



DIE KOSMISCHE STRAHLUNG

Tuteur: Valender Ken

Autor: Pinjic Alem

Klasse: 5C2

Jahr: 2019/2020

PINJIC Alem (LEM)

1 Inhaltsverzeichnis

2	Die Einführung.....	3
3	Das Urknall-Modell	4
3.1	Die Einführung zum Urknall-Modell:	4
3.2	Die Entwicklungsphasen des Universums:.....	5
3.3	Singularität:	7
4	Die Astroteilchenphysik	8
4.1	Einführung in die Astroteilchenphysik:	8
4.2	Maßeinheit:.....	8
4.3	Analyse der Astroteilchenphysik:	9
5	Die Kosmische Strahlung.....	10
5.1	Die Einführung in die kosmische Strahlung:	10
5.2	Die Nebelkammer:	10
5.3	Das Koinzidenzexperiment:	11
5.4	Die Kaskaden (Luftschauder):	12
5.5	Die Sekundärteilchen:	13
5.6	Ionisation:	13
5.7	Die Quellen der kosmischen Strahlen:	14
5.8	Die Elementarteilchen:	16
5.9	Die Wechselwirkungen:	17
5.10	Die Radioaktivität:.....	20
6	Der Detektor (AMD5).....	21
6.1	Der Aufbau des Detektors und die Geschichte:.....	21
7	Die Messungen/Kalibrierung.....	23
7.1	Die Tabellen:	23
7.2	Die Auswertung:.....	24
8	Die Quellen/Biografie	25

2 Die Einführung

Ich habe mir das Thema Kosmische Strahlung ausgesucht, weil es sehr viel mit meinem „Project Personnel“ zu tun hat. Ich möchte theoretische Aspekte bereden, aber auch einen praktischen Teil in meiner Arbeit haben. In dem Theoretischem Teil möchte ich die Effekte erklären und im Praktischem Teil meiner Arbeit möchte ich die Theorie über die kosmische Strahlung beweisen. Der Praktische Teil geschah hauptsächlich in meiner „Entreprise: Astrophysik“. Die Daten wurden 1 Jahr lang (das ganze Jahr 2018) gemessen und nachher ausgewertet, wir bekamen Ergebnisse raus welche bedeutend für unsere Messungen der kosmischen Strahlung sind.

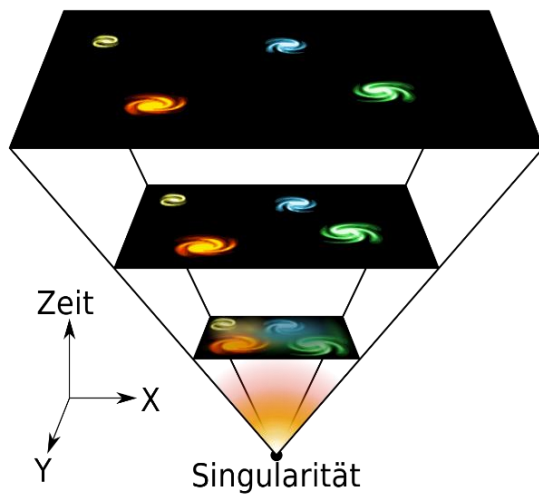
Die kosmische Strahlung hat eine bedeutende Rolle in unserem Universum. Durch die Kosmischen Strahlen kann man auf wichtige Ereignisse Zurückgehen, welche sich in unserem 13,8 Milliarden altem Universum abgespielt haben. Das betrifft die spektakulären Supernovae, die Quasare aber auch die Sterne (usw.). Man kann diese genannten Objekte analysieren und dann auch verstehen.

Es sind nicht nur die besonderen Ereignisse im Universum die, die kosmische Strahlung betrifft, sondern auch uns Menschen auf der Erde. Wir sind täglich der kosmischen Strahlung ausgesetzt und das können entscheidende Faktoren auf der Erde ändern, dazu gehört die Temperatur auf der Erde (die Höhe der Troposphäre). Die kosmische Strahlung hat eine gewisse Wirkung auf den Körper, welcher auch noch genauer untersucht werden soll. Davon sind hauptsächlich Projekte in der Zukunft betroffen, die mit Astronauten zu tun haben. Damit ist also der Schutz der Astronauten während den Reisen im All gemeint. Man untersucht also wie stark gewisse Materialien die kosmische Strahlung abdecken können, um unbeschwert auf eine längere Zeit im All zu bestehen, ohne dass man verstrahlt wird.

Hier sieht man also, dass das Kapitel kosmische Strahlung in der Physik, sehr viel zukunftspotential hat, da noch sehr viel unklar ist. Wir sind also gespannt auf weitere Forschungen in der Zukunft um das Thema „kosmische Strahlung“.

3 Das Urknall-Modell

3.1 Die Einführung zum Urknall-Modell:



Figur 3.1 Die Abbildung verdeutlicht die Ausbreitung des Universums (Milliarden Jahre lang).

Das Urknall-Modell beschreibt den ganzen Verlauf des Universums seit dem Anfang an (seit der Singularität). Der Urknall streckt sich schon über 13,8 Milliarden Jahre hin und auf eine ungewisse Zeit hinaus.

Der Urknall (die Explosion), ist schwer zu beschreiben, da es noch keine Physikalischen Gesetze während der Explosion gab. Es gab also kein Geräusch, welches man hören könnte oder ein Helles aufleuchten. Deswegen sollte man es nicht mit einer Explosion vergleichen, sondern eher mit der Entstehung von Raum und Zeit.

Die Urknalltheorien beschreiben die

Entwicklung des Universums von einem sehr kleinen Zeitpunkt (mehr als die Planck-Zeit von 10^{-43}) bis ungefähr 300.000 bis 400.000 Jahre später (zu diesem Zeitpunkt bildeten sich stabile Atome im Universum).

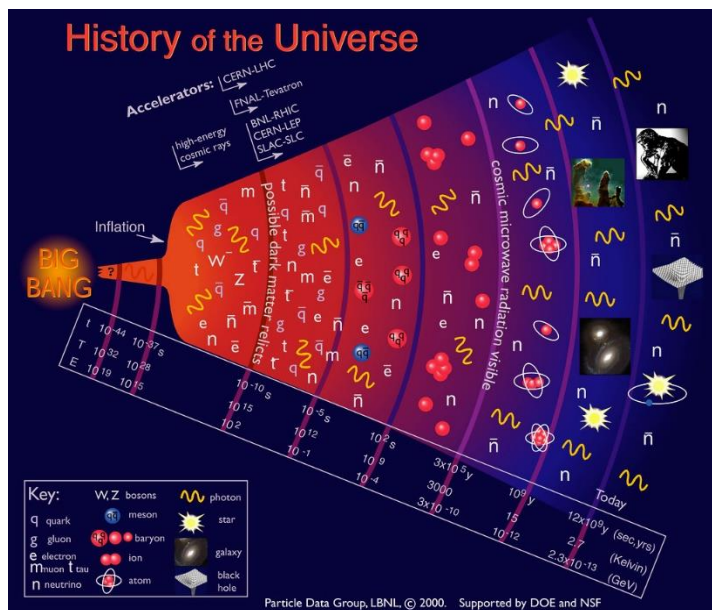
Für die Beschreibungen des Zustands des frühen Universums (Urknalltheorien) hat man während der Anfangszeiten dieser Theorien die Allgemeine Relativitätstheorie benutzt. Jetzt versucht man eine Korrelation von dem frühen Universum mit der Theorie der Quantengravitation zu finden. Man ist sich noch nicht schlüssig welche Theorie diese Zeit beschreiben kann, deswegen hat man bis heute noch keine allgemein akzeptierte Beschreibung des frühen Universums (Planck-Ära).

Manche dieser Theorien versuchen nicht nur diese sehr frühe Zeit im Universum zu beschreiben, sondern auch den Urknall selbst und die Zeit davor (zu diesen Theorien gehören, die Schelifenquantengraviation, die Stringtheorie aber auch die Verbindung zwischen den zwei Theorien der Quantengravitation und der Allgemeinen Relativitätstheorie, usw.).

Das Kosmologische Prinzip ist sehr ist eine sehr wichtige Annahme von unserem Universum, weil es eine Grundvoraussetzung der Urknalltheorien ist und es alle Orte im Universum beschreibt. Das kosmologische Prinzip besagt, dass das Weltall zur selben Zeit an jedem Raumpunkt, in alle Richtungen für große Entfernungen gleich aussieht. Das ist wichtig, um den Zustand des Universums zu verstehen.

Die andere Grundvoraussetzung ist, dass die Naturgesetze die auf unserer Erde gelten überall gleich sind. Es wird also angenommen, dass die Naturgesetze universell sind und man damit das Univerum beschreiben kann.

3.2 Die Entwicklungsphasen des Universums:



Figur 3.2 Auf dem Bild sieht man grob die Phasen des frühen und späten Universums verallgemeinert.

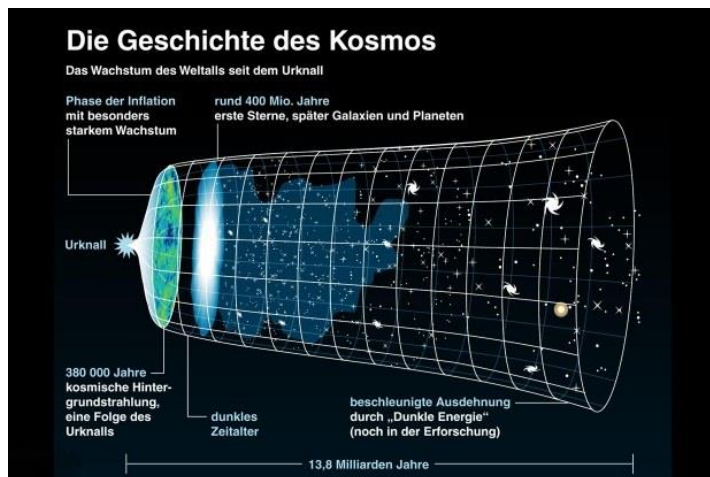
Die Planck-Ära beschreibt eine winzige Zeitspanne nach dem Urknall (der anfangs Explosion). Diese Zeit beträgt etwa 10^{-43} Sekunden, das ist die kleinst mögliche physikalisch sinnvolle Zeitangabe. Während dieser Zeit herrschte auch eine unglaublich hohe Temperatur, auch bekannt als „Planck-Temperatur“. Diese Temperatur beträgt etwa $1,4 \cdot 10^{32}$ Kelvin, das soll womöglich die Höchstmögliche Temperatur sein. Diese Wurde und wird nie mehr erreicht werden. In dem Zustand konnten sich nicht mal Atome bilden, diese Phase kommt erst hunderttausende Jahre später, das Universum musste sich noch abkühlen.

Die Quark-Ära begann etwa nach dem die Temperatur des Universums von $1,4 \cdot 10^{32}$ - auf 10^{25} Kelvin sank. Die Quarks und Anti-Quarks die sich während der Phase des Universums bildeten könnten noch keine Vollständigen Teilchen bilden, wegen der Temperatur die, die Teilchenstöße so kurz machte, dass sich nichts bildete. Diese „Freien“ Teilchen wurden zu dem Quark-Gluon-Plasma (dieser Zustand kann auch auf der Erde in Teilchenbeschleunigern erreicht werden). Die Phasen des Universums waren sehr schnell fertig, die Quark-Ära die nach der Inflation (direkte Ausbreitung nach dem Urknall) kam vergingen nur 10^{-24} Sekunden.

Als die Hadronen-Ära nach der Quark-Ära begann, konnten die Quarks nicht mehr frei existieren, weil die Temperatur des Universums auf 10^{13} Kelvin sank. Die Quarks bildeten, dann Hadronen (die Nukleonen: Neutronen und Protonen, ...). Durch die Überschussige Energie im frühen Universum wandelten sich ständisch die Neutronen in Protonen und umgekehrt. Diese Umwandlungen erzeugten wiederrum viele Neutrinos (Neutrinos haben fast keine Masse und sind elektrisch Neutral, schwer zu Messen). Die Hadronen-Ära dauerte nur 10^{-10} Sekunden lang (kürzer als die Quark-Ära).

10 Sekunden nach dem Urknall lag die Temperatur bei 10^9 Kelvin, dabei entstanden die ersten Atomkerne, es waren Deuterium Kerne (Wasserstoff Isotop). Diese Kernfusion wurde 3 Minuten lang im ganzen Universum betreiben.

Das Universum bestand zu dieser Zeit nur aus Plasma (ein extrem warmer Aggregatzustand) die Elemente, die sich während der Kernfusion bildeten, blieben die einzigen Elemente im Universum (während der primordialen Nukleosynthese). Die anderen Elemente, die uns allen bekannt sind, kommen erst später zu den Zeiten, als die ersten Himmelskörper sich bildeten.



Figur 3.3 Auf dem Bild sieht man die Hauptereignisse (Entwicklungen) des Universums. Entstehung der größeren Himmelskörper (diese Phasen dauern sehr lange).

Nach den kurzen Phasen des Universums gab es ein dunkles Zeitalter, welches Millionen Jahre andauerte. Man hatte Teilchen aber keine Sterne oder andere Himmelskörper die Licht (Photonen) produzierten.

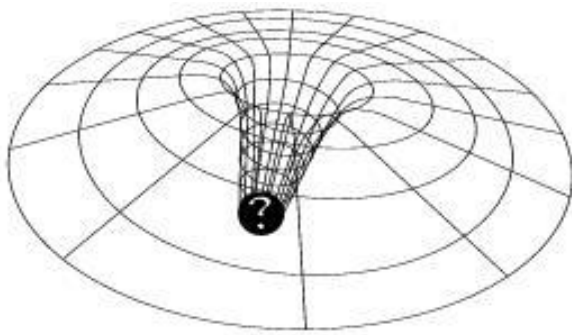
Nach etwa 400 Millionen Jahren entstanden die ersten Sterne im Universum. Diese Phase hat sich bis heute nicht sehr verändert. Wegen den darauf folgenden entstehenden Himmelskörpern

haben sich zwei grundlegende Faktoren im Universum verändert.

- 1) Die Gravitation (eine der vier Grundkräfte der Physik) wurde jetzt ganz wichtig, im Gegensatz vor der Entstehung größerer Körper im Universum (Kollisionen, ... entstehen dadurch und bilden neue Sachen).
- 2) Neue Elemente entstanden. Die Elemente haben einen Einfluss auf die Sternentwicklung und dadurch auch auf neue Himmelskörper.

Heutzutage wird noch erforscht wie es in der Zukunft mit dem Universum weiter geht. Es gibt viele verschiedene Theorien, aber die Theorie der unendlichen Ausbreitung ist wohl die wahrscheinlichste.

3.3 Singularität:



Figur 3.4 Hier sieht man wie theoretisch die Singularität dargestellt wird. Diese ist sehr Massereich und sollte deswegen den Raum krümmen.

Die Singularität ist in der Physik ein Ort, wo die Gravitation so stark ist, dass die Krümmung der Raumzeit unendlich ist. Die Singularität ist auch kein Bestandteil der Raumzeit. Man versteht die Auswirkung (was die Singularität macht) der Singularität aber nicht die Singularität selbst.

Singularitäten kann man auch Krümmungs-Singularität nennen.

Als Anfangssingularität beschreibt man den Start der Raumzeit. Es galten noch keine physikalischen Gesetze also kann man das nicht mit einem schwarzen Loch vergleichen. Man kann sich also die Anfangssingularität und das davor nicht vorstellen mit unserem Physikalischen Kenntnissen.



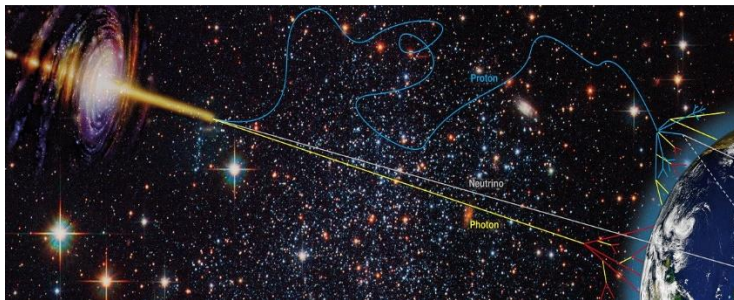
Figur 3.5 Auf der Zeichnung ist ein schwarzes Loch zu erkennen.

Schwarze Löcher haben auch eine Singularität. Diese Singularität soll sich im inneren des schwarzen Lochs befinden.

Schwarze Löcher haben ähnliche Eigenschaften (die hohe Gravitation und die Krümmung sind sehr ähnlich) wie die Singularität weshalb vermutet wird, dass der innere Kern eines Schwarzen Lochs die Singularität ist.

4 Die Astroteilchenphysik

4.1 Einführung in die Astroteilchenphysik:



Figur 4.1 Eine Darstellung von hochenergetischen Teilchen, die aus einem Quasar kommen.

Die Astroteilchenphysik ist ein eigenständiges Gebiet in der Teilchenphysik. In der Astroteilchenphysik handelt es sich hauptsächlich über die Materie der hochenergetischen Teilchen in der kosmischen Strahlung. Diese wird hier spezifischer behandelt, es werden

also die Effekte untersucht, welche bei der Interaktion mit anderen Teilchen entstehen können (Reaktion und Endresultat des Geschehens). Man analysiert auch, wo die Quellen der hochenergetischen Teilchen sind, es können nur natürliche Quellen im Universum solche hochenergetischen Teilchen aussenden. Um diese Teilchen herzustellen benötigt man solch hohe Energien, welche auf der Erde bisher und wahrscheinlich nie möglich sind herzustellen. Wenn es um die hochenergetischen Teilchen, geht redet man meistens von Teilchenenergien um 10^{18} eV (Elektronenvolt) und höher.

4.2 Maßeinheit:

Um die Energie der hochenergetischen Teilchen zu bestimmen wird die Einheit Elektronenvolt benutzt. Bei dieser Einheit handelt es sich um die Elementarladung (e) und der Spannung (V), daher „eV“. Die Energie des Atoms kann sich ändern, wenn sich im Vakuum ein Elektron oder Proton des Atoms von einem elektrischen Feld beschleunigt wird. Ein elektrisches Feld kann aber auf verschiedenen Standorten vertreten sein, diese können Sterne, schwarze Löcher, Supernovae, ... sein welche eigentlich nur sehr Massehaltige Materie im Weltraum ist.

Die Elektronenvolt werden aber auch in der experimentellen Kernteilchenphysik und der Elementarteilchenphysik verwendet. Hier wird die kinetische Energie anhand von den Elektronenvolt angegeben. Was bedeutet, dass fast alle experimentellen Messungen in den verwandten Fachgebieten der Atomphysik mit Elektronenvolt berechnet und die Werte angezeigt so werden.

Ionen, welche Teilchen mit positiver oder negativer Ladung sind, sind Teilchen, die keine Stabile Ladung haben. Können bei der Beschleunigung von dem Teilchen selbst, welcher dann eine Energie beigefügt bekommt, diese Energie verlieren oder noch mehr Energie beisteuern. Der Verlust der Energie kann bei Anionen (negativ geladenen Teilchen) aber auch bei Kationen geschehen. Wenn ein Kation so gepolt ist, dass die durchlaufende Energie bei der Beschleunigung ``von Minus nach Plus`` gerichtet ist verliert das Teilchen die Energie, umgekehrt gewinnt ein Teilchen mehr Energie dazu. Dasselbe Verfahren gilt auch für die negativ geladenen Teilchen nur mit umgekehrten Vorzeichen. Bei der Natürlichen Beschleunigung redet man eigentlich von einem Zufallsprinzip, da die Teilchen selbst auf eine Beschleunigungsquelle zukommen, aber diese Quelle positiv oder negativ sein kann

was, dann die Ionen beschleunigt oder verlangsamt (die kinetische Energie zunimmt oder abnimmt). Das verläuft, dann zufällig ab.

4.3 Analyse der Astroleichenphysik:

Hochenergetische Teilchen mit einer solch hohen Energie sind sehr schwer auffindbar. Zwischen 2004 und 2007 wurden vom Pierre Auger Observatory 27 hochenergetische Teilchen gemessen, mit der Energie von $5,7 \times 10^{19}$ eV, das bedeutet ein Teilchen pro Woche pro 3000 km^2 (im Allgemeinen berechnet man ungefähr 1 Teilchen pro km^2 alle 100 Jahre). Die hochenergetischen Teilchen werden mit speziellen Detektoren gemessen, in unserem Fall ist es der AMD5, welcher die radioaktive Strahlung, sowie die Kosmische Strahlung messen kann. Hierbei muss der Detektor zwischen den beiden Strahlungen unterscheiden. Dieser Verlauf funktioniert indem zwei GMTs (Geiger-Muller tube) in einem gewissem abstand aufgestellt werden. Der Detektor kann dann den Unterschied zwischen den Strahlungen machen, weil die kosmische Strahlung die zwei GMTs in einer gewissen Zeit durchquert und die radioaktive Strahlung nur einen durchqueren kann. Die hochenergetischen Strahlen, die wir messen sind die Myonen. Sie werden als hochenergetische Strahlung beschrieben, die werden mit der beschriebenen Methode gemessen. Die Myonen werden gemessen, weil nur diese ankommen können, da die sehr hochenergetischen Teilchen schon in den höheren Regionen der Atmosphäre aufgeteilt werden.

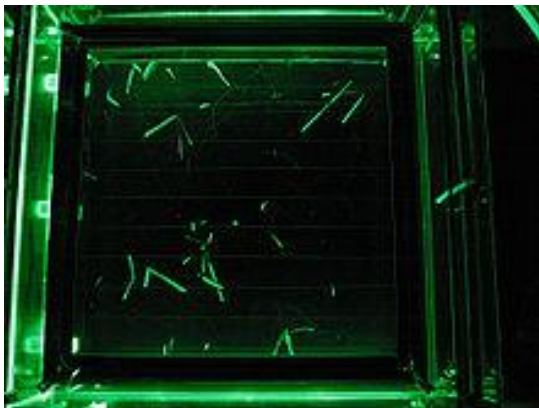
5 Die Kosmische Strahlung

5.1 Die Einführung in die kosmische Strahlung:

Unsere Erde wird fortwährend von der kosmischen Strahlung, welche eine hochenergetische Teilchenstrahlung ist, getroffen. Die kosmische Strahlung wurde 1912 von einem Physiker namens Viktor Franz Hess, welcher aus Österreich stammt entdeckt. Dies geschah indem Viktor Franz Hess, die ionisierte Strahlung bis zu einer Höhe von 5000 m maß. Hierbei stieg der Physiker in einen Heißluftballon, in welchem er, alle seine Messinstrumente mitnahm. Das tat er, weil in dieser Zeit bekannt war, dass es die radioaktive Strahlung gibt und man annahm, dass die Ionisierung der Strahlen in der Erdkruste geschah. Deswegen wollte er beweisen, dass diese radioaktive Strahlung aus der Erdkruste stammt, was aber mit dem heutigen Wissen, widerlegt werden würde, da die ionisierende Strahlung auch zum großen Teil aus dem Weltall kommt. Das wurde, auch nach diesen Messungen in der Höhe von ca. 5000 m bewiesen, weil die Intensität der Strahlung mit zunehmender Höhe anstieg.

5.2 Die Nebelkammer:

Jahre später (1927), wurde von dem Physiker Dmitri Skobelzyn das Experiment der Nebelkammer zum ersten Mal erfolgreich absolviert hat. Mit der Nabelkammer konnte Dmitri Skobelzyn die in der Erdatmosphäre gezeugten Sekundärteilchen, fotografieren.



Figur 5.1 Hier sieht man eine Nebelkammer und die verschiedenen Spuren. Zu jeder dieser Spurenformen kann man herleiten welche kosmischen Teilchen eingetroffen sind.

Die Nebelkammer ist ein Teilchendetektor, welcher in dem Bereich der Teilchenphysik, bei Messungen der kosmischen Strahlung benutzt wurde. Dieser wird heutzutage hauptsächlich zu darstellungszwecken eingesetzt, weil die Messung damit viel zu umständlich wäre.

In der Nebelkammer bekommt man Bildlich manche hochenergetischen Teilchen bei der Messung zu sehen, wie die gegen Teilchen in der Kammer prallen und hinterlassen Spuren. Dabei kann man mittels der Bahnkurven eine Aussage über die Masse, Ladung, Energie und der Art des Teilchens bekommen.

Alle gemessenen Teilchen (Alpha-, Beta-, Beta-Plus-Teilchen, wie auch Gammastahlen und selten Neutronenstahlen), dessen Spuren haben ihre gewissen Eigenschaften.

Die Alpha-Teilchen erzeugen wegen ihrer sehr hohen Masse (durch welche die Alpha-Teilchen schwer ablenkbar sind), einen viele Meter langen Bahnradius, deswegen haben die Alpha-Strahlen fast nur gerade, kurze aber sehr dicke Spuren.

Die Beta-Teilchen, sind wegen ihrer geringen Masse sehr ablenkbar (die Beta-Strahlung besteht nur aus leichten Elektronen). Deswegen ist die Spur der Beta-Teilchen sehr dünn und oft gekrümmt oder geknickt, weil diese leicht ablenkbar sind.

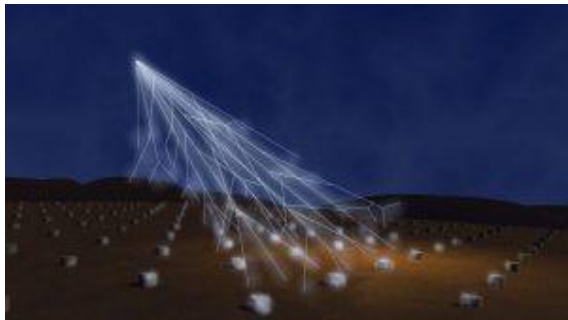
Die Beta-Plus-Teilchen sind gleich, wie die normalen Beta-Teilchen nur, dass die Beta-Plus-Teilchen sich in dieselbe Richtung wie die Alpha-Teilchen biegen und diese kommen viel geringer vor in der natürlichen Umgebung.

Die Gammastrahlung ist im Luft-Alkohol-Gemisch fast nicht nachzuweisen. Man bekommt fast keine Gammastrahlen Spuren zu sehen, da die Gammastrahlung kein Teilchen ist und ungeladen ist. In der Nebelkammer kann man die Gammastrahlen fast nicht nachweisen aber im Gegensatz kann man dies sehr gut mit dem Photoeffekt.

Der photoelektrische Effekt (auch bekannt als Photoeffekt), hierbei wird ein Gerät benutzt, genauer der Ort an welchem sich die Kathode und Ringanode sich befinden, mit Gammastrahlung beschossen, um ein Stromkreislauf zum Laufen zu bringen. Das geschieht indem die Gammastrahlung auf die Kathode trifft, (in welcher sich Elektronen befinden) abgeschossen, um Elektronen zu aus der Kathode zu lösen. Diese treffen, dann auf die Ringanode ein, welche die Elektronen, dann weiterleitet. Die Elektronen, werden aus der Kathode rausgeschossen indem die Strahlung auf die Teilchen in der Kathode trifft und die Elektronen rausschiesst (die Elektronen selbst werden nicht in der Kathode aufbewahrt, sondern Teilchen, aus welchen die Elektronen rausgeschossen werden).

Die Neutronenstrahlung auch wie die Gammastrahlung nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit Spuren wegen der gleichen Eigenschaften, wie die Gammastrahlung.

5.3 Das Koinzidenzexperiment:



Figur 5.2 Auf dieser Zeichnung sind die verschiedenen Kaskaden (Luftschauer) abgebildet, die sich in der Erdatmosphäre bilden.

Die kosmische Strahlung, war in den Jahren von 1932-1947 ein Hauptthema in der Teilchenphysik. So hatte der Physiker Pierre Auger im Jahr 1938 in den Alpen zwei Detektoren (unsere Daten zur kosmischen Strahlung, werden auch von einem Detektor (AMD5) gemessen, welcher mit der Funktionsweise des Geiger-Muller-Zählrohres auch Geiger-Muller-Tube oder GMT genannt funktioniert), hunderte Meter voneinander entfernt aufgestellt und die Daten auswerten

gelassen. Man bemerkte, dass die Teilchen die mit dem Detektor zusammenstießen, es immer zur selben Zeit taten. Pierre Auger kam nach dem Koinzidenzexperiment auf den Schluss, dass sich die kosmischen Strahlen ausdehnten, was bedeutet, dass in der Luft, Kaskaden entstehen.



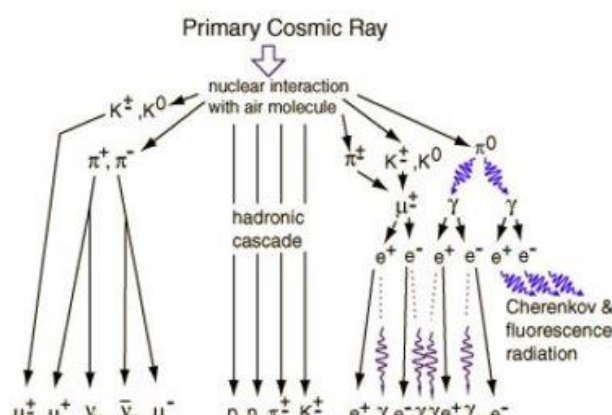
Figur 5.3 Das ist ein Foto von dem Oberflächen Detektor, vom Pierre Auger Observatorium im Westen Argentiniens (Malgüe)

Nach dem Physiker Pierre Auger wurde auch ein Observatorium (Standort: Argentinien) benannt. Dieses Observatorium wurde 1999 gebaut und fokussiert sich hauptsächlich auf hochenergetische kosmische Strahlung. Die hochenergetische kosmische Strahlung wird auf einer Fläche von 3000 km² gemessen. Hierbei handelt es sich um viele kleine Oberflächendetektoren, welche in einer symmetrischen Reihenfolge (ein Dreiecksmuster) aufgestellt sind und die die kosmische Strahlung messen. Bei den Messungen handelt es sich um Teilchen im Energiebereich von 10¹⁷ bis 10²⁰ eV (Elektronenvolt).

Die Detektoren an dem Pierre Auger Observatorium haben auch unterschiedliche Sensoren verbaut, was man zur Datengewinnung von unterschiedlichen Faktoren zur selben Zeit bekommt. Auch hat man unterschiedliche Detektoren, der Oberflächendetektor (SD), der Fluoreszenzdetektor (FD), der Radiodetektor (RD) und der Myondetektor (MD) ist in dem Observatorium aufzufinden. Der Fluoreszenzdetektor (FD) kann die ganzen Kaskaden aufzeichnen, daraus kann man die Eigenschaften des Primärteilchen herleiten und die Entwicklung der Kaskade beobachten. Der Radiodetektor (RD) kann die Polarisation der natürlichen elektromagnetischen Wellen messen, um die Messgenauigkeit der Oberflächendetektoren zu erhöhen. Der Myondetektor (MD), analysiert die aus dem Primärteilchen zerfallenden Sekundärteilchen, um den Zusammenbau der kosmischen Strahlung zu bestimmen. So werden Sekundärteilchen oder auch Elementarteilchen entdeckt, wie Myonen (Myonen werden hauptsächlich zur Messung der kosmischen Strahlung verwendet), Hadronen (subatomares Teilchen), usw.

5.4 Die Kaskaden (Luftschauer):

Die kosmische Strahlung hat einen bestimmten Weg, um auf die Erde zu kommen. Hierbei trifft erstens ein Primärteilchen welches sich ursprünglich außerhalb der Erdatmosphäre befand auf die Erdatmosphäre auf.



Figur 5.4 Auf dieser Abbildung sieht man die Unterteilung der Sekundärteilchen. Jede Reihe besteht aus einer Hauptgruppe und dessen Wechselwirkungen mit den daraus entstehenden Teilchen.

Die Primärteilchen sind hauptsächlich Protonen (85%), es treffen aber auch Alpha Partikel (11,5%), Elektronen (2%), schwerere Nukleonen wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Natrium, Eisen, ... (1%) und Antimaterie (0,1%) auf die Erdatmosphäre und werden zu Kaskaden (Luftschauern).

Bei diesem Aufeinandertreffen wird das Primärteilchen in Sekundärteilchen unterteilt. Die dabei entstehenden Sekundärteilchen unternehmen immer weiter Wechselwirkungen mit den Luftatomen. Dabei entstehen erstens

Pionen und Kaonen welche, dann Myonen und Neutrinos zerfallen, usw.. Wenn die Kaskade (Luftschauer) den Meeresspiegel erreicht hat, werden die kosmischen Strahlen gemessen. Diese kosmischen Strahlen sind Myonen.

Die Myonen entstehen beim Zerfall von Pionen und Kaonen in einer Höhe von ungefähr 10 bis 15 km über dem Meeresspiegel und kommen sehr nah an die Lichtgeschwindigkeit ran. Ein Myon ist ein Sekundärteilchen da es in der Kaskade (Luftschauer) entsteht und es die zweite Generation vom Elektron ist, dabei ist ein Myon aber 207-mal schwerer.

Masse eines Elektrons: $9,109\,383\,7015(28) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Masse eines Myons: $1,883\,531\,627(42) \cdot 10^{-28} \text{ kg}$

Wegen der Instabilität von den meisten Sekundärteilchen, erreicht fast keines von davon die Erdoberfläche. Die einzigen Sekundärteilchen die dazu in der Lage sind, sind die Myonen, die Neutrinos und die Elektronen. Um die kosmische Strahlung zu messen, müsste diese mit der Materie interagieren was bei den Neutrinos fast nicht der Fall ist, wegen der neutralen Ladung und der sehr kleinen Energie. Die Elektronen sind nicht sehr interessant, weil es auf der Erde oft vorkommt ist es kein seltenes Teilchen. Das Myon hingegen ist sehr interessant, es ist stabil genug, um auf der Erdoberfläche anzukommen und es interagiert mit der Materie. Diese Bedingungen helfen einem die Myonen einfacher zu messen mit dem Detektor und wegen der Interaktion mit der Materie, Experimente wie den Wetter-Effekt zu beweisen.

5.5 Die Sekundärteilchen:

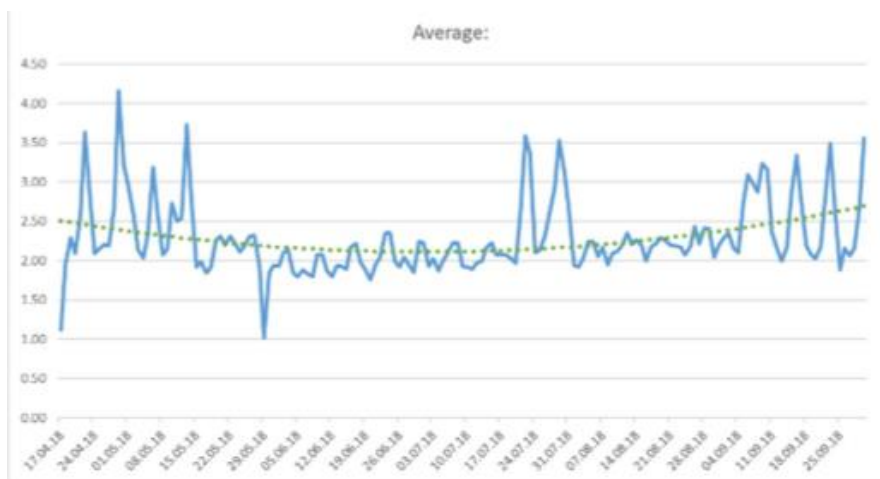
Die Sekundärteilchen sind in der Astrophysik die zweite Generation von den Primärteilchen welche auf unsere Erdatmosphäre aufprallen. Wenn also die Primärteilchen auf die Teilchen der oberen Erdatmosphäre auftreffen wird, erzeugt es eine Kaskade (Luftschauer) von Sekundärteilchen. Ein einziges Primärteilchen kann Luftschauer erzeugen, die sich auf eine Fläche von über 40km² erstrecken und aus Millionen von Teilchen bestehen. Dabei kommt es zu einer Vielzahl von Kollisionen und Zerfällen.

5.6 Ionisation:

Bei der Ionisation interagieren die Myonen mit Elektronen von den in der Umgebung stehenden Atomen. Durch diesen Prozess verliert ein Myon wenig von seiner Energie, welche aber immer noch ein Elektron vom Teilchen Lockern kann. Wenn Myonen in die Erdatmosphäre eindringen fliegen diese, durch die sich in der Luft befindenden Teilchen, wobei diese kontinuierlich ihre Energie verlieren, weil der Prozess immer neu stattfindet, wegen der Interaktion von den Myonen und den Elektronen. Bei Materie mit höherer Dichte verliert ein Myon mehr Energie, wenn es durchfliegen möchte. Die Ionisation kann bei jeglicher Art von Materie geschehen und wenn die Dichte steigt, steigt auch der Energieverlust.

Das Wetter (beim Wetter zählen die Parameter der Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und am meisten die Temperatur) spielt eine große Rolle bei der Ionisation und der Messung von den Myonen. Hierbei erklärt der Wetter-Effekt die Auswirkung von dem Wetter auf die Messungen.

Der Blackett-Effekt erklärt, wenn der Sommer kommt, kommen die Monate, wo die Temperatur steigt, dabei vergrößert sich auch die Erdatmosphäre (die Troposphäre breitet sich aus). Das Gute daran für die Daten ist, dass die Temperatur im Sommer einen Einfluss auf den Pionen Zerfall hat. Desto höher die Temperatur ist, desto niedriger ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Atmosphäre die Pionen absorbiert und das führt zu einer höheren Menge an Pionen Zerfällen (der Luftdruck spielt hier eine große Rolle, bei 100-200 mbar zerfallen die Pionen). Mittels des Pionen Zerfalles entstehen Myonen. Deswegen entstehen mehr Myonen im Sommer. Aber durch die Vergrößerung der Atmosphäre geschieht die Ionisation auch in einer höheren Höhe. Wegen der Höhe haben die Myonen einen längeren Weg bis zur Erdoberfläche zu kommen, wobei die Wahrscheinlichkeit größer wird, dass die Myonen durch den langen Weg zerfallen und man die Myonen nicht messen kann. Im Endeffekt kann man sagen, dass während den Sommermonaten die Zahlen fallen, es kommen weniger Myonen an. Im Winter steigt die Zahl der Myonen, weil der Weg zur Meereshöhe zu kommen kürzer ist, durch die Atmosphäre die kleiner wird.



Figur 5.5 Auf dieser Tabelle sieht man die Auswertung vom Blackett-Effekt. Es ist deutlich, dass im Winter mehr kosmische Strahlung gemessen wird.

5.7 Die Quellen der kosmischen Strahlen:

Die kosmische Strahlung kann man einfach messen und man kennt die Unterteilung im Luftschauer (welche kosmischen Teilchen in Sekundärteilchen unterteilt werden und die weiteren Teilungen), aber es ist sehr schwer nachzuvollziehen, von wo die kosmische Strahlung kommt. Auf der Erde ist es nur möglich die Sekundärstrahlung zu messen, wegen der Erdatmosphäre. Auch mit den Sekundärteilchen kann man nicht sagen aus welcher Richtung die Primärstrahlung kommt. Sogar wenn man keine Erdatmosphäre hätte und die Primärteilchen auf die Erdoberfläche eintreffen würden, könnte man die Primärstrahlung messen, man könnte sagen aus welcher Richtung diese Teilchen kommen, aber man kann immer noch nicht die Quelle identifizieren. Das liegt daran, dass ein Primärteilchen seine Richtung durch riesige magnetische Felder ändern kann, es können mehrere sein was die Quelle noch unberechenbarer macht. Schon die kleinste Abweichung, die durch ein Magnetfeld entstehen kann, kann die Richtung komplett ändern. Dass sich die Richtung so schnell ändern kann liegt auch an der Größe und der Geschwindigkeit von der kosmischen Strahlung, diese grenzt an der Lichtgeschwindigkeit.

Man kann also wegen der Wechselwirkung von den Primärteilchen mit der Atmosphäre und wegen der riesigen magnetischen Felder nicht sagen was die genaue Quelle ist und aus welcher Richtung die Strahlung kommt.

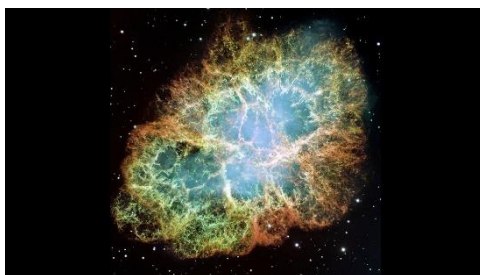
Das bedeutet, dass man nur vermuten kann und Thesen aufstellen kann, was die Quelle der Primärteilchen ist. Dies tut man meistens durch Ereignisse im Universum, die man in Verbindung mit der kosmischen Strahlung stellen kann. Wenn man, also an einem Tag mehr Strahlung messen kann als im Durchschnitt und ein Ereignis an dem Tag geschehen ist kann man diese zwei Faktoren in Verbindung setzen und begründen, wieso das die Quelle ist. Die Hauptquellen der kosmischen Strahlung sind, die Sonneneruptionen, die Supernovae, die Quasare.



Figur 5.6 Hier ist eine Sonneneruption zu erkennen.

Die Sonneneruption, welche in der Chromosphäre der Sonne entstehen, sind die Hauptquelle der kosmischen Strahlung in unserem Sonnensystem. Die Sonneneruption entsteht durch elektromagnetische Vorgänge in der Sonne. Das Plasma, das aus Elektronen und positiven Ionen besteht, ist in ständiger Bewegung und durch den elektrischen Strom werden Magnetfelder geändert welche sich nach außen wölben können. Wenn sich aber diese Magnetfelder, die ausgestoßen werden berühren, kommt es zu einer magnetischen Rekonnexion. Die magnetische Rekonnexion lässt große Energiemengen dabei frei die man hier, als Sonneneruption kennt.

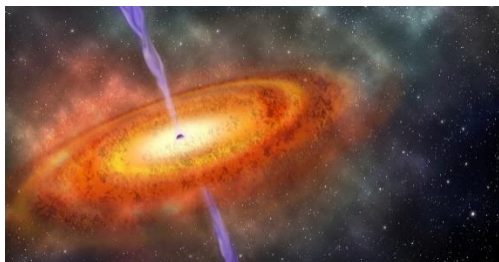
Durch die Beschleunigung der Teilchen während der Sonneneruption können die Teilchen Energien bis zu 100 MeV erreichen, was die schwächste Form von der kosmischen Strahlung ist.



Figur 5.7 Auf dem Bild sieht man den Krebsnebel. Das ist eine bekannte Supernova, die uns schon seit dem Jahr 1054 bekannt ist, weil man in der Zeit etwas Helles beobachten konnte was sich als eine Supernova herausstellte.

Die Supernova ist eine Explosion, diese entsteht nachdem ein Stern alle Teilchen im Kern von Wasserstoff bis Eisen fusioniert hat, dann ein roter Überriese wird und danach als Supernova explodiert. Nach der Explosion einer Supernova kann entweder ein schwarzes Loch (ein schwarzes Loch hat solch eine hohe Gravitation, dass nicht einmal Licht entkommen kann) entstehen oder ein Neutronenstern (ein Neutronenstern ist eine astronomisches Objekt, welches hauptsächlich aus Neutronen besteht die sehr dicht komprimiert sind,

ein Teelöffel davon wiegt Milliarden Tonne). Was nach der Supernova entsteht hängt von der Masse des Sterns ab, ein Neutronenstern entsteht bei einer kleineren- und ein schwarzes Loch bei einer höheren Masse. Es wird vermutet, dass Supernovae der Haupt Ursprungsort von der kosmischen Strahlung. Während der Explosion, erreichen Teilchen fast die Lichtgeschwindigkeit und haben Energien von 100 MeV bis zu 10 GeV.



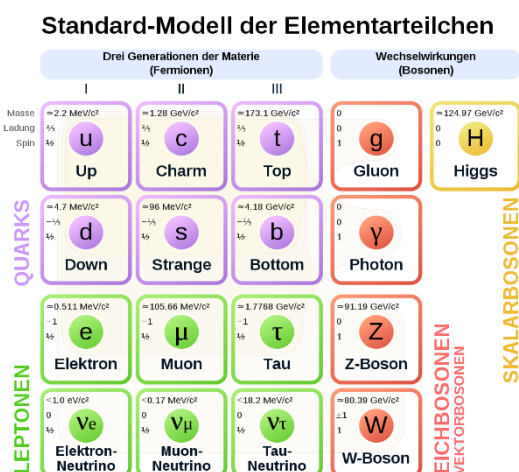
Figur 5.8 Hier ist eine Zeichnung von einem Quasar zu sehen. In der Mitte ist das schwarze Loch zu sehen und um das schwarze Loch sieht man eine Akkretionsscheibe.

Der Quasar (supermassive schwarze Löcher), ist die Quelle der kosmischen Strahlung mit der höchsten Energie. Quasare sind aktive Kerne einer Galaxie, deren Zentren sind schwarze Löcher. Man kennt noch keinen genauen Ablauf wie die kosmische Strahlung in den Quasaren beschleunigt werden, es wird hier wieder nur vermutet, dass von den Quasaren die sehr Energiereichen Teilchen kommen. Teilchen, die von einem schwarzen Loch angezogen werden können unfassbar beschleunigt werden und erreichen Energien von 10^{11} GeV. Diese Energiemengen kann man mit Sonneneruptionen oder Supernovae fast nicht vergleichen.

Man kann also die kosmischen Teilchen, die gemessen werden in 3 Kategorien einteilen und damit kann man auch die Quellen vorhersagen. Kosmische Strahlung mit weniger als 10^{10} eV ist vorwiegend kosmische Strahlung aus dem Sonnensystem. Kosmische Strahlung zwischen 10^{10} eV und 10^{15} eV kommt hauptsächlich aus unserer Galaxie (Milchstraße). Kosmische Strahlung über 10^{15} eV auch bekannt als „ultra-high cosmic rays“ kommen außerhalb unserer Galaxie. Hierbei ist aber unbekannt, woher diese Strahlung kommt (es wird vermutet, dass es Quasare, (supermassive schwarze Löcher) oder Aktive Galaxienkerne sein können), man kann auch nicht genau sagen bis zu welchen Energielevel diese Teilchen kommen können (10^{15} eV-?).

5.8 Die Elementarteilchen:

Die Elementarteilchen sind die kleinsten Bestandteile der Materie. Davon gibt es 17 „Arten“ die in Quarks, Leptonen, Eichbosonen und Skalarbosonen eingeteilt sind.



Figur 5.9 Auf dem Bild sieht man alle Elementarteilchen und deren Gruppe.

Auf dem Standard-Modell der Elementarteilchen sind die Elementarteilchen aufgelistet.

Das Standard-Modell erklärt hauptsächlich die starke Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung und die elektromagnetische Wechselwirkung.

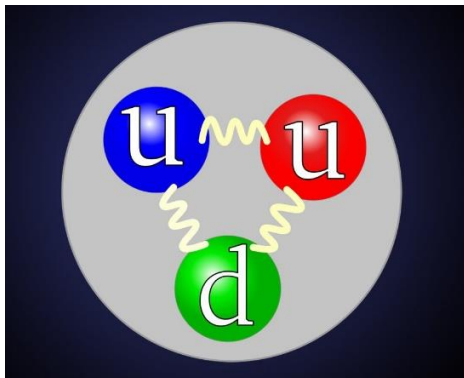
5.9 Die Wechselwirkungen:

In der Teilchenphysik gibt es vier fundamentale Wechselwirkungen, die sich auf das ganze Physikalische Verständnis beziehen. Diese Fundamentalen Kräfte beziehen (beeinflussen) jegliche Materie in unserem Universum. Die vier Grundkräfte der Physik sind, die starke Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung, die Elektromagnetische Wechselwirkung und die Gravitation.

Die vier Verschiedenen Wechselwirkungen können einzeln oder in Verbindung wirken. Man muss aber beachten, dass jede Wechselwirkung in einer gewissen Größenordnung ist, was bedeutet, dass nicht alles gleich stark/schwach bei der Materie wirkt. Es kann auch sein, dass ein Objekt mit gewissen Grundkräften gar nicht Wirken (interagieren) kann, da dieses Objekt eine Bedingung nicht erfüllen kann die es braucht (z.b. eine elektrische Ladung, eine Masse, ...).

Die kosmische Strahlung betrifft am meisten die elektromagnetische Wechselwirkung, weil Teilchen Wechselwirkung mit Magnetfeldern haben müssen, um sich zu beschleunigen und um hohe Energien zu bekommen. Die starke Wechselwirkung ist auch wichtig, da die kosmische Strahlung grundsätzlich die Teilung der Teilchen beschreibt. Die starke Kraft hält die Kerne also zusammen, bevor diese unterteilt werden und sich weiter wie eine Kettenreaktion ausbreiten und teilen.

Die starke Wechselwirkung:

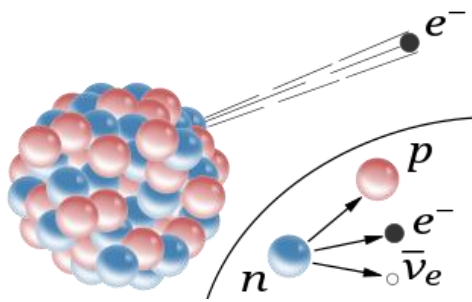


Figur 5.10 Hier soll die Verbindung zwischen den Quarks in einem Atomkern dargestellt werden

Die starke Wechselwirkung wird in der Physik als die stärkste der vier Grundkräfte bezeichnet, welche die Bindung der Quarks im Hadron bezeichnet. Diese Bindung entsteht durch die Farbladung, welche in den Hadronen beinhaltet sind. Dabei tauschen sich die Farbladungen aus. Die starke Wechselwirkung wirkt im inneren eines Atoms (der Radius der Wirkung der Kraft entspricht der eines Radius eines Hadrons 10^{-15} m), diese Kraft hält auch ein Atom zusammen.

Bei der Wirkung von der starken Wechselwirkung, muss man achten, dass nicht alle Elementarteilchen von der Farbladung betroffen sind die, welche die Kerne zusammen festigen. Dabei redet man von den vier Hauptgruppen in, denen die Elementarteilchen unterteilt sind, Quarks, Leptonen, Eichbosonen, Skalarbosonen (Skalarbosonen spielen bei den Grundkräften der Physik eine Nebenrolle, weshalb diese Gruppe nicht erwähnt wird). Die starke Kraft beeinflusst nur die Quarks wegen der Farbladung und die Eichbosonen, weil diese als eine Art Kleber wirken und den Atomkern binden. Die Leptonen geben keine Reaktion, weil bei der Kernspaltung ist die starke Wechselwirkung der Faktor, warum man solch extreme Bedingungen braucht, um den Kern zu spalten (auch die Coulombkraft/Coulombsches Gesetz spielt eine Rolle welche aber nichts mit der starken Bindung der Kerne zu tun hat).

Die schwache Wechselwirkung:



Figur 5.11 Auf der Abbildung sieht man den Beta-Minus-Zerfall (β^-) aufgezeichnet (unten ist sieht man den Zerfall vom Elektron und vom Anti-Elektron-Neutrino).

Die schwache Wechselwirkung sorgt für die Umwandlung der Protonen in Neutronen und verursacht den Betazerfall. Der Austausch der schwachen Wechselwirkung geschieht durch Emission und Absorption von Elementarteilchen also, W-Bosonen (W^+), negativen W-Bosonen (W^-) und Z-Bosonen. Bei diesem Austausch ändert sich die Natur eines Atoms.

Der Beta-Minus-Zerfall (β^-): Bei dem Beta-Minus-Zerfall wird ein W^- ausgesendet, dabei wandelt sich ein Down-Quark in ein Up-Quark um und das W^- zerfällt in ein Elektron und ein Anti-Elektron-Neutrino.

Der Beta-Plus-Zerfall (β^+): Bei dem Beta-Plus-Zerfall wird ein W^+ ausgesendet, dabei wandelt sich ein Up-Quark in ein Down-Quark um und das W^+ zerfällt in ein Positron und ein Elektron-Neutrino

Der schwachen Wechselwirkung haben wir zu verdanken, dass die Sonne schon 4,6 Milliarden Jahre lang brennt und auch noch 6 Milliarden Jahre lang brennen wird. Durch die geringe Reichweite der schwachen Kraft (die Reichweite ist im Gegensatz zu der starken Wechselwirkung 10 Billionen mal kleiner), entstehen Interaktionen nur in einem sehr kleinen Radius, was die Brenndauer der Sonne verlängert, weil nicht nur der Prozess der schwachen Wechselwirkung langsam ist, sondern auch die Menge der Teilchen in der Sonne die alles noch verlängern. Bei dieser Kernfusion handelt es sich um Wasserstoff welches in Helium umgewandelt wird unter extremen Bedingungen, hoher Druck und hohe Temperatur. Die Kernfusion dauert so lange an bis man beim Eisen Teilchen angelangt ist wo nicht genug Strahlungsdruck entsteht, weil die Sonne mehr Energie beim Fusionieren der Eisen Teilchen braucht als man nachher gewinnt. Die Sonne brennt dadurch nicht länger, weil es keinen Strahlungsdruck mehr gibt welcher die Gravitation zurückhält und die Sonne fällt in sich zusammen (Kollaps der Sonne).

Die elektromagnetische Wechselwirkung:

Die Elektromagnetische Wechselwirkung ist eine der Wissenschaft sehr bekannte und gut erforschte Kraft, das gilt schon seit dem Ende des 19. Jahrhunderts, da diese Kraft von Menschen wahrgenommen werden kann.

Die elektromagnetische Wechselwirkung beschreibt die Phänomene der Optik, der Elektrizität, chemische Reaktionen, chemische Bindungen und den Magnetismus durch die Elektrische Interaktion.

Genau wie die Gravitation, kann die elektromagnetische Wechselwirkung eine Unendliche Reichweite haben nur, dass im Gegensatz zu der Gravitation die elektromagnetische Wechselwirkung sich abschirmen lassen kann oder komplett verschwinden kann (das kann

durch Materie verursacht werden wo die eine Seite Positiv und die andere Negativ geladen ist).

Die elektromagnetische Wechselwirkung kann mit Gegensatz zu den anderen Kräften bei kleinen und großen Größenordnungen Wirken. Eigentlich lässt die Kraft nicht nach, wenn es um Atome oder um große magnetische Pole geht (Änderung der Masse und des Volumens), nur die Menge fügt sich der Größe des Objekts an.

Die Gravitation:



Figur 5.12 Dieser Wasserfall soll zeigen welchen Einfluss die Gravitation auf Materie hat.

Die Gravitation ist eine Wechselwirkung, die bei jeder Materie mit Masse wirkt und von jeder Masse produziert wird. Die Gravitation nimmt aber mit der Entfernung ab, aber weil man die Gravitation nicht abschirmen kann und diese eine unendliche Reichweite hat, wirkt die Gravitation Theoretisch immer. Man kann aber sagen, dass die Wirkung der Gravitation ab einem Punkt nicht mehr relevant ist und es bei den Messungen kein nennenswerter Faktor mehr ist.

Die Gravitation wird auch als die schwächste der vier Wechselwirkungen genannt, weil die Gravitation von der Masse des Körpers beeinflusst wird. Das bedeutet, desto kleiner die Masse des Körpers ist desto schwächer wirkt die Gravitation. Dass die Gravitation eine sehr schwache Kraft ist, sieht man auch bei der Gravitation bei Körpern mit kleineren Massen wie zwei Äpfel, die beiden

bewegen sich nicht zu einander, weil nur die Reibungskraft (Reibungswiderstand oder Friktion) der zwei Äpfel mit dem Boden diese nicht bewegen lässt. Wenn man das Experiment in der Schwerelosigkeit (Weltall) durchführen würde wo keine Reibungskraft herrscht hätte man Wochenlang warten können bis die zwei Äpfel aufeinandertreffen würden. Somit sieht man die Stärke der Wirkungskraft.

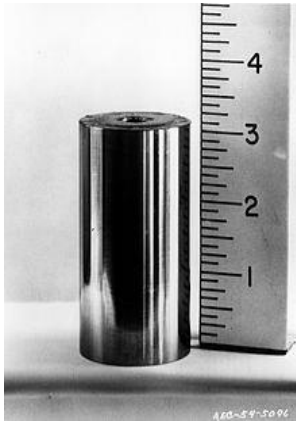


Figur 5.13 Auf dieser Zeichnung sind Zwei Galaxien zu sehen. Diese zwei Galaxien stoßen zusammen. Bei solch einem Zusammenstoß entstehen Millionen von neuen Sternen, da bei solchen Geschehnissen perfekte Bedingungen herrschen (neue Gasnebel entstehen welche hauptsächlich Entstehungsorte von Sternen sind).

Da die Gravitation die vorherrschende Wechselwirkung zwischen allen Himmelskörpern (Sterne, Planeten, Asteroiden, schwarze Löcher, ...) ist, ist es eine sehr Wichtige Wechselwirkung. Die Gravitation nimmt maßgeblich dazu bei zur Struktur des Universums aber auch bei wichtigen Ereignissen im Universum, wie dem Zusammenstoß von Sternen, Galaxien, und der Anziehung von schwarzen Löchern. Diese sind Hauptereignisse im Universum, welche uns Menschen auf der Erde auch betreffen

können. Das heißt, dass die Gravitation andauernd dabei ist das Universum zu verändern.

5.10 Die Radioaktivität:



Figur 5.14 Auf dem Bild ist das Radioaktive Element Caesium zu sehen.

Die Radioaktivität beschreibt Atomkerne, die sehr instabil sind, also alle die, die ab der Massenzahl 232 auf dem Periodensystem stehen. Diese sind alle Radioaktiv, da diese Gammastrahlen aussenden.

Die Elemente nach ab der Massenzahl 232 sind natürliche Radioaktive Elemente, aber man kann auch künstlich instabile Atomkerne erzeugen, welche eine kleinere Massenzahl als 232 besitzen. Caesium-137 ist ein Beispiel was man künstlich im Labor herstellen kann. Caesium kann entweder mit einer Elution vermischt werden und dann radioaktiv werden oder als Metall radioaktive Strahlung aussenden. Auch Strontium-90 kann fertig in einem Präparat radioaktiv sein.

Die Gammaquanten werden ausgesendet, weil die Kerne instabil sind und beim Aussenden ionisierender Strahlen diese Kerne wieder in einen stabilen Zustand wiederkehren ist die eine Möglichkeit oder der Kern kann sich in einen anderen Kern umwandeln. Wenn der Kern wieder stabil wird nach der Aussendung von ionisierender Strahlung handelt es sich nur um einen Energieverlust, da Energie freigelassen wird. Bei der Umwandlung von einem Kern zum anderen handelt es sich, dann um einen Teil des Kerns, dies kann auf natürliche Art und Weise geschehen aber auch künstlich bei der Kernspaltung.

6 Der Detektor (AMD5)

6.1 Der Aufbau des Detektors und die Geschichte:



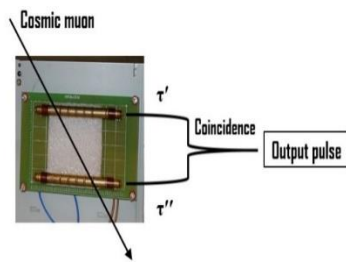
Figur 6.1 Auf diesem Foto sieht man den AMD5 Detektor.

Der AMD5-Detektor ist ein Teilchendetektor, der Myonen zählt. Er besteht im Wesentlichen aus zwei übereinander angeordneten, 10,8 cm langen und 1 cm breiten zylindrischen Geiger-Müller-Zählrohren (kurz auch GMT, Geiger-Müller-Röhre) des Modells SBM 20. Dieses Modell, das mit einem Gemisch der Edelgase (Neon, Argon und Brom) arbeitet, wurde ursprünglich in den 80er und 90er Jahren in der Sowjetunion in großen Mengen hergestellt. Auch heute noch werden sie in allen ex-sowjetischen Ländern hergestellt.

Das Modell SMB 20 ist eines der wenigen Modelle mit elektronischen Funktionen. Daher wird dieselbe Technologie auch heute noch in den GMTs eingesetzt. Der AMD5-Detektor

misst Myonen, die bei hochenergetischen Ereignissen entstehen und daher sehr hohe Energien haben, die die Energie der radioaktiven Strahlung bei weitem übersteigen. Damit sind sie die einzigen Teilchen, die fast gleichzeitig zwei Geiger-Müller-Röhren durchqueren können. Der Zähler weiter entlang der GMT-Detektoren zählt nur die Ereignisse, bei denen es eine "Koinzidenz" gibt. Mit anderen Worten: Der Zähler benötigt fast gleichzeitig (innerhalb kurzer Zeit) ein Signal von beiden GMTs. Beim AMD5 ist die Zeit, in der beide GMTs ein Signal gesendet haben müssen, um eine Koinzidenz zu erzeugen, auf 66 ms (es ist möglich es bis auf 0,2 ms festzulegen) festgelegt und dient dazu, die Mehrzahl der Teilchen, die keine kosmische Strahlung sind, auszuschließen. Die Myonen müssen beide GMTs die 6 cm voneinander entfernt sind durchqueren. Daher benutzen wir für eine effektive Messung einen Einfallswinkel von etwa 18° .

Der Detektor verfügt außerdem über 3 LED-Leuchten, eine für jede GMT (leuchtet bei einem Signal kurz auf) und die dritte im Falle einer Koinzidenz. Der Detektor ist ständig mit dem Computer verbunden, der Alle Messungen speichert. Die gemessenen Daten können mit dem Programm „AstroRad“, das mit dem Detektor geliefert wurde, grafisch dargestellt werden. Mit dem Detektor kann man auch die Radioaktivität messen, womit man nicht nur auf die Experimente der kosmischen Strahlung beschränkt ist, sondern auch andere Experimente durchführen kann.



Figur 6.2 Hier wird erklärt, wenn man ein Myon hat was die beiden GMTs (Geiger-Müller tube) in einem gewissen Zeitfenster durchquert, wird die Koinzidenz bestätigt und man kann das als Signal zählen. (Die Reaktionszeit des Gasgemisches beträgt $190 \mu\text{s}$)



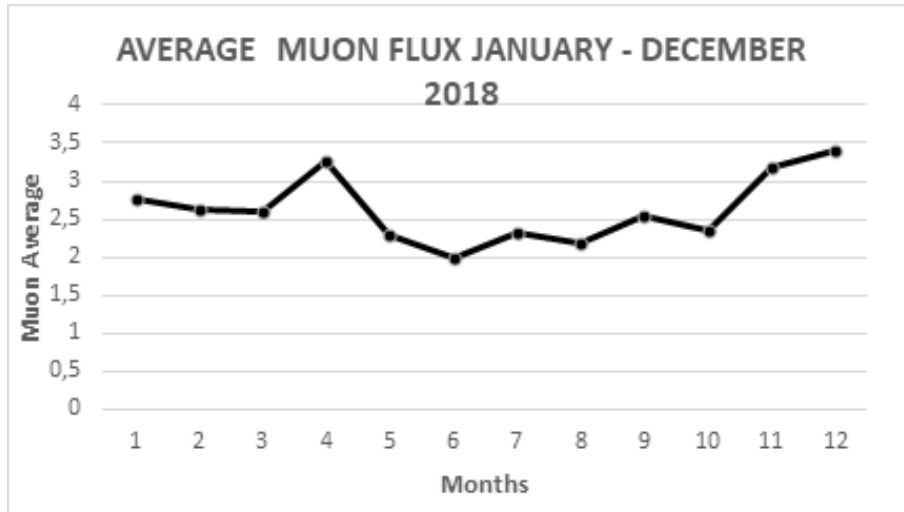
Figur 6.3 Auf dem Foto sieht man wie der AMD5 Detektor aufgebaut ist. Rechts auf dem Foto sind die zwei GMTs mit einem Abstand von 6 cm aufgebaut und sind mit der Platine verbunden.



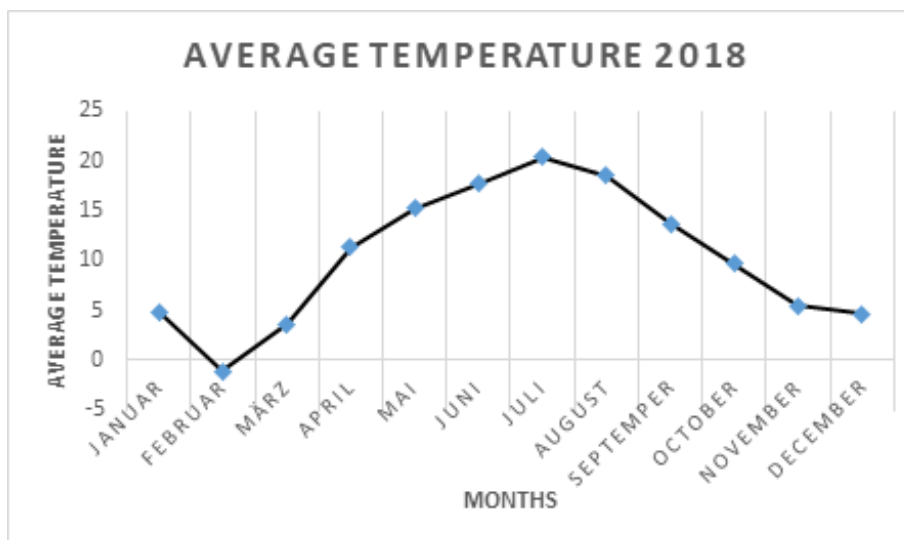
Figur 6.4 Auf dem Bild sieht man unseren GMT (Geiger-Müller tube).

7 Die Messungen/Kalibrierung

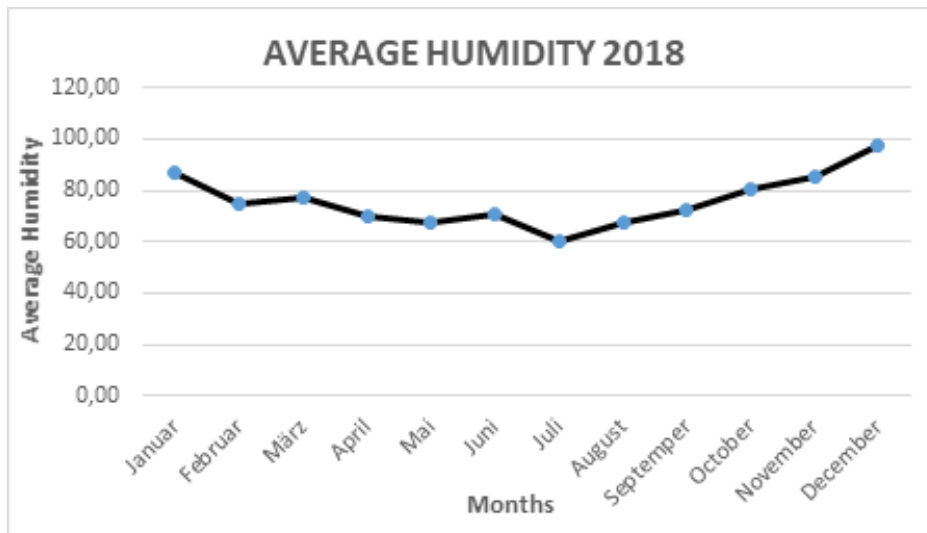
7.1 Die Tabellen:



Figur 7.1 Auf der Tabelle sieht man den kosmischen Myonenfluss, gemessen pro Minuten für jeden Monat des Jahres. Der Maximale Wert entspricht dem Monat Dezember und der minimale Wert den Monat Juni.



Figur 7.2 Auf dieser Tabelle sieht man die Durchschnittstemperatur, die für jeden Monat des Jahres 2018 berechnet wurde. Es ist offensichtlich, dass es eine Antikorrelation zwischen dem Fluss der Myonen und der Temperatur gibt.



Figur 7.3 Auf der Tabelle sieht man die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit berechnet für jeden Monat des Jahres 2018. Es bestehen gewisse Übereinstimmungen mit dem Myonenfluss den Maximal- und Minimalwerten nach (Winter und Sommer)

7.2 Die Auswertung:

Diese Tabellen sind eigenständige Messungen die wir über das ganze Jahr 2018 gemacht haben. Damit wollten wir die kosmischen Strahlen messen, welche auf unsere Erde treffen. Bei den Messungen konnten wir feststellen, dass Korrelationen hauptsächlich mit der Temperatur und (weniger) mit der Luftfeuchtigkeit auf der Erde bestehen. In den wärmeren Monaten kann man deutlich sehen, dass mit der Steigenden Temperatur die gemessenen Myonen sinken.

Durch diese Messungen vom ganzen Jahr ist es uns gelungen Daten zu bekommen welche man benutzen kann, um Phänomene zu erklären. Der Blackett-Effekt ist eines dieser Phänomene oder auch der Wetter-Effekt.

8 Die Quellen/Biografie

3 Das Urknall-Modell

3.1 Die Einführung zum Urknall-Modell

<https://www.leifiphysik.de/uebergreifend/reise-die-forschung/grundwissen/das-zusammenspiel-von-kosmischer-inflation-und-string-theorie>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Urknall>

3.2 Die Entwicklungsphasen des Universums

<https://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Einheiten#Definitionen>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Planck-Zeit>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Rotverschiebung>

3.3 Singularität

[https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t_\(Astronomie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Singularit%C3%A4t_(Astronomie))

https://de.wikipedia.org/wiki/Schwarzes_Loch

<https://www.weltderphysik.de/gebiet/universum/schwarze-loecher/>

4 Die Astroteilchenphysik

4.1 Einführung in die Astroteilchenphysik

<https://de.wikipedia.org/wiki/Astroteilchenphysik>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Teilchenphysik>

Die Buchquelle:

Introduction to Particle and Astroparticle Physics : Questions to the Universe, 2015, S. -661

4.2 Maßeinheit

<https://de.wikipedia.org/wiki/Elektronenvolt>

4.3 Analyse der Astroteilchenphysik

<https://www.auger.org/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Pierre-Auger-Observatorium>

5 Die Kosmische Strahlung

5.1 Die Einführung in die kosmische Strahlung

https://de.wikipedia.org/wiki/Kosmische_Strahlung

<https://www.leifiphysik.de/astronomie/kosmologie/grundwissen/kosmische-hintergrundstrahlung>

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/kosmische-strahlung/8412>

Die Buchquelle:

Particles and Astrophysics : A Multi-Messenger Approach, 2015, S. -491

High-Energy Particles, 1952, S. -569

5.2 Die Nebelkammer

<https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-einfuehrung/ausblick/kontinuierliche-nebelkammer>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nebelkammer>

https://de.wikipedia.org/wiki/Photoelektrischer_Effekt

<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/grundwissen/erklaerungsprobleme-des-photoeffekts>

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/photoeffekt/11182>

5.3 Das Koinzidenzexperiment

<https://www.auger.org/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Pierre-Auger-Observatorium>

https://de.wikipedia.org/wiki/Pierre_Auger

5.4 Die Kaskaden (Luftschauer)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Myon>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Luftschauer>

5.5 Die Sekundärteilchen

/

5.6 Ionisation

Bericht/Buchquelle:

Analysis of the Blackett effect based on the detected cosmic muon flux with the AMD5 detector, 2018, S. -6

5.7 Die quellen der kosmischen Strahlen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonneneruption>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Supernova>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Quasar>

5.8 Die Elementarteilchen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Standardmodell>

5.9 Die Wechselwirkungen

https://de.wikipedia.org/wiki/Fundamentale_Wechselwirkung

<https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/teilchenphysik/grundwissen/die-vier-fundamentalen-wechselwirkungen>

<https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/teilchenphysik/grundwissen/wechselwirkungen>

<https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/schwache-wechselwirkung/426>

5.10 Die Radioaktivität

Bericht/Buchquelle:

Die Kernspaltung und Kernfusion, 2019, S. - 26