الرقم.....

الجمهوريـــة الجزائريـــة الديمقراطـــية الشعبـــية
وزارة التعلـــيم العـــالي و البحـــث العلـــمي

جامـعة المسيـــلة
كلـــية العلـــوم
قســـم الفيـــزياء

مـذكـــرة

مقدمة لنيـل شهـادة

المـاستر

الميـدان : علـوم المـادة

الشعبة : الفـيزيـاء

التخصص : فيزياء الجسيمات عالية الطاقة

من طرف

ارفيس اسماء

العنوان

دراسة خواص المركبة الميونية للشلالات الهوائية للاشعة الكونية فائقة الطاقة

المناقشة بتاريخ : 2014/06/19
أمام اللجنة المكونة من :

م.بوساهل	أ. محاضر	جامعة المسيلة	رئيسا
س. قالي	أ. محاضرب	جامعة المسيلة	مقررا
ع .غميض	أ. محاضر	جامعة المسيلة	ممتحنا
			ممتحنا
			ممتحنا

دفعة جوان 2014

تشكرات

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة وأعاننا على انجاز هذا العمل

أتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدني على تذليل الصعوبات

التي واجهتني،واخص بالذكر الأستاذة قالي سهام التي لم تبخل علي

بتوجيهاتها ونصائحها وتفضلت بالإشراف على هذا البحث.

اشكر كل من قدم لي العون ومد لي يد المساعدة خاصة مسعود وزكرياء

وكل من زرع التفاؤل في دربي وقدم لي التسهيلات فلهم مني كل الشكر

واخص بالشكر والعرفان كل من أشعل شمعة في دروب عملي، والأساتذة

الكرام بكلية العلوم الذين أعطونا من حصيلة أفكارهم لينيروا طريقنا

الإهداء

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا

اهدي هذا العمل المتواضع إلى من لايمكن للكلمات أن توفي حقهما

ولايمكن للارقام أن تحصي فضلهما إلى والداي العزيزين حفظهما الله اللذان

سهرا وتعبا على تعليمي

والى إخوتي عبد الفتاح ،طه، طارق،عبد النور، وأخواتي نجية، وفاء،

جميدة،فاطمة الزهراء وأقاربي واخص بالذكر خالي العزيز السعيد

والى صديقاتي أحلام ،زينب ،رقية،زينب،أم السعد،اربيحة،أم هاني،يمينة

والى زملائي وزميلاتي بقسم الفيزياء وكل الأساتذة الأفاضل

وفي الأخير أرجو من الله أن يجعل عملي هذا نفعا يستفيد منه جميع الطلبة

المقبلين على التخرج .

الفهرس

الفصل الأول:الأشعة الكونية في الفضاء

مقدمة.....1
1-1- تعريف الأشعة الكونية.....2
1-2- اكتشاف الأشعة الكونية 3
1-3- الأشعة الكونية الابتدائية 5
1 -4 – مصادر الأشعة الكونية 6
1-5- آليات تسريع الجسيمات.....10
1-6-القطع GZK 13
2-الفصل الثاني:الأشعة الكونية داخل الغلاف الجوي للارض
2-1-الأشعة الكونية الثانوية 17
2-2-الطيف الطاقوي للأشعة الكونية..... 18
2-3-الغلاف الجوي 20
2-4-كثافة الغلاف الجوي 21
2-5-الشلالات الهوائية 22
2-6- تفاعلات مختلف الجسيمات الثانوية 26
2-7-خصائص الشلالات الهوائية 28
2-8-رصد الأشعة الكونية 31
2-9-مراصد الأشعة الكونية 37
3-الفصل الثالث:المركبة الميونية في الشلالات الهوائية للأشعة الكونية
3-1-مقارنة تأثير نموذج الغلاف الجوي على عدد الميونات في الغلاف الجوي الأوروبي والأمريكي.....40
3-2-مقارنة مختلف البرامج التي تحاكي الشلالات الهوائية.....41
3-3-مقارنة عدد الميونات في الشلالات الهوائية الناتجة عن بروتونات و عن انوية الحديد 42
الخاتمة 45

مقدمة

الأشعة الكونية عبارة عن جسيمات غالبيتها العظمى مشحونة تصل إلى الأرض من مختلف أنحاء الكون، تتكون أساسا من بروتونات،انوية الحديد،فوتونات،الكترونات.
لقد تناولنا في الفصل الأول تعريف الأشعة الكونية التي تكون عبارة عن أشعة كونية ابتدائية وذلك قبل دخولها الغلاف الجوي .وسنتطرق إلى مصادر الأشعة الكونية ذات الطاقات العالية جدا حيث هناك نموذجين يفسران ذلك ومن الفرضيات التي اعتمدت على تفسير الطاقات العالية نجد آلية التسريع بالحقول الكهربائية والية فارمي ،كما سنتحدث أيضا عن القطع GZk الناتجة عن تفاعل الفوتون CMBمع بروتونات ذات طاقة عالية جدا.
أما في الفصل الثاني فسنتطرق إلى الأشعة الكونية داخل الغلاف الجوي للأرض بحيث تتفاعل الأشعة الكونية الابتدائية مع جسيمات الغلاف الجوي فينتج عن ذلك شلال هوائي يحتوي على الملايين من الجسيمات الثانوية والشلال الهوائي يمتاز بالتوزيع الطولي الذي يدرس تغير عدد الجسيمات بدلالة عمق الغلاف الجوي والتوزيع العرضي الذي يدرس عدد الجسيمات بدلالة البعد عن قلب الشلال .
وأخيرا درسنا المركبة الميونية للشلالات الهوائية للأشعة الكونية الثانوية وذلك بتحليل برامج المحاكاة (CORSIKA وAires) التي تمكننا من تحديد طبيعة الجسيمة الابتدائية.

الفصل الأول

الأشعة الكونية في الفضاء

1-1 تعريف الأشعة الكونية:

الأشعة الكونية عبارة عن جسيمات مشحونة ذات طاقة عالية تأتي من الفضاء وتصطدم باعالى الغلاف الجوي للأرض.قبل دخول لأشعة الكونية إلى الغلاف الجوي فإنها تسمى بالأشعة الكونية الابتدائية وفيها نجد الالكترونات، البوزيترونات، الفوتونات،بالإضافة إلى انوية العناصر الموجودة في الجدول الدوري ابتداء من الهيدروجين وصولاالى اليورانيوم.

من المكونات الأساسية للأشعة الكونية نجد البروتونات حيث تبلغ نسبتها حوالي 85 % وتتواجد جسيمات ألفا (انوية الهيليوم) بنسبة 12 % أما باقي الجسيمات فتكون نسبتها ضئيلة جدا [1]

بعد دخول الأشعة الكونية إلى الغلاف الجوي للأرض وتفاعلها مع مكوناته فإنها تنتج شلالات هوائية مكونة من أشعة كونية ثانوية.

مصادر الأشعة الكونية عديدة فمثلا بالنسبة للأشعة الكونية ذات طاقة منخفضة فيكون مصدرها الشمس ويطلق عليها الرياح والعواصف الشمسية، أما بالنسبة للأشعة الكونية ذات طاقة عالية جدا فيكون مصدرها الانوية المجرية النشطة وانفجارات غاما.

تصطدم الأشعة الكونية الابتدائية مع ذرة من ذرات الهواء الموجودة في الطبقات العليا للغلاف الجوي ينشا عن هذا التصادم تفكك الذرة على شكل جسيمات مثل البروتونات، النترونات، الالكترونات، البيونات يحمل كل جسيم طاقة كافية تمكنه من التفاعل مجددا مع جزيئات الهواء وتستمر التفاعلات مادامت الطاقة تسمح بذلك .ولهذا يتشكل الشلال الهوائي للأشعة الكونية الثانوية التي يمكن رصدها على الأرض باستعمال المراصد.

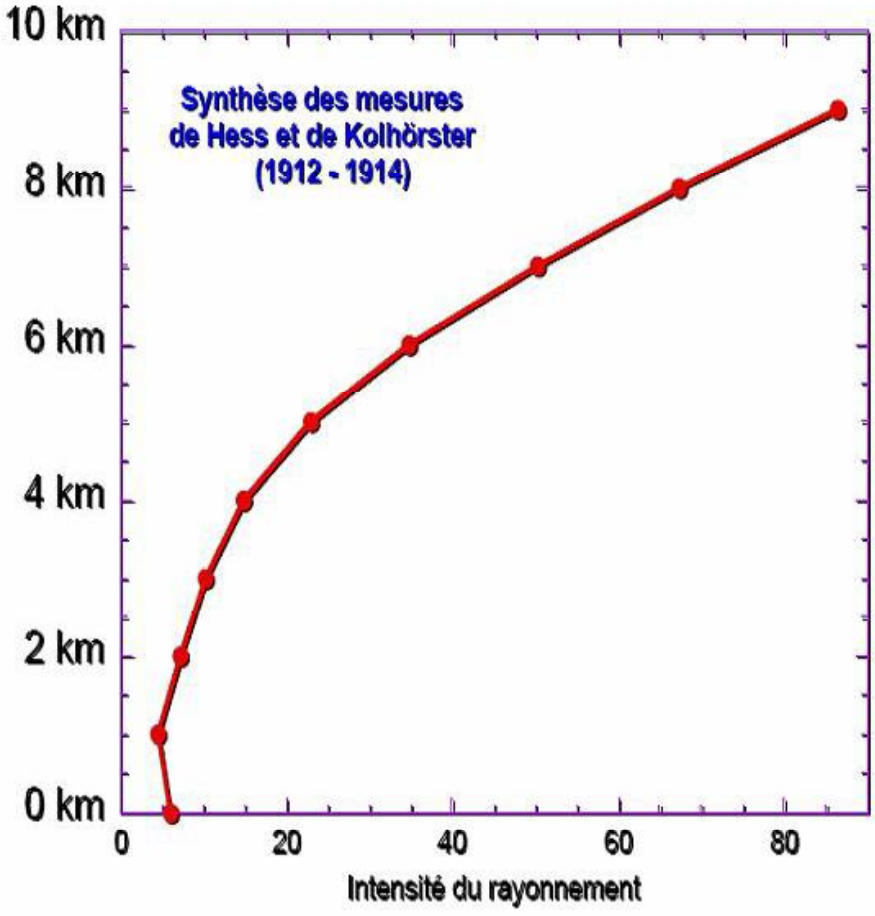
الأشعة الكونية موجودة باستمرار على الأرض ولا تهدد الحياة عليها فهي في صحبتنا دائما وتقل طاقة هذه الأشعة عند اختراقها لطبقات الأرض.

2-1 اكتشاف الأشعة الكونية:

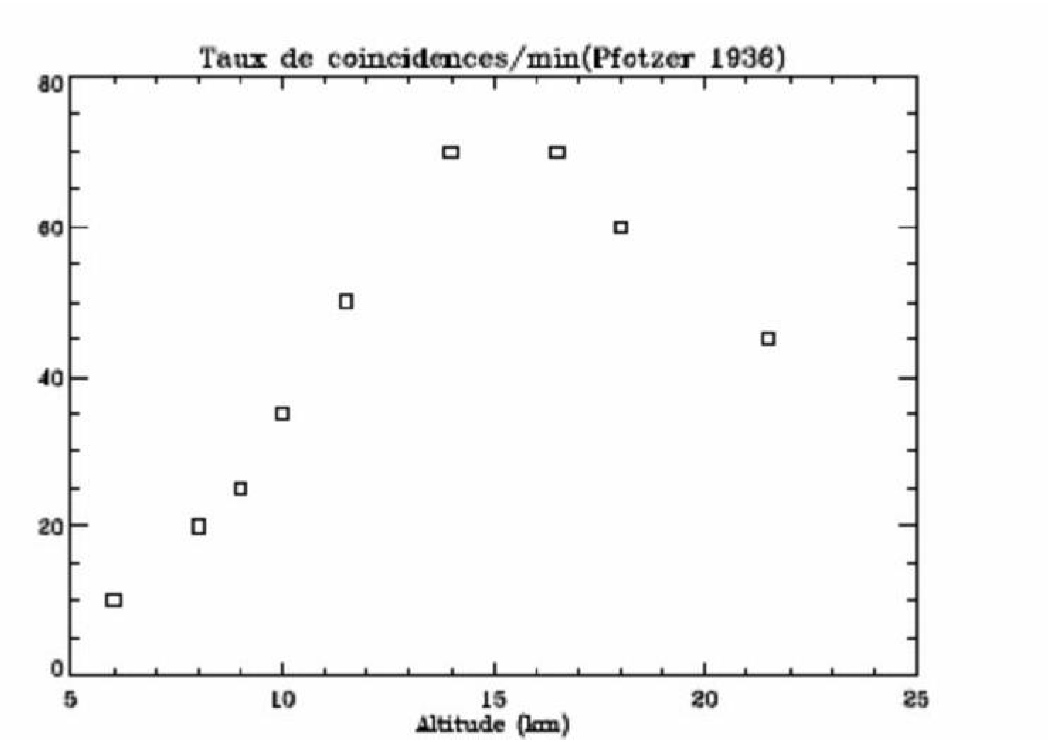
في نهاية القرن الثامن عشر قام العالم الفرنسي Coulomb بتعليق كرة مشحونة كهربائيا في الهواء فلاحظ أن هذه الكرة تفقد شحنتها بعد مدة من الزمن لكنه لم يتمكن من تقديم أي تفسير.

قام كل من Geitel،Elester بإعادة تجربة Coulomb وتم تفسير نا قلية الهواء بوجود إشعاع مؤين في الغلا ف الجوي لكن لم يتضح مصدر هذا الإشعاع .
تم اكتشاف الأشعة السينية (الأشعة التي تملك الأطوال الموجية من1 انغشتروم إلى 100 انغشتروم) من طرفRontgen وكان ذلك في سنة 1895في سنة 1896 تم اكتشاف إشعاع له القدرة على تايين الهواء من طرف العالمBecquerel.بعد ذلك تم اكتشاف كل من الأشعة $\alpha\beta\gamma$، قام العالم النمساويHess باستخدام منطاد هوائي على ارتفاعات متباينة فلاحظ انه كلما ازداد الارتفاع كلما ازدادت معه سرعة التفريغ فاستنتج أن مصدر الإشعاع المؤين يكون خارجي.
قام pfotzer باستخدام عداد Geiger Muller لقياس شدة الإشعاع المؤين على ارتفاعات مختلفة فلاحظ أنها تزداد مع زيادة الارتفاع إلى غاية ارتفاع 15Kmثم تبدأ بالتناقص أدى هذا إلى التمييز بين الجسيمات الابتدائية الآتية من خارج الغلاف الجوي والجسيمات الثانوية الناتجة عن تصادم الجسيمات الابتدائية مع جسيمات الغلاف الجوي
بعد هذه التجارب توصلMillikan إلى أن مصدر الإشعاع المؤين يكون خارجي[2] وأطلق عليها اسم الأشعة الكونية ، تم اكتشاف البوزيترون من طرفAnderson في سنة 1933ثم بعد سنة تم اكتشاف الميون

قام العالم Auger Pierre في سنة 1938 بوضع عدادين Geiger Mullerعلى مرتفعات جبال الألب تفصل بينهما مسافة 3000 م فلاحظ أنهما يرصدان جسيمات في نفس الوقت على شكل شلالات هوائية ناتجة عن تصادم الجسيمات الأولية ذات طاقة $10^{15}eV$ مع جسيمات الغلاف الجوي.



الشكل1:نتائج قياسات Hess حول التفريغ الكهربائي بدلالة الارتفاع [2]



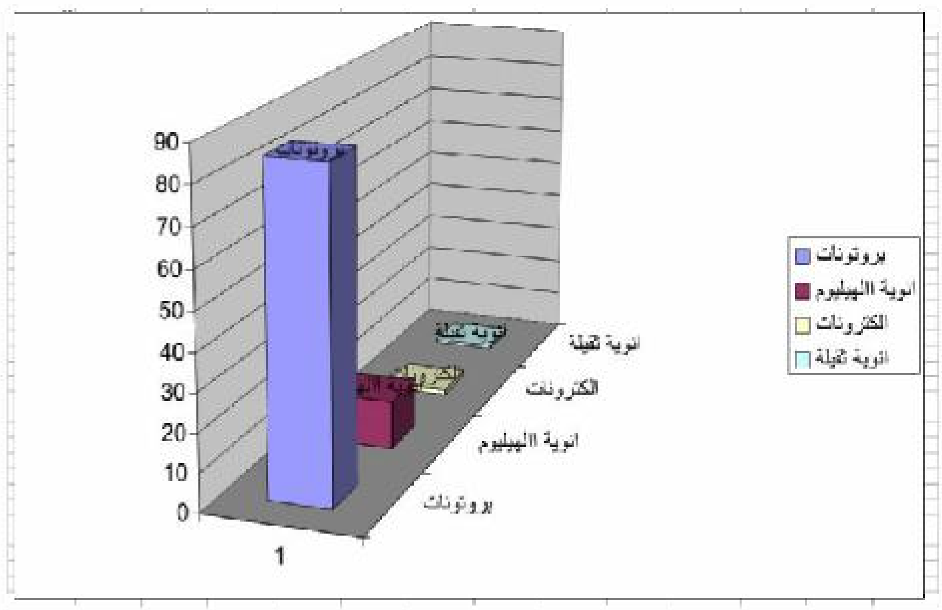
الشكل2: نتائج أعمال Pfotzer حول معدل التفريغ الكهربائي بدلالة الارتفاع [2]

في سنة 1962 تم اكتشاف أشعة تصل طاقتها إلى $10^{20}eV$ لكن مصدرها يضل مجهولا [3]

1-3 الأشعة الكونية الابتدائية:

عند انتشار الأشعة الكونية بين المجرات أو داخل المجرة فإنها تتعرض لتغييرات في مسارها وسرعتها [1] ،وذلك نتيجة تأثير الحقول المغناطيسية والغازات الموجودة في الكون. عند وصول الأشعة الكونية إلى الطبقة العليا للغلا ف الجوي وقبل دخولها في أي تفاعل فإنها تسمى بالأشعة الكونية الابتدائية وهي تتكون من: البروتونات ، الالكترونات، مضادات البروتونات، البوزيترونات، انوية كل من الهيليوم ،الكربون ،الأوكسجين ،الحديد، الليثيوم، البيريليوم ،البورون.

من اجل طاقة اقل من1TeV فان الأشعة الكونية الابتدائية تتكون من:85% بروتونا ت (انوية الهيدروجين)، 12.5% (انوية الهيليوم)، % 1 انوية أثقل،1.5% الكترونات ونسبة ضئيلة جدا من الفوتونات.



الشكل3 **:**النسبة المئوية لمختلف مكونات الأشعة الكونية الابتدائية

4-1 مصادر الأشعة الكونية:

هناك نموذجين يفسران مصدر الأشعة الكونية ذات الطاقات العالية جدا هما:

1-4-1 نموذج bottum up:

يعتمد على آلية التسريع فالجسيمات يمكن أن تتسرع أو تكتسب طاقة وذلك أثناء انتشارها في الفضاء، من اهم مصادر الأشعة الكونية هنا المستعمرات العظمى والانوية المجرية النشطة وانفجارات غاما.[1]

*- **المستعرات العظمى:** بعد أن يستنزف النجم مخزونه من الوقود النووي الأساسي ويصبح في حالة عدم اتزان ينفجر مما ينتج عنه أجسام لامعة جدا والتي تستمر لعدة أشهر وهناك عدة أنواع من السوبر نوفا. تشكل نجم نيوتروني أو ثقب اسود وذلك عندما يكون النجم غير قادر على توليد طاقة لدمج نوى الذرات فينهار على نفسه داخليا تحت تأثير قوة جاذبيته.

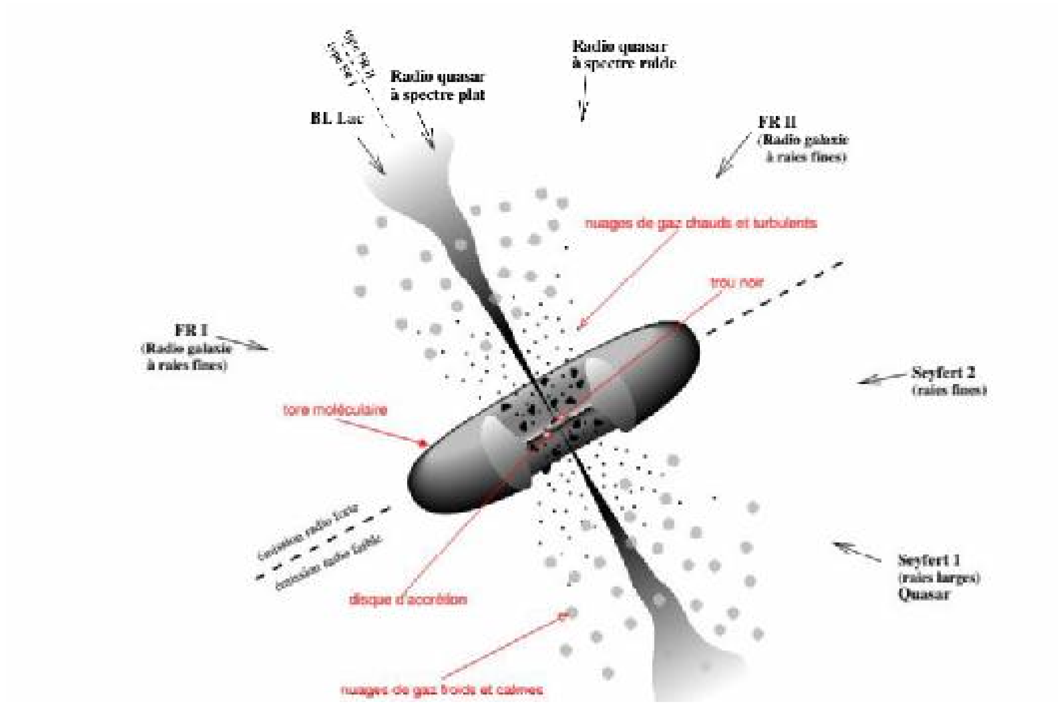
*- **نجم نيوتروني:** إن النجوم التي كتلتها اكبر من كتلة الشمس تتحول إلى نجوم نيوترونية (هو نجم صغير جدا ذو كثافة عالية وفي مرحلة متأخرة من تطوره) نتيجة الضغط الشديد تضطر الالكترونات إلى الاتحاد مع البروتونات لتنتج بذلك نيوترونات كما أن النجم النيوتروني يتميز بحقل مغناطيسي كبير.

الشكل4 : يمثل نجم نيوتروني [4]

*- **ثقب اسود:** إن النجوم التي كتلتها اكبر من كتلة الشمس بأكثر من عشر مرات لها قوة جاذبية كبيرة لذلك فانه عند انكماشها يتولد عنها نجم كثيف وذو جاذبية كبيرة جدا بحيث تمنع الفوتونات من مغادرة سطحها بسبب الجا ذبية الكبيرة لهذا النجم فانه يقوم بالتهام أي جسم يقترب منه مخفيا إياه ونتيجة لذلك يختفي هذا النجم من مجال الرؤية ويصبح ثقب اسود. [5]

*- الأنوية المجرية النشطة:

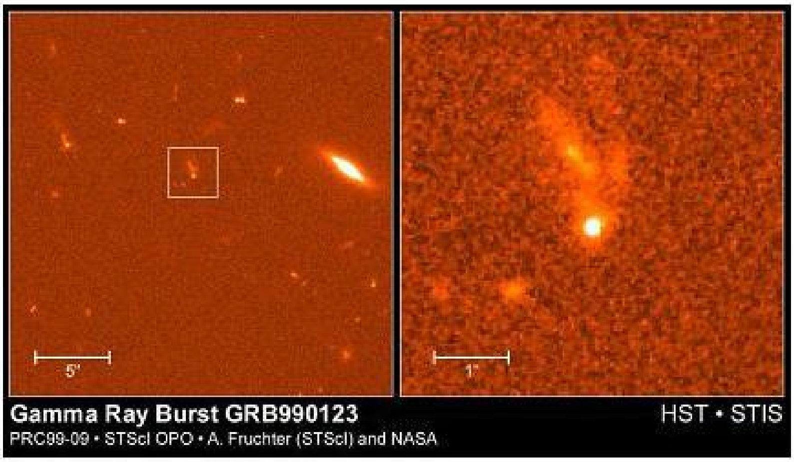
الأنوية المجرية النشطة تتكون أساسا من ثقوب سوداء فائقة الكتلة التي تزودها بالطاقة فالمادة المندفعة نحو الثقب الأسود تحرر طاقة عند اصطدامها بمادة أخرى بفعلها هذا فإنها تصدر إشعاعات بجميع الأطوال الموجية :الراديوية ، تحت الحمراء ،فوق البنفسجية، السينية ، من الانوية المجرية النشطة نجد الكوازارات(جسم شبيه بالنجم يشع بشدة في النطاق الراديوي و طيفه منحرف بشدة نحو اللون الأحمر)



الشكل 5: مختلف الانوية المجرية النشطة [4]

***- انفجارات غاما:** هي انفجارات نشيطة وقوية جدا تستغرق بضع ثوان ينتج عنها إشعاع ذو طاقة هائلة يسمى إشعاع غاما،في عام 1961 قام مرصد كومبتون لأشعة غاما بمشاهدة انفجارات غاما ووجد أن قياساته تبين توزيعا متساويا لانفجارات غاما في جميع أنحاء الكون وان هذه الانفجارات لاتاتي من مجرتنا بل من خارجها تشاهد معظم انفجارات غاما في هيئة حزمة من الأشعة تنبعث من تقلص مفاجئ لنجم نيوتروني أو عن اندماج النجوم الثنائية (النجوم الثنائية هي نظام من نجمين يدور احدهما حول الأخر في

مدارات تشكلها جاذبيتهما المتبادلة ويكونان على بعد كاف عن بعضهما بحيث يمكن رؤيتهما باستعمال تلسكوب الثنائيات المرئية) [5]



الشكل6: تشكل الانفجار غاما [4]

2-4-1 top down:

هذا النموذج يعتمد على تفكك جسيمات ذات كتلة كبيرة جدا والتي تعود نشأتها بعد الانفجار العظيم مباشرة والتي ينتج عنها إشعاع ذو طاقة كبيرة جدا .كان الكون في بدايته ذو كثافة ودرجة حرارة عاليتين وكانت كل القوى موحدة يبدأ الكون في توسع وذلك نتيجة تأثير كل من الضغط والجاذبية ا إلى أن تتفكك جميع القوى أثناء تطور الكون تنتج جسيمات ذات كتل فائقة. [1]

5-1 آليات تسريع الجسيمات:

هناك آليتين لتسريع الجسيمات هما آلية التسريع بالحقول الكهربائية و آلية Fermi هما كالتالي:

1-5-1 آلية التسريع بالحقول الكهربائية:

يمكن تسريع الجسيمات المشحونة وذلك بتأثير حقل كهربائي متحرض هذا الأخير ناتج عن الحقول المغناطيسية الغير مستقرة(الحقول المغناطيسية موجودة في الكون وتمتد على مسافات كبيرة) يمكن لجسيم يحمل الشحنة Zeأن يكتسب طاقة عظمى إذا تحرك داخل حقل مغنا طيسي شدته B تعطى هذه الطاقة بالعلاقة التالية:

$$E_{\max} = ZeBL\gamma$$

L *طول الجرم*

B *شدة الحقل المغناطيسي*

Ze*شحنة الجسيمة*

γ *معامل لورنتز*

من مصادر الحقول الكهربائية المتحرضة نجد النجوم النيوترونية والنجوم النابضة بالنسبة للنجوم النابضة تتميز بحقل مغناطيسي شديد وبفعل دورانها حول نفسها بسرعة كبيرة جدا فانه ينتج عنها حقل كهربائي شديد مما يؤدي إلى تسريع الجسيمات إلى غاية $10^{19} eV$.

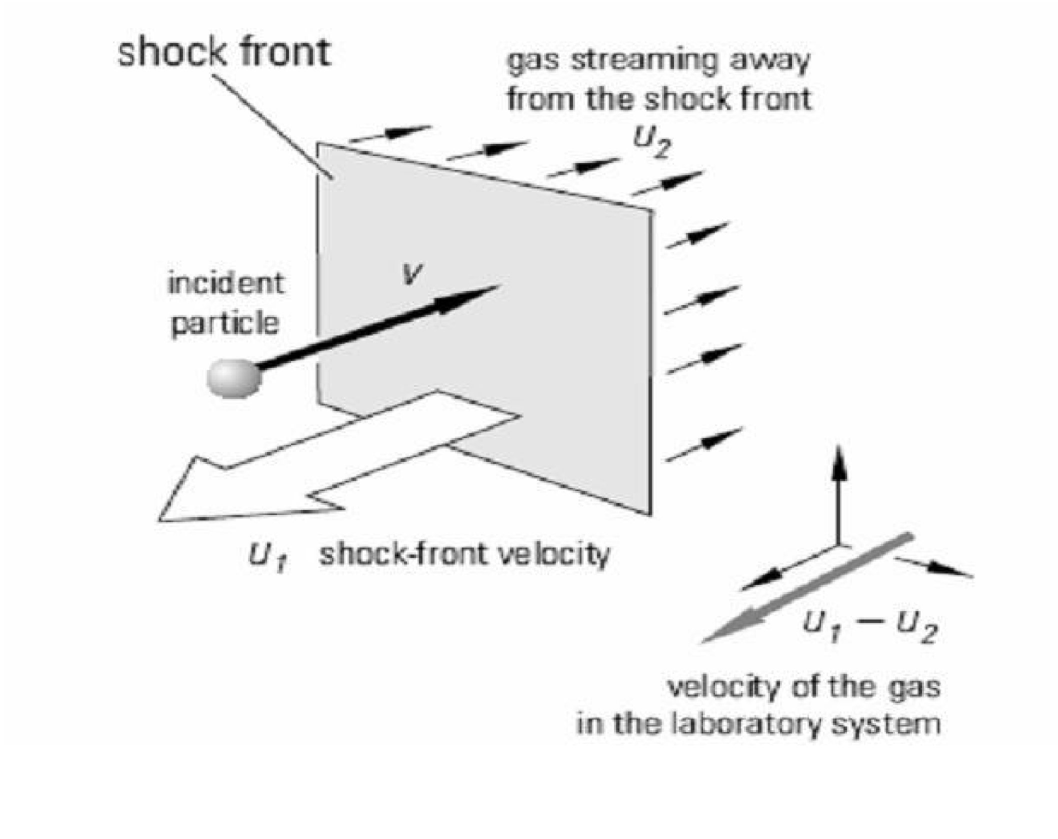
1-5- 2 آليةFermi: هذه الآلية اقترحها Fermi سنة 1949 هنا يمكن للجسيمات أن تتسرع أي تكتسب طاقة وذلك من خلال تصادمها مع جسيمات أخرى وتحتوي هذه الآلية على نموذجين كالتالي:

*-النموذج الأول (التسريع من الرتبة الثانية):

في هذه الحالة تتفاعل الجسيمات مع السحب المغناطيسية المنتشرة في الوسط البين – نجمي وتتبادل معها الطاقة ولقد واجه هذا النموذج عدة عوائق وهو أن الجسيمة لكي تكتسب طاقة العتبة فإنها تحتاج إلى وقت طويل جدا وذلك بسبب البعد الكبير بين السحب المغناطيسية وبالمقابل أيضا فان الجسيمات تفقد طاقة أثناء رحلتها في الفضاء. [1]

*-النموذج الثاني (التسريع من الرتبة الأولى):

هنا تتصادم الجسيمات مع موجة الصدمة هذه الأخيرة تنتج عندما تكون عندنا مادة تتحرك بسرعة اكبر من سرعة الضوء في وسط ما فمن اجل الوسط البين –نجمي سرعة الصوت هي $V_{SON} = 10 kms^{-1}$، في حين أن سرعة السحب الناتجة عن السوبر نوفا تبلغ $V_P = 10^4 kms^{-1}$ [2]



الشكل7 :آلية التسريع بموجة الصدمة [1]

6-1 القطع GZK:

تم اكتشاف إشعاع الخلفية الكونية من العالمين Penzion و wilsonوكان ذلك في سنة 1965بحيث لاحظا بان هناك إشعاع يشبه طيفه طيف الجسم الأسود وذلك عند درجة حرارة3K، [1] في أواخر الأربعينيات تنبأ Gamow بوجود هذا الإشعاع الذي يرى بأنه موجود منذ بداية الكون وهو شديد السخونة ومع تمدد الكون بدا الإشعاع يبرد، إشعاع الخلفية الكونية متماثل لدرجة كبيرة (يأتي من كل الاتجاهات وبنفس الشدة). ولقد قدرت كثافة إشعاع الخلفية الكونية بحوالي 300فوتون cm^3 تتفاعل البروتونات ذات الطاقات العالية جدا($10^{18.5}ev \leftarrow 10^{17}ev$) مع إشعاع الخلفية الكونية فينتج عن ذلك بيونات،الكترونات، بوزيترونات،,بروتونات وذلك وفق المعادلات التالية:[4]

$$p+\gamma_{cmb} \rightarrow \Delta^{+} \rightarrow p+\pi^{o} \rightarrow p+2\gamma$$

$$p+\gamma_{cmb} \rightarrow \Delta^{+} \rightarrow n+\pi^{+} \rightarrow n+\nu_{\mu}+\overline{\nu_{\mu}}+\nu_{e}+e^{+}$$

$$p+\gamma_{cmb} \rightarrow p+e^{-}+e^{+}$$

تتفاعل النيوترينوات ذات الطاقات العالية جدا مع إشعاع الخلفية الكونية كما تبينه المعادلة:

$$n+\gamma_{cmb} \rightarrow \Delta^{+} \rightarrow n+\pi^{0}$$

وجود γ_{CMB} يؤدي بالبروتونات عالية الطاقة إلى فقدان جزء من طاقتها ولهذا لاتصل إلى الأرض بطاقة اكبر من طاقة GZK وهذا مايسمى بالقطع GZK.

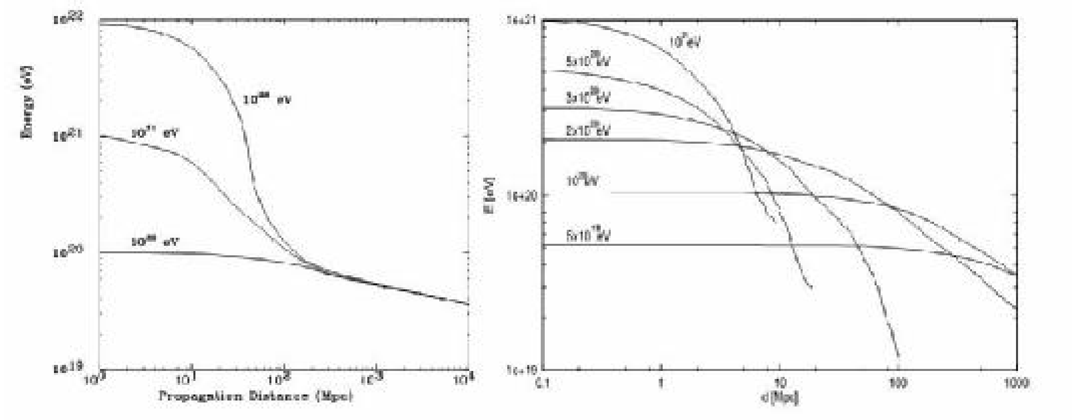
– المسافة التي يقطعها الفوتون قبل التفاعل بدلالة فقد الطاقة تعطى بالعلاقة: $\frac{dE}{dX}=-\frac{E}{L(E)}$ وهي تتغير حسب طاقة الفوتون فبالنسبة للفوتونات التي طاقتها من $10^{18}ev \leftarrow 10^{20}ev$ فالمسافة التي تقطعها تكون اقل من 10Mpc أماالفوتونات التي طاقتها من $10^{20}ev \leftarrow 10^{21}ev$ فيمكنها أن تنتشر بعيدا قبل التفاعل $(\rangle 100MPC)$ [6]

– المسافة التي يقطعها البروتون قبل الدخول في التفاعل مع γ_{CMB} هي تختلف حسب طاقته فهي تتغير من $15Mpc \leftarrow 1000Mpc$ وذلك من اجل طاقات مختلفة للفوتون كما يوضحه الجدول:

énergie (eV)	ℓ (Mpc)
5×10^{19}	~ 1000
8×10^{19}	~ 300
1×10^{20}	~ 150
3×10^{20}	~ 20
1×10^{21}	~ 15

الشكل8: جدول يمثل المسافة التي يقطعها البروتون قبل الدخول في التفاعل مع γ_{CMB} [4]

$$\ell = 6EXP\left(\frac{3\times10^{20}}{E}\right) \quad MPC$$



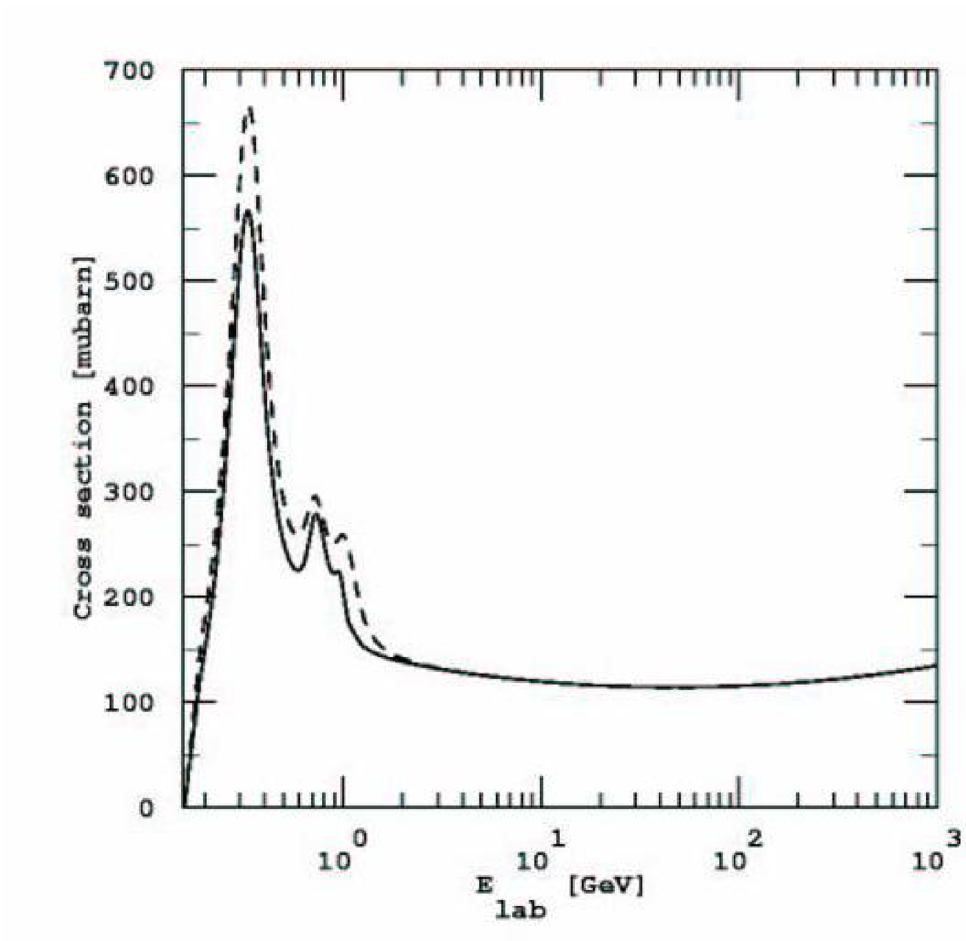
الشكل9 : يمثل طاقات مختلفة للجسيمات بدلالة المسافة التي يقطعها قبل التفاعل اليسار يمثل البروتون في حين أن اليمين يمثل نواة الحديد المقطع الفعال للتفاعل بروتون– بروتون يعطى بالعلاقة:

$$\sigma_{P-P} = \left(\frac{\sigma_{p-air}}{507mb} \right) \times 100 \qquad mb$$

–الكاونات والبيونات هي عبارة عن جسيمات غير مستقرة تنتج عن الانشطار النووي والمسافة التي تقطعها الكاونات قبل التفاعل تعطى بالعلاقة:

$$\ell = \gamma\tau\beta c = \frac{E}{mc^2}\tau\beta c$$

في البداية يزيد المقطع الفعال للبيون الناتج عن التفاعل بروتون–فوتون حتى يصل إلى قيمة أعظمية والتي تقدر بحوالي $550barn$ ثم يبدأ بالتناقص [9] كما يوضحه الشكل التالي:



الشكل10 : يمثل المقطع الفعال للبيون الناتج عن التفاعل بروتون–فوتون [9]

الفصل الثاني

الأشعة الكونية داخل الغلاف الجوي للكرة الأرضية

2-1 الأشعة الكونية الثانوية:

تنتج الأشعة الكونية الثانوية عن تفاعل الأشعة الكونية الابتدائية مع الجسيمات الموجودة في الطبقات العليا للغلا ف الجوى(الأوكسجين والازوت بشكل أساس) وهي تتكون من النيوترونات، الكاونات، البيونات، الميونات، النيوترينوات، البوزيترونات بالإضافة إلى بقايا الأشعة الكونية الابتدائية مثل البروتونات والالكترونات.إن تركيبة الأشعة الكونية الثانوية تختلف في مختلف طبقات الغلاف الجوى فبعض الجسيمات تختفي بسبب تفاعلهامع جسيمات الغلاف الجوى اوبسبب قصر مدة حياتها كما أن هناك جسيمات لا تظهر إلا في الطبقات السفلى للغلاف الجوى [2]

2-2 الطيف الطاقوي للأشعة الكونية الابتدائية:

لدى الأشعة الكونية طيف طاقوي عريض تمتد فيه الطاقة من $10^{6}eV$ – $10^{21}eV$ نعبر عن الطيف الطاقوي بالتدفق التفا ضلي و هو عدد الجسيمات التي تملك الطاقة مابين E و E+dEأو التدفق التكاملي وهو عدد الجسيمات التي تملك الطاقة E العلاقة بين التد فق التفاضلي والطاقة تعطى بالعلاقة التالية: $\frac{dN}{dE} = E^{-\gamma}$

γالدليل الطيفي ،يمكن تقسيم مخطط الطيف الطاقوي إلى عدة مجالات وهي كالتالي:

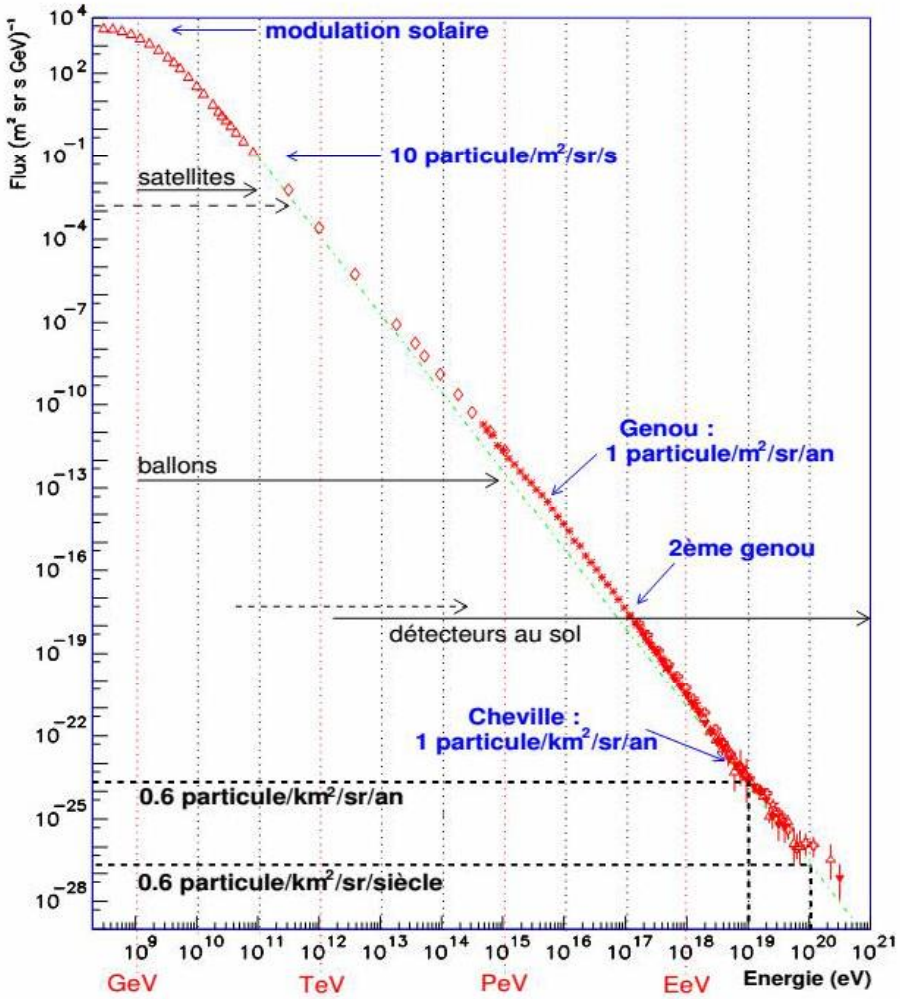
*-المجال الأول: يشمل الطاقات اقل من 10Gevمصدرالجسيمات في هذا المجال تأتي من الشمس و هي الالكترونات والنيوترينوات الناتجة عن الاندماج النووي

*-المجال الثاني: يشمل المجال من $10^{10}eV$ – $4\times10^{15}eV$ في هذا المجال يتغير التدفق التفاضلي مع الطاقة كما يلي: $\frac{dN}{dE}\alpha E^{-2.7}$ ومصدر الجسيمات في هذا المجال هو المستعمرات العظمى والنجوم النيوترونية.يمكن رصد هذه الجسيمات باستعمال المناطيد والأقمار الصناعية [4].

*–المجال الثالث: يشمل المجال من $10^{18}eV - 10^{16}eV$ في هذا المجال يتغير التدفق التفاضلي مع الطاقة كما يلي $\frac{dN}{dE}\alpha E^{-3.2}$ ومصدر الجسيمات في هذا المجال يكون من خارج مجرتنا(الانويةالمجرية النشطة وانفجارات غاما)

تسمى المنطقة التي تقع بين المجالين الثاني والثالث بالركبة(من $4\times10^{16}eV - 4\times10^{15}eV$) في هذا المجال صيغة التد فق التفاضلي هي: $\frac{dN}{dE}\alpha E^{-3}$ يقدر التدفق في هذا المجال بحوالي جسيم واحد لكل متر مربع في السنة(يتناقص التدفق بشكل سريع)[1]

*–المجال الرابع: أكثر من $10^{18}eV$ في هذا المجال تقل سرعة التناقص بالنسبة للتدفق إذ تقدر بجسيم واحد لكل كيلو متر مربع خلال سنة كما أن عدد الجسيمات الواردة يتناقص.



الشكل11 :الطيف الطاقوي للأشعة الكونية الابتدائية [4]

2-3 الغلاف الجوي:

تتفاعل الجسيمات الابتدائية مع انوية وجزيئات الغلاف الجوي فينتج عن ذلك جسيمات ثانوية إذن من المهم معرفة المميزات الأساسية للغلاف الجوي (التركيب الكيميائي. الكثافة. درجة الحرارة .... الخ)

إن غالبية مكونات الغلاف الجوي عبارة عن غازات فهو يتكون من: 78.08% جزيئات الازوت، 20.95 %جزيئات الأوكسجين، 0.93 %جزيئات الأرغون، 0.036 %غاز ثاني اوكسيد الكربون بالإضافة إلى غازات أخرى تكون كميتها ضعيفة جدا كما يبينها الجدول التالي:

الغاز	النسبة المئوية
الهيليوم	5×10^{-4}
الميثان	1.7×10^{-4}
الهيدروجين	6×10^{-5}
الأوزون	4×10^{-6}
أحادي اوكسيد الكربون	8×10^{-6}

الشكل12:النسبة المئوية لمختلف الغازات المكونة للغلاف الجوي [4]

إن الغلاف الجوي يمتد على عدة كيلومترات حول الأرض وهو يتكون من أربع طبقات أساسية تختلف عن بعضها البعض في المكونات و الضغط ودرجة الحرارة.

*تروبوسفير :تحتوي هذه الطبقة على غازات وغبار وهي تمتد على ارتفاع 10كلم عن سطح البحر وعلى ارتفاع 1000م تتغير درجة الحرارة من 6.5C ←75C− (درجة حرارة منخفضة) تكون قيمة الضغط في هذه الطبقة حوالي 250hpa. والسطح الذي يحد تروبوسفيريسمى تروبوبوزوارتفاعه يتغير بحيث يقل فوق القطبين ويزيد فوق خط الاستواء.

*استراتوسفير: تلي طبقة تروبوسفير وهي تمتد على ارتفاع 50كلم عن سطح البحر في هذه الطبقة تثبت درجة الحرارة ثم تبدأ في الازدياد وذلك نظرا لبدء تكون غاز الأوزون وتبلغ قيمة الضغط هنا حوالي 1hpaهذه الطبقة تقوم بامتصاص الأشعة الفوق بنفسجية وفق المعادلة التالية:

$$O_3 + uv \rightarrow O + O_2$$

*الميز وسفير :تمتد هذه الطبقة على ارتفاع 80كلم عن سطح البحر تبدأ فيها درجة الحرارة بالنقصان مع زيادة الارتفاع حتى تصل إلى حوالي°C 100.

*تروموسفير: في هذه الطبقة تزداد درجة الحرارة وذلك بفعل النشاط الشمسي فهي تتغير من $700C \leftarrow 360C$ وهذا على الارتفاع من150كلم ←1300كلم وهي تتاثربالاشعة الفوق بنفسجية والأشعة السينية. [4]

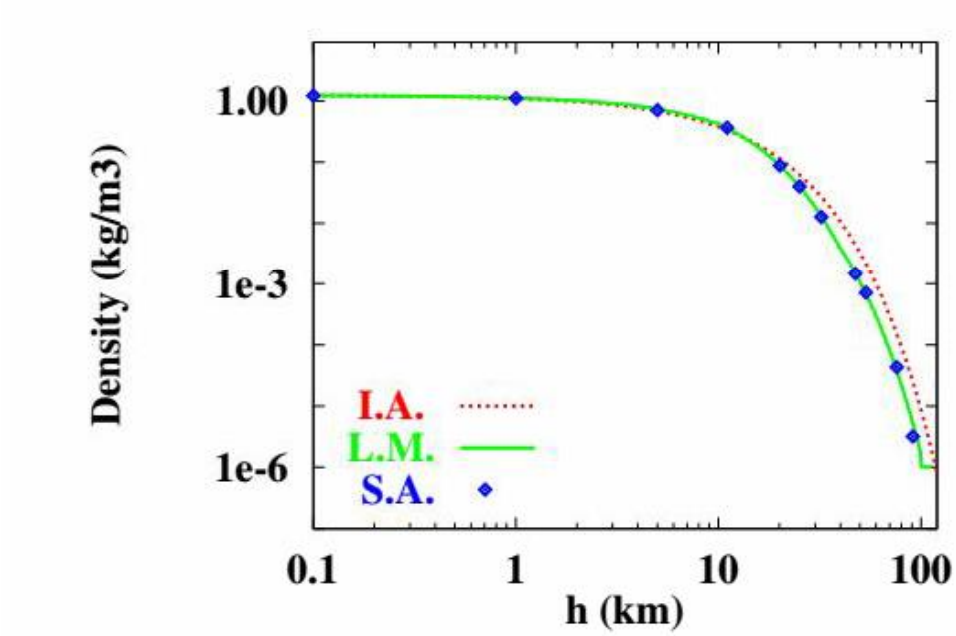
4-2 كثافة الغلاف الجوي:

حسب نموذج isothermique فان كثافة الغلاف الجوي بدلالة الارتفاع عن سطح البحر تعطى بالعلاقة التالية:

$$\rho(h) = \rho_0 \exp(-gMh / RT)$$

$$R = kN_A = 8.314 j.K^{-1}.mol \text{ , } T = 288K \text{ , } M = 28.96 g / mol$$

كثافة الغلاف الجوي تكون ثابتة من اجل الارتفاع 0 كلم ←90كلم ثم تبدأ بالتنا قص تدريجيا كما يوضحه الشكل التالي:



الشكل13:يمثل كثافة الغلاف الجوي بدلالة الارتفاع

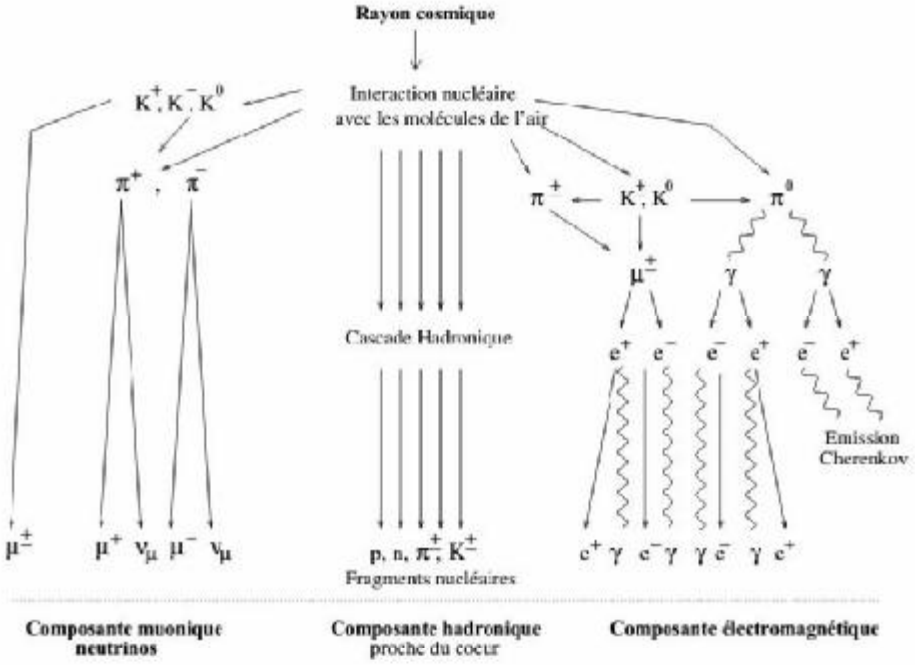
الخط الأحمر يمثل نموذج isothermique
الخط الأخضر يمثل نموذج linsley
الخط الأزرق يمثل نموذج standard atmosphére

2-5 الشلالات الهوائية:

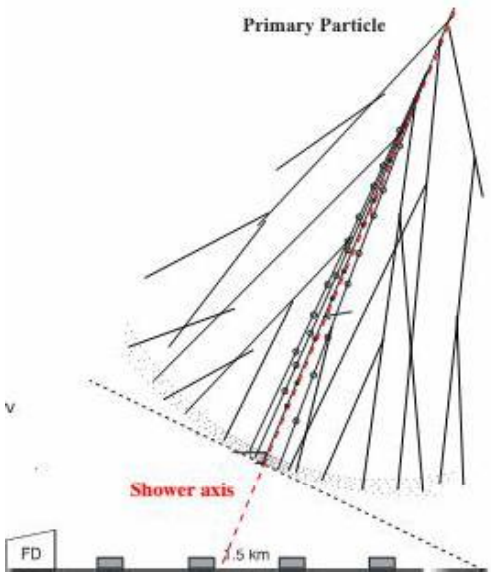
تتفاعل جسيمات ذات طاقة عالية جدا(بروتونات انوية، نكليونات،فوتونات) مع جزيئات الغلاف الجوي فتتشكل بذلك جسيمات ثانوية هذه الأخيرة تتفاعل فيما بينها مشكلة شلال هوائي يحتوي على الملايين من الجسيمات، في البداية يزداد عدد الجسيمات الثانوية حتى يصل إلى قيمة أعظمية ثم يبدأ بالتناقص(بسبب امتصاصها من طرف الغلاف الجوي) حتى تبلغ سطح الأرض وتتوزع على عدة كيلومترات كما أن عدد الجسيمات الثانوية في

الشلال الهوائي يتعلق بالطاقة الابتدائية .انطلاقا من بروتون ذو طاقة ابتدائية $10^{20}ev$ فانه يتشكل شلال هوائي يحتوي على 100مليار فوتون غاماو10 مليار إلكترون و بوزيترون و100مليون ميون[6]

الجسيمات الثانوية في الشلال الهوائي مركبات هادرونية وكهرومغناطيسية وميونية



الشكل14 :يبين كيفية تطور الشلال الهوائي ومختلف مركباته[6]



الشكل15: شلال هوائي

2-5-1المركبات الهادرونية:

تحتوي المركبات الهادر ونية في الشلال الهوائي على كاونات وبيونات $(\kappa^{\pm}\pi^{\pm})$وهي ناتجة عن تفاعل الانوية أو النكليونات مع ذرات الغلاف الجوي ينتج عن انشطار الكاونات المشحونة أو الغير المشحونة بيونات الكترونات ، بوزيترونات، نيوترينوات [7] وفق المعادلات التالية:

$$\kappa^- \to \pi^- + \pi^0 \quad \% \ 21.13$$

$$\kappa^+ \to \pi^+ + \pi^0 \quad \% \ 21.13$$

$$\kappa^- \to \mu^- + \overline{\nu_\mu} \quad \% \ 63.43$$

$$\kappa^+ \to \mu^+ + \nu_\mu \quad \% \ 63.43$$

$$\kappa_L^0 \to \pi^\pm + e^\mp + \nu_e \quad \% \ 38.79$$

$$\kappa_L^0 \to \pi^\pm + \mu^\mp + \nu_\mu \quad \% \ 27.18$$

$$\kappa_L^0 \to \pi^o + \pi^o + \pi^o \qquad \% 21.08$$

$$\kappa_L^0 \to \pi^{\pm} + \pi^- + \pi^o \qquad \% 12.56$$

$$\kappa_s^0 \to \pi^+ + \pi^- \qquad \% 68.6$$

$$\kappa_s^0 \to \pi^o + \pi^o \qquad \% 31.40$$

2-5-2 المركبات الكهرومغناطيسية:

وهي تتكون أساسا من الالكترونات وبوزيترونات وأشعة الكبح بالإضافة إلى بقايا الأشعة الكونية الابتدائية، البيون المتعادل كهربائيا يملك زمن حياة صغير جدا $(\tau = 0.83\times10^{-16}s)$ وبذلك فهو يتفكك بسرعة إلى فوتونين [2] وفق التفاعل الآتي:

$$\pi^o \to 2\gamma \qquad \%98.8$$

يتفاعل فوتون ابتدائي ذو طاقة عالية جدا مع الحقل الكهرومغناطيسي للانوية المشحونة الموجودة في الجو فينتج عن ذلك الزوج e^+e^- وفق التفاعل الآتي:

$$\gamma \to e^- + e^+$$

يتفاعل الإلكترون مع الحقل الكهربائي للانوية فينتج عن ذلك إشعاع يسمى إشعاع الكبح ويستمر هذا التفاعل إلى أن يصبح الإلكترون غير قادر على إنتاج إشعاع الكبح [1]

2-5-3المركبات الميونية:

وهي تحتوي أساسا على ميونات، نيوترينوات ،الميونات المشحونة التي طاقتها 9Gev تتفكك إلى ميونات و نيوترينوات عن طريق التفاعل :

$$\pi^{\pm} \to \mu^{\pm} + \nu_{\mu}\left(\overline{\nu_{\mu}}\right) \qquad \%99.99$$

تتفكك الميونات التي طاقتها ضعيفة جدا إلى الكترونات ونيوترينوات وفق المعادلة:

$$\mu^{\pm} \to e^{\pm} + \nu_e\left(\overline{\nu_e}\right) + \overline{\nu_e}\left(\nu_{\mu}\right) \qquad \%100$$

تتفكك النيوترونات التي تملك زمن حياة قصير جدا إلى الكترونات، بروتونات، مضادات النيوترينوات [4] كما توضحه المعادلة:

$$n \rightarrow p + e^{-} + \overline{\nu_e}$$

*- **إشعاع الفلورة الازوتية:** خلال تطور الشلال الهوائي تتفاعل الجسيمات المشحونة مع جزيئات الازوت المثارة الموجودة في الغلاف الجوي فيصدر إشعاع يسمى إشعاع الفلورة الازوتية لكن المشكل أن عملية الرصد تتم في الليل فقط[1]

*- **إشعاع شيرنكوف:** يصدر إشعاع شيرنكوف عندما تمر جسيمة في وسط بحيث تكون سرعتها في هذا الوسط اكبر من سرعة الضوء فتفقد جزء من طاقتها [1]

2-6 تفاعلات مختلف الجسيمات الثانوية:

2-6-1الميونات: يتم إنتاج الميونات في الغلاف الجوي وذلك انطلاقا من انشطار الكاونات والبيونات المشحونة ونتيجة لهذا فهي تعتبر من المكونات الأساسية للجسيمات الثانوية. تملك الميونات زمن حياة يقدر بحوالي 2.2us.

بالنسبة للميونات ذات الطاقات العالية جدا فإنها تتفاعل مع جزيئات الغلاف الجوي فتفقد جزء من طاقتها بسبب عمليات تايين الهواء والتي تعطى بالعلاقة: $-\frac{dE}{dX}$ فينتج عن ذلك الكترونات ،نيوترينوات ،مضادات النيوترينوات. [2]

2-6-2النيوترينوات: تنشطر كل من البيونات والميونات المشحونة فينتج عن ذلك نيوترينوات التي تمتاز بمقطع فعال ضعيف جدا وهو يقدر بحوالي

$10^{-9} barn \leftarrow 10^{-11} barn$وذلك من اجل الطاقات Tevو Pev كما أن تدفقها ضعيف مقارنة بتدفق الفوتونات ،تتفكك النيوترينوات التي لديها زمن الحياة 885.75 وينتج عنها كل من $\bar{\nu}\ e^- p$ [2]

2-6-3الفوتونات:الفوتونات عبارة عن جسيمات مستقرة شحنتها الكهربائية معدومة تنتشر في خط مستقيم وذلك لأنها لاتخضع لحقل مغناطيسي وهي تعتبر من المكونات الرئيسية للمركبات الكهرومغناطيسية.هناك عدة ظواهر لتفاعل الفوتون مع جزيئات الغلاف الجوي نذكر من بينها:

- **المفعول الكهروضوئي:**يقوم إلكترون الذرة بامتصاص فوتون فينتج عن ذلك إلكترون طاقته E_e

$$E_e = E - E_L$$

E طاقة الفوتون الوارد

E_Lطاقة ربط إلكترون الذرة

- **مفعول كومبتون:**هو تصادم مرن بين فوتون وإلكترون حر حيث يقوم هذا الأخير بامتصاص الفوتون مما يؤدي إلى انعراجه[6]

$$e_1^- + \gamma_2 \rightarrow e_{1'}^- + \gamma_{2'}$$

- **خلق الزوج** $e^- e^+$ يتفاعل الفوتون الذي طاقته اكبر أو تساوي $2m_e c^2 = 1.02 Mev$ مع الحقل الكهربائي للجسيمات المشحونة فينتج عنه خلق الزوج $e^- e^+$

2-6-4 الالكترونات والبوزيترونات:

ينتج e^-e^+ من انشطار فوتون ابتدائي ذو طاقة عالية جدا وهما يعتبران من المكونات الأساسية للمركبات الكهرو مغناطيسية وتدفقهما يكون ضعيف مقارنة بتدفق البروتونات ومن أهم التفاعلات نجد:

*-Diffusion Muller:هو تصادم مرن بين إلكترونين وذلك وفق التفاعل:

$$e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$$

*-Diffusion bhabha :هوتصادم بين إلكترون وبوزيترون كما تبينه المعادلة:

$$e^- + e^+ \rightarrow e^- + e^+$$

المقطع الفعال للفوتون الابتدائي من اجل خلق الزوج e^-e^+ هو $50\mu b$ [8]

2-6-5 البروتونات والانوية:

غالبية الجسيمات الأولية هي عبارة عن بروتونات وانوية هذه الأخيرة بعد مغادرتها للجرم الذي نشأت فيه وانتشارها في الفضاء فإنها تتعرض إلى تغييرات في المسار والطاقة بالإضافة إلى تأثير الحقل المغناطيسي المجري والخارج المجري

2-7خصائص الشلالات الهوائية

2-7-1التوزيع العرضي:

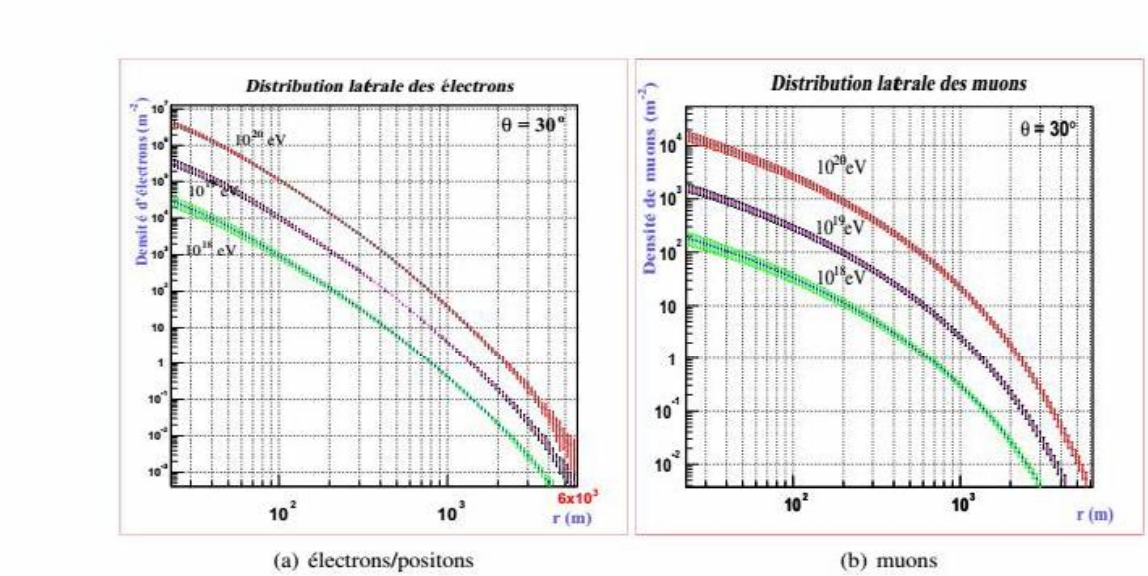
يمثل كل من عدد الجسيمات والطاقة كلما ابتعدنا عن مركز الشلال الهوائي وهو يتعلق بالطاقة والطبيعة الابتدائية بالإضافة إلى زاوية الرأس حسب تجربة AGASAفان دالة التوزيع العرضي تعطى بالعلاقة:

$$\rho(r) = C\left(r/R_M\right)^{-1.2}\left(1+r/\mathrm{R}_M\right)^{-\eta+1.2}\left(1+\left(r/100\right)^2\right)^{-0.2}$$

η الميل.

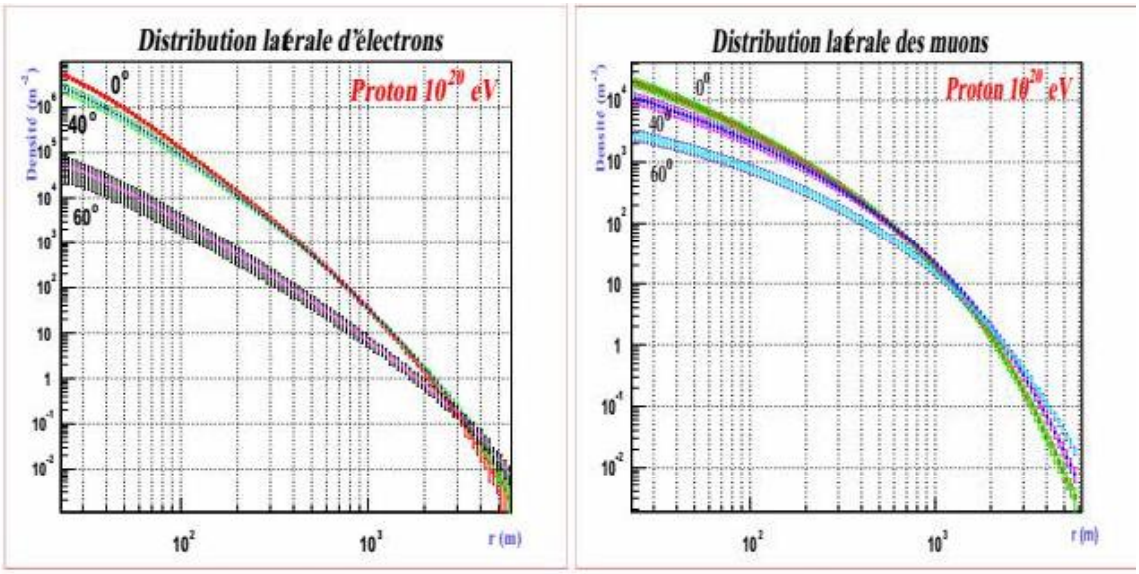
R_M نصف قطر Molière وهو البعد الذي يضم 90 بالمائة من الطاقة الكلية. للشلال

الهوائي, r البعد عن مركز الشلال.



(a) électrons/positons (b) muons

الشكل16: يمثل التوزيع العرضي لعدد $e^{\pm}$ وعدد μمن اجل بروتون ابتدائي وزاوية الرأس 30^{o} [6]



(a) électrons/positons (b) muons

الشكل17 :يوضح التوزيع العرضي لعدد $e^{\pm}$ وعدد μ من اجل بروتون ابتدائي طاقته $10^{20}ev$ وزوايا رأس مختلفة [6]

2-7-2 التوزيع الطولي:

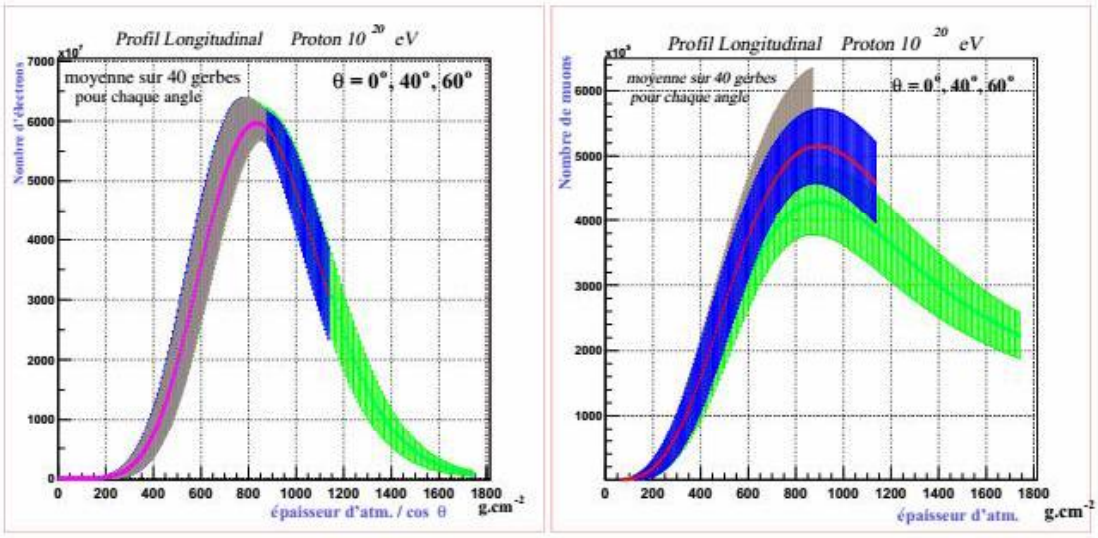
يمثل عدد الجسيمات والطاقة بدلالة عمق الغلاف الجوي. في البداية عدد الجسيمات يزيد حتى يصل إلى قيمة أعظمية ثم يبدأ بالتناقص وذلك لان طاقة الجسيمات تقل. دالة التوزيع الطولي Gaisser-Hillas [7] تعطى بالصيغة الآتية:

$$N(x) = N_{\max}\left(x - x_o / x_{\max} - x_o\right)^{X_{\max} - X_o/\lambda} \exp\left(x_{\max} - x / \lambda\right)$$

$N_{\max}$ عدد الجسيمات الاعظمية خلال تطور الشلال الهوائي

$x_{\max}$ العمق الاعظمي وفيه يكون عدد الجسيمات أعظميا

x_o ارتفاع الغلاف الجوي في بداية التفاعل



(a) électrons/positons (b) muons

الشكل18 : التوزيع الطولي لعدد الالكترونات والبوزيترونات (a) وعدد البيونات المشحونة (b) من اجل بروتون ابتدائي طاقته $10^{20}ev$ و3 زوايا رأس مختلفة (اللون الرمادي من اجل 0^0 اللون الأحمر من اجل 40^0 اللون الأخضر من اجل 60^0) [6]

2-8 رصد الأشعة الكونية:

نقوم بعملية رصد الأشعة الكونية وذلك من اجل معرفة مكوناتها وقياس كمية تدفقها هنالك طريقتين أساسيتين لعمليات الرصد هما الرصد المباشر والرصد الغير مباشر:

2-8-1الرصد المباشر: يختص هذا النوع برصد الجسيمات التي طاقتها منخفضة جدا ($E\langle 100Tev$ من اجل الأشعة الكونية المشحونة و $E\langle 10Gev$ من اجل الفوتون γ).[6]

تتعامل الأجهزة بشكل مباشر مع الجسيمات الابتدائية في هذا النوع من عمليات الرصد لذلك فان هذه العمليات تتم في الأماكن العالية كقمم الجبال, المناطيد الهوائية ،المركبات الفضائية و الأقمار الصناعية.

إن الأجهزة المستعملة في عمليات الرصد المباشر تمكننا من تحديد شحنة وكتلة الجسيمات وذلك انطلاقا من تحديد سرعتها وطاقتها.

إن هذا النوع لا يقوم برصد الجسيمات التي طاقتها عالية جدا وذلك لان تدفقها ضعيف جدا وهي تتفاعل مباشرة عند دخولها الغلاف الجوي. ومن المشاكل التي يواجهها هذا النوع من المراصد هو عدم قدرته على استعمال أجهزة ذات حجم كبير بالإضافة إلى عدم قدرته على الاستمرار لمدة زمنية طويلة [2]

حسب طبيعة الجسيمات فانه يمكننا تقسيم عمليات الرصد المباشر إلى ثلاثة أنواع وهي:

-عمليات رصد الأشعة السينية X

-عمليات رصد الأشعة γ

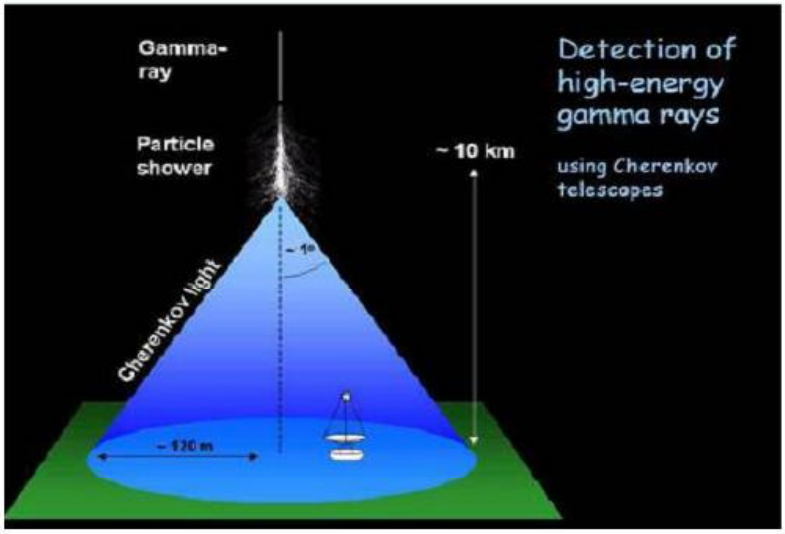
-عمليات رصد الجسيمات المشحونة

ومن أهم تجارب الرصد المباشر للأشعة الكونية [1]نجد تجارب رصد الأشعة γ

- تجربة EGRET(energetic gamma ray expriment télescope)

- تجربة GLAST(gamma- ray -large area space télescope)

-تجربة **AGILE** (**astro – rivelator gamma a immagini LE ggero**)



الشكل19: رصد الأشعة γ من خلال إشعاع شيرنكوف [2]

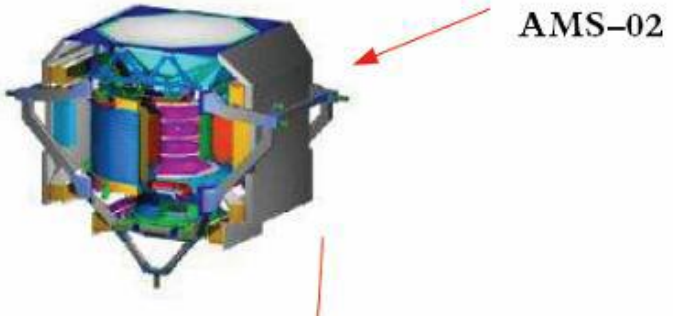
II تجارب فضائية لرصد الجسيمات المشحونة:

-تجربة **AMS-01**(**alpha magnetic spectrometer**)

-تجربة**PAMELA**

-(**payload antimater-mater explotation and light nuclei**)

-تجربة AMS-02 كما يوضحه الشكل



III تجارب على متن المناطيد لرصد الجسيمات المشحونة

-تجربةCREAM (cosmic anti- particle ring I maging expriment)

-BESS(ballone-borne expriment with superconducting spectrometer)

2-8-2الرصد الغير مباشر:

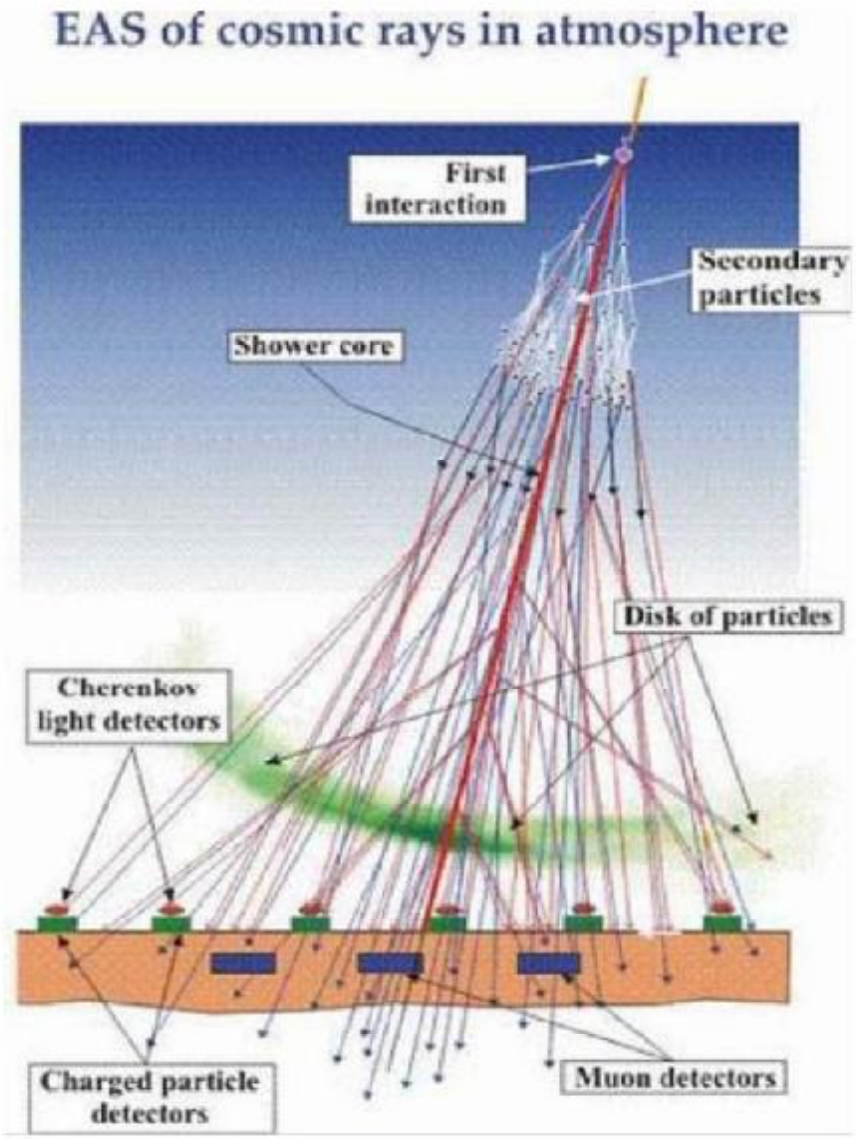
يختص هذا النوع برصد الأشعة الكونية ذات الطاقات العليا والتي يكون تدفقها ضعيف جدا بحيث يبلغ التدفق عند الطاقة E=100Eev بحوالي $0.6km^{-2}sr^{-1}siecle^{-1}$ [2] وبالتالي فان عملية رصد هذه الجسيمات يتطلب تغطية مساحة واسعة جدا تمتد على عدة كيلومترات مربعة وهي شروط لا تتحقق إلا في المحطات الأرضية [6]

إن الأشعة الكونية ذات الطاقات العالية جدا لا يمكنها أن تبلغ سطح الأرض وبالتالي فان المحطات الأرضية تقوم برصد الأشعة الكونية الثانوية الناتجة عن تفاعل الأشعة الكونية مع جسيمات الغلاف الجوي هذه الأشعة الكونية الثانوية هي عبارة عن:

- شلالات هوائية وهي ناتجة عن تصادم الأشعة الكونية مع جسيمات الغلاف الجوي يتبع هذا التصادم سلسلة من التفاعلات عنها الملايين من الجسيمات الثانوية.
- إشعاعات ضوئية (إشعاع شيرنكوف وإشعاع الفلورة الازوتية)

- إشعاعات راديوية

كل من الالكترونات والبوزيترونات والميونات والنيوترينوات والفوتونات والأشعة الراديوية تصل إلى الأرض بكميات كبيرة جدا وتغطي مساحات واسعة وبالتالي فان عملية رصدها تكون مكثفة أما بالنسبة للهدرونات فإنها تمتص بسرعة داخل الغلاف الجوي. [2]



الشكل 20: يمثل مخطط لعملية رصد جسيمة ذات طاقة عالية جدا وذلك

من خلال شلال هوائي

2-9 مراصد الأشعة الكونية:

*- المحطة اليابانية AGASA(aekeno giant air shower array) تقوم برصد الجسيمات الابتدائية التي تزيد طاقتها عن $10^{15}eV$.

*- المحطة الأمريكية Hires.

*- المحطة الأمريكية Fly'seye تقوم برصد إشعاع الفلورة الازوتية.

*- المحطة الارجينية Pierre Auger. يقع مرصد pierre Auger في منطقة PAMPA الواقعة في جنوب الأرجنتين وهي تمتد على مساحة تقدرب3000Km وهي تحتوي على 1600جهازلكشف إشعاع شيرنكوف و4 هوائيات لكشف إشعاع الفلورة الازوتية [1].تستعمل هذه المحطة لرصد الأشعة الكونية التي تفوق طاقتها $10^{18}eV$.

الفصل الثالث

المركبة الميونية في الشلالات الهوائية للأشعة الكونية

في هذا الفصل سوف نقوم بدراسة المركبة الميونية في الشلالات الهوائية الناشئة من البروتونات وانوية الحديد نهتم بالمركبة الميونية لأنها تسمح بتمييز مختلف الجسيمات الأولية . بالإضافة إلى أن الميونات لاتفقد الكثير من طاقتها عن طريق التأين إذن عددها لاينقص بسرعة مقارنة بالالكترونات بعد ذروة الشلال.نقوم بتغيير عدة ثوابت، مثل نموذج الغلاف الجوي وطاقة الجسيمة الابتدائية، وندرس تأثير هذه التغييرات على عدد الميونات التي ترصد بواسطة المراصد الأرضية. وكذلك سوف نقوم بمقارنة النتائج المرتقبة عن طريق نظرية التفاعلات الميونية مع النتائج المحاكاة .هذه المحاكاة محققة بواسطة برنامجين مونتي كارلو هما:

AIRES و Corsika يقوم هذين البرنامجين بمحاكاة وانتشار الأشعة الكونية في الغلاف الجوي للأرض. وكل منهما يستعمل برامج تفاعلات هادر ونية مختلفة .في التفصيل سوف نرى عدد الميونات المكتشفة في الشلالات الهوائية الابتدائية بالبروتونات وانوية الحديد، من اجل مختلف الطاقات الابتدائية. وكذلك سوف نقوم بدراسة تاثيرمختلف نماذج الغلاف الجوي على الشلالات الهوائية ،لان الشلالات تتطور عندما تتفاعل الأشعة الكونية الأولية مع مكونات الغلاف الجوي، فينتج عن ذلك أشعة كونية ثانوية ننتظر هل

مختلف النماذج تعطينا نتائج مختلفة نستعمل نموذج الغلاف الجوي الأمريكي ونموذج الغلاف الجوي الأوروبي. الاختلاف المنتظر لن يكون كبير جدا

سوف نصل أخيرا للاختلاف بين برنامجي المحاكاة المستعملة، Corsika و Aires

الميونات عالية الطاقة :

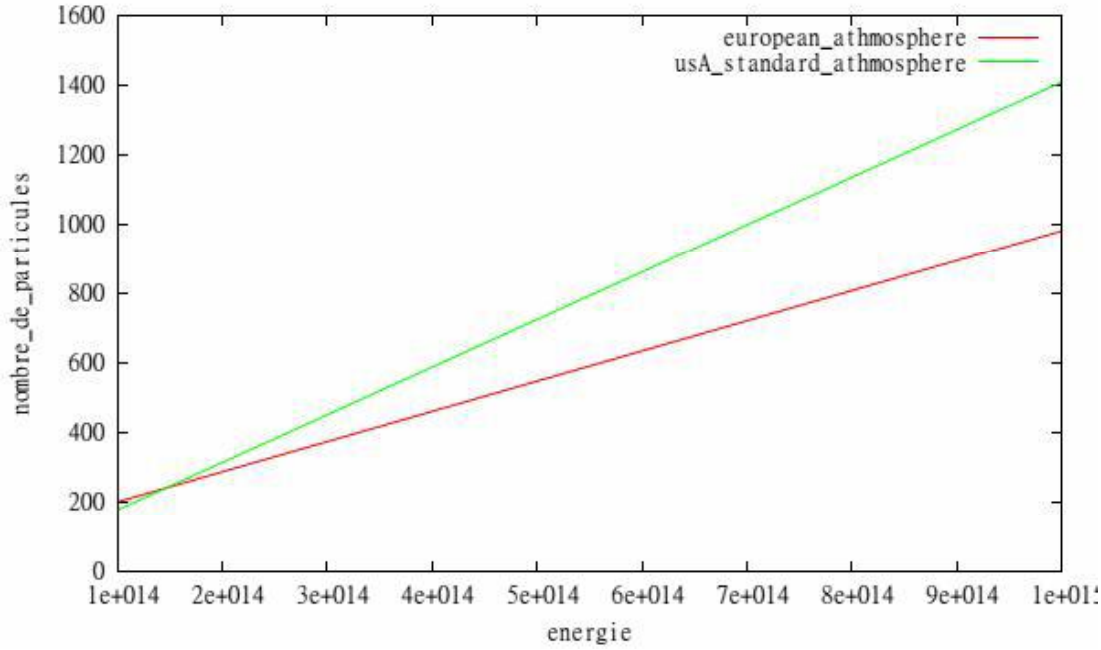
عدد الميونات عالية الطاقة (اكبر منGev 115) في الشلالات الهوائية المتعلقة بطاقة الجسيم الاولي وطبيعته تعطى بعلاقة Elbert

$$\langle N_\mu \rangle = A \times \frac{0.0145 TEV}{E_\mu . \cos\theta} \left(\frac{E_0}{A.E_\mu} \right)^{0.757} \left(1 - \frac{A.E_\mu}{E_0} \right)^{5.25}$$

سنقوم بمقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج التجريبية.

3-1 مقارنة تأثير نموذج الغلاف الجوي على عدد الميونات في الغلاف الجوي الاوربي والأمريكي

قمنا باعتبار نموذجين للغلاف الجوي و بتحديد عدد الجسيمات بدلالة الطاقة الابتدائية



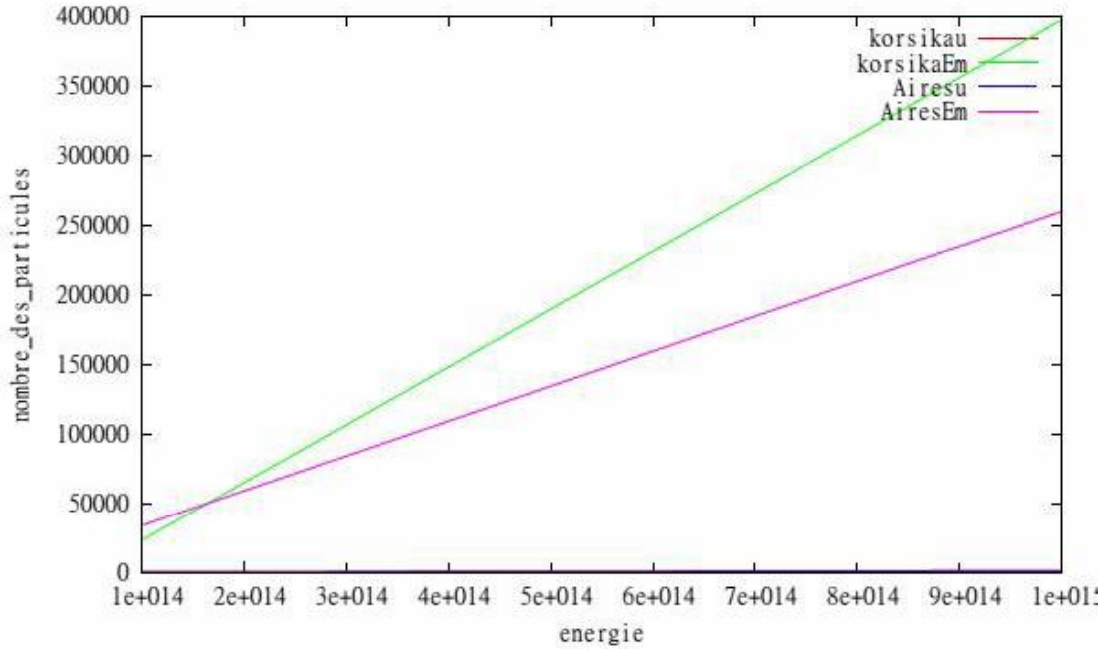
الشكل 21: مقارنة تأثير الغلاف الجوي على عدد الميونات في الشلال الهوائي الناتجة عن بروتون ابتدائي في أوربا وأمريكا

يمثل منحني الشكل (21) تغير عدد الجسيمات في شلال هوائي بدلالة الطاقة الابتدائية للجسيمة الابتدائية حيث نلاحظ أن عدد الميونات يزداد بازدياد طاقة الجسيمة الابتدائية (بروتون) لأنه كلما الطاقة الابتدائية اكبر، يزيد عدد التفاعلات الممكنة وعددها يتعلق

بموقع الجسيمة ضمن الغلاف الجوي ففي الغلاف الجوي لأمريكا تكون بشكل اكبر مقارنة مع أوربا.

3-2 مقارنة مختلف البرامج التي تحاكي الشلالات الهوائية

قمنا باعتبار برنامجين لمحاكاة الشلالات الهوائية وبتحديد عدد الميونات والمركبات الكهرومغناطيسية الناتجة عن بروتون ابتدائي



الشكل 22: مقارنة عدد الميونات والمركبات الكهرومغناطيسية الناتجة من بروتون ابتدائي انطلاقا من البرامج التي تحاكي الشلالات الهوائية Aires، Corsika

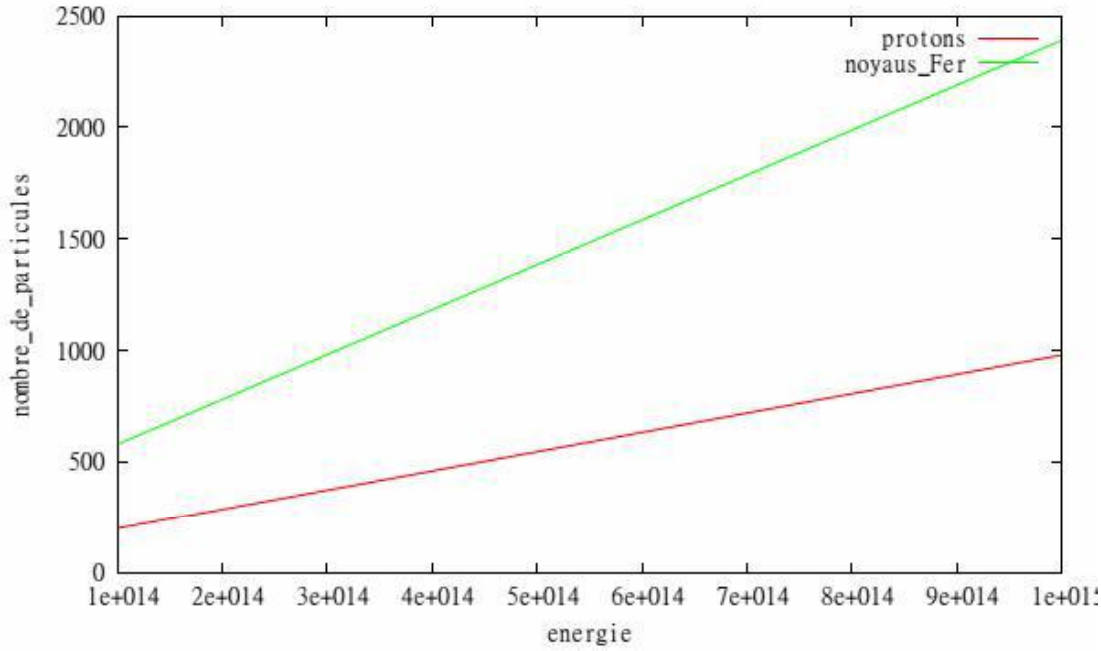
التصادم من برامج محاكاة الأشعة الكونية نجد Aires،Mocca،Corsika

Aires هو مجموعة من البرامج تقوم بمحاكاة الشلالات الهوائية أي محاكاة امتداد الشلال الهوائي ،جاء هذا البرنامج تحسينا للبرنامج الذي سبقه Moccaكل تعديل في البرنامج يتم إصداره في شكل نسخة وأول نسخة لAires 1,2,0 كانت في ماي 1997,يضم برنامج Aires برنامجين أساسين هما :

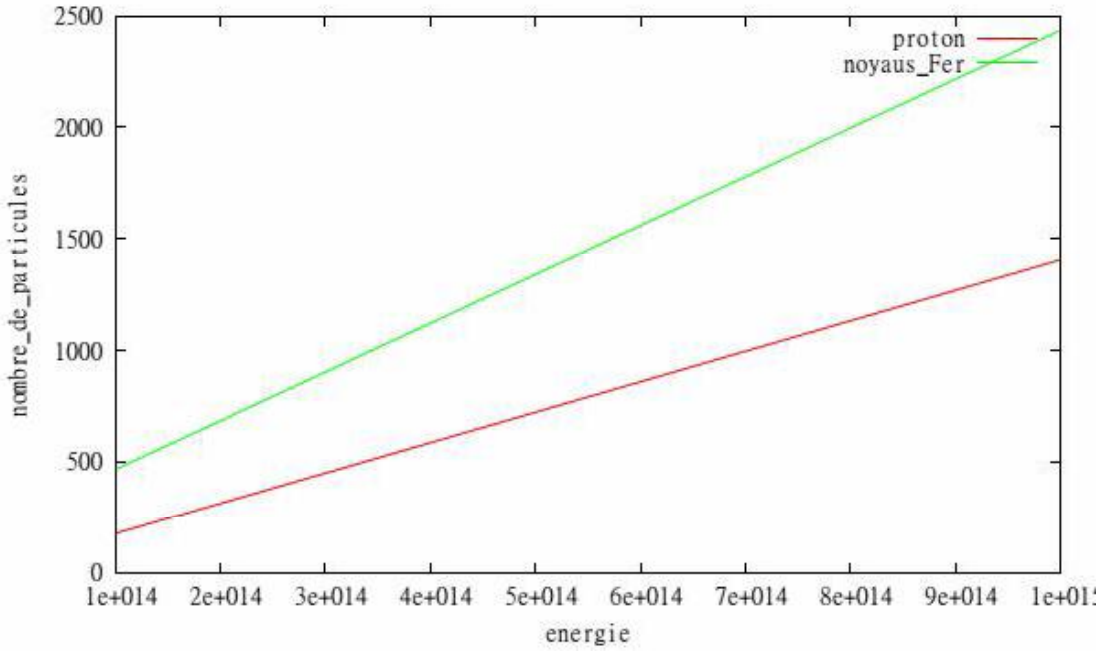
Aires وAiresQ هذا الأخير يحتوي على برنامج مصادمات الهادرونات،نلاحظ أن عدد الميونات و المركبات الكهرو مغناطيسية يكون كبير في برنامج Corsika مقارنة مع برنامج Aires وهذا راجع إلى نماذج تفاعل مختلفة QJSETوSYBILL تخص التصادم الهادروني

3-3 مقارنة عدد الميونات في الشلالات الناتجة عن بروتونات وعن انوية الحديد

باعتبار نموذج الغلاف الجوي الأوروبي والأمريكي قمنا بمقارنة عدد الميونات في الشلالات الهوائية الناتجة عن البروتونات وانوية الحديد



الشكل 23 :مقارنة عدد الميونات في الشلالات الناتجة عن بروتونات وعن ا نوية الحديد (european athmosphere)



الشكل 24 : مقارنة عدد الميونات في الشلالات الناتجة عن بروتون وعن نواة الحديد

(USA Standard athmosphere)

يمثل المنحنين(23)و(24)عدد الميونات في الشلال الهوائي بدلالة الطاقة الابتدائية لكل من البروتونات وانوية

الحديد حيث نلاحظ أن عدد الميونات الناتجة يتعلق بطاقة الجسيمة الابتدائية إضافة إلى ذلك فهي تتأثر بالعدد الشحني فمثلا نواة الحديد يصدر عنها كم هائل من الميونات مقارنة مع البروتون الذي ينتج عنه عدد اقل.

الخاتمة

درسنا في هذه المذكرة المركبة الميونية للشلالات الهوائية الناتجة عن تفاعل الأشعة الكونية في الغلاف الجوي للكرة الأرضية ،تركز اهتمامنا على الميونات لأنها تمكننا من التفريق بين طبيعة الجسيمات الأولية ولمعرفة إذا كانت عبارة عن بروتونات اوانوية الحديد.

كما درسنا تأثير طاقات الأشعة الكونية الأولية على المركبة الميونية بالإضافة إلى دراسة تأثير تركيب الغلاف الجوي حيث استعملنا النموذج الأوروبي والنموذج الأمريكي للغلاف الجوي.

تتم محاكاة انتشار الأشعة الكونية في الغلاف الجوي باستعمال برامج مثل Aires،Corsika ويمكن الفرق بينهما في برامج التفاعلات الهادرونية المستعملة .وينتج عن هذا فرق طفيف في النتائج المحصل عليها كما ذكر في الفصل الأخير

وحدات الطاقة

Mev:Mégaélectronvolt $(10^{6}eV)$

Gev:Gigaélectronvolt $(10^{9}eV)$

Tev:Téraélectronvolt $(10^{12}eV)$

Pev:Péta électronvolt $(10^{15}eV)$

Eev:Exaelectronvolt $(10^{18}eV)$

Mpc:Mégaparsec وحدة لقياس الأطوال الفلكية،تقدر بالمتر $3,85*10^{16}$

قائمة المراجع:

[1] **بسمة شبابحي**. مذكرة لنيل شهادة الماستر محاكاة الشلالات الهوائية للأشعة الكونية عالية .جامعة المسيلة.(2013).

[2] فيصلي محمد .مذكرة لنيل شهادة الماجستير-تأثير الحقل المغناطيسي الأرضي في الأشعة الكونية. جامعة باتنة.(2005) .

[3]-**Jacques Paul** .*une brève histoire des rayonscosmiques*.E.parizot et .al.(2003)

[4]-**Pierre Da Silva** .*A la recherche des energies extrémes: détection des rayons cosmiques avec l'observatoire pierre Auger* .université de paris6.(2004)

[5] **د.علي موسى د.مخلص الريس** .علم الفلك مفاهيمه وأسسه الناشر: دار دمشق-دمشق-سوريا (1999)

[6]-**Maurin** ,*étude de la nature des rayons cosmiques d' ultras a haute energie a partir des promiéres données de l'observatoire pierre Auger* .université de paris2 .(2005)

[7**]- kivin Payet**, *études des neutrinos de ultra –Haute Energie a l'observatoire Pierre Auger*. université Joseph Fourier-Grenoble. (2009)

[8]- Corentin Le GALL, *simulation de gerbes atmosphériques et definition de l' aquisition des stations locales pour l'expérience Pierre Auger* .université de paris7 .(1999) .

[9]-**cohen** ,*simulation de gerbes atmosphériques aux energie de l'observatoire pierre Auger et fonction distribution latérale*.Université paris XI. (2003).

[10]- **Cristana Cabral** . *Air shower simulation for NAHSA susana de barros*, katholieke Universiteit Nijmegen.(january 2003).

الملخص

الأشعة الكونية عبارة عن جسيمات اغلبها مشحون ،تصل إلى الكرة الأرضية من مصادر مختلفة توجد داخل المجرة مثل الشمس والمستعمرات العظمى ،أو من خارج المجرة مثل انفجارات غاما ،تتفاعل الأشعة الكونية داخل الغلاف الجوي للأرض ينتج عنه شلالات هوائية للأشعة الكونية الثانوية ،دراسة هذه الأخيرة تمكننا من التعرف عن مصادر الأشعة الكونية الفائقة الطاقة.

دراسة المركبة الميونية للشلالات الهوائية للأشعة المونية الثانوية تمكننا من التعرف على طبيعة الإشعاع الكوني الابتدائي ،وهذا عن طريق استعمال برامج المحاكاة لانتشار وتفاعل الأشعة الكونية داخل الغلاف الجوي للأرض.

Résumé

Les rayons cosmiques sont des particules, chargées pour la plupart, qui parviennent jusqu'à la Terre à partir de différentes sources. Ces dernières sont soit galactiques telles que le Soleil et les supernovæ, ou extragalactiques telles que les sursauts Gamma.

L'interaction des rayons cosmiques d'ultra haute énergie dans l'atmosphère terrestre produit de grandes gerbes de rayons cosmiques secondaires. Leur détection permet, entre autre, d'identifier les sources des rayons cosmiques d'ultra haute énergie.

L'étude de la composante muonique des gerbes atmosphériques permet d'identifer la nature du rayon cosmique primaire qui a initié la gerbe. Pour cela des programmes de simulation de la propagation des rayons cosmiques dans l'atmosphère sont utilisés.

Abstract

Cosmic rays are particles reaching Earth from different sources, as Sun, Supernovea and Gamma ray bursts.

When interacting in the atmosphere, they produce air showers of secondary cosmic rays. Their study enqble us to identify the Ultrq High Energy cosmic rays sources. It is done using Monte Carlo programs.

The study of the muonic component is important because it allow the identification on the primary cosmic ray.