

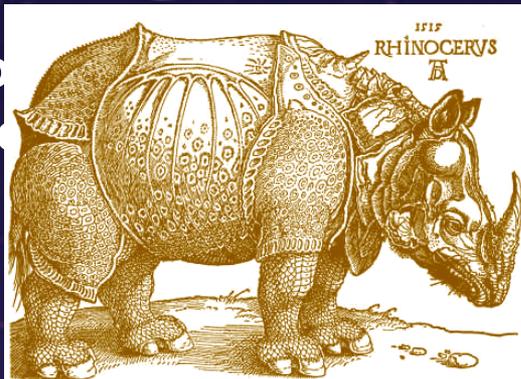
RAIOS!

mensageiros do cosmos

Curadora: Cibelle Celestino
Silva

Instituto de Física de São
Carlos - USP

Grupo
Ensino



O contexto

➤ Projeto “Cherenkov Telescope Array” – FAPESP,
coordenado pelo Prof. Vitor de Souza

Arq. Bianca Habib
Gustavo Rojas (UFSCar)

Observatório Dietrich Schiel, USP-campus São Carlos



- 17 mil visitantes/ano
- observações noturnas públicas
- cursos para público geral, estudantes e professores
- palestras aos sábados a noite
- Sala Solar
- Cine Observatório
- Jardim do Céu na Terra
- Telúrio, lunário, modelos dos planetas em escala

A exposição

- Raios Cósmicos
- CTA
- Fontes de raios gama
- CTA para crianças
- Linha do tempo

Raios cósmicos

RAIOS!

mensageiros do cosmos

Desde os primórdios da ciência, tentamos entender a matéria com base nos seus elementos fundamentais. Pensadores gregos, por exemplo, consideravam terra, fogo, ar e água como constituintes básicos da natureza. De lá para cá, os conceitos mudaram muito, mas a busca pela essência da matéria continua instigando a ciência

Continuamos buscando um conjunto de "blocos" elementares com os quais possamos montar toda a matéria ao nosso redor.

Na física contemporânea, podemos dizer que esses "blocos" são as partículas elementares. Essas partículas elementares formam todas as outras partículas, que por sua vez constituem átomos, que formam moléculas, que fazem a matéria, que compõe a mesa, o caderno, você e o Sol.

Boa parte do percurso para entender esses "blocos" elementares se deve ao estudo de partículas que vêm de fora da Terra:

os raios cósmicos, nossas astropartículas.

2,20 m

O QUE SÃO RAIOS CÓSMICOS

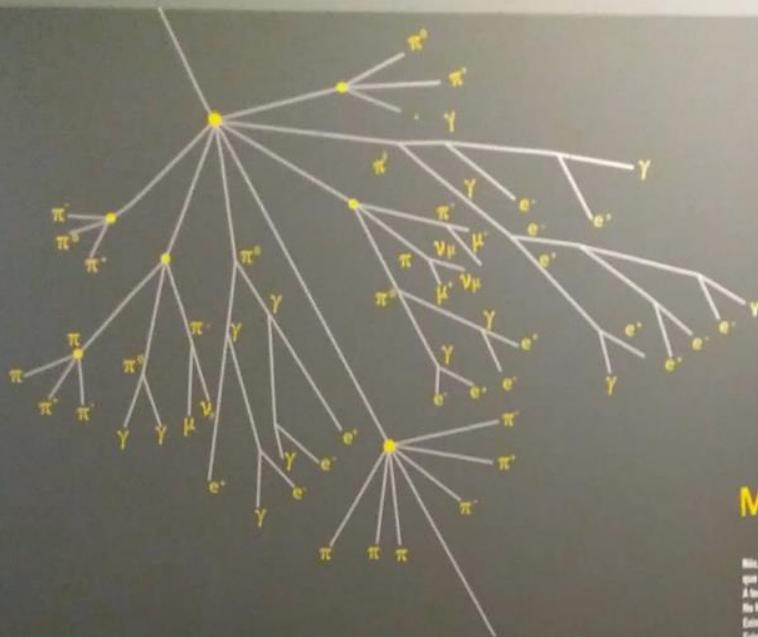


São partículas vindas do espaço que se chocam com a atmosfera e se arrebatam produzindo novas partículas.

Elas atravessam e interagem com tudo o que encontram pelo caminho, inclusive você.

Agora mesmo você pode estar sendo banhado por descendentes de raios cósmicos.





UM BANHO DE PARTÍCULAS CHUVEIROS ATMOSFÉRICOS

Baixo camadas de partículas produzidas e aceleradas no espaço sideral por objetos astronómicos, como supernovas, pulsares, buracos negros, entre outros.
 Elas podem ser partículas elementares, como elétrons ou prótons, ou partículas compostas, como prótons ou núcleos de átomos.
 É frequente de colisão e consequente, mais partículas. É por as partículas ficam ganhando em alguns segundos a a cada chegar elas podem mais energia.

Algumas dessas interações podem chegar à Terra também com átomos dos gases da nossa atmosfera.
 Essas chuvas atmosféricas de partículas a cada milissegundo.
 As partículas "liberadas" produzem no primeiro instante também luzes com outros átomos e gases "ionizam" a cada por minuto.
 Esse fenómeno em cascata, que multiplica uma partícula em milhares de descendentes pode durar milissegundos a anos de duração atmosférica.

MODELO PADRÃO

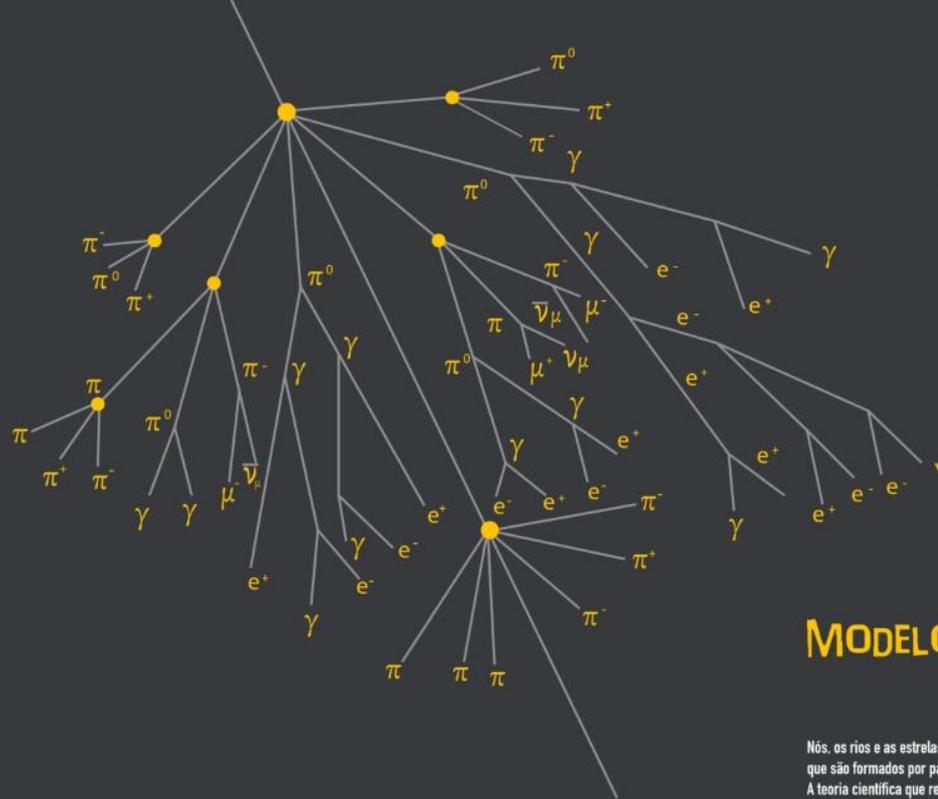
Partículas que geram todo o sistema de formação e aceleração por processo "cascata" (chuvas de partículas atmosféricas).

Muito, as raras e as estrelas como constituintes por nucleíons, que são compostos por átomos que são formados por partículas elementares.
 A teoria mais física que explica a formação dessas partículas chama-se Modelo Padrão da Física de Partículas.
 No Modelo Padrão, elas são agrupadas em três classes: léptons, quarks e bósons.
 Existem 6 tipos de léptons: elétrons, múons, taus, neutrinos de elétrons, neutrinos de múons e neutrinos de taus.
 Existem 6 tipos de quarks: up, down, strange, charm, bottom e top.
 Existem 8 tipos de bósons: fótons, glúons, bósons Z, bósons W e bósons de Higgs.
 Os bósons fazem a mediação da interação entre as outras partículas. Por exemplo, a interação entre dois elétrons é intermediada por fótons e a entre dois quarks, por glúons.



Esta câmara de faísca detecta um tipo de partícula: os múons (μ).





UM BANHO DE PARTÍCULAS: CHUVEIROS ATMOSFÉRICOS

Raios cósmicos são partículas geradas e aceleradas no espaço sideral por objetos astrofísicos, como supernovas, pulsares, buracos negros, entre outros. Elas podem ser partículas elementares, como fótons ou elétrons, ou partículas compostas, como prótons ou núcleos de átomos. O mecanismo de aceleração é complicado, mas podemos dizer que as partículas ficam quicando em objetos astrofísicos e a cada choque elas ganham mais energia.

Algumas dessas astropartículas que chegam a Terra trombam com átomos dos gases da nossa atmosfera. Esses choques arrebentam as partículas e criam muitas outras. As partículas "filhas", geradas na primeira interação, também trombam com outros átomos e geram "netas", e assim por diante... Esse fenômeno em cascata, que multiplica uma partícula em bilhões de descendentes pela atmosfera recebe o nome de **chuveiro atmosférico**.

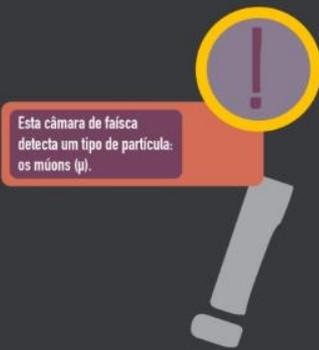
MODELO PADRÃO

Podemos dizer que toda a matéria do Universo é constituída por poucos "tijolos" chamados de partículas elementares.

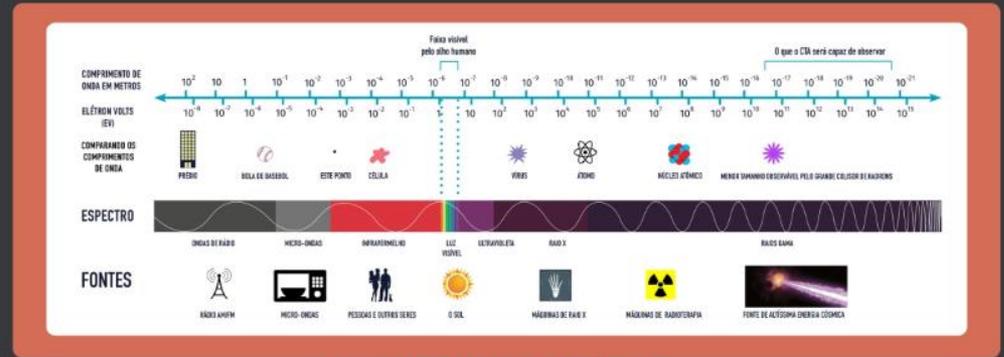
Nós, os rios e as estrelas somos constituídos por moléculas, que são compostas por átomos, que são formados por partículas elementares. A teoria científica que reúne e descreve essas partículas chama-se Modelo Padrão da Física de Partículas. No Modelo Padrão, elas são agrupadas em três classes: léptons, quarks e bósons. Existem 6 seis tipos de léptons: elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau. Existem 6 tipos de quarks: up, down, strange, charm, bottom e top. Existem 5 tipos de bósons: fóton, glúon, bóson Z, bóson W e bóson de Higgs.

Os bósons fazem a mediação da interação entre as outras partículas. Por exemplo, a interação entre dois elétrons é intermediada por fótons e a entre dois quarks, por glúons.

| | | | | | |
|---------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| | u up | c charm | t top | g glúon | H bóson de Higgs |
| QUARKS | d down | s strange | b bottom | γ fóton | Z bóson Z |
| LEPTONS | e elétron | μ múon | τ tau | ν _e neutrino do elétron | ν _μ neutrino do múon |
| | ν _e neutrino do elétron | ν _μ neutrino do múon | ν _τ neutrino do tau | W bóson W | W bóson W |
| | | | | | BÓSONS DE CALIBRE |



Esta câmara de faísca detecta um tipo de partícula: os múons (μ).



ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

CTA

CAMPO DE TELESCÓPIOS CHERENKOV – CTA

LUZ CHERENKOV

Em 1934, Pavel Cherenkov descobriu que partículas com velocidades muito altas produzem uma luz azulada fraca que não pode ser vista com nossos olhos. Esse fenômeno recebe o nome de luz Cherenkov.

As partículas de um chuva atmosférico viajam próximas à velocidade da luz, produzindo luz Cherenkov.

O CTA estuda a luz Cherenkov dos chuveiros gerados por raios gama, que são fótons de altíssima energia produzidos em objetos astrofísicos como pulsares, buracos negros, supernovas, etc.

COMO O CTA FUNCIONA?

A fraca luz Cherenkov produzida por um chuva se espalha por uma grande área (num círculo de aproximadamente 250 metros de diâmetro). Um telescópio detecta uma pequena parcela da luz produzida pelo chuva. Portanto, são necessários muitos telescópios para estudar um único raio gama cósmico.

O CTA é constituído por dois sítios, um nas Ilhas Canárias e outro no Chile. O sítio chileno será um conjunto composto por 100 telescópios distribuídos em uma área equivalente a cerca de 1200 campos de futebol, para detectar a luz Cherenkov produzida por raios gama.



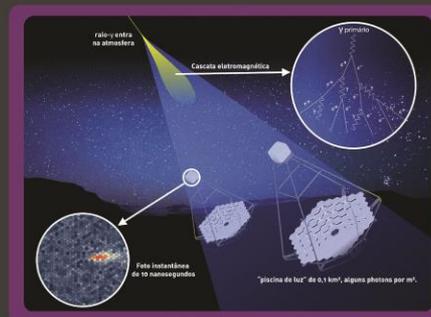
Proporção dos telescópios grandes e pequenos nas Ilhas Canárias.

"PROCESSAMENTO" DOS DADOS

Os enormes espelhos e as câmeras conseguem detectar flashes de luz que permitem reconhecer a trajetória do chuveiro.

Usando a direção, o tempo de chegada e quantidade de luz capturada em cada telescópio, calculamos a trajetória e quantidade das partículas no chuveiro. Com isso, podemos saber a direção e energia do raio cósmico primário.

Esse procedimento de reconstrução das características da astropartícula não é simples: temos que usar muita física e muita computação para fazer isso.

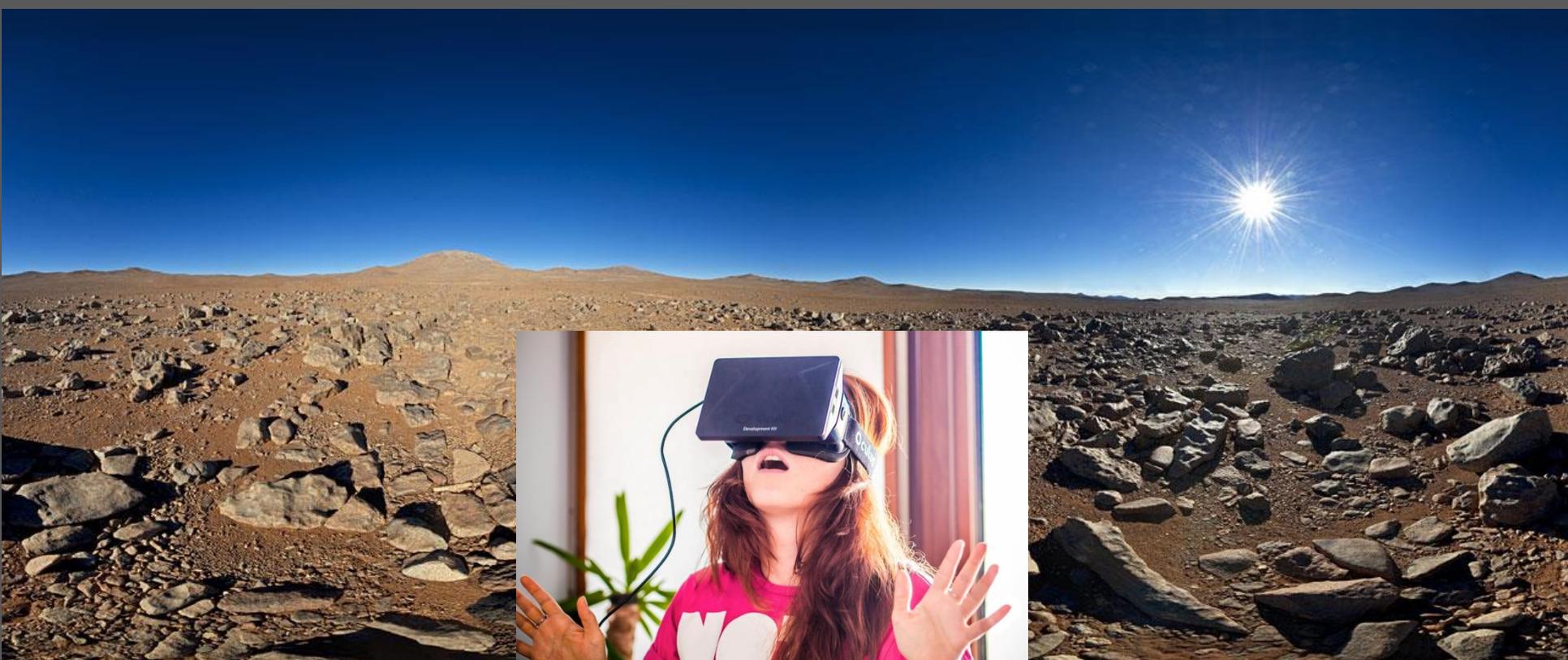


CAMPO DE TELESCÓPIOS NO CHILE

Simulação 3D do campo de telescópios que será construído no Deserto de Atacama no Chile.

RAIOS CÔSMICOS COMO MENSAGEIROS

Sabendo a direção de uma minúscula partícula cósmica, nos perguntamos de onde ela partiu. Para responder a essa pergunta, os astrônomos apontam outros tipos de telescópios na direção sugerida pelo nosso mensageiro. Com isso uma nova janela se abre, e passamos a observar objetos imensamente grandes e distantes como super novas, pulsares, buracos negros, e quem sabe até descobrir outros totalmente novos...



Fontes de raios gama



DE ONDE VÊM OS RAIOS CÔSMICOS ULTRAENERGÉTICOS?

Como sempre podemos dizer com certeza, mas alguns estudos em múltiplos canais em planetas, satélites e balões perfurados observaram que podem ser produzidos em eventos cataclísmicos de elevada energia, envolvendo grandes estruturas energéticas. Podemos afirmar que campos magnéticos correntes são parte fundamental da aceleração dos partículas. São a ação de campos magnéticos turbulentos, ao transportar de campos energéticos locais de choque. Espalham e geram energia em todos os ângulos. Espalham e colapsam de grandes massas são estruturas progressivas, como, supernovas, núcleos ativos de galáxia, surtos de raios gama e buracos negros.

SABIA?

Em 1963, foi descoberto que os raios cósmicos ultraenergéticos são produzidos em eventos cataclísmicos de elevada energia, envolvendo grandes estruturas energéticas. Podemos afirmar que campos magnéticos correntes são parte fundamental da aceleração dos partículas. São a ação de campos magnéticos turbulentos, ao transportar de campos energéticos locais de choque. Espalham e geram energia em todos os ângulos. Espalham e colapsam de grandes massas são estruturas progressivas, como, supernovas, núcleos ativos de galáxia, surtos de raios gama e buracos negros.



SUPERNOVA TIPO II



1. Quando uma estrela morre, ela explode e se transforma em uma nuvem de gás e poeira que se expande rapidamente. A explosão libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância. A explosão também libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância.

RESTO DE SUPERNOVA



1. Quando uma estrela morre, ela explode e se transforma em uma nuvem de gás e poeira que se expande rapidamente. A explosão libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância. A explosão também libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância.

SURTO DE RAIOS GAMA



1. Quando uma estrela morre, ela explode e se transforma em uma nuvem de gás e poeira que se expande rapidamente. A explosão libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância. A explosão também libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância.

RADIO GALÁXIAS

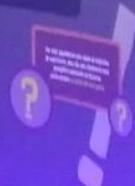


1. Quando uma estrela morre, ela explode e se transforma em uma nuvem de gás e poeira que se expande rapidamente. A explosão libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância. A explosão também libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância.

NÚCLEO ATIVO DE GALÁXIA



1. Quando uma estrela morre, ela explode e se transforma em uma nuvem de gás e poeira que se expande rapidamente. A explosão libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância. A explosão também libera uma enorme quantidade de energia e luz, que pode ser vista a milhares de quilômetros de distância.



SUPERNOVA TIPO II



Supernovas são explosões catastróficas que marcam o final da evolução de estrelas de grande massa. Elas são classificadas em duas grandes categorias. De acordo com a quantidade de hidrogênio, a de Tipo II que não apresentam linhas de hidrogênio, e a de Tipo I que possuem a presença desse elemento.

As Supernovas de Tipo II se originam de colapsos do núcleo de uma estrela de grande massa — que pode chegar a mais de 100 sol — que não consegue mais produzir energia em seu interior pelas reações de fusão nuclear.

Como resultado, surge em seu interior, onde convergem os gases, um canal mais quente, que colapsa sobre o núcleo, comprimindo-o até o limite permitido pela mecânica quântica. Quando esse limite é atingido, os núcleos colapsam no espaço tridimensional, e as temperaturas e velocidades atingidas, causam uma onda de choque que resulta em grande explosão, denominada como Supernova de Tipo II.

As Supernovas de Tipo II estão entre as explosões mais brilhantes do Universo, podendo chegar tanto quanto uma galáxia inteira, e podem ser observadas a milhares de distâncias.

As explosões liberam no meio interestelar os elementos químicos produzidos no interior das estrelas durante toda sua existência. As Supernovas de Tipo II são as principais responsáveis pela produção dos elementos pesados no Universo.

RESTO DE SUPERNOVA



A gigantesca energia liberada durante a explosão de uma supernova impulsiona as camadas externas da estrela para o espaço. A nebulosa que se forma após a explosão é chamada de resto ou remanescente de Supernova.

Os restos de Supernova se caracterizam pela aparência irregular e filamentar de seus gases, provocada pelos intensos campos magnéticos do sistema.

No centro do resíduo encontra-se o que restou da explosão, uma estrela de nêutrons, que radia energia extremamente intensa.

O material em expansão a velocidades altíssimas, que podem chegar a milhares de quilômetros por segundo. Sua velocidade é influenciada e principal fonte de sua expansão que podem ser observada pela CIA.

Após a morte de supernovas coloridas nos espetáculos surgem em milhões de estrelas por todo o Universo. A maioria delas é chamada de Supernovas de Tipo II, que representam 80% do total.



A maioria de restos de supernovas coloridas nos espetáculos surgem em milhões de estrelas por todo o Universo. A maioria delas é chamada de Supernovas de Tipo II, que representam 80% do total.

SUPERNOVA TIPO II

SURTO DE RAIOS GAMA



A descoberta dos GRBs que surgem em regiões com uma história recente. Eles foram descobertos acidentalmente por satélites militares americanos lançados para monitorar possíveis testes de armas nucleares da União Soviética, para essas detecções foram grandes quantidades de raios gama. Surpreendentemente os satélites apenas registraram os raios gama, mas não foram capazes de detectar, todos os fenômenos de origem.

Observações posteriores mostram que as explosões de raios gama são seguidas de eventos em outras faixas de espectro eletromagnético, como raios-X, ultravioleta, luz visível, infravermelho e rádio.

Os surtos de raios gama são eventos que acontecem no Universo distante, e estão espalhados por todo o céu.

Os cientistas ainda não chegaram a um consenso sobre o origem dos GRBs. Os principais candidatos são colapsos de estrelas de nêutrons, e o colapso de estrelas de alta massa — as hipernovas.

O CIA, com sua sensibilidade sem precedentes, desempenha papel fundamental no entendimento da natureza desses espetaculares explosões.

RADIO GALÁXIAS



Radio galáxias são aquelas que emitem ondas de rádio com intensidade milhões de vezes maior que uma galáxia comum e quase sempre são de tipo espiral.

A intensidade de rádio vem de gigantescos emissores chamados lóbulos, que se estendem por centenas de milhares de anos-luz a partir do centro da galáxia.

Os lóbulos são formados por eventos explosivos no centro das galáxias, onde são encontrados buracos negros supermassivos.

A maioria dos raios gama emitidos das radio galáxias emitem vastas quantidades de energia à medida que caminham através do buraco negro supermassivo em seu centro, liberando assim gama no processo. E para as partículas a altas velocidades caminham da vizinhança do buraco negro.

NÚCLEO ATIVO DE GALÁXIA



Galáxias que apresentam uma emissão de energia muito mais quente à uma galáxia normal são classificadas de Núcleo Ativo de Galáxia (NAG), da sigla em inglês.

Um buraco negro central atua como "motor" da galáxia, criando um disco de acreção, que são materiais difíceis em movimento rápido, giram de partículas com velocidades milionárias, são a, acelerando a velocidades próximas à da luz.

A maioria do disco de acreção é aquecido a temperaturas elevadíssimas, emitindo radiação de alta energia como raios-X e gama. Já a parte de partículas é aquecida para atingir os campos magnéticos.

Os astrônomos utilizam o modelo dos NAGs para classificar uma série de fenômenos de comportamento parecido, como os radio galáxias, galáxias Seyfert, quasares e buracos.

JÁ PENSOU?

Por mais gigantesca que sejam as explosões de supernovas, elas não são o fenômeno mais energético conhecido no Universo, ainda existem os surtos de raios gama!

COMO OS RAIOS CHEGAM AQUI?



Os vídeos aqui exibidos são animações computacionais baseadas em modelos físicos.



DE ONDE VÊM OS RAIOS, CÓSMICOS ULTRAENERGÉTICOS?

Nem sempre podemos dizer com certeza, mas alguns astros se mostram candidatos em potencial. Sabemos que essas partículas ultraenergéticas só podem ser produzidas em eventos catastróficos do Universo envolvendo grandes estruturas energizadas. Podemos afirmar que campos magnéticos exercem um papel fundamental na aceleração das partículas. Sob a ação de campos magnéticos fortíssimos, as astropartículas ganham energia em ondas de choque. Explosões e colapsos de grandes massas são ambientes propícios, tais como, supernovas, núcleos ativos de galáxias, surtos de raios gama e buracos negros.

SABIA?

Que os átomos que constituem nossos corpos e tudo que nos rodeia foram fabricados no interior das estrelas? As explosões de supernovas liberam no meio interestelar os elementos químicos produzidos no interior das estrelas durante toda sua evolução.

CTA para crianças

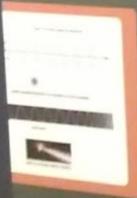
TED EXPLICA O CTA



OS ATMOSFERAS

Atmosfera é a camada gasosa que envolve a Terra. Ela é formada por gases, vapor de água e partículas sólidas. A atmosfera é essencial para a vida na Terra, pois protege o planeta do frio extremo e do calor excessivo. Além disso, ela filtra a radiação solar e mantém o calor dentro do planeta.

Poderão dizer que toda a matéria do Universo é constituída por átomos? Não, átomos de partículas elementares.



Linha do tempo

RADIÇÃO EXTRA TERRESTRE? DOS BALÕES AO CTA

Toda linha do tempo tem recortes, aqui mostramos episódios sobre o desenvolvimento da física de raios cósmicos que contribuíram para o projeto CTA.

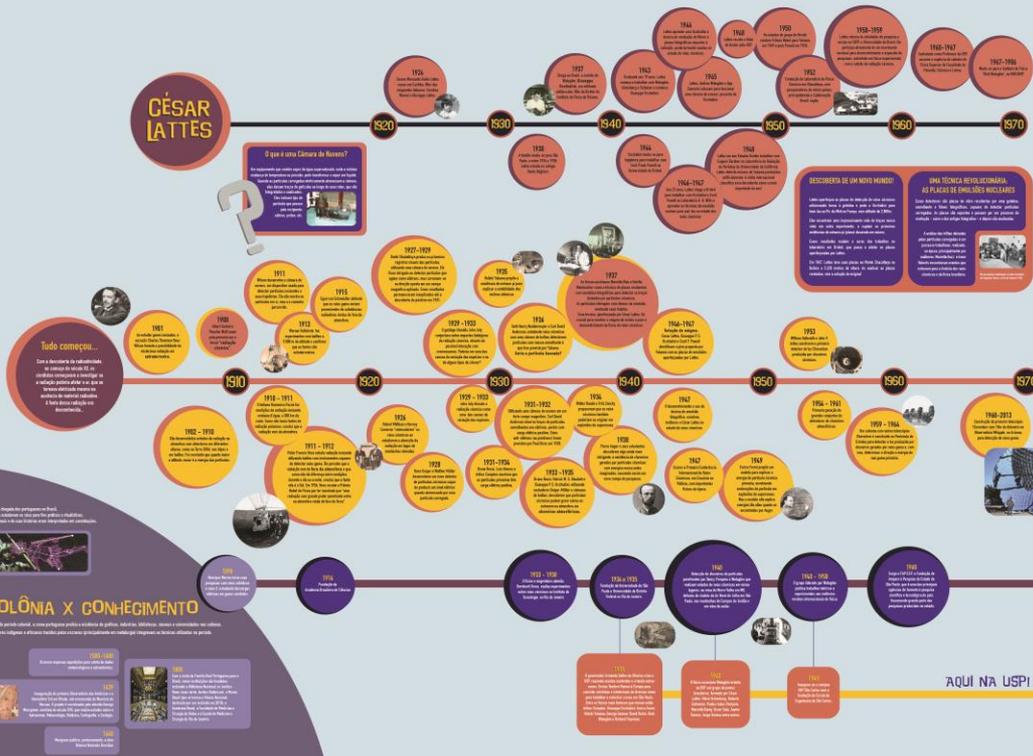


Leite foi casada com Maria Clara Leite (1922-2005), uma matemática brasileira. Tiveram quatro filhas e nove netos. Ao longo da vida, Leite recebeu numerosos prêmios no Brasil e no exterior, tornando-se uma figura notável na ciência brasileira, como foram Carlos Chagas (1879-1934) ou Gregório de Matos (1722-1791). Tiveram um filho em comum em 2001, aos 81 anos.

RESCATE DO CORPO DE UM SOLDADO ANÔNIMO
 NA SUÍÇA, EM NOVA BRUNSWICK E SUÍÇA DA SUÍÇA
 O CORPO DE UM SOLDADO ANÔNIMO
SENSACIONAL: DESCOBERTA DE UM CIENTISTA BRASILEIRO
 O CORPO DE UM SOLDADO ANÔNIMO
A NOITE
 O CORPO DE UM SOLDADO ANÔNIMO
 O CORPO DE UM SOLDADO ANÔNIMO

O GRANDE ENIGMA POR TRÁS DE TODA ESSA BUSCA ERA...
 O grande enigma por trás de toda essa busca era...
 O grande enigma por trás de toda essa busca era...

UMA TÉCNICA REVOLUCIONÁRIA, AS PLACAS DE ENRIKÓ NUCLEARES
 Uma técnica revolucionária, as placas de Enriko nucleares...
 Uma técnica revolucionária, as placas de Enriko nucleares...



O que esperar do FUTURO?

Astrofísica de partículas no BRASIL

COLÔNIA X CONHECIMENTO

1820-1825: Fundação da Colônia de Física da USP.

1825-1830: Início das atividades de pesquisa em física na Colônia.

1830-1835: Desenvolvimento da física experimental na Colônia.

1835-1840: Expansão da Colônia e início da física teórica.

1840-1845: Avanços na física matemática na Colônia.

1845-1850: Integração da Colônia com a comunidade científica internacional.

3,20 m

RAIOS!

mensageiros dos cosmos

Exposição para Divulgação Científica – Astrofísica de Partículas e Projeto CTA

Curadoria e coordenação: Cibelle Celestino Silva

Coordenação do Projeto Temático FAPESP, Luiz Vitor de Souza Filho

Concepção: Cibelle Celestino Silva e Bianca M. Habib Silva

Comitê científico: Cibelle Celestino Silva, Luiz Vitor de Souza Filho, Gustavo Rojas Clemente

Expografia e produção: Bianca M. Habib Silva

Estagiário de projeto: Bruno Henrique Gotardo de Lima

Realidade virtual: Lucas Corato

Comunicação visual: Bianca M. Habib Silva e André Turtelli Poles

Execução de marcenaria e pintura: Everton Randal Gavino (Abaporu Artes e Ofícios)

Fabricação da câmara de faísca: Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, Coimbra, Portugal.

Instalação da câmara de faísca: Lírio O. B. de Almeida e Marcos Roberto Gonçalves.

Técnicos de gravação do vídeo "TED e seus amigos": Gustavo Camilo e Paulo Pratta (Rádio UFSCar)

Edição do vídeo "TED e seus amigos": Bruno Henrique Gotardo de Lima

Edição de vídeos astronomia: Gabriel Virgonalto Marchon e José Braz Mania

Template dos vídeos: Vinicius Lourenço (WebVL Desenvolvimento)

Instalações elétricas e informática: Sidney Carlos Rigo Júnior e Reginaldo Roberto dos Santos

Serviços administrativos: Paulo Henrique Villani.

Colaboradores: André Luiz da Silva, Jorge Hönel, Valter Libero, Edilson Carlos da Silva

Agradecimentos: FAPESP, Pró-Reitoria de Graduação-USP, Rádio UFSCar

Obrigada!