



# Da *World Wide Web* às Partículas Elementares

Sebastião Rodrigues-Moura

## Apresentação

É com imensa satisfação que apresentamos a você o material didático sobre física de partículas elementares para contribuir à sua ação docente no ensino médio. Trata-se de uma sequência didática contendo seis lições, nas quais pusemos o tema introdutório sobre o surgimento da *WWW (World Wide Web)* até às partículas elementares da matéria. Você é nosso convidado especial para embarcar em uma viagem pelo charme e pela estranheza do mundo quântico da constituição mais elementar dos constituintes do Universo.

A proposta apresenta uma estreita relação entre os estudantes e sobre o papel do professor mediador das intervenções pedagógicas nas atividades a serem desenvolvidas e, nesse intuito, aspectos do conhecimento científico podem ser utilizados no desenvolvimento da aprendizagem, como o uso de analogias entre o conhecimento científico e o mundo vivencial dos estudantes. Dessa forma, um conteúdo científico que gera novas representações de conceitos e suas relações com os objetivos das atividades propostas pelo professor é mais bem observado.

Aproveite o material!

“O desejo profundo  
da humanidade pelo  
conhecimento é justificativa  
suficiente para nossa busca  
contínua.”

STEPHEN HAWKING

## Equipe de trabalho



### Sebastião Rodrigues- Moura

Mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Especialista em Docência Universitária com ênfase em Educação pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Licenciado Pleno em Ciências Naturais - com habilitação em Física pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Tem experiência em educação em ciências, com ênfase na linha de Ensino de Física Moderna e Contemporânea, atuando principalmente nos seguintes temas: abordagem temática para o ensino de ciências, design e validação de sequências didáticas baseadas no método DBR-TLS e ensino de física através de temas contemporâneos.



### Alexandre Guimarães Rodrigues

Mestre e doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP) e bacharel em Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). No período de 2004 à 2005 participou como pós-doc no Projeto Milênio de Informação Quântica na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). É Professor Associado I da Universidade Federal do Pará. Iniciou pesquisas na área de ensino de física. Realizou entre os anos de 2012 e 2013 Pós-Doutoramento na Universidade de São Paulo nessa área sob supervisão do professor Maurício Pietrocola (FE-USP). Coordena desde 2011 o PCNA, programa de assistência estudantil de cunho didático-pedagógico interligado à questões de ensino-pesquisa e extensão na UFPA.



### Licurgo Peixoto de Brito

Doutor em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), licenciado em Ciências Naturais e Física pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é professor Associado IV da Universidade Federal do Pará, lotado no Instituto de Ciências Exatas e Naturais e no Instituto de Educação Matemática e Científica, atuando na graduação e na pós-graduação em ambos. Possui experiência em Gestão Acadêmica tanto na Universidade quanto na Secretaria de Estado de Educação do Pará onde atuou por cinco anos e meio, e participou de diversas comissões junto ao MEC, INEP e CAPES onde atualmente compõe o Conselho Técnico-Científico da Educação Básica (gestão 2011-2014 e gestão 2014-2017). Já desenvolveu pesquisas na área de Geociências, com ênfase em Métodos Eletromagnéticos, e atualmente dedica-se à pesquisa em Ensino de Ciências com enfoque CTS, atuando principalmente em Ensino de Física Através de Temas, com ênfase em temas regionais da Amazônia.

## “DA WORLD WIDE WEB ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES”

Caro professor,

É com imensa satisfação que apresentamos a você o material didático sobre física de partículas elementares para contribuir à sua ação docente no ensino médio. Trata-se de uma sequência didática contendo seis lições, nas quais pusemos o tema introdutório sobre o surgimento da *WWW (World Wide Web)* até às partículas elementares da matéria. Você é nosso convidado especial para embarcar em uma viagem pelo charme e pela estranheza do mundo quântico da constituição mais elementar dos constituintes do Universo.

A proposta apresenta uma estreita relação entre os estudantes e sobre o papel do professor mediador das intervenções pedagógicas nas atividades a serem desenvolvidas e, nesse intuito, aspectos do conhecimento científico podem ser utilizados no desenvolvimento da aprendizagem, como o uso de analogias entre o conhecimento científico e o mundo vivencial dos estudantes. Dessa forma, um conteúdo científico que gera novas representações de conceitos e suas relações com os objetivos das atividades propostas pelo professor é mais bem observado.

Nossa sugestão é que este material didático esteja sempre acompanhado do “*Guia Didático*”, no qual apresentamos orientações com discussões pertinentes sobre as lições apresentadas e as atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Outra sugestão é que para os estudantes sejam disponibilizados apenas as lições e o modelo de *webfólio* proposto para a construção de conhecimentos. Por isso o professor deve estar atento ao conjunto de informações sobre a presente sequência didática.

Aproveite esse material!

# “DA WORLD WIDE WEB ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES”

## APRESENTAÇÃO

Entre | Crie sua conta

**vejá**<sup>TM</sup> | Vida Digital

### Há 20 anos, a WWW era criada

*Sistema nasceu em um escritório no laboratório europeu CERN, permitindo a criação de serviços tão importantes quanto a televisão e o rádio*

06/08/2011 às 13:47

**A** web faz 20 anos neste sábado. O primeiro website nasceu no dia 6 de agosto de 1991 no escritório do engenheiro inglês Tim Berners-Lee, na época funcionário do CERN, o laboratório de pesquisas atômicas da Europa. Comumente confundida com a própria internet, a web se tornou uma plataforma de comunicação tão importante quanto o rádio e a televisão. O sistema de publicação conhecido como *WWW* nasceu com a ideia de que qualquer pessoa poderia compartilhar conhecimento utilizando uma linguagem de publicação.

A web foi então construída em cima da própria internet, a rede mundial que liga todos os computadores. De lá para cá, grandes empresas surgiram dependendo exclusivamente dela. É o caso do gigante dos gigantes Google e Amazon.

Além disso, a web permitiu o nascimento de ferramentas de comunicação como o Facebook. Cerca de 71% dos adultos americanos estão na rede social, que conta com mais de 500 milhões de usuários em todo o mundo.



A *WWW* é um sistema onde documentos podem ser publicados e posteriormente acessados por meio de um browser, como o Internet Explorer, o Mozilla Firefox e o Google Chrome.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/vida-digital/ha-20-anos-a-world-wide-web-era-criada/>>. Acesso em 20 de maio de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) O que é a *WWW* e qual sua utilidade? Comente.
- 2) Internet e a *WWW*são a mesma ferramenta tecnológica? Ou existe diferença entre elas? Discutam.
- 3) Qual a relação entre a origem da *WWW* e a ciência básica? Explique.

## LIÇÃO 1 | O SURGIMENTO DA WWW (WORLD WIDE WEB)

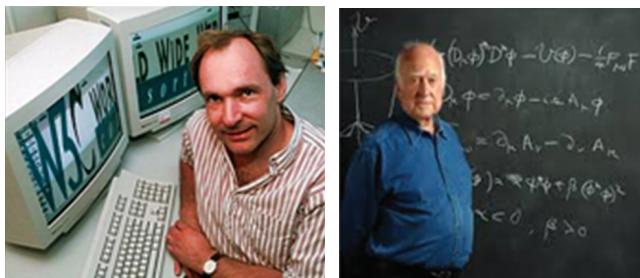
### APRESENTAÇÃO

Olá,

Vamos iniciar uma viagem quântica pela estranheza e charme do mundo das partículas elementares que compõem toda a matéria que compõem o Universo?

Embarque nesse conhecimento!

Para iniciar, vamos participar da atividade “*Imagens na Tela*”. Observe as imagens mostradas pelo seu professor, como as que seguem, que estão diretamente relacionadas com o nosso tema de estudo.



Identifique as imagens que você conhece. Procure relacioná-las com algum assunto já visto na sua formação educacional, justificando o que significam.

As imagens foram retiradas diretamente de pesquisas do site <http://images.google.com/>.

A critério do professor outras imagens poderão ser utilizadas.

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

A história da *WWW*(*World Wide Web*) e da comunicação mundial começa em março de 1989 na Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, mais conhecida como CERN (antigo acrônimo para *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), no qual há atualmente uma comunidade extensa que inclui mais de 10.000 cientistas de mais de 100 países e está localizado na região em Genebra, na fronteira Franco-Suíça. O físico britânico Tim Berners-Lee propôs um projeto para a gestão de informações que ali eram produzidas, mostrando que as mesmas poderiam ser transferidas facilmente por meio de uma rede de computadores entre os cientistas de outros laboratórios.

Berners-Lee, contratado como engenheiro de *software* no CERN, criou documentos em hipertexto interligados em outros ficheiros do seu computador. Com isso, ampliou a ideia de que através da internet tais documentos poderiam ser compartilhados em outros computadores e desenvolveu o sistema *HTML* (*HyperText Make-up Language*), projetando assim páginas com endereço único – as *URLs* (*Uniform Resource Locator*). Para agilizar o compartilhamento dos documentos criou um conjuntos de regras conhecido como *HTTP* (*HyperText Transfer Protocol*) que permitiu a ligação entre os documentos em outros computadores.

No seu projeto de gestão de informações para a criação da *WWW* no CERN, Berners-Lee justificou sua proposta pelo fato de haver um problema na alta rotatividade de cientistas e que muitas informações eram perdidas, haja vista que novas pessoas ali integrariam a organização e os novos membros necessitavam de muito tempo e orientação para compreender as atividades ali desenvolvidas. Nesse sentido, assegurou que se os experimentos no CERN fossem executados uma única vez, todos os dados poderiam ser projetados numa espécie de um grande livro que, juntamente com a mudança de ideias e o avanço das tecnologias disponíveis, mantinham-se nesse livro atualizados e a sua estrutura seria apenas revisada.

Afinalidade de criação da *World Wide Web* deu-se prioritariamente para que os físicos do CERN pudessem compartilhar as informações sobre os aceleradores e os experimentos para investigar a estrutura da matéria. Numa fração infinitesimal de segundos são processados bilhões de processos físicos envolvendo colisões de partículas na busca de uma estrutura elementar, capaz de explicar fenômenos como a origem e evolução do Universo a partir do *Big Bang* e a própria natureza de partículas que compõem a matéria, por exemplo.

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*História de Tim Berners-Lee*”. Duração: 3min e 16s. (Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=PoxvZBszR\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=PoxvZBszR_4)).

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### ATIVIDADE PARA A TURMA

- 1) Criar um *blog* sobre o assunto para grupos de discussão e postagem dos *webfólios* produzidos pelos estudantes. O professor será o administrador do *blog*. A turma irá discutir e escolher um título para o *blog* que ficará disponível para os usuários acessarem e deixar suas sugestões, críticas e considerações.

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) A história do surgimento da *World Wide Web* muitas vezes se confunde com a origem da internet. A internet e a *WWW* revolucionaram o funcionamento tradicional das sociedades ditas modernas e mudou radicalmente o modo de pensar das pessoas. Porém existe uma distinção entre as origens da *WWW* e da internet (ou Internet?). Analise a origem dessas ferramentas e o objetivo de criação.
- 2) Com o surgimento da *WWW* no CERN muito conhecimento de ciência básica foi compartilhado entre os cientistas e até hoje muitas pessoas têm acesso a essas informações. As grandes descobertas apareceram no campo da física de partículas, em que desvendar as

partículas que estruturam o Universo é uma questão fantástica para a ciência e para a produção de tecnologias que forneçam o bem-estar para a sociedade. De um lado temos os avanços científicos, já de outro surgem questões de interesses como de luta política, que envolve decisões de pessoas e grupos de pessoas que repercutem sobre outros seres, e que, portanto, são objetos de avaliação moral. Como você analisa a ética na busca do conhecimento científico quando muitos outros fatores interferem?

- 3) Berners-Lee, o criador da *WWW* no CERN, deixou sua ideia disponível livremente, sem patente e sem royalties devidos. Com base nessa informação, como você julga o desenvolvimento do conhecimento científico imune à influências políticas e econômicas, pensadas muitas vezes apenas para um grupo restrito de pessoas?
- 4) Apesar do objetivo inicial de criação da *WWW* ter sido um, muito mudou de lá pra cá com a difusão do conhecimento na internet, por exemplo. No campo da educação, as vantagens do uso dessa ferramenta se dão por permitirem o uso de conteúdos multimídias, um ambiente interativo e integrado e favorece que o estudante seja ativo no processo de descoberta de novos conhecimentos. Diante dessa possibilidade, teça considerações que sejam motivadoras para o uso da *web* na educação.

## LIÇÃO 2

### EXPERIMENTOS E COLISÕES: USO DE MODELOS PARA COMPREENDER A MATERIA

#### APRESENTAÇÃO

Olá,

Vamos continuar nossa viagem quântica?

Na nossa viagem vamos nos deparar com alguns modelos, instrumentos muito importantes para os cientistas.

Para melhor conduzirmos esta lição, vamos participar da atividade *“Explorando os modelos”* (Adaptado de Gurgel e Pietrocola, 2011).

Você irá receber algumas “petecas” e irá projetá-las na direção abaixo de maquetes feitas de telas retangulares de isopor, nas quais há por baixo obstáculos de diferentes formas não visíveis em forma de figuras geométricas ou não.

Dependendo da variação do momento linear das “petecas” desenhe um modelo para a forma que você supõe ter abaixo da placa de isopor.

Que tipo de forma geométrica há por baixo da placa de isopor? Seu modelo explica bem como seria essa forma geométrica? Lembre-se que é um modelo que você vai propor a partir da sua experiência.

#### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Durante a atividade inicial você percebeu a importância dos modelos para a ciência? Entendeu como ocorrem as colisões de partículas e o que geram dessa colisão? Qual a relação desses dados com a criação da *WWW*?

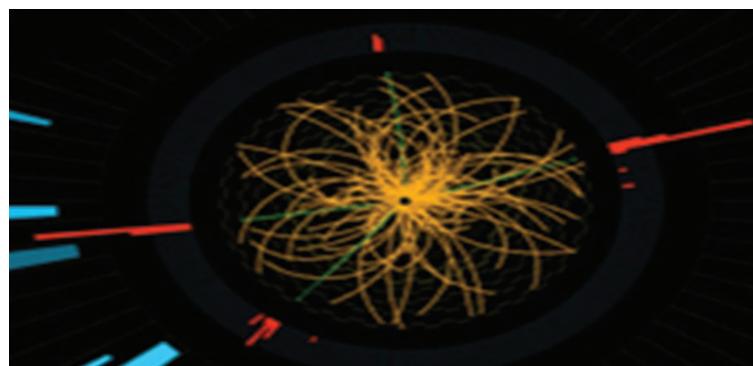
Os modelos são instrumentos muito importantes para os estudos científicos e quando falamos de átomos e suas partículas, daquilo que não vemos a olho nu, daquilo que não conseguimos tatear, o uso de modelos se torna significativo para compreendermos fenômenos do microcosmo.

Essa argumentação explica o trabalho realizado pelos cientistas dos séculos XIX e XX que idealizavam modelos para o átomo, sem nunca terem o visto. São modelos explicativos baseados em seus trabalhos experimentais e permitiam prever como seria o átomo. Novos estudos eram feitos e novos resultados eram obtidos, surgindo assim novos modelos que evoluíam, não havendo necessariamente a substituição destes, pois alguns modelos explicam muito melhor um fenômeno que outros. Os modelos são discutidos, são reelaborados, ficam mais completos e complexos, traduzindo com veemência os grandes avanços científicos.

É como se fosse uma “brincadeira de petecas”, em que um choque entre duas “petecas” (projétil e alvo) colidem, durante um intervalo de tempo relativamente curto. Não há interação significativa entre as duas “petecas” enquanto se aproximam e quando se afastam após a colisão. Há conservação do momento linear das “petecas” e podemos dizer que a força de interação que descreve a colisão tem grande intensidade, porém curta duração.

Em escala subatômica, essas “petecas” seriam partículas chamadas de hadrons (um hadron é um composto de partículas subatômicas regido pela interação forte, como os prótons e nêutrons) que são aceleradas com altas energias num acelerador denominado *LHC* (*Large Hadron Collider*), cujo objetivo é obter dados sobre colisões de feixes de partículas, tanto de prótons a uma energia de 7 TeV (1,12 microjoules) por partícula, ou núcleos de chumbo a energia de 574 TeV (92,0 microjoules) por núcleo.

Para termos uma ideia sobre a quantidade de energia utilizada nos aceleradores durante as colisões, a energia total liberada após a colisão é de 13 TeV ( $13 \times 10^{12}$  eV). Em unidades Joules, é uma pequena quantidade de energia, pois 1 eV é igual a  $1,60217653 \times 10^{-19}$  Joules, logo 13 TeV equivale a  $20,8 \times 10^{-7}$  Joules. Se compararmos a um corpo de massa 1 kg em queda livre, com uma altura de 1 m, a energia liberada vale 9,8 Joules, o que corresponde a  $6,1 \times 10^{19}$  eV.



Fonte: Revista Ciência Hoje

No LHC são acelerados dois feixes de hadrons (como os prótons, por exemplo), em sentidos opostos com energia suficientemente alta, através de dois tubos com campo eletromagnético intenso e velocidades próximas à da luz ( $0,9999999991c$ ), gerando a colisão e conservando o momento linear do sistema.

As colisões como a exemplificada acima são produzidas em aceleradores de partículas e delas são geradas novas partículas resultantes dos choques, pois são lançadas sobre um ponto específico no CERN, nos quais há detectores que registram todo o evento. Nesse âmbito, novas teorias e hipóteses são previstas e testadas sobre a natureza elementar da matéria.

# MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA

The screenshot shows the EXAME.com homepage with a red header. The menu includes 'EXAME', 'VOCÊ SIA', 'VOCÊ RH', 'EXAME PME', and 'INFO'. Below the header, the 'EXAME.com' logo is displayed, along with a search bar, 'Login', and 'ASSINE'. The main navigation bar includes 'NEGÓCIOS', 'MERCADOS', 'ECONOMIA', 'BRASIL', 'MUNDO', 'TECNOLOGIA' (which is highlighted in yellow), 'MARKETING', 'CARRERA', 'SEU DINHEIRO', 'PME', 'ESTILO DE VIDA', and 'VÍDEOS'.

TECNOLOGIA

21/05/2015 08:06

Cern consegue colisões de prótons a uma velocidade recorde



**G**enebra (Suíça) - Pela primeira vez na história, dois feixes de prótons colidiram nesta quarta-feira à noite a uma energia de 13 TeV (teraelétron-volts) no interior do Grande Colisor de Hádrons (LHC) do Centro Europeu de Física de Partículas (Cern).

Cada feixe de prótons conseguiu circular a uma energia de 6,5 TeV o que permitiu as colisões a uma energia de 13 TeV.

Estas primeiras colisões foram realizadas para poder comprovar os sistemas que protegem o próprio acelerador, os ímãs e os detectores das partículas que se desviam do feixe, segundo explicou o CERN em comunicado.

Era essencial que os testes de segurança fossem realizados ao mesmo tempo em que feixes de prótons circulavam e colidiam entre eles, para poder verificar como funcionam em condições reais. As colisões continuarão durante o dia todo de hoje para que os técnicos possam continuar realizando testes de funcionamento.

Espera-se que o acelerador volte a ser posto para funcionar no começo de junho e que os quatro detectores comecem a obter informação e dados nesse momento.

Nesta nova etapa de operações, o acelerador melhorado poderá utilizar toda sua capacidade a favor da física no período compreendido entre 2016 e 2018, durante o qual pretende revelar a composição da matéria escura.

O LHC é o maior e mais potente acelerador do mundo, com ímãs condutores que funcionam como pilhas, e sua energia armazenada equivale à de um porta-aviões se movendo a 43 km/h ou à de um avião Airbus 380 voando a 700 km/h.

Adaptado de: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/cern-consegue-colisoes-de-protons-a-uma-velocidade-recorde>>. Acesso em 25 de maio de 2015

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “Acelerador de partículas do CERN melhorado atinge novo recorde de energia.” Idioma: espanhol. Duração: 3min e 44s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=jQOnbaB7iYM>);
- 2) Vídeo “Do átomo grego ao átomo de Bohr - Evolução dos Conceitos da Física.” (Duração: 3min e 50s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=esreyoKP1sc>);
- 3) Simulação - Phet Colorado “Laboratório de Colisões”. (Disponível em [https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/collision-lab/collision-lab_pt_BR.html));
- 4) Simulação “A Escala do Universo” (Disponível em <http://htwins.net/scale2/lang.html>)

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) A imaginação é o limite para as pesquisas planejadas pelos físicos para serem realizadas nos grandes laboratórios do CERN, pois envolvem muita tecnologia de ponta e investimentos sofisticados. Diante dessa realidade, são investidos bilhões de euros em experimentos de colisões de partículas que podem trazer respostas para a origem do Universo. Como você se posiciona diante desse grande investimento bilionário da ciência na busca da compreensão da matéria?
- 2) Inicialmente o átomo foi considerado como uma partícula maciça e indivisível, porém, com o passar do tempo, novas pesquisas revelaram que o átomo não era indivisível. Foi então que, a partir de novas experiências, surgiram novos modelos atômicos. Como você idealiza atualmente um átomo após uma revolução de novas descobertas sobre o mundo subatômico? Esquematize o seu modelo e

trace a importância da evolução dos modelos atômicos para a ciência.

- 3) A característica principal do pensamento científico é que as suas afirmativas, proposições e teorias não são “verdades absolutas”, mas sempre relativas. Os modelos científicos devem sempre ser confirmados, seja por experimentos ou observações que deem sustentação aos postulados e às ideias dos cientistas. Dentre os diversos ramos da ciência, a física, com a sua visão peculiar, é a que entende os fenômenos físicos na sua forma mais fundamental. As suas teorias são capazes de explicar situações que vão da escala atômica até o universo como um todo. Como você se porta diante dessas proposições científicas? Busque fazer um tratamento crítico e reflexivo sobre as “verdades absolutas da ciência”.
- 4) Uma partícula e um próton movem-se numa mesma direção e em sentidos opostos, de modo que se aproximam uma da outra com velocidade que, enquanto a distância que as separa é ainda muito grande, são iguais em módulo a 100 m/s. Considere que a massa e a carga da partícula são iguais ao dobro dos valores correspondentes ao próton. Quais os valores finais das velocidades da partícula e do próton, supondo que houve colisão elástica?  
Dados: Coeficiente de restituição da colisão elástica:  $e = \frac{V' - v'}{v - V} = 1$
- 5) Um próton (massa de 1 u.m.a) com uma velocidade de 500m/s colide elasticamente com outro em repouso. O próton original é espalhado a  $60^\circ$  de sua direção original. (a) Qual é a direção da velocidade do próton-alvo após a colisão? (b) Quais são os módulos das velocidades dos dois prótons após a colisão?
- 6) A *World Wide Web* foi desenvolvido para gerenciar os experimentos em física de partículas e a demanda dessa tecnologia para o uso na sociedade pode justificar todo o investimento no complexo de pesquisa do CERN. Como você estima as diversas atribuições que os experimentos em ciência básica do CERN influenciam na nossa sociedade?

## ATIVIDADE “EXPLORANDO OS MODELOS”

Adaptado de Gurgel e Pietrocola (2011)

### DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE:

#### “O Descobrimento de Rutherford (Espalhamento Rutherford)”

Nesta atividade, você e os membros de sua equipe usarão os métodos desenvolvidos por Ernest Rutherford no começo de 1900, e que, ainda são usados em nossos dias pelos físicos de partículas, em seus experimentos com aceleradores. Estes métodos permitem aos cientistas identificar as características de partículas que realmente não podem ser vistas. Você aprenderá o quanto melhor devem ser suas medidas, quando você não pode ver o objeto estudado.

No chão da sala de aula há dois tampos grandes de isopor, debaixo do qual, foram colocadas figuras planas.

O trabalho de seu grupo é identificar a forma da figura sem vê-la. Você somente pode jogar bolinhas contra o objeto escondido, e observar a deflexão que se produz na trajetória das bolinhas depois de se chocar com a figura. Seu grupo terá cinco minutos para “observar” a figura.

Coloque um pedaço de papel sobre o tampo de isopor para esboçar a trajetória das bolinhas. Logo depois, analise esta informação para determinar a forma efetiva do objeto. Faça um pequeno desenho das figuras que o grupo analisou e responda as perguntas abaixo:

### QUESTÕES:

- 1) Você pode determinar o tamanho e a forma do objeto?
- 2) Como poderia saber se as figuras têm detalhes em sua forma, que são pequenos comparados com o tamanho das bolinhas?
- 3) Como você pode confirmar suas conclusões sem olhar o objeto?

**Fonte:** Gurgel, I.; PIETROCOLOA, M. O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1: p. 91-122, abr. 2011

## LIÇÃO 3 | ACELERADORES E DETECTORES DE PARTÍCULAS

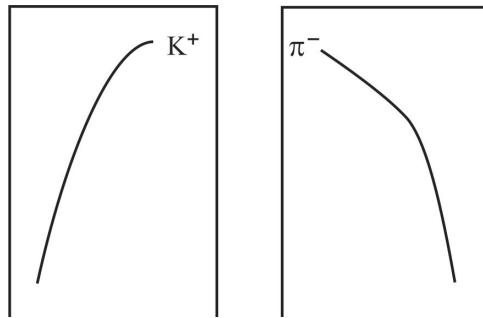
### APRESENTAÇÃO

Agora chegamos definitivamente aos aceleradores de partículas!

Vamos analisar a estrutura dos aceleradores e detectores de partículas, onde as colisões entre feixes de hadrons são feitas.

Como atividade inicial temos “*Rastreando partículas*” inspirado em Pietrocola *et al* (2010).

Analise as imagens da trajetória deixada pelas partículas káon positivo ( $K^+$ ) e píon negativo ( $\pi^-$ ) detectadas numa câmara de bolhas. Na região age um campo magnético perpendicular ao plano e orientado para cima.



Fonte: Adaptado de Pietrocola et al (2010)

Por que as partículas apresentam trajetória curva? Que informações podemos inferir sobre esse comportamento? Por que as partículas, nas mesmas condições iniciais, apresentam diferentes sentidos e ângulo de curvatura? Que outras observações

podem ser feitas sobre os rastros de partículas em uma câmara de bolhas

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Feixes de hadrons são acelerados a velocidades próximas à da luz (equivalente a  $0,999999991c$ ) gerando colisões a uma energia de 13 TeV, gerando novos conhecimentos sobre as partículas que compõem a matéria, registradas nos detectores localizados em pontos específicos no CERN.

Os aceleradores de grande dimensão como o LHC (*Large Hadron Collider*) possuem o mesmo princípio de funcionamento. Os aceleradores podem ser lineares, nos quais as partículas percorrem trajetórias retilíneas até a colisão e, também, circulares, nos quais as partículas viajam por uma região circular até colidirem e gerarem novos eventos, registrados nos detectores.



Fonte: Evento MasterClass USP 2012

O LHC é um acelerador circular, como mostra a imagem ao lado. Os detectores e aceleradores estão dispostos estratégicamente ao longo do anel, situado em um túnel de 27 km de circunferência a 50 cerca de 100 m abaixo do solo, em Genebra, região entre a França e a Suíça e consumiu 10 bilhões de dólares em um árduo trabalho de mais de 20 anos.

No LHC, as partículas são aceleradas numa trajetória retilínea através do LINAC (*Linear Particle Accelerator*) e suas velocidades são aumentadas descrevendo uma forma circular por meio do PS (*Proton Synchrotron*). Após as colisões dessas partículas, quatro detectores estão dispostos sobre o LHC para registrar os resultados dos choques: o ALICE (*A Large Ion Collider Experiment*), que analisa a colisão entre íons pesados; o ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*), que estuda a colisão entre prótons com energia do centro de massa de até 7 TeV; o CMS (*Compact Muon Solenoid*), que detecta partículas chamadas múons, além de fótons, elétrons e hadrons e até neutrinos; e o LHCb (*Large Hadron Collider beauty*), que foi projetado para o estudo de decaimento de partículas chamadas mésons como o quark b. (o estudo das partículas será apresentado em uma lição adiante).

Nesse contexto, os cientistas pretendem identificar novas partículas nos experimentos do LHC que são previstas teoricamente e são testadas hipóteses não previstas nos modelos estudados. São discussões que levam os físicos teóricos e experimentais a considerarem as possibilidades de existência de novas partículas por meio de modelos e teorias. São anos nos quais os físicos teóricos desenvolvem uma série de modelos e simulações que preveem os tipos de fenômenos que podem ser observados experimentalmente nos detectores de partículas do LHC

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*LHC o maior acelerador de partículas*”. Duração: 2min e 57s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=sW81KeN2hYk>);
- 2) Vídeo “*Acelerador de Partículas*”. Duração: 7min e 18s. (Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=XsOd\\_cM8neE](https://www.youtube.com/watch?v=XsOd_cM8neE)).

# MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA!

≡ 🔎 Entrar | Crie sua conta

veja.com  
Ciência



/CIÊNCIAS | ESPAÇO E COSMOS

## Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer

Feixes de prótons usados nos aceleradores são mais eficazes que os raio-x. Tecnologia, contudo, precisa ser melhorada para não afetar células saudáveis

29/02/2012 às 11:46 atualizado em 01/03/2012 às 17:45

**C**ientistas querem fabricar pequenos aceleradores de partículas para tratar o câncer. O assunto foi abordado por Rolf-Dieter Heuer, diretor do CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), lar do LHC, o maior acelerador de partículas do mundo, durante a Conferência Internacional de Pesquisa em Radiologia Oncológica, em Genebra.

Os aceleradores de partículas como o LHC provocam a colisão de prótons a uma velocidades próxima à da luz. Os físicos estudam as propriedades fundamentais da matéria analisando essas colisões. Os prótons são gerados a partir de um feixe que, além de ajudar na física de partículas, é capaz de eliminar células cancerígenas de forma mais eficiente do que a radioterapia.

**Bisturi de prótons** - Durante os últimos anos, os tratamentos que usavam raio-x (radioterapia) foram substituídos em alguns hospitais por outros que utilizam os feixes de prótons. Esses feixes se transformam em um ‘bisturi’ mais preciso e eficaz do que os raios-x, embora existam inconvenientes. Ao entrarem no corpo, o percurso da radiação das partículas afeta tanto as células cancerígenas quanto as saudáveis.

De acordo com Heuer, a meta dos físicos é saber o que a medicina precisa e o que pode ser desenvolvido para ajudar no tratamento do câncer. O CERN está tentando desenvolver novos tratamentos usando antiprotons - uma partícula como o próton, mas com carga inversa - para minimizar o efeito da radiação sobre as células saudáveis.

Contudo, se esses tratamentos forem validados para uso clínico contra o câncer, a primeira aplicação demorará pelo menos uma década. “Agora, o importante é construir aceleradores menores e baratos para que cada hospital possa tê-los em uma sala de tratamento”, disse Heuer.

Porém, o diretor acrescentou que o CERN não pretende se transformar em um centro de pesquisa médica, apesar de algumas pesquisas terem esse cunho. “Podemos produzir os prótons, mas não vamos nos dedicar a gerar essas partículas para hospitais”, disse. Heuer defende o trabalho do CERN na pesquisa fundamental da física.

**Remédio caro** - Enquanto os aceleradores de partículas para hospitais não ficam prontos, médicos também falaram sobre o custo dos remédios para tratamento do câncer durante a conferência. Soren Bentzen, professor de Oncologia na Universidade de Wisconsin, lamentou que muitos dos remédios usados para tratar a doença são excessivamente caros. Isso faz com que, em algumas ocasiões, os pacientes não recebam o tratamento mais adequado.

Bentzen afirmou que uma pesquisa para produzir um remédio contra o câncer pode custar cerca de 1 bilhão de dólares e defendeu uma personalização do tratamento do câncer. “Temos mais condições de descrever cada tumor do que anos atrás. Poderiam ser definidos outros subtipos de tumores para tratamento mais personalizado do que o que existe atualmente”, disse.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/cientistas-querem-fabricar-aceleradores-de-particulas-para-tratar-cancer/>>. Acesso em 02 de junho de 2015.

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) São inúmeras as tecnologias desenvolvidas no CERN, a partir de pesquisas em física de partículas que influenciam na sociedade, como a terapia contra o câncer, a incineração de resíduos nucleares, a geração de energia, o uso para obtenção de imagens médicas, a criação da *World Wide Web*, as imagens na Ressonância Magnética Nuclear (RMN). Como as pesquisas em física de partículas pode extrapolar o mundo da pesquisa e colaborar para outras tecnologias para as nossas casas, escolas e bem-estar da humanidade?
- 2) Considerada uma máquina segura pelos cientistas, o LHC está localizado na cidade de Genebra, sendo formado por um enorme tubo circular com circunferência de 27 km e diâmetro de 7 m; é subterrâneo, ficando a cerca de 100 m abaixo do solo e sua construção envolveu milhares de cientistas e engenheiros, com duração de 20 anos e custou 10 bilhões de dólares. Que razões ambientais, políticas e econômicas são justificáveis para o fato de o LHC possuir essa localização estratégica?
- 3) Feixes de prótons nos aceleradores são mais eficazes que raios-X. A tecnologia, contudo, precisa ser melhorada para não afetar celular saudáveis. De acordo com a notícia, os cientistas querem fabricar pequenos aceleradores de partículas para tratar o câncer. O assunto foi abordado por Rolf-Dieter Heuer, diretor do CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), lar do LHC, o maior acelerador de partículas do mundo, durante a Conferência Internacional de

Pesquisa em Radiologia Oncológica, em Genebra. (Revista Veja, fevereiro de 2012). Como você analisa essa informação?

- 4) Calcule quantas voltas um próton executa no anel do LHC (27 km) a cada segundo? O que esse resultado representa?
- 5) Um consórcio internacional, que reúne dezenas de países, milhares de cientistas e emprega bilhões de dólares, é responsável pelo Large Hadrons Colider (LHC), um túnel circular subterrâneo, de alto vácuo, com 27 km de extensão, no qual eletromagnets aceleram partículas, como prótons e antiprotons, até que alcancem 11.000 voltas por segundo para, então, colidirem entre si. As experiências realizadas no LHC investigam componentes elementares da matéria e reproduzem condições de energia que teriam existido por ocasião do Big Bang. (a) Calcule a velocidade do próton, em km/s, relativa - mente ao solo, no instante da colisão. (b) Calcule o percentual dessa velocidade em relação à velocidade da luz, considerada, para esse cálculo, igual a 300.000 km/s. (c) Além do desenvolvimento científico, cite outros dois interesses que as nações envolvidas nesse consórcio teriam nas experiências realizadas no LHC.
- 6) O projeto é ambicioso, todo o “brinquedo” custou 8 bilhões de dólares, tem 27 km de circunferência e fica em um túnel 100 metros abaixo da superfície da terra na divisa da Suíça com a França. Quando estiver em funcionamento, ele consumirá a energia equivalente ao de 40 shoppings centers e só não será ainda maior, pois toda sua estrutura estará resfriada por nitrogênio líquido a uma temperatura de -270°C. Todo esse investimento é necessário para a sociedade? Comente.

## LIÇÃO 4

AS PARTÍCULAS ELEMENTARES DA MATÉRIA  
E O MODELO PADRÃO: CARACTERÍSTICAS E  
PROPRIEDADES

## APRESENTAÇÃO

Olá,

Espero que nesta lição você já tenha uma noção sobre o átomo e sua estrutura fundamental. Mas vamos avançar para que os mesmos consigam desvendar o mundo das partículas elementares que constituem a matéria.

Atividade “*Montando Núcleos*” (Adaptado do Curso de Física de Partículas da USP – atividade “Entendendo a estrutura das partículas através de formas geométricas, quadrados e triângulos”).

Quais são as partículas mais conhecidas que compõem a matéria?

É possível “quebrar” prótons, elétrons e nêutrons?

Quantas e quais são as partículas elementares existentes no Universo?

## APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Muitos imaginam que as partículas elementares que constituem a matéria são os prótons, os elétrons e os nêutrons, aquelas que não podem ser formadas por outras menores. Eis aqui o grande engano! Estudos teóricos e experimentais realizados pelos físicos no CERN através dos aceleradores como o LHC e pelos detectores de partículas avançaram na busca das menores partículas constituintes de todo o Universo.

Os prótons e nêutrons não são elementares, pois são consideradas hâdrons, partículas pesadas formadas por outras mais

leves e elementares: os quarks. O elétron é uma partícula elementar considerada um lépton, tal como os neutrinos e o pósitron.

Para entender melhor o estudo das partículas, recorremos ao Modelo Padrão (MP) (ver MATERIAL COMPLEMENTAR). O Modelo Padrão não é necessariamente um modelo, mas uma teoria muito bem elaborada e que pode explicar a constituição da matéria, abordando as partículas elementares que compõem todo o Universo e como interagem entre si.

Three generations of matter (fermions)				
Quarks	I	II	III	Gauge bosons
mass → 2.4 MeV/c <sup>2</sup>	U	C	t	?
charge → 2/3		2/3	2/3	0
spin → 1/2	up	charm	top	1
name →				photon
mass → 4.8 MeV/c <sup>2</sup>	d	S	b	91.2 GeV/c <sup>2</sup>
charge → -1/3	down	strange	bottom	0
spin → 1/2				1
name →				gluon
mass → <2.2 eV/c <sup>2</sup>	V <sub>e</sub>	V <sub>μ</sub>	V <sub>τ</sub>	Z <sup>0</sup>
charge → 0	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	Z boson
spin → 1/2				80.4 GeV/c <sup>2</sup>
name →				W <sup>±</sup>
mass → 0.511 MeV/c <sup>2</sup>	e	μ	τ	
charge → -1	electron	muon	tau	
spin → 1/2				
name →				

Fonte: CPEP (Contemporary Physics Education Project)

No Modelo Padrão, os prótons e nêutrons não entram, pois não são partículas elementares, são classificadas como hâdrons, por

possuírem uma estrutura interna formada por quarks: bárions, quando são formados por três quarks ou antiquarks (prótons) ou mésons que são formados por pares quark-antiquark (méson pi), todos da mesma família. Nesse sentido, no MP há as famílias dos fermions (léptons e quarks) e bósons. Os léptons (elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau) e seis quarks [quark up (u) quark down (d), quark charme (c), quark estranho (s), quark bottom (b) e quark top (t)]. Os quarks apresentam uma propriedade chamada cor que não pode ser comparada com o que conhecemos comumente e podem, cada um deles apresentar três cores (vermelho, verde e azul). Nesse caso, podemos falar em 18 quarks e sabendo que a cada partícula corresponde uma antipartícula, então há no total 12 léptons e 36 quarks.

Os quarks possuem carga elétrica fracionária ( $+2/3e$  ou  $-1/3e$ ) de modo que não são encontrados isolados e a soma algébrica dessas cargas corresponde a um múltiplo inteiro de  $e$  ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C) da carga de um hadrôn.

As antipartículas são consideradas partículas elementares que possuem a mesma massa, spin e paridade, no entanto sua carga elétrica é oposta, mantendo-se a simetria. Casos em que a antipartícula colide com sua respectiva partícula ocorre o aniquilamento de ambas.

As partículas elementares são muito instáveis e decaem com facilidade e em um intervalo de tempo tão rápido que muitas vezes a maioria só deixa rastros da sua existência. Todas as partículas exercem uma interação com outras através de forças existentes na natureza e podem se transformar em outras partículas. As interações fundamentais da natureza foram analisadas bem antes da teoria do MP, porém explica de forma coerente o modo como as partículas interagem. O MP é importante por descrever a formação e constituição do Universo e o que o mantém unido.

## RECURSOS MIDIÁTICOS

1) Vídeo “*Física de Partículas*”. Duração: 6min e 07s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=GXKmY-GavcY>).

## MATERIAL COMPLEMENTAR

Fonte: CPEP (Contemporary Physics Education Project)  
Adaptado de: <<http://cpepweb.org/>>. Acesso em 03 de junho de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) “O problema da construção de uma ‘teoria unificada das partículas elementares’ está ligado ao problema da construção de uma nova teoria do espaço e do tempo; mas, se espaço e tempo surgem apenas das relações entre partículas, o universo, a partir de uma única partícula, não poderia sequer ser descrito, se utilizando de palavras como posição, espaço, e tempo.” (Lee Smolin — ‘A Vida do Cosmos’). Em conformidade com o assunto estudado, analise o que diz Smolin.
- 2) A Física de Partículas nasceu com a descoberta do elétron, em 1897. Em seguida foram descobertos o próton, o nêutron e várias outras partículas, dentre elas o píon, em 1947, com a participação do brasileiro César Lattes. (a) Num experimento similar ao que levou à descoberta do nêutron, em 1932, um nêutron de massa  $m$  desconhecida e velocidade  $v_0 = 4 \times 10^7 \text{ m/s}$  colide frontalmente com um átomo de nitrogênio de massa  $M = 14 \text{ u}$  (unidade de massa atômica) que se encontra em repouso. Após a colisão, o nêutron retorna com velocidade  $v'$  e o átomo de nitrogênio adquire uma velocidade  $V = 5 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Em consequência da conservação da energia cinética, a velocidade de afastamento das partículas é igual à velocidade de aproximação. Qual é a massa  $m$ , em unidades de massa atômica, encontrada para o nêutron no experimento? (b) O Grande Colisor de Hádrons (*Large Hadron Collider-LHC*) é um acelerador de partículas que tem, entre outros propósitos, o de detectar uma partícula, prevista teoricamente, chamada bóson de Higgs. Para esse fim, um próton com energia de  $E = 7 \times 10^{12} \text{ eV}$  colide frontalmente com outro próton de mesma energia produzindo muitas partículas. O comprimento de onda ( $\lambda$ ) de uma partícula fornece o tamanho típico que pode ser observado quando a partícula interage com outra. No caso dos prótons do LHC,  $E = hc / \lambda$ , onde  $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ , e  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Qual é o comprimento de onda dos prótons do LHC?
- 3) De acordo com uma notícia publica no site G1.com de 14 de setembro de 2015 intitulada “Acelerador de partículas vê sinais de fenômenos que violam leis da física” os redatores chamam a atenção para o fato de as colisões no LHC resultarem numa produção excessiva de taus, contrariando o que prevê o Modelo Padrão. O resultado foi captado pelo detector de partículas LHCb, um dos quatro grandes experimentos do LHC. Esse comportamento inesperado, apontando para o que os cientistas chamam de física exótica, pode ser o sinal da existência de mais partículas, além dos 17 tipos já efetivamente previstos em teoria e capturados em experimentos. Como esse resultado, caso seja confirmado, pode apontar para caminhos de uma nova física, de uma reformulação do Modelo Padrão e novas aplicações tecnológicas?
- 4) O MP segue seu maior feito e continua invicto, tornando-se a teoria mais bem estabelecida da física, no qual os físicos conseguiram confirmar todas as suas previsões e as descobertas experimentais se encaixam em suas lacunas. O MP é um trabalho coletivo de muito físicos teóricos e experimentais de vários países que juntos com outros cientistas inventaram muitas engenharias para pô-lo em prática. O LHC exigiu um grande investimento e existe um grande interesse internacional nessa questão e mesmo países europeus em crise não pensam em sair do consórcio. Como você julga esses interesses políticos e econômicos que estão no entorno do LHC/CERN? Como o Brasil vem ganhado destaque nesse empreendimento?

## ATIVIDADE “MONTANDO NÚCLEOS”

“Entendendo a estrutura das partículas através de formas geométricas, quadrados e triângulos”

### DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE

**Objetivo:** conhecer e utilizar o modelo de composição dos nucleons por quarks considerando a carga elétrica, spin e carga cor.

**Material:** quadrados e triângulos das cores azuis, vermelhos e verdes em pacotes.

**Conteúdo:** Dadas as novas idéias sobre os constituintes dos núcleons com a introdução dos QUARKS vamos construir partículas conhecidas como partículas  $\alpha$ , núcleo do oxigênio, do carbono ou outro da sua escolha para firmar as idéias.

Os nucleons, isto é os prótons e os nêutrons, são formados por três quarks cada um e devem ter a cor branca. Portanto cada um deles deve ter as três cores na sua composição: vermelha, azul e verde (red, blue e green em inglês)

Cada quark tem spin 1/2. A regra de soma de spins deve ser como na mecânica quântica, para férmons:

Spin 1/2 + spin 0 só pode dar spin 1/2

Spin 1/2 + spin 1/2 podem dar partículas com spin 1, 0 ou -1.

Spin 1/2 + spin 1/2 + spin 1/2 podem dar partículas com spin 3/2, 1/2, -1/2 ou -3/2.

Vejam que assim três quarks de spin 1/2 podem dar uma partícula de spin 1/2!

Estranho, mas é assim!

### Procedimento:

Vamos usar quadrados e triângulos que representam respectivamente o quark up e o quark down, todos com spin 1/2 qualquer que seja a sua cor.

### Regras do jogo:

1 - Os quadrados são os quarks up

2 - Os triângulos são os quark down

3 - Construa as partículas: núcleo do hélio (alfa), núcleo do oxigênio e núcleo do carbono e outras de sua escolha.

**Fonte:** Extraído do Curso de Física de Partículas da USP – 3<sup>a</sup> edição

## LIÇÃO 5

## INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA NATUREZA, PARTÍCULAS MEDIADORAS E O BÓSON DE HIGGS

### APRESENTAÇÃO

Olá,

Agora vamos entender as interações que ocorrem na natureza.

Uma simples atividade chamada “*passa-bola*” vai nos ajudar a compreender como ocorrem as interações fundamentais.



Fonte: Portal do Professor/MEC

No estudo de física de partículas, as forças comportam-se fazendo uma “troca” de partículas mediadoras. Isso acontece quando uma partícula exerce uma força sobre a outra.

Que tipo de interação está acontecendo na brincadeira?

O que ocorre durante a interação?

Há troca de energia? Qual a função da bola para a brincadeira?

### APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

As partículas elementares constituem sistemas estáveis e como se desintegram interagem através de campos de força que leva a outra categoria de partículas, as chamadas partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza, que geram muitas previsões teóricas e especulações para os cientistas.

O Modelo Padrão (MP) descreve as partículas elementares e as interações fundamentais que ocorrem entre elas. É possível descrever o mundo que nos rodeia apenas com os quarks up e down, o elétron e o neutrino do elétron, pois as outras partículas se desintegram com muita facilidade e se configuram como estas.

Por meio do MP é possível explicar os quatro tipos de interações fundamentais da natureza através de suas propriedades: a força eletromagnética (carga elétrica), a força forte (carga cor), força fraca (carga fraca) e a força gravitacional (massa), esta última ainda não comprovada experimentalmente.

Essas interações ocorrem com a “troca” de partículas entre si por meio de partículas mediadoras (ou virtuais) conhecidas como bósons. A interação eletromagnética ocorre por meio de fótons, a interação forte por meio de glúons, a interação fraca por meio das partículas Z e W (bósons de Gauge) e a interação gravitacional ocorre entre os grávitons (previstos teoricamente, mas ainda não detectado). Essas partículas são virtuais, por não terem massa, com exceção dos bósons de Gauge, mas possuem energia (pulsos de energia).

As partículas mediadoras criam quatro campos fundamentais: campo eletromagnético, campo forte, campo fraco e campo

gravitacional, porém existe um quinto campo chamado campo de Higgs, mediado pela partícula chamada bóson de Higgs (em 1964, pelo físico inglês Peter Higgs, bem antes do MP), responsável por dar origem à massa das demais partículas, também conhecida como a “partícula de Deus”.

De acordo com a Revista Superinteressante, em uma reportagem de fevereiro de 2012 “A partícula celestial é uma *popstar* da ciência. Procurada há mais de 40 anos, chegou a ser chamada de “o Santo Graal” da física. Mas a fama veio mesmo quando o cientista Leon Lederman resolveu escrever um livro sobre ela. A intenção de Lederman não tinha nada a ver com canonizar a partícula idealizada por Petter Higgs em 1966. Muito pelo contrário. Tanto que o título que Lederman propôs para o livro foi *The Goddamn Particle* (A Partícula Amaldiçoada). Mas os editores acharam melhor transformar a revolta de Lederman com a dificuldade em encontrar a partícula em algo mais comercial. O livro saiu como *The God Particle* (A Partícula de Deus). E o apelido pegou. Agora “bóson de Higgs” está para “partícula de Deus” assim como Edson Arantes do Nascimento está para Pelé”.

A teoria de Higgs é muito complexa e muito ainda há pra ser analisado teórica e experimentalmente. O mundo das partículas elementares e das interações fundamentais ainda está sendo muito estudando e os limites da ciência desbravados no CERN/LHC só tendem a serem ampliados

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo 1 “*Ciência e Tecnologia - Bóson de Higgs*”. Duração: 10min e 26s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=utcR4euKlaw>);
- 2) Vídeo 2 “*Anúncio da detecção do Bóson de Higgs*”. Duração: 1min e 53s. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=P7ZCI5fX52M>).

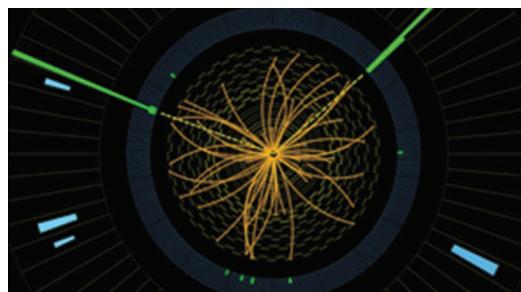
# MATERIAL COMPLEMENTAR - SAIU NA MÍDIA!

/CIÊNCIAS | ESPAÇO E COSMOS

## Cientistas elegem a descoberta do Bóson de Higgs como o feito científico do ano

A revista Science elegeu as dez descobertas científicas de 2012. Entre elas, constam pesquisas com células tronco, o pouso da Curiosity e a evolução na interface cérebro-máquina

21/12/2012 às 22:00 atualizado em 21/12/2012 às 22:00



A descoberta de uma particular física conhecida como Bóson de Higgs foi eleita pela revista Science como o achado científico mais importante de 2012. O Bóson explica como

outras partículas elementares, como elétrons e quarks, ganham massa, e era a última peça que faltava para confirmar o modelo padrão, teoria que explica como as partículas interagem para formar a matéria do Universo.

O bóson de Higgs é uma partícula subatômica prevista há quase 50 anos. O Higgs é importante porque a existência dele provaria que existe um campo invisível que permeia o universo. Sem o campo, ou algo parecido, nada do que conhecemos existiria. Os cientistas não esperavam detectar o campo, mas sim uma pequena deformação nele, chamada bóson de Higgs.

As evidências da existência do Bóson de Higgs foram reveladas no dia 4 de julho, após dois detectadores identificarem sua presença no Grande Colisor de Hádrons (LHC, na sigla em inglês), o maior acelerador de partículas do mundo. Segundo a revista, ainda não está claro qual o caminho que a física

das partículas vai seguir após a descoberta, mas seu impacto na comunidade científica já é inquestionável.

Além de escolher a descoberta do Bóson como o feito mais importante do último ano, os editores do periódico científico elegeram outras nove descobertas de 2012, como o pouso da Curiosity, a leitura do DNA denisovano e as pesquisas com neutrinos. A lista foi publicada na edição de quinta-feira da revista Science.

No dia 4 de julho, cientistas do CERN confirmaram a existência do Bóson de Higgs, partícula teorizada há quase 50 anos. Ela explica como as outras partículas elementares, como elétrons e quarks, ganham massa. Além disso, a descoberta serve para confirmar o modelo padrão, que explica como todas as partículas interagem entre si para formar a matéria.

Adaptado de: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/cientistas-elegem-a-descoberta-do-boson-de-higgs-como-o-feito-cientifico-do-ano/>>. Acesso em 03 de junho de 2015

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### QUESTÕES PARA REFLEXÃO:

- 1) É interessante notar que além da pesquisa direta, o LHC criou a *World Wide Web* com o intuito de gerenciar os dados resultantes dos experimentos e outras tecnologias de ponta foram também desenvolvidas dentro do laboratório e repercutiram no meio social. O LHC passou por uma reforma, pois o próximo passo é a Teoria Grande Unificada que unifica as interações eletromagnética, fraca e forte, esse modelo prevê a existência de monópolos magnéticos, com energia da ordem de  $10^{16}$  GeV até  $10^{19}$  GeV, tendo também uma busca por outra teoria que unifique todas as interações fundamentais da natureza que é a Teoria das Super Cordas que prevê a existência dos grávitons, com energia acima da ordem de  $10^{19}$  GeV. Que repercuções essas teorias podem gerar na sociedade? Discorra sobre suas finalidades.
- 2) Depois de anos de manutenção, em 2015 o LHC volta a operar e os novos experimentos vão gerar cerca de cinco vezes mais dados do que as colisões já feitas e devem ajudar também os cientistas a compreenderem melhor como o bóson de Higgs funciona. E para chegar ao até então desconhecido e gerar novas colisões, os físicos propõem o aumento de energia para abrir possibilidades de entender como a matéria se comporta. O aumento de energia nas colisões de partículas não pode estar gerando grandes impactos ambientais para o planeta e econômicos para a sociedade? Comente.
- 3) Uma partícula subatômica que custou mais de US\$ 10 bilhões para ser identificada é um feito estrondoso para os cientistas do CERN, porém para muitas pessoas aparentemente não significa nada. E isso faz muita diferença, pois a ciência tem um impacto profundo na sociedade, influenciando culturas, vidas e economias. Como você acredita que os cientistas devem lidar com essas informações para o que o público entenda sua importância? Como a mídia pode contribuir (ou atrapalhar) para essa cobertura?
- 4) “De fato precisaremos de 100 a 500 anos de tecnologia no meio da física quântica para resolvemos o básico. Mas conseguiremos sim, tais desilusões. Não de uma só vez. Creio que tal modelo (o Modelo Padrão) pode se estender ao infinito. No entanto a nós é interessante a menos 99,999% de tudo, o demais é infinito-puro, e não se pode ‘alcançar’ o infinito. (Hyperscience, julho de 2013). Será que um dia o modelo padrão ficará completo? Comente.
- 5) “O Prêmio Nobel de Física deste ano, concedido aos cientistas François Englert e Peter Higgs, é a coroação dos esforços pelo desenvolvimento do chamado modelo padrão da física de partículas, que explica como o mundo funciona na menor escala possível: a subatômica. Há décadas a Academia Real de Ciências da Suécia tem acompanhado - e premiado - os avanços na área. Faltava reconhecer a última peça, o bóson de Higgs, a partícula prevista há quase cinquenta anos e só confirmada no ano passado, em experimento realizado no LHC, o maior colisor de partículas do mundo.” (Veja, outubro de 2013). O que mudou após a identificação do bóson de Higgs?

## LIÇÃO 6

GRANDES DESAFIOS DO SÉCULO XXI  
NO LHC/CERN

## APRESENTAÇÃO

Estamos chegando ao fim da nossa viagem quântica, mas muito há para desvendar sobre o mundo das partículas elementares.



Fonte: CERN

Você sabe o que são os grávitons? Já ouviu falar de matéria e a energia escura? E da antimateria e dos miniburacos negros? Será que realmente teve o famoso *Big Bang*? E o Universo está se expandindo ou se contraindo?

Será que os cientistas do CERN já descobriram tudo sobre a origem do Universo através dos experimentos do CERN/LHC?

Se o campo de Higgs explica a origem da massa das partículas, então quem deu origem ao bóson de Higgs?

Afinal, quais os desafios que ainda são enfrentados pelos cientistas no CERN na busca de respostas sobre os limites do mundo subatômico do macrocosmo?

## APROFUNDAMENTO DO ASSUNTO

Graças a exploração dos fenômenos que envolvem física de partículas, pudemos chegar à tecnologia do mundo moderno: a *World Wide Web*, os transistores e microchips, celulares e computadores, laser e aparelhos de tomografia, entre outros.

Por natureza, o ser humano é curioso e no mundo todo, as pessoas se questionam sobre o funcionamento e a origem do cérebro e do corpo, da Terra e do Universo. Em busca de respostas, surge a capacidade do homem em formular perguntas, observar fenômenos e testar o resultado encontrado. São essas habilidades que nos ajudam a viver e entender o mundo que nos cerca que, quando combinadas a uma cabeça aberta para esperar resultados inesperados, nos levam a pensar como um cientista.

Muitas manutenções no maior acelerador de partículas do mundo estão sendo feitas pelos engenheiros e demais cientistas para que novas respostas venham a ser respondidas pelas teorias propostas pelos físicos sobre a origem da matéria.

De acordo com os cientistas do CERN/LHC muito já foi descoberto, principalmente a do bóson de Higgs, mas o estudo dos

grávitons, a matéria e a energia escura, a antimateria, os miniburacos negros, o Big Bang e o Universo em expansão são desafios para os físicos teóricos e experimentais, sobre as quais ainda há muita incerteza.

Sabemos hoje que apenas 5% do Universo é conhecido e há um grande potencial para novas descobertas. Em pleno século XXI, uma nova física está abrindo as portas para grandes descobertas e o estudo sobre as partículas elementares é a área mais desenvolvida atualmente no campo da ciência, porém pouco se sabe sobre o conhecimento científico que está por vir: será que existe um limite para a ciência?

As descobertas realizadas com o estudo sobre física de partículas tiveram aplicações práticas para a nossa vida cotidiana como o desenvolvimento da *WWW* e o aprimoramento da internet, recursos como scanners, telas tátteis, cosméticos, desenvolvimento de materiais para extração do petróleo no pré-sal, tratamentos na medicina como de células-tronco, esquizofrenia, contra o câncer, entre outros, e promove grande perspectivas à comunidade científica que certamente terá seus efeitos e impactos na sociedade.

## RECURSOS MIDIÁTICOS

- 1) Vídeo “*LHC - A busca por explicar o Universo*”. Duração: 3min e 44s (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=HW6j363Q8uo>);
- 2) Vídeo “*Acelerador de partículas desperta interesse de várias empresas no Brasil*”. Duração: 3min. (Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=90R5Xwu3Dag>).

# MATERIAL COMPLEMENTAR – SAIU NA MÍDIA!



NOTÍCIAS

CIÉNCIA

## LHC pode realizar descoberta inédita e ainda maior que o Bóson de Higgs

 por Adeline Daniele

19 15/02/2015 16h27

**A**pós ter rendido o Prêmio Nobel de Física de 2013 pela descoberta do Bóson de Higgs, o maior acelerador de partículas do mundo voltará à ativa e pode fazer outra conquista fascinante para a ciência.

Segundo pesquisadores, o acelerador de partículas poderá ajudar os físicos a entenderem como a matéria escura funciona no Universo.

Construído pela Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN), o Grande Colisor de Hádrons, passará pela segunda de três etapas de execução para as quais foi projetado. Segundo o CERN, após o aprimoramento ele será duas vezes mais poderoso do que agora.

O colisor já levou os físicos a descobrirem o Bóson de Higgs, ajudando a explicar como os objetos possuem massa. Neste ano, o acelerador recomeçará a funcionar com energia mais elevada, com o objetivo de entender por que a natureza prefere a matéria do que antimatéria.

Se tudo der certo, uma nova descoberta pode ser feita ainda este ano. “Talvez nós encontremos uma matéria supersimétrica”, disse a professora da Universidade da Califórnia e membro da equipe de pesquisadores do LHC, Beate Heinemann.

A supersimetria é a extensão do modelo padrão de física que visa preencher algumas lacunas sobre como os cientistas entendem a matéria.

De acordo com essa teoria, todas as partículas têm uma contraparte que é mais pesada, e os especialistas acreditam

que se essas partículas estão ali o LHC será capaz de encontrá-las.

Como o modelo padrão da física não consegue explicar a existência da matéria escura, uma forma de matéria que interage apenas gravitacionalmente, como em estrelas e galáxias, a supersimetria ajuda a oferecer um cenário mais compreensivo de nosso mundo.

A primeira das oito etapas para fazer o LHC funcionar novamente se iniciou em dezembro do ano passado e pode levar vários meses para ser concluída.

Adaptado de: <<http://info.abril.com.br/noticias/ciencia/2015/02/lhc-pode-realizar-descoberta-inedita-desde-o-boson-de-higgs.shtml>>. Acesso em 03 de junho de 2015.

## SISTEMATIZAÇÃO DE IDEIAS

### JOGOS DIDÁTICOS

- Jogo de Tabuleiro “A Discreta Corrida das Partículas Elementares”

## MODELO DE WEBFÓLIO PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DOS ESTUDANTES

### DAWORLD WIDE WEB ÀS PARTÍCULAS ELEMENTARES

*WEBFÓLIO (adaptado de Rodrigues, 2016)*

#### ***QUESTÕES PARA REFLEXÃO:***

#### **Momento da Lição:**

- Grau de Interesse pela questão:  
 Elevado       Mediano       Baixo
- Grau de entendimento prévio:  
 Elevado       Mediano       Baixo
- Grau de entendimento após a orientação do professor-pesquisador:  
 Elevado       Mediano       Baixo

Responda a questão:

Justifique sua escolha:

Fonte(s) utilizada(s) para a construção da resposta:

# GUIA DIDÁTICO

Prezado professor,

Este guia é um documento que foi elaborado como complemento à sequência didática *“Da World Wide Web às Partículas Elementares”* e traz orientações didáticas para a implementação da proposta em sala de aula, visando a articulação de todos os itens que estruturam as lições apresentadas.

Dessa forma, não apresentamos uma “receita pronta” ou necessariamente um “roteiro pré-definido” que deve seguir à risca, mas um conjunto de orientações para auxiliar o trabalho docente no desenvolvimento de suas aulas e na dinâmica de trabalho, conforme já utilizado pelo autor principal da sequência didática e aplicado em uma turma do ensino médio de escola pública.

Neste guia, abordamos os principais tópicos a serem abordados na implementação da proposta. Além disso, apresentamos comentários úteis para o professor acerca da matriz de conteúdos mínimos para o estudo de física de partículas, por roteiros de cada uma das lições, bem como uma descrição das atividades a serem desenvolvidas.

Sugerimos que leia este guia acompanhado da sequência didática para verificar os recursos necessários que são propostos com antecedência.

Bom trabalho!

## APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Professor,

No primeiro contato com os estudantes, apresente o assunto e inicie uma discussão para introduzir o assunto sobre a *World Wide Web* e sua relação com as pesquisas em ciência básica de forma a enriquecer a sua dinâmica de trabalho e aguçar a curiosidade, afim de encaminhar questionamentos tanto sua como da turma de forma enriquecedora.

Por ser o primeiro contato, utilize a notícia da Revista *Veja* que trata da criação da *WWW* e em seguida utilize as questões para reflexão para a sistematização de ideias. Ouça, responda questione à dúvidas que irão surgir, mas sem dar respostas prontas. Isso deixará a turma com o anseio pelas lições futuras. Sugerimos um tempo previsto de no máximo 30 minutos para essa apresentação.

Na nossa proposta, não solicitamos nesse primeiro contato a escrita dos estudantes, mas ação didática mais relevante foi levar ouvi-los, porém sempre anotando observações e ações discentes no diário-de-docência para futuras análises.

### LIÇÃO 1 | O surgimento da *WWW* (*World Wide Web*)

Comentários iniciais

A Lição 1 é o nosso passaporte para uma viagem estranha e charmosa pelo mundo das partículas elementares da matéria. O que a *WWW* tem em comum com o estudo de física de partículas? Muitas coisas em comum! Essa tecnologia foi desenvolvida dentro do CERN com o objetivo de compartilhar informações sobre as pesquisas de física básica entre os cientistas do laboratório e em outros institutos espalhados pelo mundo.

O professor, nesse segundo momento, reforce sua proposta de trabalho e faça as devidas orientações para a produção dos *webfólios* e para o Minicongresso Escolar sobre Física de Partículas, pois ao final será organizado esse evento para que os estudantes apresentem suas produções nos *webfólios* ou temas correlatos.

O objetivo desta atividade é *desenvolver a análise crítica de informações e conceitos científicos sobre física de partículas e suas aplicações sociais a partir da socialização dos webfólios*. O evento será disponibilizado e aberto à comunidade escolar

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 1

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 1:

## CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Origem da *WWW*;
- Relação entre a *WWW* e a pesquisa em física básica no CERN;
- História de Berners-Lee.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Apresentação da proposta didática para os estudantes;	15 min	O professor deve retomar a apresentação sua proposta e sua dinâmica de trabalho na aplicação da sequência didática.
• Produção de um <i>blog</i> e orientação para a produção de conhecimento dos estudantes a partir de <i>webfólios</i> ;	25 min	O professor deixa claro o que é um <i>webfólio</i> , como é sua estrutura e como os estudantes deverão proceder na produção de conhecimento a partir das questões de reflexão.
• Orientação sobre o Minicongresso Escolar sobre Física de Partículas;	20 min	O professor já deve deixar claro o objetivo do minicongresso para sistematização de ideias sobre o assunto abordado e será um evento de culminância aberto à comunidade escolar.
• Atividade inicial “ <i>Imagens na Tela</i> ”;	10 min	A atividade é para os estudantes interagirem com algumas imagens associadas ao tema abordado para que o professor identifique alguns conhecimentos prévios.
• Leitura e discussão do texto-base;	20 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Vídeo “ <i>História de Tim Berners-Lee</i> ”; (Duração 3min e 16s)	10 min	Vídeo que mostra um histórico do físico Berners-Lee e seu trabalho na criação da <i>WWW</i> .
• Orientação sobre as questões para reflexão.	20 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### Informações importantes

O conteúdo mínimo a ser estudado nessa lição diz respeito ao desenvolvimento da ferramenta da *WWW* como meio de comunicação entre os físicos para compartilhar os dados referentes às colisões de partículas que ocorriam nos aceleradores. Portanto, seu objetivo geral é analisar o contexto no qual surgiu a *WWW* (*World Wide Web*) concebido como uma ferramenta tecnológica para comunicação e compartilhamento de informações entre cientistas.

Nessa lição, já deixamos claro o papel essencial das atividades do CERN, pois o mesmo está ativamente produzindo conhecimento e tecnologias disponíveis para o benefício da sociedade e fá-lo-á através de uma variedade de mecanismos da ciência. Constantemente empurrando as fronteiras da tecnologia, a organização da lição traz um leque de informações, muitas vezes levando a benefícios tangíveis para a sociedade. A *World Wide Web* é o exemplo mais famoso, que agora cresceu para revolucionar a comunicação em todo o mundo.

Além disso, focamos no fato de que quase tudo mudou radicalmente desde sua criação até hoje, entretanto o objetivo continua o mesmo:

compartilhar informações. Quanto mais a tecnologia da *WorldWide Web* evolui, mais as informações são transmitidas para muito mais pessoas, possibilitando que uma sociedade se construa com muito mais rapidez.

Afinal, a criação da *WorldWide Web* deu-se prioritariamente para que os físicos do CERN pudessem compartilhar as informações sobre os aceleradores e os experimentos para investigar a estrutura da matéria. Numa fração infinitesimal de segundos são processados bilhões de processos físicos envolvendo colisões de partículas na busca de uma estrutura elementar, capaz de explicar fenômenos como a origem e evolução do Universo a partir do *Big Bang* e a própria natureza de partículas que compõem a matéria, por exemplo.

## LIÇÃO 2

### Experimentos e colisões: uso de modelos para compreender a matéria

#### Comentários iniciais

A Lição 2 tem por objetivo *identificar os experimentos com colisões de feixes de partículas como geradores de novos conhecimentos sobre a natureza elementar da matéria*.

A atividade inicial de apresentação traz uma brincadeira muito interessante para que os estudantes possam explorar modelos através da colisão entre as bolinhas de gude em superfícies até então desconhecidas. A partir daí, é possível estabelecer relações com outros fenômenos envolvendo colisão a nível macroscópico e, posteriormente, as analogias com a colisão entre partículas elementares são utilizadas para comparação e análise de algumas grandezas físicas.

## ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 2

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 2:

### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Colisão de “petecas” e momento linear (visão clássica);
- Colisão de partículas (visão quântica);
- Modelos para a ciência;
- Quantidade de energia utilizada nas colisões (Relação entre as unidades eV e J);
- Colisões e aceleradores de partículas;
- Reportagem “*CERN consegue colisões de prótons a uma velocidade recorde*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 1;	20 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 1.
• Atividade inicial “ <i>Montando núcleos</i> ”;	20 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir na atividade.
• Leitura e discussão do texto-base;	20 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo “Acelerador de partículas do CERN melhorado atinge novo recorde de energia”; (Duração 3min e 44s)</li> </ul>	20 min	Vídeo que mostra o maior acelerador de partículas do mundo quando atingiu um novo recorde de energia, com colisões de partículas a 13 TeV.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vídeo “Do átomo grego ao átomo de Bohr - Evolução dos Conceitos da Física”; (Duração 3min e 50s)</li> </ul>	20 min	Este vídeo é uma animação que compõe a hipermídia do material didático produzido no final de 2010 na Universidade Federal de Santa Catarina e mostra a evolução dos conceitos de átomo na ciência.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Simulação Phet Colorado “Laboratório de Colisões”;</li> <li>Simulação “A Escala do Universo”</li> </ul>	20 min	Deixar os estudantes livres para manusear as simulações que demonstram colisões entre partículas e uma escala para as coisas do Universo.
- Orientação sobre as questões para reflexão	20 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos webfólios.

Fonte: Elaborada pelo autor

### Informações importantes

Entender a importância dos modelos científicos para o estudo do átomo e de suas partículas é uma tarefa fundamental na ciência, principalmente pelo fato de os estudantes possuírem uma visão muito

fechada em relação ao modelo atômico. Para minimizar esse dano ao conhecimento científico e para que os estudantes entendam a função do que vem a ser um modelo, uma atividade inicial é proposta. Partindo dessa atividade, fica mais fácil trabalhar com os modelos atômicos e das partículas elementares.

Os modelos para a ciência são essenciais e no CERN, por exemplo, a busca por partículas que explicam a natureza da matéria é o que instiga os físicos. A comunidade científica desenvolve uma série de modelos, cálculos numéricos e simulações para prever o que podem comprovar ou não experimentalmente nos aceleradores e detectores no LHC. Grupos de cientistas procuram incansavelmente por partículas que podem responder a muitos questionamentos ainda sem solução para a ciência, mas conseguem descrever teoricamente muitos fenômenos e usando principalmente modelos científicos para elaborar teorias pertinentes à compreensão do microcosmo.

Esse fenômeno decorre de que, em um intervalo de tempo relativamente curto, duas partículas em um movimento acelerado colidem frontalmente gerando bilhões de informações e, até mesmo, novas partículas com novas características, novas propriedades e variadas aplicações científicas e tecnológicas.

De acordo com os cientistas, a melhor “brincadeira” surge após a colisão, pois esse fenômeno apresenta enigmas relacionados com o que aconteceu cerca de um trilionésimo de segundo depois do *Big Bang*, por exemplo. Assim, novos conhecimentos são gerados tanto teórica como experimentalmente.

## LIÇÃO 3 | Aceleradores e detectores de partículas

### Comentários iniciais

Falar em aceleradores e detectores de partículas nos conduzem a tratar das colisões que ocorrem. Dessa forma, o objetivo da Lição 3 é *identificar os experimentos com colisões como geradores de novos conhecimentos sobre a natureza elementar da matéria*.

Compreendendo como ocorrem as colisões entre as partículas nos aceleradores, torna-se necessário estudar e analisar o funcionamento dos aceleradores e detectores de partículas, para entender os principais fenômenos aí analisados.

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 3

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 3:

### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Estrutura do maior acelerador de partículas do mundo: LHC;
- Detectores de partículas: ALICE, ATLAS, CMS e LHCb.
- Reportagem “Aceleradores de partículas podem ajudar a tratar o câncer”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 2;	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 2.
• Atividade inicial “Rastreando Partículas”;	25 min	O professor irá aproveitar o próprio material na apresentação da lição 3, indagando os estudantes sobre as imagens de rastros de partículas e o que representam.
• Leitura e discussão do texto-base;	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
• Vídeo “LHC o maior acelerador de partículas”; Duração: 2min e 57s	20 min	Vídeo produzido pela BBC Brasil que mostra detalhes sobre a estrutura e funcionamento do LHC.
• Vídeo “Acelerador de partículas”; Duração: 7min e 19s.		Um vídeo que explora o acelerador de partículas brasileiro, localizado em Campinas-SP e mostra suas mais variadas funções e aplicações
• Orientação sobre as questões para reflexão.	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### Informações importantes

Dentre outras informações a serem dadas aos estudantes, uma importante será a de que o objetivo do LHC é analisar os resultados das colisões que ocorrem entre feixes de hadrons na busca de explicações sobre: o *Big Bang*; a origem da massa das partículas; a expansão do Universo; a matéria e energia escura, entre outros fenômenos que ainda desafiam os cientistas. Além disso, intenciona-se mostrar aos estudantes que os aceleradores de partículas são capazes de contribuir para tratamentos cancerígenos e ajudam na medicina, conforme mostram pesquisas mais atuais.

Nesse contexto, os cientistas pretendem identificar novas partículas nos experimentos do LHC que são previstas teoricamente e são testadas hipóteses não previstas nos modelos estudados. São discussões que levam os físicos teóricos e experimentais a considerarem as possibilidades de existência de novas partículas por meio de modelos e teorias. O contínuo desenvolvimento científico perdura por anos a fio, nos quais os físicos teóricos desenvolvem uma série de modelos e simulações que preveem os tipos de fenômenos que podem ser observados experimentalmente nos detectores de partículas.

### LIÇÃO 4

### As partículas elementares da matéria e o modelo padrão: características e propriedade

#### Comentários iniciais

Após trabalhar com modelos para a ciência, torna-se mais acessível para o imaginário dos estudantes falarmos de partículas que são apenas detectadas e não podem ser vistas a olho nu, tal como o átomo. Nesta lição, o nosso objetivo é *identificar as partículas elementares como constituintes básicos que formam a matéria*.

#### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 4

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 4:

#### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Estrutura do átomo;
- Partículas fundamentais, elementares e o Modelo Padrão;
- Antipartículas;
- Tabela “*Modelo Padrão das Partículas Elementares e Interações*”

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 3;	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 3.
• Atividade inicial “Montando Núcleos”;	25 min	Os estudantes devem ficar livres para interagir na atividade. A descrição da atividade está no ANEXO B.
• - Leitura e discussão do texto-base;	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
• Vídeo “Física de Partículas”; Duração:6min e 07s.	20 min	Vídeo que traz uma discussão do MP da Física de Partículas e partículas elementares que constituem a matéria.
- Orientação sobre as questões para reflexão.	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### ***Informações importantes***

Sabemos que o átomo já foi considerado a menor partícula que constituía a matéria. Em 1897, houve a descoberta dos elétrons, partículas que circundam o átomo na região da eletrosfera, quando Joseph Thomson percebeu que os raios catódicos eram formados por partículas de carga negativa. Em 1911, Ernest Rutherford e colaboradores perceberam que partículas alfa eram espalhadas ao passar através de uma fina folha de ouro, ou seja, chocavam-se

no núcleo do átomo e constataram que no núcleo havia partículas carregadas positivamente que foram denominadas de prótons.

Percebendo que os átomos possuem valores de massas bem maiores quando comparadas às de seus prótons e elétrons, em 1932, James Chadwick desvendou esse mistério e descobriu uma partícula possuidora de massa muito próxima à do próton, porém sem carga elétrica, originária da interação entre o próton e o elétron, era o nêutron.

Deve-se salientar que por trás do Modelo Padrão (MP) existe na verdade um emaranhado de cálculos matemáticos muito complexos e, portanto, não nos cabe desvendar tudo isso. No entanto, o MP nos explica a constituição elementar da matéria, apesar de que são mais de 300 partículas que foram identificadas nos aceleradores/colisores de partículas e podem ser agrupadas em léptons, quarks, hadrons, bárions, mésons e bósons, dependendo da sua estrutura interna, propriedades e características.

Nesta lição, devemos enfatizar que as partículas elementares são muito instáveis e decaem com facilidade e em um intervalo de tempo tão rápido que muitas vezes a maioria só deixa rastros da sua existência. Todas as partículas exercem uma interação com outras através de forças existentes na natureza e podem se transformar em outras partículas.

As interações fundamentais da natureza, que inclusive começaram a ser formuladas bem antes da teoria do MP, explicam de forma coerente o modo como as partículas interagem. O MP é importante por descrever a formação e constituição do Universo e o que o mantém unido. Muito embora é importante deixar claro que ainda resta um longo caminho em direção à unificação das quatro forças fundamentais com as quais trabalhamos na física. A unificação teórica dessas forças é sem dúvida alguma um dos maiores desafios para os físicos neste século.

## LIÇÃO 5

## Interações fundamentais da natureza, partículas mediadoras e o bóson de Higgs.

*Comentários iniciais*

O objetivo dessa lição é *caracterizar as interações fundamentais que ocorrem entre as partículas elementares*. A lição inicia com uma atividade simples entre os estudantes denominada “*passa-bola*”. Nesta, o estudante passa a bola para o colega com a função de compreender que por trás de uma simples brincadeira há uma interação. Essa analogia será associada às interações fundamentais que ocorrem entre as partículas na natureza, nas quais trocam outras partículas, as chamadas partículas mediadoras ou virtuais.

**ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 5**

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 5:

**CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS**

- Interações fundamentais da natureza;
- Partículas mediadoras;
- Bóson de *Higgs*;
- Reportagem “*Cientistas elegem a descoberta do Bóson de Higgs como o feito científico do ano*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 4;</li> </ul>	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 4.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atividade inicial “<i>Passa-Bola</i>”;</li> </ul>	25 min	A atividade “ <i>Passa-Bola</i> ” tem como objetivo criar analogias para as partículas mediadoras das interações fundamentais.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto-base;</li> </ul>	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Ciência e Tecnologia - Bóson de Higgs</i>”;</li> </ul> <p>Duração: 10min e 26s.</p>	20 min	Duas reportagens sobre o bóson de <i>Higgs</i> para enriquecer o estudo sobre essa partícula tão conhecida e que demorou meio século para ser identificada.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo “<i>Anúncio da detecção do Bóson de Higgs</i>”;</li> </ul> <p>Duração: 1min e 53s.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientação sobre as questões para reflexão.</li> </ul>	25 min	Momento no qual o professor deve orientar o processo de produção dos <i>webfólios</i> .

Fonte: Elaborada pelo autor

### Informações importantes

É nesta lição que tratamos o assunto da famosa “partícula de Deus” a qual faz referência ao bóson de Higgs, responsável por dar origem às massas das demais partículas elementares. Suas características e propriedades serão apresentadas aos estudantes. Busque explorar o motivo de ela ter recebido essa nomenclatura e o que ela representa para as teorias científicas.

É importante frisar que a teoria de Higgs é muito complexa e muito ainda há pra ser analisado teórica e experimentalmente. O mundo das partículas elementares e das interações fundamentais ainda está sendo muito estudado e os limites da ciência desbravados no CERN/LHC só tendem a ser ampliados.

### LIÇÃO 6 | Grandes desafios do século XXI no CERN/LHC.

#### Comentários iniciais

Na última lição, os estudantes podem demonstrar todo o seu potencial sobre o estudo das partículas elementares e exercer sua autonomia para trabalhar um ou mais assuntos que mais lhes despertaram curiosidade durante o desenvolvimento da sequência didática. Com isso, o professor irá orientar e mediar as pesquisas necessárias para que os estudantes identifiquem os grandes desafios que intrigam os cientistas na busca de explicar o Universo por meio do estudo das partículas elementares.

Assim, seu objetivo é **identificar os grandes desafios que intrigam os cientistas do CERN/LHC na busca de explicar o Universo por meio do estudo das partículas elementares.**

### ORIENTAÇÕES PARA A LIÇÃO 6

A seguir, apresentamos algumas orientações para as atividades e recursos a serem utilizados na lição 6:

#### CONTEÚDOS MÍNIMOS ABORDADOS

- Assuntos gerais de física de partículas;
- Reportagem “*LHC pode realizar descoberta inédita e ainda maior que o Bóson de Higgs*”.

ATIVIDADES	TEMPO PREVISTO	OBSERVAÇÕES
• Discussão sobre a produção dos <i>webfólios</i> produzidos sobre a lição 5;	25 min	O professor aproveita o início do encontro para discussão da produção do conhecimento no <i>webfólio</i> sobre a lição 5.
• Leitura e discussão do texto-base;	25 min	Os estudantes devem interagir com os colegas e com o professor, esclarecendo possíveis dúvidas no texto.
• Vídeo “ <i>LHC - A busca por explicar o Universo</i> ”; Duração: 3min e 44s.	20 min	Esse vídeo mostra como funciona o maior acelerador de partículas do mundo, o LHC, e seus principais objetivos para a ciência.
• Vídeo “ <i>Acelerador de partículas desperta interesse de várias empresas no Brasil</i> ”; Duração: 3min.		Vídeo que mostra diversas aplicações dos aceleradores de partículas e o avanço de alguns experimentos a serem realizados, principalmente no Brasil.

Fonte: Elaborada pelo autor

### **Informações importantes**

Sabemos hoje que apenas 5% do Universo é conhecido e há um grande potencial para novas descobertas. Em pleno século XXI, uma nova física está abrindo as portas para grandes descobertas e o estudo sobre as partículas elementares é a área mais desenvolvida atualmente no campo da ciência, porém pouco se sabe sobre o conhecimento científico que está por vir: será que existe um limite para a ciência?

As descobertas realizadas com o estudo sobre física de partículas tiveram aplicações práticas para a nossa vida cotidiana, tais como o desenvolvimento da *WWW* e o aprimoramento da *internet*, recursos como *scanners*, telas táteis, cosméticos, desenvolvimento de materiais para extração do petróleo no pré-sal, tratamentos na medicina como de células-tronco, esquizofrenia, contra o câncer, entre outros. Sem dúvida, o desenvolvimento da ciência básica promove grande perspectivas à comunidade científica que certamente terá seus efeitos e impactos na sociedade.

### **ORIENTAÇÕES ACERCA O JOGO DE TABULEIRO E PARA A REALIZAÇÃO DO MINICONGRESSO ESCOLAR**

Sobre o Jogo de Tabuleiro intitulado “*A Discreta Corrida das Partículas Elementares*” a confecção do tabuleiro e do dado podem ser realizadas com orientação aos estudantes, exceto as cartas que deve ser moldada pelo docente. O objetivo deste jogo didático é **desenvolver habilidades de raciocínio e de conhecimentos científicos sobre física de partículas elementares**. As demais orientações e as regras do jogo estão contidas em tutorial, que também ficará disponível para

os professores. Sugerimos em média 30 minutos para esta atividade.

O minicongresso escolar deverá ser planejado para um período mais longo a ser desenvolvido, pois além de orientação do professores, deverá haver todo o processo de produção de materiais que os estudantes deverão expor para a comunidade escolar. Trata-se de uma culminância da proposta didática e deve ser apresentado em forma de banners, maquetes, exposições, oficinas ou outra forma escolhida pelos estudantes. Aqui não iremos sugerir um prazo, porém orientamos que não haja demora entre a aplicação da última lição e o minicongresso, haja vista que já esta atividade já deve ser mencionada na apresentação da proposta didática.

# TUTORIAL DO JOGO DIDÁTICO

## JOGO DE TABULEIRO “A DISCRETA CORRIDA DAS PARTÍCULAS”

### 1. OBJETIVO

- Desenvolver habilidades de raciocínio e de conhecimentos científicos sobre física de partículas elementares.

### 2. COMPOSIÇÃO DO JOGO

- Um laboratório de física de partículas colorido (tabuleiro);
- Um dado com duas faces opostas e iguais de 1 a 3;
- Quatro pinos cilíndricos coloridos (conforme cores das equipes);
- 100 cartas (40 contendo perguntas de múltipla escolha; 30 com perguntas com alternativas de opções “verdadeira ou falsa”; 15 cartas de “partículas aniquiladas”; 15 cartas bônus de “Partícula de Deus”).

### 3. REGRAS DO JOGO

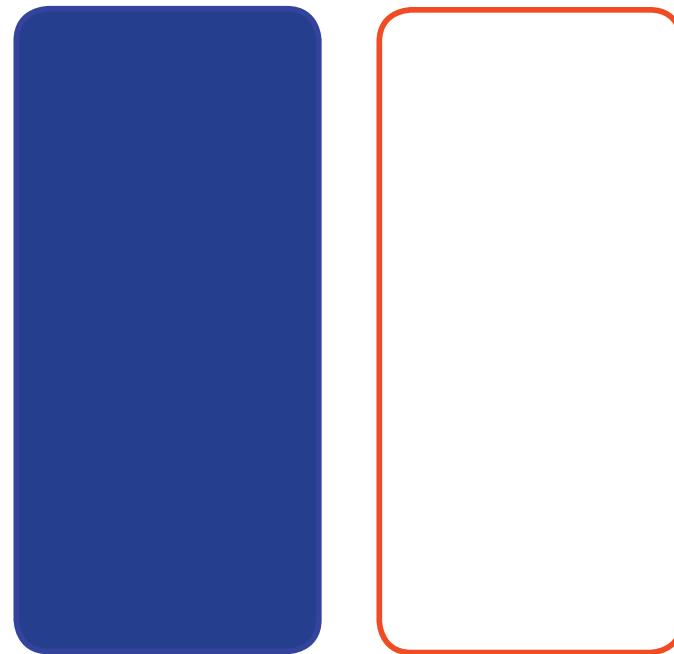
- Trata-se de um jogo de tabuleiro para ser ampliado e impresso numa superfície plana de papel, madeira, plástico etc., no qual os participantes devem ter como pré-requisitos conhecimentos básicos sobre física de partículas elementares;
- Escolher o “físico-de-partículas” para que aplique as regras do jogo às equipes e será a ter a autoridade sobre o jogo e sobre os jogadores. Poderá ser o professor da turma;
- Formar 04 equipes de cores diferenciadas (vermelha, verde, azul e amarela) contendo 05 estudantes cada, devendo ser selecionado um líder;

- Posicionar as equipes na ordem das cores da sequência das cores apresentadas no tabuleiro, da esquerda para a direita;
- Selecionar a equipe que iniciará o jogo lançando o dado. A equipe selecionada será aquela que tirar a face de maior numeração. Caso haja empate, os líderes deverão lançar novamente até haver um vencedor para iniciar o jogo;
- As cartas devem ser embaralhadas pelo “físico-de-partículas” e colocadas sobre o tabuleiro;
- O líder da equipe selecionada joga o dado para dar início, em seguida pega a primeira carta e assim se inicia o jogo;
- As respostas corretas dadas pelas equipes dão direito ao “avanço de casas” no tabuleiro, conforme o número do dado;
- A equipe que tirar a carta de “partículas aniquiladas” perde a vez e a próxima equipe continua o jogo;
- A equipe que tirar a carta bônus de “Partícula de Deus” avança uma casa;
- O tempo máximo para as equipes darem a resposta é de 30 segundos;
- Só é permitido que os representantes da mesma equipe troquem ideias entre si, em momento algum os de outras equipes poderão se comunicar;
- Durante o tempo de respostas, uma equipe não pode atrapalhar a outra, caso o “físico-de-partículas” perceba que isso ocorra, a mesma será penalizada, com uma rodada sem jogar;
- Vence a equipe que atingir primeiro o alvo “COLISÃO”.

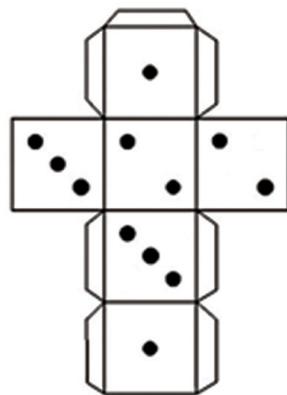
**Modelo 1: Tabuleiro em imagem reduzida**



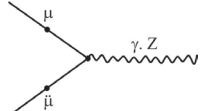
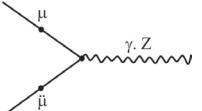
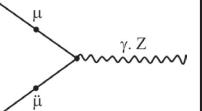
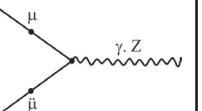
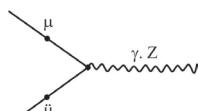
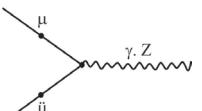
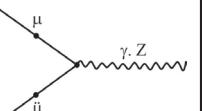
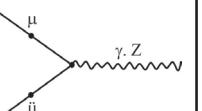
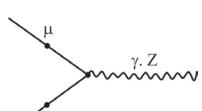
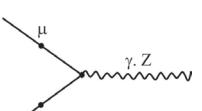
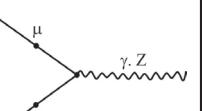
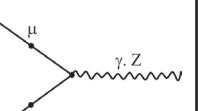
**Modelo 3: Cartas para o jogo de dimensão 8,5 cm x 4 cm**

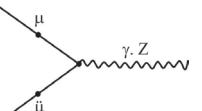
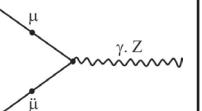
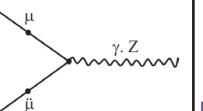


**Modelo 2: Dado**



**CARTAS PARA O JOGO DE TABULEIRO**  
(Dimensões 6 cm x 4 cm)

PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"
PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"
PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"

PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	PARTÍCULAS ANIQUILADAS  "PASSA A VEZ"	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS
"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS
"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS	"CARTA BÔNUS" <b>THE HIGGS BOSON</b>  PARTÍCULA DE DEUS

<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>
<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p><b>"CARTA BÔNUS"</b></p>  <p><b>PARTÍCULA DE DEUS</b></p>	<p>A <i>World Wide Web</i> foi desenvolvido pelo físico Tim Berners-Lee...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O maior acelerador de partículas está localizado em Campinas, São Paulo...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>A cor de um quark é uma de suas propriedades, assim como sua carga elétrica...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As forças eletromagnética, nuclear forte, nuclear fraca e gravitacional são as forças fundamentais da natureza...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As partículas alfa e beta são as que mediam as interações fundamentais da natureza...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O gráviton e o bóson de Higgs foram as partículas mais recentemente detectadas no CERN...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>

<p>Os mésons são partículas elementares da classe dos hadrons, de spin inteiro e carga elétrica neutra, positiva ou negativa</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>A matéria escura é responsável pela formação dos buracos negros...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O telescópio espacial LHC identificou muita energia escura na formação do Universo...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>As antipartículas são simétricas às partículas elementares da matéria, tendo a mesma massa que aquelas...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>os mistérios do Universo já foram desvendados pelos físicos de partículas no CERN...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os quarks possuem três cores: vermelho, azul e verde. Os antiquarks, antivermelho, antiazul e antiverde...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os tipos de quarks são: down, up, estranho, charmoso, bottom e top...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os prótons e nêutrons não têm uma estrutura interna, isto é, são elementares...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>
<p>O pósitron é a antipartícula do elétron...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>O CERN é um laboratório comandado pelos Estados Unidos da América, França e Suíça...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Na busca dos elementos mais básicos da matéria, o pensamento humano começou com a proposta dos átomos...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>	<p>Os elétrons não têm estrutura interna, isto é, são partículas elementares...</p> <p><i>Verdadeiro ou Falso?</i></p>

<p>Os hadrons mantêm a sua coesão interna devido à interação forte...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>Os glúons são formados por três pares de quarks...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>Os bários são partículas formadas por três quarks, caracterizando-se como um fermion...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>As partículas que estão sujeitas a interação forte são chamadas de léptons...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p><b>Um átomo...</b></p> <p>(A) é uma partícula elementar da matéria;      (B) a menor porção de material que forma um ser vivo;      (C) a menor parte da parte da matéria que caracteriza um elemento químico.</p> <p><b>O que constitui os átomos?</b></p> <p>(A) prótons, elétrons e nêutrons;      (B) léptons e quarks;      (C) partículas positivas e negativas.</p> <p><b>Os prótons são...</b></p> <p>(A) partículas elementares indivisíveis;      (B) partículas formadas por quarks;      (C) partículas elementares de carga positiva.</p> <p><b>Os elétrons são...</b></p> <p>(A) partículas elementares divisíveis;      (B) partículas formadas por quarks;      (C) partículas elementares de carga negativa.</p>
<p>A interação eletromagnética age sobre todas as partículas que possuem carga elétrica...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>As partículas que estão sob a ação da interação fraca são chamadas de hadrons...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>Os fótons são responsáveis pela interação gravitacional...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>A interação forte é um tipo de interação que faz com que os núcleos se mantenham unidos para formar os núcleos...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p><b>Os nêutrons são...</b></p> <p>(A) partículas elementares indivisíveis;      (B) partículas formadas por quarks;      (C) partículas elementares de carga nula.</p> <p><b>Qual o modelo atômico mais aceito atualmente?</b></p> <p>(A) Bohr;      (B) Rutherford;      (C) quântico.</p> <p><b>Uma partícula elementar é...</b></p> <p>(A) formada por um aglomerado de átomos;      (B) a menor porção de matéria conhecida atualmente;      (C) formada por quarks e glúons.</p> <p><b>Quantos quarks existem?</b></p> <p>(A) 4;      (B) 6;      (C) 8.</p>
<p>As partículas que constituem os léptons são os elétrons e os nêutrons...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>O modelo padrão descreve a interação gravitacional...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>As partículas que constituem os hadrons são os prótons, nêutrons e píons...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	<p>As colisões entre partículas ocorrem a proximadamente à velocidade da luz...</p> <p><b>Verdadeiro ou Falso?</b></p>	

<p><b>Quantos léptons existem?</b></p> <p>(A) 4; (B) 6; (C) 8.</p>	<p><b>O Modelo Padrão é o (a)...</b></p> <p>(A) conjunto de interações entre partículas; (B) teoria mais aceita para explicar a natureza da matéria; (C) modelo evolutivo para o átomo.</p>	<p>É a partícula responsável pela formação da massa das partículas elementares?</p> <p>(A) bóson de Higgs; (B) gráviton; (C) quarks up e down.</p>	<p><b>Os prótons são formados por três quarks...</b></p> <p>(A) dois up e um down; (B) dois down e um up; (C) três down.</p>	
<p><b>Os nêutrons são formados por três quarks...</b></p> <p>(A) dois up e um down; (B) dois down e um up; (C) três up.</p>	<p><b>Os hadrons são subdivididos em...</b></p> <p>(A) prótons e elétrons; (B) mésons e bárions; (C) prótons e nêutrons.</p>	<p><b>Um hadron é um composto de partículas subatômicas regido pela interação...</b></p> <p>(A) forte; (B) nuclear fraca; (C) nuclear forte.</p>	<p><b>Qual a partícula que media a interação nuclear forte?</b></p> <p>(A) prótons; (B) glúons; (C) fótons.</p>	<p><b>Uma das intenções dos físicos nos experimentos do LHC é...</b></p> <p>(A) criar buracos negros; (B) descobrir a temperatura do Sol; (C) recriar o famoso Big Bang.</p> <p><b>O LHC é...</b></p> <p>(A) retilíneo e uniforme; (B) elíptico; (C) circular.</p> <p><b>O LHC está localizado...</b></p> <p>(A) em pleno Oceano Atlântico para facilitar os experimentos; (B) a 100m abaixo do solo; (C) acima da atmosfera terrestre.</p> <p><b>O ATLAS, o CMS, o ALICE e o LHCb são...</b></p> <p>(A) detectores de partículas; (B) aceleradores de partículas; (C) partículas elementares.</p>
<p><b>É um exemplo de detector de partículas...</b></p> <p>(A) ANA; (B) ALICE; (C) ANITTA.</p>	<p><b>Os produtos de colisões das partículas pesadas, são analisados pelos...</b></p> <p>(A) aceleradores; (B) geradores; (C) detectores.</p>	<p><b>Peter Higgs previu...</b></p> <p>(A) os glúons de Higgs; (B) os mésons de Higgs; (C) os bósons de Higgs.</p>	<p><b>São responsáveis pela interação nuclear fraca...</b></p> <p>(A) os bósons Z e W; (B) os gluons; (C) os fótons.</p>	<p><b>Segundo o Modelo padrão, as partículas são divididas em...</b></p> <p>(A) férmons e bósons; (B) hadrons e mésons; (C) bósons e mésons.</p> <p><b>As partículas elementares podem ou não obedecer o princípio de exclusão de...</b></p> <p>(A) Higgs; (B) Pauli; (C) Quarks.</p> <p><b>Um quark up possui carga...</b></p> <p>(A) +1/3; (B) +2/3; (C) -1/3.</p>

Um quark down possui carga...  (A) $+1/3$ ; (B) $+2/3$ ; (C) $-1/3$	A interação entre os quarks é feita pelos...  (A) glúons; (B) fótons; (C) bósons.	São partículas que raramente interagem com a matéria, atravessam a Terra sem se chocar com outras...  (A) quarks; (B) neutrinos; (C) glúons	No Modelo Padrão há...  (A) 3 famílias; (B) 4 famílias; (C) 5 famílias.
Já foi identificado no CERN/LHC...  (A) Miniburacos negros; (B) Bóson de Higgs; (C) Grávitons.	A antipartícula de um quark é...  (A) um méson; (B) um bóson; (C) um antiquark.	Elétrons e neutrinos são classificados como...  (A) quarks; (B) léptons; (C) bósons.	A colisão de uma partícula com sua antipartícula prova que elas...  (A) possuem quarks; (B) se aniquilam; (C) formam bósons e mésons.

