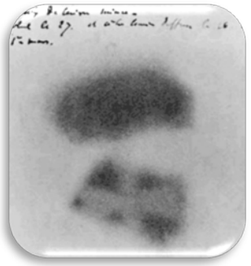
الفصل 7 — الفيزياء النووية Nuclear Physics

نشأة الفيزياء النووية:

أثبت رذرفورد وجود النواة وأجرى تجارب لاكتشاف تركيبها، وأظهرت نتائج تجارب هنري موسلي لتشتت الأشعة السينية أنّ البروتونات موجبة الشحنة، وأنها مسؤولة عن نصف كتلة النواة، وأكتشف شادويك جسيم متعادل (عُرف بالنيترون) كتلته مساوية تقريبا لكتلة البروتون.

المواد المشعة:

فسّر بيكيرل مشاهدته لتغير لون الصفائح التي كانت تغطي اليورانيوم بأنها نوعا من الأشعة المنبعثة من اليورانيوم، فتوصل إلى أن المواد المشعة قادرة على أنّ تبعث أشعة نافذة، وتضمحل نواتها بانتقالها من حالة استقرار إلى حالة أكثر استقراريه.



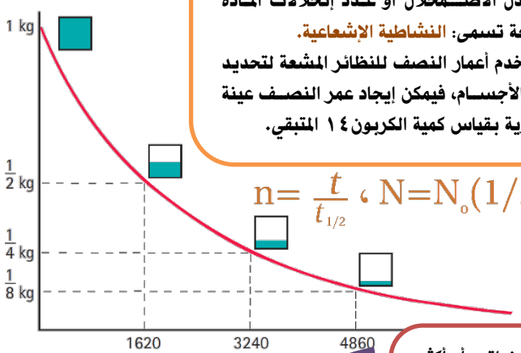
ملخص الاضمحلال الإشعاعي (أنواع الإشعاعات)		
جسيم ألفا α	جسيم بيتا β	إشعاع جاما γ
شحنة 2 +	شحنة 1-	متعادل
أقل نفاذًا	طاقة متوسطة	أكبر نفاذًا
تحوّلات النواة:	تحوّلات النواة:	تحوّلات في الطاقة فقط:
$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha$	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{z+1}Y + \beta$	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$
$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + \alpha$	$^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + \beta$	$^{222}_{86}Rn^{*} \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + \gamma$

التفاعل النووي:

يحدث التفاعل النووي عندما تتغير طاقة النواة أو عدد النيوترونات أو عدد البروتونات فيها، ينتج عن بعضها طاقة، بينما تحدث تفاعلات أخرى فقط عندما تزود النواة بطاقة. وفي كل الأحوال مجموع العدد الكلي للجسيمات النووية يبقى ثابتا خلال التفاعل، وكذلك الشحنة محفوظة.

عمر النصف

الزمن اللازم لاضمحلال نصف الذرات لأي كمية من نظير العنصر المشع يسمى **عمر النصف**.
ومعدل الاضمحلال أو عدد إنحلالات المادة المشعة تسمى: **النشاطية الإشعاعية**.
تستخدم أعمار النصف للنظائر المشعة لتحديد عمر الأجسام، فيمكن إيجاد عمر النصف عينة عضوية بقياس كمية الكربون ١٤ المتبقي.



$$n=\frac{t}{t_{1/2}}\ ،\ N=N_0(1/2)^n$$

رمز العنصر

$$^{A}_{Z}X$$

العدد الكتلي $A = p+n$ — رمز العنصر X — العدد الذري $Z = p = e$

تتكون النواة من بروتونات ونيترونات (تسمى النيوكلونات) العدد الكتلي A يساوي مجموع البروتونات p والنيترونات n (يكتب في الطرف العلوي الأيسر لرمز العنصر)، والعدد الذري Z يساوي عدد البروتونات ويساوي كذلك عدد الإلكترونات e (يكتب في الطرف السفلي الأيسر لرمز العنصر).

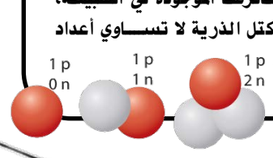
كتلة النواة ≅ A (u)

كتلة كل من البروتون والنيترون تساوي 1u (وحدة الكتل الذرية) وتعادل 1.66×10^{-27}kg، والكتلة التقريبية للنواة تساوي حاصل ضرب العدد الكتلي A في وحدة الكتل الذرية u

$$1u = 1.6605 \times 10^{-27}\ kg$$

النظائر

عناصر لها نفس العدد الذري (البروتونات) ولكن تختلف في عدد النيترونات (العدد الكتلي).
الكتلة المقاسة لأي ذرة هو متوسط كتلة نظائرها الموجودة في الطبيعة، لذلك الكتل الذرية لا تساوي أعداد صحيحة.



شحنة النواة = Ze

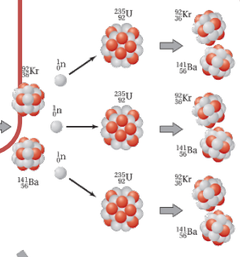
شحنة النواة الكلية تساوي عدد البروتونات في الشحنة الأساسية، لأن النيترونات متعادلة الشحنة.

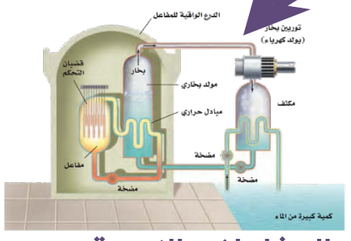
الإنشطار النووي

يحدث الانشطار النووي عندما تنشطر النواة الثقيلة إلى نواتين أو أكثر محررة نيوترونات وطاقة.

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{141}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n + 200\ MeV$$

مع كل انشطار تتحرر ثلاث نيوترونات كل منها يستطيع أنّ يحدث انشطار نووي لتستمر التفاعلات (التفاعل المتسلسل).



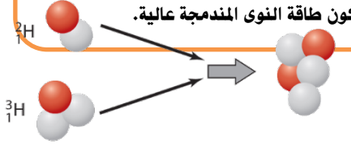


المفاعلات النووية

- تستخدم المفاعلات النووية لإحداث تفاعل متسلسل مسيطر عليه بتفتيت اليورانيوم في مهدئ لتبطيء النيوترونات السريعة.
- مفاعل الماء المضغوط (مفاعل نووي) يعمل على تهدئة النيوترونات بالإضافة إلى نقل الطاقة الحرارية بعيدا عن الانشطار.

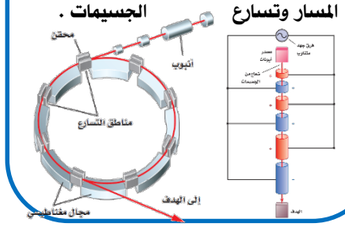
الإندماج النووي

- في عملية الإندماج النووي تندمج أنوية كتلتها صغيرة لتكوين نواة ذات كتلة كبيرة.
- يحدث الاندماج عند طاقة حرارية هائلة لأن قوة التنافر بين النوى المشحونة تحتاج أن تكون طاقة النوى المندمجة عالية.

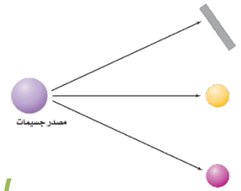


المسارعات:

- تستخدم المسرعات الخطية والدائرية لمسارعة البروتونات والإلكترونات.
- يتكون المسارع الخطي: من سلسلة من الأنابيب المجوفة داخل حجرة طويلة مفرغة تنتج البروتونات من مصدر أيوني، ويتم مسارعتها بتغيير الشحنة في الأنابيب أثناء حركة البروتونات.
- يمكن أن يصنع المسارع ليكون أصغر باستخدام المجال المغناطيسي لثني مسار الجسيمات فيصبح دائري (سنكروترون).
- في السنكروترون تفصل مناطق الثني المغناطيسي بمناطق تسارع لضبط المسار وتسارع الجسيمات .

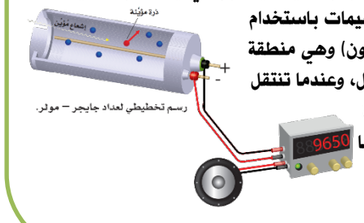


الكشف عن نتائج التصادم:



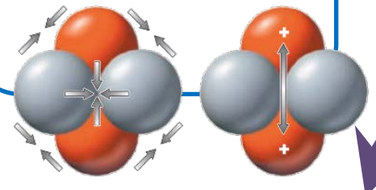
يمكن الكشف عن الجسيمات بثلاث طرق:
١-تأين المادة: تتفاعل الجسيمات ذات السرعة العالية مع المادة فتؤينها .
٢-فيلم كاشف: تتكون طبقة ضبابية عند اصطدام الجسيمات بالفيلم الكاشف.
٣-تألق فوتون: تبعث بعض المواد فوتونات عندما تتعرض لإشعاعات.

- ويمكن الكشف عن الجسيمات باستخدام عداد جايجر: بحيث أنّ دخول أي جسيم مشحون أو أشعة جاما إلى أنبوب جايجر يتسبب في يتولد نبضة تيار.
- وكذلك يمكن الكشف عن الجسيمات باستخدام مسارات التكاثف (غيمة ولسون) وهي منطقة مشبعة ببخار الماء أو بخار الايثانول، وعندما تنتقل الجسيمات المشحونة خلال الحجرة تترك أثرا من الأيونات في مسارها فيتكاثف البخار على شكل قطرات صغيرة على تلك الأيونات.



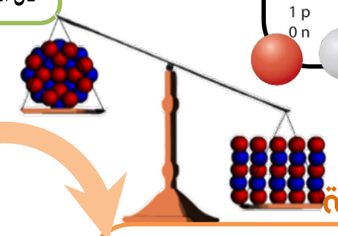
القوة النووية القوية:

لا تتباعد البروتونات داخل النواة مع أن لها نفس الشحنة الموجبة، ذلك لأن القوة النووية القوية تؤثر بين البروتونات والنيترونات في النواة وهي أكبر ١٠٠ مرة من القوة الكهرومغناطيسية، ولكن مداها قصير ويساوي نصف قطر البروتون.



تعتمد طاقة الربط على كتلة النواة كما هو موضح في الشكل المجاور، فالأنوية الثقيلة ترتبط بقوة أكبر من الأنوية الخفيفة إلا القليل. وطاقة الربط النووية لكل نوية تصبح أكثر سالبية كلما ازداد العدد الكتلي A حتى A=56 وتعد نواة الحديد من أكثر الأنوية ترابطا، لذلك تكون الأنوية أكثر استقرارا كلما اقترب عددها الكتلي من العدد الكتلي للحديد.

طاقة الربط النووية



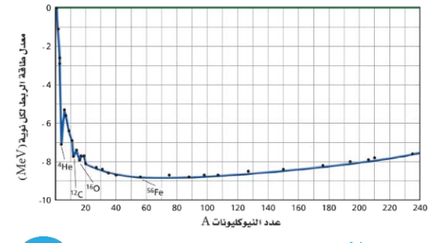
لوحظ تجريبيا أنّ كتلة النواة مجتمعة أقل من كتلة مكوناتها متفرقة، وعلل أينشتاين ذلك بتحول فرق الكتلة إلى طاقة ربط نووية بين مكونات النواة، مستندا على أن الكتلة والطاقة متكافئتين، وبالتالي:

$$E = mc^2$$

طاقة الربط النووية (Me.V) = فرق الكتلة × 931.5
فرق الكتلة (u) = الكتلة الذرية – كتل البروتونات والنيترونات

ولأن طاقة النواة الكلية أقل، فإن طاقات الربط جميعها تكون سالبة

$$1u = 931.49\ Mev$$



#تدريس_الفيزياء @N_Allehyani

النموذج المعياري:

يعتقد العلماء الآن وجود ثلاث عائلات من الجسيمات الأولية (النموذج المعياري) هي:
حاملات القوى (البوزونات)، والكواركات، واللبتونات.

بوزون هيجز

اكتشـــاف العلماء بوزون هيجز، وهو الـذي يحـدد كتل اللبتونات والكواركات.

هيجز
126 GeV/c²
0
0
H

حاملات القوى

الجلونات	الفوتونات	بوزونات ضعيفة	بوزونات ضعيفة
0	0	91,2 GeV/c²	80,4 GeV/c²
0	0	0	±1
1	1	1	1
g	γ	Z	W

الكواركات

	العلوي	الجاذب	الفوقي
الكتلة	2,3 MeV/c²	1,275 GeV/c²	173,07 GeV/c²
الشحنة	⅔	⅔	⅔
الدوران	½	½	½
	u	c	t

	السفلي	الغريب	التحتي
	4,8 MeV/c²	95 MeV/c²	4,18 GeV/c²
	-⅓	-⅓	-⅓
	½	½	½
	d	s	b

حامل القوى النووية:

افترض يوكاوا وجود جسيم يستطيع حمل القوة النووية خلال الفراغ، مثل حمل الفوتون للقوة الكهرومغناطيسية.

حاملات القوى:

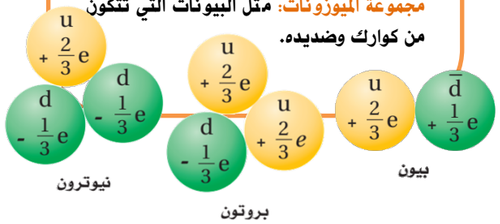
عـائلـة حـاملات القوى (البوزونـات): وهي جسيمات عديمة الكتل تنقل القوى، مثل :
الفوتون :تحمل القوة الكهرومغناطيسية
البوزونات: تحمل القوة الضعيفة
الجلونات: تحمل القوة القوية
البوزون: W+ و W- و Zo

الكواركات:

تتحد الكواركات لتشـكـل الهادرونات التي تنقســم مجموعتين فرعيتين هما: الباريونات والميوزونات.

مجموعة الباريونات: مثـل البروتونات والنيوترونات التي تتكون من ثلاث كواركات.
يتكون البروتون من كواركين علويين وكوارك سـفلي، ويتكون النيترون من كواركين سـفليين وكوارك علوي.

مجموعة الميوزونات: مثل البيونات التي تتكون من كوارك وضديده.



اللبتونات

إلكترون	ميون	تاو
0,511 MeV/c²	105,7 MeV/c²	1,777 GeV/c²
-1	-1	-1
½	½	½
e	μ	τ

نيو ترينو إلكترون	نيو ترينو ميون	نيو ترينو تاو
<2,2 eV/c²	<0,17 MeV/c²	<15,5 MeV/c²
0	0	0
½	½	½
ν_e	ν_μ	ν_τ

اللبتونات:

من أمثلة عائلة اللبتونات: الإلكترون، والميون، والتاو.

القوى النووية الضعيفة

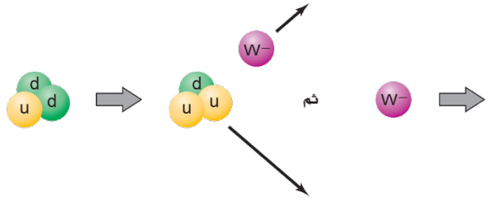
إن وجود انحلال بيتا يشير إلى أنه يجب أن يكون هناك تفاعل آخر، وهي القوة النووية الضـعيفة وهي التي تؤثر في انبعاث بيتا داخل النواة.

الجرافيتون

الجرافيتون حـامـل قوة الجـاذبيـة الأرضـيـة لم يكتشـف حتى الآن ويعتبر من نظريات ما بعد النموذج المعياري.

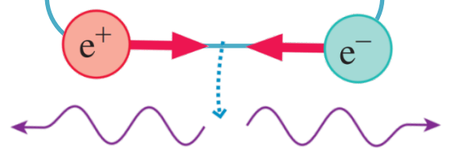
أضمحلال النيترون:

أضـمحلال النيترون: كوارك d يتحول إلى كوارك u ويبعـث بوزون W-، ويبعـث هـذا البوزون إلكترون وضيديد النيوترينو



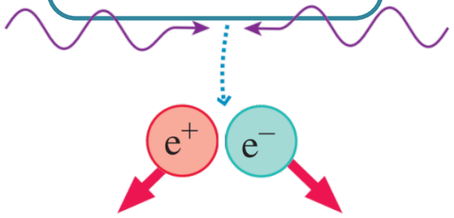
الضديد:

● توقع باولي ديراك وجود ضـديد جسيم خاص بكل نوع من الجسيمات، فمثلا: (البوزترون ضديد الإلكترون)
● ضـديد جسـيم له نفس كتلة ومقدار شحنة الجسيم، ولكنه شحنته معاكسـة، وعند اصـطدامهما يفني كل منهما الآخر وينتج أشعة جاما.



الضديد:

يسـمى تحول الطاقة إلى الجسـيمات الزوج " مادة وضـديد المادة " بـــ إنتاج الزوج، مثل تحول الطـاقـة إلى إلكترون وبوزترون.



النيوترينو

توقع العـالمـان بـاولي وفيرمي وجود جسـيم متعادل غير مرئي ينبعث مع جسيم بيتا، سُمي (النيوترينو)