

Neutrinos são partículas elementares sem carga e com uma massa minúscula, ainda indeterminada. Eles interagem muito fracamente com a matéria, por isso é difícil detectá-los. Alguns experimentos gigantes foram feitos na Terra para detectar neutrinos.

Neutrinos são criados por reações nucleares, como aquelas que ocorrem no centro das estrelas ou em experimentos nucleares. Em explosões de supernovas, mais de 99% da energia pode ser liberada com os neutrinos.

Apesar da pequena massa, neutrinos podem ser tão numerosos que podem influenciar a história do Universo.

Direita: O Observatório de Neutrinos IceCube. Milhares de sensores foram colocados sob o gelo da Antártica, distribuídos por um quilômetro cúbico para a detecção de neutrinos.



Quando uma estrela com 8 a 30 massas solares explode em supernova, uma estrela de nêutrons se forma. Ela é tão densa que uma colher de chá pesaria um bilhão de toneladas!

Estrelas de nêutrons são compostas de nêutrons e giram até centenas de vezes por segundo, acelerando as partículas em sua atmosfera até quase a velocidade de luz e gerando um estreito feixe de radiação. Em alguns casos, esse feixe varre a Terra, tornando essas estrelas detectáveis como pulsares*. O pulsar mais rápido, PSR J1748-2446ad, gira 716 vezes por segundo!

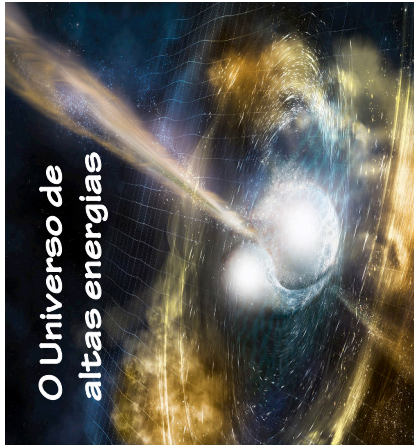
Durante a explosão da supernova que leva à formação de estrelas de nêutrons, além da luz, um enorme corrente de neutrinos deixa a estrela quase à velocidade da luz. Alguns destes são observados na Terra.

* Ver TUIIMP 10 9

Neutrinos

Estrelas de nêutrons

O Universo no meu bolso

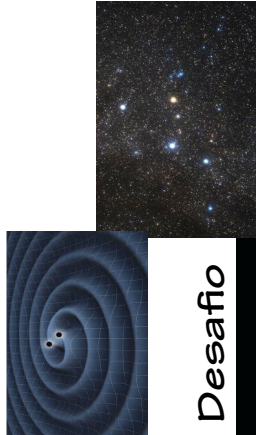


O Universo de altas energias

Mimoza Hafizi
Universidade de Tirana



Quais dessas imagens **não** representa um fenômeno de altas energias no Universo?



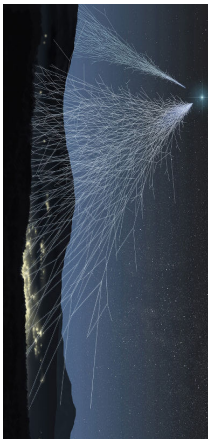
Desafio

Respostas no verso

Raios cósmicos

Não apenas fótons, neutrinos e ondas gravitacionais chegam a nós do espaço. O Universo de altas energias também nos envia partículas carregadas, principalmente prótons, mas também elétrons e núcleos de átomos; estes são chamados raios cósmicos. Bilhões de bilhões de partículas de raios cósmicos bombardeiam a Terra vindas do espaço a cada segundo. Descobertos no início do século XX, eles ainda são de origem incerta. Partículas de raios cósmicos podem transportar enormes energias e viajar quase à velocidade da luz. Em casos extremos, sua energia cinética pode ser bilhões de bilhões de vezes maior do que sua energia em massa de repouso.

13



Uma visão artística sobre o impacto dos raios cósmicos na atmosfera da Terra. Na interação com as moléculas atmosféricas, produz-se uma "chuva" de partículas elementares. Algumas dessas partículas podem atingir alguns dos milhares de detectores implantados por cientistas em redes que cobrem vários milhares de quilômetros quadrados.

Após um século de numerosos experimentos, os dados científicos até agora levam à conclusão de que uma fração significativa dos raios cósmicos se origina de fora da nossa galáxia, em explosões de supernovas ou em Núcleos Ativos de Galáxias*.

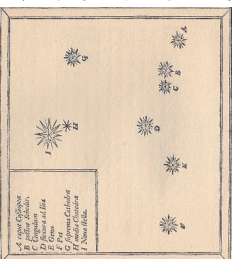
* Ver TUIIMP 6 12

Supernovas

Que surpresa seria se você observasse o céu e de repente observasse uma nova estrela brilhando em um lugar que estava antes vazio! Talvez você gntasse: uma nova estrela nasceu! Uma nova, como em latim. Ou supernova, se a nova luz é extremamente poderosa! O primeiro desses casos foi o da 'estrela convidada' vista pelos astrônomos chineses em 1054*.

Na verdade, essa luz não sinaliza o nascimento de uma nova estrela: uma supernova é a explosão de uma estrela existente. A explosão é tão grande que em poucos minutos ela libera tanta energia quanto o nosso Sol durante toda sua vida de 10 bilhões de anos! Depois, o brilho decai e a estrela se torna invisível novamente. O que resta é uma estrela de nêutrons ou um buraco negro. Os telescópios mostram uma grande quantidade de matéria indo embora.

* Ver TUIIMP 10 5



Quando apareceu, a supernova de Tycho era tão brilhante quanto Vênus, embora a explosão tenha ocorrido a cerca de nove anos-luz de distância. Ela ficava mais fraca dia após dia e, depois de dois anos, não podia mais ser vista a olho nu.



Esquerda: A supernova 2010lt, descoberta por uma menina de dez anos, Kathryn Gray. A explosão aconteceu a 240 milhões de anos-luz de distância.

4

Mesmo a olho nu, vemos que alguns objetos celestes são mais brilhantes que outros. Eles estão mais perto de nós e, portanto, parecem mais brilhantes? Ou liberam mais energia? Astrónomos sabem medir as distâncias de muitos corpos celestes, então podem estimar a energia que emitem na luz visível. Usando detectores especiais para o domínio de altas energias, eles também podem medir a energia invisível ao olho, emitida por fótons de alta energia (UV, X e raios gama*), partículas de alta energia (neutrinos, raios cósmicos) e ondas gravitacionais. Alguns dos objetos que emitem no domínio de altas energias, como supernovas, estrelas de nêutrons, buracos negros ou núcleos ativos de galáxias, emitem quantidades extremas de energia. Eles irradiam bilhões de vezes mais energia do que o nosso Sol.

5 *Ver TUIIMP 2

TUIIMP Creative Commons




Para saber mais sobre essa série e sobre os tópicos apresentados neste livrinho, por favor visite <http://www.tuiimp.org>

Imagem da capa: Ilustração de um artista de duas estrelas de nêutrons que estão se fundindo. [Crédito: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simmonett]

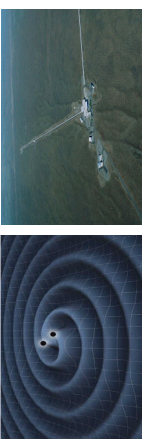
Este livrinho foi escrito em 2018, por Mirmoza Hafizi da Universidade de Tirana (Albânia), revisado por Stan Kurtz do Instituto de Rádio Astronomia da UNAM Radio em Morelia (México) e traduzido por Natália Vale Asari, da Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil).

O Universo no meu bolso No. 9

Erupções de Raio Gama

Erupções de Raios Gama (ERG) são os eventos eletromagnéticos mais poderosos que ocorrem no Universo. Sua energia, liberada principalmente na forma de fótons gama, pode exceder mil vezes a de uma supernova. Descobertos cinquenta anos atrás, sua física ainda não é totalmente compreendida. A ERG pode ser de curta duração (de dezenas de milissegundos a alguns segundos) ou de longa duração (de segundos a horas). ERGs longas estão ligadas a surtos estelares, durante uma explosão de supernova. Acreditase que ERGs curtas se originem da fusão de duas estrelas de nêutrons ou de uma estrela de nêutrons e um buraco negro. Os telescópios-satélites descobrem cerca de uma ERG por dia.

* ver TUIIMP 2



Esquerda: Diagrama mostrando a colisão entre dois buracos negros. As ondas se propagam como ondas em uma piscina representam ondas gravitacionais. A primeira onda gravitacional detectada por humanos em 14 de setembro de 2015 nos informou sobre tal colisão, que aconteceu há 1,3 bilhão de anos entre um par de buracos negros de 36 e 29 massas solares. A potência liberada durante tal colisão foi maior que a da luz irradiada por todas as estrelas do Universo!

Direita: Uma foto do local do LIGO Hanford, um dos observatórios onde ondas gravitacionais são detectadas. A forma de onda observada corresponde às previsões da Relatividade Geral desenvolvida por Albert Einstein.

O impacto dos raios cósmicos com a atmosfera da Terra

O evento GW170817 visto pelo observatório espacial Chandra em raios-X

A supernova 2010ql, de alta energia!

As cinco estrelas mais brilhantes da constelação de Casiopeia são 1000 vezes mais brilhantes que nosso Sol. Mas isso não é chamado de alta energia!

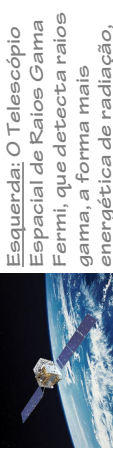
Uma ilustração demonstrando a colisão entre dois buracos negros

Na constelação de Casiopeia, as cinco estrelas mais brilhantes formam um 'W'. Essas estrelas são até mil vezes mais brilhantes que nosso Sol. Mas elas não emitem no domínio de altas energias. Instrumentos especiais usados para astrofísica de altas energias são capazes de detectar raios UV, X e gama emitidos por certos objetos. Os forômetros medem a quantidade de luz proveniente desses objetos e nos fornecem uma medida precisa da energia total que eles emitem. Muitos objetos emitindo em altas energias não podem ser detectados na luz visível.

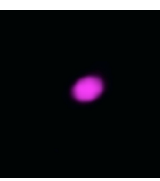


Buracos negros

Quando uma estrela com massa acima de 30 massas solares explode em supernova, um buraco negro de várias massas solares se forma em seu centro, dentro de uma região de poucos quilômetros. Por que esse nome incomum? Porque um buraco negro tem uma gravidade tão forte que nada pode escapar dele. Nem luz, nem partículas! Como então podemos observá-los? Por sua influência aos seus arredores! Sua energia gravitacional é enorme, porque sua massa está concentrada em uma região muito pequena. Essa energia pode ser liberada na forma de ondas gravitacionais. Ondas gravitacionais foram observadas pela primeira vez em setembro de 2015. Elas foram produzidas pela colisão de dois buracos negros.



Esquerda: O Telescópio Espacial de Raios Gama Fermi, que detecta raios gama, a forma mais energética de radiação, um milhão de vezes mais energética que a luz visível. Em 17 de agosto de 2017, o telescópio Fermi detectou uma curta Erupção de Raio Gama (ERG), apenas 1,7 segundo depois que um sinal de onda gravitacional atingiu os observatórios da Terra. Ambos os sinais se originaram do mesmo evento, duas estrelas de nêutrons que se fundiram, a 130 milhões de anos-luz da Terra. Mais tarde, esse evento foi observado em raios X, luz ultravioleta e outras bandas do espectro eletromagnético.



Direita: A mesma ERG vista em raios-X pelo Observatório Espacial Chandra, 9 dias após a explosão.