

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UFAM/IFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**UMA ABORDAGEM SOBRE FÍSICA DAS PARTÍCULAS PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

Hudson Batista da Silva

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação Polo4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. Igor Tavares Padilha

Prof. Dra. Débora Coimbra

Descrição das Atividades Planejadas

Caro professor, nessa seção, disponibilizo os roteiros das atividades implementadas ao longo do mestrado. Apesar de estar na sequência em que foi realizada, você pode optar por utilizar, apenas parte das mesmas, de acordo com sua realidade e demandas.

ROTEIRO DA ATIVIDADE 01

Tema: Questionário sobre Física de Partículas

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

1- Descrição geral do roteiro de atividades nº 1

Esta atividade deve ser utilizada para diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos, a respeito do tema Física de Partículas.

O professor deverá usar ou adaptar o Questionário 01 aqui sugerido, esclarecendo à turma que essa atividade tem como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos mesmos, uma vez que eles já estudaram ou já poderiam ter ouvido falar de algum dos conteúdos de Física de partículas como, por exemplo, sobre o átomo que será nosso ponto de partida. Após esse diálogo, o professor deverá entregar o questionário aos alunos e esperar o término do mesmo.

2- O que o aluno poderá aprender com esta aula

- O conceito de átomo
- Os elementos constituintes do átomo
- O que é uma partícula elementar
- Modelos atômicos

3- Recursos Utilizados

- Sala de aula
- Questionário sobre Física de Partículas

4- Avaliação

- Desempenho individual no Questionário 01

4.1- Questionário sobre partículas elementares e suas interações fundamentais

Questionário sobre partículas elementares e interações fundamentais

Nome: _____ Turma: _____

Data: _____

Prezado Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema “Partículas Elementares e Interações Fundamentais”. Se você não souber a resposta para uma determinada questão, use a alternativa “Não sei”, mas, não faça isso por comodidade. A ideia é que você escolha a alternativa que mais se ajuste às suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute” para ver-se logo livre. Pense um pouco antes de responder.

1. O que é um átomo?

- a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.
- b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Uma partícula básica da matéria.
- d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.
- e) Não sei.

2. O que constitui os átomos?

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Partículas alfa e beta.
- d) Partículas positivas e negativas.
- e) Não sei

3. O que são prótons?

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

4. O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica $-e$.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

5. O que são nêutrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.
- c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

6. O que é um modelo atômico?

- a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.
- b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.
- c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.
- d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.
- e) Não sei

7. Como um modelo atômico é construído?

- a) Por meio da imaginação dos cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.
- e) Não sei.

8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?

- a) Rutherford.
- b) Thomson.
- c) Bohr.
- d) Quântico.
- e) Não sei.

9. O que é uma partícula elementar?

- a) O mesmo que um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção de matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

10. Como são detectadas as partículas elementares?

- a) Usando um microscópio.
- b) Por meio de sua observação direta na Natureza.
- c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.
- d) Com o uso de telescópios especiais.
- e) Não sei.

11. O que é um quark?

- a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- b) Um átomo ionizado.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de prótons.
- e) Não sei.

ROTEIRO DA ATIVIDADE 02

Tema: Introdução a Física de Partículas

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

1- Descrição geral do Roteiro de Atividades nº 2

Esta atividade pode ser inserida logo após a introdução à eletrostática, o professor deve mostrar a laranja aos alunos e compará-la com um átomo em seguida o mesmo deverá questionar como poderíamos saber o que tem dentro da laranja? Qual sua estrutura interna? Importante sempre lembrar aos alunos que a laranja representa o átomo, portanto, não podemos usar uma faca para cortá-la (Figura 12).

Figura 12: Professor com uma laranja na mão



Fonte: do próprio autor (2016).

Após observar as possíveis sugestões propostas pelos alunos, o professor deverá, caso ainda ninguém o tenha feito, ressaltar que uma boa solução seria arremessar contra uma parede a laranja, pois assim, conseguiríamos ver sua estrutura e, nesse momento, solicitar que os mesmos se dirijam a uma área onde possam arremessar as laranjas contra a parede, obedecendo as seguintes instruções:

- O primeiro arremesso não deva ser aplicado muita força (Figuras 13, 14 e 15):

Figuras 13, 14 e 15: Estudante arremessando a laranja contra a parede



Fonte: do próprio autor (2016)

- Após cada arremesso, fazer observações na laranja e mostrar aos alunos a estrutura interna que vai se apresentando. Sempre relacionar com a estrutura atômica (Figura 16).

Figura 16: Professor apresentando a laranja após os lançamentos



Fonte: do próprio autor

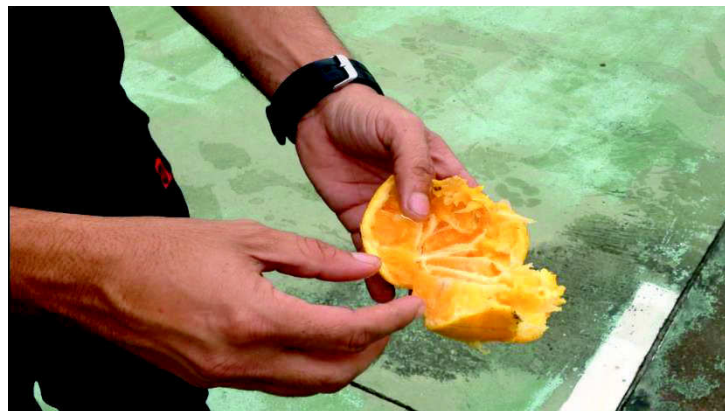
- Solicitar que os arremessos sejam feitos com mais força, até que seja possível fazer uma análise melhor da estrutura interna da laranja (Figuras 6 e 7).

Figuras 17: Estudante arremessando a laranja com mais força



Fonte: do próprio autor

Figura 18: Professor apresentando o interior da laranja



Fonte: do próprio autor

- Discutir o experimento com os alunos, mostrando aos mesmos, que se fizéssemos uma comparação com os aceleradores de partículas, daria para entender porque é necessário trabalhar com altas energias.

2- O que o aluno poderá aprender com esta aula

- Identificar as partículas constituintes do átomo
- Discutir os principais conteúdos do tema Física de partículas
- Relacionar força com energia.
- Entender porque os aceleradores de partículas precisam de altas energias.

3- Recursos Utilizados

- Sala de aula
- Laranjas
- Área externa para arremessar as laranjas

4- Avaliação

- Participação efetiva dos alunos durante o experimento.

ROTEIRO DA ATIVIDADE 03

Tema: Física e Poesia

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Nesta atividade, uma leitura de uns poemas é proposta em grupos. Cada grupo lê o poema distribuído, discute no grupo e, em seguida, cada grupo lê o poema para a turma toda e comenta a discussão realizada. Para cada caso, o professor destaca o modelo atômico relacionado.

Poema 1 : Os Lusíadas - Canto VI

[...]

E vê primeiro, em cores variadas,
Do velho Caos a tão confusa face;
Vêm-se os quatro Elementos trasladados,
Em diversos officios ocupados.

Ali, sublime, o Fogo estava em cima,
Que em nenhuma matéria se sustinha;
Daqui as coisas vivas sempre anima,
Depois que Prometeu furtado o tinha.
Logo após ele, leve se sublima
O invisível Ar, que mais asinha
Tomou lugar e, nem por quente ou frio,
Algum deixa no mundo estar vazio.

[...]

CAMÕES, Luís Vaz de. Os lusíadas. São Paulo: Ateliê, 1998.p.170-171

Poema 2 : “A Quarta Parede”

Esta foi a	esferas
bela e preciosa	musicantes
lição de Bohr	de Pitágoras...
e Mann	esta foi
de sua mecânica	a bela
sublime	e preciosa
antes maldestra	descoberta
hoje tão bela	que
como laura,	a máquina
nise e glaura	do mundo

flutua	ínvios
em mil pedaços	mares
partículas	e o nada
sabores	sobrenada
(lauras e	entre infinitos
jasmins também flutuam)	infinitos

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 44-5

Poema 3: “Modo inaugural”

Na luz deserta
do primeiro dia
está quebrada
a supersimetria
e assim despontam
múltiplos destinos
no mar onipresente de neutrinos... [...]
as quase borboletas
e sabores
de quarks, e de sombras,
e motores...
na antemanhã de rosas
o arrebol e o quase amor que rege o pôr-do-sol [...]
assim agia **Deus sive natura**
na zona fria
da matéria escura
e o rígido
combate prosseguia
do ser e do não ser,
e ainda prossegue,
que o nada
se insinua noite e dia

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 69-70

ROTEIRO DA ATIVIDADE 04

Tema: Linha do tempo

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Distribuídos em grupos, os estudantes devem elaborar uma apresentação de uma linha do tempo sobre a evolução dos modelos atômicos identificados na discussão anterior aos poemas. O material produzido deve ser fixado na lousa, em ordem cronológica. O tempo total estimado leva em conta 15 a 20 minutos para cada explanação oral.

Após todos os grupos exporem seus trabalhos, é desejável haver um diálogo com a classe toda para esclarecimento de dúvidas em relação aos modelos atômicos apresentados.

ROTEIRO DA ATIVIDADE 05

Tema: Ordem de grandeza

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

ATIVIDADE 03: Ordem de Grandeza

A comparação entre diferentes ordens de grandeza, através do site <http://htwins.net/scale2/lang.html> e, em seguida, a exibição do vídeo “Do Micro ao Macro” (<https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ>) são as atividades propostas nessa aula.

No laboratório de informática, como mostra a próxima figura, os alunos foram orientados a digitar a página <http://htwins.net/scale2/lang.html> e seguir as instruções recebidas, descritas na sequência.

Figura 19: Estudantes no Laboratório de Informática



Fonte: do próprio autor. (2016)

No site é possível fazer algumas comparações de ordem de grandeza. Primeiramente, é necessário escolher o idioma a ser utilizado, no nosso caso, o Português.

Figura 20: Tela de escolha do idioma.



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Após escolher o idioma, aparece a tela de início da atividade, os alunos devem ser orientados a clicar em “começar” como indicado na figura, a seguir:

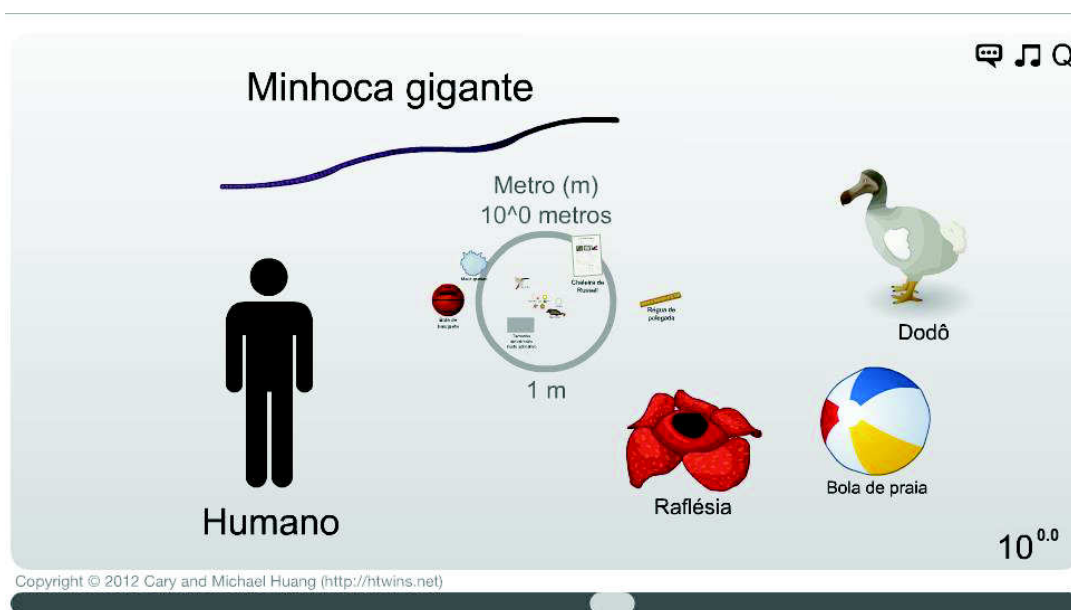
Figura 21: Tela inicial do site, após escolha do idioma



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Várias opções são fornecidas aos alunos e, de forma livre, os mesmos irão selecionar os objetos e observar suas respectivas ordens de grandezas, como podemos ver, a seguir:

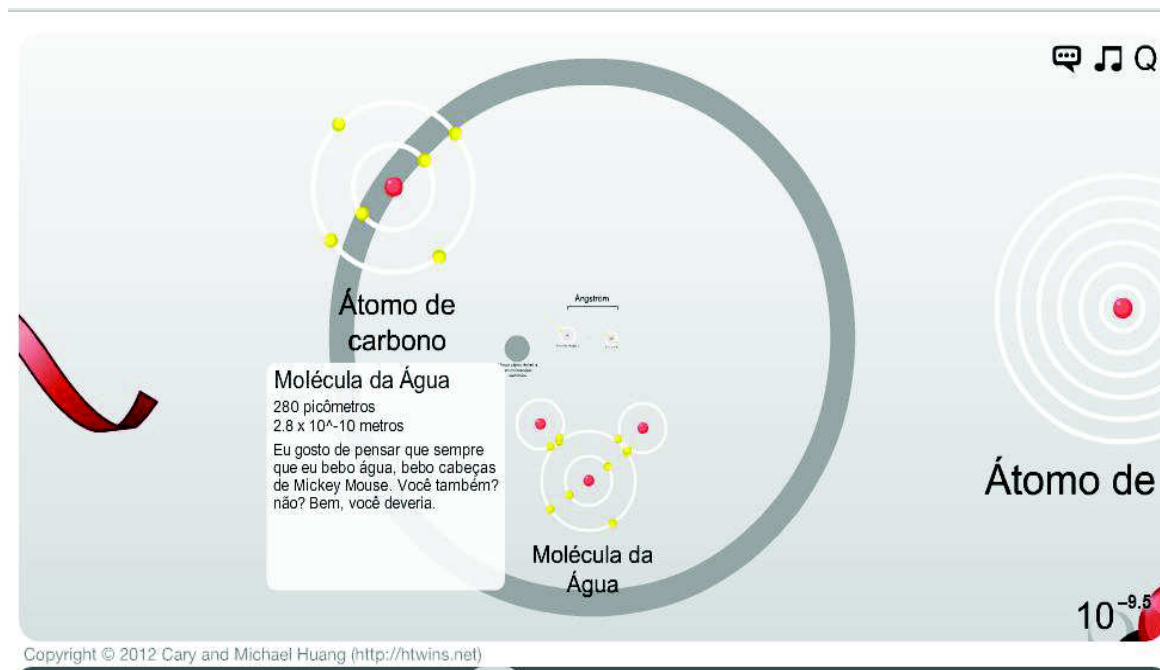
Figura 22: Opções de objetos



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

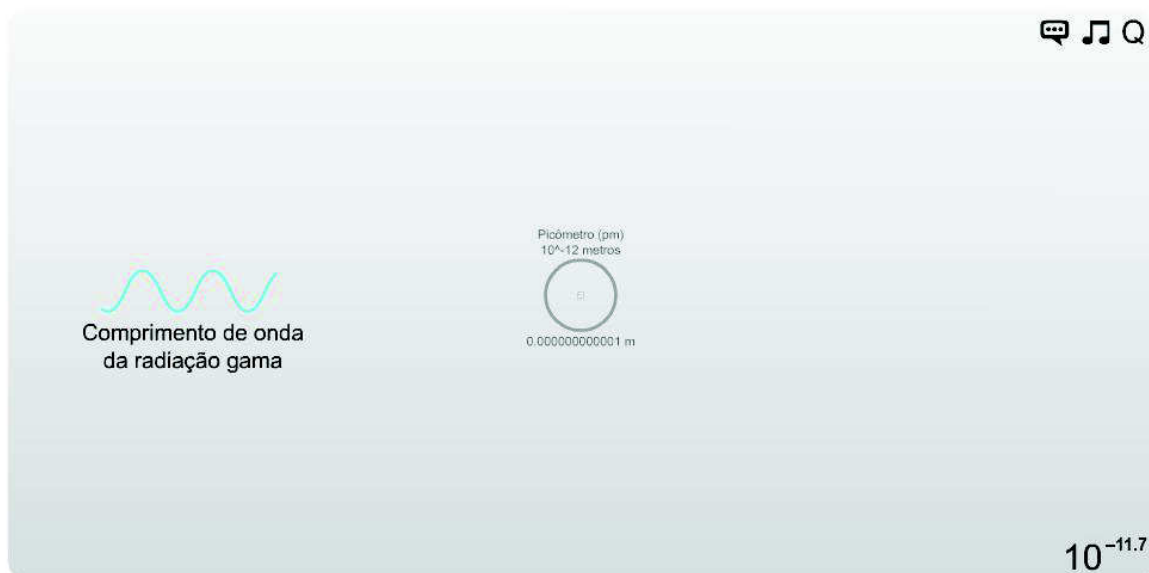
Por exemplo, é possível verificar a ordem de grandeza do átomo de carbono como destaca a figura 23. Ou, até mesmo, do comprimento de onda da radiação gama, observado na figura 24.

Figura 23: Ordem de grandeza do átomo de carbono



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Figura 24: Ordem de grandeza do comprimento de onda da radiação gama



Fonte: <http://htwins.net/scale2/lang.html> (2016)

Após os alunos explorarem o site e realizarem diversas comparações de ordem de grandezas, a exibição do vídeo “Do Micro ao Macro”

(<https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ>), com duração de 9 minutos e 7 segundos, possibilita aos alunos relacionarem as aprendizagens, com o utilizado no site.

O vídeo mostra uma comparação entre o micro e o macro, começando uma viagem do centro de Veneza (figura 25) até o universo como acompanharemos nas figuras seguintes.

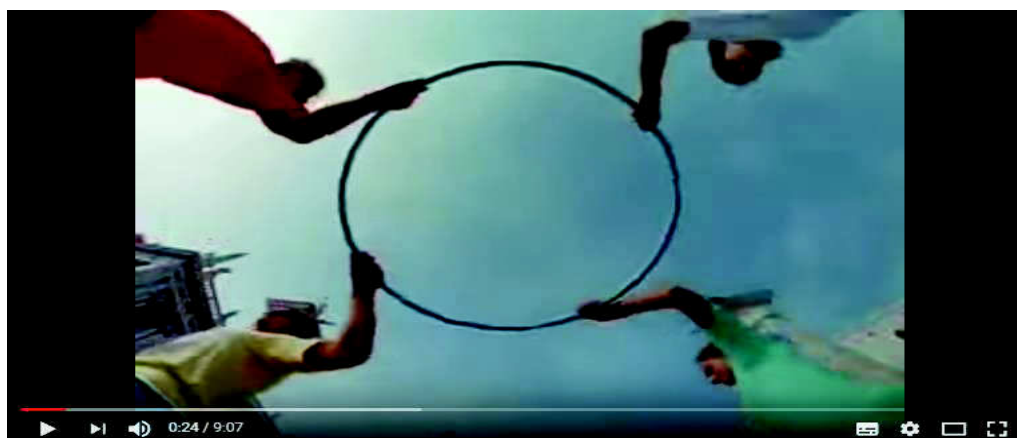
Figura 25: Centro de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

A cena seguinte mostra jovens segurando um arco com um metro de diâmetro que servirá como parâmetro para dar uma ideia de escala (figura 26)

Figura 26: Ideia de escala



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Ao se afastar dos jovens é possível fazer uma comparação do arco com o círculo formado pelos telespectadores que tem o diâmetro 10 vezes maior que o diâmetro do arco, ou seja, 10 metros de diâmetro que equivale a 10^1 . (figura 27):

Figura 27: Círculo formado pelos telespectadores



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Então, o vídeo mostra, de forma progressiva, que a cada passo para trás, ficamos 10 vezes mais distantes de Veneza:

Figura 28: Ampliando a distância em relação à Veneza



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Ampliando o arco para 100 metros de diâmetro é possível englobar São Marcos:

Figura 29: Arco de diâmetro 100 metros



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

Se continuarmos nos afastando até uma distância equivalente a 10^4 km, é possível avistar toda a cidade de Veneza:

Figura 30: Arco a 10^4 km de distância de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

Em seguida, é possível ver todo o globo terrestre:

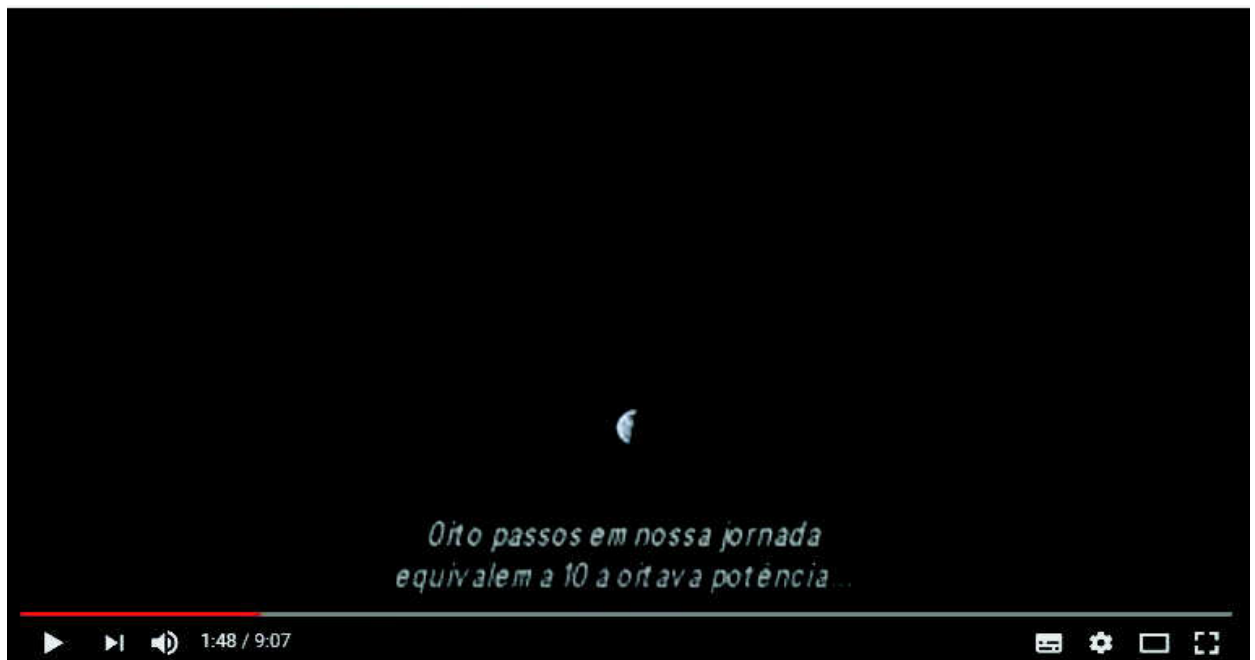
Figura 31: O planeta Terra



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

E a viagem continua... E oito passos, nessa jornada, equivalem a 10^8 km:

Figura 32: A 10^8 km de Veneza



Fonte: <https://youtu.be/pIJ7xiKtBFQ> (2016)

Figura 33: Maior fronteira de distância já atingida pelo homem



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

O vídeo continua essa jornada e cada vez mais distante do ponto de partida e mostra que, a 13 “passos” de Veneza, seria possível visualizar todo o Sistema Solar:

Figura 34: O Sistema Solar



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

Seguindo assim, já utilizando a unidade de ano-luz, ele projeta até 15 bilhões de anos-luz de Veneza e se aproxima da fronteira do universo visível:

Figura 32: Fronteira do universo visível



Fonte: <https://youtu.be/plJ7xiKtBFQ> (2016)

ROTEIRO DA ATIVIDADE 06

Tema: Exibição do filme “Discreto Charme das Partículas Elementares”

Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Após a exibição do vídeo²⁹, os alunos, divididos em grupos, devem responder às questões:

Grupo 1: Partículas elementares

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
- 2- Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
- 3- Como você explicaria a função das partículas elementares na natureza?
- 4- Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do universo?
- 5- Como podemos identificar uma partícula elementar?

Grupo 2: Modelo Padrão

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

1. O que é o Modelo Padrão?
2. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
3. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
4. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
5. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?
6. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
7. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

Grupo 3: Forças que agem no Universo e seus mediadores

²⁹ Vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=FAISMNkR_WM

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
- 2- Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?
- 3- O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
- 4- Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

Grupo 4: Partículas e antipartículas

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
- 2- O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
- 3- As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?

Grupo 5: LHC

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 1- Você sabe o que é o LHC?
- 2- Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?
- 3- Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
- 4- O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro?

ROTEIRO DA ATIVIDADE 07

Tema: Visita Virtual ao Site do CERN

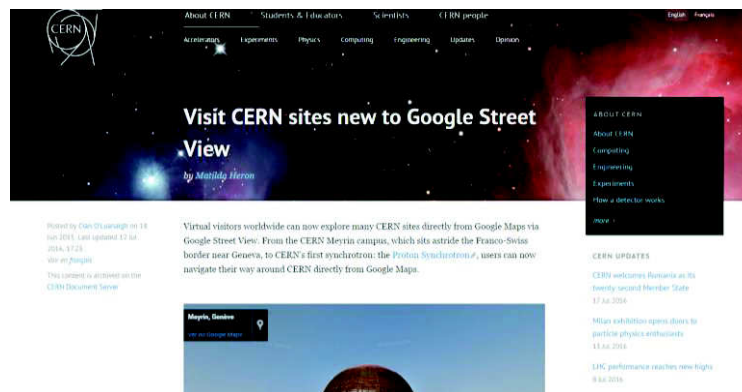
Duração da atividade: 50 min

Prof. Hudson Batista da Silva

Usar a internet para coletar informações atualizadas, através de uma pesquisa dirigida é o direcionamento dessa atividade. Através do site³⁰, é possível explorar a função de cada departamento do CERN.

Essa atividade deve ser feita no laboratório de informática, orientando os alunos, a digitar o site, conforme mostra a Figura 33:

Figura 33: Site Oficial do CERN



Fonte: <http://home.cern> (2016)

Indica-se clicar em cima do detector “ALICE”, conforme a Figura 34. A visualização é mostrada na imagem seguinte. ALICE – *A Large Ion Collider Experiment* – é um detector de íons pesados no *Large Hadron Collider ring* (LHC). O seu objetivo é desvendar o mistério da matéria quente e densa, que é brevemente criada quando há colisão de íons pesados a altas energias.

Figura 34: Site do CERN com a opção de clicar em ALICE

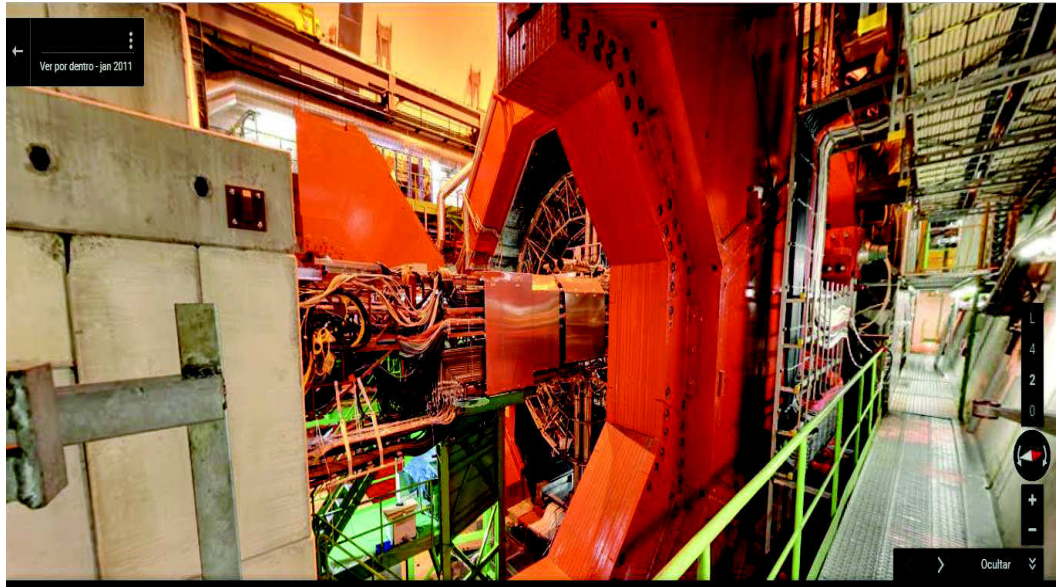
Google Street Views are now available for many of CERN's sites above ground, including the Meyrin campus (Image: Google Street View)

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the Large Hadron Collider tunnel as well as the underground ALICE, ATLAS, CMS and LHCb experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

³⁰ <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view>

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

Figura 35: Visualização do *A Large Ion Collider Experiment*



Fonte:

<https://goo.gl/b3xat0> (2016)

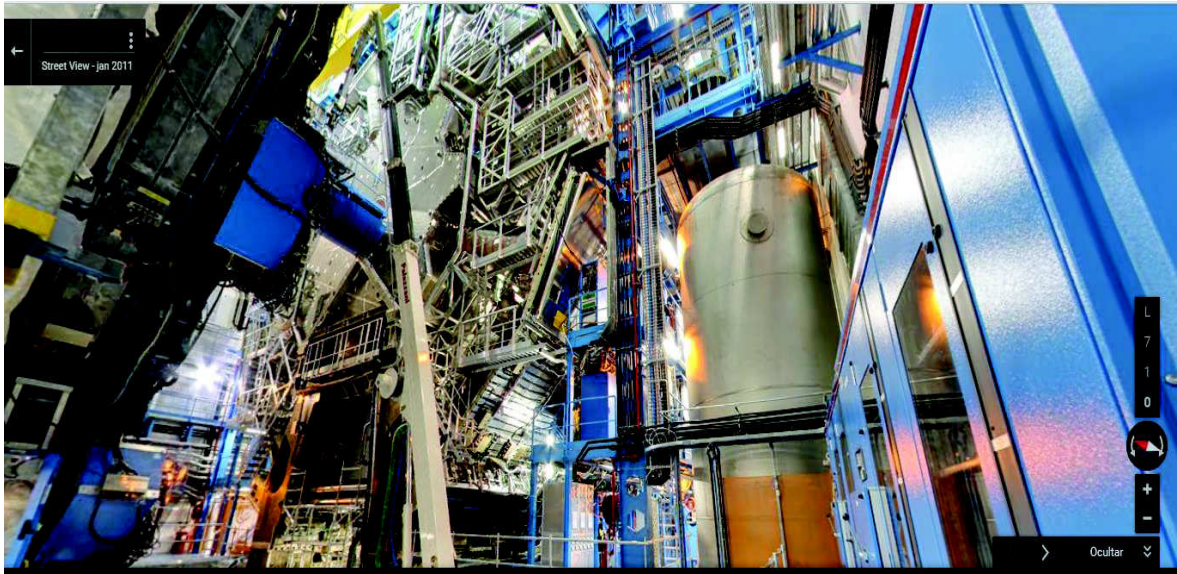
Na sequência, sugere-se clicar no experimento ATLAS - *A Toroidal LHC ApparatuS* (Dispositivo Instrumental Toroidal para o LHC). Esse é um detector com 25m de altura, 46 m de comprimento e 25 m de largura. Possui um monumental eletroímã toroidal, formando sua estrutura, conforme pode ser visualizado nas figuras a seguir:

Figura 36: Site do CERN com a opção de clicar em ATLAS

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the [Large Hadron Collider](#) tunnel as well as the underground caverns of the [ATLAS](#), [CMS](#) and [LHCb](#) experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

Figura 37: Visualização do *A Toroidal LHC ApparatuS*



Fonte: <https://goo.gl/RPxnwS> (2016)

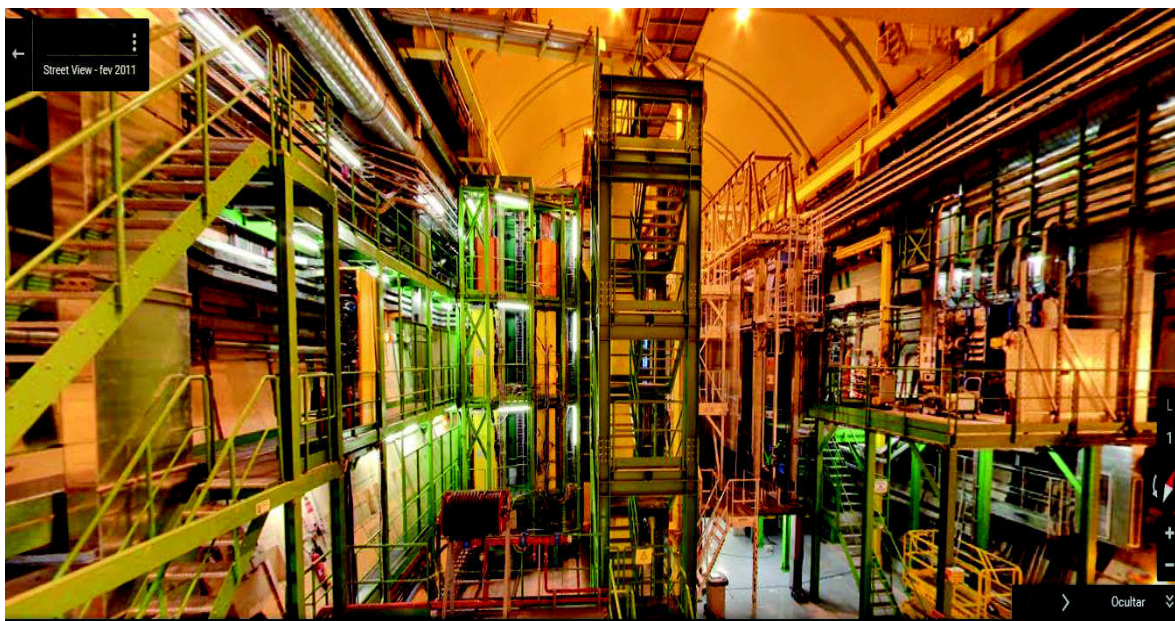
Após explorarem o detector ATLAS, pode-se clicar no detector CMS (Figura 38). CMS – Solenoide de Múons Compacto é um detector de uso geral no *Large Hadron Collider* (LHC). Ele tem um amplo programa de Física que vai desde o estudo do Modelo Padrão, incluindo o bóson de Higgs, para a busca de dimensões extras e partículas que poderiam tornar-se matéria escura. A visualização consta na Figura 39. Embora tenha os mesmos objetivos científicos, como o experimento ATLAS, ele usa diferentes soluções técnicas e um design diferente do sistema de imã.

Figura 38: Site do CERN com a opção de clicar em CSM

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the *Large Hadron Collider* tunnel as well as the underground caverns of the *ALICE*, *CMS* and *LHCb* experiments, accessible through a dedicated CERN page on Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view>
(2016)

Figura 39: Visualização do CMS – Solenoide de Múons Compacto



Fonte: <https://goo.gl/fflBp3> (2016)

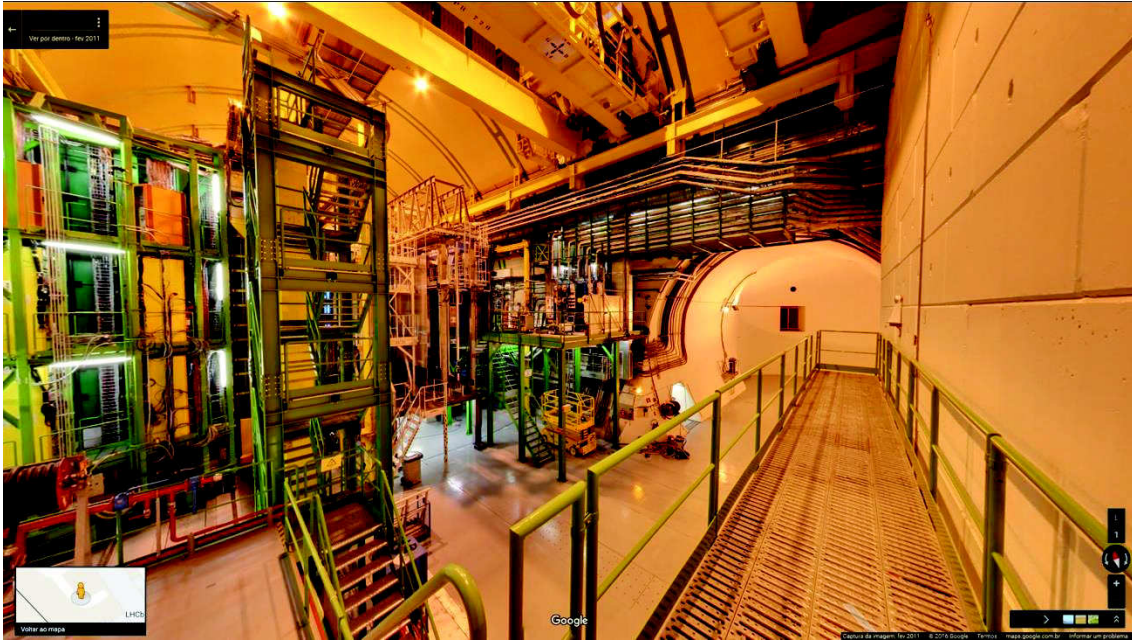
Após a exploração do detector CMS, é possível clicar no detector LHCb (Figura 40). O experimento LHCb usa uma série de subdetectores para detectar partícula. O primeiro subdetector está montado perto do ponto de colisão, com os outros seguindo um atrás do outro ao longo de um comprimento de 20 metros.

Figura 40: Site do CERN com a opção de clicar em LHCb

CERN and Google began collaborating on this project in 2010. The first release of images was in 2013, with Google Street Views of the Large Hadron Collider tunnel as well as the underground caverns of the ALICE, ATLAS, and LHCb experiments, accessible through a dedicated CERN part of Google Street View.

Fonte: <http://home.cern/about/updates/2015/06/visit-cern-sites-new-google-street-view> (2016)

Figura 41: Visualização do LHCb



Fonte: <https://goo.gl/yLghEU> (2016)

Após a visita, um comentário geral pode ser encaminhado no intuito de trocar as experiências vivenciadas.

ROTEIRO DA ATIVIDADE 10

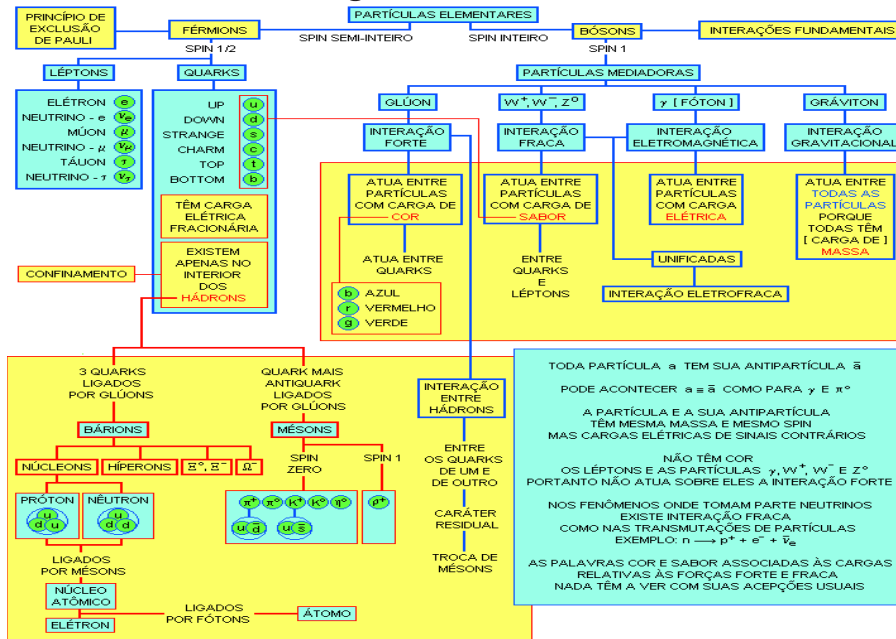
Tema: Sistematização do Conhecimento

Duração da atividade: 100 min

Prof. Hudson Batista da Silva

A retomada das atividades de forma organizada é fundamental. Sugiro que os estudantes sejam orientados a analisar, como ponto de partida, os pôsteres que constam na Figura 42, extraídos de.

Figura 42 e 43: Pôsteres



Modelo Padrão de PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS E INTERAÇÕES

O Modelo Padrão resume a atual compreensão do Reino de Partículas. É o teoria Quântica que inclui as interações fortes, eletromagnéticas, fracas e gravitacionais, entre outras. Também prevê a existência de novas partículas e interações.

FÉRMIONS Constituintes da matéria

Léptons - spin 1/2				Quarks - spin 1/2			
Sabor	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin	Sabor	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin
e	0.000511	-1	1/2	u	0.00233	2/3	1/2
ν_e	< 0.000001	0	1/2	d	0.0047	-1/3	1/2
μ	0.105658	-1	1/2	s	0.173	-1/3	1/2
ν_μ	< 0.000001	0	1/2	c	1.28	2/3	1/2
τ	1.776838	-1	1/2	b	4.18	-1/3	1/2
ν_τ	< 0.000001	0	1/2				

Estrutura interna de ÁTOMO

BÓSONS Portadores de força

Forças fundamentais				Forças derivadas			
Nome	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin	Nome	Massa (GeV)	Carga Elétrica	Spin
γ	0	0	1	π^+	0.135	1	0
Fóton	0	0	1	π^0	0.135	0	0
W^+	80.4	+1	1	π^-	0.135	-1	0
W^-	80.4	-1	1	ρ^+	0.763	1	0
Z^0	91.187	0	1	ρ^0	0.763	0	0

Propriedade das Interações

Interação	Gravitacional	Fraca	Eletromagnética	Fundamental
Alcance	Infinito	~10 ⁻¹⁶ m	Infinito	Infinito
Intensidade	Muito fraca	Muito fraca	Muito forte	Muito forte
Quantum	Graviton	W, Z	Fóton	Glúon
Característica	Universal	Quebra de simetria	Universal	Universal
Carregada	Não	Sim	Sim	Sim
Spin	2	1	1	1
Carregada	Não	Sim	Sim	Sim
Carregada	Não	Sim	Sim	Sim

Mésons $q\bar{q}$

Méson	Quark	Antiquark	Massa (GeV)	Spin	Paridade
π^+	u	\bar{d}	0.135	0	-1
π^0	$u\bar{u}$	$d\bar{d}$	0.135	0	-1
π^-	d	\bar{u}	0.135	0	-1
ρ^+	u	\bar{d}	0.763	1	-1
ρ^0	$u\bar{u}$	$d\bar{d}$	0.763	1	-1
ρ^-	d	\bar{u}	0.763	1	-1

Materia e Antimatéria

Figuras

Fonte: <http://professorandrebarbosa.blogspot.com.br/2012/08/particulas-fundamentais-e-interacoes.html>

(2016)

Os estudantes podem elaborar pôsteres e uma discussão em grupo pode ser implementada. Outra forma é uma exposição dialogada. Os slides, a seguir, foram apresentados aos alunos deste estudo:

11. QUIZ!! Quem foi o primeiro a identificar os elementos básicos como terra, ar, fogo e água? O pensador grego Empédocles foi o primeiro a classificar os elementos como fogo, ar, terra e água, embora hoje diagramas seja em homenagem à classificação de Mendeleev.

12. O átomo é elementar? Por volta de 1000 a.C. gregos nos dizem como todos os materiais são feitos de pequenas partículas de carga elétrica (átomos elementares). Os átomos foram classificados em grupos que compartilham propriedades químicas similares (como na Tabela Periódica da Química).

13. QUIZ!!! O termo "átomo" é uma expressão errada. Por que? Em grego a palavra "átomo" significa "que não pode ser dividido". Mas as entidades que nós chamamos de átomos são feitas de partículas mais elementares.

14. Teoria Atômica. 1. Teia de Dalton, 2. O modelo atômico atual.

15. 1. O Átomo navegável de Dalton. Dalton propôs a teoria do modelo atômico, após o átomo e uma molécula. A ideia era que as moléculas eram compostas de átomos, e cada átomo era uma pequena esfera rígida. Cada átomo era formado por um núcleo centralizado de matéria positiva, com elétrons orbitando ao redor dele.

16. 2. O Átomo na visão de Thomson. O modelo atômico de Thomson (1904) propõe então que o átomo não fosse mais como havia afirmado John Dalton, mas em um tubo com carga positiva (homogênea e gases elétricos) no qual estavam dispersos (de maneira homogênea) os elétrons. Poderia fazer a analogia desse modelo atômico com um "bolacha" ou com um pudim recheado de uvas passas, em que a massa do pudim seria a positiva e as passas seriam as partículas negativas.

17. 3. O Átomo navegável de Rutherford. O modelo atômico de Rutherford, ficou conhecido como modelo planetário do átomo. Segundo esta teoria, o átomo teria um núcleo positivo, que seria muito pequeno em relação ao todo mas seria grande massa e se movia muito rápido, que descrevem órbitas helicoidais em alta velocidade, para não serem atraídas e cair em si e colidir. A eletrização, não era em função do átomo, mas uma carga de eletricidade, não era que o núcleo atômico, estava não havia um espaço vazio.

18. 4. O Átomo na visão de Bohr. O modelo atômico de Bohr explicou o modelo proposto por Rutherford, formulando sua teoria sobre distribuição e movimento dos elétrons. Segundo a teoria atômica proposta por Niels Bohr, elétrons se organizam em órbitas.

19. 4. O modelo atômico atual. Teoria Atômica. De acordo com Bohr (1913) o átomo possuía uma estrutura de elétrons (partículas de menor energia) e elétrons (partículas de maior energia) que orbitavam ao redor do núcleo centralizado de carga positiva (proton) e neutrons (nô). O átomo era formado por elétrons e prótons e nêutrons. Cada elétron orbitava em uma órbita.

20. Conclusão de Erving. De 1903, Louis Bragg mostrou através de uma equação matemática que "podiam calcular os pontos de difração de um cristal" (modelo atômico). Isso mostra a estrutura atômica e a natureza de uma partícula-onda, observando assim a luz das linhas difratadas, com o mesmo comprimento de onda.

21. 4.1 Mapa conceitual. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente? Modelo Quântico.

22. 4.2 Um Panorama do Modelo Padrão. O Modelo Padrão da física das partículas é uma teoria que descreve as forças fundamentais: forte, fraca e eletromagnética, bem como as partículas elementares que constituem toda a matéria. Desenvolvido entre 1970 e 1975, é uma teoria unificada da natureza baseada em simetrias matemáticas e matemáticas abstratas. Para descrever sua estrutura, quase todos os testes experimentais da física desde o pós-1945 concordam com as suas previsões. Entretanto, o Modelo Padrão não é uma teoria completa de transições fundamentais, em primeiro lugar porque não descreve a gravidade.

23. 4.2.1 Princípio da Exclusão de Pauli. Princípio de Exclusão de Pauli. Princípio de exclusão de Pauli afirma que duas partículas idênticas de spin semi-inteiro não podem ocupar o mesmo estado quântico ao mesmo tempo. Princípio de exclusão de Pauli também se aplica a elétrons em átomos, onde os elétrons ocupam orbitais atômicos.

24. 4.2.2 Férmions e Bósons. Segundo o Modelo Padrão, as partículas são divididas em férmions e bósons. Os férmions são as partículas constituintes da matéria. Os bósons são as partículas mediadoras das forças fundamentais. Os férmions obedecem ao Princípio de Exclusão de Pauli, enquanto os bósons não.

25. Os férmions são responsáveis por transmitir a interação de uma força. Um exemplo clássico é o elétron, que é responsável por transmitir a interação eletromagnética. Os bósons são responsáveis por transmitir as outras três forças fundamentais: a interação forte, a interação fraca e a interação gravitacional.

26. 4.2.3 Quarks. Quanto são um tipo de partícula de matéria. O menor pedaço de matéria que vem em uma massa mínima de prótons e nêutrons são quarks e léptons. Há seis tipos de quarks: up, down, charm, strange, top e bottom. Há também seis tipos de léptons: elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau.

27. 4.2.4 Bárions e Mésons. Os bárions são partículas compostas de três quarks. Os mésons são partículas compostas de um quark e um anti-quark.

28. QUIZ!!! Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão? Léptons e quarks.

29. 4.2.5 Interações fundamentais. Há 4 forças fundamentais da natureza: gravidade, eletromagnetismo, interação forte e interação fraca. A gravidade é a mais fraca das quatro, mas atua em todas as escalas. O eletromagnetismo atua entre partículas com carga elétrica. A interação forte atua entre quarks e glúons. A interação fraca atua entre léptons e quarks.

30. Há 4 forças fundamentais da natureza: gravidade, eletromagnetismo, interação forte e interação fraca. A gravidade é a mais fraca das quatro, mas atua em todas as escalas. O eletromagnetismo atua entre partículas com carga elétrica. A interação forte atua entre quarks e glúons. A interação fraca atua entre léptons e quarks.

4.2.3 Quarks

Quarks são um tipo de partícula de matéria. O menor pedaço de matéria que vemos e massa visível não é matéria pura, mas sim composto de quarks.

Não são livres, nunca foram, não podem ser liberados. Não se encontram sozinhos, mas sempre em grupos de três, chamados hádrons. O quark mais comum é o quark up (u), que sempre se encontra em pares com o quark down (d). Outros quarks são o quark strange (s), o quark charm (c), o quark top (t) e o quark bottom (b). Cada um dos seis quarks tem uma carga elétrica, positiva ou negativa, e uma cor.

Quarks e léptons são constituintes de prótons e nêutrons. Há seis tipos de léptons, mas apenas dois são estáveis: o elétron e o múon. Os outros quatro são produzidos em colisões de alta energia e decaem rapidamente.

26

4.2.4 Bárions e Mésons.

Os hádrons podem ser divididos em bárions e mésons.

- Bárions são formados por três quarks em conjunto.
- Mésons são formados por dois quarks e um anti-quark (ou dois quarks e um anti-quark, ou dois quarks e um anti-quark).

Um exemplo de bárion é o próton (p), formado por dois quarks up e um quark down. Um exemplo de méson é o píon (π), formado por um quark up e um anti-quark down.

27

QUIZ!!

Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?

• Léptons e quarks.

28

4.2.5 Interações fundamentais

As forças fundamentais são a gravidade, o eletromagnetismo, a interação nuclear forte e a interação nuclear fraca.

As forças fundamentais são responsáveis por todas as interações conhecidas na natureza. A gravidade é a mais fraca, mas atua em todas as escalas. O eletromagnetismo é responsável por a maioria das interações cotidianas. A interação nuclear forte é responsável por manter os núcleos atômicos juntos. A interação nuclear fraca é responsável por processos como o decaimento radioativo.

29

Na física de partículas, há quatro interações fundamentais: gravidade, eletromagnetismo, interação nuclear forte e interação nuclear fraca.

As forças fundamentais são responsáveis por todas as interações conhecidas na natureza. A gravidade é a mais fraca, mas atua em todas as escalas. O eletromagnetismo é responsável por a maioria das interações cotidianas. A interação nuclear forte é responsável por manter os núcleos atômicos juntos. A interação nuclear fraca é responsável por processos como o decaimento radioativo.

30

4.2.6 O bóson de Higgs

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais.

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais. Foi descoberto em 2012 no LHC, o maior acelerador de partículas do mundo.

31

4.2.6 O bóson de Higgs

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais.

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais. Foi descoberto em 2012 no LHC, o maior acelerador de partículas do mundo.

32

4.2.6 O bóson de Higgs

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais.

O bóson de Higgs é uma partícula elementar que dá origem à massa das partículas fundamentais. Foi descoberto em 2012 no LHC, o maior acelerador de partículas do mundo.

PARTÍCULA (C) (M)		QUANTIDADE	
Quarks	6	Leptons	6
Bárions	8	Mésons	8
Hádrons	16	Forças	4
Forças	4	Partículas	12
Partículas	12	Forças	4
Forças	4	Partículas	12
Partículas	12	Forças	4

33

QUIZ!!

Quais são as forças fundamentais existentes na natureza?

• Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.

34

QUIZ!!

Quais são as forças fundamentais existentes na natureza?

• Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.

35

Participação da Escola CERN-2013

Alunos da Escola CERN-2013, 10 de maio de 2013.

36

Obrigado!!

Obrigado!!

37

Bibliografia

ABDALLA, Maria C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora da Unesp. 2006.

ALVES, Gilvan. Et al. **O mundo das partículas de hoje e de ontem**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

CARUSO, Francisco. OGURI, Vitor. SANTORO, Alberto. **O que são quarks, glúons, bóson de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

CARUSO, Francisco. SANTOS, Alberto. **Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

GARCIA, Nilson M. D. **Nós, professores brasileiros de Física do Ensino Médio, estivemos no CERN**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2015.

GILMORE, Robert. **Alice no País do Quantum**. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 1998.

MARTINS, Jader B. **A história do átomo de Demócrito aos Quarks**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna. 2002.

PIRES, Antônio S. T. CARVALHO, Regina P. **Por dentro do átomo – Física de Partículas para Leigos**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2014.

ROSENFELD, Rogério. **O cerne da Matéria**. São Paulo: Companhia da Letra. 2013.

TAVARES, Odilon A. P. **Descobrimo o Núcleo Atômico**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012.

ZAMBONI, Cibele B. **Fundamentos da Física de Nêutrons**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2007.

Os sítios eletrônicos utilizados estão apresentados ao longo do texto em notas de rodapé.

Apêndice II

Termo de Autorização e concordância de imagem e pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS - IFAM
MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

TERMO DE AUTORIZAÇÃO E CONCORDÂNCIA DE IMAGEM E PESQUISA

Eu, _____, dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário da pesquisa intitulada “Uma abordagem sobre Física das partículas para alunos do Ensino Médio”, de responsabilidade do pesquisador Hudson Batista da Silva, sob orientação do Prof. Dr. Prof. Dr. Igor Tavares Padilha do Programa de Pós-Graduação Polo 4 IFAM/UFAM no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

Informo que esta autorização está vinculada ao uso de minha imagem, assim como de materiais entre fotos e documentos. Os dados pessoais dos participantes da pesquisa serão mantidos em sigilo e os resultados obtidos com a pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, incluindo a publicação na literatura científica especializada.

_____, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

Anexo 1

Questionário aplicado no encontro 1

Questionário sobre partículas elementares e interações fundamentais

Nome: _____ Turma: _____

Data: _____

Prezado Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Se você não souber a resposta para uma determinada questão, use a alternativa “Não sei”, mas não faça isso por comodidade. A ideia é que você escolha a alternativa que mais se ajuste às suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute” para ver-se logo livre. Pense um pouco antes de responder.

1. O que é um átomo?

- a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.
- b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.
- c) Uma partícula básica da matéria.
- d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.
- e) Não sei.

2. O que constitui os átomos?

- a) Prótons, elétrons e nêutrons.
- b) Léptons e quarks.
- c) Partículas alfa e beta.
- d) Partículas positivas e negativas.
- e) Não sei

3. O que são prótons?

- a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- b) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

4. O que são elétrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica $-e$.
- c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.
- d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.
- e) Não sei.

5. O que são nêutrons?

- a) Partículas elementares porque são indivisíveis.
- b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.
- c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.
- d) Partículas constituídas por quarks.
- e) Não sei.

6. O que é um modelo atômico?

- a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.
- b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.
- c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.
- d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.
- e) Não sei

7. Como um modelo atômico é construído?

- a) Por meio da imaginação dos cientistas.
- b) Por meio de observações da natureza.
- c) Por meio de observações experimentais.
- d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.
- e) Não sei.

8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?

- a) Rutherford.

- b) Thomson.
- c) Bohr.
- d) Quântico.
- e) Não sei.

9. O que é uma partícula elementar?

- a) O mesmo que um átomo.
- b) Um conjunto de prótons.
- c) A menor porção de matéria conhecida.
- d) Um conjunto de elétrons.
- e) Não sei.

10. Como são detectadas as partículas elementares?

- a) Usando um microscópio.
- b) Por meio de sua observação direta na Natureza.
- c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.
- d) Com o uso de telescópios especiais.
- e) Não sei.

11. O que é um quark?

- a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.
- b) Um átomo ionizado.
- c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.
- d) Um conjunto de prótons.
- e) Não sei.

Anexo 2

Poemas utilizados no encontro 2

Poema 1 : Os Lusíadas - Canto VI

[...]

E vê primeiro, em cores variadas,
Do velho Caos a tão confusa face;
Vêm-se os quatro Elementos trasladados,
Em diversos officios occupados.

Ali, sublime, o Fogo estava em cima,
Que em nenhuma matéria se sustinha;
Daqui as coisas vivas sempre anima,
Depois que Prometeu furtado o tinha.
Logo após ele, leve se sublima
O invisível Ar, que mais asinha
Tomou lugar e, nem por quente ou frio,
Algum deixa no mundo estar vazio.

[...]

CAMÕES, Luís Vaz de. Os lusíadas. São Paulo: Ateliê, 1998.p.170-171

Poema 2 : “A Quarta Parede”

Esta foi a	descoberta
bela e preciosa	que
lição de Bohr	a máquina
e Mann	do mundo
de sua mecânica	flutua
sublime	em mil pedaços
antes maldestra	partículas
hoje tão bela	sabores
como Laura,	(Lauras e
nise e glaura	jasmins também flutuam)
esferas	ínvios
musicantes	mares
de Pitágoras...	e o nada
esta foi	sobrenada
a bela	entre infinitos
e preciosa	infinitos

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 44-5

Poema 3: “Modo inaugural”

Na luz deserta
do primeiro dia
está quebrada
a supersimetria
e assim despontam
múltiplos destinos
no mar onipresente de neutrinos... [...]
as quase borboletas
e sabores
de quarks, e de sombras,
e motores...
na antemanhã de rosas
o arrebol e o quase amor que rege o pôr-do-sol [...]
assim agia **Deus sive natura**
na zona fria
da matéria escura
e o rígido
combate prosseguia
do ser e do não ser,
e ainda prossegue,
que o nada
se insinua noite e dia

LUCCHESI, Marco. Poemas Reunidos. Rio de Janeiro: Editora Record, 2000. p. 69-70.

Apêndice III

Questionário aplicado no encontro 7

Grupo 1: Partículas elementares

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 6- Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
- 7- Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
- 8- Como você explicaria a função das partículas elementares na natureza?
- 9- Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do universo?
- 10- Como podemos identificar uma partícula elementar?

Grupo 2: Modelo Padrão

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

8. O que é o Modelo Padrão?
9. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
10. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
11. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
12. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?
13. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
14. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

Grupo 3: Forças que agem no Universo e seus mediadores

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 5- Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
- 6- Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?

- 7- O que é bóson de Higgs? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
- 8- Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

Grupo 4: Partículas e antipartículas

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 4- O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
- 5- O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
- 6- As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?

Grupo 5: LHC

O Grupo deve analisar e responder as seguintes perguntas, em relação ao filme: “O Discreto Charme das Partículas Elementares”:

- 5- Você sabe o que é o LHC?
- 6- Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?
- 7- Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
- 8- O LHC pode causar o fim do mundo por meio de um buraco negro?