

Universidade de São Paulo

**Física dos Raios Cósmicos como parte das
atividades de extensão do Centro de Divulgação
Científica e Cultural - CDCC**

Coordenadora do Projeto: Prof.^a Dr.^a Manuela Vecchi

Bolsista: Anderson Aparecido do Espírito Santo

Observatório Dietrich Schiel (ODS)

Centro de Divulgação da Astronomia (CDA)

Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)

Índice

1. Conceitos importantes.....	4
2. O que são raios cósmicos?	5
3. Descoberta dos raios cósmicos	6
4. Pierre Auger e os chuveiros atmosféricos	7
5. Descoberta de novas partículas	8
6. Cesar Lattes e o méson π	9
7. Importância para a ciência brasileira	11
8. Astrofísica de partículas	12
9. Aceleradores de partículas	13
10. Origem dos raios cósmicos	14
11. Composição dos raios cósmicos.....	15
12. Chuveiros atmosféricos	15
13. Fluxo de partículas	16
14. Métodos de detecção de raios cósmicos	17
14.1. Emulsões fotográficas	17
14.2. Método de fluorescência	18
14.3. Detectores de radiação Cherenkov	19
14.4. Câmara de faíscas	20
14.5. Cintiladores	21
15. Questões em aberto	21
16. Observatório Pierre Auger.....	22
17. Cherenkov Telescope Array (CTA)	23
18. Espectrômetro Magnético Alpha (AMS)	24
19. Raios cósmicos e aviões.....	25
20. Raios e viagens espaciais	26
21. Raios cósmicos e Carbono 14	27
22. Raios cósmicos e Relatividade	28
23. Super-raio cósmico	29
24. Boatos sobre raios cósmicos	30
25. Modelo para apresentação.....	31
26. Referências	32

1. Conceitos importantes

Na física de partículas, quando falamos de energia normalmente trabalhamos em unidades de elétron-volt (eV). Um elétron-volt é a energia cinética ganha por um elétron ao ser acelerado por uma diferença de potencial de um volt no vácuo.

Pela ideia de equivalência de massa-energia de Einstein, sabemos que mesmo parada uma partícula tem energia dada pela equação:

$$E_0 = m_0 c^2$$

Equação 1 – Equivalência massa-energia.

Onde m_0 é a massa em repouso e c é a velocidade da luz no vácuo.

Para um próton esta energia de repouso é de aproximadamente $E_0 = 10^9$ eV (um trilhão de elétron-volt).

Quando o próton se movimenta com velocidade v próxima da velocidade da luz c , devemos adicionar o fator γ de Lorentz de correção relativística [1].

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Equação 2 – Fator gama.

Quanto mais a velocidade da partícula se aproxima da velocidade da luz, maior será o fator γ .

Dessa forma, ao nos referirmos à energia de uma partícula, estamos falando da sua energia relativística.

Para um próton se movendo a uma velocidade comparável à da luz a energia é dada pela equação:

$$E = \gamma \times 10^9 \text{ eV}$$

Equação 3 – Energia total relativística do próton.

Exemplos:

Se um próton tiver velocidade igual a $0.9999c$, ou seja, 99.99% da velocidade da luz,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9999^2}}$$

Obtemos um valor de $\gamma=70.71$ e sua energia total relativística será setenta trilhões de um elétron-volt.

Se um próton tiver velocidade igual a $0.999999c$, ou seja, 99.9999% da velocidade da luz,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.999999^2}}$$

Obtemos um valor de aproximadamente $\gamma=707.1$ e sua energia total relativística será setecentos trilhões de um elétron-volt.

Desta forma, para obtermos a energia de uma partícula em elétron-volt só precisamos saber sua velocidade e energia de repouso.

2. O que são raios cósmicos?

Os raios cósmicos são núcleos e partículas produzidos fora do sistema solar, que viajam através do espaço com velocidades próximas à velocidade da luz.

No contexto histórico onde haviam sido descobertos vários tipos de radiação, o nome *raio cósmico* pareceu uma boa opção para o físico Robert Millikan, que acreditava que os raios cósmicos eram fótons com grande energia.

Esse fato levou a uma disputa entre Millikan e Robert Compton que defendia que os raios cósmicos eram partículas eletricamente carregadas, essa disputa com grande cobertura da imprensa norte-americana foi resolvida com medidas precisas de raios cósmicos em diversas latitudes, o que resultou em uma excursão de Compton pela América latina [14].



Figura 1: Arthur Compton no Rio de Janeiro [14].

Fonte: < <http://www.scielo.br/pdf/rbh/v34n67/a09v34n67.pdf> >

Compton venceu a disputa e as medidas revelaram que esses raios cósmicos eram na verdade compostos por núcleos e partículas subatômicas com massa e cargas elétricas.

O nome dado por Robert Millikan permaneceu e posteriormente chegou-se a conclusão de que prótons correspondem a 90% dos raios cósmicos, outros 10 % são compostos de núcleos atômicos mais pesados e partículas.

3. Descoberta dos raios Cósmicos

No início do século XX, os físicos acreditavam que a radiação ionizante nas proximidades do solo era originada de materiais radioativos presentes no solo, mas Victor Hess (1883-1964), por meio do uso de balões, conseguiu comprovar que essa ionização se intensificava com a altitude de até 5 km, não se modificando para medidas feitas durante o dia ou à noite.

Dessa forma, foi possível concluir que a fonte desta ionização teria origem fora do planeta, à comprovação lançou as bases para a astrofísica de partículas como conhecemos hoje, em pouco tempo levaram a descoberta de partículas subatômicas como o pósitron e o múon.

A descoberta de Hess não foi mera coincidência, seu artigo sobre *raios penetrantes* que comprovou a existência dos raios cósmicos foi resultado de um longo período de investigação, por seu trabalho Victor Hess foi o ganhador do prêmio Nobel de física de 1936, compartilhado com Carl Anderson.



Figura 2: Victor Hess.

Fonte: < <http://www.i-l-g.at/ignaz-lieben-preis/victor-hess/>>

4. Pierre Auger e os chuviros atmosféricos

Em 1938, o francês Pierre Auger e sua equipe de colaboradores utilizaram detectores de radiação ionizante, que estavam separados por diferentes regiões no solo, comprovando a existência de um fluxo de partículas vindas do espaço, que atingia os detectores com coincidência temporal, a descoberta permitiu a introdução do conceito de chuva atmosférica.

A descoberta dos chuviros expandiu o número de detectores, antes limitados a pequenas áreas dentro de balões ou no alto de edifícios, permitindo a construção de observatórios com detectores espalhados por milhares de km² que temos hoje em dia.

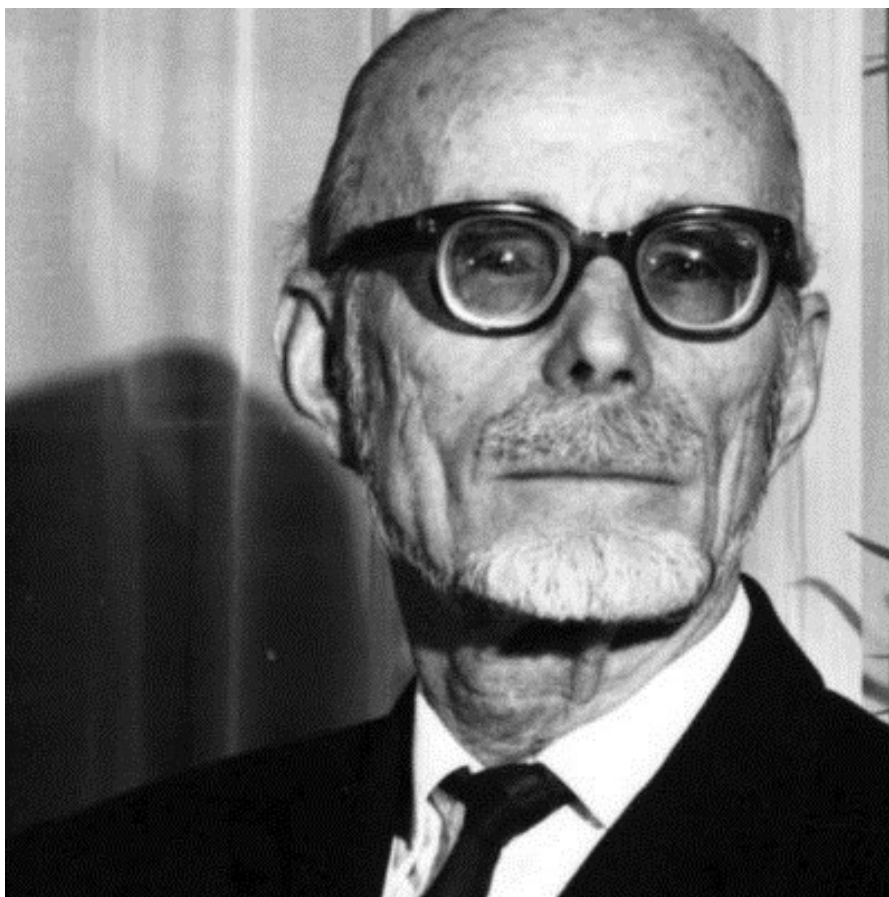


Figura 3: Pierre Auger.

Fonte: < https://en.wikipedia.org/wiki/Pierre_Victor_Auger>

5. Descoberta de novas partículas

Embora já existissem aceleradores de partículas no início de 1930, eles não conseguiram competir com o sucesso dos raios cósmicos na descoberta de novas partículas até 1950, nessa época foram descobertas muitas partículas novas [5].

O pósitron, por exemplo, foi previsto teoricamente por Paul Dirac em 1930 através de sua teoria sobre níveis de energia dos elétrons, vários físicos haviam fotografado os pósitrons em seus experimentos, mas somente em 1932, Carl Anderson fotografou a partícula e como conhecia a teoria de Paul Dirac conseguiu comprovar a existência do pósitron, essa descoberta garantiu a Carl Anderson o Nobel de física de 1936.

Esse foi um caso de sucesso na complexa relação entre teoria e experimento no estudo de raios cósmicos, pois a suposição de que a teoria é a base para os trabalhos experimentais, ou que o experimento sempre comprova a teoria não parece ser verdade em muitos casos.

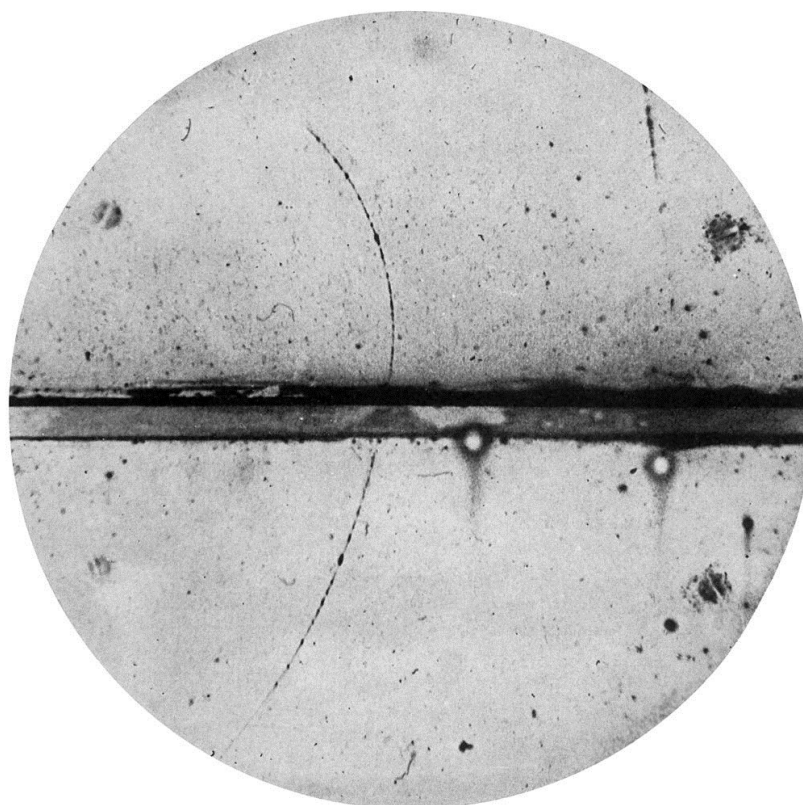


Figura 4: Primeiro pósitron fotografado, o traçado em forma de curva indica sua trajetória.

Fonte < <https://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%B3sitron> >

6. Cesar Lattes e o méson π

Até a metade da década de 1940, o modo como os prótons se mantinham unidos no núcleo dos átomos era um enigma para cientistas do mundo inteiro, não se sabia com certeza absoluta qual força era capaz de superar a repulsão entre duas cargas positivas tão próximas.

O físico teórico japonês Hideki Yukawa havia proposto em 1935, a existência de uma partícula com massa 200 vezes maior que a do elétron, esta partícula seria a responsável por gerar uma força de curto alcance, que seria mais forte que a repulsão eletrostática e explicaria a estabilidade do átomo.



Figura 5: Hideki Yukawa.

Em 1936 Carl Anderson e muitos outros físicos encontraram nos raios cósmicos uma partícula com muitas propriedades da partícula prevista por Yukawa, mas não era idêntica, essa partícula foi chamada de méson.

Dez anos mais tarde o jovem físico brasileiro Cesar Lattes viaja com o físico Italiano Giuseppe Occhialini para se integrar a equipe de pesquisadores da universidade de Bristol, sob a direção do físico Cecil Powell.

A equipe estudava os traços produzidos por reações nucleares em certas chapas fotográficas especiais, conhecidas como emulsões nucleares, partículas subatômicas deixavam um rastro nessas emulsões permitindo que a sua massa e energia fossem determinadas.

Occhialini realizou o primeiro experimento com as emulsões nucleares em janeiro de 1947 nos Pireneus franceses e detectaram um traço diferente de todos os outros, mas chegaram à conclusão de que ainda eram necessárias mais provas, ainda em 1947, Lattes viaja para Chacaltaya, nos Andes bolivianos e realiza o experimento novamente, era a comprovação definitiva da existência do méson π , prevista por Yukawa.

Já em 1948, Lattes estava trabalhando na universidade da Califórnia com Eugene Garden, onde detectaram o primeiro méson artificial gerado em acelerador de partículas.

A comprovação da existência do méson em artigo assinado por Lattes, Occhialini e Powell foi publicada na revista *Nature* e teve enorme repercussão. Tanto que em 1949 o Prêmio Nobel de física foi ganho por Yukawa por prever a existência do méson π , o de 1950 foi para Cecil Powell, chefe da equipe responsável pela descoberta do méson π [12].

Após a década de 1960, foram descobertas novas partículas e hoje sabemos que a força nuclear forte é resultado da interação entre quarks e glúons [3].

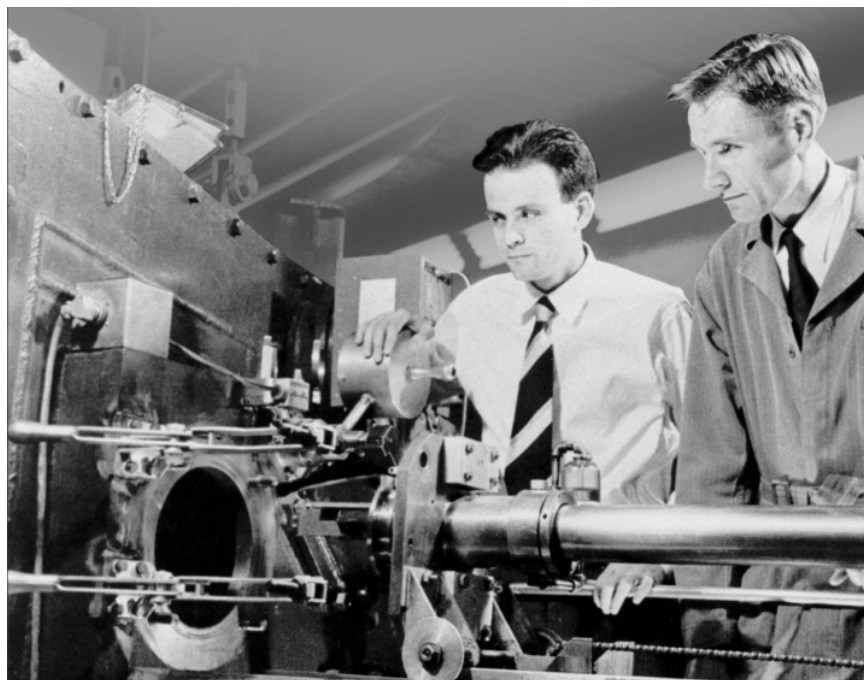


Figura 6: César Lattes e Eugene Gardner.

Fonte <<http://portal.cbpf.br/galeria/102>>

7. Importância para ciência brasileira

Com a comprovação da existência do méson π e os prêmios Nobel, a física de partículas se tornava a nova ciência da moda. O trabalho de Cesar Lattes teve enorme repercussão na sociedade brasileira, dando grande credibilidade aos físicos brasileiros e enorme impulso a ciência no Brasil, resultando na fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) em 1949, e na criação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) em 1951.

A partir dessa época foram introduzidas novas áreas de pesquisa científica e vários institutos de pesquisa se disseminaram pelo país.

Podemos perceber a enorme importância do estudo de raios cósmicos no desenvolvimento da ciência brasileira no passado e no presente.



Figura 7: César Lattes.

Fonte <http://www.digimed.ufc.br/cienciando/wp-content/uploads/2012/04/Cesar_Lattes.jpg>

8. Astrofísica de partículas

A definição de o que é astrofísica de partículas é complicada, embora seja considerada por muitos como uma área nova de pesquisa, mais conhecida após a década de 1980, ela possui uma longa história. Quando tentamos estudar essa história mais a fundo, podemos ficar tentados a acreditar que ela foi construída a partir de eventos isolados, como a descoberta de Victor Hess em 1912.

Uma grande dificuldade de se contar a história da astrofísica de partículas é definir o campo de estudo. Não existe uma forma direta de explicar como os estudos de raios cósmicos no início do século passado se relacionam com a física de partículas, cosmologia e astrofísica.

No momento a melhor definição para a astrofísica de partículas seria uma área interdisciplinar entre cosmologia e física de partículas, que busca elucidar a natureza da estrutura da matéria no universo.

Existem muitos tipos de radiação que são estudadas pela astrofísica de partículas, desde a radiação eletromagnética até as partículas cósmicas e neutrinos, cada tipo diferindo não só pela energia, mas também pela forma de detecção e tipo de informação que pode fornecer [5].

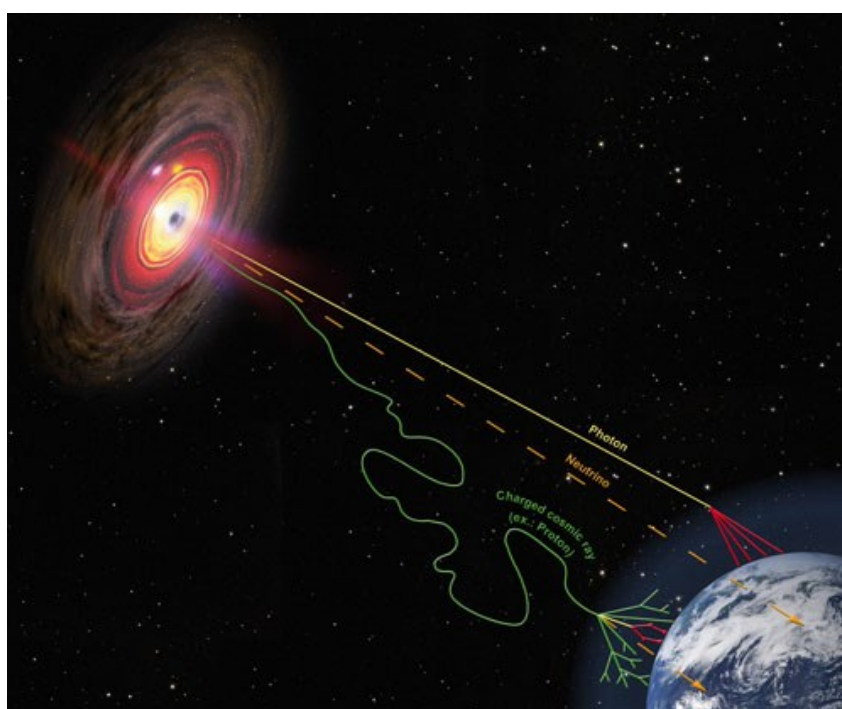


Figura 8: Galáxia.

Fonte < http://www.hap-astroparticle.org/img/cosmic-rays_web-thumbnail.jpg>

9. Aceleradores de partículas

Em 1953, ocorre na cidade de Bagnères de Bigorre, na França uma conferência internacional sobre raios cósmicos que ficou marcada na história como o momento onde surgia a física subatômica, com a mudança nas linhas de pesquisa para aceleradores de partículas de alta energia.

No início da década de 1950, entra em funcionamento o acelerador de partículas Cosmotron, que foi o primeiro a atingir a energia cinética de GeV, produzindo as mesmas partículas subatômicas instáveis geradas pelos raios cósmicos, a partir desse momento, muitos físicos que antes estudavam raios cósmicos mudaram suas pesquisas para aceleradores, devido à confiabilidade de se trabalhar com partículas geradas de uma forma controlada, evitando assim, a logística complexa e dependência da sorte que existia ao se trabalhar com raios cósmicos [15].

Desde então, os aceleradores de partículas se transformaram no sustentáculo da física de partículas e abriram as janelas do mundo subatômico levando ao conhecimento que temos hoje.



Figura 9: Cartaz do congresso internacional [15].

10. Origem dos raios cósmicos

Os raios cósmicos se movem através do espaço em trajetórias aleatórias, isso ocorre devido a força de Lorentz, que faz com que partículas com carga elétrica q e velocidade v sejam desviadas de suas trajetórias iniciais por uma força ao atravessar campos magnéticos, como os gerados por estrelas.

Em 2013 foi publicada na revista Science um estudo com a primeira evidência de origem para raios cósmicos de energias de até 10^{18} eV, eles seriam originados em ondas de choque geradas pelas explosões de supernovas, a pesquisa foi baseada em apenas duas supernovas chamadas de IC443 e W44, com uma amostra tão pequena não podemos afirmar com certeza absoluta ser uma fonte de raios cósmicos.

Raios cósmicos ultra-energéticos, da ordem de 10^{21} eV, não são desviados de suas trajetórias, existem suspeitas de que seriam originados no encontro e aniquilação de campos magnéticos em objetos cósmicos compactos como buracos negros estelares ou núcleos ativos de galáxias, na imagem a seguir, do Pierre Auger, vemos as regiões do espaço em coordenadas galácticas.

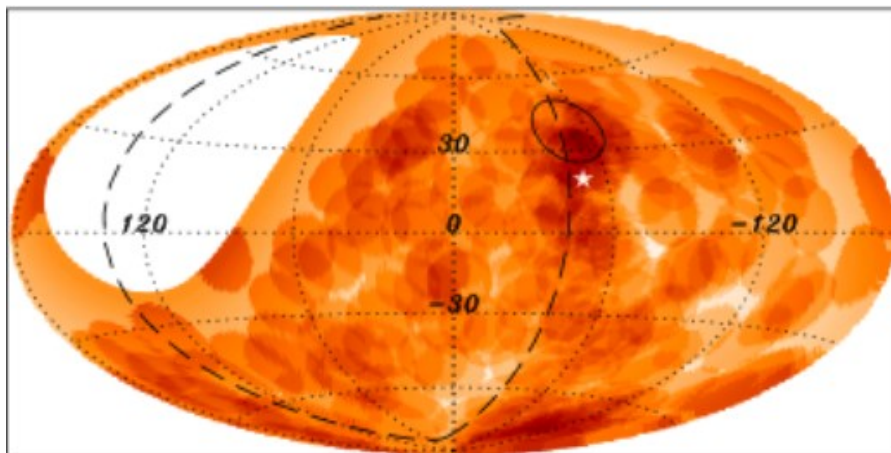


Figura 10: Incidência de raios cósmicos.

Fonte <<http://arxiv.org/pdf/1411.6111v2.pdf>>

As regiões avermelhadas são aquelas com maior incidência de raios cósmicos ultra-energéticos, elas são praticamente uniformes em todo o mapa de coordenadas galácticas, não havendo uma região preferencial que nos permita concluir, sem nenhuma dúvida, que se trata de uma fonte de raios cósmicos.

11. Composição dos raios cósmicos

A composição dos raios cósmicos pode ser elucidada a partir de 1940, quando balões que levavam emulsões fotográficas até grandes altitudes e o início da exploração espacial permitiram revelar que os raios cósmicos eram constituídos de partículas, principalmente núcleos de hidrogênio, elemento mais abundante no universo, composto por um único próton e frações de alguns elementos mais pesados como hélio, além de partículas de matéria e antimatéria com carga elétrica.

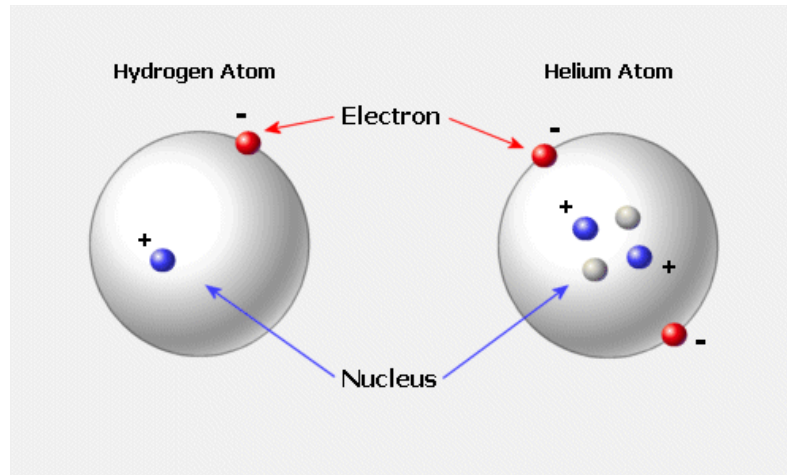


Figura 11: Átomos.

Fonte <<https://myweb.rollins.edu/jsiry/atoms.gif>>

Até hoje não foi detectada a presença de núcleos de átomos mais pesados de antimatéria entre os raios cósmicos, como esses núcleos só podem ser gerados no interior de estrelas, por meio da fusão nuclear, essa descoberta seria evidência da existência de estrelas feitas de antimatéria no universo, isso mostra que existe uma assimetria no universo entre a matéria e a antimatéria.

12. Chuveiros atmosféricos

Descoberto pelo físico francês Pierre Auger (1899-1933), este fenômeno ocorre quando um raio cósmico atinge a atmosfera e sua interação com átomos como nitrogênio e oxigênio produzem novas partículas que por sua vez, ainda tem energia para interagir com outros átomos gerando uma reação em cadeia, os resultados desta interação são fragmentos de nucleons, píons, raios gama, elétrons, pósitrons e neutrinos, entre outros.

Este processo segue até que as partículas geradas não tenham mais energia suficiente para produzir novas partículas, e assim o número de partículas geradas pelo raio cósmico atinge seu máximo.

Um único chuva atmosférico pode ter bilhões ou trilhões de partículas se movendo na direção do solo e se espalham por uma área de muitos quilômetros. Conhecendo o número de partículas que atinge uma determinada região e a altitude onde o número de partículas é máximo, é possível retirar informações sobre o raio cósmico inicial.

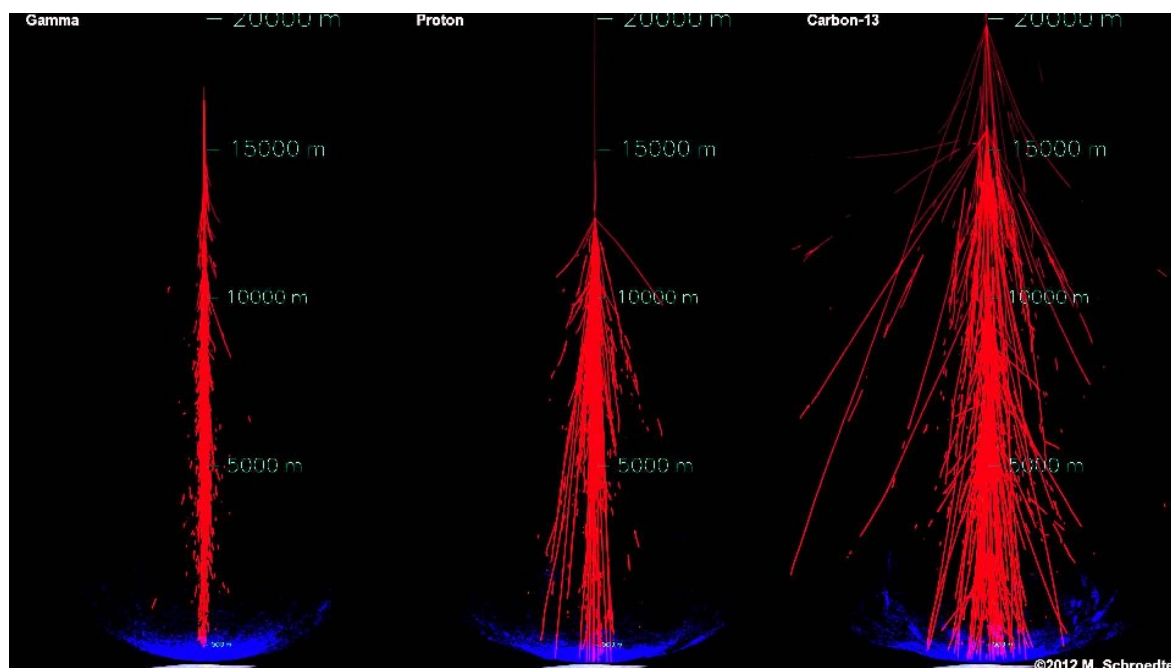


Figura 12: Simulação chuva atmosférico.

Fonte <<https://www.youtube.com/watch?v=j-BBzW1Oai0>>

13. Fluxo de partículas

O fluxo de raios cósmicos segue uma lei de potência, quanto mais alta for a energia, menor será o número de partículas com essa energia.

Na figura a seguir podemos observar como partículas com energia na ordem de 10^{11} eV são detectadas com a frequência de uma partícula por m^2 por segundo, partículas com energia da ordem de 10^{19} eV são encontradas com a frequência de uma partícula por km^2 por ano.

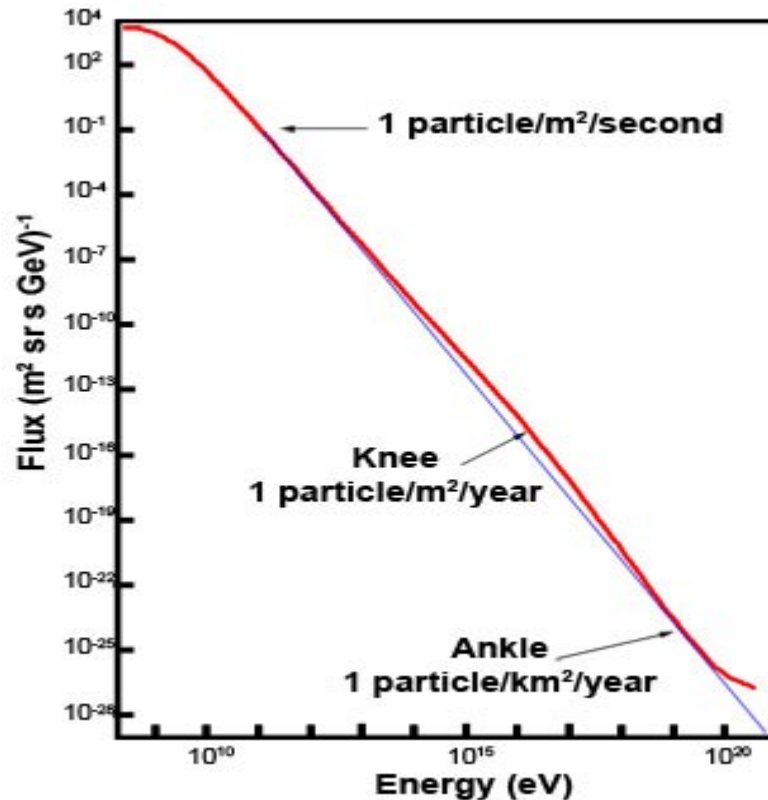


Figura 13: Lei de potência.

Fonte <<http://astronomy.swin.edu.au/cms/cpg15x/albums/userpics/cosmicrayenergies1.jpg>>

14. Métodos de detecção de raios cósmicos.

14.1. Emulsões fotográficas

As emulsões fotográficas são uma das formas mais antigas de se detectar raios cósmicos, nos temas anteriores já vimos que descobertas importantes como a do méson π utilizavam esta técnica.

O método é simples, pois parte do princípio de que quando, por exemplo, uma partícula eletricamente carregada atravessa uma emulsão fotográfica contendo cristais de brometo de prata, a partícula interage com os elétrons do brometo convertendo em prata, deixando um caminho residual dentro da emulsão, armazenando assim a trajetória da partícula [11].



Figura 14: Emulsão fotográfica.

Fonte <<http://images.fineartamerica.com/images-medium-large/protonproton-collision-in-photo-emulsion-c-powell-p-fowler-d-perkins.jpg>>

14.2. Método de fluorescência



Figura 14: Telescópio olho de mosca.

Fonte <http://auger.ifj.edu.pl/nowa_en/Auger/img/FlysEye2.jpg>

O método da fluorescência basicamente estuda a luz emitida quando um raio cósmico atinge a atmosfera interagindo com as moléculas de nitrogênio, o gás mais comum presente na atmosfera da Terra.

Esses detectores, também chamados de olho de mosca sofrem com uma grande desvantagem com relação a outros métodos de detecção que é o fato de só poderem funcionar durante as noites com poucas nuvens e sem a presença da Lua [11].

14.3. Detectores de radiação Cherenkov

Um dos mais importantes métodos de detecção de raios cósmicos em tempo real são os detectores de radiação Cherenkov. O método utiliza o fato de que quando uma partícula carregada tem velocidade maior que a velocidade da luz em um meio, uma quantidade de luz é emitida, esta luz atinge fotomultiplicadoras dentro do detector que amplificam este sinal luminoso permitindo sua detecção [11].

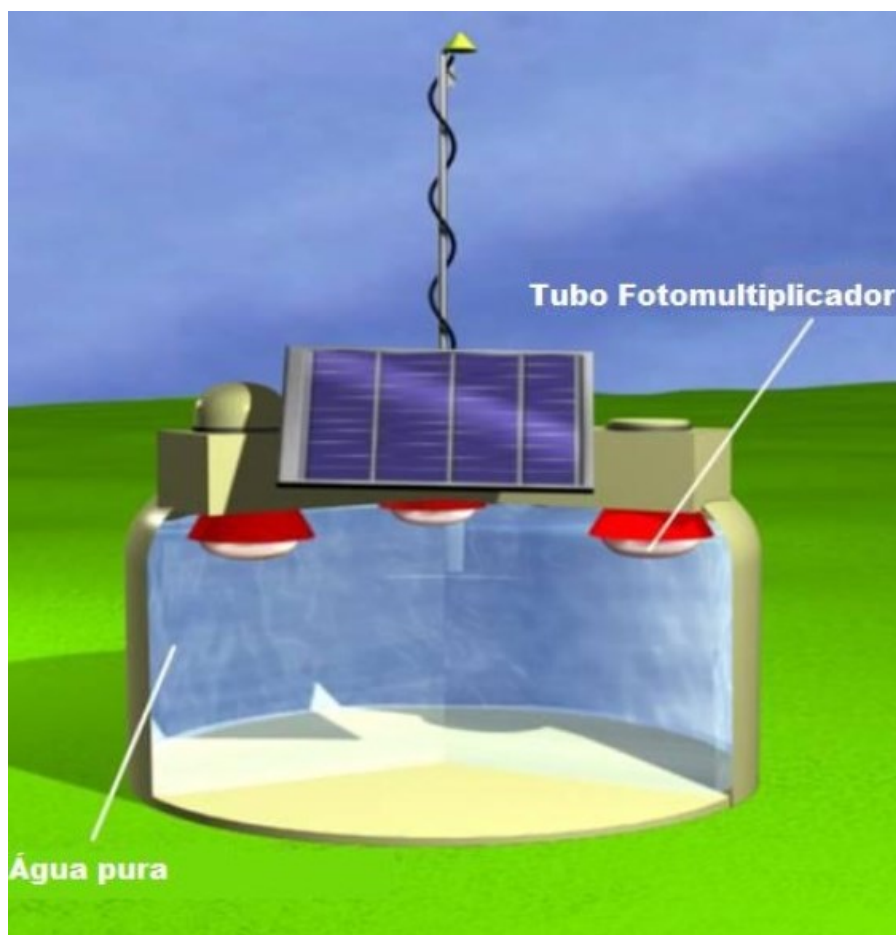


Figura 15: Tanque detector Cherenkov.

Fonte < https://www.astro.iag.usp.br/~jorge/aga5802/seminario_raios_cosmicos.pdf >

14.4. Câmara de faíscas

Outro importante método de detecção de partículas em tempo real é câmara de faíscas, consiste em uma série de folhas metálicas dispostas paralelamente recheadas com algum tipo de gás nobre, como o néon ou hélio.

Quando uma partícula atravessa essas folhas o gás interno acaba sofrendo uma ionização, nesse tempo um campo elétrico é ligado no aparelho produzindo faíscas nos locais onde o gás havia sofrido ionização, essas faíscas podem ser detectadas extraindo informação sobre as partículas que atravessam as folhas metálicas [11].

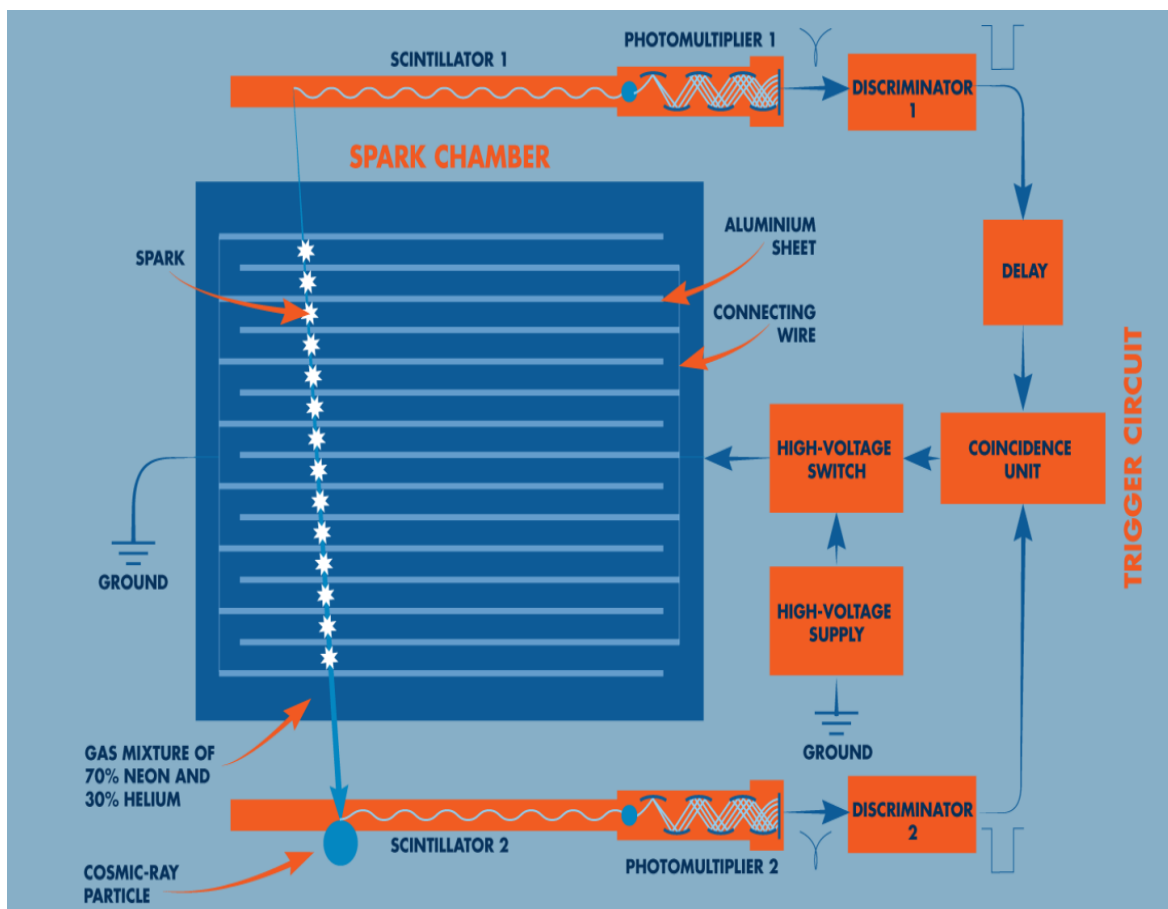


Figura 16: Esquema da câmara de faíscas.

Fonte < <http://www.ep.ph.bham.ac.uk/DiscoveringParticles/detection/spark-chamber/spark-chamber.php> >

14.5. Cintiladores

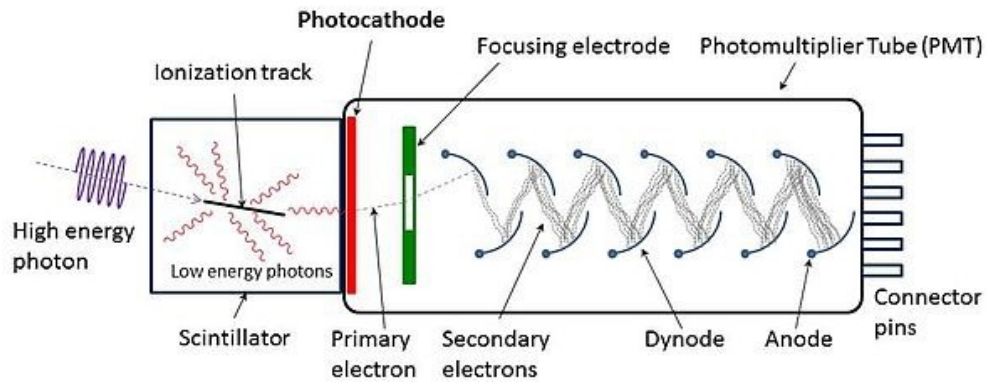


Figura 17: Esquema de um cintilador.

Fonte <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/PhotoMultiplierTubeAndScintillator.jpg/600px-PhotoMultiplierTubeAndScintillator.jpg>>

Outro exemplo de detectores em tempo real são os cintiladores, seu princípio é simples, são feitos de algum material que emita luz quando atravessado por alguma partícula, o tipo de material cintilador pode ser modificado de acordo com o tipo de partícula que se deseja detectar.

A luz emitida pelo material cintilador é ampliada por uma série de fotomultiplicadores e convertida em sinal elétrico que pode ser analisado extraindo informação sobre a partícula inicial [11].

15. Questões em aberto

A origem para raios cósmicos com energias tão altas ainda permanece um enigma para astrofísica de partículas e não foi possível determinar conclusivamente quais mecanismos aceleram uma partícula até energias macroscópicas.

Existem muitos modelos que tentaram explicar como essas partículas podem ter sido aceleradas até velocidades altíssimas, um dos primeiros modelos foi apresentado pelo italiano Enrico Fermi, segundo esse modelo nuvens magnéticas existentes no espaço interestelar arrastariam partículas eletricamente carregadas originando os raios cósmicos com energias mais baixas, esse modelo não explicaria a origem de raios cósmicos de energias mais altas.

Nas últimas décadas, o início da operação de grandes observatórios com colaboração de vários países e que combinam diferentes técnicas de detecção, como o observatório Pierre Auger, o AMS e futuramente o Telescope Array, foram alcançados importantes avanços a fim de responder muitas dessas questões, permitindo que enxerguemos nosso universo com uma forma completamente nova.

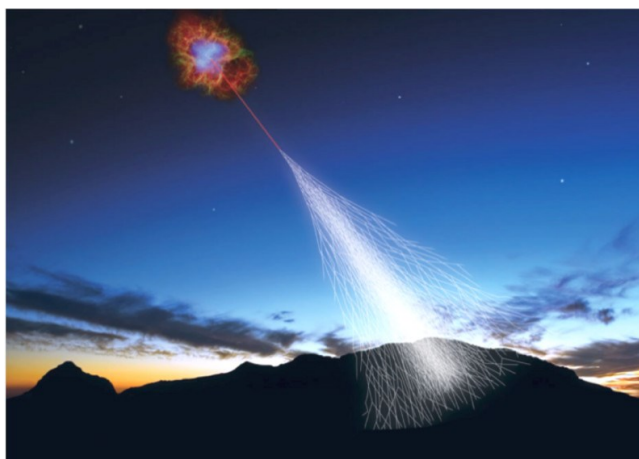


Figura 18: Chuveiro atmosférico.

Fonte < <https://www.nikhef.nl/typo3temp/pics/1cf79fe748.jpg> >

16. Observatório Pierre Auger

Construído há mais de dez anos na província de Mendoza, na Argentina, o Observatório Pierre Auger é, atualmente, o maior sistema de detecção de raios cósmicos ultra-energéticos do mundo. Recebeu esse nome como uma homenagem ao físico francês Pierre Auger que introduziu o conceito de chuveiros atmosféricos.

O observatório é um sistema híbrido que emprega duas técnicas de detecção, utiliza 1660 tanques de detecção de radiação Cherenkov, também possui 24 detectores de fluorescência olhos de mosca, todos estes detectores estão espalhados por uma área de aproximadamente 3000 km², maior que a cidade de São Paulo.

O Brasil aderiu ao consórcio de construção do observatório ainda no começo, hoje cerca de 350 pesquisadores estão envolvidos no projeto sendo aproximadamente 20 brasileiros de várias instituições de ensino. Recentemente o acordo internacional foi renovado, garantindo o funcionamento e modernização do observatório Pierre Auger até 2025.



Figura 19: Observatório Pierre Auger.

Fonte <

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Observatorio_Pierre_Auger_Tanque_Rayos_C%C3%B3smicos.jpg>

17. Cherenkov Telescope Array (CTA)

Previsto para começar a funcionar em 2017, o CTA é um ambicioso projeto internacional com participação de milhares de cientistas e engenheiros de 27 países, que visa à construção de telescópios do tipo Cherenkov, ideais para detecção da radiação gama, a mais energética do universo.

A atual proposta é a construção de duas matrizes de telescópios Cherenkov no deserto do Atacama, no Chile, e nas Ilhas Canárias, na Espanha, em posições estratégicas nos hemisfério Norte e Sul, para se concentrar no estudo de fontes extragalácticas.

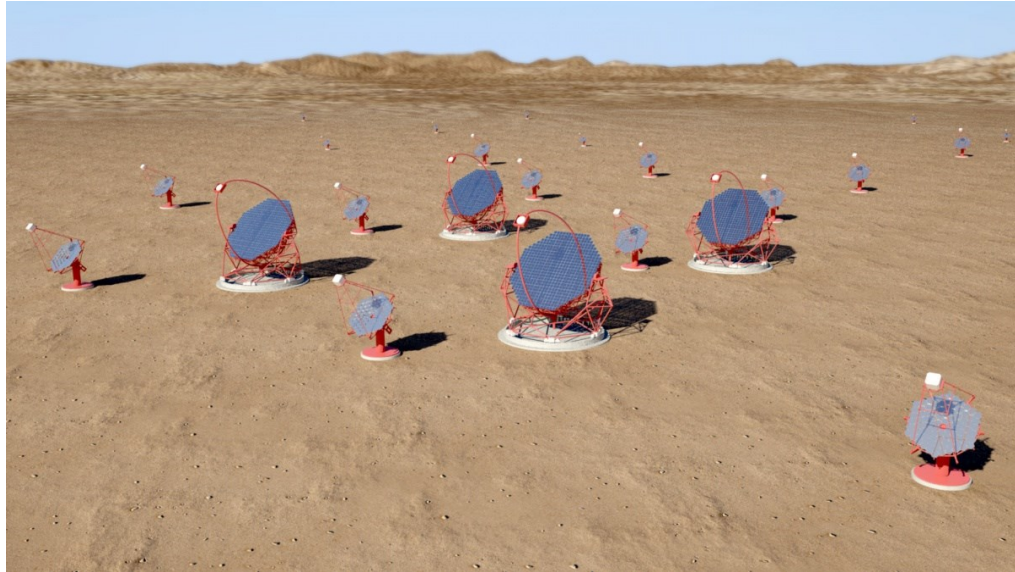


Figura 20: Cherenkov Telescope Array.

Fonte < https://sciencenode.org/img/img_2012/CTA2.jpg >

A matriz principal do CTA será construída no Chile e contará com 120 telescópios espalhados por 10 km², um terço dos telescópios será de médio porte e os braços metálicos que darão sustentação as câmeras, serão desenvolvidas e construídas no Brasil.

O CTA deverá aumentar a sensibilidade em relação a atual de telescópios, sendo capaz de detectar um amplo espectro de radiação gama, que é a radiação de mais alta energia que o universo pode produzir, desvendando assim quais mecanismos criaram esses raios dentro das regiões onde foram gerados.

18. Espectrômetro Magnético Alpha (AMS-02)

Considerado o estado da arte na ciência, o AMS-02 possui vários tipos de detectores que analisam milhões de partículas todos os dias, os dados recolhidos são enviados em tempo real para a Terra onde podem ser analisados pelos cientistas.

Sucessor do AMS-01, o primeiro espectrômetro magnético de grande porte que operou no espaço por dez dias, entre 2 e 12 junho de 1998, tempo suficiente para dar base a uma série de artigos altamente citados, o que estimulou a criação de um equipamento que pudesse operar no espaço de forma permanente, originando o projeto AMS-02 [13].

Desenvolvido pelo CERN (Organização Europeia de Pesquisa Nuclear) o AMS-02 foi projetado para funcionar como um módulo na estação espacial internacional, seu objetivo é usar o ambiente do espaço, onde não há interferência da atmosfera para responder muitas questões sobre a

origem do universo, através do estudo da matéria escura e antimatéria, que hoje não tem uma explicação definitiva.

Recentemente o Instituto de Física de São Carlos foi incluído na colaboração internacional do AMS, devido à pesquisa sobre detecção de matéria escura, um tipo de matéria que não absorve e não emite radiação eletromagnética, interagindo apenas gravitacionalmente com a matéria comum.



Figura 21: Espectrômetro magnético Alpha

fonte < http://www.nasa.gov/images/content/570223main_iss028e016137-4x3_1600-1200.jpg >

19. Raios cósmicos e aviões

Os raios cósmicos como já sabemos são muito energéticos, podendo atravessar vários cm de chumbo, seus efeitos em células vivas podem facilmente causar alterações genéticas.

Como Victor Hess comprovou ainda no início do século passado, a radiação se intensifica com a altitude, portanto, pessoas viajando em aviões estão um pouco mais expostas à radiação cósmica do que as pessoas que estão ao nível do mar.



Figura 22: Radiação.

Fonte<<http://www.npr.org/assets/img/2014/09/08/rays.gif>>

Em alguns países as tripulações de aeronaves são consideradas como trabalhadores de ambiente com radiação, isso requer cuidados especiais, com um limite de tempo para se trabalhar com segurança, para passageiros comuns não há necessidade de se preocupar.

20. Raios cósmicos e viagens espaciais

Os raios cósmicos representam um sério risco para astronautas, no caso anterior ainda existem muitos km de atmosfera para proteger os passageiros de um avião, mas no espaço a proteção é apenas a parede da nave espacial.

Para astronautas próximos da Terra, o campo magnético do planeta oferece alguma proteção contra raios cósmicos de baixa energia, mas os ultra-energéticos podem atravessar facilmente.

Nas viagens interplanetárias, como viagens até Marte, essa radiação seria um problema muito grave podendo levar ao envenenamento por radiação em caso de exposição prolongada.

Existem projetos em andamento na NASA que visam o desenvolvimento de uma proteção para tripulações de naves espaciais que sejam economicamente viáveis, desde novos materiais até utilizar as paredes das naves como depósito, aumentando assim a proteção da tripulação, mas nada que consiga bloquear os raios cósmicos de alta energia.

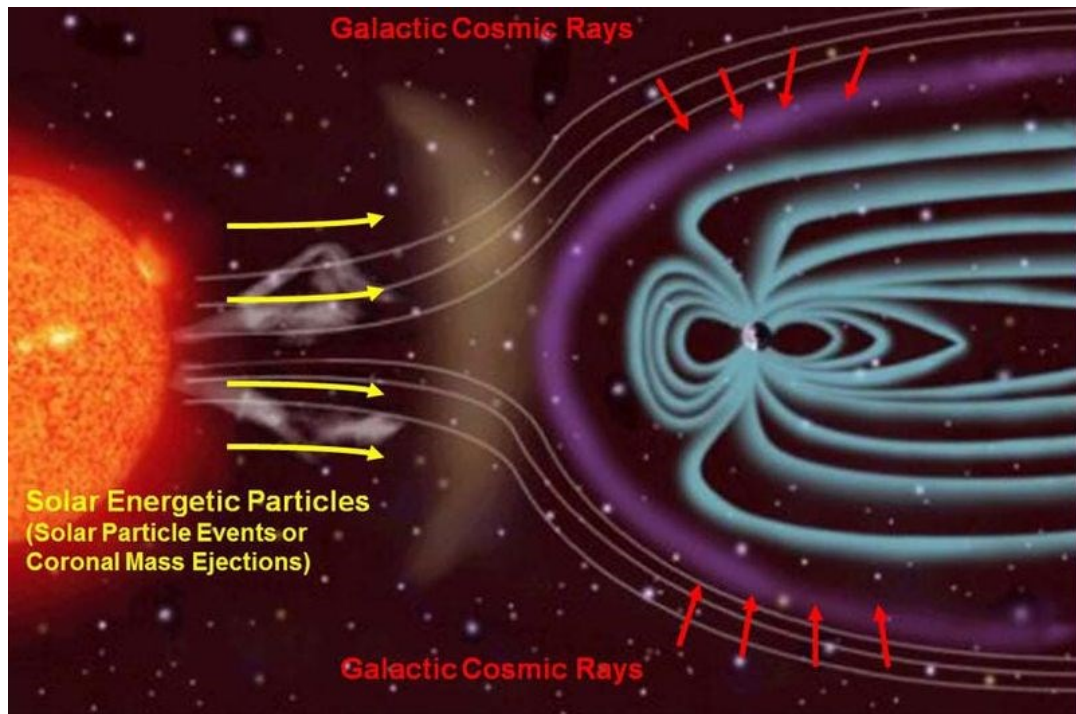


Figura 23: Campos eletromagnéticos.

Fonte <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ae/PIA16938-RadiationSources-InterplanetarySpace.jpg>>

21. Raios cósmicos e Carbono 14

Os raios cósmicos originam os famosos isótopos de carbono 14 na atmosfera da Terra, esses isótopos são absorvidos por todos os seres vivos sem causar mal algum, cada ser vivo acumula uma porcentagem constante de carbono 14 em suas células enquanto estiver vivo.



Figura 24: datação por carbono 14.

Fonte <http://static.wixstatic.com/media/c4f34d_e7611c6c4d764e79e906a81ac991a989.png/v1/fit/w_354,h_266,usm_0.50_1.20_0.00,lg_1/c4f34d_e7611c6c4d764e79e906a81ac991a989.png>

Quando o organismo morre, essa quantidade de carbono 14 nas células deixa de ser renovada, a porcentagem de carbono 14 se reduz em 50% a cada 5730 anos, que é o tempo de meia-vida desse isótopo, com isso são feitas datações radiométricas de objetos e materiais arqueológicos [10].

A partir de 50 mil anos a quantidade de carbono 14 se reduz tanto que não é mais possível usar essa técnica com precisão.

22. Raios cósmicos e a Relatividade

Os raios cósmicos permitiram a comprovação de forma inequívoca dos efeitos da dilatação do tempo e contração do espaço prevista pela teoria da relatividade de Albert Einstein.

Um exemplo é o múon, uma partícula instável gerada por raios cósmicos, com uma meia vida tão curta que mesmo viajando com 99.8 % da velocidade da luz deveria praticamente desaparecer dos chuviros atmosféricos antes de percorrer os 15 km de atmosfera necessários para chegar até o solo, mas é detectada em quantidade muito superior que a esperada pela física newtoniana [9].

A explicação para esse fato é bem simples e não viola nenhuma lei da física, no referencial do múon viajando perto da velocidade da luz o tempo para que ele decaísse não mudou, mas devido à dilatação do tempo prevista pela teoria da relatividade, o tempo pareceu passar mais devagar para a partícula se comparado ao tempo medido por um observador no solo, da mesma forma a distância que a partícula percorreu foi de 15 km para um observador no solo, mas para a partícula essa distância foi de aproximadamente 300 m.

Esse efeito é tão impressionante que um raio cósmico ultra-energético, se não colidisse com nada no caminho, poderia cruzar todo o universo conhecido, dezenas de bilhões de anos luz, mas para a partícula só se passariam algumas semanas.

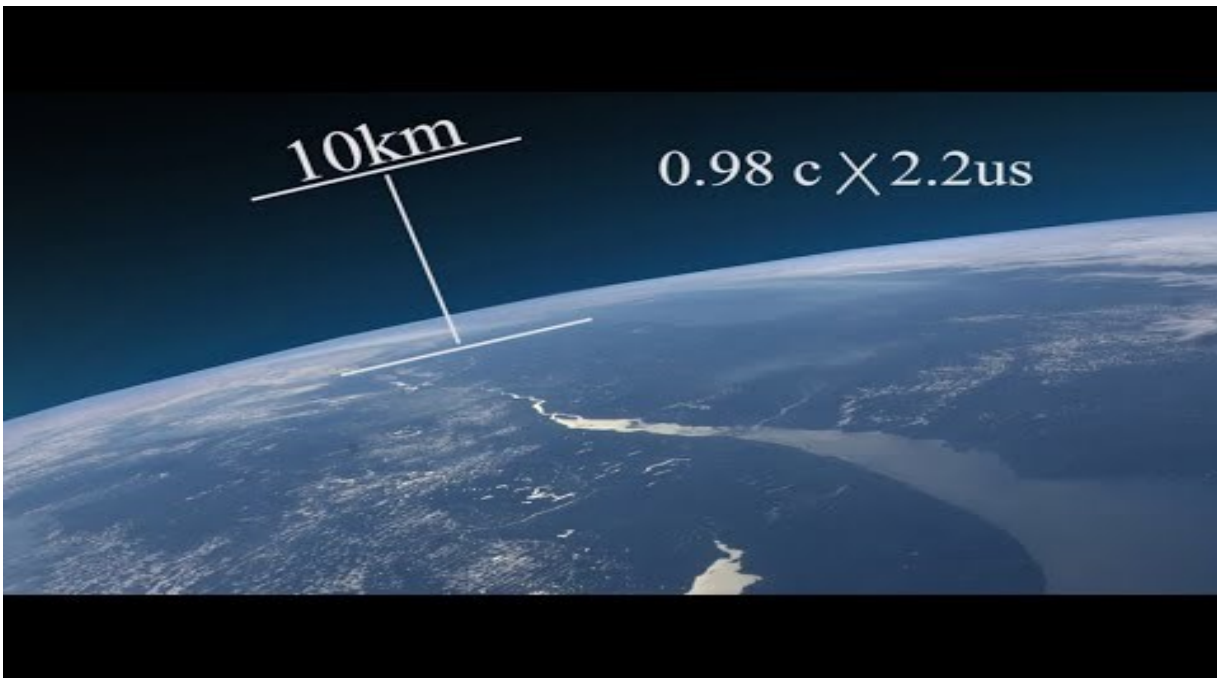


Figura 25: Múon.

Fonte < <https://i.ytimg.com/vi/ejcaz7wXawY/hqdefault.jpg> >

23. Super-raio cósmico

Em agosto de 1962, um pequeno observatório localizado na fazenda Volcano Ranch, nos EUA, detectou um raio cósmico com energia de 0.14×10^{21} eV, foi o primeiro ultra-energético detectado na história e sua energia equivaleria a de uma pedra arremessada com estilingue, isso em apenas um núcleo de um átomo [2].

Para termos noção dessa energia, o Grande Colisor de Hádrons (LHC), maior acelerador de partículas do mundo, quando estiver na potência máxima poderá alcançar “apenas” 14×10^{12} eV, se quiséssemos atingir a energia de um raio cósmico ultra-energético precisaríamos de um acelerador de partículas do tamanho do sistema solar.

Podemos perceber então o quanto estamos longe de atingir as energias dos raios cósmicos e como é importante estudá-los, uma vez que não podemos reproduzir suas energias extremas em laboratório.



Figura 26: LHC.

Fonte < http://www.atlas.ch/photos/atlas_photos/selected-photos/lhc/0504028_10-A4-at-144-dpi.jpg>

24. Boatos sobre raios cósmicos

Nos últimos tempos, rumores e falsas informações sobre raios cósmicos tem se espalhado pelas redes sociais gerando pânico entre as pessoas, as falsas informações atribuídas a NASA e a BBC, davam conta de que os raios cósmicos atingiriam a terra, em Gana, na África, a repercussão do trote foi tamanha, que muitas pessoas deixaram de dormir dentro de suas casas, por associarem os raios cósmicos à origem de terremotos.

Em outros países como o Brasil, a corrente de boato pedia para que as pessoas desligassem celulares e aparelhos eletrônicos, pois os raios cósmicos passariam perto da terra e representariam perigo para seus usuários. Podemos ver assim como se faz necessária uma maior divulgação dessa área de pesquisa, para que a maioria das pessoas possa conhecer ao menos o que são raios cósmicos, quem os estuda e como podem nos ajudar a conhecer melhor o nosso universo.



Figura 27: Boatos sobre raios cósmicos.

Fonte < <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/raios-cosmicos-devastadores.htm>>

25. Modelo para apresentação

Uma sugestão para preparar o público antes da exibição, que pareceu ser bem eficiente, é fazer uma breve introdução, explicar que apesar de muitas pessoas acreditarem que nós só podemos conhecer e estudar o universo através da luz que chega até nós, vindo de estrelas ou galáxias muitas vezes a bilhões de anos luz, o vídeo mostrará que isso não é uma verdade, mesmo não sendo luz, os raios cósmicos também nos permitem desvendar mistérios sobre nosso universo.

Após a exibição, uma última conversa que pareceu incentivar mais perguntas é dizer ao público que a ideia do vídeo é mostrar um pouco dessa área de estudo que tem tanta importância para o desenvolvimento da ciência brasileira, mostrar também um pouco do trabalho realizado no Instituto de Física de São Carlos, que muitas vezes não é conhecido pelas pessoas da própria cidade, depois dessa conversa final abrimos um espaço para perguntas.

Durante as apresentações as perguntas das pessoas pareceram cair sempre dentro das informações do material de apoio ou dos conhecimentos básicos dos monitores sobre astronomia, não havendo maiores dificuldades em responder essas questões.

26. Referências

1. Tipler, Paul A. Física Moderna. 3º Edição. GEN.
2. Dos Anjos, João; Viera, Cássio Leite. Um olhar para o futuro. 2009.
3. Abdalla, Maria Cristina. O Discreto Charme das Partículas Elementares. Unesp. 2005.
4. Disponível em: <<http://www.escolamobile.com.br/emedio/e-sapiens/fisica/arquivos/artigos/MobileLHC.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
5. Disponível em: <<http://relativity.livingreviews.org/Articles/lrr-2008-2/download/lrr-2008-2Color.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
6. Disponível em: <<http://www.ghc.usp.br/meson.htm>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
7. Disponível em: <http://www.cbpf.br/RevistaCBPF/pdf/FisAltEnerg_EnegExtrUniv.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
8. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/donafifi/raioscosmicos/raioscosmicos.htm>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
9. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n4/a17v29n4.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
10. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/WillaFra.html>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
11. Disponível em: <www.astro.iag.usp.br/~jorge/aga5802/seminario_raios_cosmicos.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.
12. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/meson/meson.html>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
13. Disponível em: <<http://www.ams02.org/what-is-ams/ams01/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
14. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbh/v34n67/a09v34n67.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
15. Disponível em: <<http://arxiv.org/pdf/1111.5338v1.pdf>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.