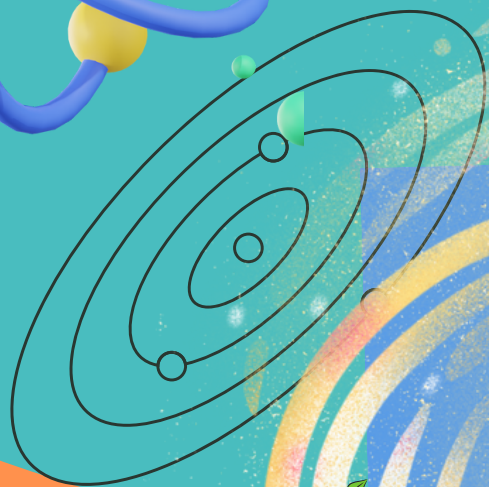
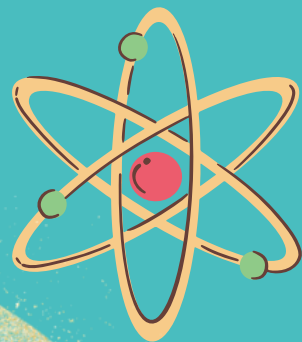


EBOOK



Roberta Thaysa Doca
Editor: Farinaldo Queiroz

O FUTURO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS





Olá PESSOAL. Esse ebook é fruto do Programa de Formação em Física de Partículas e Astropartículas (Código PJ933-2023) vinculado à UFRN. Ele foi escrito pela Roberta Doca e editado por Farinaldo Queiroz.

É uma espécie de Iniciação Científica no Formato EAD cujo objetivo é educar estudantes do ensino médio e graduação e posteriormente produzir um ebook como esse que você irá ler.

Falaremos dos alicerces da Física Moderna, Física de Partículas e algumas curiosidades bastante interessantes para você leitor. Se você estava à procura de um livro ou ebook bastante introdutório sobre Física de Partículas, sua procura acabou.

Vem com a gente.

Sumário

Capítulo 1: Os Alicerces da Física Moderna .	04
Capítulo 2: Introdução ao Mundo Subatômico	06
Capítulo 3: Atores Principais: Partículas Fundamentais	07
Capítulo 4: Caça aos Bósons: Desvendando as Forças Fundamentais	10
Capítulo 5: Fundamentos do Big Bang : A Origem do Nosso Universo	13
Capítulo 6: Futuro da Física de Partículas e Além	18
Conclusão	19
Referências	20

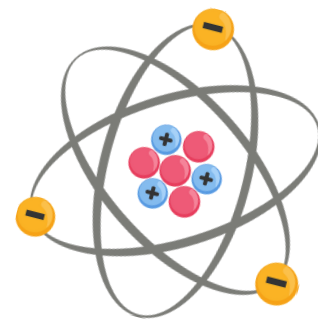
Os Alicerces da Física Moderna

A Impotância do Modelo Padrão



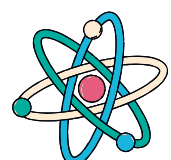
Imagine a Física de Partículas como uma viagem espacial que nos levará uma viagem pelo cosmos subatômico, e nos guiará em uma jornada incrível rumo a novos territórios e conhecimentos.

A primeira parada será o Modelo Padrão, que ao longo desse últimos cem anos identificou centenas de partículas semelhantes às dos próton e nêutron. Levando aos cientistas a concluir que deve haver partículas mais fundamentais em sua estrutura.



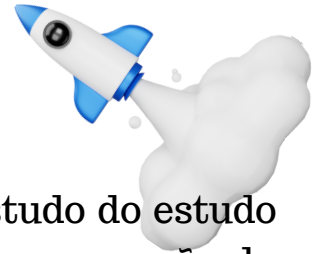
O Modelo padrão é o nome dado a teoria que descreve as partículas elementares e a forma com elas interagem entre si. Considerando a existência de 17 partículas fundamentais, organizadas em três categorias: bósons, quarks e léptons. Aos quais dão origem à matéria e a todos os tipos de interações existentes no universo, no entanto os quarks e os léptons também existem na natureza em forma de antipartículas. Esse modelo pode ser dividido em dois grupos de partículas, os férmions e os bósons.

Férmions		Quarks			Bósons		
		$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$ u up	$1.27 \text{ GeV}/c^2$ c charm	$171.2 \text{ GeV}/c^2$ t top	0 g glúon	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$ H bóson de higgs	
		$4.8 \text{ MeV}/c^2$ d down	$95 \text{ MeV}/c^2$ s strange	$4618 \text{ GeV}/c^2$ b bottom	0 γ fóton		
		$0.511 \text{ MeV}/c^2$ e elétron	$< 105.7 \text{ MeV}/c^2$ μ múon	$< 1.777 \text{ GeV}/c^2$ τ tau	$91.2 \text{ GeV}/c^2$ Z bóson Z		
		ν_e neutrino do elétron	ν_μ neutrino do múon	ν_τ neutrino do tau	$80.4 \text{ GeV}/c^2$ W bóson W		



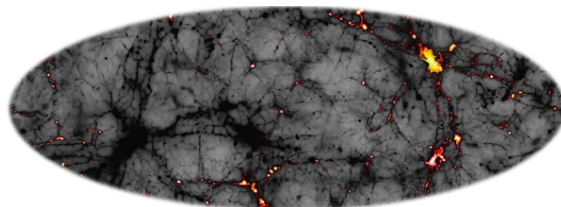
Os Alicerces da Física Moderna

Relevância da Física de Partículas Na atualidade



Nesta segunda parada vamos entender a relevância do estudo do estudo da Física de Partículas. Pois apesar de todo o avanço na compreensão da estrutura da matéria, as partículas correspondentes ao modelo padrão são uma pequena fração da composição do universo.

Observações sugerem a existência de duas componentes desconhecidas, a matéria e energia escura. Para explicar as observações cosmológicas, o universo deveria ter uma composição de aproximadamente 68% de energia escura e 27% de matéria escura, fazendo com que o Modelo Padrão explique aproximadamente 5% da composição do universo.

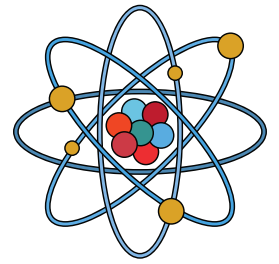


Apesar dos avanços em nosso entendimento sobre a estrutura da matéria, tem ainda muitas questões em aberto. As nossas buscas pelo entendimento das nossas origens baseando-se nas leis da natureza, continua longe de ter um fim. Isso torna a física de partículas uma área de estudo empolgante, não só para os cientistas.



Introdução ao Mundo Subatômico

Definição De Física de Partículas



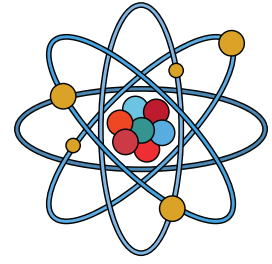
Nesta terceira viagem vamos difundir a Física de Partículas, que é a área de estudo da Física que estuda as partículas elementares e a interação que ocorre entre elas. Essa Física também é conhecida como física de altas energias, pois a criação de várias partículas ocorreu em energias altas, sendo somente possível a detecção delas em altas energias de aceleração.



Partículas elementares são toda porção indivisível da matéria, como os elétrons, ftons, e os quarks. São estudadas pela mecânica quântica, que integram Física Moderna. A física de partículas envolve o nível mais básico da matéria, ou seja, o nível invisível das partículas elementares.



Atores Principais: Partículas Fundamentais



Blocos de Construção: Prótons, Nêutrons e Elétrons

Nessa nova parada pela física de partículas falaremos dos átomos, que é dividido em duas regiões, o núcleo atômico e eletrosfera. O núcleo atômico é caracterizado pela sua grande densidade, concentrando quase toda sua massa atômica em um pequeno volume. É nessa parte que estão localizados os prótons, de carga positiva, e os nêutrons, os quais possuem carga neutra.

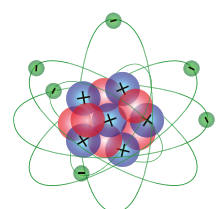
Na eletrosfera, uma região periférica ao núcleo, estão os elétrons, que possuem carga elétrica negativa, e que tem massa insignificante em comparação aos prótons e nêutrons.



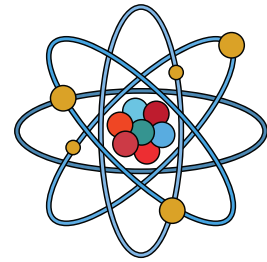
Os átomos são eletricamente neutros e identificados pelo seu número de prótons, conhecido como número atômico.

Os elétrons possuem massa desprezível, por isso, a massa do átomo só depende dos seus prótons e nêutrons.

Os átomos são compreendidos e estudados com base em modelos atômicos, os quais evoluíram de acordo com a ciência e a tecnologia.



Atores Principais: Partículas Fundamentais



Diversidade Subatômica: Quarks e Léptons

O modelo-padrão classifica todas as partículas em relação às suas características, como carga, massa e energia.

Um férmion é um dos dois tipos de partículas elementares, considerado o componente fundamental da matéria. Ele é dividido em dois grupos: quarks e léptons.

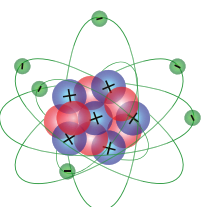
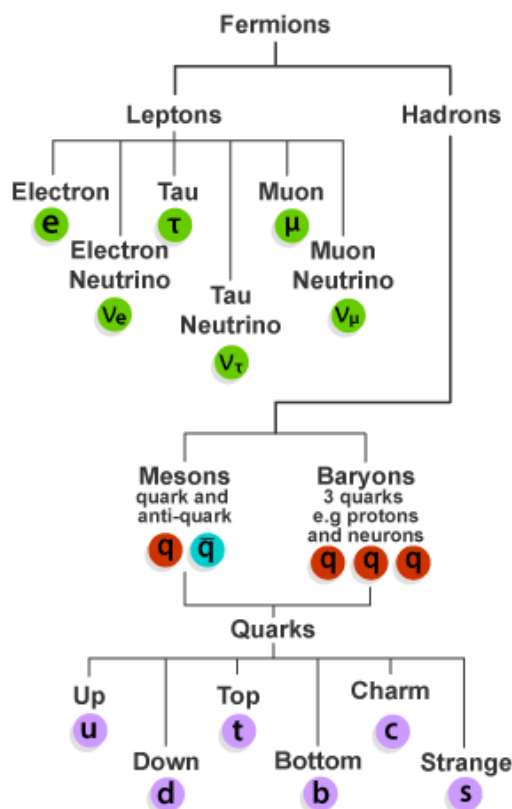
Quarks São as partículas responsáveis pela força forte que formam os Hádrons . Existem seis espécies de quarks, u (up), d (down), c (charmed), s (strange), b(bottom) e t (top), em que cada uma delas possui três cores: vermelho, verde e azul. Eles possuem cargas elétricas fracionadas, que ficam sempre “presas” em outras partículas chamadas hádrons.

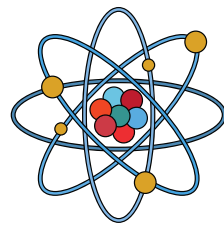
Os hádrons podem ser formados por três quarks ou por apenas um quark e um antiquark, quando são formados por três quarks, os hádrons recebem o nome de bárions, quando formado por um quark e um antiquark, recebem o nome de mésons.

Entre os léptons, existem elétrons, múons, os léptons tau e seus respectivos neutrinos. Os três primeiros possuem carga elétrica, enquanto os seus neutrinos possuem carga elétrica igual nula.

A carga elétrica apresenta apenas dois estados: positivo e negativo.

Todos os férmions possuem massa.



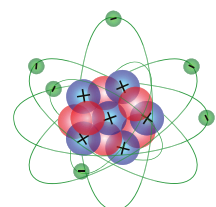
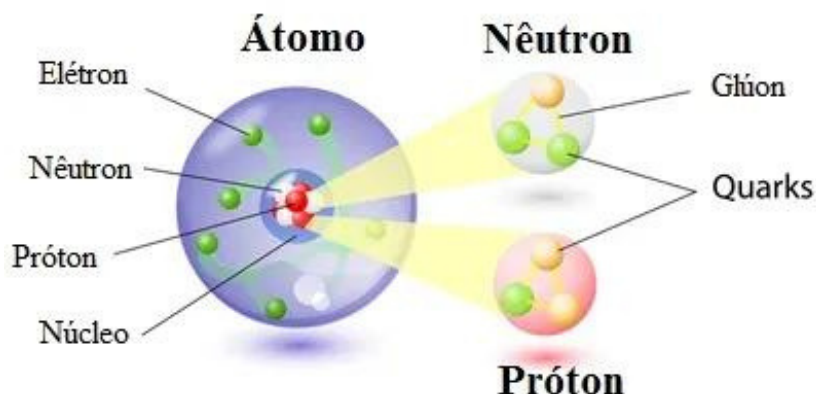


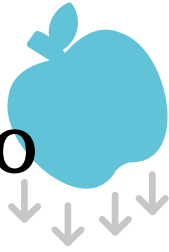
Atores Principais: Partículas Fundamentais

Medidores de Força: Bosons

No Modelo-Padrão, temos os bósons: que partículas sem massa responsáveis pela interação entre os férmions, que podem ser divididos em:

- Fótons - as partículas que mediam a força eletromagnética, que é a responsável pela atração ou repulsão elétrica;
- Bósons Z e W - as partículas que mediam força fraca, que está presente em decaimentos radioativos;
- Glúons - As partículas mediam a força forte, que é responsável pela formação de partículas como prótons e nêutrons;
- O Bóson de Higgs foi a última partícula fundamental a ser descoberta, proposta por Peter Higgs em 1960, e é responsável pela atribuição de massa a todas as demais partículas.





A Caça aos Bósons: Desvendando as Forças Fundamentais

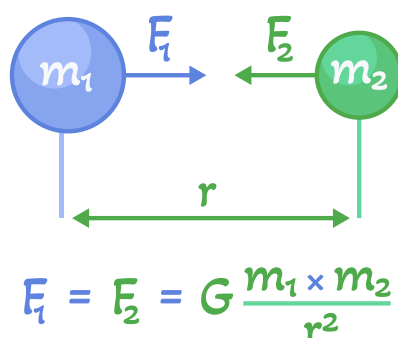
Forças Fundamentais e seus Bósons Associados

Nossa nova parada vai ser Forças fundamentais da natureza, são aquelas que não podem ser descritas em termos básico e estão ligadas as interações presentes na matéria. Existem quatro tipos, gravitacional, eletromagnética, forte e fraca. Cada uma delas atuam sobre um ao mais tipos de partículas e é medida por diferentes tipos de bósons.

- Força Gravitacional

A força gravitacional é atrativa e atua entre todas as partículas que possuem massa (férmions), mas é a mais fraca de todas as forças, sendo praticamente extremamente pequena em níveis atômicos e moleculares. Apesar intensidade baixa em relação às outras forças fundamentais, apresenta o maior alcance (estende-se ao infinito) entre todas as forças fundamentais ele é responsável por dar forma aos planetas, estrelas e galáxias.

O desafio da Física atual é incorporar a força gravitacional à Mecânica Quântica, existem teorias que a força gravitacional é medida por um bóson de spin inteiro (uma espécie de momento angula quântico) chamado gráviton. Na atualidade essa força é explicada pela pela Teoria da Relatividade de Einstein, onde explica que grandes massas tem a capacidade de distorcer a geometria do espaço-tempo. A propriedade responsável dessa interação é a massa dos corpos.





A Caça aos Bósons: Desvendando as Forças Fundamentais

Forças Fundamentais e seus Bósons Associados

- Força Eletromagnética

Pode ser tanto de atração como de repulsão, está relacionada ao sinal da carga. Atua em partículas carregadas (como prótons e elétrons) e nela inclui a força eletrostática, descrita pela lei de Coulomb, e a força magnética, para partículas em movimento. Ela é medida pelos bósons chamados fótons, também responsáveis pela formação dos campos eletromagnéticos. A propriedade que mede a intensidade dessa força é a carga elétrica.

LEI DE COULOMB FÓRMULA DA FORÇA ELÉTRICA

$$F_e = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

F_e : Força elétrica

K : Constante de proporcionalidade

q_1 : Carga 1

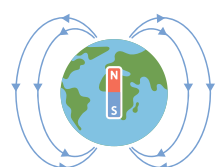
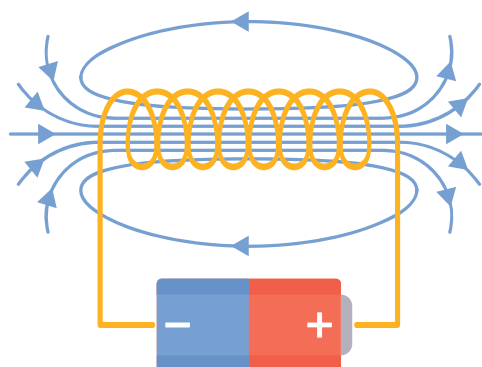
q_2 : Carga 2

d : Distância entre as cargas

$$F = q v B \text{ sen } \theta$$

Diagram illustrating the components of the magnetic force equation $F = q v B \text{ sen } \theta$:

- FORÇA MAGNÉTICA (NEWTON - N)
- CAMPO MAGNÉTICO (TESLA - T)
- CARGA ELÉTRICA (COULOMB - C)
- VELOCIDADE (m/s)





A Caça aos Bósons: Desvendando as Forças Fundamentais

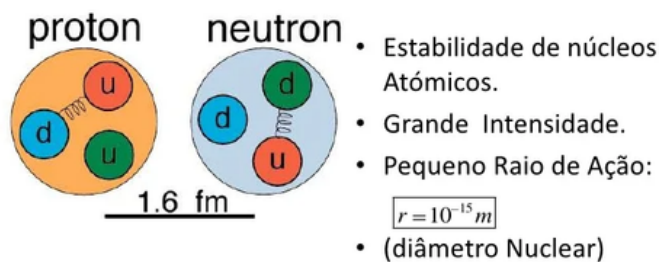
Forças Fundamentais e seus Bósons Associados

- Força Forte

Esse nome deve-se a grande intensidade, ela é responsável por manter o núcleo unido atômicos unidos, apesar da grade força de repulsão elétrica existente entre os prótons.

Tratando-se da força mais forte de toda a natureza, é medida por bósons chamados de glúons.

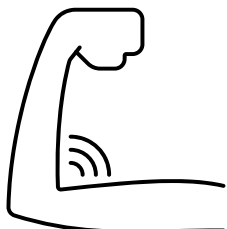
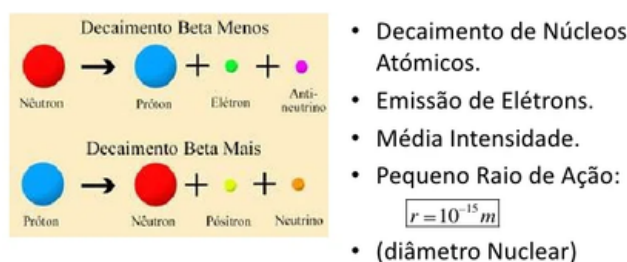
Força Nuclear Forte



- Força Fraca

É a interação entre dois tipos de férmion: léptons e quarks. Sendo ela a responsável pelo decaimento radioativo, realizando a transformação de um quark em outro por meio da emissão de elétrons ou de pósitrons (antimatéria correspondente ao elétron). É cerca de um milhão de vezes mais fraca que a força forte. Essa interação é mediada pelos bósons vetoriais intermediários W^+ , W^- e Z .

Força Nuclear Fraca



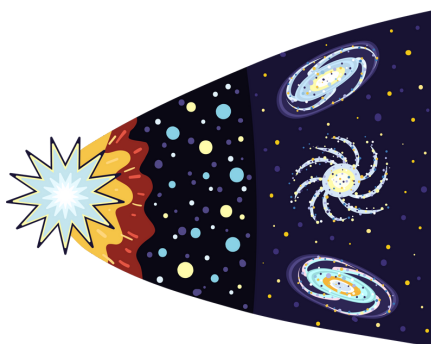


Fundamentos do Big Bang: A Origem do Nosso Universo

Teoria do Big Bang e Evidências

Nesta nova parada vamos falar sobre a teoria do Big Bang, em que descreve a origem do universo a partir de uma expansão violenta de uma partícula muito densa e extremamente quente que teve início há 13,8 bilhões de anos. Essa expansão não cessou, o que pode ser observado por meio do afastamento das galáxias.

Atualmente essa é a teoria mais aceita pela comunidade científica para o surgimento do universo, foi elaborada na década de 1920 e aperfeiçoada à medida que os estudos sobre o cosmos avançaram. Existem elementos comprobatórios do Big Bang, como a radiação cósmica e o afastamento das galáxias.



As principais evidências da teoria do Big Bang é a comprovação da radiação emitida pela interação das partículas que formavam o Universo pouco tempo após o início da expansão, e continua até os dias de hoje sendo transmitida pelo espaço. O afastamento das galáxias com relação ao planeta Terra, que foi explicado pela lei de Hubble, formulada por Edwin Hubble, é utilizado como formulação para comprovar a contínua expansão do Universo.



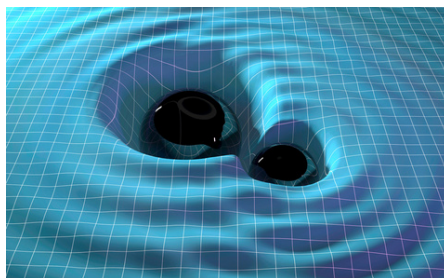


Fundamentos do Big Bang: A Origem do Nosso Universo

Descobertas Notáveis

Curiosamente, os pais fundadores do Big Bang não eram nem astrônomos nem físicos de partículas. Um deles, Alexander Friedmann (1888-1925), era um meteorologista e matemático russo, o outro, o abade Georges Lemaitre (1894-1966), era um padre e matemático belga.

Através desenvolvimento puramente matemático da Teoria Geral da Relatividade de Albert Einstein chegaram a conclusões muito semelhantes. Einstein acreditava que a atração gravitacional entre os corpos decorria de uma curvatura do espaço-tempo provocada pela presença da matéria. Friedmann e Lemaitre partiram das complicadas equações de campo gravitacional de Einstein e, como ele, adotaram a hipótese de um Universo, homogêneo no espaço. Mas, descartaram a ideia de Einstein de um universo imutável no tempo. Isso lhes permitiu chegar, a um conjunto de soluções simples para as equações.



O Universo que essas soluções descreviam estava em expansão em todas as direções com as galáxias se afastando umas das outras. Essa expansão teria se originado a partir da singularidade, um ponto matemático de densidade infinita.

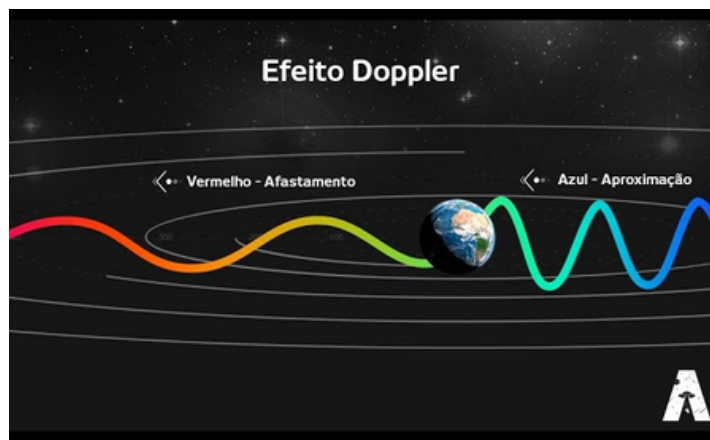




Fundamentos do Big Bang: A Origem do Nosso Universo

Descobertas Notáveis

Em 1929, o astrônomo Edwin Hubble (1189- 1953) fez uma descoberta que seria uma prova a tese da Grande Explosão. Com o gigantesco telescópio do observatório do monte Wilson, na Califórnia, Hubble descobriu que o espectro da luz vindo das galáxias distantes apresentava um red-shift - desvio para o vermelho - e que esse desvio era tanto maior quanto mais distante estivesse a galáxia, observação feita em relação à nossa própria galáxia, a Via Láctea.



A explicação de Hubble era do fenômeno efeito Doppler.



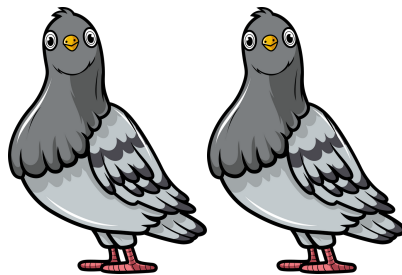


Fundamentos do Big Bang:

A Origem do Nosso Universo

Descobertas Notáveis

Em 1964, dois cientistas ouviram o que a princípio seria aqueles surpreendentes sinais de rádio que levariam à primeira prova confirmada da Teoria do Big Bang, questionando-se se teriam cometido um erro, levantaram varias hipóteses de onde se originariam esses ruídos, Arno Penzias e Robert Wilson até reconstruíram parte do instrumento, mas o ruído permanecia. Chegaram a suspeitar de dois pombos, imaginaram que talvez suas fezes estivessem causando o barulho, prenderam os pássaros e limparam o equipamento, mas os sinais continuaram, e finalmente, concluíram que o barulho talvez era um eco do Universo.



A teoria do Big Bang prevê que o Universo inicial era um lugar muito quente e que, à medida que se expande, o gás dentro dele esfria. E que o Universo deve ser preenchido com radiação que é literalmente o calor que sobrou do Big Bang, que foi chamada de “Radiação Cósmica de Fundo”, também conhecida como ecos do universo. A existência dela foi prevista pela primeira vez por Ralph Alpher, Robert Herman, e George Gamow em 1948. Ela foi observada por acidente por Arno Penzias e Robert Wilson.



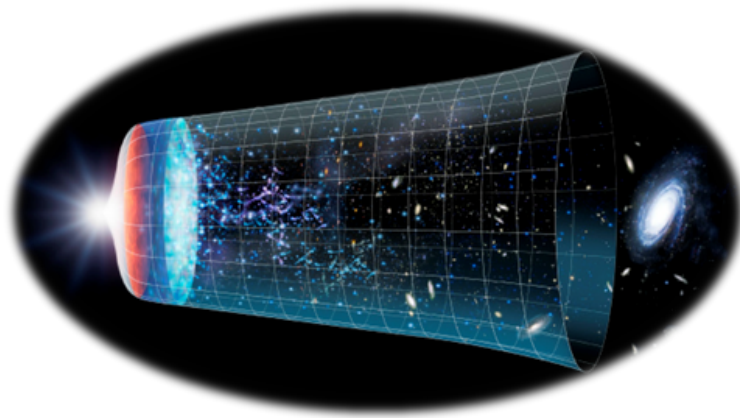


Fundamentos do Big Bang:

A Origem do Nosso Universo

Exploração dos Primeiros Instantes do cosmos

Parece inacreditável , que em um passado remotíssimo toda a matéria que observamos hoje no Universo - distribuída em 100 bilhões de galáxias, cada uma com mais de 100 bilhões de estrelas, pode ter estado tão extraordinariamente concentrada que caberia até com folga na ponta de uma agulha.



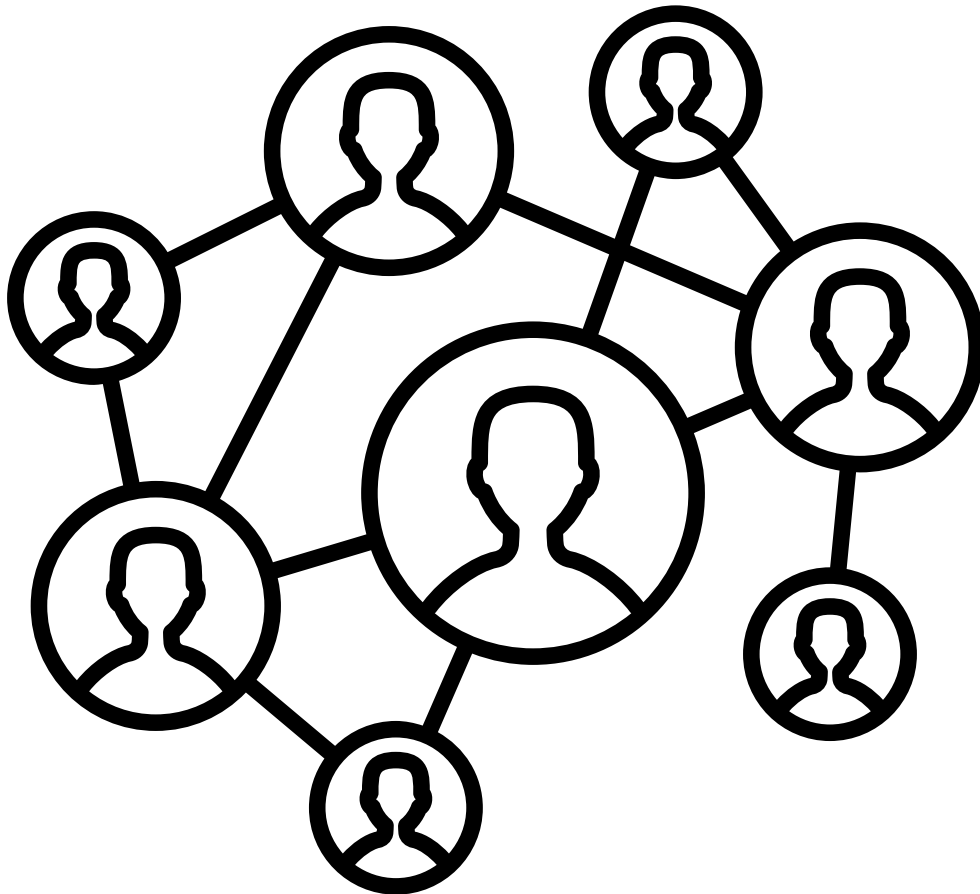
O Universo, era superdenso, e também a sua temperatura atingiria o fantástico patamar de 10^{32} graus Kelvin, mais de um bilhão de bilhão de bilhão de vezes a temperatura média do Sol. De acordo com teoria do Big Bang , o Universo se originou de uma explosão apocalíptica entre 15 e 20 bilhões de anos atrás. A situação que descrevemos refere-se a um instante apenas 10^{-43} segundos após o Big Bang - o algarismo 1 precedido de 42 zeros depois da virgula, - chamado Tempo de Planck.



Futuro da Física de Partículas e Além

Inspiração para as Próximas Gerações

Estamos chegando no fim da nossa jornada, porém não poderia deixar de citar as pesquisas na área de Física de Partículas que está sendo desenvolvida no Rio Grande do Norte, mais especificamente na A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).



Conclusão

Estudantes nas pesquisas futuras

Mas por que pesquisar?

A pesquisa científica desempenha um papel crucial na abordagem dos desafios e na busca por soluções que impactam diretamente a sociedade e a economia. Em uma perspectiva global, enfrentamos uma crescente limitação de recursos, o que tem impulsionado os cientistas a reinventarem suas abordagens. A tomada de decisões torna-se parte integrante do projeto estratégico de desenvolvimento de cada nação. Investir em pesquisas aparentemente não aplicáveis, como a investigação sobre buracos negros ou estrutura microscópica da matéria, pode resultar na criação de instrumentos com aplicações inesperadas, sem relação direta com a motivação original.

Um exemplo foi invenção da World Wide Web (WWW), o mecanismo que estabeleceu a rede mundial de comunicação entre computadores. Essa inovação, teve um impacto na economia internacional é praticamente incalculável, surgiu a partir de experimentos em física básica realizados no CERN.

A educação em ciência, em todos os níveis e áreas, proporciona aos estudantes uma visão fundamentada. Esse tipo de visão é fundamental em uma sociedade em que vivemos, democrática contemporânea. A introdução desse tipo de conhecimento científico à cultura é um aspecto crucial dessa abordagem. Hoje, nos deparamos com questões cujo entendimento, debate e busca por soluções requerem uma base mínima de conhecimento científico por parte da população.

É com base nessas motivações que a autora, ao expressar profundo agradecimento pela oportunidade de participar desse projeto, espera que seja apenas o início de sua jornada nas áreas de pesquisa da Física.

Referências:

BIG Bang. Super Interessante, 2005. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/tecnologia/big-bang>>. Acesso em: 2023 dezembro 2023.

CONHECIMENTO Científico. Partículas subatômicas, o que são? Conceito, aplicação e tipos, 2020. Disponível em: <<https://conhecimentocientifico.r7.com/particulas-subatomicas/>>. Acesso em: 07 dezembro 2023.

EDUCA + Brasil. FÍSICA DE PARTÍCULAS, 2020. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/fisica-de-particulas>>. Acesso em: 09 dezembro 2023.

EDUCA + Brasil. FÍSICA DE PARTÍCULAS, 2020. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/fisica-de-particulas>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

EDUCA + Brasil. ESTRUTURA ATÔMICA, 2020. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/quimica/estrutura-atmica>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

GUITARRARA", ". Big Bang. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/big-bang.htm>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

HELERBROCK", ". Forças fundamentais da natureza. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/forcas-fundamentais-natureza.htm>>. Acesso em: 09 dezembro 2023.

HELERBROCK", ". Modelo-Padrão da Física de Partículas. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>>. Acesso em: 09 dezembro 2023.

HELERBROCK", ". Modelo-Padrão da Física de Partículas. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

Referências:

HELERBROCK, R. Bóson de Higgs. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/boson-de-higgs.htm>>. Acesso em: 07 dezembro 2023.

HELERBROCK, R. Modelo-Padrão da Física de Partículas. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2023.

HELERBROCK, R. Mundo Educação. Modelo-Padrão da Física de Partículas. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>>. Acesso em: 09 dezembro 2023.

HELERBROCK, R. Mundo Educação. Modelo-Padrão da Física de Partículas. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/modelo-padrao-fisica-particulas.htm>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

MENDES, M. Física de partículas: o estudo das partículas elementares. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/fisica-particulas-estudo-das-particulas-elementares.htm>>. Acesso em: 10 dezembro 2023.

PENSANDO O FUTURO. Física para o Brasil, 2005. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaBrasil_Dezo5.pdf>. Acesso em: 08 dezembro 2023.

SUAIDE, A. Ciência e Cultura. Física de partículas no século XXI, 2022. Disponível em: <<https://revistacienciaecultura.org.br/?artigos=fisica-de-particulas-no-seculo-xxi>>. Acesso em: 07 dez. 2023.

SUAIDE, A. Ciência e Cultura. Física de partículas no século XXI, 2022. Disponível em: <<https://revistacienciaecultura.org.br/?artigos=fisica-de-particulas-no-seculo-xxi>>. Acesso em: 09 dezembro 2023.

UFRN assina acordo para participar dos estudos do que poderá ser o maior colisor de partículas do mundo. SBF, 2022. Disponível em: <<https://sbfisica.org.br/v1/sbf/ufrn-assina-acordo-que-garante-ao-brasil-participar-dos-estudos-do-que-sera-o-maior-colisor-de-particulas-do-mundo/>>. Acesso em: 08 dezembro 2023.