

REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

Ano 11 - Nº 44 - Dezembro/2024

AstroNova

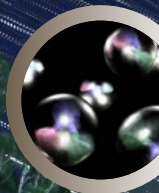
**A DESCOBERTA
DOS RAIOS GAMA**



QUASARES



**O QUE SÃO PARTÍCULAS
"FUNDAMENTAIS"**



**UM COMETA
EXCOMUNGADO?**



ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL 

ATIVIDADES NA ESTAÇÃO ESPACIAL TIANGONG 

AGENDA DOS LANÇAMENTOS ESPACIAIS 



Wilson Guerra
GCAA

EDITORIAL

Chegou o verão, e com ele a edição n. 44 da revista AstroNova.

Por coincidência, tal como na edição passada, nesta edição um cometa pôde dar o ar da graça em nossos céus. É o C/2024 G3 Atlas. Na direção do por do Sol, assim que anoitecer, ele poderá ser visto próximo ao horizonte. Se ele colaborar, pois os cometas são muito imprevisíveis.

Voltando à nossa edição, começamos com uma matéria sobre a descoberta dos Raios Gama, uma forma de radiação eletromagnética muito energética, conforme explica Ricardo Francisco Pereira. Ele também contribui nesta edição com

outro texto, uma curiosidade histórica da suposta "excomunhão" do cometa Halley, fato atribuído por alguns na obscura Idade Média.

Em seguida, Rafael Cândido faz uma apresentação geral dos Quasares, os objetos mais misteriosos e energéticos do Universo.

Na sequência, Luiz Felipe Demétrio nos traz uma matéria muito completa sobre partículas fundamentais, e nosso entendimento, até a atualidade, da constituição básica da matéria.

Claro que a Astronáutica, não fica de fora, com a agenda de lançamentos espaciais e um resumo das atividades nas estações espaciais Internacional e Tiangong.

Uma boa leitura!

EXPEDIENTE

Conselho editorial:

Adriane Casteleira
Maico A. Zorzan
Rafael Cândido Jr.
Wilson Guerra

Redatores desta edição:

Adriane Casteleira
Luiz Felipe Demétrio
Rafael Cândido Jr.
Ricardo Francisco Pereira

Arte e Diagramação:

Wilson Guerra

Astrofotos:

Adriane Casteleira
Bruno Bonincontro
Ricardo Francisco Pereira

Capa:

Star Trail na direção Norte
Astrofotógrafo: Ricardo F. Pereira



A DESCOBERTA DOS RAIOS-GAMA

09



QUASARES: OS OBJETOS MAIS ENERGÉTICOS DO UNIVERSO

11



O QUE SÃO PARTÍCULAS "FUNDAMENTAIS"?

19



COMETA EXCOMUNGADO?

27



PRINCIPAIS LANÇAMENTOS DO TRIMESTRE

EUA

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Satélites Starlink
Local: base de Vandenberg
Data: 18/01/2025

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Crew Dragon: tripulação da ISS
Local: centro espacial Kennedy
Data: 4 ou 5/11/2024

Foguete: Falcon 9 (SpaceX)
Sonda Lunar da Intuitive Machines
Local: centro espacial Kennedy
Data: 26/02/2025

RÚSSIA

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Nave cargueira Progress MS-29 com mantimentos para a ISS
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 28/02/2025

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Soyuz MS-27: tripulação da ISS
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 08/04/2025

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Satélites de imageamento 3D
Local: Cosmódromo de Vostochny
Data: 17/03/2025

Foguete: Soyuz 2 (Roscosmos)
Bion-M, testes biológicos.
Local: Cosmódromo de Baikonur
Data: 25/03/2025

EUROPA

Foguete: Ariane6 (Ariane Space)
CSO-3 satélite de alta resolução
Local: Guiana Francesa
Data: 25/02/2025

Foguete: Vega C (Ariane Space)
Satélite Biomass (observação da Terra)
Local: Guiana Francesa
Data: março/2025

JAPÃO

Foguete: H-3
Michibiki; satélite de navegação
Local: centro espacial Tanegashima
Data: 01/02/2025

PRINCIPAIS LANÇAMENTOS DO TRIMESTRE

Foguete: Longa Marcha 2D (CNSA)

Lançamento inaugural

Local: base de Jiuquan

Data: 17/02/2025

Foguete: Longa Marcha 8

Satélites de comunicação G60

Local: base comercial de Wenchang

Data: janeiro/2025



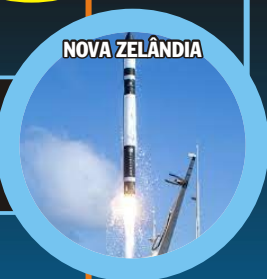
NOVA ZELÂNDIA

Foguete: Electron (RocketLab)

Satélites Kinéis (França)

Local: Base da península Mahia

Data: janeiro/2025



ÍNDIA

Foguete: LVM-3 (ISRO)

Cápsula GaganYaan: teste não-tripulado

Local: Centro Espacial Satish Dhawan

Data: março/2025



ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Tripulação atual

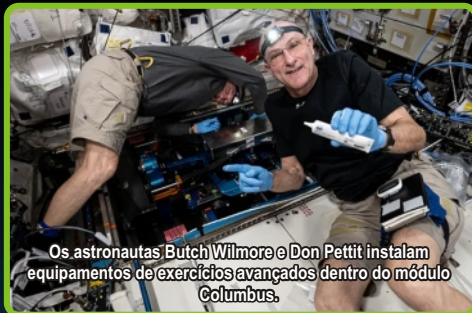


Próximas Expedições

Crew-10: SpaceX (25/03/2025)



Principais atividades: outubro a dezembro/2024

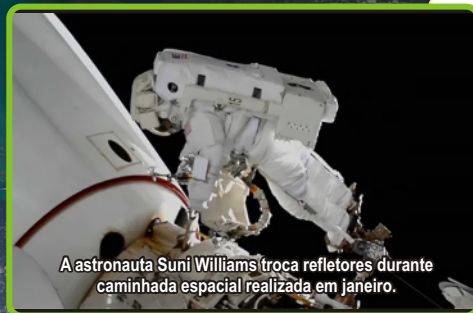


Os astronautas Butch Wilmore e Don Pettit instalam equipamentos de exercícios avançados dentro do módulo Columbus.

Soyuz MS-27: Roscosmos (08/04/2025)



Cosmonauta Ivan Wagner realizar sua primeira caminhada espacial, enquanto instala equipamentos na parte externa da ISS.



A astronauta Suni Williams troca refletores durante caminhada espacial realizada em janeiro.

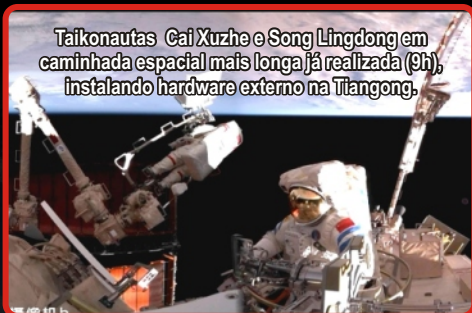
Estação Espacial Tiangong

Principais atividades: outubro a dezembro/2024

Tripulação atual (Shenzhou-19)



Taikonautas Cai Xuzhe e Song Lingdong em caminhada espacial mais longa já realizada (9h), instalando hardware externo na Tiangong.



Troca de tripulação: Shenzhou-18 e 19.



Tripulação dá sequência a experimentos científicos.



COMEÇANDO NA ASTRONOMIA

Esta sessão da revista é dedicada aos alunos e professores do Ensino Fundamental e Médio e a todos os que querem aprender mais sobre Astronomia, a partir do básico.

#9 SISTEMA ASTRONÔMICO DE UNIDADES

Unidade Astronômica

A Unidade Astronômica (UA ou AU, do inglês) é uma unidade de comprimento equivalente a média da distância da Terra ao Sol.

A UA foi originalmente concebida como a média do afélio e periélio da Terra. Contudo, desde 2012, foi definida uma medida exata de 149.597.870.700m. A Unidade Astronômica é usada, principalmente, para medir distâncias dentro do Sistema Solar.



Objeto	Distância média do Sol em quilômetro	Distância do Sol em UA
Mercúrio	57.910.000 km	0,39 UA
Vênus	108.200.000 Km	0,72 UA
Terra	149.600.000 km	1 UA
Marte	227.940.000 km	1,52 UA
Ceres	414.000.000 km	2,8 UA
Júpiter	778.000.000 km	5,20 UA
Saturno	1.430.000.000 km	9,58 UA
Urano	2.870.000.000 km	19,20 UA
Netuno	4.500.000.000 km	30,05 UA
Plutão	5.922.000.000 km	39,54 UA
Arrokoth	6.657.105.246,15 km	44,51 UA

Paul Ulrich Villard e a descoberta dos RAIOS GAMA

Ricardo Francisco Pereira

www.recursosdefisica.com.br

Os Raios Gama, que são os mais energéticos do espectro eletromagnético, foram descobertos pelo químico e físico francês Paul Ulrich Villard (1860-1934) em 1900, quando ele estudava as propriedades do Urânio. Ele notou que esse material radioativo emitia uma forma de energia que não conseguia ser desviada por campos elétricos ou magnéticos e não se encaixava nas categorias conhecidas até então. Também descobriu que essa

nova radiação era mais penetrantes que os Raios Alfa (um núcleo atômico com 2 prótons e 2 nêutrons) e Raios Beta (Elétrons).

Não foi Villard que nomeou essa nova radiação, foi Ernest Rutherford que em 1903 a denominou como Raios Gama.

Somente em 1910 é que o físico britânico William Henry Bragg mostrou que a forma de energia detectada por Paul Ulrich Villard era radiação e não partícula.

Em 1914 os físicos Ernest Rutherford (1871-1937) e

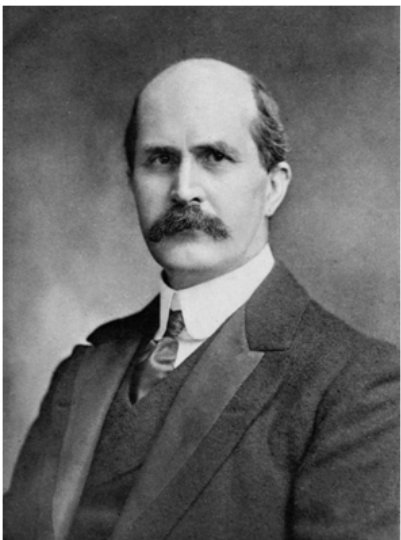
Edward Neville da Costa Andrade mediram o comprimento de onda dos Raios Gama e verificaram eram semelhantes àqueles dos raios X, descobertos anteriormente, com a característica de serem muito curtos, situando-se no intervalo 10^{-11} metro a 10^{-14} metro.

Os Raios Gama têm sido de grande ajuda nos processos de esterilização de equipamentos cirúrgicos e nos processos industriais de inspeção de materiais e de destruição de bactérias em alimentos, em particular



Paul Ulrich Villard.

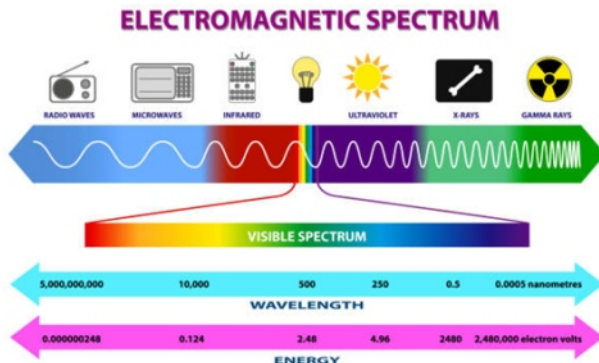
Fonte: Biografias y Vidas



William Henry Bragg.

Fonte: Biografia y Vidas

carnes e vegetais. Embora a exposição excessiva a raios gama provoque o surgimento de câncer no corpo humano, eles são cruciais para o tratamento de tecidos cancerosos e também são usados intensamente para o



Espectro eletromagnético. Fonte: istockphoto

estabelecimento de diagnósticos em medicina nuclear.

Hoje sabemos que, do mesmo modo que os Raios X, os Raios Gama são uma forma de radiação eletromagnética. No entanto, os Raios Gama têm uma energia mais elevada e, consequentemente, um comprimento de onda mais curto do que os Raios X. A linha divisória entre essas duas formas de radiação eletromagnética não é claramente definida. No entanto, essas duas formas de radiação serão distinguidas pela forma como foram geradas. O Raio Gama é uma radiação eletromagnética de alta-energia produzida por transições nucleares. O Raio X é uma radiação eletromagnética de altas-energias produzida por

transições de energia provocadas por elétrons acelerados.

Ricardo Francisco Pereira é professor do Depto. de Física da UEM. É graduado em Física, mestre e doutor em Educação para a Ciência e a Matemática.

Para saber mais:

A Radiação Gama:
<https://www.youtube.com/watch?v=qQmiuRR8wLc>

Raios gama:
<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/raios-gama-1.htm#:~:text=Os%20raios%20gama%20podem%20destruir,caracter%C3%ADsticas%20%C3%ADsticas%20e%20materiais%20s%C3%B3lidos.>

O que são raios gama e por que essa radiação é a mais perigosa?
<https://olhardigital.com.br/2023/12/09/ciencia-e-espaco/o-que-sao-raios-gama-e-por-que-essa-radiacao-e-a-mais-perigosa/>



QUASARES

OS OBJETOS MAIS ENERGÉTICOS DO UNIVERSO

Rafael Cândido Jr.
rafael@astronova.com.br

Provavelmente você já deve ter ouvido falar em quasares. Mas o que são eles? Podemos identificá-los em uma observação amadora? E por qual razão são tão energéticos? Vamos conhecer mais sobre estes interessantes objetos celestes.

Do som para a luz

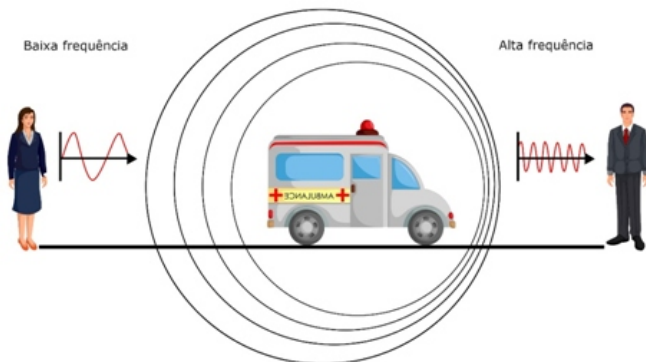
O primeiro passo para

compreender os quasares é compreendermos a dinâmica do som no nosso cotidiano. Como exemplo, usamos a aproximação e afastamento de uma ambulância com a sirene ligada. Considerando a pessoa que vê a ambulância se afastar, a onda sonora está mais espaçada, assim a pessoa ouve um som mais grave com o afastamento da ambulância. Em relação à pessoa que vê a ambulância se aproximar, a onda sonora

está mais comprimida, assim a pessoa ouve um som mais agudo com a aproximação da ambulância. Esse fenômeno é denominado Efeito Doppler, em homenagem ao físico austríaco Cristian Andreas Doppler (1803-1853).

O mesmo acontece com outra onda, a luz. Porém não vemos este fenômeno no cotidiano pois as velocidades dos veículos são muito baixas. Porém no espaço,

Efeito Doppler



Representação gráfica do que ocorre com as ondas sonoras no efeito Doppler. Fonte: InfoEscola.

galáxias e estrelas apresentam velocidades de aproximação e afastamento muito altas, de modo que os objetos celestes observados se aproximando de nós apresentam um desvio para o azul (em inglês, blueshift) e os que se afastam apresentam um desvio para o vermelho (em inglês, redshift).

Entender este conceito de blueshift e de redshift é muito importante para compreender os objetos celestes mais distantes observados, nos quais incluem-se os quasares.

Definição de quasar

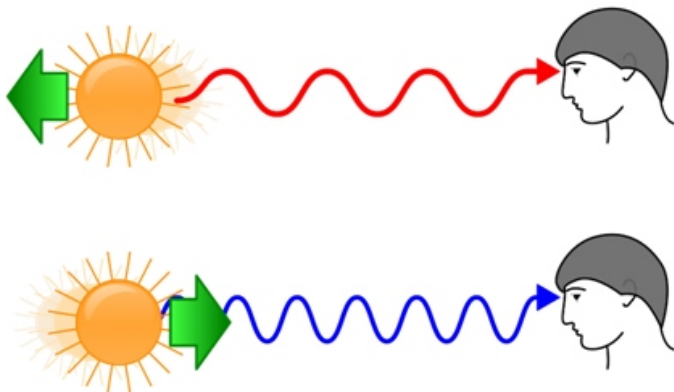
A palavra quasar é uma abreviação da expressão inglesa quasi-stellar radio source, que pode ser

traduzida como fonte de rádio quase estelar. Trata-se de um núcleo galáctico ativo.

Mas o que é um núcleo galáctico ativo? Também denominado AGN, é uma região compacta no centro de uma galáxia que apresenta uma

luminosidade muito maior do que o normal em pelo menos uma parte do espectro eletromagnético. Isto é um indicativo de que esta luminosidade não é produzida por estrelas, mas, muito possivelmente é produzido por acreção de matéria causada por um buraco negro supermassivo no centro da galáxia.

Assim, um quasar é formado por um buraco negro supermassivo, com massa variando entre milhões e bilhões de massas solares envolvido por um disco de acreção. O gás presente neste disco é acelerado, antes de ser engolido, alcançando velocidades e temperaturas altíssimas. Desse modo, um quasar apresenta as maiores emissões de energia do Universo, podendo ter luminosidade milhares de



Uma estrela que se afasta é vista mais avermelhada; enquanto que uma estrela que se aproxima é vista mais azulada. Fonte: Wikipédia.

vezes superior que uma galáxia inteira.

Um novo objeto astronômico

Os primeiros quasares a serem descobertos no final da década de 1950, denominados 3C 48 e 3C 273, foram detectados como fontes de rádio celestes pelo radiotelescópio Lovell em Goostrey, Cheshire, Inglaterra. Na década de 1960, centenas desses objetos foram detectados por ondas de rádio. Em 1963, o quasar 3C 48 foi observado no visível como uma fraca e pálida estrela azulada. Observando o espectro desta 'estrela' foi obtido um espectro muito diferente do esperado para uma estrela. O espectro revelou que este objeto se deslocava com uma velocidade de 47 mil quilômetros por segundo, acima do esperado para uma estrela. Além disso, este valor de velocidade não explicava a intensidade das emissões de ondas de rádio encontradas. Assim, percebeu-se que o que estavam observando era um novo tipo de objeto astronômico que apesar de parecer uma estrela, não era uma (por isso o nome quasi-stellar).

A velocidade tão alta de deslocamento causava os maiores redshifts

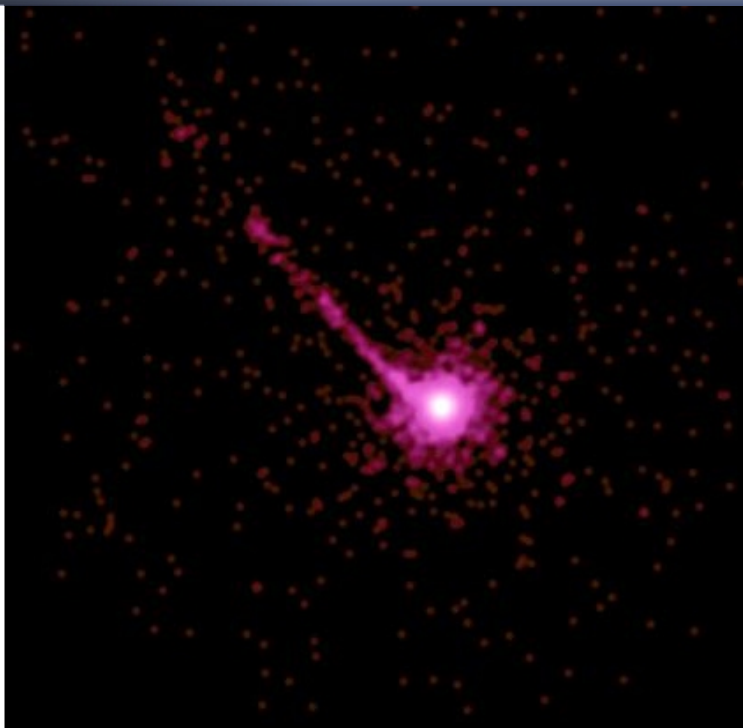


Imagem do quasar PKS 1127-145 obtida em raios-x (em cores falsas) pelo telescópio Espacial Chandra (Nasa).

encontrados, indicando as grandes distâncias em que estes objetos se encontravam. Outras medidas indicavam a massa extrema desses objetos. Além disso, não se encontrava explicação para a intensa energia que era emitida. Em 1964 foi proposta a existência de um buraco negro supermassivo e que a energia emitida era proveniente do disco de acreção no entorno do buraco negro. Porém, nesta época, esta hipótese não foi aceita pois a existência dos

buracos negros era vista como teórica.

Nos anos 70 foram sugeridas outras hipóteses para explicar estes objetos. Foi sugerido que os quasares eram objetos próximos e o alto redshift e a alta luminosidade observados era devido ao escape da luz de um profundo poço gravitacional (o qual não era explicado). A análise da luz mostrava linhas de emissão espectral que só eram observadas em nebulosas gasosas quentes de baixa

densidade, as quais seriam muito difusas para gerar a intensa luminosidade observada. Houveram até sugestões de que os quasares seriam alguma forma estável de antimatéria ou que seriam um buraco branco emitindo matéria.

Ao final desta década, o mecanismo de produção de energia do disco de acreção de buracos negros foi modelado e também foram detectados, através de observatórios espaciais para detecção de raios-X, os discos de acreção dos buracos negros e a presença destes em centros galácticos. Posteriormente, descobriu-se que nem todos os quasares tem forte emissão na faixa de rádio.

Atualmente, sabe-se que os quasares são objetos extremamente distantes, mas extremamente luminosos. Assim, qualquer luz que atinge a Terra é desviada para o vermelho devido à expansão do universo.

Características

Os quasares estão entre os objetos mais luminosos, poderosos e energéticos conhecidos no universo, emitindo até mil vezes a produção de energia de toda a Via Láctea, que contém de

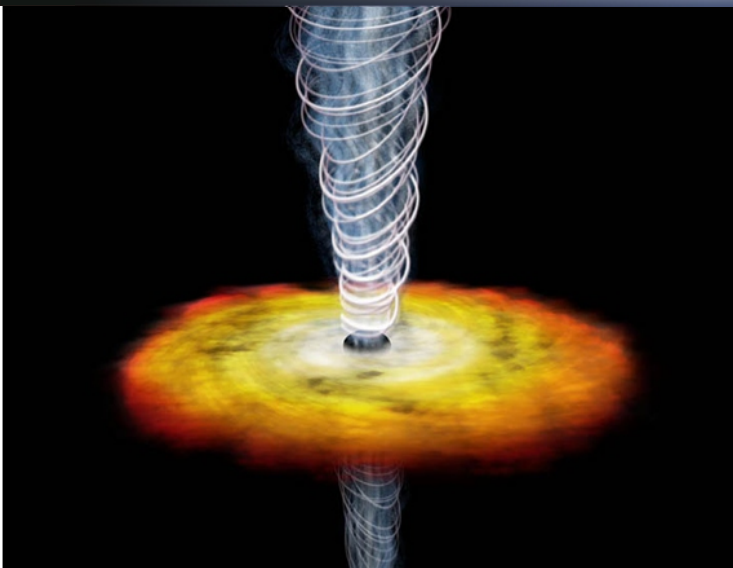


Quasar PG 0052+251 obtida pelo Telescópio Espacial Hubble (Nasa).

200 a 400 bilhões de estrelas. Essa radiação é emitida através do espectro eletromagnético quase uniformemente, de raios X ao infravermelho distante com um pico nas bandas ópticas ultravioleta, com alguns quasares também sendo fontes muito fortes de emissão de rádio e de raios gama. Com imagens de alta resolução de telescópios terrestres e do Telescópio Espacial Hubble, as "galáxias hospedeiras" ao redor dos quasares foram observadas. Essas galáxias são normalmente muito fracas

para serem vistas contra o brilho do quasar, exceto com técnicas especiais. A maioria dos quasares, com exceção de 3C 273, cuja magnitude aparente média é 12,9, não pode ser vista com pequenos telescópios.

A enorme luminosidade dos quasares resultante dos discos de acreção de buracos negros supermassivos centrais provém da conversão entre 6% e 30% da massa do objeto em energia. Em comparação, apenas 0,7% da energia é proveniente do processo de



Representação artística do quasar GB 1508+5714. Em amarelo e laranja, o disco de acreção e, em branco, o blazar, jato de matéria ionizada em velocidade próxima da velocidade da luz.

fusão nuclear da cadeia p-p que domina a produção de energia em estrelas semelhantes ao Sol.

Várias dezenas de grandes galáxias próximas, incluindo a Via Láctea, que não têm um centro ativo e não mostram nenhuma atividade semelhante a um quasar, são confirmadas como contendo um buraco negro supermassivo semelhante em seus núcleos (centro galáctico). Atualmente, há uma hipótese que propõe que todas as grandes galáxias têm um buraco negro desse tipo, mas apenas uma pequena fração tem matéria

suficiente no tipo certo de órbita em seu centro para se tornar um núcleo galáctico ativo e gerar radiação de energia de tal forma a ser vista como quasares.

É muito provável que os quasares tenham sido mais comuns no universo primitivo, já que essa produção de energia termina quando o buraco negro supermassivo consome todo o gás e poeira perto dele. Isso significa que é possível que a maioria das galáxias, incluindo a Via Láctea, já tenham passado pelo estado de núcleo galáctico ativo e, possivelmente, ter um

quasar em seu núcleo.

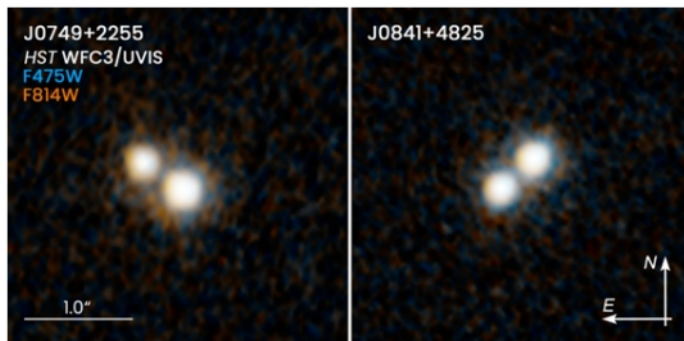
Outra hipótese é a de que os quasares também podem ser reativados quando galáxias normais se fundem e o buraco negro ganha uma nova fonte de matéria. De fato, foi avaliado que um quasar poderia se formar quando a Galáxia de Andrômeda colidissem com a Via Láctea daqui a 3e5 bilhões de anos.

Observações de quasares

Mais de 900.000 quasares foram encontrados até julho de 2023. Todos os espectros de quasares observados têm redshifts entre 0,056 e 10,1; o que significa que suas distâncias variam entre 600 milhões e 30 bilhões de anos-luz de distância da Terra. O quasar com redshift de 10,1 é o UHZ1 e, como visto, sua distância é de 30 bilhões de anos luz.

Uma pergunta é muito pertinente neste momento. Se o universo tem 13,8 bilhões de anos, como pode um objeto astronômico estar a uma distância na qual a luz leva 30 bilhões de anos para nos alcançar?

Isto ocorre porque o universo se expande. Como o espaço “esticou” ao longo do tempo, a luz que viajou por cerca de 13 bilhões de anos cobriu uma distância que



Estas duas imagens revelam dois pares de quasares que existiram a 10 bilhões de anos atrás – Telescópio Espacial Hubble (Nasa).

hoje corresponde a 30 bilhões de anos-luz (lembra-se que anos-luz é distância, não é medida de tempo).

Devido a esta enorme distância, a observação e estudo dos quasares nos fornece informações valiosas sobre como era o Universo nos seus primórdios.

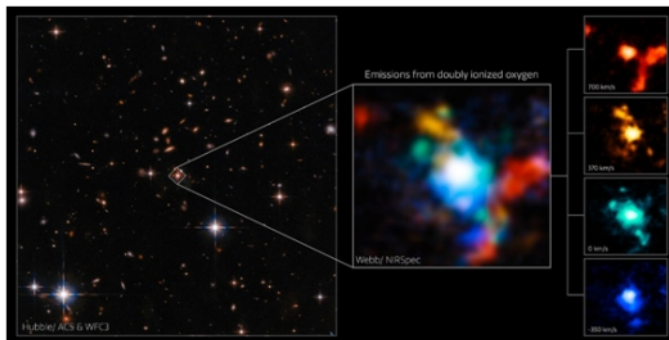
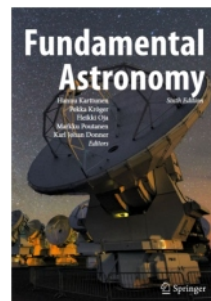
Como os quasares são extremamente distantes, brilhantes e pequenos em

tamanho aparente, eles são pontos de referência úteis no estabelecimento de uma grade de medição no céu. O Sistema Internacional de Referência Celeste (ICRS) é baseado em centenas de fontes de rádio extragalácticas, principalmente quasares, distribuídas por todo o céu. Por serem tão distantes, eles são aparentemente estacionários para a tecnologia atual, mas suas

posições podem ser medidas com a máxima precisão por interferometria de linha de base muito longa (VLBI). As posições da maioria são conhecidas com 0,001 de segundo de arco, que muito mais preciso do que as melhores medições ópticas.

Rafael Cândido Jr. é graduado e mestre em Engenharia Química. Integra o grupo de astronomia Arcturus, da UFABC.

Para saber mais
Fundamental Astronomy,
Hannu Karttunen et al.



O quasar SDSS J165202.64+172852.3 observado pelo Telescópio Espacial Hubble (esquerda), e pelo Telescópio Espacial James Webb em diferentes comprimentos de onda mostrando a distribuição de gases ao redor do objeto.



Nebulosa da Roseta
Astrofotógrafo: Bruno Bonicontro
05/01/2025
Maringá - PR



Uma experiência sob as estrelas

OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA GUIADA E COM TELESCÓPIOS
CAMPING - FOGUEIRA - CAFÉ DA MANHÃ - TURISMO RURAL

Informações

44 9 9176-2171

CARLOS DOMINGUES





O QUE SÃO PARTÍCULAS "FUNDAMENTAIS"?

Luiz Felipe Demétrio
demetrio.luizfelipe.fis@gmail.com

A área mais precisa da Física atual é a Física de Partículas. Ela estuda do que são feitas as coisas, ao mesmo tempo que gera tecnologia para facilitar a vida do ser humano. Ela faz isso estudando o comportamento das chamadas partículas fundamentais, que compõem todas as outras coisas do mundo.

Aqui, fundamental, pode ser entendido como algo que é indivisível, que não é feito de coisas ainda menores. Neste texto iremos destrinchar este conceito, para que você realmente entenda quais são os blocos dos quais todas as coisas do nosso mundo são construídas.

1. O Cotidiano

Para entender o

funcionamento das menores coisas do universo, é melhor começarmos bem devagar. Vamos então começar em nosso cotidiano, e discutir coisas cada vez mais e mais menores.

Olhe ao seu redor por um momento. O que você vê?

Muito provavelmente você está lendo isso em um celular ou em um computador. Sentado (a) em



Anton van Leeuwenhoek, um dos pioneiros no desenvolvimento de microscópios. Fonte: Wikipédia.

uma cadeira ou deitado (a) em um sofá. Para ler, pelo menos luz e internet você tem que ter, então você deve ter tomadas e/ou lâmpadas em suas proximidades. E claro, a não ser que você seja um eremita, você deve conviver com outras pessoas. Isso já é o suficiente para começarmos.

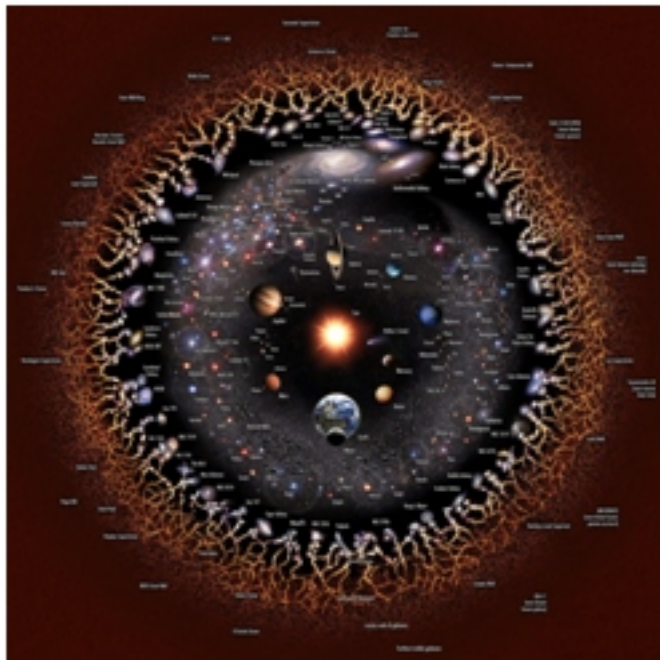
Como você sabe, todos os objetos que discutimos são feitos de peças menores. A cadeira/sofá tem peças de madeira. Os computadores têm peças menores e menores. As lâmpadas

funcionam com substâncias também muito menores. Aqui, já poderíamos começar a viajar e nos perguntar: mas quais são as menores coisas do mundo?

Porém, também não é por acaso, ou simplesmente “por diversão” que as pessoas começaram a estudar do que são feitas as coisas: é realmente útil para nossas vidas fazer isso. Por exemplo, você, como todas as outras pessoas, já deve ter ficado doente várias vezes, e precisado tomar remédios. E claro, em casos extremos, as pessoas precisam ir para hospitais e ter tratamento, talvez até fazer cirurgias.

Acontece que nenhuma dessas questões de saúde pode ser explicada e tratada com base apenas no que vemos. Como todos sabem, uma simples gripe é causada por microorganismos: seres minúsculos e invisíveis para o olho humano. Não só isso, mas também é por causa deles que deve-se ter muita higiene em hospitais, principalmente em cirurgias. Caso os médicos não limpem suas mãos constantemente, podem infectar os pacientes com mais microrganismos.

O exemplo das doenças mostra que não é preciso ir muito longe do cotidiano

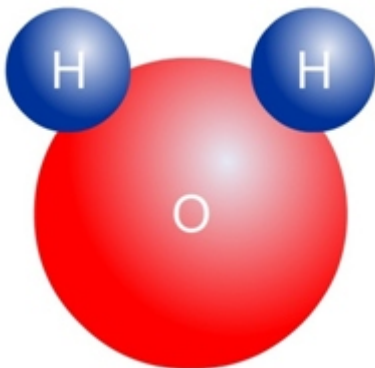


Visualização em escala logarítmica de nosso universo. Note a quantidade de escalas das coisas. Lembrando que nesse texto focamos nas coisas pequenas, e não nas grandes. Fonte: Wikipédia.

para “ver” que somos influenciados por coisas tão pequenas que não podemos ver. No caso, a maioria dos vírus que causam doenças são cerca de 1 milhão de vezes menores do que 1 metro, com algumas variações. Aqui, vamos falar de coisas cada vez menores, e é muito fácil de se perder a noção do tamanho das coisas. Para acompanhar, você pode explorar o site A Escala do Universo, que nos dá uma noção do tamanho de todas essas coisas e muitas outras.

2. O Tamanho das Coisas

Os micróbios e vírus são exemplos de seres vivos muito menores do que nós, e invisíveis a olho nu. Porém, esses seres também são feitos de coisas ainda menores, que por si só não tem vida: são as moléculas.



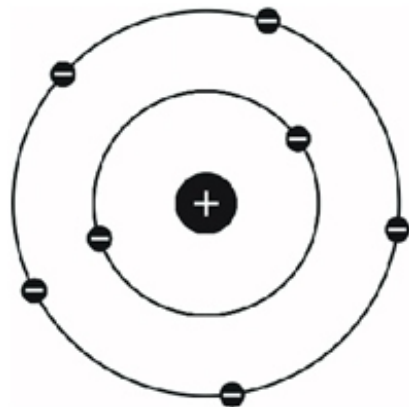
Uma molécula de água (H₂O), composta por dois hidrogênios (H) e um oxigênio (O)
Fonte: Media Portal.

Uma molécula é a menor unidade de uma substância. Temos moléculas de água, por exemplo. Elas possuem tamanho variado, mas são em geral menores do que vírus e bactérias. Entretanto, há coisas ainda menores. Como aprendemos na escola, a fórmula da molécula de água, por exemplo, é H₂O. Isso significa que ela é feita de dois átomos de hidrogênio (H), e um de oxigênio (O).

Os átomos são coisas ainda menores que moléculas. A palavra vem de uma ideia grega antiga. Eles haviam proposto que haviam coisas indivisíveis, menores do que tudo. Por isso o nome: átomo significa “indivisível” em grego. O tamanho dos átomos varia, mas normalmente eles são cerca de 10 mil vezes menores que um vírus.

Porém, como aprendemos na escola, os átomos são feitos de coisas ainda menores. Eles têm um núcleo de partículas com carga elétrica positiva e nuvens de partículas com carga elétrica negativa. São os prótons e elétrons, respectivamente. Alguns também têm partículas sem carga: são os nêutrons.

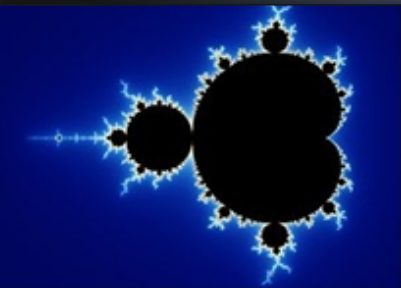
Na escola, normalmente é



Um átomo, com um núcleo positivo (prótons) e partículas negativas (elétrons). O número de prótons e elétrons é o que categoriza os átomos. Fonte: [Research Gate](https://www.researchgate.net).

aqui que paramos. Foi até aqui que os físicos do século XX chegaram. Entretanto, como falaremos com mais detalhe, depois se descobriu que os próprios prótons e nêutrons são feitos de coisas ainda menores: partículas chamadas de quarks. Isso foi descoberto nos aceleradores de partículas modernos. Mas antes de chegar lá, precisamos divagar mais um pouco.

Ao estudar o comportamento de átomos, os cientistas do século XX encontraram comportamentos cada vez mais estranhos. Coisas que não poderiam ser descritas com as leis da Física que estamos acostumados. Era o começo da Mecânica Quântica, a Física do mundo das coisas pequenas.



Fractal de Mandelbrot. A figura aparentemente simples possui complexidade infinita conforme damos zoom. Alguns acreditam que o mesmo pode ocorrer para nosso universo. Para explorar esse fractal melhor, você também pode ver neste [link](#).

Nesse ponto, cabe fazermos uma observação muito importante. Como você deve ter notado, as escalas que o ser humano entendia mudaram com o tempo e a tecnologia. Nesse sentido, os objetos fundamentais mudam com o tempo, sendo uma construção humana. Isso significa que talvez haja coisas menores que as partículas que conhecemos hoje (propostas de teoria de cordas por exemplo).

Há também alguns que acreditam que o universo é infinito no sentido de sempre poder ser quebrado em coisas menores e menores, de forma similar a um fractal¹. Embora definitivamente não seja

consenso no meio científico, alguns cientistas pensam assim, como o físico Sergey Fedosin, conforme um ensaio publicado por ele.

3. Física Quântica

Os estudos sobre o átomo e diversas descobertas ao longo do século XX culminaram no desenvolvimento da Mecânica Quântica. Aqui não nos cabe listar o desenvolvimento histórico dessas teorias, além de isso ser tedioso. Vamos direto para as propriedades que nos interessam, que também são as mais estranhas.

Imagine um elétron. Se quiser, imagine uma “partícula”, seja lá o que isso for. É muito comum imaginar essas coisas como “bolinhas” muito pequenas, praticamente pontos. Nesse sentido, faz sentido falar “esta partícula está aqui” e “está partícula está ali”, assim como coisas do dia-a-dia. No caso, sempre podemos

afirmar que uma cadeira está aqui ou ali, mas não os dois simultaneamente. A

posição de uma cadeira é única.

Imagine agora uma onda. Pode ser uma onda do mar mesmo. As ondas são coisas extensas, e algumas são tão grandes que chegam a quilômetros. Nesse caso, faz sentido dizer que uma onda está “aqui” mas que também está “ali”: ela tem uma extensão, um comprimento de onda. Vemos então que esse conceito é diferente da visão de partículas de antes.

Aqui o leitor pode se perguntar porque comecei a falar de ondas do nada. Parece até que estou “tirando onda”. Mas isso tem tudo a ver com a quântica. Provavelmente um dos conceitos mais importantes da física quântica é o de dualidade onda-partícula. Ele resume o fato de que as partículas, como o elétron, têm também comportamento ondulatório.

A dualidade onda-partícula foi descoberta no chamado experimento da fenda dupla para elétrons, que você pode visualizar abaixo. A ideia é que se acertarmos os dois buracos com vários elétrons, não podemos determinar por qual dos buracos o elétron passou. Isso foi explicado pelo fato de o elétron passar pelas duas

¹ Um fractal é essencialmente um objeto com estruturas que se [repetem infinitamente](#).

² É claro, no exemplo da cadeira ela também tem uma extensão. Toda analogia tem suas limitações, mas o ponto é o mesmo: uma cadeira “quântica” poderia estar em dois lugares (separados) ao mesmo tempo. Já uma cadeira feita de partículas (bolinhas) não poderia.

Tabela periódica dos elementos

Tabela Periódica, que organiza os elementos químicos. Cada elemento corresponde a um diferente tipo de átomo, considerados os objetos fundamentais até o começo do século XX. Fonte: [Wikipédia](#)

fendas ao mesmo tempo, como uma onda. Essa é uma propriedade puramente quântica.

Obviamente, como é de praxe na ciência, essas hipóteses estranhas não são assumidas do nada. Comportamentos similares já haviam sido propostos para fótons, as partículas de luz: elas são ondas e partículas ao mesmo tempo.

Além disso, essa hipótese foi corroborada em diversos experimentos, sendo isso necessário para que a comunidade científica aceitasse uma hipótese tão diferente como essa³.

A dualidade onda-partícula está por trás da maioria dos comportamentos estranhos do mundo quântico, como um objeto estar em dois locais ao mesmo tempo:

todos são ondas. No famoso experimento mental do Gato de Schrödinger, o gato pode estar vivo e morto pelo gato ser uma “onda”, estando espalhado entre as duas possibilidades: vivo e morto ao mesmo tempo. Isso, claro, até alguém medi-lo, e ele então irá colapsar em alguma dessas possibilidades. Mas essa discussão fica para outro dia.

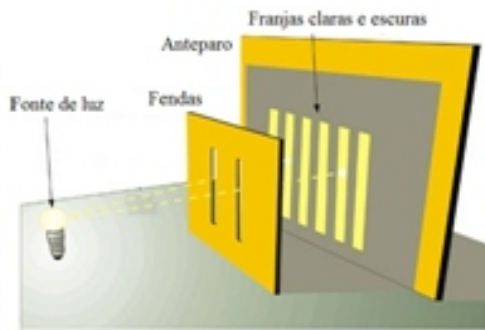
A lição é que no mundo quântico, que é o mundo das coisas mais pequenas que conhecemos, as coisas se comportam como ondas, como vibrações. Mas vibrações do quê? O que está vibrando?

4. Partículas = Ondas

Campos! A Mecânica Quântica foi completa por volta do ano 1925. Ao longo dos anos, ela foi sofrendo

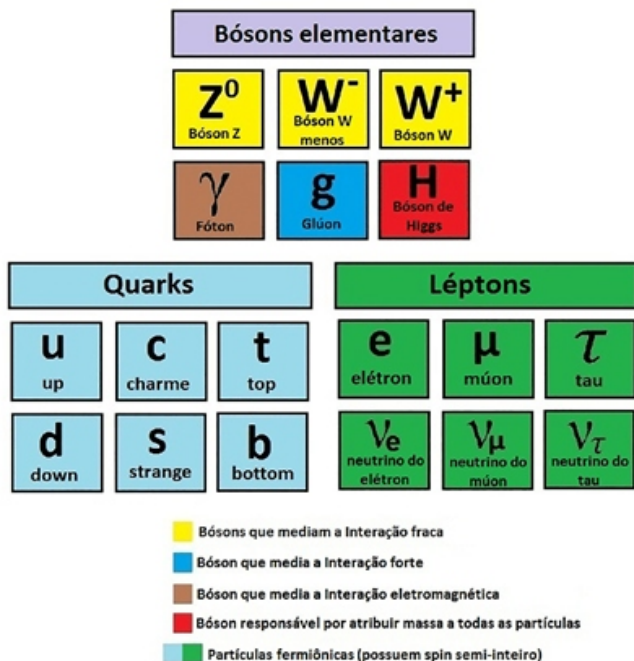


Uma grande onda. Ondas são coisas que são espalhadas, diferentes de partículas. Fonte: Wikipédia.



Experimento da fenda dupla, aqui ilustrado para a luz. Por ser uma onda, a luz passar por ambas as fendas e gera um padrão listrado do outro lado. Surpreendentemente, feixes de elétrons geram um mesmo comportamento, sugerindo que eles também são ondas.

Fonte: Research Gate.



Partículas do Modelo Padrão: a “Tabela Periódica” moderna. Aqui, as partículas são entendidas como ondas, vibrações nos campos fundamentais.

Fonte: [Semantic Scholar](#).

aprimoramentos, pois nenhuma teoria científica é completa. Em particular, algo que foi percebido se fazendo mais e mais experimentos foram que partículas podiam ser criadas e/ou destruídas. Porém, a Mecânica Quântica ainda não conseguia explicar esse fato.

A forma como isso foi feito foi apelando para o eletromagnetismo, velho conhecido dos físicos. Nele, a entidade fundamental é o campo eletromagnético. Aqui, a palavra “campo” se refere a um objeto matemático um pouco abstrato³. Porém, você pode tomar como sinônimo a palavra “líquido” para os

fins deste texto, como já ficara claro. Agora, vamos entender como isso resolveu o problema.

Em 1905, para explicar o Efeito Fotoelétrico (que lhe rendeu o Prêmio Nobel), Albert Einstein postulou que a luz era feita de partículas chamadas de fótons. Como a luz é descrita pelo campo eletromagnético, isso significa que tais fótons deveriam ser manifestações dessa entidade. Essa é a peça que faltava para entender a criação de partículas.

A ideia da chamada Teoria Quântica de Campos (nome chique), a versão aprimorada da Mecânica Quântica, é que as entidades fundamentais são os campos, ou os “líquidos” que preenchem nosso universo. As partículas que observamos são então ondas, vibrações desses campos (= líquidos).

A ideia é parecida com o oceano: ele sempre está lá, tendo ondas ou não. E quando as ondas se chocam, elas podem se aniquilar. As partículas são a mesma coisa: ondas nesses líquidos (os campos), que podem se aniquilar, e inclusive serem criadas com energia.

Na Física contemporânea, os protagonistas, e as menores coisas, portanto as mais “fundamentais” que

³ É claro, além de diversos testes, a Mecânica Quântica é comprovada diariamente por ter tornado possíveis diversas tecnologias, começando pela eletrônica (diodo, transistor), passando por fontes de energia (painéis solares, lasers), e sendo ela que torna possível você ler esse texto. Sem a Mecânica Quântica, os computadores e a internet não existiriam, pois eles são projetados com base na Física do mundo sub-atômico.

⁴ Para os interessados em Matemática, os campos da Física são funções definidas no espaço-tempo: cada ponto é associado a uma quantidade, que pode ser um número, um vetor, ou coisas mais malucas.

conhecemos são esses campos. São líquidos que permeiam o universo inteiro e que cujas ondas correspondem às partículas que estamos acostumados. Assim, cada partícula vem de um campo: tem o campo do elétron, dos fótons, dos quarks (que fazem os prótons), etc. E claro, esses campos interagem entre si: um elétron pode fazer o campo eletromagnético vibrar e criar fótons, e etc.

Tal é o protagonismo dos campos na Física contemporânea que o próprio nome já diz: Teoria Quântica de Campos, e não de partículas. Na verdade, o buraco é até mais embaixo. Os campos existem. E existem para todos os observadores. Entretanto, há algumas situações em que um campo pode aparentar ter partículas para um observador, mas para outro não. É o chamado Efeito Unruh, para quem tiver interesse: observadores acelerados veem partículas onde há vácuo.

Isso fecha então nosso raciocínio: os objetos mais fundamentais (no sentido de ser indivisível) que conhecemos são os campos, e o que chamamos de “partículas fundamentais” na verdade são ondas, vibrações que ocorrem

nesses campos (= líquidos).

Esses são os blocos fundamentais que compõem todas as outras coisas: seres vivos são feitos de moléculas que são feitas de átomos que são feitas de partículas que são ondas em campos que são ... feitos de algo ainda a se descobrir.

Considerações Finais

Nesse texto exploramos um pouco do que são feitas as das coisas. Fomos do cotidiano ao muito pequeno, passando pelos micróbios, vírus, átomos, partículas e campos.

Vimos então que, conforme a ciência evoluiu, nossas fronteiras também o fizeram. Assim, o que chamamos de fundamental muda com o tempo: daqui 100 anos, coisas menores ainda certamente já terão sido descobertas.

Para bem ou para mal, vimos então que, para a ciência atual, as coisas mais fundamentais são os campos: objetos (líquidos) que permeiam o universo inteiro, e cujas ondas são as partículas que conhecemos. Esse é o mais longe que conseguimos ir até agora, com os próximos passos ficando para as gerações futuras.

Luiz Felipe Demétrio é graduado em Física (UEM) e doutorando em Cosmologia (UEL).

Referências:

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

FEDOSIN, Sergey G. Infinite Hierarchical Nesting of Matter. Physics Essays. Disponível em: https://en.wikiversity.org/wiki/Physics/Essays/Fedosin/Infinite_Hierarchical_Nesting_of_Matter.

MUKHANOV, Viatcheslav. Introduction to Quantum Effects in Gravity. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Efeito Unruh: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Unruh

Ensaio de Sergey Fedosin: https://en.wikiversity.org/wiki/Physics/Essays/Fedosin/Infinite_Hierarchical_Nesting_of_Matter



Céu Sul
Astrofotógrafa: Adriane Casteleira
05/01/2025
Sarandi - PR

COMETA EXCOMUNGADO?

COMO SURTIU A HISTÓRIA SOBRE O COMETA HALLEY TER SIDO EXCOMUNGADO POR UM PAPA

Ricardo Francisco Pereira
www.recursosedefisica.com.br

Sim, existe uma história que o Papa Calisto III excomungou o cometa Halley em 1456 porque o cometa causava pânico por ser sinal de uma “cólera divina”. Supostamente foram organizadas procissões solenes para invocar a ajuda de Deus e afastar o malefício associado com a invasão dos muçulmanos. Essa história foi divulgada por pessoas importantes, como o matemático francês Pierre de Laplace (1749-1827) e o astrônomo francês François Arago (1786-1853), entretanto, não passa de

uma lenda contada pelas pessoas.

Não existe quaisquer referências ao cometa Halley nos arquivos papais da época. Ele foi mencionado pela primeira vez no livro A História dos Papas em 1471: “Um cometa cabeludo e avermelhado apareceu durante alguns dias. Os matemáticos profetizaram uma terrível peste, fome e grandes calamidades. Calisto, para desviar a ira de Deus, ordenou que fossem feitas procissões em certos dias para que, se algum mal ameaçasse os homens, Deus o fizesse cair por inteiro sobre os muçulmanos, inimigos do mundo cristão”(ALZUGARAY e

ALZUGARAY, p.14, 1985).

Ou seja, o papa Calisto estava muito mais preocupado com a guerra contra os muçulmanos do que com o cometa.

A partir dos fatos reais, podemos nos perguntar, por que surgem histórias como essas?

Para entender a resposta, é preciso compreender o contexto da época do século XV.

Na antiguidade, os cometas eram frequentemente vistos como sinais de mal agouro devido à sua aparência inesperada e incomum no céu, contrastando com a previsibilidade dos



Cometa Halley, 1986. Fonte: WikiPedia

movimentos dos planetas e estrelas. As sociedades antigas, sem o conhecimento científico que temos hoje, interpretavam fenômenos celestes como mensagens ou presságios dos deuses ou do destino. A chegada súbita de um cometa, com sua cauda brilhante e longa, era percebida como uma ruptura na ordem natural, muitas vezes associada a desastres iminentes, como guerras, epidemias, ou a morte de líderes importantes.

Essas interpretações eram reforçadas por registros históricos onde a aparição de cometas coincidia com eventos catastróficos. Sem uma compreensão científica do que eram os cometas, esses corpos celestes eram vistos como sinais divinos ou

sobrenaturais, indicando a ira dos deuses ou o prenúncio de tempos difíceis. Assim, os cometas ganharam uma reputação de mensageiros de má sorte, influenciando profundamente a cultura e a mitologia de várias civilizações antigas.

No caso específico do cometa Halley, na sua passagem em 1456, o Império Otomano invadiu o reino da Hungria, culminando com o Cerco de Belgrado em junho do mesmo ano. Dado a má fama que os cometas tinham no mundo ocidental na época, não é estranho que a aparição do cometa tenha sido atribuída a coisas ruins na visão da Igreja Católica, dado que ao longo da história, houve casos em que a Igreja, ou figuras

associadas a ela, interpretaram fenômenos científicos de maneira errônea ou transformaram eventos naturais em mitos, especialmente quando o conhecimento científico ainda era limitado ou em conflito com doutrinas religiosas; por exemplo:

- Modelo Geocêntrico e o Caso Galileu: a Igreja Católica apoiou por séculos a visão geocêntrica do universo, baseada nos ensinamentos de Ptolomeu e alinhada com certas interpretações bíblicas. Quando Galileu Galilei defendeu o heliocentrismo, baseado nas observações de Copérnico, ele enfrentou resistência da Igreja, que via sua teoria como contrária às Escrituras. Embora Galileu não tenha sido "excomungado", foi condenado por heresia e colocado em prisão domiciliar.

- Cometas como Presságios Divinos: na Idade Média, a



Papa Calisto III. Fonte: Canal History



Representação do cometa Halley na Tapeçaria de Bayeux, datada da Idade Média. Fonte: Brasil Escola.

Igreja e a sociedade europeia frequentemente viam cometas como sinais divinos de desastres iminentes, alinhando-se com a visão supersticiosa da época. Esse tipo de interpretação reforçava o controle social e religioso, interpretando fenômenos naturais como mensagens de Deus.

• **Relâmpagos e Trovões:** antes da Ciência Moderna, relâmpagos e trovões eram frequentemente considerados manifestações da ira divina. Embora não haja um "mito criado" diretamente pela Igreja sobre esses fenômenos, interpretações religiosas

frequentemente atribuíam esses eventos a punições divinas ou avisos celestiais.

• **Os Fósseis e o Dilúvio:** durante séculos, fósseis de grandes criaturas foram interpretados por alguns teólogos como evidências do Dilúvio de Noé. A ideia era que os fósseis eram restos de criaturas que pereceram no evento bíblico, uma interpretação que serviu para integrar descobertas paleontológicas em uma narrativa religiosa, antes do desenvolvimento da Paleontologia moderna.

• **Eclipses:** em várias ocasiões, eclipses solares e lunares foram vistos como

sinais divinos ou avisos de grandes mudanças. A Igreja, em certos períodos, também interpretou esses fenômenos de acordo com as crenças religiosas predominantes, mesmo que mais tarde compreendesse sua natureza astronômica.

Esses exemplos ilustram como, em épocas anteriores à Ciência moderna, interpretações religiosas frequentemente preenchiam as lacunas de conhecimento e fenômenos naturais eram vistos através de uma lente espiritual ou moral. O mais provável é que essa história da excomunicação do Cometa Halley entra nesse espectro de uma história contada pelas pessoas na época para demonstrar o poder que a Igreja tinha naquele período.

Ricardo Francisco Pereira é professor do Depto. de Física da UEM. É graduado em Física, mestre e doutor em Educação para a Ciência e a Matemática.

Referência

(Livro) ALZUGARAY, Domingo; ALZUGARAY, Cátia. Cometas: Os vagabundos do espaço. Editora Três, 1985.

Para saber mais

Cometa Halley:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Cometa_Halley

Cometa Halley:
<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/cometa-halley.htm>

Cometas:
<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/cometa.htm>



Galáxias M84, M86, M87 e grupo de galáxias próximas

Astrofotógrafo: Bruno Boniconro

25/02/2024

Sarandi - PR



**WWW.
RECURSOSdeFÍSICA
.com.br**

Página que socializa produção de recursos de ensino adaptados à sala de aula e aos professores. Material produzido nas disciplinas do curso de Licenciatura em Física da UEM e em outros projetos coordenados pelo prof. Dr. Ricardo Francisco Pereira.



REVISTA DE DIVULGAÇÃO DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS DA NATUREZA

AstroNova é uma colaboração de entusiastas, estudantes, professores, astrônomos amadores e profissionais para a divulgação de Astronomia e Ciências da Natureza. É trimestral, com divulgação gratuita. É permitida sua reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

Disponível em:
www.astronova.com.br

Nos acompanhe nas redes sociais:

 **[/revistaastronova](https://www.youtube.com/revistaastronova)**

 **[/AstroNovaBrasil](https://www.facebook.com/AstroNovaBrasil)**

 **[/rev_astronova](https://twitter.com/rev_astronova)**

 **[/revistaastronova](https://www.instagram.com/revistaastronova)**