بسم الله الرحمن الرحيم

# جامعة السودان للعلوم والتكلنولوجيا

## كلية الدراسات العليا

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء بعنوان:-

# دور الأشعة الكونية في اكتشاف الجسيمات الأولية (عائلة البايونات)

# The Role of Cosmic Rays in the Discovery of Elementary Particles ( Pions Family)


أعـــــداد الطالب/

مدثر عباس الخزين عبد الله

اشراف الدكتور/ احمد الحسن الفكى


مارس 2016م

بسم الله الرحمن الرحيم

# الاستهلال

**قال تعالى :**

( وَقَالَ الَّذِينَ كَفَرُوا لَا تَأْتِينَا السَّاعَةُ قُلْ بَلَى وَرَبِّي لَتَأْتِيَنَّكُمْ عَالِمِ الْغَيْبِ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِي السَّمَاوَاتِ وَلَا فِي الْأَرْضِ وَلَا أَصْغَرُ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرُ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ) . **الآية (3) سورة سبأ**

**صدق الله العظيم**

# الاهداء

الى من شملتنى بوافر حبها وعطفا
الى من وضع الله الجنة تحت اقدامها
امى الحبيبة الغالية
الى من هو سندى وعونى فى الحياة
والدى امد الله فى ايامه
الى من سهرت وكافحت وصبرت فى سبيل راحتى
الى زوجتى العزيزة
الى كل افراد اسرتى واصدقاءى المخلصين
الى كل من علمنى حرفاً ....
لكم جميعا أهدى هذا الجهد المتواضع

**الباحث**

# شكر وعرفان

الحمد لله الذى وفقنا لاتمام هذا البحث والشكر والتقدير لأسرة جامعة السودان – كلية الدراسات العليا . ثم الشكر اجزله للدكتور / احمد الحسن الفكى الذى لم يبخل علينا بجهده ووقته الغالى ونصحه ومعاونته حتى رأى هذا البحث النور . فله الشكر والعرفان .

كما أخص بالشكر للاستاذ الدكتور / مبارك درار والاستاذ الدكتور / محمد عثمان والدكتور منتصر سلمان والدكتور خالد الرشيد .

والشكر لا انساه لاساتذة قسم الفيزياء بجامعة السودان وزملائى بما قدموه لى من دعم معنوى ومحسوس . والشكر لكل من ساهم فى هذا البحث .

والشكر من قبل ومن بعد للمولى عزوجل ،،،

الباحث

**المستخلص**

هدفت الدراسة لتقديم معلومات كافية عن الأشعة الكونية وتفاعلاتها مع الغلاف الجوي وتأثيراتها على الكائنات الحية وعلى مناخ الارض، ودور هذه الاشعة في اكتشاف الجسيمات الاولية من خلال عمليات التأين والتصادم مع انوية الذرات والمواد الاخرى. ويستخدم الفيزيائيون حالياً اجهزة تسمى معجلات الجسيمات في معظم أبحاث الجسيمات غير ان دراسة الاشعة الكونية قد تكشف أنواعاً جديدة من جسيمات تحت ذرية (اولية) توجد فقط عند طاقات أعلى بكثير من تلك التي يمكن للمعجلات تحقيقها.

# Abstract

The study aimed to introduce comprehensive information about the cosmic rays, its reactions with the atmosphere, its effects on living beings and earth climate, the role of these rays in exploring elementary particles through the processes of ionization and collision with other materials nuclei and other substances.

At the present time Physicists use instruments known as particles accelerators in most research. The study of cosmic rays may lead to discovery of sub-atomic particles (elementary) only at much higher energy levels that accelerators can’t produce.

# الفهرس


| الرقم | الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| | الاستهلال | أ |
| | الاهداء | ب |
| | الشكر والعرفان | ج |
| | المستخلص | د |
| | Abstract | هـ |
| | الفهرس | و |
| | الفصل الاول: مقدمة البحث | الصفحة |
| 1-1 | المقدمة | 1 |
| 2-1 | مشكلة البحث | 1 |
| 3-1 | الهدف من الدراسة | 1 |
| 4-1 | محتوى البحث | 2 |
| | الفصل الثانى : الاشعة الكونية | |
| 1-2 | المقدمة | 3 |
| 2-2 | الاشعة الكونية | 3 |
| 3-2 | تغيرات فيض الأشعة الكونية | 7 |
| 4-2 | تفاعلات الاشعة الكونية مع الغلاف الجوى | 7 |
| 5-2 | تأثيرات الاشعة الكونية | 8 |
| 6-2 | تأثير الاشعة الكونية على مناخ الارض | 11 |
| 7-2 | الشفق القطبى | 12 |
| | الفصل الثالث : الجسيمات الاولية | |
| 1-3 | المقدمة | 14 |
| 2-3 | الجسيمات الاولية المعروفة حتى عام 1964 م | 17 |
| 3-3 | تصنيف الجسيمات الاولية والاعداد الكمية | 35 |
| 4-3 | الزخم النظيرى | 36 |
| 5-3 | التفاعلات ( القوى ) فى الطبيعة | 37 |
| | الفصل الرابع : المناقشة | |
| 1-4 | المناقشة | 40 |
| 2-4 | جسيمات اكتشفت فى الاشعاع الكونى | 40 |

| | | |
|---|---|---|
| | الخاتمة | 52 |
| | التوصيات | 53 |
| | المراجع | 54 |


## فهرس الجداول


| رقم | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|
| 1-3 | كتل واعمار النصف ورقم الغرابة لبعض الجسيمات الاولية | 24 |
| 2-3 | التصنيف القديم للجسيمات | 24 |
| 3-3 | تصنيف الجسيمات فى مجموعات حسب J | 28 |
| 4-3 | ملخص لعزوم وانماط التحلل للجسيمات الاولية | 34 |
| 5-3 | الزخم النظيرى لبعض الجسيمات الاولية وتعدديتها | 36 |


## فهرس الاشكال


| الرقم | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|
| 1-3 | تاريخ اكتشاف الجسيمات الأولية | 15 |
| 2-3 | تصنيف الجسيمات الاولية المعروفة حتى سنة 1964م | 16 |
| 3-3 | التصنيف الاحصائى للجسيمات الاولية | 17 |
| 4-3 | تجربة نيوترينو الميون بواسطة دانبى ومجموعته 1962م | 20 |
| 5-3 | انتاج جسيم $\Lambda$ فى المعمل | 26 |
| 6-3 | صورة وشكل تحلل $\Omega$ | 29 |
| 7-3 | تحلل ميزون $K^+$ | 30 |
| 8-3 | تحلل $K^-$ حسب نمط $\tau$ | 31 |
| 9-3 | تحلل $K^-$ حسب $(\theta)$ | 31 |
| 1-4 | صورة حجيرة سحابة موضوعة فى مجال مغنطيسى عند تعرضها للاشعاع الكونى | 42 |
| 2-4 | تحلل الميون | 44 |
| 3-4 | تحلل البايونات | 45 |
| 4-4 | هندسة التجربة لقياس عمر النصف للبايونات المشحونة | 46 |
| 5-4 | هندسة التجربة لقياس كتلة البايونات المشحونة | 48 |
| 6 -4 | حجيرة سحاب تبين تحلل $\Lambda\ \Sigma^+$ | 50 |
| 7-4 | تحلل الميزون $\tau$ | 51 |
| 8-4 | تحلل جسيم $\Xi^-$ | 51 |

## 1-1 المقدمة

تلعب الاشعة الكونية دوراً مهما في إرساء واكتشاف فيزياء الجسيمات الأولية وان هذه الأشعة الكونية تساعد العلماء في التعرف علي العمليات النووية التي تتم عندما ينفجر نجم سوبر نوفا ( فائق الاستعار ) بالقرب من اي نابض ، وكذلك فإن ابحاث الاشعة الكونية تكشف عن الدلائل حول تركيب وتوزيع المادة والمجالات المغنطسية التي تمر بها الاوليات في الفضاء البيني للنجوم ويجري حاليا تصميم أجهزة جديدة لامدادنا بمعلومات أكثر تفصيلا عن اصل الاشعة الكونية وتسارعها والمدي التي تصل إليه وسوف تمكن هذه الاجهزة من الفحص الدقيق للتركيب النووي للجسيمات الاولية منخفضة الطاقة .

## 2-1 مشكلة البحث

الاشعة الكونية هي جسيمات نووية ذات شحنة وطاقة عالية منشأها من الفضاء الخارجي ومصدرها حتى الان مجهول ولا يعرف بالضبط نوعية الاجسام الكونية التي تولدها . وهي تولد جسيمات ( أشعة ) ثانوية ذات طاقة تمكنها من اختراق غلافنا الجوي وقشرة الأرض . ولها دور في توليد الجسيمات الأولية من خلال عمليات التاين والتصادم مع أنوية الذرات والمواد الأخري.

## 3-1 الهدف من الدراسة

التعرف علي الاشعة الكونية وتفاعلاتها مع الغلاف الجوي ومع أنوية النتروجين والاكسجين في طبقات الجو العليا مما ينتج العديد من الجسيمات التي تتفاعل مع جو الأرض والمواد الاخري وينتج عن ذلك فيض عن المعلومات والكثير من الجسيمات التي تم ويتم الكشف عنها تباعا .

## 1 -4 محتوى البحث

هذا البحث يحتوى على اربعة فصول

الفصـل **الاول** يتنـاول مقدمـة البحـث والفصـل الثـاني الأشـعة الكونيـة والفصـل الثالـث الجسيمات الأولية والفصل الرابع المناقشة والخاتمة والتوصيات

## الفصل الثاني

## الأشعة الكونية

### 2-1 المقدمة

عند بداية تكون الارض ، لم تكن محمية بهذه الدروع المتعددة لحمايتها من اختراقات الاشعة الكونية ، هذه الدروع من قبيل : ( منطقة الأوزون ،ومناطق التأين المتعددة ، وأحزمة الإشعاع ، والمجال المغناطيسي للأرض) التي سلح الله بها كوكبنا لتقينا من الهلاك المحتوم ، استغرقت هذه الدروع عشرات ملايين السنين لتتكون ، فقبلها كانت الأرض ميداناً مشاعاً لسقوط كل أنواع الاشعة الكونية ، واخترق غلافنا الجوي إلى أعماق كبيرة قريبة من سطح الأرض ، لتنيرها ليصبح تقريباً ليلها كنهارها من شدة التفاعلات الفيزيائية المشابهه للشفق القطبي الذي نراه اليوم ، وبمرور الزمن تكونت دروع الحماية لتغلف الأرض ولم يبق من أثارها إلا هذا الشفق الذي يزين ليل القطبين الشمالي والجنوبي [7].

### 2-2 الأشعة الكونية

النشاط الإشعاعي هو ظاهرة تنفرد بها بعض العناصر ، حيث تتحول هذه العناصر " بعملية تدعي التحلل الإشعاعي " إلى عناصر أخري نتيجة إشعاعها جسيمات " ألفا " التي تتكون من " نواة الهليوم ، وتجمع بروتونان ، ونيوترونان" أو جسيمات " بيتا " وهي عبارة عن " إلكترون " أو بوزترون سريع ، وهو إلكترون موجب الشحنة : واشعة " جاما " وهي " أشعة كهرومغناطيسية عالية الطاقة " عندما اكتشفت في نهاية القرن التاسع ظاهرة التاين في الغلاف الجوي ، أو الكهربائية الموجودة في بعض طبقاتة ، كانت ظاهرة محيرة لعلماء الفيزياء ، ورجحوا حدوثها بسبب تأثر عناصر الهواء بالنشاط الإشعاعي الصادر من بعض العناصر المشعة في الأرض أو من نظائر الهواء المشعة التي تولدت بسبب هذه العناصر المشعة . وفي مطلع القرن العشرين أظهرت التجارب وجود مستويات عالية من النشاط الإشعاعي في طبقات الغلاف الجوي ، وأن التأين يتزايد كلما ابتعدنا عن سطح الأرض ويقل بالاقتراب من سطح أو اعماق الأرض ، فأرجع بعض العلماء سبب هذا لمصدر أخر غير النشاط الاشعاعي الصادر عن الأرض[7].

ولحسم الموضوع قام العالم " فكتور هيس" " 24 يونيو 1883 – 17 ديسمبر 1964م" بتجربة ؛ فقد انتظر هيس حدوث كسوف شمسي شبة كلي " عندما يكون القمر بين الأرض والشمس فيحجب ضوءها عن الأرض " ليستبعد احتمالية التأين بسبب أشعة الشمس ، وعند الكسوف وضع هيس جهاز قياس التأين في بالون وجعله يرتفع إلى أكثر من خمسة كيلومترات عن سطح الأرض ، فوجد أن نسبة التأين عند هذا الارتفاع قد ازدادت إلى أربعة أضعاف النسبة الاعتيادية ، افترض هيس أن سبب هذه الزيادة مصدراً إشعاعياً خارج الأرض ذا قدرة قوية جدا علي اختراق غلافنا الجوي ؛ وبعدها أجريت تجارب أخري عند ضعف هذا الارتفاع فأكدت نظرية هيس .

هذا الاكتشاف أهل هيس لاستلام جائزة نوبل للفيزياء في سنة 1936م .وفى سنه 1925م وضع عالم الفيزياء الأمريكي " روبرت مليكان " " 22 مارس 1968–19 ديسمبر1953م " مصطلح الأشعة الكونية ، بعد أن ثبت أن مصدرها خارج الأرض . وقال إنها عبارة عن فوتونات والكترونات ذات طاقة عالية ؛ لكن عالم الفيزياء الامريكي " أرثر كومبتون" " 10 سبتمبر1892–15 مارس 1962م" أثبت فيما بعد أن الاشعة الكونية هي عبارة عن جسيمات نووية ذات شحنة ، واثبتت التجارب والبحوث أن الاشعة الكونية الاولية تتكون غالباً من بروتونات وجسيمات " ألفا " ومقدار صغير من بعض النوي الأثقل ، أما الاشعة الثانوية فهي عبارة مجموعة من الالكترونات ، والفوتونات ، والميونات ، وتوالت التجارب في النصف الأول من القرن العشرين ، فبينت أن الأشعة الكونية الأولية ذات طاقة عالية تخترق الغلاف الجوي فتتفاعل مع نوي عناصر الهواء ، فتحدث ما يدعي بشلال الجسيمات المنهمرة ، وهذه بدورها تتفاعل لتنتج زخات كثيفة من الاشعة الثانوية تهطل علي سطح الأرض . وفي سنة 2007م كشف المزيد من اسرار الاشعة الكونية . فعرفت بعض المصادر المولدة للأشعة الكونية وكشفت عن حوالي سبعة وعشرين مصدراً ذي طاقات عالية ، واتضح أنها وثيقة الصلة بما يعرف بـ( نوي المجرات الفعالة ) ، وهي المواقع النشطة لمراكز المجرات التي تحتوي علي ثقب أسود ذي كتلة وحجم هائلين ، إذ يعتقد بأن المجال المغناطيسي الهائل المحيط بالثقوب السوداء العملاقة في مراكز نوي المجرات الفعالة

يقوم بتسريع وقذف البروتونات إلى أصقاع الفضاء بطاقات تبلغ أو تزيد على ( $10^{20}$ إلكترون فولت)[7].

الأشعة الكونية هي جسيمات نووية ذات شحنة وطاقة عالية ، منشأها من الفضاء الخارجي، ومصدرها حتى الان مجهول ، ولا يعرف بالضبط نوعية الأجسام الكونية التي تولدها ، وهي تولد جسيمات " أشعة " ثانوية ذات طاقة تمكنها من أختراق غلافنا الجوي وقشرة الأرض ، وقد اصطلح منذ بداية اكتشافها علي تسميتها بالأشعة الكونية برغم أن لفظ الأشعة يطلق عادة علي الأمواج الكهرومغناطسية وتتكون اغلب الاشعه الكونية الأولية من نفس الجسيمات النووية المستقرة الموجودة في كوكبنا مثل البروتونات والنويات الذرية والإلكترونات . وأحياناً تحتوي علي جزء صغير من المادة المضادة مثل البوزترونات " نقيض الإلكترون " والنمط العادي للأشعة الكونية يتكون بنسبة 90% من البروتونات ( أو ما يصطلح عليه بنواة الهيدروجين ) و9% من نوي الهيلوم " جسيمات ألفا " و1% نوي عناصر أثقل . وهذه النسب تشكل الصفة العامة لـ99% من الأشعة الكونية ، اما ال1% المتبقية فتتكون من الإلكترونات المنفردة " جسيمات بيتا " وهذه ما زالت حتى يومنا هذا مجهولة المصدر . وبيَّن رصد جسيمات الأشعة الكونية أنها ذات مستويات مختلفة من الطاقة بشكل يوحي بتنوع مصادرها . ومصادرها المعروفة متعددة ، أقربها إلينا هى العمليات الفيزيائية التي تحدث في الشمس والنجوم الأخري " التي يفترض حدوث نفس التفاعلات فيها " بالإضافة إلى التفاعلات الفيزيائية الأخري " المجهولة حتى الآن " التي تتم في الاصقاع البعيدة علي أطراف كوننا المرئي . وتبلغ طاقة الأشعة الكونية مقادير أعلي من $10^{20}$ إلكترون فولط ، وهذا المستوي من الطاقة أكبر بكثير من الطاقات التي تنتجها معجلات الجسيمات النووية والتي لا تتجاوز الـ$10^{13}$ إلكترون فولط ؛ وتوحي الدراسات المعاصرة بوجود أشعة كونية ذات مستويات طاقة أعلي . تلعب الأشعة الكونية دوراً رئيساً في عملية تخليق الليثيوم والبريليوم والبورون في كوننا من خلال عملية التخليق النووي " Nucleosynthesis" ، وهذه العناصر تشكل الجزءالضئيل المتبقي من مكونات الأشعة الكونية ، وهي من النواتج النهائية لعملية التخليق النووي القديمة أو ما يصطلح عليه بـ" البك بانك " وهو تعبير عن مصطلح الانفجار العظيم ، وهي نظرية مطروحة في علم الكونيات ، تري أن الكون قد نشأ من تكوين حار شديدة الكثافة قبل

حوالي 13.7 مليار سنة تقريباً . كما تسهم الأشعة الكونية أيضاً في انتاج الجينات الكونية " Cosmogenic " للنظائر المستقرة والنظائر المشعة ، مثل الكاربون 14 ؛ وبواستطها تمكن العلماء من اكتشاف العديد من الجسيمات النووية كالبوزترون والميون والباي ميزون . وتفقد الأشعة الكونية بعد اختراقها المجال المغناطيسي المحيط بالأرض ودخولها غلافنا الجوي الكثير من قوتها وتأثيرها ، إلا أن قوتها خارج الغلاف أكبر بكثير ، ولهذا السبب يقوم مصممو المركبات الفضائية بتجهيزها بدروع في غاية المتانة للحد من تأثيرها علي رواد الفضاء[7] .

تنقسم الأشعة الكونية إلى نوعين . الأولية و الثانوية . الأولية هي التي تنتجها مصادر كونية تقع خارج نطاق المجموعة الشمسية ، وتتولد الأشعة الكونية الثانوية من تفاعل الأولية مع المادة المنتشرة في الفضاء ما بين النجوم، او عندما تخترق غلافنا الجوي وتصدم النوى الذرية والالكترونات . كما تشع الشمس ايضا اشعة كونية متدنية الطاقة بسبب انفجاراتها الشمسية . ورصد طيف طاقة الأشعة الكونية الأولية بإمكانه تحديد مكوناتها الأساسية خارج الغلاف الجوي . وتكون نوي الليثيوم البريليوم والبورون أغزر في الأشعة الكونية عن تلك التي ينتجها الغلاف الجوي الشمسي بنسبه 1:100 تقريباً . وقد عثر علي أدلة علي وجود بعض الأنتي بروتونات " بروتونات مضادة " والبوزترونات في الأشعة الكونية الأولية ، ولكن حتى الأن لم يعثر علي دليل وجود نوي كاملة للمادة المضادة " Antimatter " لكن الطاقة المختلفة التي تصلنا بها الأنتي بروتونات " تبلغ $2 \times 10^9$ إلكترون فولط " تدل علي أنها نشأت بواسطة عمليات إنتاج تخلتف عن تلك التي تنتج الأشعة الكونية ذات البروتونات الاعتيادية . ومختبرياً يتم تخليق الأنتي بروتونات بتسليط بروتون طاقته أكبر من $6 \times 10^9$ إلكترون فولط علي بروتون أخر معاكس له في الحركة . وكما ذكرنا ، فطاقة أغلب بروتونات الأشعة الكونية أكبر من هذا المقدار . وعندما تتكون المادة المضادة في أي جزء من مجرتنا أو في أصقاع الكون الأخرى فطاقتها الكبيرة ستؤهلها لتنتشر لمديات كبيرة خلال الفضاء بين النجوم قبل أن تصل إلى الأرض . لكن قسما منها يتحلل عند تصادمه بغاز الهيدروجين الموجود في الفضاء بين النجوم [7].

**2-3 تغيرات فيض الأشعة الكونية**

كان الاعتقاد السائد أن فيض الأشعة الكونية إلى حد ما ثابت لا يتغير بتقدم الزمن ، ولكن البحوث المعاصرة دلت علي أنه خلال الأربعين ألف سنة الماضية حدثت في كل 1500 إلى 2000 سنة تغيرات علي هذا الفيض . يحدث التغير لفيض الأشعة الكونية الهابطة علي الغلاف الجوي من خلال عمليتين هما الرياح الشمسية والمجال المغناطيسي الأرضي . وهذه عبارة عن البلازما المغناطيسية التي تعمل علي كبح الجسيمات المتدفقة تجاه الأرض . وتقصي بعض الجسيمات ذات الطاقة التي تقل طاقتها عن $10^9$ إلكترون فولت ،وتغير مسار قسم من الأشعة الكونية والرياح الشمسية ليست ثابتة اذا تتغير حسب قوة النشاط الشمسى ولكن مقدار تغير الاشعة الكونية غير مرتبط بشكل مباشر بالنشاط الشمسي . وتختلف شدة تدفق الأشعة الكونية إلى الأرض من مكان إلى أخر إعتمادا علي خطوط الطول والعرض وزاوية رصد الأشعة ما بين شمال الأرض وجنوبها حسب بعدها عن اقطاب المجال المغناطيسي الأرضي " الشمالي والجنوبي " فتكون شدتها أضعف عند خط الاستواء مقارنة بشدتها عند الاقطاب ويؤثر تفاعل جسيمات الأشعة الكونية الأولية الموجبة الشحنة علي مقدار الأشعة ، لأن هذه الجسيمات تفضل التحرك مع خطوط المجال المغناطيسي علي أن تتقاطع معها ، ولهذا نراها تتكدس عند الأقطاب المغناطيسية حيث تتراص الخطوط هناك بشكل كثيف وتميل منحدرة باتجاة سطح الأرض فتولد هناك ظاهرة الشفق القطبي " الأورورا " وتجدر الإشارة هنا إلى أن المحور المغناطيسي الأرضي " الذي تقع أقطاب الأرض المغنطيسية علي نهايتيه " هو غير محور دوران الأرض حول نفسها ، إذ يتقاطع المحوران عند مركز الأرض ويميل أحدهما عن الأخر بزاوية مقدارها 11.5 .

**2-4 تفاعلات الأشعة الكونية مع الغلاف الجوي**

بإمكان جسيمات الأشعة الكونية الوصول من الأماكن البعيدة التي تولدت فيها إلى الأرض دون عائق يذكر ، بسبب الكثافة المتدنية للمادة في الفضاء الكوني ، ولكن بمجرد وصولها واختراقها لغلافنا الجوي تبدأ بالتفاعل بشدة مع الغازات التي تتصادم معها . تولد هذه التصادمات جسيمات تعرف بالبايونات والكاوونات ، وهي جسيمات نووية أولية ، والميزونات غير المستقرة . وهذه تتحول مباشرة إلى ما يعرف بالميونات التي لا تسمح لها طبيعتها بالتفاعل بشدة مع الغلاف الجوي بسبب سرعتها

الهائلة بالنسبة لسرعة الأرض ، فالكثير منها يتمكن من بلوغ سطح الأرض وحتى أختراق جزء من القشرة الأرضية ؛ وهذه ترصد بسهولة بسبب الإشعاعات المؤينة التي تطلقها . أما علي كواكب المجموعة الشمسية الأخري التي تحتوي علي عناصر أثقل من الهيدروجين والهيلوم ، فيؤدي أنهمار الأشعة الكونية لتفاعلات تطلق أشعة جاما ذات طاقة عالية حوالي $10^6$ إلكترون فولط نتيجة لعملية تحلل النشاط الإشعاعي[7] .

أما في غلافنا الجوي ، فتصطدم الأشعة بشكل رئيس بجزيئات الأكسجين والنيتروجين وتنتج سيلاً من الجسيمات الخفيفة " تبلغ بالمليارات " غالباً هي من مجموعة الميزونات " البايونات والكاوونات الموجبة والسالبة الشحنة " كما تنتج أيضاً بعض النظائر المشعة غير المستقرة مثل الكاربون 14 " نصف عمره 5730 سنه " الذي يستعين به الاثاريون غالباً لتحديد أعمار الكائنات الحية القديمة . وكمية الكاربون في غلافنا الجوي ثابتة تقريباً وهي حوالي 70 طناً لقرابة المائة ألف سنة الماضية . ولكن هذه الكمية أختل مقدارها منذ أن بدأ الإنسان بإجراء تجارب التفجيرات النووية في خمسينيات القرن الماضي . كما تنتج الأشعة الكونية عدا الكاربون 14 قائمة طويلة من النظائر المشعة لا مجال لذكرها هنا ، مثل الكلور 34 " نصف عمره 32 دقيقة " والبريليوم 10" نصف عمره 106 مليون سنة "

**2-5 تأثيرات الأشعة الكونية**

يعد تعرض الكائنات الحية للأشعة النووية بمختلف أنواعها " ألفا ، بيتا وجاما " من العوامل المؤثرة علي الصفات الجينية " الوراثية " وحدوث الطفرات الوراثية . والتشوهات التي ظهرت علي المواليد الجدد بعد سنة 1945م في اليابان عقب قصفها بالقنابل الذرية وتعرضها للإشاعات النووية . والتشوهات الخلقية التي حدثت علي مواليد جنوب العراق بعد حرب الخليج جراء استعمال الأمريكان عتاد اليورانيوم المنضب دليل يؤكد قدرة الأشعة النووية علي خلق مثل هذه التغيرات الجينية .

من المؤكد ان للأشعة النووية تاثيرات متنوعة ومختلفة علينا وعلي البيئة ، وبعضها قد تمتد أثاره بشكل قد لا يخطر علي البال . ويرجح بعض العلماء أن الأشعة الكونية " بصفتها كأشعة نووية " لها مثل هذه القدرة التحويلية للصفات الوراثية في الكائنات الحية المنتشرة على الأرض وفي ظروف الحياة الاعتيادية فالطفرات الجينية نادرة

الحدوث ، إلا أنها برغم ندرتها لها دور كبير في حصول تغيرات جوهرية على الكائن الحي[7].

ويفترض بعض العلماء بأنه لو صادف أن اخترقت الأشعة الكونية الصادرة من أعماق الكون أحزمة المجال المغناطيسي ، والغلاف الجوي، ووصلت الى سطح الأرض وتعرض لها أي كائن حي فهذا يرجح احتمالية حدوث طفرات جينية لديه، لكن من فضل الله علينا أنه طوق الكرة الأرضية بدروع منها احزمة (فان ألن) (المجال المغناطيسي الأرضي) لتدرأ عنا تأثيراتها المهلكة. بالإضافة إلى الغلاف الجوي . ولكن بين الحين و الأخر ( كل بضعة آلاف أو عشرات الآف السنين )تحدث لأسباب عجز العلم عن تحديدها حتى الآن.انقلابات في المجال المغناطيسي الأرضي , فيغير بسببها محور المجال المغناطيس الأرضى ( أي مواقع الشمال والجنوب المغناطيسي وهما غير الشمال والجنوب الجغرافي ) وفترة الانقلاب هذه ( حتى يستقر المحور المغناطيسي على موقعه الجديد) مجهولة فربما تستغرق ساعات أو أياماً أو أسابيع.لا أحد يدري بالضبط، خلال فترة الانتقال هذه تضعف أحزمة المجال المغناطيسي الأرضي فتتهيأ فرصة نادرة لاختراق كمية كبيرة من الأشعة الكونية الغلاف الجوي ( دون أن توهنها كثيراً تفاعلاتها مع طباق الغلاف الجوي) لتصل سطح الأرض وتؤثر على جينات الكائنات الحية[7].

التغير الجيني الذي يطرأعلى الخلايا الحية يؤدي لتغير الصفات الوراثية للكائنات الجديدة. وغالباً ما يكون التغيير سلبياً تشوهات في الكائنات الجديدة.وهذه تنتج مواليد مشوهة أو مختلة الوظائق والأعضاء لا تلبث إلا قليلاً ثم سرعان ما تفنى أما الصفات الحميدة فعلى ندرة حدوثها فهي تحسن الصفات الوراثية للمواليد الجدد وتقويها، وبهذه الطريقة تنتج الكائنات ذرية أقوى وأكفأ من أسلافها. وبتعاقب الأجيال تصبح هذه السلالات متميزة عن غيرها بما اكسبتها تلك الطفرات من مزايا إيجابية جديدة.

يبقى هذه الافتراض مجرد نظرية ، علينا لو أردنا التاكد منها انتظار انقلاب مغناطيسي قادم لا يعلم موعده أحد، وإذا حدث ننتظر دفعة المواليد الجدد لمختلف الكائنات لنفحصها حتى نتأكد من حصول ما ادعته النظرية، وربما هي مجرد تأملات علمية لم يحالفها الحظ لتتحقق على أرض الواقع.

ومن التأثيرات الأخرى للأشعة الكونية على أرضنا هي أضعاف وتخريب طبقة الأوزون التي تلعب دوراً كبيراً في حجب جزء كبير من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس التى قد تسبب آثاراً كارثية على الحياة البشرية لو وصلت سطح الأرض بنفس الكمية الصادرة من الشمس فعندما تخترق الأشعة الكونية الغلاف الجوي الأرضي تبدأ جسيماتها بتأيين جزئيات الأكسجين والنيتروجين ويعقب هذا سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تستهلك طبقة الأوزون ولكن المقدار المستهلك منها صغير جداً ولا يؤدي لحدوث خلل يهدد الحياة البشرية. بخلاف ما يحدثه انبعاث غازات الكلوروفلورو كاربون (الفريون) التي ثبت أنها تؤدي إلى نضوب الأوزون بشكل خطير قد يعرض الإنسان مستقبلاً لمخاطر مؤكدة لا يمكن تفاديها قد تثير كلمة الإشعاع النووي في نفوسنا الهلع نتيجة للتجارب المروعة التي مرت بها البشرية (تفجيرات هيروشيما و ناجازاكي) وقد يخطر على البال ما دامت الأشعة الكونية من هذه النوع فعلى مر السنين ربما لا نسلم من أذاها الذي يتراكم ويأتي بنتائج لا تحمد عقباها.الشيء المطمئن أن بإمكاننا قياس مدى تأثير الأشعة على الكائنات الحية وهذه التأثيرات تعتمد على مقدار الإشعاع الذي يمتصه الجسم, ونوعية الإشعاع (مثل أشعة جاما) الاشعة السينية، أشعة ألفا، الخ..) ووحدة قياسها الفيزيائية تدعى السيفرت، وهي وحدة لقياس جرعة الإشعاع المكافئة. مثلاً يقدر معدل الجرعة الطبيعية التي يتعرض لها الإنسان في وسط أوروبا من مختلف المصادر المحيطة به ب 4.5 مللي سيفرت/سنة في حين معدل الجرعة الإشعاعية التي تصل إلى سطح الأرض من الأشعة الكونية هي في حدود 0.24 مللي سيفرت / سنة . وعلي هذا الأساس يعد تأثير الأشعة الكونية ضمن الحدود الآمنة التي باستطاعة الإنسان تحملها دون أي مشكلات تترتب عليها مستقبلاً ، وذلك بفضل الحصانة التي من الله بها علينا : أحزمة " فان آلن " والغلاف الجوي

ويعتقد البعض أن الأشعة الكونية قد تحدث أضراراً للتكنولوجيا الحديثة عندما تضرب الدوائر الإلكترونية المتكاملة " Integrated Circuits " فتسبب بعض الاخطاء البسيطة أو يمكن تسميتها بأخطاء برمجية ، أكثر من أن تكون عطباً في بنية تلك الدوائر ، وسابقاً كانت المشكلات الإلكترونية تصيب الأجهزة العاملة علي ارتفاعات عالية كالأقمار الصناعية وأحياناً بعض الطائرات المحلقة فى الجو ، ولكن الأعطال

بدأت تتسرب إلى الدوائر ( الرقائق ) الإلكترونية علي سطح الأرض التي أخذت تتضاءل في حجمها مع زيادة التقدم العلمي . ربما الطاقة العالية للأشعة الكونية هي التي رشحتها لتكون سبباً محتملاً لهذه المشكلات ، إلا أن الأمر ما زال موضع بحث ، ولم يعثر علي دليل مؤكد يحسم الموضوع تماماً وربما استمرار حدوث الاضطرابات في الذاكرة الإلكترونية أو الأداء االخاطئ لوحدات المعالجة المركزية " cpu " في الكثير من الدوائر الإلكترونية هو ما دفع المختصين لترشيح سبب غير منظور ، فكانت الأشعة الكونية المرشح الامثل لالقاء التبع عليه. هذا دفع بعض الشركات العامله في مجال الدوائرالالكترونية المتكاملة لاقتراح وضع متحسسات للأشعة الكونية مدمجة مع هذه الدوائرة لمراجعة سلسلة عملياتها قبل عرض الإشكال لو اعترتها إحدي مشكلات " الأشعة الكونية "

**2-6 تاثير الأشعة الكونية علي مناخ الأرض**

الدراسات التي أجريت حول هذا الموضوع لم تحسمه بشكل تام ، ولكن بعض الدلائل التي ظهرت مؤخراً تدعم الرأي المؤيد لتأثير الأشعة ، إلا أن الشئ المؤكد ، هو أن الأشعة الكونية الساقطة علي الأرض تخضع لتأثير الشمس ونشاطاتها الإشعاعية . وبعض العلماء يرجح أن أرتفاع معدلات الحرارة الذي شهدته الأرض في القرن الماضي لا يرجع سببه لظاهرة الاحتباس الحراري فقط بل إلى التغيرات التي طرأت علي النشاط الشمسي . وقد اكتشف مؤخرا أن الأشعة الكونية تولد عند اختراقها الغلاف الجوي كتلا من الشحنات تستقر عند الطبقات السفلي من الغلاف الجوي . تبدأ هذه الشحنات سلسلة من التفاعلات لنتتج جسيمات نووية مركزة تتحول إلى غيوم كثيفة تنتشر في العالم ، ولا يعرف حتى الأن بشكل دقيق ميكانيكية عملها ، إلا أن من المرجح أنها حسب موقعها يقم بعضها بتسخين الجو والبعض الأخر بخفض درجة حرارته . ويؤكد العلماء أن للغيوم دوراً فاعلاً في اختراق أو حجب الاشعة التي تخترق الغلاف الجوي . فالغيوم الواطئة تحجب ضياء الشمس بشكل أكبر من الغيوم المرتفعة ، والغيوم عموماً تحجب بعض الاشعاعات ذات الأمواج القصيرة القادمة من الفضاء من بلوغ الأرض فيؤدي هذا إلى برودة الجو ؛ كما تقوم بامتصاص بعض الإشعاعات الاخري ذات الامواج الطويلة الصادرة من الأرض ، فيؤدي هذا إلى رفع درجة حرارتها . وهناك أيضاً احتمالية أن التغيرات المناخية وكميات الدخان الهائلة

التي ينتجها البشر قد تؤثر علي هذه الغيوم فتغير من خصائصها فتزيد من تعقيد فهم العلاقة بين الغيوم والمناخ ، لكن إلى الآن لم يتم التأكد من حجم هذه التأثيرات علي عموم مناخ الأرض [7].

وبعض العلماء يعتقدون أن حرارة سطح الأرض أخذت بالتزايد ، في حين أن حرارة طبقات الغلاف الجوي السفلي بقيت دون تغير مذكور . لكن إذا صحت نظرية أن الأشعة الكونية تحدث تغيراً في أغلفة الغيوم فهذا قد يعطي تفسيراً لظاهرة ارتفاع درجة الحرارة ويبرئ البشر من تهمة تدمير مناخ الارض لضعف الأدلة التي تؤكد هذا وإذا كانت الأشعة الكونية (بالقدر الذي تسمح الرياح الشمسية بنفاذه للأرض) تؤثر فعلاً على مناخ كوكبنا فهذا قد يكون حلاً للغز ودليلاً يفسر أسباب الاختلافات الموجودة في مستويات الحرارة بالمناخ العالمي التي لم يحسمها العلم حتى الآن.

**2-7 الشفق القطبي**

الشفق القطبي هو الأثر الوحيد المحسوس بالعين المجردة على وجود الاشعة الكونية،وهو ظاهرة ضوئية تظهر ليلاً في سماء المناطق القطبية والدوائر القطبية الشمالية والجنوبية، وتتركز في المناطق الواقعة بين قطبي الأرض المغناطيسيين عند خطوط العرض المغناطيسية 67 درجة شمالاً و67 درجة جنوباً وما بعدها، وقد تمتد أحياناً لمساحات أوسع من ذلك . يبدو الشفق القطبي غالباً على شكل ستائر منسدلة من السماء. أو جدران متلألئة بصورة مهرجان من الألوان البراقة الحمراء والخضراء والزرقاء غالباً تتوهج وتخبو بصورة دورية كل عدة ثوان وقد تمتد إلى عدة دقائق. وتمتد تلك الأنوار عمودياً على صفحة السماء إلى ارتفاع قد يصل إلى 80 كيلومترا فوق مستوى سطح البحر وأفقياً إلى مئات الكيلومترات. تحدث ظاهرة الشفق القطبي عند ارتطام الأشعة الكونية الأولية (الصادرة من الشمس،وأغلبها يصلنا من خارج المجموعة الشمسية) بغلافنا الغازي فتؤدي إلى تأينه وتنتج أشعة كونية ثانوية، وتبدأ هذه بالتصادم بشحناتها الكهربائية المختلفة مع بعضها ومع الشحنات الكهربائية ؤالموجودة في الغلاف الغازي مما يؤدي إلى تفريغ طاقتها وتوهجها بألوان مختلفة، خلال رحلتها تتحرك الأشعة الكونية الأولية والثانوية لولبياً بموازاة خطوط المجال المغناطيسي الأرضي ،وتنتهى رحلتها لتصب فى القطبين المغنطيسين الشمالي والجنوبي بسبب عجزها عن اختراق المجال الارضى المغنطيسى. تسبب عملية

الاختراق هذه عند القطبين زيادة تأين الغلاف الجوي وتفريغ شحنات الأشعة الكونية فتتوهج الغازات بما يعرف بظاهرة الشفق القطبي،وتتأجج هذه الظاهرة في أوقات الثورات الشمسية العنيفة التي تدفع كميات هائلة من الأشعة الكونية الأولية صوب الأرض[4].

## الفصل الثالث

## الجسيمات الأولية

### 3-1 مقدمة

أطلق قديماً علي الذرة هذا الاسم باعتبار أنها جسيم أولي لا يمكن تجزئته إلى جسيم أصغر منه ، ومع تقدم المعرفة البشرية عرف الإلكترون عام 1897م كجسيم يحمل وحدة الشحنة الكهربية في الذرة ، وفي عام 1911م أرسي رذرفورد النموذج النووي للذرة ،حيث تتركب النواة من شحنة موجبة و أدخل مفهوم البروتون كجسيم أولي ، وفي عام 1932م اكتشف شادويك النيوترون الذي يعتبر أحد سكان النواة وهو جسيم متعادلا كهربياً ، وهكذا ظهرت جسيمات أولية جديدة داخل الذرة وهي : الالكترون والبروتون والنيوترون . ومن الذرات يتم بناء الجزئيات ومن ثم المادة بصورة عامة [1].

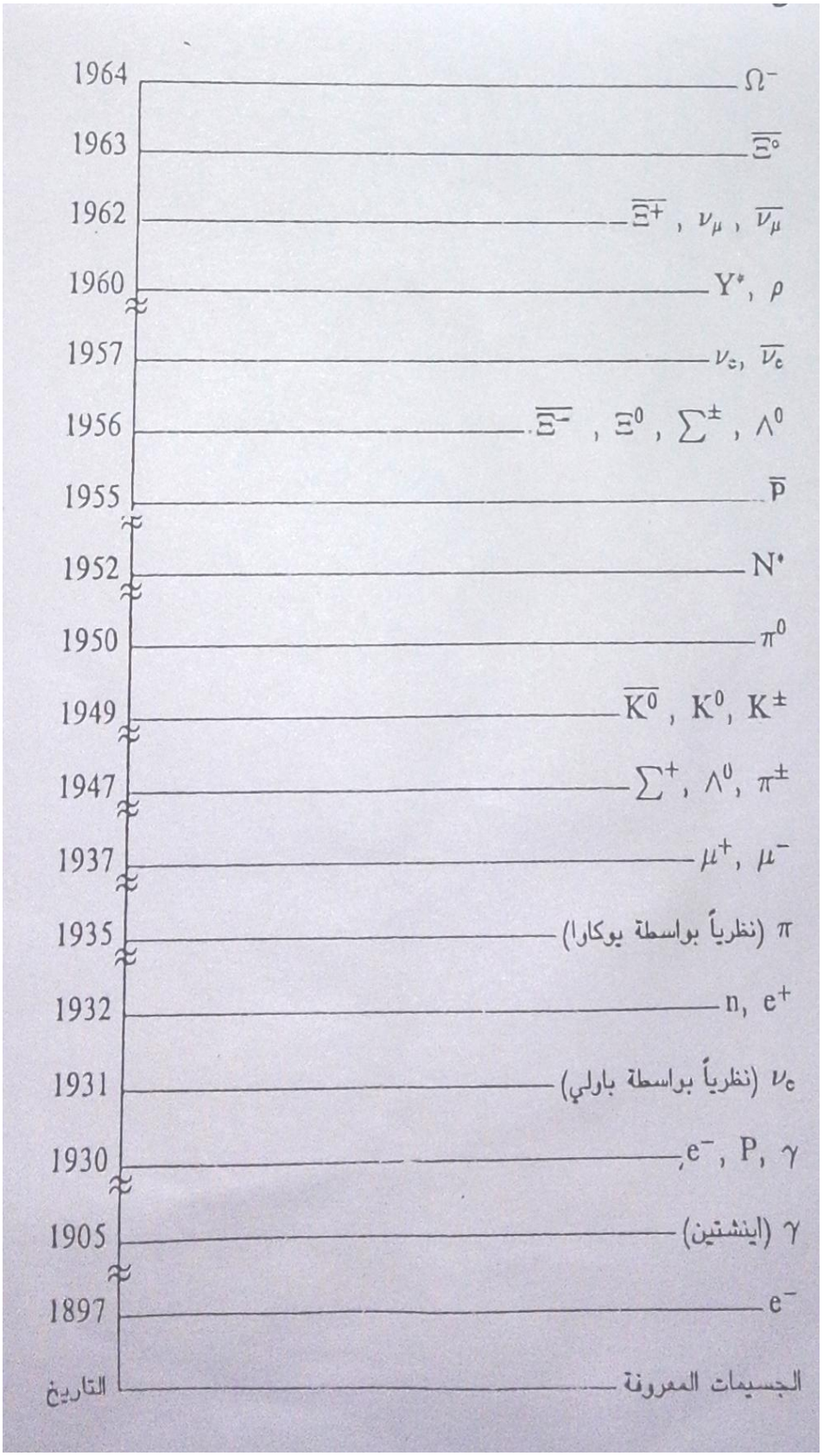
كما أشار أينشتاين إلى ضرورة وجود ( جسيم ) يعرف بالفوتون photon يحمل القوة الكهرومغناطيسية بين الشحنات ،وذلك عام 1905م .ومن ثم لم يكد العام 1930م يبزغ حتى عرف الإنسان هذه الجسيمات الأولية الأربعة . واستمرت سلسلة الاكتشافات للتعرف علي جسيمات جديدة فيما بعد[2] .

حتى عام 1947م كان المصدر الوحيد المتاح للجسيمات الأولية هو الإشعاع الكوني، ومع تقدم التقنية أمكن بناء معجلات تستطيع تعجيل الجسيمات إلى طاقات تماثل أو تزيد عن طاقات الإشعاع الكوني ،ومن ثم يمثل تطوير المعجلات قفزة حقيقية ونوعية في عالم الجسيمات الأولية ، ومن ثم تم إدخال وإرساء فرع جديد من فروع الفيزياء يهتم بهذه الجسيمات وإنتاجها والكشف عنها وتحليل المعلومات المتعلقة بها. الا وهو فرع فيزياء الطاقات العالية .ان هذا الفرع الان يمثل تطوير كل من:-

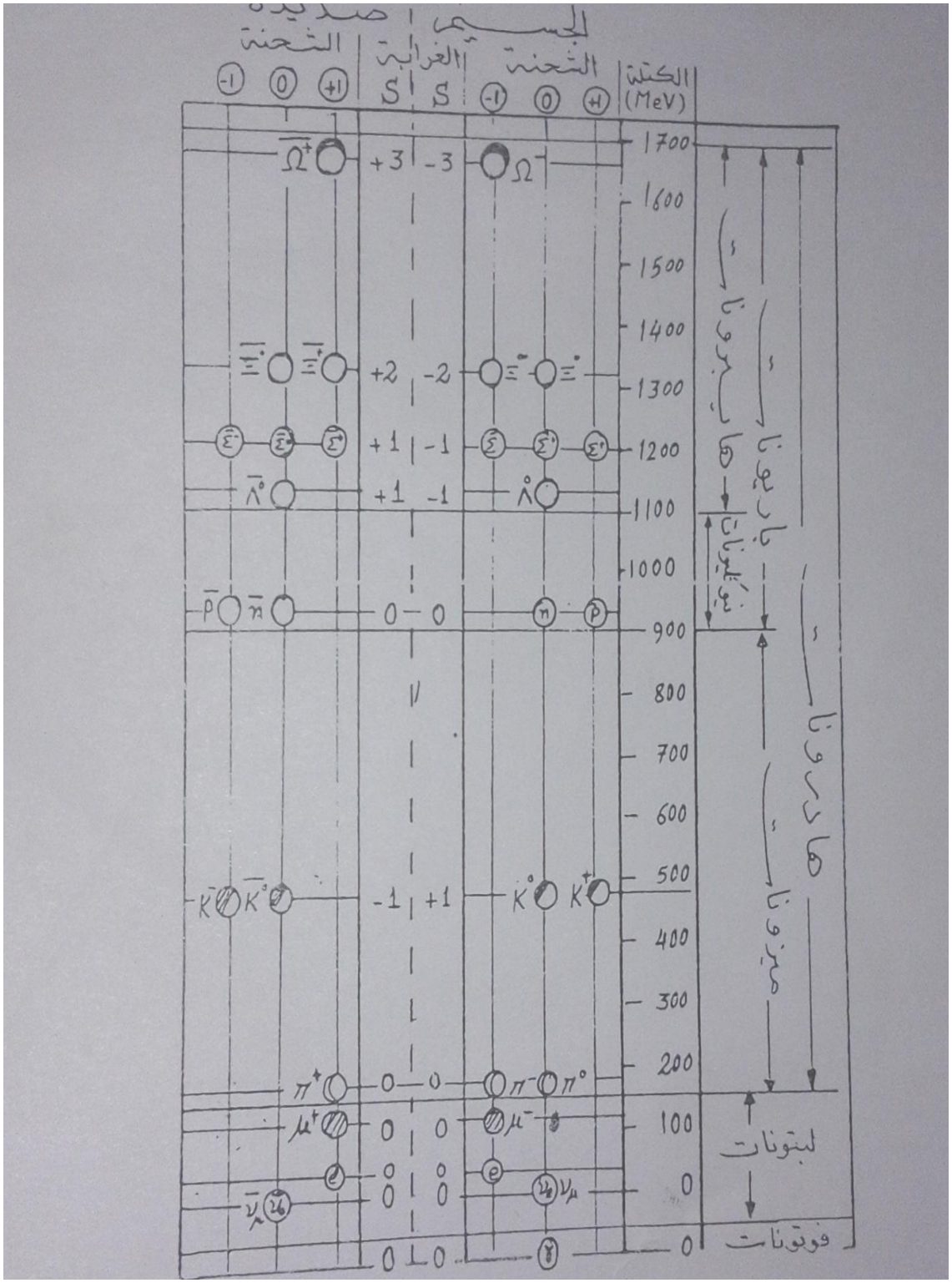
1/معجلات الطاقات العالية

2/انظمة الكشف عن هذه الجسيمات او كاشفات الجسيمات

3/ تقنيات معالجة المعلومات .واستخدامات الحاسبات الالكترونية لتحليل المعلومات




**الشكل(3–1) يبين تاريخ اكتشاف الجسيمات الاولية**



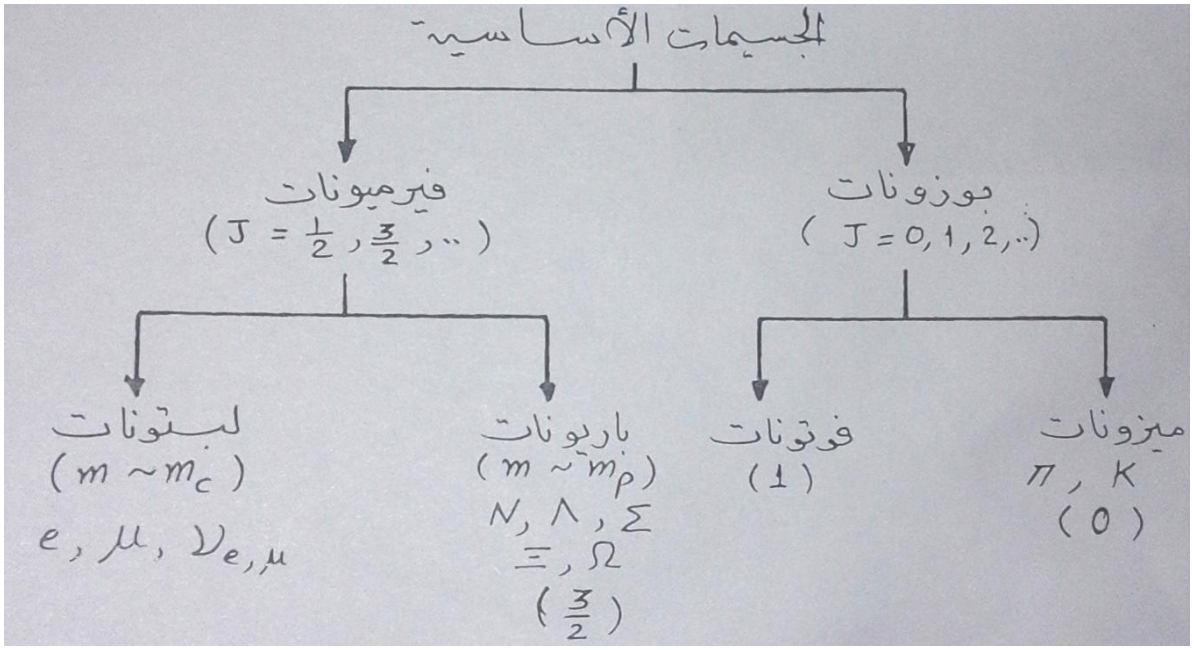

**الشكل ( 3–2 ) تصنيف الجسيمات الأولية المعروفة حتي سنة 1964م**

## (3-2) الجسيمات الأولية المعروفة حتى عام 1964م

يبين الشكل (3-2) تصنيف الجسيمات الأولية المعروفة حتى سنة 1964 م وتعرف الجسيمات المعرو فة بعد عام 1957م بالجسيمات الرنينية Resonance Particles وذلك لأن عمر النصف لها أقصر من عمر النصف لباقي الجسيمات الأقدم منها . وقد بينا أن معظم الجسيمات قد تم اكتشافها عن طريق دراسة الأشعة الكونية . ولأن هناك الكثير من التعارضات بين النظرية والتجربة فإن من الصعب إتباع ترتيب معين للجسيمات ، ولكننا سنقوم باستعراض شامل لجيمع الجسيمات المعروفة وإلقاء الضوء علي ما هو مهم حولها . ولقد ذكرنا فيما سبق أن لكل جسيم ضديد له وإذا لم يمكننا التعرف علي الضديد فإننا سنفترض أن ضديد الجسيم هو الجسيم نفسه [3].

### 1-2-3 الألكترون ( $e^-$) البروتون ( p ) والفوتون ($\gamma$)

عرفت هذه الجسيمات الثلاثة عام 1930م ( أنظر الشكل (3-1) أدخل مفهوم الإلكترون عام 1897م بواسطة تومسون أما البروتون فقد أدخله رذرفود عام 1910م . ولكل من الإلكترون والبروتون عزماً مغزلياً ( Spin) يساوي $\frac{1}{2}$ ومن ثم فهما ينتميان إلى عائلة تعرف بالفيروميونات [3].




**الشكل (3-3 ) التصنيف الإحصائي للجسيمات**

أنظر الشكل(3-3) الذي يبين التصنيف الإحصائي للجسيمات ويحمل الإلكترون وحدة الشحنة الكهربية السالبة . أما البروتون فيحمل الوحدة الموجبة . وتبلغ كتلة البروتون حوالي 1836 مرة قدر كتلة الإلكترون . بينت أعمال أينشتاين عام 1905م أن الفوتون

يمكن أن يعتبر ( جسيماً ) ذا كتلة سكونية تساوي صفراً وعزماً مغزلياً يساوي الوحدة . كما وأنه يعتبر ضديده . ويعتبر كلا من الإلكترون والفوتون جسيماً مستقراً ، أما البروتون فيعتقد أن بإمكانه التحلل بعمر نصف طويل جداً إلا أن ذلك ما يزال مثاراً للجدل . إذ يعتبره بعض العلماء جسيماً مستقراً أيضاً[5] .

### 2-2-3 النيوترون

إكتشف النيوترون عام 1932م بواسطة شادويك وكتلته أكبر قليلاً من كتلة البروتون وعزمه $\frac{1}{2}$ وهو متعادل الشحنة ( إلا أن له عزماً مغناطيسياً سالباً ) ويتحلل النيوترون بعمر نصف يساوي حوالي 12 دقيقة إلى بروتون وجسيم $\beta$ ونيوترينو $\upsilon$.

### 3-2-3 البوزيترون ( $e^+$ )

له نفس كتلة وعزم الإلكترون إلا أن شحنته موجبة ومن ثم يعتبر ضديد الإلكترون إذ يفنيان بعضهما بعضاً عند التقائهما ، أما في غياب الإلكترون فالبوزيترون يعتبر جسيماً مستقراً .

### 4-2-3 النيوترينو ( وضديده ) الخاصين بالإلكترونات ( $\upsilon_e, \overline{\upsilon_e}$ )

عرفنا في باب أشعة $\beta$. كيف تنبأ العلماء بوجود جسيم له خصائص النيوترينو وهو جسيم كتلته السكونية معدومة وغير مشحون وعزمه المغزلي يساوي $\frac{1}{2}$ . وقد اقترح وجود هذا الجسيم باولي عام 1931م ثم أطلق عليه اسم فيرمي عام 1932م ومن ثم ساعده علي نشر نظرية تحلل $\beta$ كما ويتفاعل النيوترينو تفاعلاً ضعيفاً جداً مع المادة . في عام 1957م ثم اكتشاف النيوترينو وضديده بواسطة كوان ورينز ، وهذان الجسيمان مستقران وأحداهما هو ضديد الأخر .

### 5-2-3 النيوترينو وضديده الخاصين بالميونات ( $\upsilon_\mu, \overline{\upsilon_\mu}$ )

سنبين أن هناك نوعان من النيوترينات أحدهما يرافق الإلكترونات والأخر الميونات . وسنتناول ذلك بشئ من التفصيل فيما يلي :

تنطلق النيوترينات من تفاعلات مثل :

تحلل النيوترون ( حراً ومقيداً )

$$n \rightarrow p + e^- + \overline{\upsilon_e} \qquad (1-3)$$

تحلل البروتون ( مقيداً )

$$p \rightarrow n + e^+ + \upsilon_e \qquad (2-3)$$

الأسر الإلكتروني

$$p + e^- \rightarrow n + \upsilon_e \qquad (3-3)$$

(1) تحلل البايون الموجب

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \upsilon_\mu \qquad (4-3)$$

(2) تحلل البايون السالب

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\upsilon}_\mu \qquad (5-3)$$

$$\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \upsilon_\mu + \bar{\upsilon}_e \qquad (6-3)$$

أما التفاعلات الثلاثة الأولي فهي خاصة بتحلل ($\beta$). يتضح من هذه التفاعلات الخاصة بتحلل $\beta$و تلك الخاصة بتحلل البايونات ( معادلات ) أن هناك نوعان من النيوترينات أحدهما خاص بالإلكترونات وينطلق معها ( في تحلل $\beta$، والأخر خاص بالميونات وينطلق معها ( في تحلل البايونات ) أما المعادلة (3-6) فتبين تحلل الميونات إلى الكترونات وينطلق نوعا النيوترينات . فإذا كان هاذان النوعان متطابقان ( Identical ) فإن علي احدهما أن يتلاشي مع الأخر باعتبار أن أحدهما الجسيم والآخر ضديده ، ومن ثم ينطلق إشعاع $\gamma$وبالتالي فإن التفاعل (3-6 ) يأخذ الشكل التالي :

$$\mu^\pm \rightarrow e^\pm + (\upsilon + \bar{\upsilon}) \qquad (7-3)$$

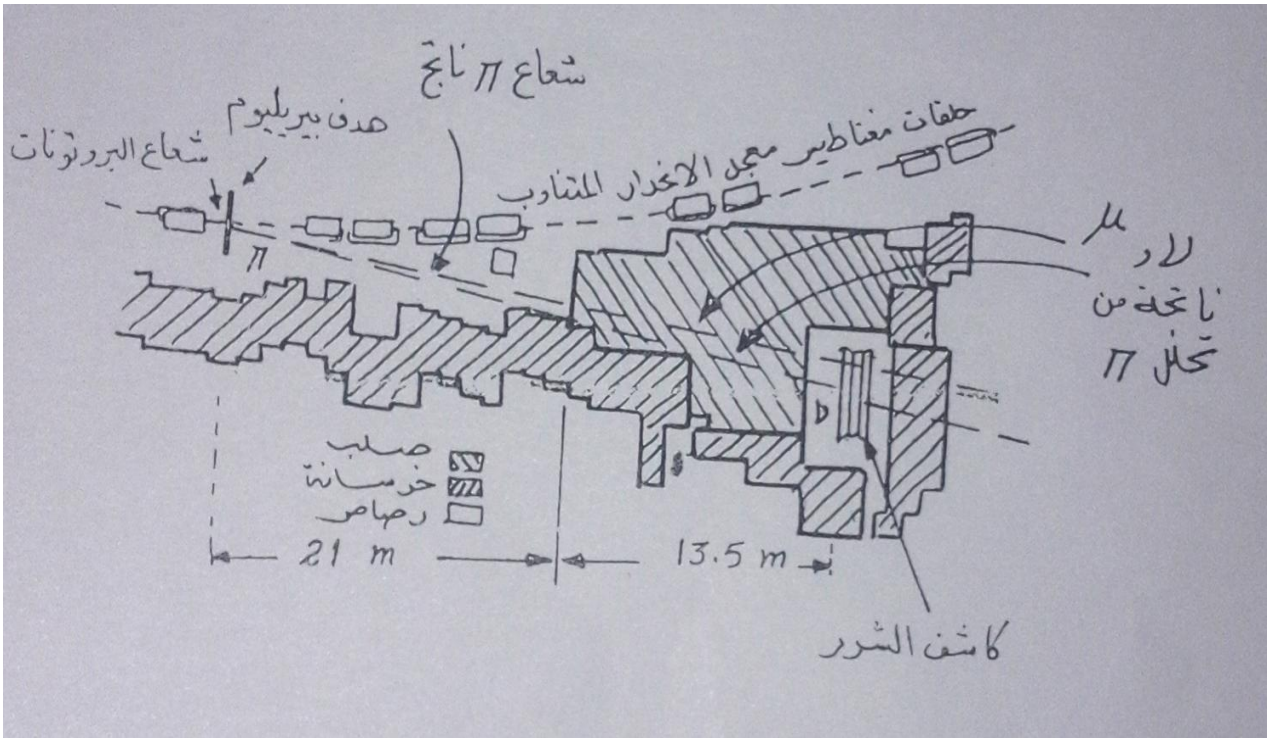
وينتج أن :

$$\mu^\pm \rightarrow e^\pm + \gamma$$

ولكن هل يوجد مثل هذا التفاعل ؟

إن هذا التفاعل ممكن الحدوث لو كان النيوترينو وضديده متطابقان هذا بالرغم من أن النيوترينات تتفاعل من خلال التفاعلات الضعيفة بينما ينطلق الفوتون في التفاعلات الكهرومغناطيسية . ولكن حتى الآن فشلت جميع التجارب في الحصول علي مثل هذا التفاعل . ومن ثم فهذا يعني أن النيوترينو وضديده في المعادلة (3-7 ) ينتميان إلى عائلتين مختلفتين . ومن ثم يمكن أن ننظر إلى النيوترينو وضديده في معادلة ( 3-6) علي أن أحدهما ينتمي إلى تحلل الميون والاخر ينتمي إلى خلق الإلكترون في هذا التحلل ، وبصورة عامة فإن نيوترينو الإلكترون ( $\upsilon_e, \overline{\upsilon_e}$) ينطلق مع تحلل $\beta$ أما

نيوترينو الميون ($\upsilon_\mu, \overline{\upsilon_\mu}$) فينطلق من تحلل البايون معادلتي(3-4'3-5) أو تحلل الميون( معادلة (3-6) . لقد تم التأكد عملياً من وجود هاذين النوعين في تجربة استخدمت السينكروترون في بروكهافن بطاقة 30 Gev وذلك كما نبينه في الشكل(4) حيث يستخدم شعاع البروتونات الناتج عن المعجل بطاقة قدرها (15 Gev) لقذف هدف من البيريليوم لإنتاج بايونات بطاقة قدرها (3 Gev ) ويتحلل حوالي 10% من هذه البايونات حسب العلاقتين ( 3-4 و 3-5) وينتج عن ذلك الميونات والنيوترينات . وعلي بعد قدره ( 21) متراً من الهدف يوجد درع من الصلب سمك ( 13.5 ) متراً يقوم بامتصاص البايونات والميونات الناتجة[1].




**الشكل(4–3) تجربة نيوترينو الميون بواسطة دانبي ومجموعته (1962)**

أما النيوترينات فيمكنها بسهولة اختراقه حيث تسقط علي كاشف الشرر الذي تبلغ كتلته عشرة أطنان . ويتألف من 90 لوحاً من الألمنيوم سمك كل منها بوصة واحدة ومساحته أربعة أقدام مربعة . ويفصل بين هذه الألواح كتل من البلاستيك الشفاف سمك كل منها $\frac{3}{8}$بوصه . يمثل كاشف الشرر حجماً حساساً ضخما للكشف عن النيوترينات التي يصعب أسرها بواسطة النيوترونات والبروتونات .

وسوف نبحث عن تفاعلات النيوترينات الخاصة بتحلل البايونات ( معادلتي3-4 ،3-5 ) مثل :

$$\upsilon_\mu + n \to p + \mu^-$$
$$\bar{\upsilon}_\mu + p \to n + \mu^+$$

(8-3)

أو تفاعلات مثل :

$$\upsilon_\mu + n \to p + e^-$$
$$\bar{\upsilon}_\mu + p \to n + e^+$$

(9-3)

فإذا كانت نيوترينات الميونات متطابقة مع نيوترينات الإلكترونات فإننا نتوقع أن نشاهد تفاعلي(3-8,3-9 ) يحدثان معاً ، إلا أن نتائج التجربة السابقة أثبتت أنه لم تحدث تفاعلات (3-9) ومن ثم فإن نيوترينات الميونات تختلف عن فصيلتها نيوترينات الإلكترونات .

**3-2-6 الجسيمات الغريبة : ( Strange Particles)**

تم اكتشاف جسيمات جديدة هي $\Xi, K, \Sigma, \Lambda$ ,وفي الواقع الأمر فإن اكتشاف هذه الجسيمات وجسيمات أخري جعلنا نصنف أمثال هذه الجسيمات حسب كتلها إلى مجوعتين رئيستين :

أ/ الهايبرونات : ( Hyperons ) :-

وهي الجسيمات التي تفوق كتلة كل منها كتلة البروتون وهذه تضم جسيمات مثل $\Omega, \Xi, , \Sigma, \Lambda$ .

ب/ الميزونات الثقيلة : ( Heary Mesons ) :

وهذه تضم الجسيمات التي تقع كتلها بين كتله البايونات والنيوكليونات وهي تضم ميزونات $K^0, K^\pm$ .

وقبل أن نخوض في خصائص هذه الجسيمات فإننا نتوقف عند تسمية هذه الجسيمات بالجسيمات الغريبة . وتكمن الغرابة هنا في عمر النصف لهذه الجسيمات . فمن المعروف أن هذه الجسيمات تنتج من تفاعلات قوية ( strong Interactions ) تتميز بفترة زمينة تقع في حدود $10^{-23}$ ثانية . ويمكن تقدير ذلك من مبدأ اللاتحديد . حيث نجد أن :

$$\Delta E . \Delta t \approx \hbar$$

وحيث أن $\Delta E$ تقع في حدود 100MeV ( للقوي النووية القوية ) فإنه ينتج أن :

$$\Delta t \approx \frac{\hbar}{\Delta \mathrm{E}} \approx 10^{-23} s$$

ومن الامثلة علي التفاعلات القوية التي تنتج عنها هذه الجسيمات ما يلي :

$$p + p \rightarrow \Lambda + \bar{\Lambda} + p + p \qquad (10\text{-}3)$$

$$p + p \rightarrow p + \Lambda + \pi^{+} + \mathrm{K}^{0} \qquad (11-3)$$

$$p + p \rightarrow p + \Lambda + + \mathrm{K}^{+} \qquad (12-3)$$

فإذا كانت هذه الجسيمات تنتج من تفاعلات قوية فلماذا إذن تحلل بعمر نصف صغير ( $\approx 10^{-10} s$ ) ولماذا تعيش هذه الجسيمات طويلاً ؟

ينبغي هنا أن نبين الفرق بين التفاعلات القوية والضعيفة فيما يخص عمر النصف ومساحة مقطع التفاعل :

1/ في التفاعلات القوية نجد أن :

أ/ عمر النصف لها قصير ( $10^{-20} s$ )

ب/ مساحة مقطع التفاعل كبيرة ( احتمال التفاعل كبير )

2/ في التفاعلات الضعيفة نجد أن :

أ/ عمر النصف لها طويل ( $10^{-10} s$ ) أو أكبر

ب/ مساحة مقطع التفاعل صغيرة ( احتمال التفاعل صغير )

يقع زمن تحلل هذه الجسيمات في مدي التفاعلات الضعيفة في حين أن مبدأ العكس ( Reversibility ) الصحيح يفترض أنه إذا نتجت جسيمات من تفاعلات قوية فإن عليها أن تحلل بتفاعلات قوية أيضاً ؟ ولكن هذه الجسيمات تحلل بزمن يفوق زمن تكونها بقيمة تقدر بحوالي $10^{13}$ مرة . هذا التصرف الغريب هو الذي أدي إلى تسمية هذه الجسيمات بالجسيمات الغريبة [8].

ولمعالجة هذه المشكلة إفترض بايس A.Pais وعلماء آخرون أن هذه الجسيمات تنتج في مجموعات تتكون من جسيمين أو أكثر . وهذا يعني أن التفاعلات القوية التي ينتج عنها الجسيمات الغريبة تؤثر علي أكثر من جسيم واحد في نفس الوقت . يعرف هذا المبدأ بالانتاج المشترك (Associated Production ) فمثلا يمكن أن ينتج الجسيم وضديده( أنظر معادلة(3-10)) أو جسيم مثل ( K ميزون ) وهايبرون ( معادلة( 12-3))

وبعد أن يتم إنتاج الجسيمات فإن تحلل كل منها يعتبر تفاعلاً بطيئا ( هذا إذا لم يتقابل الجسيم مع ضديده ويفني كل منهما الآخر ). كما وانه في هذه الحالة نجد أن مبدأ العكس لا يزال سارياً تلقائياً وذلك لأن التفاعل القوي لا يمكن أن ينتج عنه تحللاً قوياً وذلك لنقص الطاقة . فالجسيم الغريب الذي نتج عن تفاعل قوي لا يمكنه أن يتحلل بتفاعل قوي نظراً لأنه لا يملك الطاقة الكافية لذلك ، ومن ثم فسوف تتحرك الجسيمات بعيداً عن بعضها البعض بعد لحظة الإنتاج ، هذه الحركة تعني أنها ستأخذ زمناً ومن ثم يصبح تحللها ذو طبيعة ضعيفة [3].

لقد تم وضع عدة فروض تضم أعداداً كمية جديدة خاصة بهذه الجسيمات ، فلو أخذنا تحلل جسيمات $\Lambda$ فإنه لتفسير ما يحدث ، يفترض الآتي :

1/($\Lambda$ ) لها عدداً كمياً جديداً يعرف بعدد الغرابة ( S ) Strangness Q.No. بحيث s=-1 لجسيم $\Lambda$ (s=+1 لضديد $\Lambda$ أي لجسيم $\bar{\Lambda}$)

2/ النيوكليونات والبايونات ليست جسيمات غريبة ومن ثم فإنم ( S ) لها تساوي صفراً.

3/ عدد الغرابة ( S ) كمية محفوظة في حالة التفاعلات القوية

4/ عدد الغرابة ( S ) كمية غير محفوظة في حالة التفاعلات الضعيفة

يبين في الجدول (1) كتل وأعمار النصف ورقم الغرابة لبعض الجسيمات **الأولية** كما ويبين في الجدول (2) التصنيف القديم للجسيمات حسب بعض الخصائص .

| العائلة | الجسيم | حالات الشحنة للجسيم | حالات الشحنة للضديد | عمر النصف (S) | الكتلة (MeV) | الغرابة* (S) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اللبتونات | نيوترينو | $\nu_e, \nu_\mu$ | $\bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu$ | مستقر | 0 | 0 |
| | الإلكترون | $e^-$ | $e^+$ | مستقر | 0.511 | 0 |
| | الميون | $\mu^-$ | $\mu^+$ | $2.2 \times 10^{-6}$ | 105.6 | 0 |
| البوزونات | فوتون | $\gamma$ | | مستقر | 0 | 0 |
| | البايون | $\pi^0$ | $\pi^0$ | $0.82 \times 10^{-16}$ | 134.96 | 0 |
| | | $\pi^+$ | $\pi^-$ | $2.6 \times 10^{-8}$ | 139.56 | |
| | ميزونات K− | $K^+$ | $K^-$ | $1.2 \times 10^{-8}$ | 494 | +1, −1 |
| | | $K^0$ | $\overline{K^0}$ | $6 \times 10^{-8}$ | 497.8 | +1, −1 |
| | البروتون | $P^+$ | $\bar{P}^-$ | ** مستقر | 938.2 | 0 |
| | النيوترون | $n^0$ | $\overline{n^0}$ | 720 | 939.5 | 0 |
| | اللمدا | $\wedge^0$ | $\overline{\wedge^0}$ | $2.5 \times 10^{-10}$ | 1115.4 | −1, +1 |
| الباريونات | السيجما | $\Sigma^+$ | $\overline{\Sigma^0}$ | $0.8 \times 10^{-10}$ | 1189.4 | −1, +1 |
| | | $\Sigma^0$ | $\overline{\Sigma^0}$ | $< 0.1 \times 10^{-10}$ | 1191.5 | −1, +1 |
| | | $\Sigma^-$ | $\overline{\Sigma^+}$ | $1.6 \times 10^{-10}$ | 1196 | −1, +1 |
| | إكساي | $\Xi^0$ | $\overline{\Xi^0}$ | $1.5 \times 10^{-10}$ | 1311 | −2, +2 |
| | | $\Xi^-$ | $\overline{\Xi^+}$ | $1.7 \times 10^{-10}$ | 1318.4 | −2, +2 |
| | أوميجا | $\Omega^-$ | $\overline{\Omega^+}$ | $0.7 \times 10^{-10}$ | 1686 | −3, +3 |

**الجدول(3−1) كتل وأعمار النصف ورقم الغرابة لبعض الجسيمات الاولية**

الجسيمات التي لها رقم غرابة هي جسيمات غريبة هناك شواهد تجريبية هذه الأيـــام علي إمكانية تحلل البروتون في صورته الحرة إلا أن عمر النصف هنا طويل جدا

| | التفاعل | الاسم | | الاحصاء | الكتلة (MeV) | الشحنى | الجسيم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قوي | هادرونات | باريونات | هايبرونات | فيرميونات | 1320 | −, 0 | $\Xi$ |
| | | | | | 1190 | −, 0, + | $\sum$ |
| | | | | | 1120 | 0 | $\wedge$ |
| | | | نيوكليونات | | 940 | 0, + | N |
| | | مزونات | | بوزونات | 500 | −, 0, + | $\theta, \tau(K)$ |
| | | | | | 140 | −, 0, + | $\pi$ |
| ضعيف | | لبتونات | | فيرميونات | 110 | −, + | $\mu$ |
| | | | | | 0.511 | −, + | e |
| | | | | | 0.0 | 0 | $\nu$ |
| كهرومغناطيسي | | فوتونات | | بوزونات | 0.0 | 0 | $\gamma$ |

**الجدول ( 3−2) التصنيف القديم للجسيمات**

**وسنتناول فيما يلي كل من هذه الجسيمات بشئ من التفصيل :**

**أولاً :الهايبرونات :**

وتضم الجسيمات التالية . $\Omega^-,\Xi^-,\Xi^0,\Sigma^0,\Sigma^\pm,\Lambda$ وضديداتها وتنقسم هذه الجسميمات إلى أربع مجموعات وهي

أ/ مجموعة جسيم $\Lambda$ وضديده $\bar{\Lambda}$ .

ب/ مجموعة جسيمات $\Sigma$.

ج/ مجموعة جسيمات $\Xi$ .

د/ مجموعة جسيم $\Omega^-$ وضديده

ولأسباب جوهرية تتعلق بطبيعة تحلل هذه الجسيمات وكتلها فإنها جميعاً يبدو أنها تتركب من نيوكليونات وميزونات وقد تم الكشف علي مسارات هذه الجسيمات عند دراسة الاشعة الكونية . ولكنه لم يتم التعرف عليها حتى عام 1956 . وذلك نتيجة للتوقعات النظرية التي اقترحها : جيل مان Gell – Mann ونيشجياما Nishijima . كما تم أخيراً إنتاج هذه الجسيمات في المعمل عند تطور المعجلات والحصول علي طاقات عالية . حيث أمكن الحصول علي الهايبرونات بصحبة ميزونات $K^-$ . وعند طاقات أعلي يمكن الحصول علي أزواج من الهيبرونات بدلاً من الهايبرونات والميزونات .

بينا فيما سبق أن هذه الجسيمات هي جسيمات غريبة ومن ثم تحلل حسب التفاعلات الضعيفة إلا أن الجسيم $\Sigma^0$ يتحلل حسب التفاعلات الكهرومغناطيسية حسب العلاقة :

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma \qquad (13\text{-}3)$$

وسنتناول كلا من هذه المجموعات فيمل يلي :

**أ/ مجموعة جسيم $\Lambda$ وضديده $\bar{\Lambda}$ :**

يمكن أنتاج هذه الجسيمات في المعمل بالإضافة إلى انتاجها عن طريق الأشعة الكونية ( أنظر معادلات ( 3-10 ، 3-12 ) كما ويمكن إنتاج جسيم $\Lambda^0$عن طريق التفاعل التالي

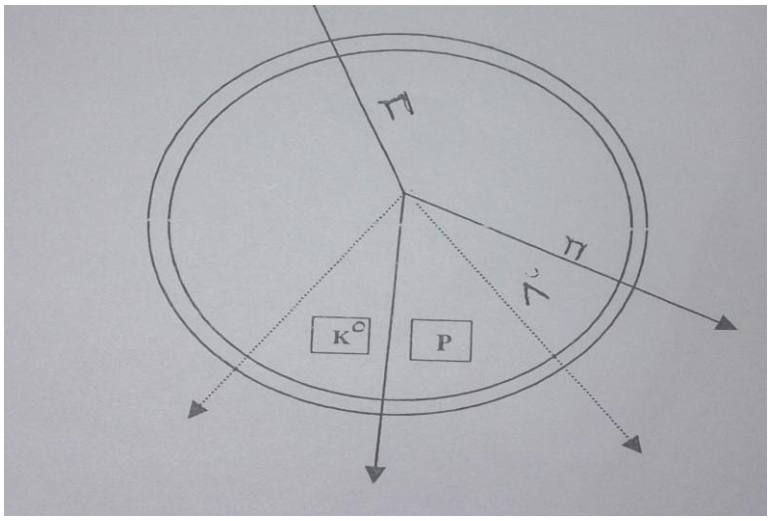
$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + \mathrm{K}^0 \qquad (14\text{-}3)$$

حيث ينتج شعاع من البايونات طاقت1.5 Gev من المعجل ويوجه نحو حجيرة سحابية تحتوي علي غاز الهيدروجين ( كهدف من البروتونات ) موضوع تحت ضغط

قدرة 18 ضغط جوي ( لزيادة احتمال التفاعل ) كما وتوضع الحجيرة في مجال مغناطيس شدتنه 10 تسلا . يبين الشكل ( 5 ) إنتاج جسيم $\Lambda$في المعمل

حيث وجد أن $\Lambda^0$ تتحرك لمسافة قدرها 0.65cm قبل أن تتحلل إلى $\pi^-$ و P كما ويمكن أن تتحلل إلى نيوترون و $\pi^0$ حسب العلاقة

$$\Lambda^0 \rightarrow n^0 + \pi^0 \qquad (15\text{-}3)$$




**الشكل (5–3) إنتاج جسيم $\Lambda$ في المعمل**

كما ويمكن أن تتحلل إلى نيوترون وفوتون حسب العلاقة :

$$\Lambda^0 \rightarrow n + \gamma \qquad (16\text{-}3)$$

ويبلغ عمر النصف لها . $2\times10^{-11}$ ثانية .

وتصنف $\Lambda^0, \overline{\Lambda}^0$، في مجموعة الفيرميونات حيث وجد أن عزمهما المغزلي يساوي $\frac{1}{2}$.

أما كتله كل منهما فتساوي 1.115 Gev ( أنظر الجدول (3–1)

**ب/ مجموعة جسيمات $\Sigma$ :-**

وهذه تضم ثلاثة جسيمات $\Sigma^+, \Sigma^-, \Sigma^0$ وضديداتها وهي تقريباً متساوية الكتل ( أنظر الجدول (3–1) إلا أن $\Sigma^-$ تعتبر أثقلها وتختلف قليلاً في عمر النصف ( أنظر الجدول (3–1) إلا أنه يقع في حدود $10^{-10}$ ثانية ( تفاعلاً ضعيفاً ) وتتحلل حسب العلاقات التالية :

$$\Sigma^+ \rightarrow n + \pi^+ \qquad (17\text{-}3)$$

$$\Sigma^+ \rightarrow p + \pi^0 \qquad (18-3)$$

$$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^- \qquad (19-3)$$

$$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma \qquad (20\text{-}3)$$

ويمكن إنتاج هذه الجسيمات في المعمل بقذف البروتونات ( مادة هيدروجينية كالبرافين أو البوليثيلين ) بقذائف البايونات $\pi$ الناتجة من معجل قوي ( الكوزموترون مثلا ) وذلك وفق التفاعلات التالية :

$$\begin{aligned} &\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + \mathrm{K}^+ \\ &\pi^- + p \rightarrow \Sigma^0 + \mathrm{K}^0 \\ &\pi^+ + p \rightarrow \Sigma^+ + \mathrm{K}^+ \end{aligned} \qquad (21\text{-}3)$$

ففي التفاعل الأخير مثلا ،تدخل البايونات ذات الطاقة والزخم المحددين إلى حجيرة فقاعة موضوعة في مجال مغناطيسي شدته 1.7 تسلا . حيث تغادر $\mathrm{k}^+$ الحجيرة بينما تتحلل $\Sigma^+$ حسب معادلتي( 3-17 او 3-18 ) إلى جسيم مشحون يمكن الكشف عنه وتحديد نوعه وطاقته وجسيم أخر متعادل .

كما ويمكن أن تنتج هذه الجسيمات من تحللات الهايبرونات العالية الكتلة ( الجسيمات الرنينية ) مثل التفاعل .

$$Y^+ \rightarrow \Sigma^+ + \gamma \qquad (22\text{-}3)$$

**ج/ مجموعة جسيمات ($\Xi$):**

وتضم هذه المجموعة جسيمين هما $\Xi^0, \Xi^-$ وضديداتها. أما $\Xi^+$ فلم تفلح التجربة في الكشف عنها كما وأنه فشلت النظرية في استنتاجها .

وتسمي هذه الجسيمات أحياناً الجسيمات المتلاحقة وذلك لطول قائمة تحللها .

ويمكن إنتاج هذه الجسيمات من المعجلات القوية وذلك بتوجيه شعاع من الميزونات ( $\mathrm{k}^-$ ) نحو هدف من مادة هيدروجينية وتنتج التفاعلات التالية

$$\mathrm{K}^- + p \rightarrow \Omega^- + \mathrm{K}^+ + \mathrm{K}^0 \qquad (23\text{-}3)$$

ويتحلل جسيم $\Omega^-$ حسب العلاقة

$$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^- \qquad (24\text{-}3)$$

كما ويمكن إنتاج جسيم ($\Xi^-$) عن طريق قناة ثانية حسب التفاعل التالي :

$$\mathrm{K}^- + p \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + \mathrm{K}^0 \qquad (25\text{-}3)$$

وتتحل هذه الجسيمات بعمر نصف يبلغ حوالى $10^{-10}s$ ( أنظر الجدول(3-1) حسب العلاقات التالية

$$\Xi^0 \to \Lambda + \pi^0 \qquad (26\text{-}3)$$

ثم تتحلل كل من $\Lambda, \pi^0$ حسب العلاقات التالية

$$\Lambda \to p + \pi^- \qquad (27\text{-}3)$$

$$\Lambda \to n + \pi^0 \qquad (28\text{-}3)$$

أو

أما $\pi^0$ فتتحلل حسب العلاقة

$$\pi^0 \to \gamma + \gamma \qquad (29\text{-}3)$$

كما ويمكن للفوتونات أن تنتج أزواجاً من الإلكترونات والبوزيترونات أما $\Xi^-$ فتحلل إلى بايون سالب وجسيم $\Lambda$ الذي يتحلل بدوره إلى عده جسيمات . نلاحظ إذن التحلل المتلاحق لهذه الجسيمات ولهذا أطلق عليها الجسيمات المتلاحقة

وتنتمي هذه الجسيمات وضديداتها أيضاً إلى قائمة الفيرميونات بعزم مغزلي قدره $\frac{1}{2}$.

**د/ مجموعة جسيم ($\Omega^-$) وضديده :-**

تنتمي هذه المجموعة إلى مجموعة من الجسيمات تعرف بالجسيمات الرنينية . وقد لعبت التوقعات النظرية دوراً كبيراً في اكتشاف جسيم ($\Omega^-$). فقد اكتشفت تسعة جسيمات تحمل زخماً وانعكاسية ($J^p$) تساوي ($\frac{3+}{2}$) بينما كان التوقع النظري وجود عشرة جسيمات من هذه المجموعة وذلك كما يتضح من الجدول ( 3-3 ) حيث نجد أن عدد الباريونات ذات ($\frac{3+}{2}$ ) يساوي عشرة وقد أقفل هذا العدد بجسيم ($\Omega^-$) .

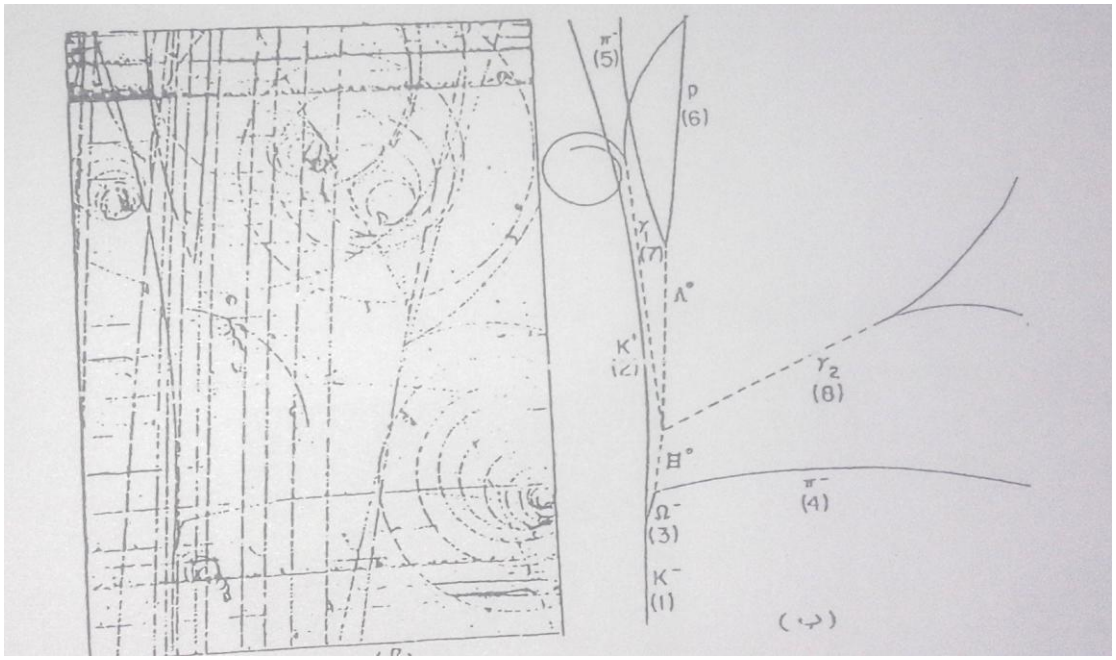
| عددها | الجسيمات | $K^\pi$ |
|---|---|---|
| | Mesons الميزونات | |
| 9 | $K^0, K^+, \pi^-, \pi^0, \eta, \eta', K^-, \overline{K^0}$ | $0^-$ |
| 9 | $K^{o*}(890\ MeV), K^{+*}, \rho^-, \rho^-, \rho^+, \omega, \phi, K^{-*}, \overline{K^{0*}}$ | $1^-$ |
| 9 | $K^{o*}(1420\ MeV), K^{+*}, A_2^-, A_2^0, A_0^+, f, f', K^{-*}, \overline{K^{0*}}$ | $2^+$ |
| | Baryons باريونات | |
| 8 | $n, p, \Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+, \Xi^-, \Xi^0, \Lambda^0$ | $1/2^+$ |
| 10 | $\Delta^-, \Delta^0, \Delta^+, \Delta^{++}, Y^{-*}, Y^{*+}, \Xi^*, \Xi^{0*}, \Omega^-$ | $3/2^+$ |

**الجدول ( 3-3 ) تصنيف الجسيمات في مجموعات حسب $J^\pi$**

يمكن إنتاج هذا الجسيم عن طريق تفاعل مثل المبين بالمعادلة (20) حيث ثم ذلك في بروكهافن عن طريق معجل الجهد المتناوب الذي ينتج بروتونات طاقتها (33 Gev) في نبضات تتعاقب كل 2.5 ثانية . ويسقط شعاع البروتونات علي هدف من التجستن لتنتج ميزونات ($K^-$) وعدد قليل من البايونات السالبة . ثم يتم فصل ($K^-$) عن ($\pi^-$) باستخدام مغناطيس مناسب حيث يتم بعد ذلك تضييق الشعاع الذي تبلغ طاقته الآن (5 Gev ) ثم توجة هذه الجسيمات نحو حجيرة فقاعة هيدروجينية قطرها 80 بوصه ، حيث يتم التصادم مع البروتونات وتنتج جسيمات ($\Omega^-$ ) لقد وجد أن هناك عشرة جسيمات ($K^-$) تسقط علي الحجيرة كل 2.5 ثانية . ويتم الكشف عن جسيمات ($\Omega^-$) بدراسة تحللاتها الممكنة التالية :

$$\left\{\begin{array}{l}\Omega^- \to \Xi^0 + \pi^- \\ \Omega^- \to K^- + \Lambda^- \\ \Omega^- \to \Xi^- + \pi^0\end{array}\right\} \qquad (30-3)$$

لقد تم اكتشاف هذه التحللات عام 1964م . ويبين الشكل (3–6) صورة وشكل تحلل ($\Omega^-$) إلى بايون سالب و($\Xi^0$) .




**الشكل (3–6) صورة وشكل تحلل $\Omega^-$ .**

ويبلغ عمر النصف لتحلل هذا الجسيم حوالي $10^{-10}$ ثانية ( أنظر الجدول (3–1)

**ثانياً : الميزونات الثقيلة :**

وهذه الميزونات عبارة عن أربعة جسيمات وهي( $\bar{K}^0, K^0, K^+, K^-$ )ويمكن تقسيم هذه الميزونا ت الى اربع مجموعات كما يلي :

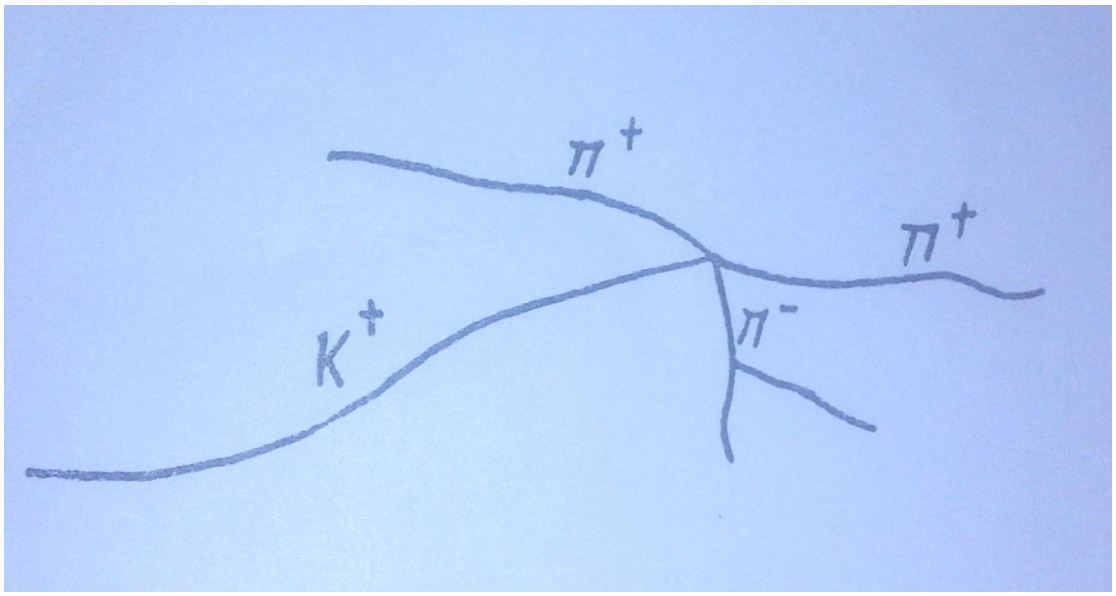
1/ $K^+, K^0$ يكونان مجموعة ثنائية douplet حيث $s=+1, I=\frac{1}{2}$.

2/ $\bar{K}^0, K^-$ يكونان مجموعة ثنائية douplet حيث $s=-1, I=\frac{1}{2}$.

3/ $K^-, K^+$ يكونان زوجاً من الجسيم وضديده.

4/ $\bar{K}^0, K^0$ يكونان زوجاً من الجسيم وضديده.

لقد تم اكتشاف ($K^+$) في هذه المجموعة عام 1949م بدراسة المستحلب النووي الذي يبين مسارا لجسيم كذلك المبين بالشكل ( 3–7) حيث نجد أنه قد تحلل إلى ثلاثة جسيمات وذلك حسب التفاعل .

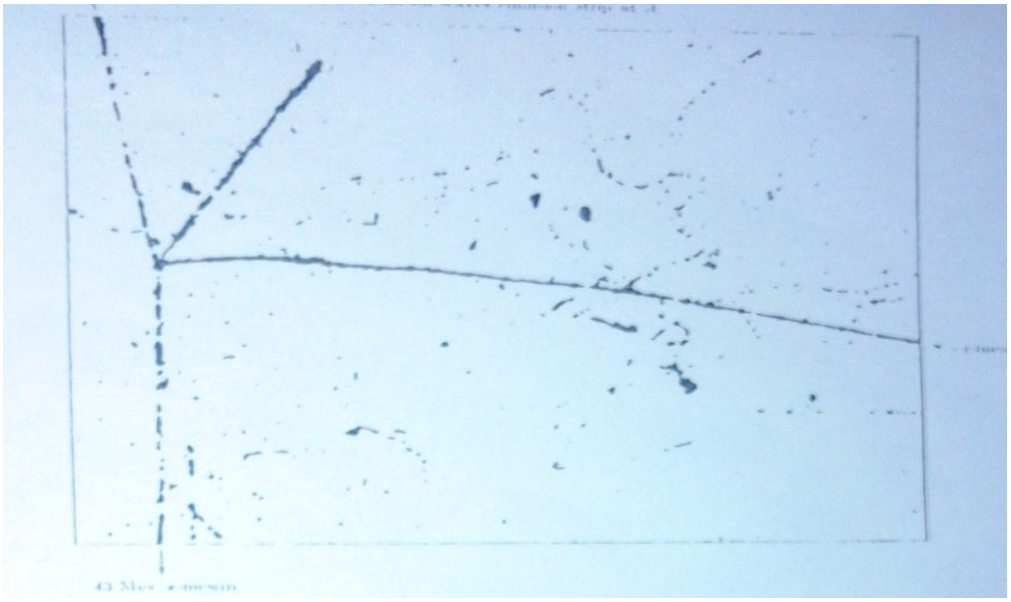



الشكل (3–7) تحلل ميزون $K^+$

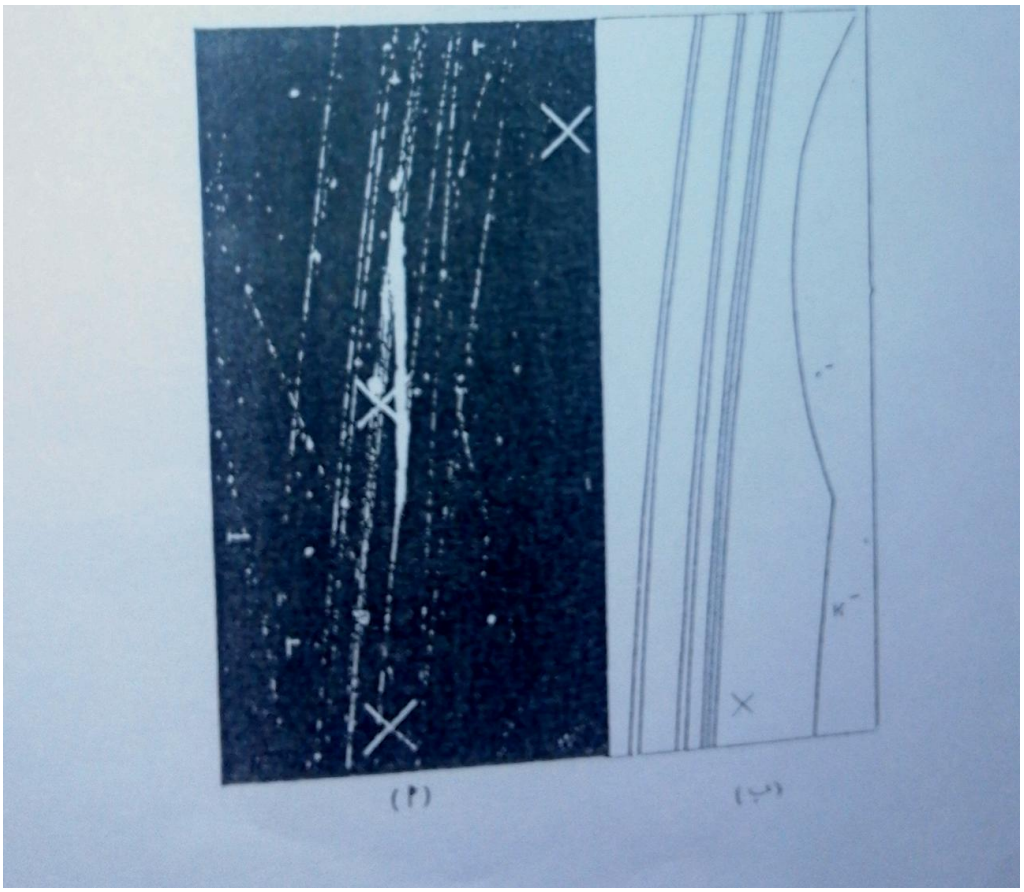
$$K^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^{\pm} + \pi^{\pm} \qquad (31\text{-}3)$$

لقد عرف هذا الجسيم في السابق بأنه جسيم ($\tau$) ويتحلل كما في المعادلة (31-3)

كما ويمكن لهذه الجسيمات أن تتحلل إلى جسيمين . وقد عرف تحلل من هذا القبيل في السابق بتحلل جسيم ($\theta$) حيث تحلل ($\theta$) ايضا . يبين الشكل ( 3-8) تحلل ( $k^-$ ) إلى ثلاثة جسيمات وهو ما يعرف بتحلل النمط ($\tau$) أما الشكل (3-9) فيبين تحلل ( $k^-$ ) إلى جسيمين فيما يتحلل النمط ($\theta$)



**الشكل(3–8) تحلل $k^-$ حسب نمط( $\tau$ )**



**الشكل(3–9) تحلل $k^-$ حسب النمط ($\theta$)**

ويمكننا الآن إجمال هذه التحللات فيما يلي :–

$$\begin{Bmatrix} k^+ \to \tau \to \pi^+ + \pi^- + \pi^+ \\ k^- \to \tau \to \pi^+ + \pi^- + \pi^- \end{Bmatrix} \quad (\text{النمط } \tau) \qquad (32\text{-}3)$$

$$k^- \to \theta \to \pi^- + \pi^0 \qquad (\theta \text{النمط}) \tag{33-3}$$

$$\begin{aligned} k^- &\to \mu^- + \bar{\upsilon} \\ k^- &\to \mu^- + \bar{\upsilon} + \pi^0 \\ k^- &\to \mu^- + \pi^0 + \pi^0 \\ k^- &\to e^- + \bar{\upsilon} + \pi^0 \end{aligned} \tag{34-3}$$

$$\begin{aligned} k^+ &\to \pi^+ + \pi^0 \\ k^+ &\to \pi^+ + \pi^0 + \pi^0 \\ k^+ &\to \mu^+ + \upsilon \\ k^+ &\to \mu^+ + \upsilon + \pi^0 \\ k^+ &\to e^+ + \upsilon + \pi^0 \\ k^+ &\to \pi^+ + e^+ + e^- \end{aligned} \tag{35-3}$$

وفي الواقع يشكل هذا العدد الكبير من أنماط التحلل إحدي الأسباب التي تـــؤدي إلـــى صعوبة الكشف عن هذه الجسيمات . ويبلغ عمر النصف لهذه الميزونات حوالي $10^{-8}$ ثانية وكتلة كل منها حوالي 490 Mev ( أنظر الجدول (3–1)

هناك الميزون المتعادل ($k^0$) وفي واقع الأمر يعتبر هذا الميزون غريبـــاً جـــداً ويرجع ذلك إلى أنه ليس متطابقاً تماماً مع ضديدة ($\bar{K}^0$) ويرجع ذلك إلى ما يلي :

لقد لا حظ روشستر وبتلر Rochester Butier أن هناك جسيما متعادلاً يتحلل في زمن قدرة $1\times10^{-10}$ ثانية إلى بيون موجب وأخر سالب ( كما في حالة ميـــزون $\theta$ وقد أطلقاُ عليه ($k_1^0$ ) كما تبين لهما أن هناك جسيماً أخر متعادلاً يتحلل في زمن قدره $6.1\times10^{-10}$ ثانية إلى ثلاثة جسيمات و أطلقوا عليه ($k_2^0$) حيث تتحلل حسب واحد مـــن هذه الأنماط الثلاثة

$$\left\{\begin{aligned} k_2^0 &\to \pi^0 + \pi^- + \pi^+ \\ k_2^0 &\to \mu^+ + \pi^- + \upsilon \\ k_2^0 &\to \pi^+ + e + \upsilon \end{aligned}\right\} \tag{36-3}$$

وبسبب وجود $k_2^0, k_1^0$ فان $\bar{k}^0, k^0$ لا يتطابقان تماماً وذلك لأن كلا من $k_2^0, k_1^0$ اللذين لا ينتجان بالتساوي في التفاعلات المختلفة .

تنتمي ميزونات ( k ) هي إلى عائلة البوزونات ( زخماً يساوي صفراً ) ( أنظر الشكل (3−3) [6].

يمكن إنتاج هذه الميزونات عن طريق تفاعلات البايونات مع البروتونات في المجـــلات القوية ومن أمثال هذه التفاعلات ما يلي :

$$\pi^- + p \rightarrow k^+ + k^- + n \qquad (37\text{-}3)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \mathrm{K}^0 + \bar{\mathrm{K}}^0 + n \qquad (38\text{-}3)$$

الجدول (4.20) عزوم وأنماط التحلل للجسيمات

| الجسيم | رمزه | العزم والانعكاسية ($J^\pi$) | أنماط التحلل | طرق الإنتاج |
|---|---|---|---|---|
| أوميجا | $\Omega^-$ | $3/2^+$ | $\Xi^0+\pi^-,\ K^-+\Lambda^0,\ \Xi^-+\pi^0$ | $K^-+p\to\Omega^-+K^+$ |
| إكساي | $\Xi^-$ | $1/2^+$ | $\Lambda^0+\pi^-$ | $K^-+p\to\Xi^-+\pi^+$ |
| | $\Xi^0$ | $1/2^+$ | $\Lambda^0+\pi^0$ | $\leftarrow\Omega^-\to\Xi^\circ+\pi^-$ |
| سيجما | $\sum^+$ | $1/2^+$ | $p+\pi^0,\ n+\pi^+,$ | $\pi^++p\to\sum^++K^+$ |
| | $\sum^-$ | $1/2^+$ | $n+\pi^-$ | $\pi^-+p\to\sum^-+K^+$ |
| | $\sum^0$ | $1/2^+$ | $\Lambda^0+\gamma$ | $\pi^-+p\to\sum^0+K^0$ |
| لامبدا | $\Lambda^0$ | $1/2^+$ | $p+\pi^-,\ n+\pi^0$ | $\pi^-+p\to\Lambda^0+K^0$ |
| البروتون | p | $1/2^+$ | $n+e^++\nu_e$!? | طبيعي |
| النيوترون | n | $1/2^+$ | $p+e^-+\bar{\nu}$ | طبيعي |
| الميزونات | $K^+$ | $0^-$ | $:r^++\pi^0,\ \mu^++\nu,\ e^++\nu+\pi^0$ | $\pi^-+p\to K^++K^-+n$ |
| | $K^-$ | $0^-$ | $\pi^-+\pi^0,\ \mu^-,\ \bar{\nu},\ e^-+\bar{\nu}+\pi^0$ | $\pi^-+p\to K^++K^-+n$ |
| | $K^0$ | $0^-$ | $\pi^-+\pi^+$ | $\pi^-+p\to K^0+\overline{K^0}+n$ |
| البايونات | $\pi^+$ | $0^-$ | $\mu^++\nu$ | $p+p\to\pi^++d$ |
| | $\pi^-$ | $0^-$ | $\mu^-+\bar{\nu}$ | $p+p\to\pi^++\pi^-+p+p$ |
| | $\pi^0$ | $0^-$ | $\gamma+\gamma$ | $\pi^-+p\to\pi^0+n$ |
| الميون | $\mu^-$ | $1/2^+$ | $e^-+\bar{\nu}_e+\nu_\mu$ | $\pi^\pm\to\mu^\pm+\nu$ |
| | $\mu^+$ | $1/2^+$ | $e^++\nu_e+\bar{\nu}_\mu$ | |
| الإلكترون | $e^-$ | $1/2^+$ | | طبيعي |
| النيوترينو | $\nu$ | $1/2^+$ | | $\mu^\pm\to e^\pm+\nu$ |
| الفوتون | $\gamma$ | $1^+$ | | طبيعي |

**يبين الجدول (3–4) ملخصاً لعزوم ( spin ) وأنماط التحلل للجسيمات الأولية**

## 3-3 تصنيف الجسيمات والأعداد الكمية

يمكن تصنيف الجسيمات المعروفة حتى العام 1964م في أربع مجموعات

### 3-3-1الباريرونات Baryons

وهذه تضم نوعين من الجسيمات الثقيلة وهما :

أ/ النيوكليونات : وهي مكونات النواة وهذه تشمل البروتون ( p) والنيوترون(n)

ب/ الهايبرونات : Hyperons وهي الجسيمات التي تفوق كتلها كتلة النيوكليونات وهذه جميعاً أيونات غريبة أي أن ( s ) لها تأخذ قيماً عددية 1، 2 ، .. والقيم السالبة أيضاً .

كما وتضم الباريونات أيضاُ ضديداتها . وتعطي الباريونات عدداً كمياً يرمز له بالرمز (B ) ويعرف بعدد الباريون Baryon No ويساوي عدد الباريونات مطروحاً منه عدد ضديداتها زخماً يساوي $\frac{1}{2}$او $\frac{3}{2}$أو000 ومن ثم فهي فيرميونات

### 3-3-2 الميزونات Mesons :

وهذه هي الجسيمات التي تتميز بكتل متوسطة وتضم ميزونات k ميزونات $\pi$وضديداتها وتأخذ زخماً يساوي عدداً صحيحاً ومن ثم فهي بوزونات .

وتكون الباريونات والميزونات عائلة واحدة تعرف بالهادورنات ( Hadroms

### 3-3-3 اللبتونات Leptons :

وهذه تتكون من أخف الجسيمات المعروفة مثل الالكترونات والنيوترينات وضديداتها ولها زخماً يساوي $\frac{1}{2}$ ، $\frac{3}{2}$أو000 ومن ثم فهي فيرميونات كما في حالة الباريونات .

وتفاعل هذه الجسيمات مع الباريونات والميزونات ضعيف جداً

### 3-3-4 الفوتونات :

وهذه جسيمات تحمل القوة الكهرومغناطيسية ولها زخماً يساوي الوحدة ومن ثم فهي تنتمي إلى عائلة البوزونات . أما كتلتها فتساوي صفراً [1].

## 4-3 الزخم النظيري Isotopic Spin

يرمز للزخم النظيرى بالرمز ( I ) وهو هنا لا علاقة له بالزخم الــزاوي ( J ) أو الزخم المغزلي ( S ) ولكنه أدخل أصلا من أجــل التفريــق بــين البروتــون والنيوترون لأن كليهما نيوكليون ولكن البرتون موجــب الشــحنة أمــا النيــوترون فمتعادل الشحنة . ومن ثم أدخل مفهوم الزخم النظيري ليدل علــي عــدد حــالات الشحنة التي يمكن أن توجد فيها مجموعة من الجسيمات المتشــابهة . فــإذا كــان لمجموعة ما زخماً نظيرياً قدرة ( I ) فإن عدد التضاعف ( M ) ( عدد الجسيمات المختلفة الشحنة ) يعطي بالعلاقة :

$$M=2I+1$$

وذلك كما في حالة الزخم ($\ell$) أو ( S ) ( حيث $(M=2\ell+1)$

كما ويعرف أيضاً الرمز ( $I_z$ ) علي أنه يعبر عن مركبة I في اتجاه معين وليكن ( Z ) ( في اتجاه فضاء الشحنة ( Charge Space ) وذلك كما في ( m ) في حالة الزخم ($\ell$).فمثلا في حالة النيو كليونات فاننا سنعطها الرقم $I=\frac{1}{2}$ وهــذا يعنــي ان عدد حالات الجسيمات المشحونة (M)يساوي $2\times\frac{1}{2}+1$ ويســاوي 2 أي أن هنــاك جسيمين بشحنتين مختلفتين وفي هذه الحالة فإن: $I_z=\frac{1}{2}$ ( عدد المركبات ) بحيث يعطي البروتون الموجب الشحنة $I_z=+\frac{1}{2}$ بينما يعطي للنيوترون ( المتعادل الشحنة ) الرقم $I_z=-\frac{1}{2}$ وهكذا بالنسبة لباقي الجسيمات .

نبين في الجدول (6 ) الزخم النظيري لبعض الجسيمات وتعدديتها وفي واقع الامــر يعبر (I) عن أن القوة النووية لا تعتمد علي الشحنة الكهربية[1] .

| مجموعة الجسيمات | I | M = 2I + 1 | $I_z$ | الجسيمات |
|---|---|---|---|---|
| النيوكليونات | $\frac{1}{2}$ | 2 | $\frac{1}{2}$ | $p^+$, $n^0$ |
| البايونات | 1 | 3 | 0, ±1 | $\pi^+$, $\pi^0$, $\pi^-$ |
| الكايونات | $\frac{1}{2}$ | 2 | $\pm\frac{1}{2}$ | $K^0$, $K^+$ |
| | $\frac{1}{2}$ | 2 | $\pm\frac{1}{2}$ | $K^-$, $\overline{K^0}$ |
| إكساي | $\frac{1}{2}$ | 2 | $\pm\frac{1}{2}$ | $\Xi^0$, $\Xi^-$ |
| لامبدا | 0 | 1 | 0 | $\Lambda^0$ |
| سيجما | 1 | 3 | 0, ±1 | $\Sigma^+$, $\Sigma^0$, $\Sigma^-$ |
| دلتا | $\frac{3}{2}$ | 4 | $\pm\frac{1}{2}$, $\pm\frac{3}{2}$ | $\Delta^{++}(\frac{3}{2})$, $\Delta^{+}(\frac{1}{2})$, $\Delta^{0}(-\frac{1}{2})$, $\Delta^{-}(-\frac{3}{2})$ |

**الجدول (3-5) الزخم النظيري لبعض الجسيمات وتعدديتها**

## 3-5 التفاعلات ( القوي ) في الطبيعة :

سنلقى الضوء على تفاعلات القوي في الطبيعة، وذلك فيما يخص الجسيمات الأولية وتفاعلاتها .

### 3-5-1 التفاعلات القوية Stronfg Interactions ( S.I ) :

تختص هذه التفاعلات أصلا بالتفاعلات داخل النواة التي تنتج عنها الأواصر القوية التي تربط النيوكليونات مع بعضها البعض ، وبالتالي فهي المسؤولة عن القوة النووية , ويقع مدي هذه التفاعلات في حدود قطر النواة ($10^{-15}$مترا) ومن ثم فإن عمر النصف لها يساوي القطر النووي مقسوماً علي سرعة الضوء أي حوالي $10^{-23}$ثانية . وتعرف الجسيمات التي تمتلك هذه التفاعلات بالهادرونات التي ذكرناها أنفاً وهذه تضم البايونات ($\pi$) وهي بايونات يوكاوا التي تحمل القوة النووية والميزونات ( K) وكذلك الهايبرونات والنيوكليونات . ومن ثم يعتبر التفاعل القوي هو المسؤول عن إطلاق وامتصاص البايون بواسطة النيوكليون مما ينتج عنه القوة النووية . أقوي القوي المعروفة في الطبيعة . أما اللبتونات والفوتونات فلا علاقة لها بهذه التفاعلات .

وفي ضوء النظرية الحديثة التي تحاول توحيد القوي في الطبيعة وردها إلى مصدر واحد فإنه يفترض أن هناك وسيطاً ( Mediator ) يقوم بحمل القوة النووية بين النيوكليونات يعرف بالكلون ( Gluon) وبصورة أكثر تحديداً يقوم بربط الكواركات التي تتكون منها النيوكليونات ( الجسيمات الأولية عموماً ) مع بعضها البعض .

### 3-5-2 التفاعلات الكهرومغناطيسية: Electromagnetic interactions

*تعمل هذه التفاعلات فيما بين الجسيمات المشحونة وتلك التي تمتلك عزما كهربياً أو مغناطيسياً أو من ثم تنشأ قوة كهرومغناطيسية بين هذه الجسيمات ويحمل هذه القوة الجسيم المتعادل المعروف بالفوتون . لقد وجد أن القوة الكهرومغناطيسية بين بروتونين تصغر عند مسافات تقع في حدود نصف قطر النوأة حيث تسود القوة* النووية ( التفاعللات القوية ) . ولكن عند أبعاد أكبر فإن تاثير القوة الكهرومغناطيسية يتزايد ، ومن ثم فإن مداها أكبر من مدي القوة النووية .

لقد وجد أن الجسيمات المتعادلة لا تنشأ بينها قوة كهرومغناطيسية إلا بالنسبة للباريونات المتعادلة التي سجل لها عزماً مغناطيسياً ، من ثم يعتقد أن هذه العزوم المغناطيسية تنشأ عن انطلاق وامتصاص بايون مشحون أو ميزون ثقيل مشحون .
يصل زمن هذا التفاعل إلى حوالي $10^{-21}$ وتعرف هذه التفاعلات أحياناً بتفاعلات ديراك ( Dirac Interactions )

### 3-5-3 التفاعلات الضعيفة ( Weak Interactions ) ( W.I )

تعتبر هذه التفاعلات مسؤولة عن تحلل $\beta$ وهي أيضاً مسؤولة عن تحللات الكثير من الجسيمات الغير مستقرة ( مثل $\mu \to e$ و $\pi \to \mu$ وغيرها )
ويصل زمن هذا التفاعل إلى $10^{-8}$ ثانية . كما وتتحلل به بعض الجسيمات الغريبة ( مثل $\Lambda$ وغيرها ) . يعرف التفاعل أحياناً بتفاعل فيرمي Fermi Interaction وهي تفاعلات ضعيفة تقل بحوالي $10^{-14}$ مرة عن التفاعلات القوية
ولم يكتشف وسطاء هذه القوة بعد إلا أنه يعتقد أن هذه الوسطاء هي عبارة عن الجسيمات الثلاثة المفترضة وهي $w^-, w^+, z^0$ لقد تم بالفعل الكشف واقتناص جسيم $z^0$ وتأكد وجوده تماماً عام 1990 في مصادم ستانفورد الخطي [1].

### 3-5-4 التفاعلات التثاقلية Geavitational Interactions :

هذه التفاعلات هي الاضعف فيما بين التفاعلات الثلاثة المعروفة السابقة ( في حدود حوالي $10^{-40}$من القوة النووية ) . وهي قوة تجاذبية وتعمل بين الأجرام السماوية الهائلة الكتلة . ومن ثم فإن تأثيرها في فيزياء الجسيمات الأولية يعتبر مهملا . إلا أن الجسيمات الأولية قد يؤثر عليها بعض أو كل التفاعلات السابقة . فمثلا إذا أخذنا البروتون فإننا نجد انه يتفاعل تفاعلا قوياً باعتباره جسيماً نووياً ، كما وأنه يمكن أن ينتج عن طريق النيوترون وهذا تفاعل ضعيف ، وحيث أن له كتله فهو معني أيضاً بالتفاعلات التثاقلية .

كما وأن النيوترونات وضديداتها لا تتفاعل إلا من خلال التفاعلات الضعيفة والتثاقلية . وبالرغم من أن هذه القوة هي أقدم القوي التي عرفها الإنسان ( قوي جذب الأجسام الكبيرة كوزن الجسم عند سطح الأرض ) إلا أن الوسيط او الجسيم الذي يحمل القوة لايزال مجهولا.لقد وضعت نظرية تفترض أن هذا الوسيط يعرف بالجرافيتون ( Graviton ) يقوم بحمل القوة التثاقلية بين الإجرام والنجوم الكونية وإذا كان هذا

الجسيم موجوداً فإن النظرية تفترض هنا أن يتحرك هذا الجسيم بسرعة تفوق سـرعة الضوء ، وهذا يجعلنا ننقص بناء الفيزياء الخاص بالنسبية العامة من أساسـه .. ومـع انتظار المستقبل وما يأتي به يظل هذا الجسيم مجهولاً وغامضاً ، ربمـا تكـون هـذه الجسيمات عبارة عن عمد لا نراها بالعين المجردة ولكنها موجودة ..... وفي انتظـار الكشف عنها[1] .

# الفصـــــــــل الرابع

## المناقشة

### 4-1 المناقشة

من خلال دراسة الاشعة الكونية وتفاعلاتها مع الغلاف الجوي تبين ان لها دوراً بارزاً في إرساء واكتشاف فيزياء الجسيمات " Particle Physics " لقد عرف منذ بـــدايات هذا القرن أن الهواء الجوي والغازات بصورة عامة مؤينة تأييناً ضعيفاً ومن ثم فهـــي موصلات ردئية للكهرباء . لقد تبين أنه لو تركنا الكتروسكوباً مشحوناً معرضاً للهـــواء الجوي "( أو حتى لو عزلناه عزلاً جيداً ) فسوف يفقد شحنته . هذا يعنـــي ان الهـــواء حول الجهاز قد تأين ومن ثم تعادلت الشحنات علي ورقتي الجهاز . فإذا وضعنا إنـــاء مقفلا به هواء فإننا سنجد أن تأيين الهواء يزداد إذا وضعنا الإناء في بالون صـــعد بـــه إلى طبقات الجو العليا وعلي العكس إذا وضع الإناء في غواصة تحت سطح الماء فإن التأيين يقل . هذا يعني وكما اقترح هيس ( Hess ) إن تأيين الهواء نتج عن موجـــات أو جسيمات ذات قدرة كبيرة علي الاختراق قد وصلت إلينا من الفضاء الخارجي مـــن مصادر مجهولة حتى الآن ومن ثم عرفت هذه الجسيمات بالإشعة الكونيـــة Cosmic [8].

ومن المعروف الأن ان هذا الإشعاع الكوني يتألف غالباً مـــن بروتونـــات ذات طاقات عالية تقدر بالجيجا الكترون فولت ( Gev ) وعندما تتصادم هذه البروتونات مع أنوية النيتروجين والأكسجين في طبقات الجو العليا تنتج العديد من الجســـيمات التـــي تتفاعل مع جو الأرض والمواد الأخري وينتج عن ذلك فيض من المعلومات والكثيـــر من الجسيمات الأولية التي تم ويتم الكشف عنها تباعاً .

### 4-2 جسيمات اكتشفت في الإشعاع الكوني

تم اكتشاف الكثير من الجسيمات بواسطة الأشعة الكونية منها : البوزيترونات ( $e^+$ ) والميونـــات ( $\mu^\pm$ ) والبايونـــات ( $\pi^\pm$ ) وجســـيمات ( $\Lambda$ ) ، ( $\Sigma$ ) وسنتناول كل من هذه الجسيمات فيما يلي :

**1-2-4 البوزيترونات ( e+ ) :**

تم الكشف عن البوزيترون عام 1932م بواسطة أندرسون من خلال دراسة تفاعلات الأشعة الكونية . عندما تم تعريض حجيرة السحاب إلى هذه الأشعة . وفي واقع الأمر يمكن تقسيم تفاعل الأشعة الكونية إلى قسمين حسب الارتفاع عن سطح الأرض .

أ/ بالقرب من قمة الغلاف الجوي تحدث تفاعلات قوية (S.I) فينتج عن ذلك البايونات حسب المعادلة .

$$N+N\rightarrow N+N+\pi's \qquad (1-4)$$

حيث N تعني النيوكليونات ( n . p )

ب/ أما بالقرب من سطح البحر فتحدث التفاعلات الضعيفة (W.I) وتحدث تحللات مثل :

$$\pi^{\pm}\rightarrow\mu^{\pm}+\upsilon_{\mu} \qquad (2-4)$$

$$\mu^{\pm}\rightarrow e^{\pm}+\bar{\upsilon}_{e}+\upsilon_{\mu} \qquad (3-4)$$

حيث $\bar{\upsilon},\upsilon$ هما النيوترينو والنيوترينو المضاد ( ضديده )

لا حظ هنا أنه حسب التماثل في الكون فإن لكل جسم جسيم أخر مضاد له أو ضديده بحيث إذا التقي الجسيم وضديده فإنهما يفنيان Annhilate بعضهما البعض . أي أن الجسيمات موجودة علي شكل أزواج : كل زوج يحتوي علي الجسيم وضديده أي المادة ( Matter ) وضديدها ( Antimatter ) . فإذا ما التقت هذه مع تلك فإنهما تفنيان ، وفي الواقع لا تضيع المادة لأنها طاقة ولكنها تتحول إلى صورتها الأخري وهي الطاقة . ولهذا يذهب فريق من العلماء إلى أنه توجد مجرات ضديده Anti Galaxies في الكون إذا ما التقت مع المجرات فإنه يفني الكون[5] .

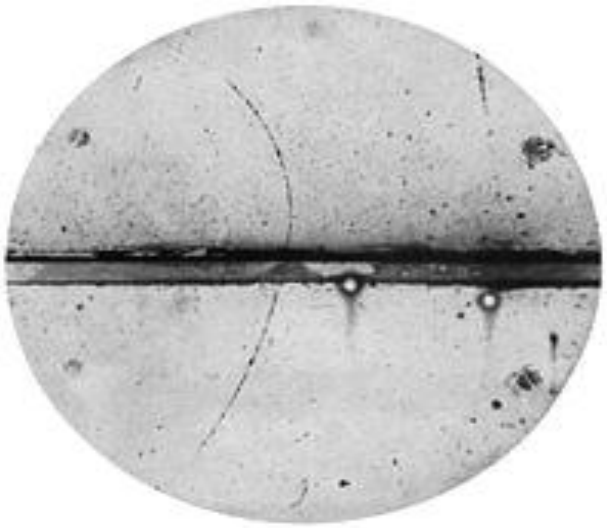
كما وينقسم الإشعاع الكوني بالقرب من سطح البحر إلى قسمين :

1/ المركبة القاسية Hard Component وهذه تتركب من الميزونات .

2/المركبة اللينة soft component وهذه تتركب من زخات من الإلكترونات والفوتونات .

يبين الشكل(4-1) صورة لحجيرة سحاب موضوعة في مجال مغناطيسي متعامد علي مستوي الكتاب عند تعرضها للإشعاع الكوني . نشاهد في الصورة لوحاً رصاصيا

سمكة 0.6 cm بعد اختراق الجسيمات له . وحيث أن انحناء المسار في الجزء الأعلـــي من الصورة أكبر من الجزء الأسفل فهذا يعني أن سرعة الجسيم النافذ مـــن اللـــوح أصغر من سرعة الجسيم الساقط عليه ، هذا يعني ان



**الشكل (4–1) صورة لحجيرة سحاب موضوعة في مجال مغناطيسي عند تعرضها للإشعاع الكونى.**

الجسيمات قد اخترقت الحجيرة من الأسفل (لأن سرعتها قلت بعد اختراقهـــا للـــوح ) وتبين كثافة المسار علي أن الجسيم عبارة عن الكترون ، وحيث أن اتجاه الحركة في المجال هو اتجاه شحنه موجبة فإن ذلك يعني أن هذا الجسيم هو الكتـــرون موجـــب أي البوزيترون .

بعد هذا الاكتشاف لوحظت الآلاف من مسارات البوزيترونـــات ، ومـــن ثـــم أصـــبح البوزيترون علماً شكلي لا يغفل .

وفي واقع الأمر يمكن الحصول علي البوزيترون أيضاً بواسطة التفاعلين الآيتين [1].

أ/ تتحلل بعض الأنوية إلى إنوية أخري مطلقة البوزيترون الذي يمكن أن يستدل عليـــه بتفاعل يعرف بتفاعل الافناء ، وينتج ذلك عندما يتقابل البوزيترون مع الإلكترون فيفني كل منهما الأخر . وينتج عن ذلك زوجان من أشعة $\gamma$ كل منهما بطاقة تســـاوي طاقة كتله السكون للإلكترون 0.511 Mev يتحركان في اتجاهين متضادين

ب/ تفاعل إنتاج الازواج

عندما تسقط أشعة $\gamma$ بطاقة أكبر من طاقة السكون للزوج الإلكتروني $e^+$ $e^-$, ( 1.02MeV) علي مادة ما فإنها تتحول إلى هذا الزوج وينطلق كل مـــن $e^-$, $e^+$ في

اتجاه معين ومن ثم يمكن الحصول علي البوزيترون

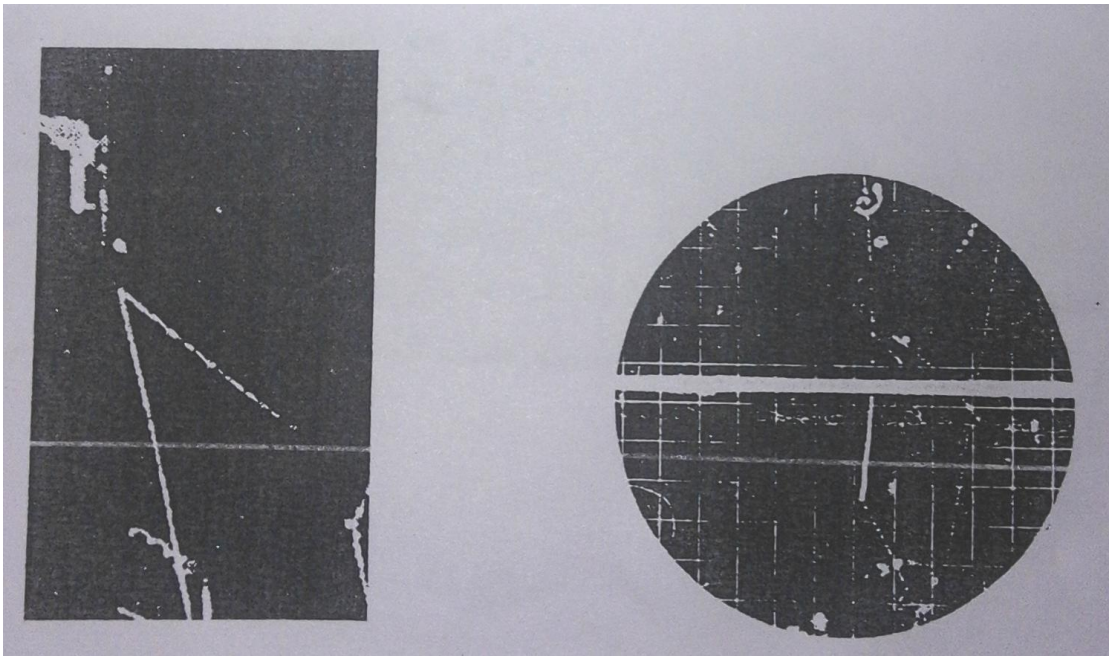
**2-2-4 الميونات meons**

بعد أن نشر يوكاوا نظريتة عام 1935 التي تقترح تبادل جسيمات بين النيوكليونات تحمل القوة النووية القوية ( S.i ) وذات المدي القصير( $10^{-15} m$ ) بحث العلماء عن هذه الجسيمات ، وكان فريق يتالف من نيدر ماير وأندرسون يقومان بدراسة الإشعاع الكوني عام 1937م حيث وضعاً لوحاً من الرصاص في حجيرة السحاب لدراسة فقد الطاقة بواسطة الإشعاع الكوني عند مروره فيها فبينت بعض الصور المأخوذة للحجيرة أن هناك جسيمات مؤينة قد نتجت ولكن اتضح أن الإيونات الناتجة عنها أقل من تلك الناتجة عن البروتونات . ومن ثم فهي ليست بروتونات ، كما أن معدل فقدها للطاقة يقل كثيراً عن معدل فقد الإلكترونات للطاقة ، ومن ثم فهي ليست الكترونات. كما بنيت الدراسات المغناطيسية علي حجيرات السحاب بواسطة علماء أخرون أن هذه الجسيمات موجبة وسالبة الشحنة كما وأن كتل هذه الجسيمات تساوي حوالى $207\ m_e$ (105Mev) . وأطلق علي هذه الجسيمات وقتها الميزونيات ( meson ) . واعتقد العلماء أن هذه الميزونات هي ميزونات يوكاوا . ولكن تبين فيما بعد أن هذه الجسيمات لا يمكن أن تكون ميزونات يوكاوا وذلك للاسباب التالية :

1/ هذه الجسيمات ذات مدي طويل يبلغ عدة أمتار ، أما ميزونات يوكاوا فيجب أن يقع مداها في حدود قطر النواة ( فيرمي $10^{-15}$ متراً )

2/ تتفاعل هذه الجسيمات مع المادة من خلال التفاعلات الضعيفة فقد تستطيع المرور من الغلاف الجوي كله دون تفاعل واحد وكذلك من خلال التفاعلات الكهرومغناطيسية أما ميزونات يوكاوا فذات تفاعل قوي جداً هو التفاعل النووي بين النيوكلونات .

3/ عمر النصف لهذه الجسيمات طويل بالمقارنة مع توقعات التفاعلات القوية ويساوي $2.2\times10^{-6}s$ لكل من $\mu^{\pm}$ .وتتحلل حسب معادلة ( 3-38 ) يبين الشكل ( **2-4** ) تحلل الميون ، حيث يدخل الميون إلى حجيرة سحابية مملوءةغاز



**الشكل(4-2) تحلل الميون**

الأرجون .وعندما يمر الميون من شريحة الالمونيوم التى يبلغ سمكها 0.6cm فانه يتوقف .وينطلق الكترون يحمل نفس شحنة الميون بالإضافة إلى النيوترينات . ونلاحظ هنا أنه ينتج عن تحلل الميزون ثلاثة جسيمات ومن ثم فإن هذا التحلل يعتبر مسألة ذات ثلاثة جسيمات ( three – Body problem ) كما وأننا نلاحظ هنا أن هناك نوعين من النيوترينات أحدهما خاص بالإلكترون ( $\upsilon_e$ ) والآخر خاص بالميونات ( $\upsilon_\mu$ ) وهما قطعاً نوعان مختلفان من الجسيمات وان كانا متماثلان في الكتلة ( كتلتهما السكونيتين تساويان صفراً ) والشحنة والزخم المغزلي . فلو كان الجسيمان ( $\overline{\upsilon_e}, \upsilon_\mu$ ) متماثلان فيجب إذن أن يلاشي أحدهما الأخر وينتج عن ذلك الفوتون ، إلا أن ذلك لم يشاهد عمليا وبالتالي فهما جسيمان مختلفان .

ويمكن قياس كتلة الميون السالب والكشف عنه بدراسة طيف الطاقة للذرة الميزونية . تتكون هذه الذرة عندما يتم إيقاف الميون في مادة مناسبة إذ يمكن للميون أن يحل محل الكترون مداري ومن ثم تنشأ الذرة الميزونية . وحيث أن كتلة الميون . تختلف عن كتله الإلكترون فإن المستويات الذرية لهذه الذرة تختلف عن مثيلاتها الأخريات وبأنصاف أقطار أصغر من الذرات العادية [1].

وعندما يحدث إثارة للذرة ويبدأ ( $\mu^-$ ) في القفز من مدار إلى أخر أقرب من النواة فإن الذرة المثارة تطلق أشعة X ومن ثم يمكن قياس كتلة الميزون .

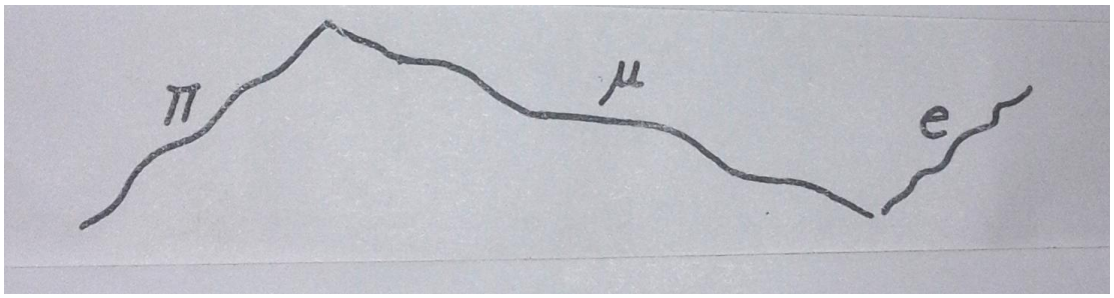
أما بالنسبة لجسيم ( $\mu^+$ ) فإن كتلتة تساوي مثل ( $\mu^-$ ) لأن أحدهما يعتبر ضديد الأخر. ويمكن الحصول علي الميونات في المعمل بتحلل البايونات حسب العلاقة ( 3-37) وتتفاعل الميونات مع المادة ، فقد تؤسر فيها وتعتمد مساحة مقطع الأسر علي $z^4$ ويمكن كتابة التفاعل حسب العلاقة :

$$\mu^- + p \rightarrow n + \upsilon_\mu \qquad (4\text{-}4)$$

أما بايونات يوكاوا فقد اكتشفت عام 1947

### 3-2-4 البايونات : ( Pions )

إكتشفت عائلة البايونات عام 1947م بواسطة فريق من العلماء . فقد تم تعريض مستحلب نووي محسن إلى الأشعة الكونية وذلك عند ارتفاعات عالية. لقد تم التعرف علي الكثير من المسارات كالمبنية بالشكل (4–3) حيث يبين




الشكل (4–3) تحلل البايونات

الشكل أن جسيماً قد قطع مسافة معينة قبل أن يتحلل إلى جسيم ثاني ثم تحلل الثاني إلى جسيم أخر . ومن دراسة كثافة المسار يتضح لنا أن كتلة الجسيم الأول تبلغ عدة مئات من كتلة الإلكترون وعندما يتوقف هذا الجسيم يتحلل ليطلق الجسيم الثاني الذي تبلغ كتلته أيضاً عدة مئات من كتلة الإلكترون. ويتحرك مسافة قدرها 0.5mm قبل أن يتوقف مطلقاً الجسيم الثالث الذي تبين الدراسات أنه عبارة عن الإلكترون . كما تبين هذه الدراسات أن الجسيم الأول هو البايون( $\pi$ ) الذي يتحلل إلى الجسيم الثاني وهو الميون ( $\mu$ ) الذي يتحلل إلى الإلكترون وتوجد ثلاثة أنواع من هذه البايونات وهي البايونات الموجبة والسالبة( $\pi^\pm$ )والبايون المتعادل ( $\pi^0$ ) لقد لوحظ أن الميون الناتج عن تحلل البايون ينطلق دائماً بنفس طاقة الحركة التي تساوي4.2 Mev كما ولم يلاحظ انطلاق فوتونات . ومن ثم فإن حفظ الطاقة والزخم يعنيان وجود جسيم آخر وهو النيوترينو ، ومن ثم يتحلل البايون حسب العلاقه(3-37 ) التي نفصلها فيما يلي :

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \upsilon_\mu \qquad (5-4)$$

كما ويتحلل الميون حسب العلاقة (3-38) حيث

$$\mu^+ \rightarrow e^+ \bar{\upsilon} + \upsilon_\mu \qquad (6-4)$$

حيث $\upsilon_\mu$ النيوترينو الخاص بالميون . ويتحلل البايون السالب ($\pi^-$)حسب العلاقه:

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \upsilon_\mu^- \qquad (7-4)$$

ويمكن قياس عمر النصف لكل من ($\pi^\pm$) بواسطة تقنية زمن الطيران خلال المستحلب النووي . ( كما وتستخدم هذه التقنية أيضاً لقياس عمر النصف للميون ($\mu^\pm$) إذ يمكن قياس التوزيع الزمني للفترة الزمنية التي تمضي بين إنتاج البايون (الميون ) وفنائه ( تحلله ) إذ وجد أنها تأخذ شكل العلاقة الأسية المعروفة

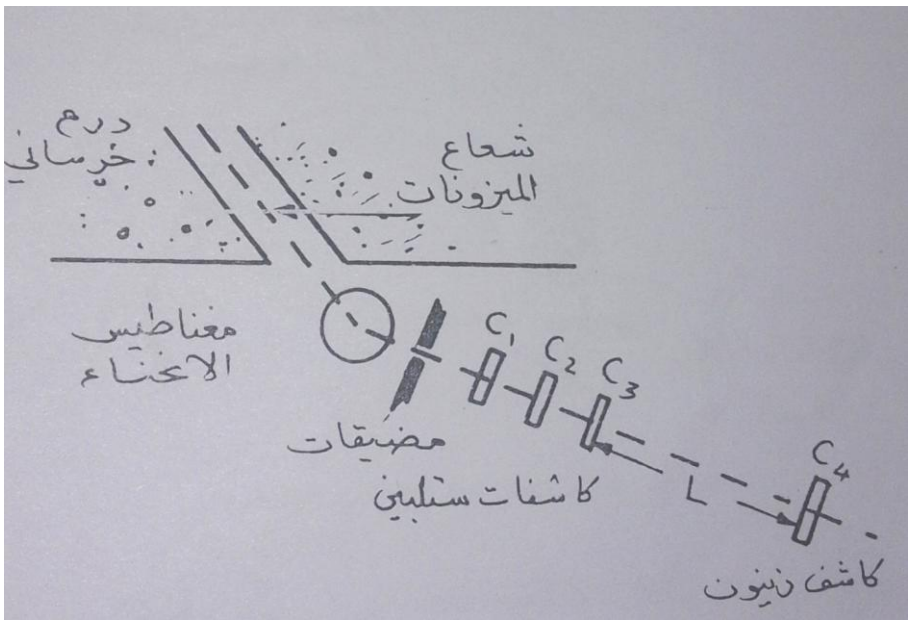
$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

حيث $\tau$ عمر النصف، $N,N_0$ عدد الجسيمات الابتدائية والمتحللة

الشكل(4-4) يبين هندسة التجربة لقياس عمر النصف للبايونات المشحونة . يتم الحصول علي شعاع من البايونات في المعمل بتوجية شعاع من البروتونات بطاقة قدره 385 Mev الناتجة عن سيكلوترون نيفس ( Nevis ) نحوف هدف من البيريليوم ، حيث تنتج تفاعلات مثل :

(8-4)

$$\left\{\begin{matrix} p+p \rightarrow \pi^+ + d \\ p+p \rightarrow i^+ + p + n \end{matrix}\right\}$$




**الشكل (4-4) هندسية التجربة لقياس عمر النصف للبايونونات المشحونة**

كما وينتج البايون السالب ($\pi^-$) من تفاعلات مثل

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^+ + \pi^- \qquad (9\text{-}4)$$

يسقط شعاع البايونات علي مغناطيس الانحناء الذي يقوم بتوجيه البايونات نحو أربعة كاشفات وميضية $c_4, c_3, c_2, c_1$ المبينة بالشكل ، أما الكاشفات الثلاثة الأولي فتبين لحظة سقوط البايونات ومن ثم فهذه الكاشفات تكون متطابقة زمنياً Coincidence مع بعضها البعض وتقيس عدد الجسيمات ( $N_0$ ) ثم تسقط الجسيمات المارة من ($c_3$) نحو الكاشف($c_4$) الذي يبلغ قطره ثماني بوصات والموضوع علي بعد قدره ( L ) من ($c_3$) . ومن ثم فهذا الكاشف يقيس عدد الجسيمات التي وصلت إليه ( N ) بعد قطعها المسافة ( L ) وبمعرفة متوسط سرعة الجسيمات ( طاقتها ) ومتوسط طول المسار يمكن حساب ( $\tau$ ) بدقة . حيث وجد أن أفضل قيمة هي :

$$\tau_{\pi^\pm} = (2.6030 \pm 0.0023) \times 10^{-8} s$$

أما عمر النصف للبايون المتعادل ($\pi^0$) فيمكن قياسة بتقنيات أخري ووجد أن عمر النصف له :

$$\tau_{\pi^0} = (0.828 \pm 0.057) \times 10^{-16} s$$

وهو أقصر كثيراً من سابقية

ويتحلل حسب العلاقة :

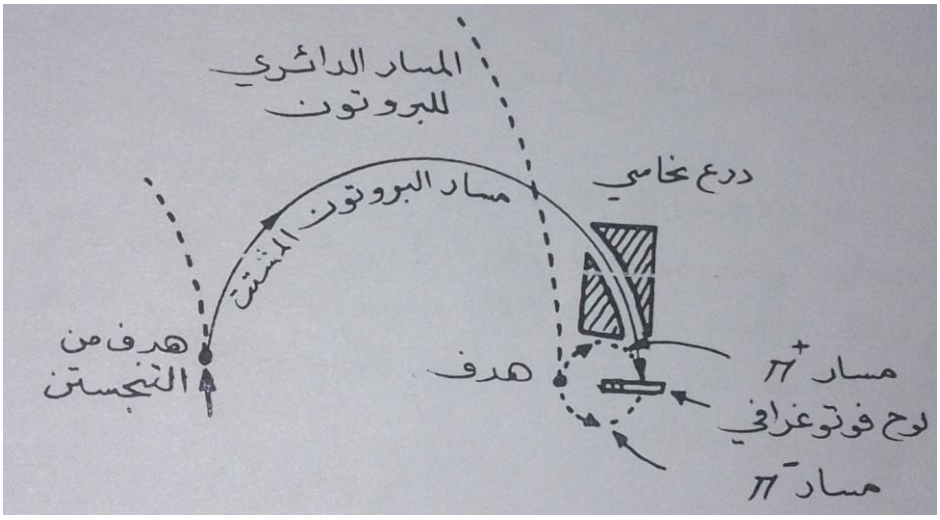
$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma \qquad (10\text{-}4)$$

لقد اكتشف هذا البايون عام 1950 في الإشعاع الكوني . كما وأمكن إنتاجة أيضاً عام 1950م في المعمل باستخدام أشعة $\gamma$ عالية الطاقة ( 330Mev ) الناتجة عن السينكروترون في بيركلي حيث تستخدم هذه الأشعة لقذف أهداف من البيريليوم أو الهيدروجين ، وتنتج تفاعلات مثل :

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma + d \rightarrow d + \pi^0 \\ \gamma + p \rightarrow p + \pi^0 \\ \gamma + p \rightarrow n + \pi^+ \\ \gamma + n \rightarrow p + \pi^- \\ \gamma + d \rightarrow n + p + \pi^0 \end{array} \right\} \qquad (11\text{-}4)$$

أما أشعة $\gamma$ الناتجة عن تحلل البايون ($\pi^0$)فيمكن الكشف عنها باستخدام كاشفات الوميض .

ويمكن إيجاد كتلة البايون السالب($\pi^-$) عن طريق الذرة البايوينة **(pionic Atom)** إذ أن هذا البايون يمتص في المادة مكوناً الذرة البايونية ( كما في حالة الذرة الميونية السابقة ذكرها ) وعند دراسة أشعة – X– المنطلق من الذرة البايونية المثارة يمكن دراسة التركيب الإلكتروني لهذه الذرة ومن ثم معرفة كتلة البايون . كما وتوجد طريقة دقيقة لقياس كتلتي $\pi^{\pm}$. حيث تبين هندسية هذه التجربة في الشكل(4–5 )




**الشكل (4–5) هندسة التجربة لقياس كتلة البايونات المشحونة**

تنتج البايونات ($\pi^{\pm}$) عند قذف هدف البيريليوم أو الكربون بواسطة البروتونات المعجلة في السايكلوترون .وتتحرك هذه البايونات في مسارين دائريين تحت تأثير المجال المغناطيسي ( كما بالشكل ) . حيث يمكن الكشف عنهما بواسطة المستحلب النووي.ولتجنب الخطأ الوارد في تقدير شدة المجال المغناطيسي فان المستحلب النووي يعرض في نفس الوقت للبروتونات المشتته عن هدف من التنجستن يوضع في طريق البروتونات القادمة من السيكلوترون وعندما تتساوي سرعة البروتونات المشتتة مع سرعة البايونات فإنها تصل إلى المستحلب برفقه البايونات . وبمقارنة مدي كل من البرتونات والبايونات في المستحلب يمكن تقدير كتلة البايونات وذلك بتطبيق القاعدة المعروفة التي تبين أنه عندما تتساوي سرعات الجسيمات فإن مديها تتناسب مع كتلها .

لقد قيست كتلة $\pi^{\pm}$ ( لأن كلا منهما ضديد الآخر ) فوجدت :

$$n_{\pi^{\pm}} = (139.5688 \pm 0.0064) MeV$$

أما كتله ( $\pi^0$ )فتقاس كما يلي:

تقذف $\pi^-$ الناتجة بإحدي التفاعلات السابقة(4-5،4-7) علي هدف من الهيدروجين السائل ومن ثم يحدث التفاعل التالي .

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n \qquad (12\text{-}4)$$

( تفاعل تبادل الشحنات )

وبمعرفة كتل $\pi, p, n$ وطاقة حركة $\pi^-$ يمكن تقدير كتلة البايون المتعادل كما ويمكن معرفة هذه الكتلة بدراسة التحلل ( 4-11 ) وقياس طاقة أشعة $\gamma$ الناتجة ، لقد وجد أن :

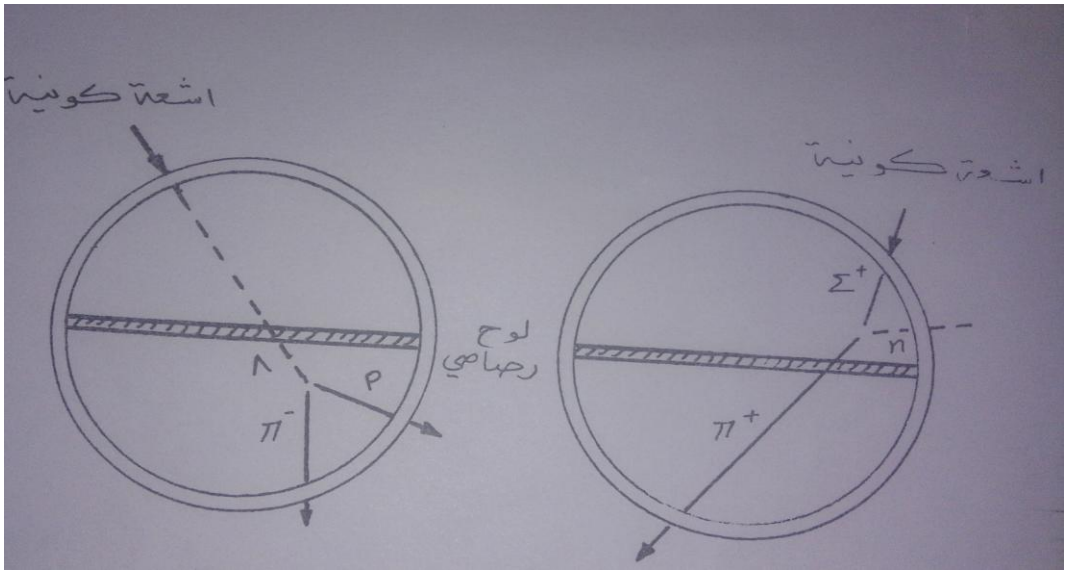
$$m_{\pi^0} = 134.9645 \pm 0.00745 MeV$$

ومن ثم نجد أن $m_{\pi^0}$ تختلف عن $m_{\pi^\pm}$ . وقد يرجع ذلك إلى اختلاف تفاعلات هذه البايونات مع المادة [1].

**4-2-4 جسيمات ( $\Lambda$ ) و ( $\Sigma$ )**

بعد اكتشاف البايونات ، ثم اكتشاف جسيمات أخري كثيرة ، لم يكن المرء يتوقع وجودها كما أن خصائص هذه الجسيمات كانت محيرة ولم تستطيع النظريات الموجودة في ذلك الوقت تفسيرها . عندما تم تعريض حجيرة السحاب إلى الأشعة الكونية فإنها عندما تمر في لوح الرصاص المثبت في الحجيرة ( أنظر الشكل (4–6) فإنه ينتج وابل ( shower ) من الجسيمات . في الشكل (4–6) نجد أن جسيما مشحوناً غير معروف بعد قد غير اتجاهه فجأة والتفسير الوحيد لذلك أن هذا الجسيم قد تحلل إلى جسيم مشحون آخر وجسيم متعادل . وقد سمي هذا الجسيم $\Sigma$ومن ثم فهو يتحلل كمل يلي :

$$\Sigma^+ \rightarrow \pi^+ + n \qquad (13\text{–}4)$$




**الشكل (4–6) حجيرة سحاب تبين تحلل $\Sigma^+$ ،تحلل $\Lambda$**

أما في الشكل ( 4–6) فإن الأشعة الكونية بعد اختراقها للوح الرصاص نتج جسيم متعادل ، غير معروف بعد قد تحلل فجأة إلي جسيمين مشحونين وتلك كانت نتائج دراسات روشستر وبولتر عام 1947م ، وحيث أن الجسمين المشحونين يأخذات الشكل ( v) فقد أطلق علي هذا الجسيم : جسيم ( Lambda ) ويرمز له بالرمز ($\Lambda^0$ )ويتحلل وفق العلاقة :

$$\Lambda^0 \rightarrow p^+ + \pi^- \qquad (14\text{-}4)$$

($\Lambda$) هنا أكبر من البروتون

كما وتم التعرف علي جسيم أخر ($\theta$)يتحلل حسب العلاقة

$$\theta \rightarrow \pi^+ + \pi^- \qquad (15\text{-}4)$$

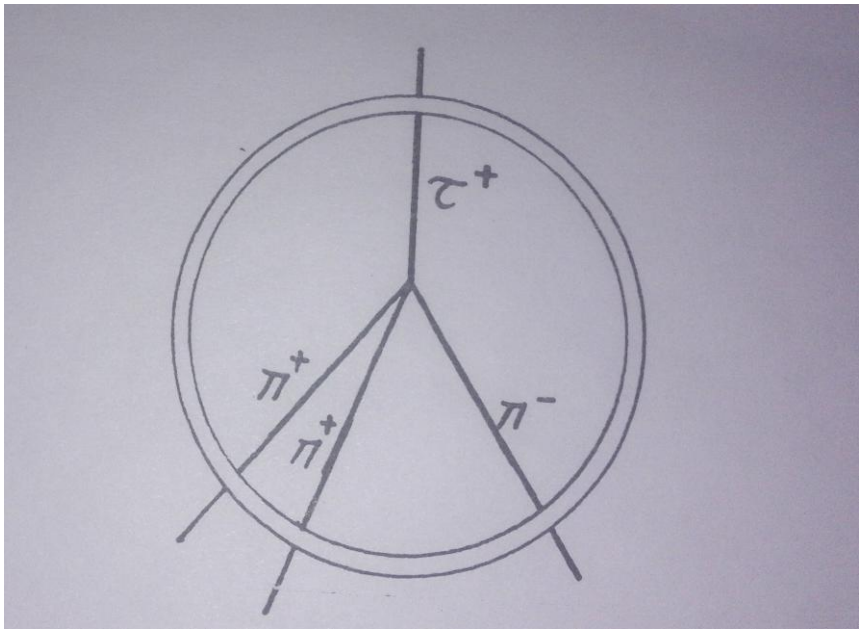
($\theta$) هنا أصغر من البرتون.عرفت ($\theta$) فيما بعد بالميزون ( $k^0$ ) [1].

**4-2-5 جسيمات إضافية أخري :**

كما تم التعرف فيما بعد علي جسيمات أخري جديدة

أ/ **جسيمات مشحونة** : تتحلل إلى ثلاثة جسيمات مشحونة أخري ، وذلك كما بالشكل (4–7) حيث نجد أن هذا الجسيم الذي أطلق عليه ميزون ( $\tau$ ) قد تحلل حسب العلاقة :

$$\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^- \qquad (16\text{-}4)$$




**الشكل (4–7) تحلل ميزون ( $\tau$ )**

كما ويمكن أن يتحلل ( $\tau^-$ ) حسب العلاقة

$$\tau^- \rightarrow \pi^- + \pi^- + \pi^+ \qquad (17\text{-}4)$$

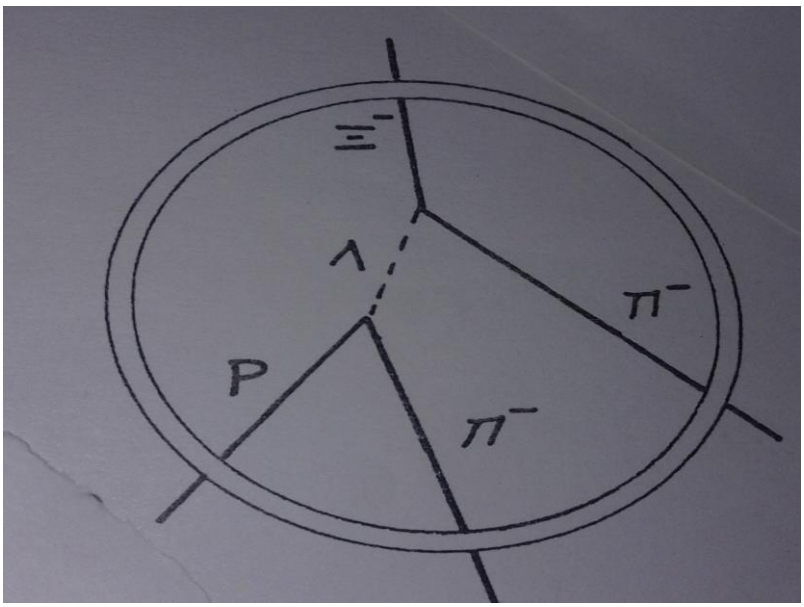
( عرف هذا الميزون بعد ذلك بميزون ($k^\pm$)

**ب/ جسيمات متلاحقة ( Cascade particles )**

وهنا يشاهد تحلل الجسيمات علي مرحلتين وذلك كما نبينه في الشـــكل (4–8 ) حيـــث نوضح تحلل جسيم من هذه الجسيمات يعرف بجسم أكساي ( Xi ) وفق العلاقة :

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^- \qquad (18\text{-}4)$$

تم تحلل ($\Lambda$) حسب العلاقة(4-11) إلى بروتون وبايون سالب كما بالشكل [3]




**الشكل (4–8) تحلل جسيم $\Xi^-$**

## الخاتمة

تم بحمد الله تقديم معلومات كافية عن الأشعة الكونية وتفاعلاتها مع الغـــلاف الجـــوي ومع أنوية النتروجين والأكسجين والتعرف على دور الأشعة الكونية في اكتشاف الكثير من الجسيمات الأولية من خلال عمليات التأين والتصادم مع أنوية الـــذرات والمـــواد الأخرى.

**التوصيات**

تعتبر هذه الدراسة دراسة نظرية عن الأشعة الكونية ودورها في اكتشاف الجسيمات الأولية ويمكن أخذ التوصيات الآتية في الاعتبار:

1- دور الأشعة الكونية في إنتاج النظائر المشعة (الكربون 14).

2- تأثير الأشعة الكونية على طبقة الأوزون ومناخ الأرض.

3- تأثير الأشعة الكونية على الدوائر الإلكترونية المتكاملة.

# المراجع


1. احمد الناغي و محمد نبيل يس البكري،2008م، الفيزياء النووية ، ط1، دار الفجر العربي ، القاهرة .
2. بسام محمد داخل وآخرون ، مبادي الفيزياء النووية وتطبيقاتها، مركز النشر العلمي جامعة الملك عبدالعزيز ،
3. محمد شحاده الدغمة ، علي محمد جمعة،2000، الفيزياء النووية الجزء الثاني ،مكتبة الفلاح للنشر والتوزيع ، الطبعة الأولي .
4. هنري سيمات ترجمة الدكتور مصطفي كامل،1962 ،مقدمة في الفيزياء الذرية والنووية، مكتبة النهضة المصرية ،القاهرة .

5.Aramin reachold ,2005,nuclear physics .

6.Dr-ir ,H- vandam ,2005,nuclear reactor physics, AP3341.

7.Fayyazyddin ,Riazyddin , 2000,modern intonations to particle physics, second edition Po BoX 128,farrer Singapore 912805 .

8.julin feliy, 2004,Element of Hi Energy physics ISBNI 4135 -3536-4, delaedicion virtual .