠- ٥٠٠) وفيه يعطي الفوتون كامل طاقته إلى أحد الإلكترونات المدارية ليتحرر من ارتباطه مع الذرة و ليكتسب طاقة حركية يؤين بواسطتها ذرات الوسط المحيط بينما يتلاشى الفوتون الأساسي كما هو مبين في الشكل.

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

المفعول الكهروضوئي



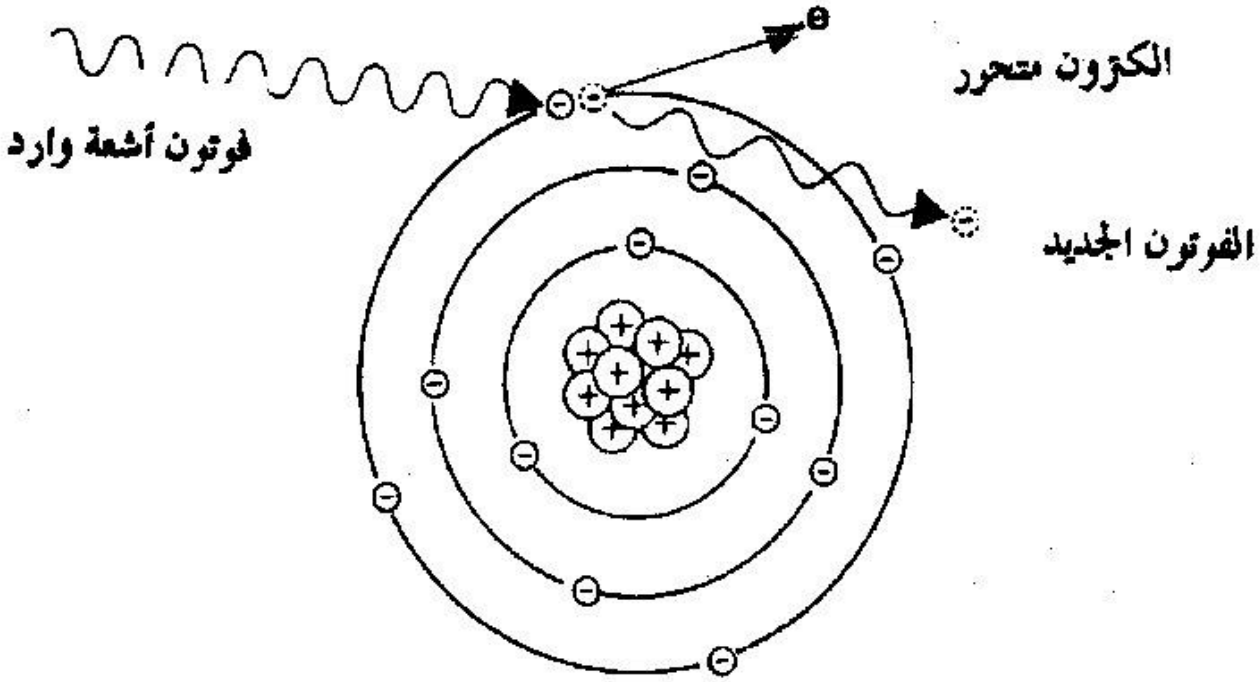
الشكل(3–10): المفعول الكهرضوئي.

مفعول كمبتون Compton Effect:

- يحدث هذا النمط من تفاعل الإشعاع مع المادة عندما تكون طاقة فوتونات الأشعة الواردة واقعة في المجال ما بين (100 Kev - 10 Mev) حيث يتفاعل الفوتون مع أحد الإلكترونات المدارية الذرية ويعطيه جزءا من طاقته ليتحرر ويكتسب طاقة حركية، ويصدر فوتون جديد (يمكن أن يقال عنه أنه الجزء الآخر من الفوتون الوارد)منحرفا عن مسار الفوتون الأساسي الوارد ويحمل طاقة أقل وطول موجة أكبر كما هو موضح في الشكل

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

مفعول كمبتون



الشكل (3–11) مفعول كمبتون

مفعول كمبتون

- ويتكرر التفاعل بين الفوتون الجديد والكترون آخر وتتناقص بذلك طاقة الفوتون حتى يتلاشى نهائياً بواسطة المفعول الكهرضوئي.وتتابع الإلكترونات المتحررة تأيين ذرات الوسط المحيط.حتى تتلاشى طاقتها أيضا في الفترة الزمنية القصيرة ذاتها

(زمن النبضة)

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

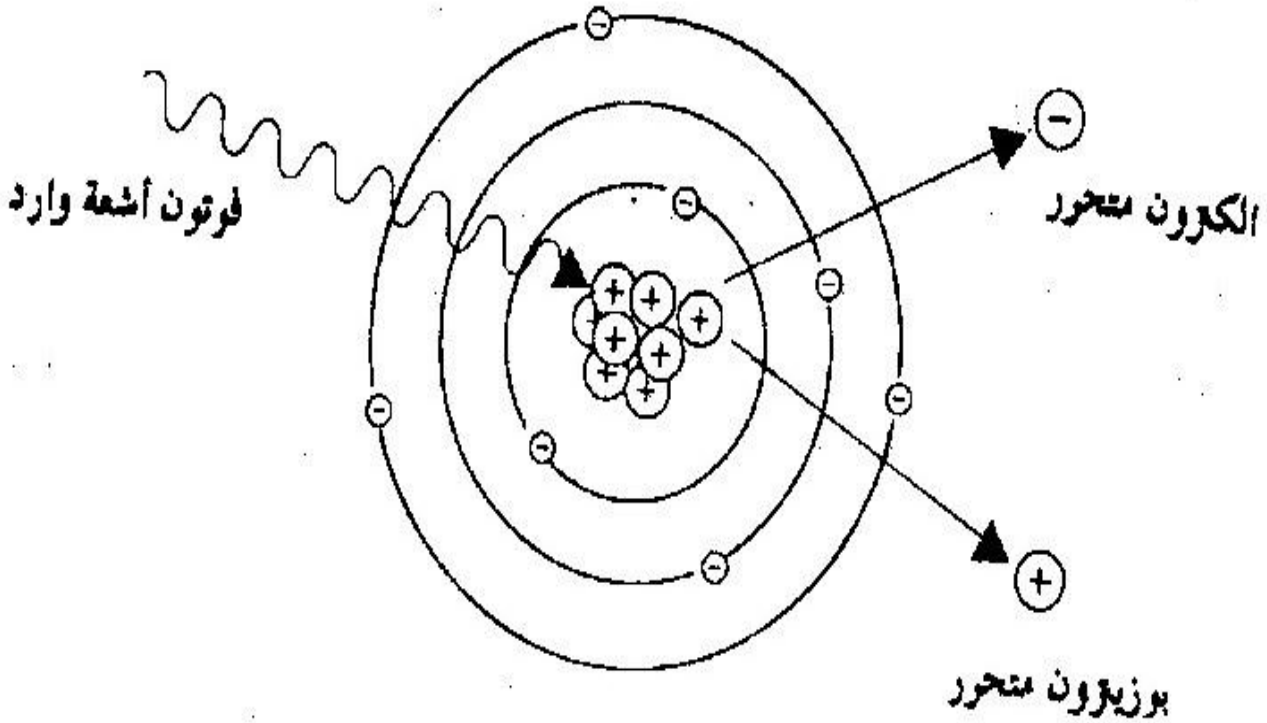
إنتاج الأزواج Pair Production:

- يحدث هذا النمط من تفاعل الإشعاع مع المادة عندما تكون طاقة الفوتونات مرتفعة مساوية أو أكبر من 1.02 [Mev] حيث تمتص طاقة الفوتون عند اقترابه من نواة الذرة ويتلاشى وتتحول الطاقة الممتصة إلى إلكترون وبوزيترون (e^- , e^+) وتكون فترة حياة البوزيترون قصيرة حيث يصطدم مع إلكترون ويتلاشيا معا لينتجا فوتونين طاقة كل منهما 0.51 Mev.

كما في الشكل .

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

إنتاج الأزواج



الشكل (3-12) إنتاج الأزواج

توهين الأشعة

- يمكن أن تخترق أشعة غاما والأشعة السينية سماكات كبيرة
- تفقد طاقتها عبر التفاعلات التالية:
  - المفعول الكهرضوئي: ويزداد في حالات الطاقة المنخفضة والعدد الذري العالي
  - تبعثر كومبتون وخصوصاً عند الطاقات المنخفضة
  - توليد الأزواج في حالات الطاقة العالية والعدد الذري العالي

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

توهين الأشعة

- يمكن استعمال معادلة التوهين التالية لـ γ و x-ray :

$$R_x = R_o\, e^{-\mu x} \qquad (1)$$

حيث:

R_x : معدل الجرعة بعد عبور التدريع ذو السماكة x

R_o : معدل الجرعة بدون التدريع

x : سماكة التدريع (cm)

μ : معامل الإمتصاص الخطي لمادة التدريع (cm^{-1})

توهين الأشعة

$$R_o / R_x = 2^n$$

- أي:

$$R_x = R_o / 2^n$$

- وبالمثل نجد العلاقة من اجل TVL وهي:

$$R_x = R_o / 10^n$$

قيمة ثخانة طبقة النصف

نوع العنصر المشع	قيمة ثخانة طبقة النصف مقدرة ب مم	
	الرصاص	البيتون
Ir – 192	4.8	49
Co-60	13	69

الجدول (2-1) قيمتا ثخانة النصف بالنسبة لكل من الايريديوم192 والكوبالت 60 في الرصاص والبيتون على التوالي.

توهين الأشعة

- مثال: معدل الجرعة قرب منبع كوبالت –60 هو $160\ \mu Sv\ h^{-1}$ ما سماكة الرصاص المطلوبة لتخفيض معدل الجرعة إلى : $10\ \mu Sv\ h^{-1}$ ؟
- الحل:

HVL = 1.20 cm

$R_x = 10\ \mu Sv\ h^{-1}$

$R_0 = 160\ \mu Sv\ h^{-1}$

$10=160/2^n$

$2^n = 16$

n= 4

x = n . HVL = (4).(1.3) = 5.2 cm

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

كشف الإشعاعات وقياسها Radiation Detections and Measurements:

- استخدام أنواع عديدة من الأجهزة للكشف عن الإشعاعات وقياسها. بعض هذه الأجهزة تستند في عملها على مبدأ التأين مثل الكواشف الغازية وكواشف أنصاف النواقل وبعضها الآخر يستند في عمله على مبدأ الإثارة Excitation مثل الكواشف الوميضية..

أجهزة قياس الأشعة المستخدمة في التصوير الإشعاعي الصناعي

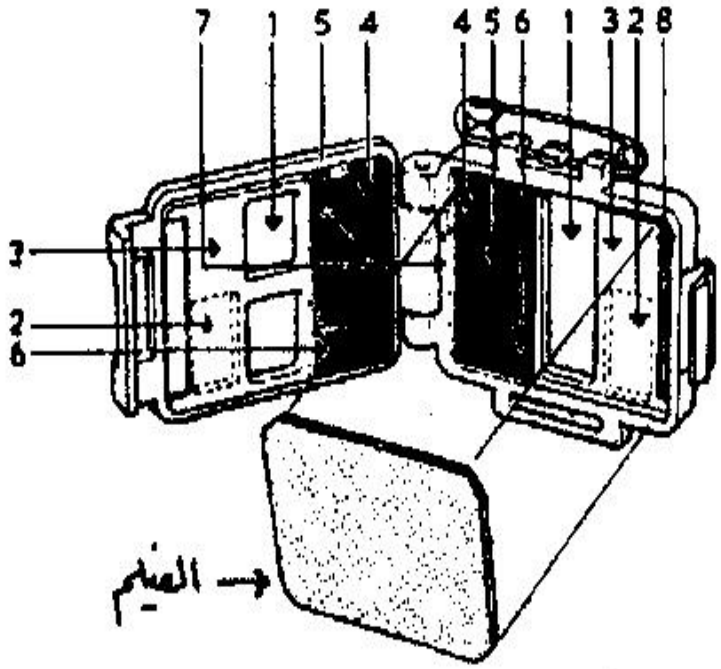
- يستخدم في التصوير الشعاعي الصناعي
- أجهزة المراقبة الفردية وتستخدم لقياس الجرعة الكلية الممتصة.
- أجهزة المسح الإشعاعي وتستخدم لقياس معدل الجرعة أو الشدة الإشعاعية.

أجهزة المراقبة الفردية Personnel Monitoring Devices:

- يحمل الأفراد القائمون على العمل في المجال الإشعاعي أجهزة المراقبة الفردية بشكل دائم أثناء عملهم وهذه الأجهزة مصممة أصلا لإعطاء قراءات تراكمية لكامل الجرعات الممتصة مثل فلم المراقبة الفردية أو مجراع الجيب.

فلم المراقبة الفردية Film Badge:

- وهو عبارة عن فلم تصوير موضوع ضمن إطار بلاستيكي فيه نوافذ أمامية وأخرى خلفية مفتوحة أو تسترها مرشحات رقيقة من الرصاص أو الكادميوم ويضع العاملون في مجال الأشعة هذا الفلم على صدورهم لمدة تتراوح ما بين أسبوع وشهر ومن ثم يجري تحميض هذا الفلم ومقارنته بفلم مماثل يدعى بالفلم الشاهد Control Film فتظهر عليه كثافات مختلفة باختلاف تعرض الفلم لجرعات مختلفة الأمر الذي يسمح بتحديد الجرعة التي تم امتصاصها من قبل حامله



1- نافذة مفتوحة.

2- مرشح بلاستيكي رقيق $50mg/cm^2$

3- مرشح بلاستيكي سميك $300mg/cm^2$

4- مرشح الدورال "0.004

5- مرشح الكادميوم "0.028 والرصاص "0.012

6- مرشح القصدير "0.028 والرصاص "0.012

7- قاعدة رصاصية واقية "0.012

8- مرشح الإنديوم 0.4 gm

الشكل رقم (3-14): رسم تفصيلي يبين أشكال المرشحات المساعدة

مجراع الجيب Pocket Dosimeter:

- هوأحد أجهزة المراقبة الفردية القديمة وله شكل مشابه لشكل قلم الكتابة ويوجد منه نموذجان متشابهان في الشكل وفي مبدأ العمل يسمى النموذج الأول مجراع الجيب ذو القراءة المباشرة ويسمى الآخر بمجراع الجيب ذو القراءة غير المباشرة.

أجهزة المسح الإشعاعي Survey Meters:

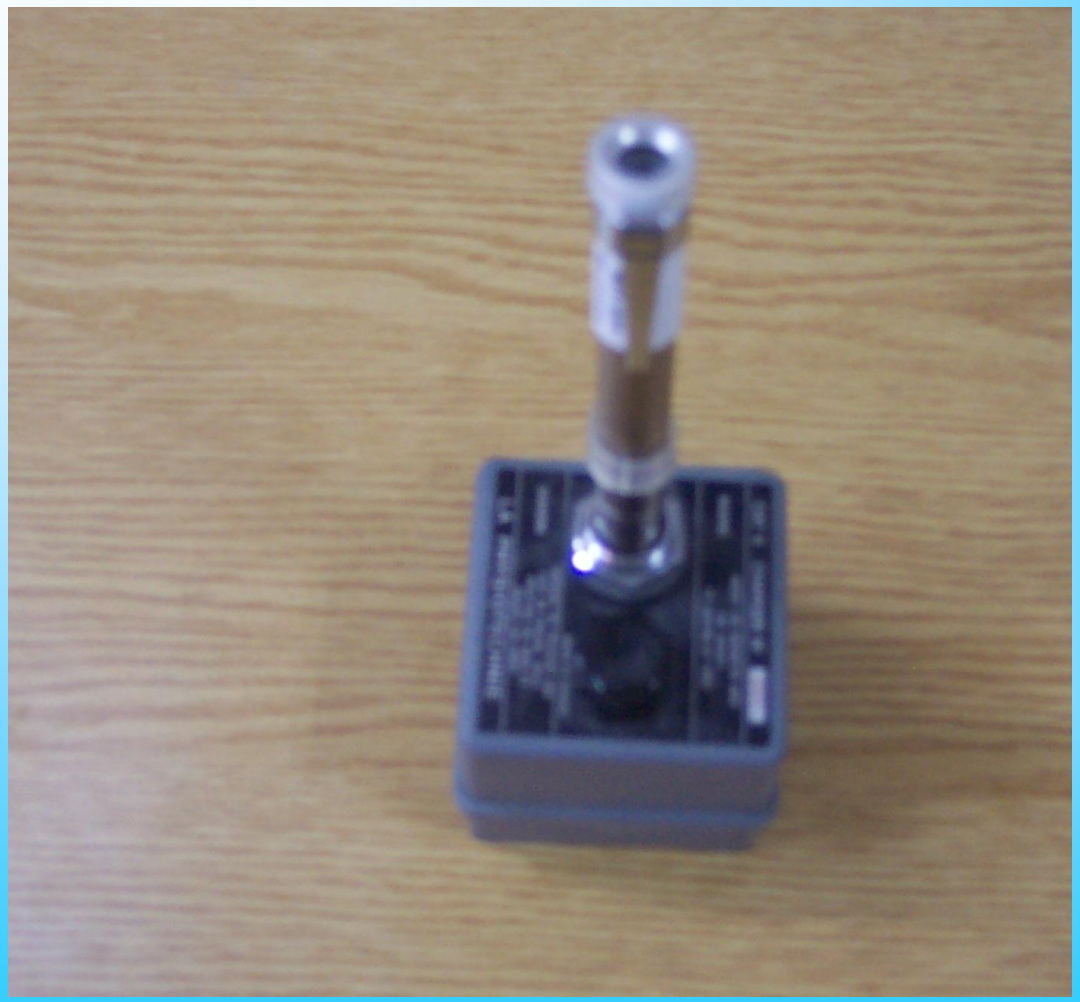
- هي مقاييس تم تصميمها لإعطاء قراءات آنية لمعدل الجرعة أو شدة الأشعة بوحدة الرونتجن أو الميلي رونتجن في الساعة على أي بعد محدد من المنبع، من هذه المقاييس:
- مقاييس المسح الإشعاعي ذات حجرة التأين.
- عدادات غايغر مولر.
- نظام الإنذار المكاني.

نظام الإنذار المكاني Area Alarm System:

- وهو عبارة عن كاشف أشعة ذو حجرة تشريد يستخدم في مراقبة مواقع العمل التي يتم فيها تنفيذ التصوير الإشعاعي بأشعة غاما حيث يصدر عن هذا الكاشف إنذار صوتي أو ضوئي في الحالة التي يزيد فيها مستوى الإشعاع عن الحد المسموح به.

ف .حميد الذياب

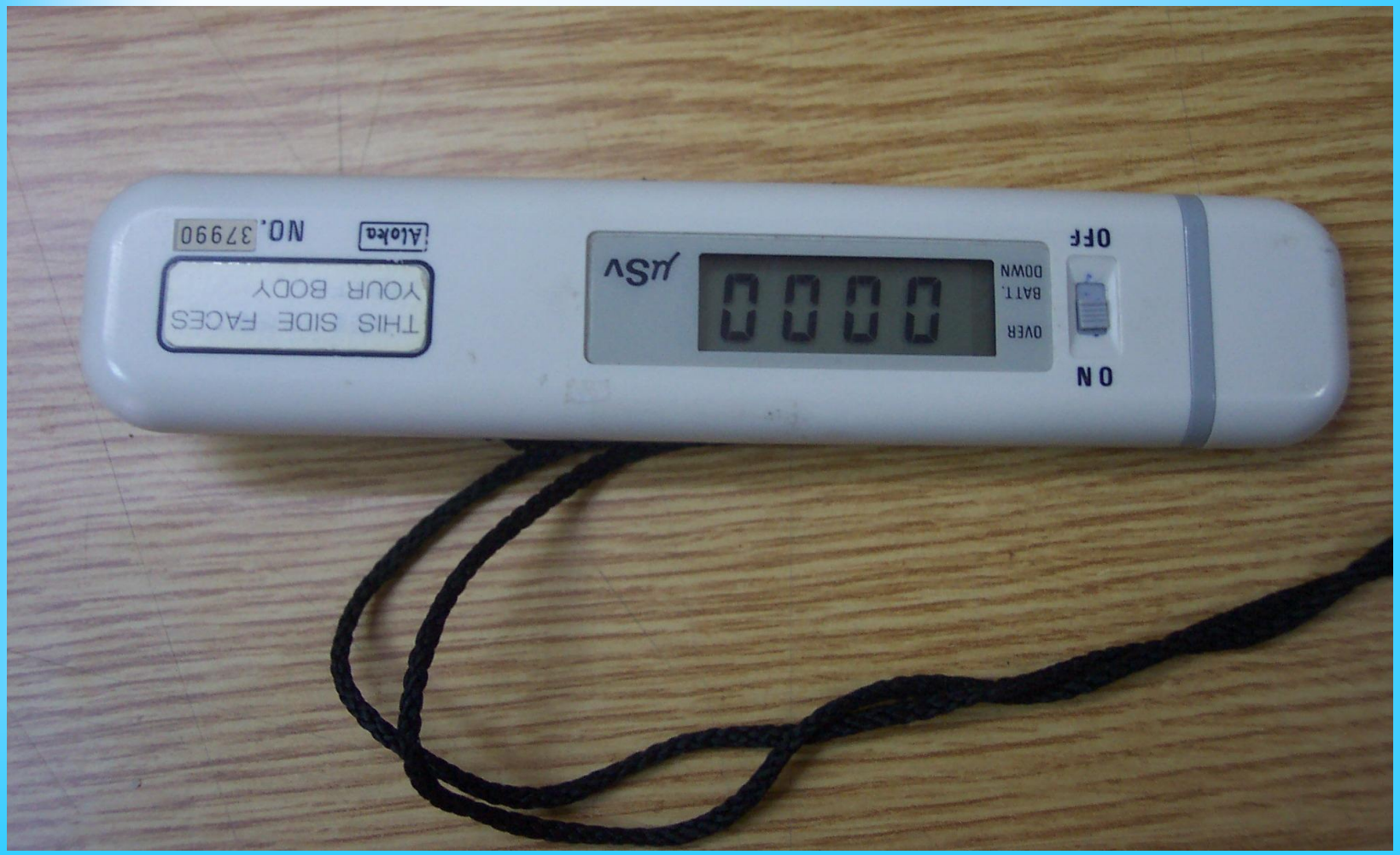
ف .حميد الذياب



ف .حميد الذياب

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

ف. جميل النباب



ف .حميد الذياب

ف .حميد الذياب

ف .حميد الذياب

فا جميد النياب

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

فن جميل النيابات

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

في جميع النيابات

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

ف .حميد الذياب

في جميع النيابات

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

مع تمنياتي لكم بالنجاح

الفيزيائي حميد الذياب