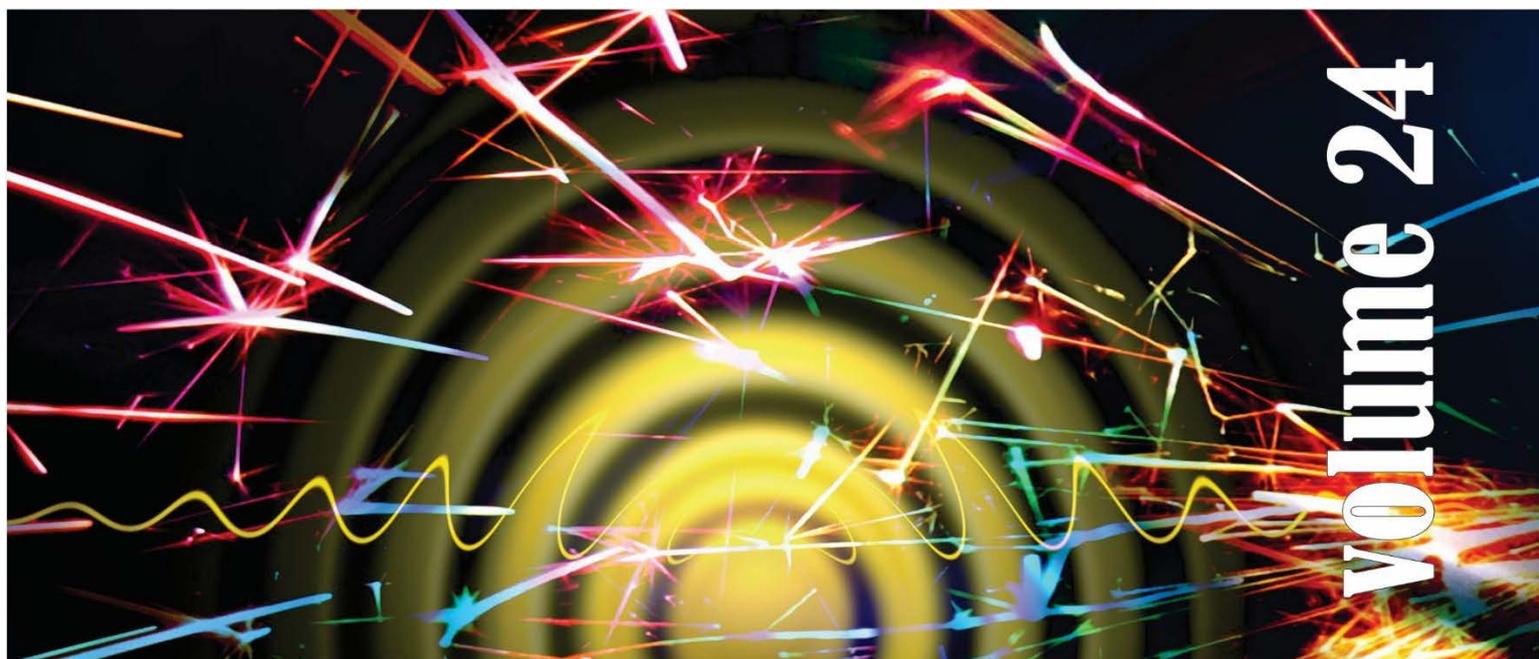


**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**PPGF**  
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva  
André Vítor Chaves de Andrade  
André Maurício Brinatti  
Antônio Sérgio Magalhães de Castro  
Jeremias Borges da Silva  
(organizadores)

**Robson Lima Oliveira  
André Maurício Brinatti**



**volume 24**

**Um pouco Sobre a Natureza das Coisas**

**SÉRIE**  
**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

**UEPP • PROPESP**

SÉRIE:  
**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

Volume 24

ROBSON LIMA OLIVEIRA  
ANDRÉ MAURÍCIO BRINATTI

# Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas

Silvio Luiz Rutz da Silva  
André Maurício Brinatti  
André Vitor Chaves de Andrade  
Antônio Sérgio Magalhães de Castro  
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

## **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto  
**REITOR**

Prof. Dr. Everson Augusto Krum  
**VICE-REITOR**

Profa. Dra. Edina Schimanski  
**PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS**

Prof. Dr. Giovani Marino Favero  
**PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO**

### **PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

#### *Colegiado*

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)  
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coordenador*)  
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)  
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)  
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)  
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)  
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

### **PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

## **CONSELHO EDITORIAL**

SÉRIE:

### **PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

Prof. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)  
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)  
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)  
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)  
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)  
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)  
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)  
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)  
Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)  
Prof. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)  
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)  
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)  
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)  
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)  
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)  
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)  
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)  
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)  
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)  
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)  
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)  
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)  
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)  
Prof. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggatto Silveira (UTFPR)  
Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)  
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons  
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

# PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

***Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva***

***Prof. Dr. André Maurício Brinatti***

***Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade***

***Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro***

***Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva***

*Organizadores*

## SUMÁRIO

RESPONDENDO AOS PORQUÊS .....	10
1 O QUE VOCÊ VAI ENCONTRAR AQUI.....	13
1.1 UM OLHAR GERAL SOBRE CADA SUBUNIDADE .....	14
2 PLANO DE UNIDADE .....	19
2.1 IDENTIFICAÇÃO.....	19
2.2 EMENTA .....	19
2.3 OBJETIVOS .....	19
2.4 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO .....	20
2.5 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
2.6 AVALIAÇÃO .....	25
2.7 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 1 .....	27
Etapa 1: Mobilização Inicial .....	27
Etapa 2: Continuidade .....	28
Etapa 3: Continuidade .....	31
Etapa 4: Continuidade .....	32
Etapa 5: Atividade prática .....	34
Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 1A e 1B.....	35
Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 2A e 2B.....	38
Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 3A e 3B.....	40
Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 4A e 4B.....	42
Etapa 6: Atividade lúdica .....	44
Etapa 7: Complemente seus estudos.....	49
Etapa 8: Prova.....	49

2.8 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 2 .....	57
Etapa 1: Mobilização Inicial .....	58
Etapa 2: Continuidade .....	58
Etapa 3: Preparação para a Atividade 2.....	60
Etapa 4: Continuidade .....	70
Etapa 5: Outras Atividades.....	72
Etapa 6: Continuidade .....	80
Anote aqui o modelo indicado para seu grupo: _____ .	82
Etapa 7: Prova.....	88
2.9 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 3 .....	93
Etapa 1: Mobilização Inicial .....	93
Etapa 2: Mural .....	97
Etapa 3: Continuidade .....	99
Etapa 4: Prova.....	102
3 FICHÁRIO PARA O ALUNO .....	106
Anote aqui o modelo indicado para seu grupo: _____	180
4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE APOIO AO PROFESSOR .....	208
4.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UM OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA .....	209
4.1.1 Construindo modelos.....	209
4.1.2 O conhecimento científico .....	210
4.1.3 A construção do método científico .....	211
4.1.4 A regra é.....	214
4.1.5 Mais sobre o Método Científico .....	214
4.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2: MODELOS ATÔMICOS .....	216

4.2.1 Uma parte do todo.....	216
4.2.2 A evolução dos modelos atômicos .....	218
4.2.3 Se liga, eu tenho a força.....	234
4.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3: DECAIMENTOS RADIOATIVOS.....	239
4.3.1 Uma evolução que vem do céu .....	239
4.3.2 A culpa é das estrelas... ..	240
4.3.3 E o que a estrela uniu, a própria natureza separa.....	249
5 RECURSOS DIDÁTICOS.....	257
5.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1 .....	257
5.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2 .....	268
5.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3 .....	291
REFERÊNCIAS.....	301

## RESPONDENDO AOS PORQUÊS

Este Produto<sup>1</sup>, objetiva atender a uma demanda de estudos e pesquisas na área do Ensino de Física (EF), que destaca a importância e a atual necessidade de uma atualização curricular para o Ensino Médio (EM).

Estudos nesse campo, chamam atenção para o currículo das escolas, por vezes sobrecarregados de conteúdos que pouco tem relação com as experiências diárias do educando, e tampouco contemplam em sua grade conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Na tentativa de apontar uma possibilidade à questão da inserção de tópicos de FMC no EM, este Produto aborda temas sobre o Método Científico, a compreensão sobre a natureza da matéria, origem dos elementos químicos à luz das reações que ocorrem nas estrelas, e por fim, decaimento radioativos.

Este material foi desenvolvido tendo como referência as Teorias de Aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, que como marco referencial teórico, pauta-se em respeitar e considerar o histórico, o social e o cultural do aluno, cuja aposta está na troca com os outros sujeitos e na valorização do seu conhecimento prévio, com ênfase no trabalho em grupo e na construção coletiva de novos saberes.

O Produto, aqui entendido como uma Unidade Didática, é composto de três Subunidades que exploram alternadamente temas como o Método Científico, a Evolução dos Modelos Atômicos, o Modelo Padrão das Partículas Elementares, Fusão em Estrelas, e os principais Decaimentos Radiativos.

Em cada Subunidade, foram propostas atividades diferenciadas que exploravam o assunto e o nível de aprendizagem dos alunos por meio de questões descritivas e de múltiplas escolhas, manuseio de materiais lúdicos, como maquetes, modelos representativos fichários e cartões.

---

<sup>1</sup> Este produto foi desenvolvido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, contendo fragmentos textuais que foram reproduzidos ou reescritos na dissertação - Reflexão sobre a aplicabilidade de uma Unidade Didática acerca de alguns aspectos da natureza da matéria, decorrente da análise da aplicação deste material no Ensino Médio.

A depender do encaminhamento dado às atividades, estas foram nominadas em três diferentes categorias: Atividade – Mandando ver; Atividade Fazendo Ciência e Atividade – Varal de ideias.

No Produto, descreve-se como as atividades foram realizadas, destacando também, livros, periódicos e outras fontes de pesquisa e consulta utilizados para a elaboração do mesmo. Para uma melhor organização do Produto, este contempla em sua estrutura partições direcionadas especificamente para o professor e para o aluno. Para o professor, tem-se, no Capítulo 2, o Plano de Unidade, composto dos Planos de Aula - chamados de Subunidades, modelos de avaliação, previsão de possíveis respostas às atividades encaminhadas, entre outros complementos que oriente o docente na aplicação dessa proposta.

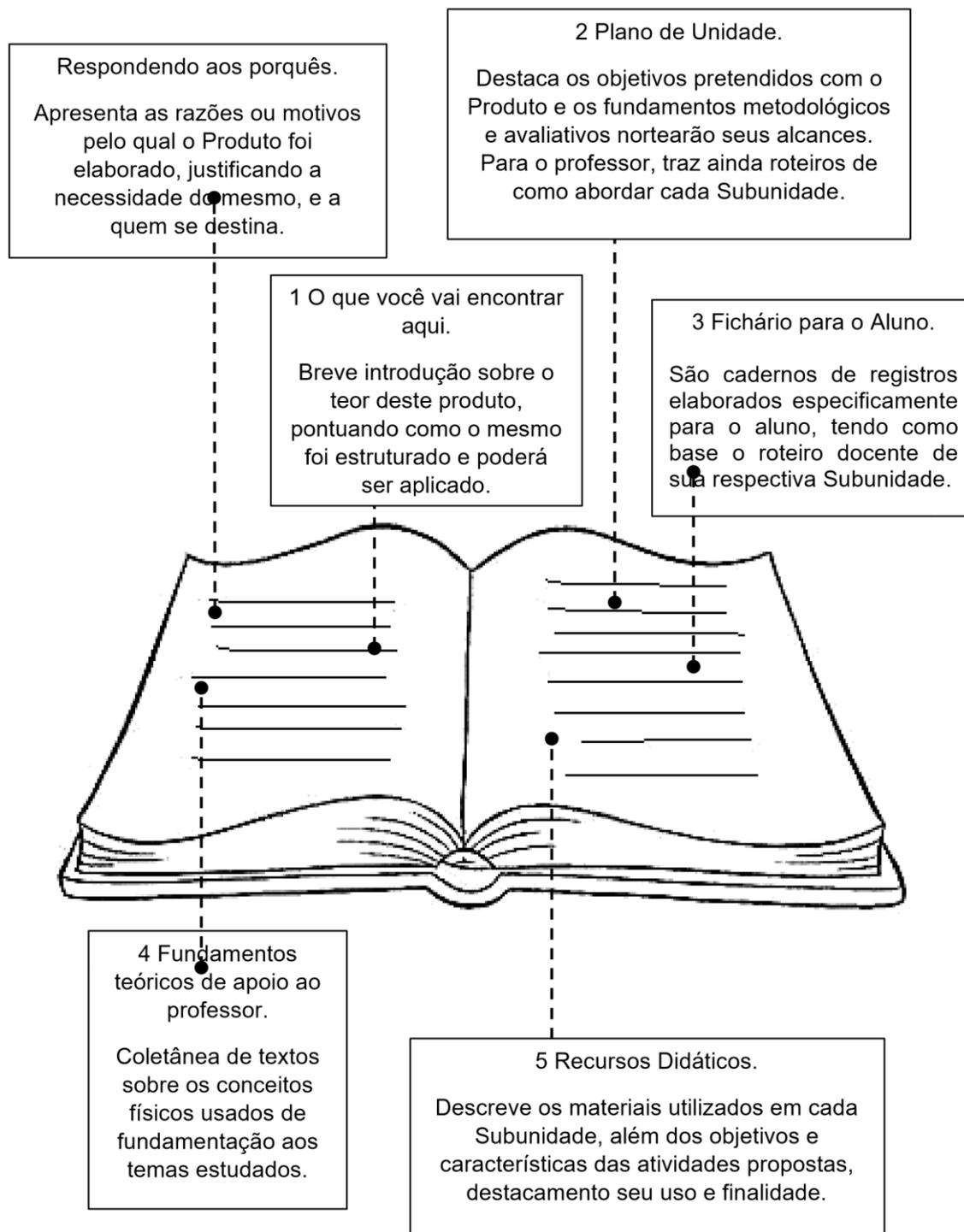
No Capítulo 4, tem-se disponível todos os textos que serviram de fundamentação teórica em Física, sendo alguns desses direcionados apenas ao professor, e outros, também aos alunos.

No Capítulo 5, está disponível os modelos de cartões e materiais utilizados para a execução das atividades em cada Subunidade, cuja descrição de uso e atividade correspondente, é detalhado no Capítulo 2, Seções 2.7-2.9 que trata de um Roteiro Docente.

Para o aluno, no Capítulo 3, é disponibilizado para cada Subunidade, um fichário, constituindo este, uma versão integral para ser aplicada diretamente com estes.

Antes de prosseguir com a leitura, confira na Figura: Encontre aqui, a seguir, a forma como este produto está organizado, além do tipo de informações destacadas em cada um dos capítulos que o compõem.

FIGURA - Encontre aqui



Fonte: O autor

## 1 O QUE VOCÊ VAI ENCONTRAR AQUI

Professor, a descrição que segue, é uma breve explanação de como as aulas foram encaminhadas em cada Subunidade. Considerando as temáticas abordadas, procurou-se aqui, destacar os principais encaminhamentos e atividades planejadas para a composição desse Produto.

Uma descrição detalhada de como as atividades foram encaminhadas e a sequência utilizada para a mesma está disponível do Capítulo 2 desse Produto, Seções 2.7-2.9 que tratam do Roteiro Docente de cada Subunidade. Em relação aos textos de apoio a você professor, e os textos utilizados para leitura com os alunos, estes encontram-se disponíveis no Capítulo 4 deste Produto, que trata dos Fundamentos Teóricos de Apoio ao Professor, sendo alguns destes reproduzidos no Capítulo 3 deste Produto, que corresponde aos fichários dos alunos.

Em cada Subunidade, procurou-se desenvolver atividades que contemplassem encaminhamentos específicos de estudo, registro e sistematização da aprendizagem, de modo que, estas foram classificadas em três categorias distintas, conforme segue:

**Atividade - Mandando ver:** atividade dirigida, no qual os alunos respondem questões descritivas e de múltipla escolha. O propósito principal das atividades dessa categoria é ter um registro mais pontual acerca dos conceitos que serão estudados em cada Subunidade, explorando assim, questões mais específicas sobre o assunto. É em sua maioria, questões de perguntas e respostas, que necessitam do debate em grupo, pesquisas dirigidas, consulta a materiais de outras fontes, além do próprio fichário utilizado em sala de aula.

Esta atividade contribuiu para a mediação entre aluno-aluno, aluno-professor, por expressar-se enquanto um instrumento de mediação e utilização de signos para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, pois serve como interface para mostrar ao aluno, onde este precisava chegar.

**Atividade - Fazendo ciência:** atividades de cunho mais lúdico, tendo como propósito, levar o aluno a manusear maquetes, modelos representativos, fichários e cartões de forma interativa e dinâmica, sendo estes, reconhecidos

como símbolos de mediação para o conhecimento. É uma espécie de mãos à massa que exige do educando, novas posturas de lidar com o objeto de estudo e com seus pares.

A exemplo da anterior, esta atividade também serve de mediação entre aluno-aluno e aluno-professor, pois os símbolos a serem utilizados no decorrer da mesma, podem ganhar novos significados ao tempo em que também servirá de organizadores prévios para criar novos subsunçores e nestes ancorar novos conceitos.

**Atividade - Varal de ideias:** atividade que tem por objetivo, criar de forma panorâmica uma visão geral dos conceitos, após sua abordagem. Em alguns casos, essa atividade servirá como recurso de sistematização do que foi estudado. Trata-se de uma atividade na qual um varal deve ser fixado na lousa, e ali, alguns cartões contendo informações sobre o assunto a ser estudado é disponibilizado para os grupos de alunos, cuja dinâmica dependerá do assunto a ser abordado. A ação integralizadora desta atividade favorece a mediação entre aluno e objeto de estudo, além de servir como um novo subsunçor onde os conceitos estudados ganhavam ressignificado.

A opção por este formato de trabalho possibilita uma aproximação do conteúdo à realidade do aluno de forma interdisciplinar, mostrando a você que esta flexibilidade de trabalho, além de enriquecer sua prática pedagógica, pode servir de estímulo na busca por novas metodologias e conceitos que tornem as aulas mais dinâmicas e instigantes.

## 1.1 UM OLHAR GERAL SOBRE CADA SUBUNIDADE

Para a Subunidade 1, a sugestão é dividir a turma em oito grupos, deixando que os alunos escolham entre si seus integrantes. Essa postura pode garantir nos grupos, nesse primeiro momento, maior afinidade entre seus pares e contribuir para um melhor rendimento na execução das atividades propostas nos fichários que cada grupo deverá receber.

Esta Subunidade, abordará temas voltados ao Método Científico, onde procura-se explorar por meio de textos de apoio ao professor e textos

direcionados aos alunos, um pouco de como no campo da Ciência uma teoria é estruturada e aceita na comunidade científica, a importância do Modelos e o que estes representam e como elaborar uma hipótese científica.

Na Atividade 1, 2 e 3 – Mandando ver, as questões teóricas, devem ser vistas como uma extensão dos textos de apoio e direcionados aos alunos, pois estas buscam identificar que concepções os alunos têm acerca do Método Científico, sua importância, suas etapas e variantes, além de diferenciar algumas palavras específicas desse contexto, chegando à compreensão de como formular uma hipótese científica.

Na Atividade 4 – Fazendo ciência, o objetivo é levar o aluno a manipular alguns objetos/modelos de estudo, a partir de um roteiro específico, disponível em seu fichário. São previstos aqui, quatro objetos de estudo diferentes, de modo que, cada dois grupos receberão os mesmos modelos para estudo. Seguindo o roteiro, esperasse que ao final da atividade, os grupos consigam formular algumas hipóteses científicas que descrevam o porquê do comportamento observado durante a manipulação de seus objetos de estudo, observando também a forma como interagiram com estes.

Para sistematizar todo o conhecimento adquirido nas atividades anteriores, a Atividade 5 – Varal de ideias, buscará fazer com que os alunos, relacionem seus modelos estudados com alguns cartões disponibilizados pelo professor, que deverá ser pendurado num barbante e fixado na lousa. Nesses cartões, há descrições acerca das características dos modelos estudados e o modo de interação entre o observador e o objeto de estudo. Ao final, após cada grupo apresentar seu modelo para os demais, destacando as características do mesmo, os limites e condicionantes impostos para seu estudo, é esperado que o aluno compreenda que cada objeto de estudo, por condições naturais, exige diferentes formas de estudo e acesso ao mesmo, concluindo que no campo da Ciência, a leitura que se faz da natureza, depende de como esta é observada e, portanto, não pode ser entendida como uma verdade absoluta.

A Subunidade 2, segue em geral, os mesmos encaminhamentos da sua antecessora, prevalecendo o uso dos fichários, e a divisão da turma em oito grupos. A sugestão, é formar novos grupos para promover novas interações

entre os alunos, assim, seus integrantes, podem nesse momento, serem escolhidos segundo escolha aleatória do professor, ou estabelecimento de algum critério pelo mesmo.

Nesta Subunidade, o foco de estudo é sobre a natureza das coisas, isto é, do que as coisas são feitas, o que todas elas têm em comum. Busca-se no decorrer desta proposta, levar o aluno a reconhecer por meio do estudo da evolução dos Modelos Atômicos, do que a matéria é constituída e como tal compreensão foi sendo modificada ao longo do tempo. Para isto, propõem-se a leitura de textos dirigidos e atividades diferenciadas que mesclam, em alguns momentos uma visão teórica sobre o tema, e em outros, uma visão lúdica no sentido de modelar as diferentes teorias estudadas.

As Atividades 1, 3 e 4 – Mandando ver, permitem que os alunos registrem em seus fichários suas concepções acerca do modelo atômico segundo épocas distintas, e segundo a visão do próprio grupo. Num outro momento, esse grupo de atividades, faz questionamentos acerca de algumas características e comportamentos presentes no átomo, sustentados por algumas teorias, indagando o aluno a pensar sobre a estrutura atômica, sobre o fato do núcleo atômico não se desintegrar devido a forças coulombianas, e sobre a necessidade da existência de outras forças/interações e partículas para além do que o modelo tradicional atômico – Modelo planetário, destaca.

A Atividade 2 – Varal de ideias, busca de forma lúdica, levar ao conhecimento do aluno a evolução dos Modelos Atômicos. A proposta é distribuir para os grupos, modelos concretos em 3D, previamente confeccionados, e que, por meio da observação destes modelos no grupo, do registro de suas características e do uso de cartões disponibilizados em um varal, os alunos compreendam como as teorias foram evoluindo com o passar do tempo, e como o avanço tecnológico contribuiu para este estudo. A ideia é partir de uma antiga concepção filosófica de que a natureza era formada por algo chamado de Arché, podendo este ser entendido como um dos quatro elementos – terra, água, ar e fogo, e chegar ao modelo padrão das partículas fundamentais.

Como atividade final, a Atividade 5 – Fazendo ciência, propõe que cada grupo, utilizando materiais específicos disponibilizados pelo professor,

confeccione o modelo atômico de um dado elemento químico, verificando nesse a quantidade e o tipo de partículas que o constitui, além das forças e interações que ali devem estar presentes, fazendo ao final, a apresentação do seu modelo, para o restante da turma.

Para a Subunidade 3, faz-se necessária a divisão da turma em grupos novamente, a sugestão é manter um total de oito, embora, esse número, deva ser avaliado pelo professor da turma, ficando a critério deste a escolha de como formar os grupos.

A temática de estudo para esta Subunidade, volta-se a Fusão em Estrelas e os principais Decaimentos Radioativos. Para isto, toma-se como ponto de partida o estudo das principais reações de Nucleossíntese das Estrelas. A proposta, inicia-se com a leitura de dois textos dirigidos aos alunos, procurando com esses, criar organizadores prévios para as discussões que serão apresentadas nas atividades desta Subunidade.

A primeira atividade dessa proposta, Atividade 1 – Mandando ver, busca por meio de questões dirigidas, levar o aluno a fazer um estudo detalhado sobre uma das principais reações de nucleossíntese que ocorrem nas estrelas. Nesse estudo, o aluno é levado a observar o comportamento de algumas reações, analisando seus reagentes, seus produtos, o que é conservado e o que se altera após as reações, entre outras características.

Na segunda atividade, Atividade 2 – Varal de ideias, a proposta é fazer com que os alunos reproduzam por meio de cartões, uma reação de nucleossíntese, a reação próton-próton, observando na lousa, como esta reação ocorre. O que se pretende é promover uma experiência visual ao aluno, para que este compreenda como os elementos se combinam e o que formam a partir dessas combinações. Concluída a atividade, e após na sequência encaminhar outros textos dirigidos aos alunos, o objetivo agora é explorar os principais decaimentos radioativos. Se antes a intenção era de compreender como os elementos se formam, o interesse agora é, no caso de elementos pesados, como estes se desintegram e dão origem a elementos mais leves.

Para o entendimento desse contexto, a terceira e última atividade desta Subunidade, Atividade 3 – Mandando ver, vai explorar alguns decaimentos

radiativos por meio da leitura e preenchimento de algumas reações, e por meio do estudo de uma série de decaimentos radioativos. O objetivo é levar o aluno a verificar que certos elementos considerados radioativos, terão sucessivos e alternados decaimentos ao longo de um período, até se tornarem energeticamente estáveis, necessitando para isso, tornarem-se elementos de menor número atômico e menor número de massa. As três Subunidades apresentadas, podem ser trabalhadas de forma independente pelo professor, contudo, deve-se avaliar que uma complementa a outra no sentido de dar aos temas propostos, uma amplitude maior em termos de contextualização. Os fichários decorrentes de cada Subunidade foram aproveitados como instrumento avaliativo, juntamente com outras provas que foram aplicadas, a fim de atender a um critério da própria escola.

## 2 PLANO DE UNIDADE

### 2.1 IDENTIFICAÇÃO

Colégio:

Curso:

Disciplina:

Professor:

Série:

Turmas:

Período:

Semestre:

Ano Letivo:

Carga Horária:

### 2.2 EMENTA

- Método Científico;
- Evolução dos modelos atômicos; - Reações de nucleossíntese nas estrelas; - Decaimentos radioativos.

### 2.3 OBJETIVOS

#### Objetivo Geral

Instigar o aluno a compreender as ciências como construções humanas, relacionando o desenvolvimento científico ao longo da história com a transformação da sociedade, por meio da apropriação de conhecimentos da Física para compreender o mundo natural e para interpretar, avaliar e planejar intervenções científico tecnológicas no mundo contemporâneo.

#### Objetivos Específicos

- Levar ao aluno uma melhor percepção sobre o que é o Método Científico e como as muitas teorias científicas são construídas e avaliadas dentro dessa mesma comunidade.

- Ampliar no aluno seu entendimento acerca da natureza da matéria, elevando-o a um nível de conhecimento que o permita fazer uma leitura segura do modelo padrão das partículas elementares e das interações fundamentais presentes na natureza.
- Conduzir o aluno à compreensão de que as reações de nucleossíntese ocorrida nas estrelas, em especial, são o berço de toda a diversidade de elementos químicos presentes na natureza.
- Incitar o aluno a reconhecer que os decaimentos radiativos são fenômenos naturais e aleatórios necessários para que elementos radioativos, como o tempo tornem-se estáveis.

#### 2.4 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Conhecimento científico;
- Método científico;
- Evolução dos modelos atômicos;
- Modelo padrão das partículas elementares;
- Interações fundamentais;
- Reações de nucleossíntese das estrelas; - Decaimentos radioativos.

#### 2.5 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

O referido Produto tem como proposta didática, a de explorar conteúdos e temas específicos, com foco na construção coletiva do conhecimento científico. Para tanto, buscou-se como aporte teórico os trabalhos desenvolvidos por Ausubel e Vygotsky, cujo princípio filosófico pauta-se numa concepção cognitivista do processo de ensino e aprendizagem.

Em relação a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, esta mostra-se ser uma boa estratégia quando se objetiva agregar novos conhecimentos aos saberes dos alunos. Como afirma Moreira (1979), este é um processo que envolve a interação de uma nova informação, com uma estrutura

de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de subsunçores, já existente na estrutura cognitiva do indivíduo.

A aprendizagem significativa ocorre quando a essa nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Em relação a primeira Subunidade, elaborada em forma de fichário, as atividades ali descritas se aproximam ao que Ausubel chama de aprendizagem por descoberta, que ocorre quando quem aprende o faz 'sozinho' e a ideia a ser aprendida possui relação com as ideias pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Os conteúdos são recebidos de modo inacabado para serem definidos ou 'descobertos' antes de assimilados. A proposta dessa Subunidade é deixar que o aluno explore por meio de um roteiro seus objetos de estudos, chegando ao final desta proposta à compreensão de como as teorias científicas são criadas no Campo Científico, observando a importância do Método Científico que a respalda.

Quanto as Subunidades 2 e 3, estas se identificam com um tipo de apreensão de conhecimento que Ausubel, em sua teoria, chama de aprendizagem significativa por recepção. Esta aprendizagem que ocorre quando a informação é passada de forma acabada, possibilita que o aluno atue ativamente no material que lhe é repassado para relacionar-se com as ideias relevantes existentes em sua estrutura cognitiva. Os fichários, cartões e materiais lúdicos utilizados nessas e propostas, tem esse objetivo.

Quando a segunda Subunidade, que tratou da evolução dos modelos atômicos, esta foi a que mais se apropriou de subsunçores para o desenvolvimento dos novos conceitos pretendidos. Os alunos já haviam tido contato na primeira série do EM, na disciplina de Química com alguns modelos atômicos, e num outro momento, também demonstraram conhecimento acerca de forças e campo, por conta de conteúdos vistos na disciplina de Física na primeira série. Nas palavras de Moreira e Massoni (2016), a cada nova interação, o subsunçor vai ficando mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens.

Ao caso de se trabalhar com conceitos novos, a exemplo dos temas que são abordados na FMC, é possível algumas vezes, que o educando não dispõe

em sua estrutura cognitiva, de subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos.

Para o desenvolvimento de conceitos subsunçores, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do assunto a ser aprendido. Ou seja, um conteúdo de maior nível de generalidade do que aquele que será aprendido, que relaciona ideias contidas na estrutura cognitiva e ideias contidas na tarefa de aprendizagem. Segundo o próprio Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o novo assunto possa ser aprendido de forma significativa. Este conteúdo, tem o intuito de servir como elo entre o que ele já sabe e o que deseja saber, de maneira a evitar a aprendizagem mecânica. O uso desses organizadores, portanto, é uma estratégia para manipular a estrutura cognitiva e, assim, facilitar a aprendizagem significativa (PONTES NETO apud HORNES; GALLERA; SILVA, 2009, p. 497).

Sobre esta questão, em todas as Subunidades há presença de textos introdutórios, perguntas problematizadoras, modelos concretos, cartões e fichários que em certo grau de necessidade, servirá de organizador prévio para a introdução e exploração dos conceitos a serem trabalhados, representando aqui materiais que servirão de ponte cognitiva entre aquilo que já é sabido e algo que se deseja aprender.

Ainda em relação as Subunidades, a considerar pelas Teorias de Aprendizagem que embasam este trabalho, mais especificamente a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, a Subunidade 1 foi elaborada com o propósito de criar por meio desta, subsunçores que serviram de ideias âncoras, para muitas discussões feitas nas Subunidades 2 e 3.

Vale destacar também, que a primeira Subunidade, que trata sobre o Método Científico, foi motivada em decorrência de uma aula ministrada pelo Prof. Silvio Rutz, na disciplina de Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem em Física no EM, no referido curso de mestrado, cuja dinâmica abordou sobre a metodologia científica<sup>2</sup>.

Diante do que foi expresso até agora, o que se busca é a superação de um tipo de aprendizagem muito comum nas escolas: a aprendizagem mecânica.

---

<sup>2</sup> A dinâmica ministrada pelo Prof. Silvio Luiz Rutz da Silva pode ser acessada por meio do artigo: Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física, no endereço: <<https://periodicos.utfr.edu.br/rbect/article/view/309>> Acesso em: 13 set. 2018.

Sua característica é apresentar-se com um mínimo ou nada de significado para o aluno, onde os conceitos, geralmente memorizados, são esquecidos logo após as avaliações, esta aprendizagem destaca-se pela famosa *decoreba*.

Como destaca Moreira (2011) essa transposição da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa, não é automática ou natural, pois dependerá de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos, além da mediação do professor. Ao citar Vergnaud (1990), Moreira reafirma que esse processo é progressivo, com rupturas e continuidades, podendo ser bastante longo quando se trata do domínio de um campo conceitual.

Em relação a Vygotsky e sua Teoria da Aprendizagem Mediada, a escolha por esse autor sociointeracionista justifica-se pelo fato de que em suas concepções, a construção do conhecimento e o desenvolvimento da aprendizagem do aluno ocorre por meio de uma interação social entre o aluno e o objeto de estudo, e ainda, entre este e seus pares.

Outro ponto de relevância no EF dentro da perspectiva de Vygotsky, é a função da linguagem no desenvolvimento mediado. O contato dos alunos com os signos e símbolos, a exemplo da linguagem, da escrita e da leitura, relacionados ao seu meio, favorece o processo de internalização dos conhecimentos. O professor que utiliza em suas práticas pedagógicas uma linguagem próxima a do contexto sociocultural dos seus alunos atingirá de maneira mais significativa os seus objetivos (ROSA; ROSA, 2004)

Para interagir com o meio, o indivíduo necessita ter acesso a instrumentos e signos, além da interação social. No EF, por exemplo, as fórmulas, diagramas, gráficos, entre outros, como aponta Moreira (2016), representam instrumentos e signos provindos de construções sócio-históricas e culturais, sua reconstrução e ressignificação depende da interação social entre os indivíduos, uma vez que devido a essa interação, um signo, a exemplo da palavra *cor*, pode ter significados diferentes dentro de um mesmo grupo, na Física, pode estar relacionada a uma frequência ou a uma propriedade da matéria, no campo social, pode estar associada a uma preferência clubística, a um partido político.

Em acordo com essa concepção, acredita-se que, na sala de aula, a interação entre professor e aluno, do aluno com seus pares, e estes com instrumentos e símbolos estrategicamente escolhidos para a abordagem e exploração de um conceito, é uma forma de se chegar e uma participação mais ativa do educando. Para tanto, no Produto, o uso de modelos lúdicos, fichários, textos, imagens, cartões, devem assegurar uma interação mais direta entre o aluno e o conhecimento, e estes entre si.

Para além desses instrumentos e signos, uma atividade em particular – varal de ideias, presente nas três Subunidades, proporcionou uma interação bastante expressiva entre os alunos. O trabalho desenvolvido, tinha como particularidade assegurar em alguns momentos a interação do aluno com outros colegas do grupo, e este grupo, em outros momentos com o restante da turma.

Os instrumentos lúdicos utilizados na Subunidade 1, chamados de objetos de estudo, e utilizados na Subunidade 2, modelos atômicos tridimensionais, procuravam dar um novo significado aos conhecimentos que os alunos já detinham.

Destaca ainda, essa teoria, que existem coisas que por natureza, o ser humano pode fazer sozinho, como que instintivamente ou por resultado de algo apreendido antecipadamente. Contudo, há outras que necessitam da mediação de outra pessoa, ou de signos. À distância entre essas duas situações Vygotsky (2000), chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), uma região, que segundo ele, ocorre o desenvolvimento e a aprendizagem do indivíduo.

Essa ZDP, seria uma espécie de interface entre outras duas: a Zona de Desenvolvimento Real e a Zona de Desenvolvimento Potencial. A primeira corresponde a aptidão de um indivíduo de resolver situações-problemas de forma independente, corresponde cognitivamente onde o indivíduo está. Nesta Zona estaria preservada a memória do indivíduo, instituída a partir das experiências diretas com o meio (experimentação), ou por meio da observação, esta memória é a responsável pelos saberes atuais. A segunda, está relacionada com o seu desenvolvimento potencial, com o saber a ser alcançado, isto é, onde o indivíduo pode chegar.

Moreira (2016), esclarece que a Zona de Desenvolvimento Proximal define funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação. Essa transição do real para o potencial alcançado, depende do grau de interação do indivíduo com o meio social, necessitando, portanto, ser mediada. O conhecimento aqui, é algo a ser construído e concretizado progressivamente. Deve respeitar e considerar o histórico, social e cultural de cada indivíduo. É na troca com os outros sujeitos que se vão internalizando conhecimentos, papéis e funções sociais, o que permite a formação de conhecimentos e da própria consciência.

Tomando esta teoria como uma das referências para a dinâmica da proposta de trabalho aqui apresentada, buscou-se por meio de uma abordagem dialógica e interacionista, uma maior aproximação entre o conhecimento e os sujeitos envolvidos e estes entre si. Assim, a escolha por essas teorias, privilegiam, cada uma em suas especificidades e similaridades, ações que dão ao professor um norte metodológico de como organizar seus conteúdos e trabalhá-los em sala de aula, definindo assim recursos, estratégias e formas de avaliação que mais se aproxime aos objetivos propostos.

## 2.6 AVALIAÇÃO

Com o propósito de fazer com que o aluno explore, descubra e amplie suas potencialidades, observações e pensamentos, a avaliação deve ter caráter preponderante no sentido de verificar se os objetivos elencados foram alcançados e se uma aprendizagem significativa de fato ocorreu.

Nessa perspectiva, o aluno será avaliado durante todo o processo de aplicação do Produto, por meio de atividades que explorem não só a matematização de um conteúdo, mas também pela ressignificação dos conceitos trabalhados. Assim, é importante destacar qual o papel que cabe à avaliação neste cenário. No contexto atual da sala de aula, o modo como as avaliações são dirigidas, é perceptível que estas tendem mais para um olhar behaviorista do aluno do que construtivista, isto é, avaliasse se o aluno sabe ou não sabe, o que é certo ou errado, o sim ou o não, configurando a promoção de uma avaliação

mecânica, baseada apenas nas respostas prontas, geralmente desvinculadas de um significado.

À luz da Aprendizagem Significativa, deve-se avaliar a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência do conhecimento a situações não conhecidas, não rotineiras. Contudo, Moreira (2011) alerta que é importante atenuar ações radicais que venham avaliar o aprendiz por meio de uma situação nova, não familiar, requerendo desse uma máxima transformação do conhecimento adquirido, como sugere Ausubel. Para Moreira (2011), essas situações devem ser propostas progressivamente, uma vez que a própria aprendizagem significativa é progressiva, e que grande parte do progresso de assimilação e ressignificação de um conhecimento ocorre na zona intermediária de conhecimento, na região do mais ou menos, na qual o erro é normal.

Aos olhos da Aprendizagem Mediada, a aprendizagem evidencia-se pela autoidentificação do indivíduo, pela imitação, pela forma de interação com o meio e com as pessoas, também, através de analogias, oposições, codificação e decodificação de símbolos e seus significados. Assim, a avaliação deve ser dinâmica, isto é, deve trabalhar também os erros dando sugestões dirigidas que levem o aluno ao acerto.

Nesse sentido, o ato de planejar uma aula exige do professor, não apenas mudanças de paradigmas, mas principalmente uma mudança em sua postura formadora e avaliativa. Partir do conhecimento prévio do aluno, permitir que refaça suas atividades, que externalize os significados que está captando, que explique e justifique suas respostas, são ações que asseguram à avaliação um caráter mais formativo e uma formação de fato emancipadora.

Considerando que a avaliação do processo de ensino e aprendizagem deva ser realizada de forma contínua, cumulativa e sistemática, destaca-se para esta, seu aspecto quantitativo e seu aspecto qualitativo, que em algumas situações divergem entre si, por considerar diferentes critérios e instrumentos avaliativos.

No que se refere ao caráter quantitativo, a aferição do nível de aprendizagem dos alunos se dará por meio da correção de seus registros feitos nos fichários, proveniente da execução/resolução de atividades práticas e

teóricas ali presentes, e também, por meio da aplicação de uma prova, sempre ao final de cada Subunidade. Enquanto ao caráter qualitativo da avaliação, e por considerar que esta seja mais subjetiva, o que se avalia é o comportamento do aluno, não num aspecto disciplinar, mas de detenção do conhecimento, para tanto, sua participação, a forma com que interage com o objeto de estudo, com seus colegas e o professor, a forma como manifesta suas ideias e faz relação do conhecimento com outras situações reais do seu dia a dia, são parâmetros que devem ser considerados no que tange a aprendizagem de um conceito, embora não tivessem sido mensurados nesse momento.

## 2.7 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 1

(Aplicação - 14 h/a)



**O conhecimento científico: Um olhar sobre o método científico e sua contribuição para a construção da ciência**

### Etapa 1: Mobilização Inicial

Professor, para dar início a aplicação deste Produto, esclareça aos alunos os objetivos do mesmo, comentando sobre a dinâmica dos fichários e das atividades ali propostas, e como se dará a avaliação por meio do fichário e prova.

No caso dos fichários de cada Subunidade que será trabalhada, esclareça aos alunos que estes contêm as atividades e os textos de apoio para leitura, devendo nesse mesmo material, ser feito o registro das atividades propostas.

Sugere-se que os fichários sejam entregues e recolhidos ao início e término de cada aula, a fim de evitar possível extravio destes pelos alunos, ou sua falta decorrente da ausência de um integrante do grupo que naquela situação, possa ter ficado com o material.

O recolhimento dos fichários também garante maior controle de que as atividades sejam feitas em seus devidos momentos. Assim, oriente seus alunos que os registros sejam feitos a caneta, e que atividades deixadas em branco, após o tempo acordado para sua resolução serão anuladas, atribuindo nota zero as mesmas. Uma sugestão para iniciar o trabalho, é dividir a turma em 8 equipes, cujos integrantes podem ser escolhidos por eles mesmos nesse momento.

Para esta Subunidade, os materiais foram organizados de modo que cada dois grupos de alunos recebam fichários iguais, contendo nestes as mesmas atividades propostas, sendo estes, diferentes dos demais. Os pares de fichários iguais foram assim identificados: primeiro par (1A e 1B), segundo par (2A e 2B), terceiro par (3A e 3B) e quarto par (4A e 4B). Os grupos não serão informados da razão desta identificação prévia que consta em seus fichários.

Após efetuado a divisão e distribuídos os fichários a todos os grupos, utilize o texto de apoio - Construindo Modelos, como referência para introduzir o assunto e fundamentar seu trabalho. Essa introdução pode ser feita em forma de slides, não sendo necessário ser repassado para os alunos.

## Etapa 2: Continuidade

Para esta etapa, após feita a mobilização inicial, solicite aos alunos a leitura em grupo do texto - O Conhecimento Científico. Dependendo da turma, para melhor rendimento desse momento, sugere-se quando possível, disponibilizar cópias individuais para leitura.

Concluída a leitura do texto, verifique junto aos alunos se alguma expressão ou conceito ali colocado gerou dúvidas. Esse momento deve ser aproveitado para uma intervenção sua no sentido de pontuar as principais ideias ali contidas.

Dando continuidade a essa etapa, solicite aos grupos que façam agora a leitura e discussão da Atividade 1 – Mandando ver em seus fichários.

Na sequência, destaca-se desta Atividade 1, a expectativa de resposta às questões propostas.

## Atividade 1 - Mandando ver

1.1) Tudo o que aprendemos na escola, faz parte de um conhecimento que foi construído baseado num método chamado de Método Científico. Este, tem por objetivo, condicionar e normatizar a forma como o conhecimento deve ser produzido, validado e transformado em leis e teorias em geral. Na opinião do grupo, que condicionantes, normas, etapas devem ser observadas ou respeitadas para dar maior legitimidade a esse processo?

Possibilidade de resposta:

- Que a observação seja não tendenciosa, a fim de evitar que algumas ocorrências apreciadas durante a investigação não sejam refutadas ou superestimadas sem criteriosa análise e justificativa.
- Que a reprodução de um fenômeno considere todas as suas variantes, minimizando ou potencializando cada uma de acordo com o grau de interferência que esta produz no mesmo.
- Que o fenômeno em estudo seja reproduzido várias vezes de modo a manter em cada uma as mesmas condições iniciais para o estudo.
- Que a descrição do fenômeno observado, possa prever situações que extrapolem as reproduzidas e, sobretudo, que permita ser testada sobre a ação de outros condicionantes.

(HEWITT, 2015, p. 8-17)

1.2) Por meio do Método Científico, criamos uma forma de observar e compreender a natureza a nossa volta. Que outras formas ou meios de observação você conhece ou já ouviu falar, que também descreve essa mesma natureza por nós observada?

Possibilidade de resposta:

Cada cultura étnica ou religiosa construiu ao longo do tempo mecanismos e teorias para descrever a natureza a sua volta. Em geral, a explicação da natureza, foi no início construído sob fundamentos religiosos, mitológicos e filosóficos, razão esta que pode ser justificada

pela própria falta de entendimento sobre a natureza. Só mais tarde, é que o olhar científico, fundamenta à luz da razão, uma explicação essencialmente racional do que seria nesta visão a natureza. Essas duas correntes, têm como principal diferença o método experimental, pois, enquanto uma baseia-se unicamente na observação e daí, incorpora aos fenômenos uma causa mitológica, a outra, além da observação, tem como princípio excluir qualquer explicação mitológica do fenômeno observado, incorporando o método científico experimental para explicar essa mesma natureza.

Como exemplos, temos a descrição da natureza e até da própria origem do Universo com base em duas grandes vertentes: a teoria criacionista, cujos defensores descrevem a natureza como obra de um criador maior, e a teoria evolucionista, cujos representantes tentam explicar a natureza como produto de um processo natural que foi evoluindo no tempo, teoria na qual a Ciência foi estruturada.

(ROCHA, 2002, p. 21-49)

1.3) Qual a importância de se ter um Método Científico para observar e descrever a natureza a nossa volta?

Possibilidade de resposta:

De certa maneira, a escolha por um Método Científico durante a observação e descrição de um fenômeno, garante ao observador um maior nível de confiança em seus resultados. Outro fator importante, é que ao descrever o método utilizado, este assegura que seu trabalho possa ser não só reproduzido, mas também avaliado por outros cientistas da área. Em geral, o uso de um método científico permite ao pesquisador desvincular-se de qualquer percepção mística sobre o objeto de estudo, agregando a este um caráter racional e experimental, sendo este os dois principais pilares de qualquer teoria científica.

(HEWITT, 2015, p. 8-17)

### Etapa 3: Continuidade

Professor, para esta terceira etapa, sugere-se a apresentação e discussão do texto - A Construção do Método Científico. Para otimizar o tempo, sua abordagem pode ser feita por meio da projeção de slides, utilizando um projetor multimídia, destacando para os alunos suas ideias principais.

Concluída a apresentação e fomentada a discussão da mesma com seus alunos, oriente-os para na sequência resolver em seus fichários a Atividade 2 – Mandando ver, podendo esta ser encaminhada na forma de pesquisa. Para isto, oriente-os a fotografar a atividade ou copiá-la de modo que a tenham como fonte. Para a próxima aula, oriente os alunos que, em seus respectivos grupos, deverão entre seus pares apresentar o registro de suas pesquisas, e após discussão sobre cada questão, registrem suas conclusões no fichário.

Outra sugestão, por se tratar de uma atividade que visa explorar o significado de alguns termos, é o uso de materiais e recursos alternativos para consulta, a exemplo de dicionários, celulares, livros, entre outras fontes e recursos acessíveis para a ocasião.

Na sequência, destaca-se desta Atividade 2 a expectativa de resposta à questão proposta.

#### Atividade 2 - Mandando ver

Com base nas discussões feitas até aqui, faça uma pesquisa e registre o significado de cada termo abaixo, segundo o campo teórico aos quais pertencem.

Possibilidade de resposta:

- Método Científico: Princípios e procedimentos para buscar sistematicamente o conhecimento, envolvendo a identificação e a formulação de um problema, a obtenção de dados, por meio da observação e de experimentos, e a formulação e o teste de hipóteses.

- Hipótese: Uma especulação culta; uma explicação razoável para uma observação ou resultado experimental, que não é plenamente aceita como factual até que seja testada inúmeras vezes em experimentos.
- Fato: Um fenômeno sobre o qual observadores competentes estão em concordância, após realizarem uma série de observações.
- Lei: Hipótese ou afirmação geral a respeito da relação entre quantidades naturais, e que tem sido testada inúmeras vezes sem ser negada. Também conhecida como princípio.
- Teoria: Uma síntese de um grande volume de informações, que abrange hipóteses amplamente testadas e comprovadas, acerca de determinados aspectos do mundo natural.

(HEWITT, 2015, p. 17)

#### Etapa 4: Continuidade

Professor, inicie esta etapa indicando aos alunos a leitura em grupo do texto - A Regra é, se possível, disponibilize cópias individuais para leitura, isso ajuda no rendimento da proposta. É necessária sua intervenção no sentido de promover o esclarecimento de eventuais dúvidas surgidas durante a leitura.

Após a leitura e discussão do texto, oriente os alunos para a participação e registro em seus fichários dos encaminhamentos da Atividade 3 - Mandando ver, que objetiva verificar a compreensão destes, quanto a classificar se uma dada hipótese é ou não científica.

Para esta atividade, disponibilize para cada grupo um cartão com figuras em frente e verso que simbolizam gestos afirmativos ou de negação para as hipóteses elencadas na referida atividade. Este cartão pode ser fixado a um palito de madeira, para melhor utilização do mesmo. O modelo desse cartão e outros materiais utilizados na sequência, estão disponíveis no Capítulo 5 deste Produto.

Para dinâmica desta atividade, embora ela esteja contemplada no fichário do aluno, recomenda-se projetar as hipóteses na lousa, solicitando que

ao final da leitura de cada uma, os grupos manifestem suas respostas com o uso do cartão e posteriormente registrem a mesma em seus fichários. Ao final da atividade, é importante sua intervenção para sanar dúvidas verificadas no decorrer, fazendo a correção das Atividades 2 e 3 que tratam do mesmo assunto.

Na sequência, destaca-se a Atividade 3 – Mandando ver, com expectativa de resposta às questões propostas.

### Atividade 3 - Mandando ver

Classifique as hipóteses abaixo em Sim (S) para as científicas e Não (N) para as não científicas. Possibilidade de resposta:

a) ( S ) Os átomos são as menores partículas existentes de matéria.

R: Existe um teste para testar sua falsidade – Colisores de partículas. A afirmação não só é possível de ser negada, como de fato já foi negada.

b) ( N ) O espaço é permeado com uma essência não detectável.

R: Não existe teste para provar sua falsidade. Por se tratar de uma essência não detectável, o fato de não podermos comprovar sua existência, não assegura que ela de fato exista.

c) ( N ) Albert Einstein foi o maior físico do século XX.

R: Embora seja um nome bastante conhecido no meio científico e fora dele, essa afirmativa não pode ser testada em sua possível falsidade.

d) ( S ) A vida evolui de formas mais simples para as mais complexas.

R: Uma forma de testar sua falsidade seria descobrir que formas de vida mais complexas surgiram antes de suas contrapartidas mais simples.

e) ( S ) A luz é desviada pela gravidade.

R: Isso poderia ser negado, se a luz das estrelas ao passar pelo Sol, podendo ser vista durante um eclipse solar, não fosse desviada.

f) ( N ) O alinhamento dos planetas no céu, determina a melhor ocasião para tomar decisões.

R: Embora muitos possam acreditar nessa hipótese, não se pode provar se a mesma está correta ou errada. Trata-se, portanto, de uma especulação.

g) ( N ) Existe vida inteligente em outros planetas em algum lugar do universo.

R: Para provar sua veracidade, bastaria encontrar em qualquer lugar do universo, uma forma de vida inteligente. Porém, sua falsidade remete a não acharmos tal vida. Contudo, o fato de não encontrarmos tal vida nos próximos séculos, por exemplo, não significa dizer que ela não exista em algum lugar, logo, não podemos provar sua falsidade.

h) ( S ) Não existe outra forma de vida inteligente no universo.

R: Analogamente a questão anterior, sua negação resulta em provar que há outra forma de vida inteligente no universo, assim, um fato passível de ocorrer em qualquer momento ou mesmo num futuro distante.

(HEWITT, 2015, p. 8-12)

#### Etapa 5: Atividade prática

Professor, a proposta para esta etapa é de encaminhar os alunos para a realização da Atividade 4 – Fazendo ciência. Para esta atividade, cada grupo deve receber um modelo concreto que será seu objeto de estudo para observação e registro em seus respectivos fichários.

Vale lembrar que nesta Subunidade, há quatro modelos de fichários que se repetem de dois a dois, decorrente dessa atividade em especial, motivo pelo qual os fichários foram identificados com as numerações mostradas no Quadro 2.1. Nesta atividade, para cada modelo a ser observado foi organizado um roteiro específico a ser seguido. Para evitar discordância entre o objeto de estudo

e o roteiro proposto recomenda-se seguir a distribuição dos modelos de acordo com o mostrado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 Distribuição dos modelos de estudo, segundo fichário

Fichário	Modelo proposto
1A e 1B	Apenas fique de olho...
2A e 2B	Pode pegar, mas fique de olho...
3A e 3B	Passa para outro...
4A e 4B	Só não pode ver...

Fonte: O autor

O objetivo desta atividade é levar ao conhecimento do aluno que, dependendo das condições naturais do objeto de estudo, este permite ou não ser manipulado direta ou indiretamente, podendo ou não ser observado a olho nu, necessitando ou não de equipamentos tecnológicos que auxiliem tais estudos. Em resumo, espera-se que o aluno perceba que todo objeto ou ente físico pode impor limitações naturais que dificultam seu estudo.

Feita a distribuição, oriente cada grupo a seguir seu roteiro de estudo, registrando a partir dele as considerações do grupo. Para fechamento desta atividade, ao final das observações e registros, é importante que cada grupo apresente seu modelo aos demais, comentando sobre as características dos mesmos e as condições impostas para seu estudo. Em tempo, aproveite a finalização da atividade para destacar junto aos alunos as limitações que a Ciência tem para com o estudo de alguns fenômenos.

A seguir, tem-se uma sequência de encaminhamentos para esta atividade considerando o fichário a que se destina, e a expectativa de resposta às questões propostas para cada fichário.

### **Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 1A e 1B**

- Modelo Proposto: Apenas fique de olho...
- O método: Observação visual e sem outra forma de interação direta.

- Andamento da atividade: Oriente os grupos de que estes não podem interagir diretamente com o objeto de estudo, sendo permitido a eles apenas observá-lo sobre a carteira, podendo os alunos, moverem-se em torno desta. Após feita a observação, oriente os grupos a responderem as questões propostas em seus fichários, registrando nele suas conclusões.

#### Atividade 4 – Fazendo ciência

Galerinha, nesta atividade, vocês deverão apenas observar o objeto de estudo, sem tocá-lo diretamente, logo, **apenas fiquem de olho...**, respondendo na sequência as questões a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Como ficaria o sistema se alterássemos sua posição para outra base? O sistema ficaria estável ou instável?

R: Provavelmente não teria sua estrutura alterada, mantendo seu formato inicial.

b) Como ficaria o sistema caso soltássemos o mesmo de uma altura equivalente a 10 cm? E de uma altura de 1 m?

R: De uma altura de 10 cm, espera-se que sua estrutura se mantenha, já para uma altura de 1 m, o impacto pode provocar a separação das esferas, ou ainda desagrupá-las de modo a algumas ainda permanecerem unidas a outras.

c) Durante a queda do sistema, até que este se choque com o chão, o sistema manterá sua estrutura inicial ou se partirá em pedaços menores? Quantos?

R: Durante a queda espera-se que o sistema mantenha sua estrutura.

d) Na hipótese de o sistema ter se partido, seria observada uma nova organização natural do mesmo ou cada esfera tenderia a afastar-se uma da outra?

R: Acredita-se que após estas se afastarem-se uma das outras, elas se mantenham afastadas.

e) Caso arremessássemos no sistema, outras esferas com as mesmas características das observadas, o que podemos esperar quando estas forem lançadas com pouco e com grande altura?

R: Que a uma pequena altura a esfera lançada apenas junte-se às demais, e para alturas maiores, a esfera lançada acabe por separar as esferas alterando o sistema inicial.

f) As esferas, possuem estrutura interna? Como você chegou a essa conclusão?

R: Devido ao fato de o sistema não poder ser manuseado, é provável que o grupo responda que este não possui estrutura interna. Contudo, por meio de uma observação mais detalhada, o fato de as esferas estarem grudadas umas às outras, pode chamar atenção de que em seu interior tenha alguma coisa.

g) Caso as esferas possuam estrutura interna, quais as suas características?

R: Pode surgir uma resposta que justifique o fato de estarem grudadas devido a terem sem seu interior algum tipo de ímã.

h) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

R: Sistema constituído de 4 esferas de borracha, grudadas entre si. Apesar de constituir um sistema unitário, este recebendo um impacto, poderá partir-se separando suas esferas umas das outras. Acredita-se que no interior das esferas haja ímãs, sendo estes responsáveis pela manutenção de sua estrutura, sob certas condições.

i) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

R: O sistema é constituído por esferas não maciças, cuja estrutura interna possui elementos magnéticos responsáveis pela atração entre as esferas.

### **Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 2A e 2B**

- Modelo Proposto: Pode pegar, mas fique de olho...
- O método: Observação visual e com outra forma de interação direta.
- Andamento da atividade: Oriente os grupos de que estes podem além de observá-lo, interagir diretamente com o objeto de estudo. Após feita as observações, seguindo o roteiro proposto, os alunos devem responder as questões em seus fichários, registrando nele suas conclusões.

#### Atividade 4 – Fazendo ciência

Galerinha, nesta atividade, vocês deverão observar o objeto de estudo, podendo inclusive manipulá-lo diretamente, assim, **podem pegar, mas fiquem de olho...**, respondendo na sequência as questões a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Altere a posição do sistema de modo a colocá-lo com outra base em contato com o chão. Para cada uma das bases, o sistema permaneceu estável ou instável?

R: Estável.

b) Solte o sistema de uma altura equivalente a 20 cm, e posteriormente de uma altura de 1 m. O que ocorreu em cada caso com as esferas que constituem o sistema? Anote suas considerações.

R: O sistema permaneceu com a estrutura original.

c) Durante a queda do sistema, até que este se choque com o chão, o sistema manteve sua estrutura inicial ou se partiu em pedaços menores? Quantos?

R: Manteve sua estrutura original.

d) Que outras manifestações foram observadas durante a queda e a colisão do sistema com o chão?

R: Durante a queda, não foi verificada manifestação diferente do que fora observado no início, contudo após a colisão deste com o chão, foi observado que este começou a piscar e fazer um barulho de sinos

e) Essas manifestações observadas foram emitidas de que modo?

R: Luz e som.

f) As esferas, possuem estrutura interna? Como você chegou a essa conclusão?

R: Sim, por se tratar de esferas ocas, constituídas de cordões de borracha entrelaçados, observou-se em seu interior subsistemas menores.

g) Caso as esferas possuam estrutura interna, quais as suas características?

R: São subsistemas que emitem som e luz, sendo dispositivos que se parecem com um sino e outro com circuito de pilhas e lâmpadas de LED, respectivamente.

h) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

R: Sistema constituído de quatro esferas entrelaçadas entre si, formadas por cordões de borracha cujo emaranhamento as torna vazadas. Em seu interior existem subsistemas responsáveis pela emissão de luz e som, quando o sistema se choca com outras superfícies a partir de determinadas alturas.

i) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto. R: O modelo observado emite luz e som de sua estrutura interna, quando colide com outras superfícies.

### **Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 3A e 3B**

- Modelo Proposto: Passa para outro...
- O método: Não observação visual e com manipulação indireta.
- Andamento da atividade: Nesta atividade, o grupo não poderá visualizar os objetos que estão dentro do balão, e nem tão pouco tocá-los. Contudo, devem eleger um integrante do grupo - manipulador, para que somente este, manipule o sistema, mediando a interação entre os demais componentes do grupo e o objeto de estudo. O restante do grupo deverá ordenar certas ações para serem executadas pelo manipulador e registrar suas observações sem ajuda deste. Após feita as observações, seguindo o roteiro proposto, os alunos devem responder as questões em seus fichários, registrando nele suas conclusões.

#### Atividade 4 – Fazendo ciência

Galerinha, nesta atividade, vocês não poderão visualizar os objetos que estão dentro do balão, e nem tão pouco tocá-los, por isso, ***passa para outro...***, contudo, escolham um integrante do grupo, para ser este, e somente este, quem poderá manusear o sistema. Ao restante, caberá dizer certas ações para serem executadas pelo manipulador, registrando as observações sem qualquer ajuda deste, conforme indicações a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Registre as ações que serão ordenadas para serem executadas pelo manipulador.

R: Aberto ao grupo

b) Registre o que foi observado após a execução de cada ação ordenada.

R: Aberto ao grupo

c) Com base nas questões acima, do que o sistema é constituído?

R: Sistema constituído de materiais que estão soltos de forma aleatória, porém um conjunto em específico apresenta grande força de atração. Embora possível separá-los, estes juntam-se novamente recompondo sua estrutura. Tal conjunto, como observado, não é atraído pelos demais constituintes do sistema.

d) Esse sistema possuiu estruturas internas? Quais seriam suas estruturas mais elementares?

R: Aparentemente sim, não sendo possível determinar com exatidão do que são feitos. No caso do subsistema magnético, este parece se tratar

de um ímã, pois tem comportamento semelhante, atraindo alguns objetos e não interagindo com outros.

e) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

R: Sistema constituído de subsistemas sendo um deles em específico constituído de provável elemento magnético (ímã). São de tamanhos diferentes e provavelmente possuem estruturas internas.

f) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

R: Alguns subsistemas possuem efeito magnético enquanto outros não.

#### **Encaminhamento destinado aos grupos detentores dos fichários: 4A e 4B**

- Modelo Proposto: Só não pode ver...
- O método: Não observação visual e com manipulação direta.
- Andamento da atividade: Nesta atividade, o grupo não poderá visualizar os objetos que estão dentro do balão, contudo, poderão manipular diretamente o sistema de modo a observar o resultado dessa interação. Após feita as observações, seguindo o roteiro proposto, os alunos devem responder as questões em seus fichários, registrando neles suas conclusões.

#### Atividade 4 – Fazendo ciência

Galerinha, nesta atividade, vocês não poderão visualizar os objetos que estão dentro do balão, contudo, poderão manipular diretamente o sistema de modo a observar o resultado dessa interação. Assim, podem tudo, **só não podem ver...** Na sequência registrem suas conclusões conforme as questões a seguir.

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Registre as ações que serão executadas pelo grupo.

R: Aberto ao grupo

b) Registre o que foi observado após a execução de cada ação.

R: Aberto ao grupo

c) Com base nas questões acima, do que o sistema é constituído?

R: Sistema constituído de uma esfera maior, aparentemente de borracha flexível, outras 4 esferas menores de material mais resistente. Ainda se observa outros dois subsistemas ligados entre si por uma atração provavelmente magnética. A emissão de som durante sua manipulação indica que os subsistemas possuem estrutura interna.

d) Esse sistema possuiu estruturas internas? Quais seriam suas estruturas mais elementares?

R: Aparentemente sim, não sendo possível determinar com exatidão do que são feitos. No caso do subsistema magnético, este parece se tratar de um ímã pois tem comportamento semelhante, atraindo alguns objetos e não interagindo com outros.

e) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

R: Sistema constituído de subsistemas sendo um deles em específico constituído de provável elemento magnético (ímã). São de tamanhos diferentes e provavelmente possuem estruturas internas.

f) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

R: Alguns subsistemas possuem efeito magnético enquanto outros não. Entre outras.

#### Etapa 6: Atividade Lúdica

Professor, para esta atividade, que corresponde a Atividade 5 – Varal de ideias, fixe na lousa um barbante de modo a formar um varal, pendurando nele com prendedores de roupa, por exemplo, os cartões disponíveis no Capítulo 5 deste Produto, que trata desta atividade. Nesses cartões, constam em sua frente informações compatíveis com os modelos estudados pelos alunos, pontuando características e limitações que, espera-se, tenha sido observado pelos grupos durante o estudo de seus modelos, e em seu verso, uma palavra-chave que será utilizada para registro no fichário.

Estes cartões devem ser dispostos de forma aleatória no varal, de modo que os alunos ao se aproximarem do mesmo, possam fazer a leitura das informações neles impressas, ficando o seu verso encostado na lousa.

Considerando que os fichários se repetem de dois a dois, é necessário que a impressão destes cartões seja feita duas vezes, para assim atender ao total de modelos distribuídos. Essa organização resultará num varal onde deve constar 32 cartões que se repetem de dois a dois, distribuídos em quatro cores distintas. Por se tratar de cartões coloridos, indica-se que a impressão destes seja feita em papel dupla face já em suas respectivas cores, sendo estas, azul, vermelha, amarela e verde.

Organizado esse momento, oriente cada grupo de alunos a retirarem do varal apenas um cartão de cada cor, tomando o cuidado para que suas escolhas sejam por aqueles que mais caracterizem o modelo estudado, tendo relação com as ações e o método utilizado no grupo, durante a execução da Atividade 4 – Fazendo ciência.

Escolhido os cartões, estes devem registrar em seus fichários no Quadro - Primeiro registro, a palavra-chave que consta no verso de cada cartão. Solicite aos alunos que após concluído esse registro, cada grupo apresente e justifique a escolha de seus cartões aos demais.

Verifique se ao final das apresentações algum grupo tem interesse em trocar de cartão com outro grupo, autorizando-os a assim fazê-lo, desde que isso seja de consentimento dos grupos envolvidos.

Havendo ou não a troca dos cartões, peça aos grupos que registrem novamente em novo campo agora no Quadro - Segundo registro, a palavra-chave que está no verso de cada cartão que dispõe nesse segundo momento, mesmo que estes sejam iguais ao registro anterior.

Finalize a atividade solicitando aos alunos uma apresentação geral dos modelos estudados, ponderando com mais objetividade as características de cada modelo e do método de estudo atribuído ao mesmo, destacando as orientações que deveriam ser seguidas e as limitações impostas, com base nos próprios cartões disponibilizados.

A título de organização para este trabalho, os cartões foram organizados de acordo com o destacado nos Quadros 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5.

QUADRO 2.2 - Distribuição de cartões azuis, segundo fichário e informação

<b>Cartão Azul</b>	<b>Fichário</b>	<b>Informação frontal</b>	<b>Verso</b>
	1A e 1B	Método da observação visual e sem outra forma de interação direta.	Apeiron
	2A e 2B	Método da observação visual e com outra forma de interação direta.	Arché
	3A e 3B	Método da não observação visual e com manipulação indireta.	Éter
	4A e 4B	Método da não observação visual e com manipulação direta.	Quarks

Fonte: O autor

QUADRO 2.3 - Distribuição de cartões vermelhos, segundo fichário e informação

<b>Cartão Vermelho</b>	<b>Fichário</b>	<b>Informação frontal</b>	<b>Verso</b>
	1A e 1B	Expansão do universo	Férmions
	2A e 2B	Reações químicas	Bárions
	3A e 3B	Nanotecnologia	Mésons
	4A e 4B	Eletrização dos corpos	Neutrino

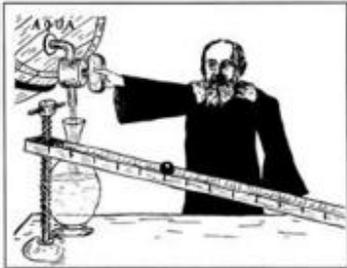
Fonte: O autor

QUADRO 2.4 – Distribuição de cartões amarelos, segundo fichário e informação

	Fich.	Informação frontal	Verso
<b>Cartão Amarelo</b>	1A e 1B	Em algumas situações, o objeto de estudo por limitações naturais, não possibilita seu manuseio direto. Embora se possa observá-lo, não se pode tocá-lo diretamente devido alguma propriedade natural que este apresente, a exemplo de suas dimensões diminutas. Neste caso, utiliza-se recursos mecânicos que possibilitam indiretamente a interação entre objeto e observador.	Átomo
	2A e 2B	Há situações em que o objeto de estudo possibilita além da interação visual, sua manipulação direta e/ou indireta sem maiores dificuldades. Na manipulação direta, a interação entre o objeto de estudo e o cientista ocorre sem auxílio de recursos tecnológicos. Na manipulação indireta, essa interação ocorre por meio de alguma máquina ou recurso específico.	Modelo
	3A e 3B	Talvez um dos maiores desafios para a ciência, seja o de criar modelos teóricos com base em algo que não pode ser visualizado e nem tão pouco manipulado. Situações como estas, exigem dos cientistas um alto grau de desenvolvimento teórico sobre tal modelo, com base em axiomas e leis a fim de dar sustentação a esse modelo. Em geral, casos desse tipo, ficam apenas no âmbito de questões teóricas necessitando que, algum dia, com o avanço científico e tecnológico, suas hipóteses possam de fato ser colocadas a prova, isto é, ao campo experimental, para, só então, ser aceita ou refutada em definitivo. Na maioria dos casos, situações como estas, só podem ser mais bem observadas com base em manipulações indiretas, onde grandes recursos/aparatos tecnológicos vão atuar de forma direta sobre o objeto de estudo, transformando os dados obtidos em informações que são codificadas pelos cientistas.	Hádrons
	4A e 4B	Há casos estudados na natureza, dos quais não podemos observá-los, mas podemos manipulá-los com certa facilidade. O objeto de estudo a ser analisado possibilita sua manipulação direta sem maiores dificuldades. Esta abordagem, coloca em contato direto cientista e objeto de estudo, sem necessariamente o intermédio de recursos tecnológicos.	Léptons

Fonte: O autor

QUADRO 2.5 - Distribuição de cartões verdes, segundo fichário e informação

Cartão Verde	Fichário	Informação frontal	Verso
	1A e 1B		Gravitacional
	2A e 2B		Forte
	3A e 3B		Fraca
	4A e 4B		Eletromagnética

Fonte: O autor

Nota: Referência das figuras, de cima para baixo:

(a) [http://pictures.ozy.com/pictures/1500xany/6/6/4/36664\\_128630024.jpg](http://pictures.ozy.com/pictures/1500xany/6/6/4/36664_128630024.jpg).

(b) [http://www.openfisica.com/storia\\_della\\_fisica/u1\\_galileo/1\\_29.html](http://www.openfisica.com/storia_della_fisica/u1_galileo/1_29.html).

(c) <https://abrilveja.files.wordpress.com/2016/05/tevatron-620-original1.jpeg?quality=70&strip=info&w=620>.

(d) <http://www.escuelapedia.com/el-arco-iris/>

Na sequência, destaca-se a Atividade 5 – Varal de ideias e expectativa de resposta às questões propostas.

#### Atividade 5 – Varal de ideias

E aí, quase se sentindo um cientista? Fazer ciência não é nada fácil. Você já deve ter percebido que essa vida não é só de glamour... Einstein e tantos outros que o digam.

5.1) Após seguir as orientações do professor, registrem no Quadro – Primeiro registro, os códigos que estão presentes na parte de trás de cada cartão.

Quadro - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde
Ex. Átomo	Ex. Apeiron	Ex. Neutrino	Ex. Fraca

5.2) Agora, socializem suas conclusões com o restante da turma, negociando caso necessário, a troca de cartão com os demais. Após esta ação, registrem no Quadro – Segundo registro, os códigos dos cartões que tem agora.

Grupo	Quadro - Segundo registro			
	Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde
1A e 1B	Átomo	Apeiron	Férmions	Gravitacional
2A e 2B	Modelo	Arché	Bárions	Forte
3A e 3B	Hádrons	Éter	Mésons	Fraca
4A e 4B	Léptons	Quarks	Neutrino	Eletromagnética

### Etapa 7: Complemente seus estudos

Professor, para o fechamento desta Subunidade encaminhe o texto - Mais sobre o Método Científico, para leitura entre os alunos, trazendo à discussão as ideias ali pontuadas.

É importante neste momento final, que as atividades desenvolvidas no fichário estejam corrigidas previamente a fim de que sejam tomadas como um diagnóstico da aprendizagem dos alunos. A partir destes dados, é necessário que os conceitos e conteúdos não apreendidos pelos alunos sejam retomados no intuito de minimizar suas dúvidas e prepará-los para a aplicação posterior da prova.

### Etapa 8: Prova

Professor, a seguir, destaca-se as questões da prova aplicada aos alunos. Sugere-se que seja realizada em dupla e sem consulta.

**01) (0,5 pt) (FUVEST)** O tema “teoria da evolução” tem provocado debates em certos locais dos Estados Unidos da América, com algumas entidades contestando seu ensino nas escolas. Nos últimos tempos, a polêmica está centrada no termo teoria que, no entanto, tem significado bem definido para os cientistas. Sob o ponto de vista da ciência, teoria é:

- (A) Sinônimo de lei científica, que descreve regularidades de fenômenos naturais, mas não permite fazer previsões sobre eles.
- (B) Sinônimo de hipótese, ou seja, uma suposição ainda sem comprovação experimental.
- (C) Uma ideia sem base em observação e experimentação, que usa o senso comum para explicar fatos do cotidiano.
- (D) Uma ideia, apoiada no conhecimento científico, que tenta explicar fenômenos naturais relacionados, permitindo fazer previsões sobre eles.

- (E) Uma ideia, apoiada pelo conhecimento científico, que, de tão comprovada pelos cientistas, já é considerada uma verdade incontestável.

**02) (0,5 pt) (UFSC)** Ao examinar um fenômeno biológico, o cientista sugere uma explicação para o seu mecanismo, baseando-se na causa e no efeito observados. Esse procedimento:

- 0.1 Faz parte do método científico.
- 02. É denominado formulação de hipóteses.
- 04. Deverá ser seguido de uma experimentação.
- 08. Deve ser precedido por uma conclusão.

Dê como resposta a soma dos números das asserções corretas: \_\_\_\_\_

**03) (0,5 pt)** Analise as frases abaixo e marque a alternativa que contém as afirmações CORRETA(S) sobre o Método Científico:

- I. Todas as informações encontradas hoje nos livros didáticos de Ciências passaram pelo método científico de observação e/ou experimentação.
- II. Os grupos controle são importantes para os estudos científicos, vistos que servem para isolar e/ou subtrair variáveis não desejáveis do estudo em questão.
- III. Se quisesse confirmar que o fumo pode ser um dos responsáveis pelo aumento nos casos de problemas cardíacos, precisaria escolher um grupo controle (não fumantes) e um grupo experimental (fumantes) na mesma área de estudo e sob as mesmas condições para isolar o caráter “fumo” e relacionar este com os indícios de problemas de coração.

- (A) Apenas I                      (B) Apenas I e II                      (C) Apenas I e III  
(D) Apenas II e III                      (E) I, II e III

**04) (0,5 pt)** A partir das informações dadas, enumere de 1 a 5 as informações, em ordem sequencial, de acordo com as etapas do método científico:

- ( ) Conclusões
- ( ) Possíveis respostas para a pergunta em questão (hipótese)
- ( ) Etapa experimental
- ( ) Dúvida sobre determinado fenômeno da natureza
- ( ) Levantamento de deduções

**05) (0,5 pt)** (UERN/2013) A metodologia científica está presente em todas as áreas do conhecimento, objetivando solucionar problemas do mundo real, assim como novas descobertas, através de resultados metodicamente sistematizados, confiáveis e verificáveis. Acerca dos objetivos e conceitos epigrafados anteriormente, é INCORRETO afirmar que:

- (A) Após realizar a dedução, não são necessárias novas observações ou experimentações, permitindo que se tirem, a partir desta dedução, uma conclusão sobre o assunto
- (B) Ao formularem uma hipótese, os cientistas buscam reunir várias informações disponíveis sobre o assunto. Uma vez levantada a hipótese, ocorre a dedução, prevendo o que pode acontecer se a hipótese for verdadeira.
- (C) A hipótese, quando confirmada por grande número de experimentações, é conhecida como teoria, embora nunca seja considerada uma verdade absoluta.
- (D) Um aspecto importante da ciência é que os conhecimentos científicos mudam sempre e, com base nesses conhecimentos, novas teorias são formuladas, substituindo, muitas vezes, outras aceitas anteriormente.

**06) (0,5 pt)** (IFCE/2016) Sobre método científico, é correto afirmar-se que:

- (A) Os cientistas devem compartilhar suas informações exclusivamente por meio de congressos.
- (B) O início de uma pesquisa científica é marcado a partir de seus primeiros experimentos.
- (C) As conclusões que forem tiradas nunca poderão servir de base para novas hipóteses.
- (D) A hipótese deve ser formulada logo após a metodologia, para evitar testes falsos. (E) uma pesquisa científica inicia-se a partir da observação de determinado fenômeno, seguido de questionamentos.

**07) (0,5 pt)** (UEA AM/2014) O método científico é literalmente uma investigação, na qual o pesquisador procura, a partir de observações de fatos ou eventos, formular hipóteses. Essas hipóteses devem ser metodologicamente testadas e experimentadas repetidamente, para que posteriormente haja:

- (A) Comprovação de que suas hipóteses estavam corretas, caso contrário o experimento não pode ser conclusivo.
- (B) Conclusão de seu experimento, independentemente de os resultados confirmarem ou rejeitarem as hipóteses testadas.
- (C) Demonstração de que sua metodologia de experimentação confirma, sem margem de erro, suas hipóteses formuladas.
- (D) Formulação de novas perguntas sobre o mesmo fato, pois os experimentos científicos jamais chegam a uma conclusão.
- (E) Utilização comercial de suas descobertas, gerando lucros que financiarão novas pesquisas sobre o tema pesquisado.

**08) (0,5 pt)** (IFPE/2016) Desde o ano de 2013, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tem recebido muitos relatos de consumidores brasileiros que encontraram, nos recheios de diferentes marcas de chocolate industrializado, larvas de insetos, embora as embalagens, aparentemente, estivessem lacradas. Os fabricantes responsabilizam os lojistas pelo mau acondicionamento do

produto e a ANVISA adverte que tanto o cacau quanto as castanhas e os cereais adicionados ao produto são ambientes que, durante o transporte e armazenamento, favorecem o aparecimento desses organismos. Ao encontrar tais organismos no recheio do seu chocolate preferido, um consumidor resolve usar a metodologia científica para identificar a origem desses insetos. Ele escolhe três estabelecimentos diferentes e, em cada um deles, compra 10 unidades do mesmo chocolate. Ao analisar cada unidade, ele encontra tais organismos apenas em alguns chocolates de um mesmo estabelecimento. O consumidor então se convence de que o estabelecimento do qual ele encontrou chocolates com larvas não acondiciona bem a mercadoria. Pela metodologia científica é correto afirmar que o consumidor:

- (A) Realiza uma “conclusão” antes de comprar as 30 unidades de chocolate.
- (B) Realiza uma “predição” ao analisar cada unidade de chocolate comprada.
- (C) Testa a sua “predição”, ao analisar cada uma das 30 unidades de chocolate.
- (D) Nunca deve aceitar uma hipótese na “conclusão”.
- (E) Sempre deve rejeitar uma hipótese na “conclusão”.

**09) (0,5 pt) (UECE/2016)** Atente ao seguinte estudo de caso: Em um hospital do interior do Ceará, um grupo de pesquisadores pretende investigar o efeito da adição da vitamina C à medicação rotineira para pacientes hipertensos, partindo da informação, existente em literatura, de que o ácido ascórbico combinado a medicamento para hipertensão potencializa este medicamento. Considerando as etapas do método científico para um experimento relacionado a essa problemática, assinale a opção que NÃO corresponde a uma delas:

- (A) Formulação de hipótese.
- (B) Uso do senso comum para as discussões e conclusões.
- (C) Observação.
- (D) Realização de dedução.

**10) (0,5 pt)** (UFRN/1995) Considerando os itens abaixo:

- I. Experiência controlada
- II. Proposição de uma hipótese
- III. Observação de um fato
- IV. Empirismo
- V. Formulação de um problema
- VI. Explicação da teoria,

Qual a sequência lógica das etapas do Método Científico?

- (A) I, III, IV, VI                      (B) II, III, I, IV                      (C) III, V, II, I  
(D) IV, V, VI, III                      (E) V, I, VI, II

**11) (0,5 pt)** (UEMS/2008) São características do conhecimento científico:

- (A) Conhecimento ocasional, assistemático, ametódico, que não procede com rigor de método ou de linguagem
- (B) Conhecimento que atinge o fato, o fenômeno e, portanto, o singular
- (C) Conhecimento vulgar, comum e possível a todo ser humano
- (D) Conhecimento que gera certezas intuitivas e pré-críticas e associa analogias globais
- (E) Conhecimento programado, sistemático, metódico, orgânico, rigoroso e objetivo

**12) (0,5 pt)** Quando procuramos respostas científicas para um determinado fenômeno que ainda não foi estudado, qual o primeiro passo que devemos tomar de acordo com o método científico?

- (A) Produzir hipóteses
- (B) Criar uma teoria
- (C) Fazer deduções
- (D) Observar
- (E) Generalizar

**13) (0,5 pt)** Quando fazemos afirmações prévias, as quais podem ser verdadeiras ou não, para explicar um determinado fenômeno, estamos elaborando:

- (A) uma teoria.
- (B) uma hipótese.
- (C) uma observação
- (D) uma lei.
- (E) um modelo.

**14) (0,5 pt)** (Unimontes) Os passos principais de um método científico incluem a observação, formulação de hipótese, parte experimental e conclusões. No entanto, outras partes podem ser incorporadas ao desenvolvimento de uma pesquisa, como controles, variáveis e dados. Por mais que a utilização de controles possa estar relacionada a todos os passos de uma pesquisa, o valor de um controle serve para avaliar diretamente a:

- (A) Parte experimental
- (B) Conclusão
- (C) Observação
- (D) Hipótese

**15) (0,5 pt)** (Unimontes) A pesquisa científica é a realização de um estudo planejado, sendo o método de abordagem do problema o que caracteriza o aspecto científico da investigação. Sua finalidade é descobrir respostas para questões mediante a aplicação do método científico. As afirmativas a seguir estão relacionadas com esse assunto. Analise-as e assinale a incorreta.

- (A) A pesquisa sempre parte de um problema, de uma interrogação, uma situação para a qual o repertório de conhecimento disponível não gera resposta adequada.
- (B) Toda pesquisa baseia-se em uma teoria que serve como ponto de partida para a investigação.
- (C) Para solucionar um problema, são levantadas hipóteses que podem ser confirmadas ou refutadas pela pesquisa.

(D) Nenhuma pesquisa pode gerar subsídios para o surgimento de novas teorias.

**16) (0,5 pt)** Em relação ao conhecimento científico, assinale V para as alternativas verdadeiras e F para as falsas e escolha a sequência correta.

- a) O conhecimento é uma forma de compreender a realidade.
- b) O conhecimento científico tem como base o conhecimento teológico.
- c) O conhecimento empírico surge das experiências em laboratório.
- d) A ciência pode ser definida como uma forma de investigação metódica e organizada.

**17) (0,5 pt)** Para aquisição de um novo conhecimento, bem como aplicação de procedimentos e técnicas científicas necessitamos de fazer uso de:

- (A) Conhecimento Científico
- (B) Metodologia Cultural
- (C) Metodologia Científica.
- (D) Conhecimento Religioso
- (E) Metodologia Artística

**18) (0,5 pt)** Considere a seguinte situação: De manhã me levanto às 6 horas. Faço uma oração pedindo proteção para o dia. Percebo que estou meio enjoado. Tomo um chá de boldo. Vou para o trabalho e aplico as fórmulas do balanço patrimonial nas rotinas contábeis da minha empresa. No breve relato acima estão listados, respectivamente, quais tipos de conhecimento, respectivamente:

- (A) Senso comum, científico e religioso.
- (B) Religioso, senso comum e científico.
- (C) Cultural, sendo comum e científico (D) Científico, cultural e artístico.
- (E) Cultural, senso comum e religioso.

**19) (0,5 pt)** Ao criar uma hipótese científica, o cientista procura:

- (A) levantar um problema
- (B) comprovar teorias estabelecidas
- (C) explicar um fato e prever outros
- (D) confirmar observações
- (E) testar variações

**20) (0,5 pt)** Numa experiência controlada o grupo controle tem por objetivo:

- (A) testar outras variantes
- (B) confirmar as conclusões obtidas com o grupo experimental
- (C) desmentir as conclusões obtidas com o grupo experimental
- (D) servir de referência padrão diante dos resultados fornecidos pelo grupo experimental
- (E) testar a eficiência dos equipamentos usados na experiência

Gabarito:

- |               |       |       |             |
|---------------|-------|-------|-------------|
| 01) D         | 06) E | 11) E | 16) V F F V |
| 02) 03        | 07) B | 12) D | 17) C       |
| 03) E         | 08) C | 13) B | 18) B       |
| 04) 5 2 4 1 3 | 09) B | 14) A | 19) C       |
| 05) A         | 10) C | 15) D | 20) D       |

## 2.8 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 2

(Aplicação – 14 h/a)



**Modelos atômicos**

## Etapa 1: Mobilização Inicial

Professor, o objetivo desta Subunidade é levar ao aluno um pouco da história e da evolução dos modelos atômicos, chegando ao modelo padrão, suas partículas e interações fundamentais. Para a aplicação desta proposta, divida a turma novamente em oito grupos, e como sugestão, indique seus integrantes. Embora possa haver resistência por parte dos alunos, essa dinâmica faz com que muitos alunos tenham a oportunidade de criar laços de socialização, com colegas que muitas vezes não tem tanta afinidade de trabalho ou mesmo aproximação.

Para iniciar os trabalhos, apresente aos alunos o texto de apoio - Uma parte do todo, propondo a estes uma leitura coletiva do mesmo.

Aproveite o momento da leitura para fazer comentários e esclarecimentos sobre o assunto, instigando assim a participação dos alunos. Apesar de alguns textos indicados estarem contemplados no fichário do aluno, sempre que possível, disponibilize estes individualmente para melhor aproveitamento da leitura.

## Etapa 2: Continuidade

Professor, para essa etapa, solicite aos grupos que façam agora a leitura e discussão da Atividade 1 – Mandando ver em seus fichários, registrando nos mesmos suas conclusões acerca das questões pontuadas.

Enquanto os grupos registram suas respostas, dirija-se até estes acompanhando a resolução desta atividade, é importante observar qual foi a interpretação que cada grupo deu a figura ali destacada, além da compreensão que estes têm do átomo.

Na sequência, destaca-se a Atividade 1 – Mandando ver com sua expectativa de resposta.

## Atividade 1 - Mandando ver

1.1.) A Figura: O átomo, ilustra uma situação que se passa com supostos filósofos da antiguidade. Estes, acreditavam que, dividindo qualquer tipo de matéria em pedaços cada vez menores, chegariam a um pedaço elementar e, portanto, indivisível. A esta menor parte da matéria foi dada o nome de átomo, palavra de origem grega que significa não divisível. Em grupo, discuta com seus colegas que modelo estrutural melhor representaria o átomo para aquela época e registre abaixo suas conclusões.



Fonte: Adaptado de:  
<http://modeloatomico3.blogspot.com/2011/04/historia-dos-modelos-atomicos.html>

R: Baseando-se na Figura - O átomo, e no contexto apresentado nessa questão, é esperado que os alunos concluam que o modelo para a época seja de uma partícula maciça e indivisível, talvez no formato esférico.

1.2) Tomando como referência a percepção que seu grupo tem sobre o modelo atômico, este condiz com o modelo apontado na questão anterior? Se não, em quais aspectos se diferem?

R: Espera-se nessa atividade que o modelo atual idealizado pelos alunos, seja o modelo de Rutherford-Bohr, um modelo planetário composto apenas de prótons, elétrons e nêutrons. Quanto as características, seria o fato de o átomo ser divisível agora e composto por 3 partículas tidas como fundamentais: prótons, nêutrons e elétrons

1.3) Façam um desenho representando no quadro a esquerda o modelo do átomo tido na antiguidade na opinião do grupo e, no quadro da direita, o modelo considerado atual na percepção do grupo, destacando em cada um, suas partes constituintes.

--	--

R: Para o quadro da esquerda, o desenho pode ser expresso na forma de uma bola de bilhar, cubinhos, tijolinhos, pedacinhos de coisas, etc., enquanto no da direita, acredita-se que a representação seja tal qual o modelo planetário para o átomo, isto é, uma parte central, constituída de prótons e nêutrons e ao seu redor eletrosfera onde estariam os elétrons.

### Etapa 3: Preparação para a Atividade 2

Professor, para a Atividade 2 – Varal de ideias, será usado um novo conjunto de cartões, sendo necessário que estes sejam pendurados de forma aleatória num varal fixado na lousa, como feito na Atividade 5 – Varal de ideias da Subunidade 1. Esses novos cartões, estão disponíveis no Capítulo 5 deste Produto, devendo ser impressões em folhas de papel dupla face nas cores amarela e azul.

Nos cartões amarelos, oito no total, há impressa uma palavra-chave relacionada ao átomo, servindo apenas para associar a esta um modelo atômico em 3D que será distribuído ao grupo detentor desse cartão. É necessário que esses modelos já tenham sido confeccionados por você com antecedência, cabendo nesse momento, apenas distribuí-los conforme cartão escolhido pelo grupo. As orientações e os modelos de que trata essa situação, estão disponíveis no Capítulo 5 deste Produto. Os cartões na cor azul, vinte e quatro no total, trazem descrições de fatos históricos relacionados com a evolução do modelo atômico e fenômenos afins, tendo em seu verso o nome de uma personalidade do meio científico, que tenha em algum momento, contribuído com estudos e pesquisas sobre o átomo.

Para auxiliar na discussão teórica do assunto que trata essa atividade, recomenda-se o texto de apoio ao professor - A evolução dos Modelos Atômicos. Inicie a atividade, solicitando que um integrante de cada grupo vá até o varal na lousa e escolha apenas um cartão amarelo. Após esse evento, distribua o modelo 3D a cada grupo, conforme o cartão escolhido, orientando-os a não

abrirem seus modelos. O Quadro 2.6 ilustra a forma como os cartões foram organizados, relacionando a palavra-chave com seu respectivo modelo atômico.

QUADRO 2.6 - Distribuição dos modelos atômicos associados às suas palavras-chave

	<b>Palavra-chave</b>	<b>Modelo atômico associado</b>
<b>Cartão Amarelo</b>	Quarks	Arché
	Bárions	Quatro elementos
	Hádrons	Dalton - bola de bilhar
	Léptons	Carga enquanto fluido
	Apeiron	Carga enquanto partícula
	Arché	Thomson - pudim de passas
	Mésons	Rutherford-Bohr - planetário
	Éter	Quarks

Fonte: O autor

Distribuídos os modelos nos grupos correspondentes, oriente seus alunos a observarem as características do mesmo, dando a eles um tempo para discussão e registros em seus cadernos. Encerrado esse momento, peça que todos agora dirijam-se novamente até o varal e em consenso com seus pares, cada grupo escolha um total de 3 cartões azuis que, segundo o grupo, tenham relação com seu modelo. Esclareça a eles que cada cartão azul traz em seu verso o nome de uma personalidade do meio científico que contribuiu para a evolução dos modelos atômicos, devendo esse nome ser registrado em seus fichários na atividade correspondente. O Quadro 2.7 ilustra a forma como os cartões foram organizados para essa atividade, relacionando a palavra-chave com sua respectiva descrição e personalidade científica.

QUADRO 2.7 - Distribuição das descrições atômicas, segundo palavra-chave associada e personalidade científica

(continua)

	Palavra-chave	Descrição	Verso
<b>Cartão Azul</b>	Quarks	<p>Prazer, sou arché, a origem. O tudo e o todo vem de mim. Posso ser qualquer coisa, mas sou apenas uma coisa. Estou em tudo, e em todos os cantos. Não há espaço vazio, onde existir ou não algo, ali estou. (Séc. VII e VI a.C.)</p>	Marie Curie
		<p>Sou a origem. Para alguns, visto como a água, em sua mais variada forma e fase. Para outros, sou ar, tão tênue que em tudo habito. (Tales de Mileto 624-546 a.C. / Anaxímenes 550-480 a.C.)</p>	Benjamin Franklin
		<p>Se me conheces, me chamaria pelo nome. Contudo, apesar de estar em tudo e em todos os lugares, não me verás, não me sentirás, não me tocarás. Sou o apeiron, e também sou considerado a origem, o arché das coisas. Sou indestrutível, infinito... estou dentro de tudo que conheces ou imagina existir. (Anaximandro 610-547 a.C.)</p>	James Chadwick

(continuação)

Cartão Azul	Palavra-chave	Descrição	Verso
	Bárions	Do que a matéria é feita? Pois bem, eu vos digo que não de muitas coisas, mas certamente não de uma única. Somos a origem de tudo, as vezes par, as vezes ímpar. Algumas partes de mim podem ser vistas, tocadas ou apenas sentidas, mas uma outra, por ser muito tênue, parece estar escondida. (Séc V e IV a.C.)	Robert Symmer
		Não sou único e estamos em tudo o que existe. Sou terra, água, ar e fogo. As vezes mais de um e menos do outro. As vezes quase nenhum, mas sempre algum. A forma como me apresento diz muito daquilo que posso criar, por isso, posso estar nas alturas do céu, e nas profundezas do mar. (Empédocles 490-435 a.C.)	Wilhelm Eduard Weber
		Sou a quinta essência, o quinto elemento, o éter. Ocupo espaços no universo, para que nada fique vazio, contudo, não tenho uma forma geométrica definida como tem os outros quatro. (Platão 428-348 a.C.)	Willian Gilbert
	Hádrons	Deixem um pouco a razão de lado, e vamos ao concreto, ao inanimado. Assim, se dará conta de que estou em todos os lugares onde existe algo material. Pegue algo grande e divida quantas vezes conseguir, até não mais conseguir e, finalmente, chegará até a mim. Sou assim, indestrutível, indivisível. Sou o átomo. Uma minúscula e indivisível porção de matéria, vagando num imenso vazio. (Leucipo 500 a.C. / Demócrito 460-370 a.C.)	Arnold Sommerfeld
		O que sou, ainda não sabem ao certo. Sou tão minúsculo que ninguém me viu até hoje. Me consideram maciço, indivisível e imutável. Contudo, dizem que não sou único, existem outros... maiores, com outros formatos e agrupados em quantidades diferentes. Certo ou errado, essa concepção vai perdurar pelos próximos 1600 anos. (Epicuro 340-270 a.C. / Lucrécio 98-55 a.C.)	Niels Bohr
		Nunca me viram, mas sabem como me comporto. Sozinho, não sou quase nada, mas aglomerado, tenho muita força para puxar ou afastar algo que está próximo. Dizem que tenho uma aura, uma atmosfera elétrica que pode passar de um corpo para outro, mesmo separados entre si. Ora me comporto como o vidro, ora como a resina. Estou de novo no centro das atenções, e só agora sou aceito como uma partícula esférica, ainda maciça e indivisível. (Willian Gilbert 1540-1603 / Otto Von Guericke 1602-1686 / Stephen Gray 1666-1736 / Charles Du Fay 1698-1739 / John Dalton 1766-1844)	Demócrito

(continuação)

Cartão Azul	Palavra-chave	Descrição	Verso
	Léptons	Sobre mim, existem agora duas diferentes teorias. Em comum, concordam que sou um átomo, uma porção de matéria indivisível, capaz de atrair e repelir o que está próximo. Essas teorias fluíram o meio científico por pouco mais de um século. (séc. XVIII e XIX)	Aristóteles
		Não, não se trata de ter poder sobrenatural, esse conceito foi abandonado há tempos. O fato de atrair e repelir objetos, se deve ao que chamam de carga elétrica. Esta carga, enquanto fluido, é transferida de um corpo para outro por meio de processos de eletrização. (séc. XVIII e XIX)	Otto von Guericke
		De onde vem minha carga elétrica? Uns creditam a um tipo único de fluido. Quando em excesso no corpo, resulta numa eletricidade dita positiva, quando escasso, me atribuem a uma eletricidade negativa, em quantidade equilibrada, torno o corpo eletricamente neutro. Outros, dizem tratar-se de dois tipos de fluidos, o excesso de um deles no corpo, daria a este uma carga positiva ou negativa, na mesma proporção, deixaria o corpo eletricamente neutro. (Benjamin Franklin 1707-1790 / Robert Symmer 1707-1790)	Elgen Goldstein
	Apeiron	A busca por respostas sobre a natureza da matéria passa pelo entendimento da origem dos fenômenos elétricos. Isso justifica o porquê de tantas teorias a respeito da origem de tais fenômenos e como estes se manifestam em diferentes materiais. Foi com experimentos relacionados a eletrólise que o que era fluido tornou-se sólido. (séc. XIX)	Joseph John Thomson
		Foi a partir dos experimentos de eletrólise, reação química que ocorre na presença de eletricidade, na qual substâncias são quebradas originando outras, que a carga elétrica passou a ter um caráter mais corpuscular. (Michael Faraday 1791-1867)	Parmênides
		Nas reações de eletrólise, foi observado que a quantidade de decomposição química de um material era proporcional à quantidade de eletricidade empregada na reação. Tal fato, levou os cientistas da época a concluir que a própria eletricidade era composta por partículas. (Michael Faraday 1791-1867)	Anaximandro

(continuação)

Cartão Azul	Palavra-chave	Descrição	Verso
		<p>Na ciência, teoria e experimentação se complementam para melhor consolidar-se no cenário científico. No caso da teoria atômica, o avanço das práticas experimentais aliado a um campo teórico cada vez mais fundamentado, levou os cientistas a concluir que o átomo, antes uma partícula indivisível, fosse agora reconhecido como uma partícula não mais fundamental. Para sua estrutura, agora composta, foi admitido a existência de outras partículas menores ainda, chamadas mais tarde de elétron, entendida na época como a partícula responsável pelos fenômenos elétricos até então observados. (Wilhelm Eduard Weber 1804-1891 / George J. Stoney 1826-1911)</p>	Michael Faraday
	Arché	<p>Ok!! A essa altura já não sou mais o mesmo. Embora ainda me considerem esférico, não sou mais tão denso assim. Agora, minha estrutura é vista como um amontoado de massa carregada positivamente, incrustada de elétrons, sendo estas partículas de carga negativa. O que lá no passado foi algo mais especulativo, agora tem carga e massa, cuja razão entre estas grandezas foi possível de ser mensurada. (Joseph John Thomson 1856-1940)</p>	Anaxímenes
		<p>Foi nesse mesmo período, poucas décadas mais tarde em que o elétron foi descoberto e entendido como uma partícula, que duas outras partículas também foram descobertas. O próton, cuja existência já era prevista, teria carga positiva, o nêutron, descoberto posteriormente, não apresentaria carga elétrica. (Ernest Rutherford 1871-1937 / Elgen Goldstein (1850-1930) / James Chadwick 1891-1974)</p>	George J. Stoney

(continuação)

Cartão Azul	Palavra-chave	Descrição	Verso
		<p>Uma prática experimental, pode dizer muita coisa a respeito do fenômeno ou objeto estudo. Se você já leu um pouco sobre a história do átomo, deve ter lido também sobre a experiência na qual Ernest Rutherford bombardeou uma finíssima lâmina de ouro com feixe de partículas alfa irradiadas por uma amostra de polônio. Desse fato, mais um passo é dado em direção ao que seria uma melhor definição do que é o átomo e como suas partículas, estariam organizadas. Aquele grande amontoado de cargas, é visto agora com mais espaços vazios do que preenchidos com matéria. É o micro imitando o macro. (Ernest Rutherford 1871-1937)</p>	Leucipo
	Mésons	<p>Agora, possuo um núcleo formado por prótons e nêutrons. Ao meu redor, em órbita circular, estão os elétrons, normalmente na mesma quantidade dos prótons. Sobre minhas órbitas, e minha mais nova estrutura, algumas definições são lançadas. No início, eram ideias confusas que me levavam ao colapso. Mais tarde, novas ideias, ampliam a forma como me veem, dando a mim, novas órbitas, e restrição ao movimento dos elétrons. Agora, ao elétron, uma onda de matéria estaria a ele associada, descrevendo assim sua órbita. (Niels Bohr 1885-1962 / Arnold Sommerfeld 1868-1951 / De Broglie 1892-1987)</p>	Charles Du Fay
		<p>Enquanto elétron, tenho agora associado um efeito ondulatório, não sou mais visto exclusivamente como uma partícula, mas como um conjunto de ondas de energia, representado por uma equação. Sou uma nuvem eletrônica no entorno do núcleo, com minha carga espalhada nessa região. Nesse novo modelo, não é possível saber ao mesmo tempo o meu momentum e minha posição, logo, a incerteza associada nesse condicionante, passa a descrever no átomo, regiões na qual existe maior ou menor probabilidade de encontrar um elétron naquele local. A partir de agora, minha estrutura atômica é vista como uma função de onda. (Erwin Schrödinger 1887-1961)</p>	Empédocles

(conclusão)

<b>Cartão Azul</b>	<b>Palavra-chave</b>	<b>Descrição</b>	<b>Verso</b>	
	<b>Éter</b>		Apesar de muito se saber sobre a eletrosfera do átomo e do comportamento do elétron, pouco se sabia sobre o núcleo atômico. Era sabido que o núcleo possui massa milhares de vezes maior que a massa dos elétrons pertencentes ao mesmo átomo, e que ali estavam presentes os prótons e os nêutrons, partículas que pouco se conhecia para na época. Os estudos sobre o núcleo atômico, foram motivados pela grande quantidade de energia que este liberava em algumas reações, chamando atenção de grandes potências econômicas quando ao seu uso bélico e outras aplicações secundárias. (Século XXI)	Ernest Rutherford
			Afinal de contas, assim como o elétron é visto hoje, seria o próton e o nêutron também uma espécie de partícula fundamental, isto é, que não possui estrutura interna? Esta pergunta, embora bastante sugestiva, começou a ser analisada com maior atenção a partir do estudo dos raios cósmicos e da construção de grandes aceleradores de partículas. Esses dois fatores, mostraram que a nossa realidade escondia mais coisas do que se podia imaginar para a época, e olha que estamos falando do século XXI. Agora, o átomo não tem apenas 3 partículas tidas antes como fundamentais, sabe-se que seu núcleo, isto é, prótons e nêutrons, são compostos de partículas mais fundamentais ainda, conhecidas como quarks, sendo estes de diferentes formas, cor e sabor. (Século XXI)	Tales de Mileto
			Partículas, partículas e mais partículas, ou seria, um grande condensado de energia? A verdade, é que massa e energia, podem ser duas manifestações de uma coisa só. O fato é que agora são conhecidas algumas centenas de partículas, todas, presentes em qualquer átomo registrado na tabela periódica. Mas afinal, será que até aqui, depois de todas essas dicas, você sabe do que tudo é feito? Se a resposta é de átomo, então pergunto, e o átomo, de que é feito, isto é, cada uma de suas partículas não elementares? (Século XXI)	Stephen Gray

Fonte: O autor

Após a seleção dos cartões, peça aos alunos que agora resolvam a Atividade 2 – Varal de ideias em seus fichários, registrando no Quadro - Primeiro

registro, a palavra-chave contida no cartão amarelo e o nome das personalidades científicas contidas no verso dos três cartões azuis escolhidos.

Concluído esse primeiro registro, peça que cada grupo apresente aos demais seu modelo atômico em 3D e faça a leitura do texto descrito nos cartões azuis. Após essa dinâmica, permita que os grupos interessados em negociar a troca de algum cartão azul com os demais, assim o façam, procurando com isso ter cartões cujas informações estejam mais condizentes com seus respectivos modelos. Solicite que esta troca seja justificada verbalmente no grande grupo, sem garantias de que o grupo detentor do cartão interessado concorde com a troca. Feitas as possíveis trocas, oriente-os a registrar novamente seus cartões, agora no Quadro - Segundo registro, desta mesma atividade, independentemente de estarem ou não como os mesmos cartões.

Na sequência, destaca-se a Atividade 2 – Varal de ideias com uma das possibilidades de resposta para a mesma.

#### Atividade 2 – Varal de ideias

2.1) E aí, a fim de embarcar numa história e desvendar junto com seus colegas qual a estrutura atual que temos para o átomo? Você vai perceber que essa busca por uma explicação acerca da natureza das coisas é muito, mas muito antiga, e apesar do tempo, ainda está longe de acabar. Após seguir as orientações do seu professor, registre no Quadro - Primeiro registro, a palavra-chave impressa no cartão amarelo escolhido e nome das personalidades científicas que estão no verso dos cartões azuis que vocês escolheram.

QUADRO - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul		
Ex. Mésons	Ex. Charles Du Fay	Ex. Stephen Gray	Ex. Leucipo

2.2) Caro aluno, concluída esta fase, apresente aos demais grupos seu modelo atômico em 3D, socializando os cartões escolhidos. Aguarde o término da apresentação de todos os grupos e, caso necessário, acordem com seu

professor a troca dos cartões azuis com os outros grupos, de modo a buscarem uma maior relação entre o modelo atômico observado com os cartões que possuem. Dando continuidade à atividade, registrem no Quadro - Segundo registro, as informações correspondentes aos cartões que estão em suas posses. Esse novo registro deve ser feito, mesmo que não tenha havido troca de cartão com outros grupos. Se selecionado os cartões de forma correta, os registros em cada grupo devem corresponder a uma das linhas do quadro a seguir:

QUADRO 2.8 – Segundo registro

QUADRO - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul		
Quarks	Marie Curie	Benjamin Franklin	James Chadwick
Bárions	Robert Symmer	Wilhelm E. Weber	William Gilbert
Hádrons	Arnold Sommerfeld	Niels Bohr	Demócrito
Léptons	Aristóteles	Otto von Guericke	Elgen Goldstein
Apeiron	Joseph J. Thomson	Parmênides	Anaximandro
Arché	Michael Faraday	Anaxímenes	George J. Stoney
Mésons	Charles Du Fay	Empédocles	Leucipo
Éter	Ernest Rutherford	Tales de Mileto	Stephen Gray

Para concluir esta atividade, aguarde as orientações do seu professor para prosseguir com os encaminhamentos finais. O desafio, é organizar cronologicamente no varal que está disposto na lousa, os cartões amarelos com suas respectivas descrições impressas nos cartões azuis. Participe dessa construção contribuindo com o que aprendeu até esse momento.

#### Etapa 4: Continuidade

Terminada o segundo registro, solicite estrategicamente ao grupo detentor do modelo atômico correspondente ao Arché que leia novamente seu conjunto de cartões para os demais.

Aproveite esse momento e faça alguns esclarecimentos sobre o modelo estudado, comentando do porquê de suas características, e quais cartões azuis, tem relação com o mesmo. Feita essa breve explanação, peça ao grupo que abra seu modelo mostrando aos demais grupos o que há em seu interior.

Justifique que na linha cronológica dessa evolução, para essa dinâmica, o modelo estudado será substituído pelo de miniatura que estava em seu interior, representando assim o modelo sucessor nessa linha evolutiva. Comente que o grupo detentor desse novo modelo, será o próximo a contribuir com a leitura de seus cartões e apresentação de seu modelo, abrindo o mesmo ao final.

Esta dinâmica deve prosseguir até que todos os grupos apresentassem novamente seus modelos, cabendo a você com auxílio de seus alunos organizar cronologicamente nesse momento, no varal contido na lousa, os cartões amarelos com seus respectivos cartões azuis. Utilize para isso as datas que constam ao final de cada descrição contida no Quadro 2.7, já organizada cronologicamente. Para auxiliar ainda mais nessa organização de ideias, projete na lousa algumas imagens e tópicos que tragam mais informações acerca dessa evolução, complementando o que foi estudado até aqui.

Concluída a montagem da linha cronológica da evolução do modelo atômico no varal, instrua os grupos a resolverem na sequência a Atividade 3 – Mandando ver. Esta atividade equivale a uma sistematização do que foi pontuado até esse momento.

Oriente os alunos a registrarem em seus respectivos fichários, no Quadro - Resumindo ideias, as principais características dos modelos ali pontuados, para posterior correção.

Na sequência, destaca-se a Atividade 3 – Mandando ver com sua expectativa e resposta.

### Atividade 3 - Mandando ver

E aí pessoal, quanta evolução não é não? De fato, a história sobre a evolução do modelo atômico é um legado de grandes mistérios e descobertas. Muito avançou-se nesse campo teórico. Um campo que além de nos esclarecer do que a matéria é feita, também pode dizer muito sobre a origem do nosso Universo.

Esta próxima atividade tem como objetivo sistematizar o que você aprendeu até aqui acerca de alguns modelos estudados, afinal, é preciso organizarmos as ideias. Seu grupo deve agora completar o Quadro - Resumindo ideias, podendo utilizar algumas informações disponíveis nos cartões, entre outros registros, contemplando também a explanação feita pelo seu professor. Bom trabalho.

QUADRO 2.8 – Resumindo ideias

(Continua)

QUADRO - Resumindo ideias...		
Modelo	Época	Ideia central
Arché e os quatro elementos	700 a.C. a 400 a.C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A <i>arché</i> é vista como uma substância primordial;</li> <li>- Considerada a base de tudo;</li> <li>- Seria indestrutível estando presente em todo lugar;</li> <li>- Era representada pela água, pelo ar, apeiron, ou ainda uma combinação de quatro elementos: terra, água, ar e fogo.</li> </ul>
Dalton - bola de bilhar	Séc. XVIII a Séc. XIX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo representado por uma esfera maciça, homogênea indestrutível e indivisível (átomo) e de carga elétrica neutra;</li> <li>- Toda matéria seria formada por estes átomos;</li> <li>- A variedade de elementos na natureza, deve-se a forma com que os átomos estão organizados um ao outro;</li> <li>- Elementos diferentes, derivam de os átomos também diferentes.</li> </ul>
Thomson - pudim de passas	Séc. XIX a Séc. XX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O átomo seria uma esfera com carga positiva, não maciça, tendo uniformemente distribuídas as partículas de carga negativa, de modo que a carga elétrica total se torna nula.</li> </ul>

(Conclusão)

QUADRO - Resumindo ideias...		
Modelo	Época	Ideia central
Planetário	Séc. XIX a Séc. XX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O átomo passa a apresentar uma parte central (núcleo) onde estavam os prótons (partículas de carga positiva) e os nêutrons (partículas sem carga elétrica).</li> <li>- Ao redor do núcleo, girando em órbitas circulares, e mais tarde elípticas, estariam os elétrons (partícula de carga negativa)</li> <li>- A energia do elétron é vista de forma quantizada, podendo estar em níveis bem discretos.</li> <li>- Nos níveis de energia, o elétron não imite radiação.</li> </ul>
Quarks	Séc. XXI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada partícula do átomo é agora representada por uma função de onda</li> <li>- Não é possível ter certeza a respeito da localização e da quantidade de movimento do elétron ao mesmo tempo;</li> <li>- A localização do elétron é definida como uma função de probabilidade;</li> <li>- Não se fala mais em partículas, mas num condensado de energia que apresenta algumas propriedades, dentre elas, a elétrica</li> <li>- O átomo é agora conhecido como uma nuvem eletrônica</li> <li>- Os quarks e os Léptons passam a ser as partículas mais fundamentais dessa estrutura</li> <li>- Além de partículas reais, temos também partículas virtuais responsáveis pela interação entre as primeiras.</li> </ul>

Fonte: O autor

### Etapa 5: Outras Atividades

Professor, dando continuidade à Subunidade, é momento de ampliarmos o conhecimento dos alunos acerca do mais novo modelo atômico e suas partículas constituintes. Para isso, indique aos seus alunos a Atividade 4 – Mandando ver, fazendo junto a eles a leitura da Figura 4.1 – Algumas partículas elementares, onde é apresentado o modelo padrão das partículas elementares, trazendo ao contexto os grupos e algumas partículas que constituem esse modelo. É importante que se faça uma discussão pontual sobre a diferença entre férmions e hádrons, bem como, as subclassificações que esses dois grupos apresentam, identificando as partículas fundamentais e compostas dessa figura.

Após feita a leitura da mesma, proponha aos alunos a resolução das questões 4.1, 4.2 e 4.3 desta atividade.

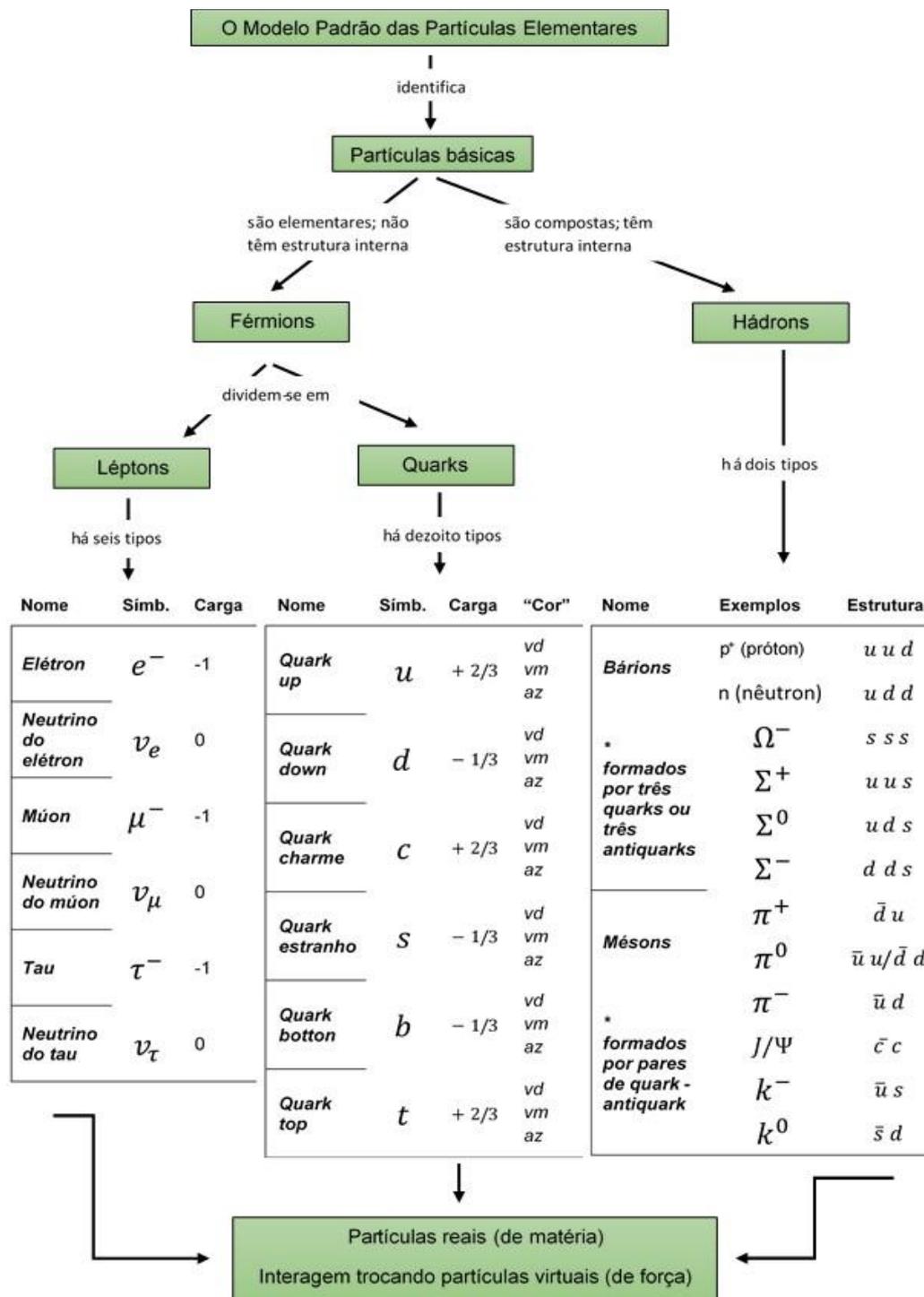
A proposta desta atividade, como procedido em sua aplicação, foi fazer com que os alunos respondessem essas questões propostas aqui em dois momentos distintos. Num primeiro momento, tendo como referência apenas a leitura e explicação da Figura 4.1 – Algumas partículas elementares. Num segundo momento, após estes tomarem como referência o texto - Se liga, eu tenho a força, o Quadro 4.2 – Características das Interações Fundamentais e da Figura 4.2 – Interações Fundamentais, que complementam tais informações, tomando esse último registro como referência para avaliação.

As figuras e o quadro mencionado, estão disponíveis no Capítulo 4 deste Produto e no fichário do aluno. Na sequência, destaca-se a Atividade 4 – Mandando ver, primeiro e segundo momento, com sua expectativa e resposta.

#### Atividade 4 - Mandando ver (primeiro momento)

Caro aluno, esta atividade será feita em dois momentos. Para esse primeiro momento observe a Figura – Algumas partículas elementares, que trata de uma adaptação cuja original foi extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antônio Moreira. A finalidade da mesma, é dar a você estudante uma ideia da quantidade de partículas que até então constituem o átomo, sem esgotar, contudo, as especificidades de cada uma, seu comportamento e a forma como interagem com outras partículas. Aqui, estão representadas algumas de pouco mais de uma centena de partículas atualmente conhecidas.

Figura - Algumas partículas elementares



Fonte: Adaptado de: MOREIRA, M. A. **Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

Agora que você conhece um pouco mais do modelo atômico e sua constituição, talvez deva estar se perguntando: afinal, o que mantém unido todas

as partículas que compõe o núcleo atômico? Quanto aos elétrons, por que estes não colapsam em direção ao núcleo?

Talvez você deva ter aprendido nas aulas de Química ou de Física, que partículas de mesma carga elétrica se repelem, e de cargas contrárias se atraem, logo, seria prudente imaginar que o núcleo do átomo não devesse ser estável devido à grande concentração de cargas positivas. Também, que o elétron, partícula de carga negativa, deveria colapsar em direção ao núcleo atômico, devido atração coulombiana entre eles. E aí fica a pergunta, o que mantém essa estrutura da forma como acabamos de conhecer?

4.1) Discuta em seu grupo e formulem hipóteses sobre o que mantém o núcleo do átomo unido como foi representado por alguns modelos. Registrem suas ideias.

R: As forças das cargas dão a elas poder de se atrair e se afastar; Prótons e nêutrons possuem uma carga magnética que os mantém unidos; A eletrosfera possui energia que exerce pressão contra o núcleo mantendo-o unido; O nêutron é que mantém o equilíbrio no núcleo do átomo.

4.2) Registre ao que se deve o fato de o elétron não colapsar em direção ao núcleo do átomo. Será que temos aqui alguma força oculta?

R: São as eletrosferas que seguram o elétron em seu devido lugar; A presença do nêutron no núcleo pode ser o que impede que o elétron seja atraído pelos prótons; O elétron precisa de uma força maior para se deslocar até o núcleo; O nêutron é o responsável por manter o elétron afastado.

4.3) As afirmações abaixo, dizem respeito a estrutura do átomo e algumas forças que podem estar presentes no mesmo. Julgue-as em verdadeiras ou falsas, justificando as falsas.

a) ( F ) O elétron, ao mover-se em órbita ao redor do núcleo, perde energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

R: Se ele perder energia, perderá sua carga e se tornará um nêutron; O elétron não perde energia enquanto movimenta-se na órbita; O elétron ao mover-se em órbita ao redor do núcleo do átomo ganha energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

b) ( F ) Ao saltar de uma órbita para outra, o elétron passa a mover-se com uma nova quantidade de energia. Tal quantidade depende de sua distância em relação ao núcleo do átomo.

R: A distância não interfere na quantidade de energia, o que interfere é a quantidade de elétrons; Quando salta de uma órbita para outra, o elétron ganha mais carga elétrica e não energia.

c) ( F ) Quando um elétron muda de uma órbita para outra, uma radiação eletromagnética é absorvida ou emitida por ele.

R: Ao mudar o elétron ganha ou emite mais carga elétrica; Quando muda de órbita o elétron tem sempre a mesma carga ou energia.

d) ( F ) Estabilidade do núcleo atômico deve-se a forças de atração, muito mais fortes do que as forças de repulsão coulombiana, isto é, forças decorrentes de suas cargas elétricas.

R: Uma força de atração mais forte atrairia os elétrons e causaria um colapso;

e) ( F ) No átomo, a força que mantém os elétrons em órbita ao redor do núcleo é a gravitacional.

R: A força gravitacional é responsável por atrair as partículas, não mantendo-as num mesmo lugar; O que mantém o elétron em órbita é uma força oculta;

f) ( F ) Quanto maior o número atômico de um dado elemento, mais estável ele se mantém, pois, nele podemos observar maior quantidade de nêutrons em seu núcleo, diminuindo assim a repulsão entre os prótons ali presentes.

R: Com maior número de prótons, mais chances tem o átomo de se desintegrar; Quanto mais prótons no núcleo, maior é a vontade destes se repelirem; O núcleo atômico não influencia na estabilidade do átomo.

g) ( F ) No átomo, além das partículas fundamentais que o constitui, temos outras que são responsáveis por manter sua estrutura estável ou em desintegração nuclear para adquirir tal estabilidade.

R: O que mantém o átomo estável são forças e não partículas; A eletrosfera é que mantém o átomo estável.

E aí, será que as hipóteses levantadas em seu grupo, são condizentes com as teorias já formuladas para explicar as questões pontuadas no início dessa atividade? Faça a leitura do texto - Se liga, eu tenho a força, adaptado do original Partículas Elementares e Interações Fundamentais, da autora Fernanda Ostermann, do Instituto de Física da UFRGS, complementando com as informações contidas no Quadro – Característica das Interações Fundamentais e na Figura – Interações Fundamentais, apresentados ao final desse texto.

#### Atividade 4 - Mandando ver (segundo momento)

Agora que seu grupo fez a leitura do texto - Se liga, eu tenho a força, complementando com as informações contidas no Quadro – Características das Interações Fundamentais, e na Figura – Interações Fundamentais, apresentada ao final do mesmo, avalie seus registros feitos nos itens 4.1, 4.2 e 4.3, fazendo as correções necessárias, anotando abaixo as novas considerações:

4.1) Discuta em seu grupo e formulem hipóteses sobre o que mantém o núcleo do átomo unido como foi representado por alguns modelos. Registrem

suas ideias. R: Apesar da força coulombiana entre os prótons ali presente agir no sentido de afastá-los, deve existir uma outra força que os mantém presos uns aos outros. Trata-se aqui da força forte.

4.2) Registre ao que se deve ao fato de o elétron não colapsar em direção ao núcleo do átomo. Será que temos aqui alguma força oculta?

R: Considerando que cargas elétricas em movimento tendem a irradiar energia, era esperado que o elétron quando em movimento ao redor do núcleo, deveria irradiar energia e colapsar junto ao mesmo. Contudo, foi verificado que ao elétron só era permitido ocupar órbitas bem definidas, nas quais sua energia se mantém estável, não emitindo nestas, energia na forma de radiação, o que o manteria em movimento ao redor do núcleo, evitando assim colapsar com o núcleo.

4.3) As afirmações abaixo, dizem respeito a estrutura do átomo e algumas forças que podem estar presentes no mesmo. Julgue-as em verdadeiras ou falsas, justificando suas conclusões.

a) (     ) O elétron, ao mover-se em órbita ao redor do núcleo, perde energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

Falsa: O elétron não irradia luz enquanto está acelerado em torno do núcleo numa órbita simples, isto é, quando está ocupando estados estacionários de energia, sendo estes bem definidos. A irradiação acontece apenas quando o elétron salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo, ou seja, de uma camada mais externa para uma mais interna.

b) (     ) Ao saltar de uma órbita para outra, o elétron passa a mover-se com uma nova quantidade de energia. Tal quantidade depende de sua distância em relação ao núcleo do átomo.

Verdadeira: Em geral, quando o elétron perde energia, este salta para uma camada mais interna, isto é, mais próxima do núcleo atômico.

Quando o elétron absorve energia, este salta para uma camada mais externa. Contudo, sempre indo a níveis de energia bem definidos.

c) ( ) Quando um elétron muda de uma órbita para outra, uma radiação eletromagnética é absorvida ou emitida por ele.

Verdadeira: A quantidade de radiação emitida ocorre na forma de luz e depende da diferença de energia entre os respectivos níveis de onde estava e onde passará a estar.

d) ( ) A estabilidade do núcleo atômico deve-se a forças de atração, muito mais fortes do que as forças de repulsão coulombiana, isto é, forças decorrentes de suas cargas elétricas.

Verdadeira: A força responsável por manter a estabilidade do núcleo do átomo é do tipo força forte, sendo esta composta de duas partes: a interação fundamental ou de cor e a interação forte residual. A interação de fundamental é responsável pela força atrativa, força cor, entre os quarks, que ficam confinados dentro dos hádrons. A interação residual é responsável pela força existente entre prótons e nêutrons.

e) ( ) No átomo, a força que mantém os elétrons em órbita ao redor do núcleo é a gravitacional.

Falsa: Embora a força gravitacional esteja presente na interação elétron-núcleo, esta é insignificante se comparada com a força eletromagnética, sendo esta, responsável pela interação entre elétron-núcleo. O fóton é a partícula mediadora desta interação.

f) ( ) Quanto maior o número atômico de um dado elemento, mais estável ele se mantém, pois, nele podemos observar maior quantidade de nêutrons em seu núcleo, diminuindo assim a repulsão entre os prótons ali presentes.

Falsa: Átomos com menor número atômico são mais estáveis. À medida que a quantidade de prótons aumenta, e como observado, o de nêutrons

também, a força coulombiana vai superando a força forte, o que resulta na instabilidade do núcleo atômico. O resultado disso, são os decaimentos radioativos, onde um átomo pesado, vai se transformando em elementos mais leves por conta da emissão de algumas partículas.

g) ( ) No átomo, além das partículas fundamentais que o constitui, temos outras que são responsáveis por manter sua estrutura estável ou em desintegração nuclear para adquirir tal estabilidade.

Verdadeira: Essas partículas, são conhecidas como bósons mediadores.

São elas:

- Glúon: responsável pela interação forte. Está presente no núcleo do átomo, mediando a interação entre os quarks.
- Fóton: responsável pela interação eletromagnética. Está presente no elétron, mediando a interação entre elétron e núcleo.
- $W^{\pm}, Z^0$ : responsável pela interação fraca: Está presente no núcleo do átomo, mediando os decaimentos radioativos
- Gráviton: responsável pela interação gravitacional. Está presente em tudo que possui massa ou energia, mediando a interação entre estes entes.

## Etapa 6: Continuidade

Professor, oriente os grupos a resolverem a Atividade 5 – Fazendo ciência. Por se tratar de uma atividade lúdica, providencie em uma bancada os materiais descritos no Capítulo 5 deste Produto, na Seção correspondente a esta atividade. O objetivo desta atividade é que cada grupo, utilizando os materiais disponíveis na bancada, construam um modelo atômico específico, tendo como referência, todo aporte teórico estudado até aqui. Para isso, deverão representar de forma concreta o núcleo e a eletrosfera de alguns elementos químicos, a partir das partículas mais fundamentais e da interação entre elas.

Indique a cada grupo, qual modelo estes deverão montar, divulgando em seguida para toda turma o modelo atribuído a cada equipe. A sugestão é optar

por átomos de menor número atômico, a exemplo dos que foram propostos para essa atividade quando da sua aplicação, como mostra o Quadro 2.9.

QUADRO 2.9 – Indicação dos modelos atômicos, segundo grupo

Grupo	Átomo indicado	Grupo	Átomo indicado
1	Lítio com carga +1	5	Tritio
2	Oxigênio com carga -2	6	Partícula alfa
3	Hidrogênio	7	Hélio
4	Deutério	8	Carbono

Fonte: O autor

Para cada modelo que comente, sugira uma pesquisa rápida na tabela periódica ou outras fontes de consulta, para que os grupos reconheçam as características de seus modelos, isto é, quais as partículas básicas que fazem parte do mesmo, e como devem chegar até sua carga final.

Em relação a montagem dos prótons e nêutrons, que irão compor esses modelos, chame atenção para a configuração que estes devem ter. Cada partícula mencionada associa três tipos de quarks. Mostre que os quarks disponíveis na bancada estão representados por fichas nas cores azul, vermelha e verde, e com cargas bem definidas. Comente que a combinação para montagem dos prótons e nêutrons deve considerar que as cores não se repitam na mesma partícula, e que ao final, a soma das cargas presentes nas fichas escolhidas deve resultar na carga final da partícula em questão, isto é, próton deve ter carga final +1 (mais um) e o nêutron, zero.

Após finalizado a montagem de seus modelos, oriente os grupos a responderem as questões contempladas nessa atividade.

Caso haja necessidade, encerrado os registros, escolha aleatoriamente alguns modelos confeccionados e discuta no grande grupo suas características e demais informações que considerar relevante.

Para esta Subunidade, o fichário compôs uma das notas avaliativas, sendo a outra, decorrente de uma prova individual e com consulta, utilizada como instrumento de recuperação.

Na sequência, destaca-se a Atividade 5 – Fazendo ciência, com sua expectativa e resposta.

#### Atividade 5 - Fazendo Ciência

Caro aluno, na Atividade 1 – Mandando ver, subitem 1.3, seu grupo desenhou dois modelos atômicos, um sobre a ótica dos filósofos da antiguidade, e outro, referente ao modelo que vocês consideravam ser atual. Decorrido as outras atividades, entre as quais foi montado no varal de ideias uma breve linha do tempo acerca da evolução desses modelos, sua compreensão do modelo atômico provavelmente já não é mais a mesma.

Com base nos materiais que foram disponibilizados para seu grupo nesse momento, e com auxílio da Figura onde tem-se o modelo padrão das partículas elementares, além de outros materiais para consulta, construa o modelo atômico indicado por seu professor, representando nele as partículas fundamentais e demais interações conforme julgar necessário.

**Anote aqui o modelo indicado para seu grupo:** \_\_\_\_\_

Terminado seu modelo, responda na sequência as seguintes questões:

- a) Quantos nêutrons possui seu modelo atômico?
- b) Quantos prótons seu modelo atômico possui?
- c) Qual o número de elétrons de seu modelo atômico?
- d) Como são classificadas as partículas compostas você utilizou para construir seu modelo? Quais são elas? Como são subclassificadas? Onde estão localizadas? Qual suas respectivas cargas?

- e) Como são classificadas as partículas fundamentais que você utilizou para construir seu modelo? Quais são elas? Como são subclassificadas? Onde estão localizadas? Qual suas cargas?
- f) Justifique, por meio de uma conta, a carga final de um próton, de um nêutron e do seu modelo atômico.
- g) Para finalizar essa atividade, socialize com outro grupo seu modelo, procurando identificar as diferenças e semelhanças o grupo escolhido. Na sequência, registre abaixo suas observações e o que considerar relevante.

<b>Grupo</b>	<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>	<b>d)</b>	<b>e)</b>	<b>f)</b>

QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas

(continua)

<b>Grupo</b>	<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>	<b>d)</b>	<b>e)</b>	<b>f)</b>	<b>g)</b>
1	4	3	2	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1 Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud</math> <math>+ 2/3 + 2/3 - 1/3</math> <math>= + 1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd</math> <math>+ 2/3 - 1/3 - 1/3</math> <math>= 0</math></p> <p>Átomo: <math>3 (p) + 2 (e)</math> <math>= + 3 - 2</math> <math>= + 1</math></p>
2	8	8	10	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1 Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud</math> <math>+ 2/3 + 2/3 - 1/3</math> <math>= + 1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd</math> <math>+ 2/3 - 1/3 - 1/3</math> <math>= 0</math></p> <p>Átomo: <math>8 (p) + 10 (e)</math> <math>= + 8 - 10</math> <math>= - 2</math></p>

QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas

(continuação)

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
3	0	1	1	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávítos</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávítos: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1</math></p> <p>Átomo: <math>1(p) + 1(e) = +1 - 1 = 0</math></p>
4	1	1	1	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1 Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávítos</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávítos: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0</math></p> <p>Átomo: <math>1(p) + 1(e) = +1 - 1 = 0</math></p>

QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas

(continuação)

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
5	2	1	1	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1</p> <p>Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1</p> <p>Quarks up: +2/3</p> <p>Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud</math>  <math>+ 2/3 + 2/3 - 1/3</math>  <math>= + 1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd</math>  <math>+ 2/3 - 1/3 - 1/3</math>  <math>= 0</math></p> <p>Átomo:  <math>1 (p) + 1 (e)</math>  <math>= + 1 - 1</math>  <math>= 0</math></p>
6	2	2	0	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1</p> <p>Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1</p> <p>Quarks up: +2/3</p> <p>Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud</math>  <math>+ 2/3 + 2/3 - 1/3</math>  <math>= + 1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd</math>  <math>+ 2/3 - 1/3 - 1/3</math>  <math>= 0</math></p> <p>Átomo:  <math>2 (p)</math>  <math>= + 2</math></p>

QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas

(conclusão)

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
7	2	2	2	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1 Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0</math></p> <p>Átomo: <math>2(p) + 2(e) = +2 - 2 = 0</math></p>
8	6	6	6	<p>- Hádrons</p> <p>- Próton e Nêutron</p> <p>- Bárions</p> <p>- No núcleo</p> <p>- Próton: +1 Nêutron: 0</p>	<p>- Férmions</p> <p>- Elétron, Quarks up e Quarks down</p> <p>- Léptons e Quarks</p> <p>- Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo</p> <p>- Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3</p>	<p>- Glúons, Fótons e Grávitons</p> <p>- Glúons: no núcleo</p> <p>Fótons: na eletrosfera</p> <p>Grávitons: núcleo e eletrosfera</p>	<p>Próton: <math>uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1</math></p> <p>Nêutron: <math>udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0</math></p> <p>Átomo: <math>6(p) + 6(e) = +6 - 6 = 0</math></p>

## Etapa 7: Prova

Professor, para o fechamento desta Subunidade faça uma revisão dos principais tópicos que foram abordados até aqui. Relembre como as figuras que tratam do modelo padrão das partículas fundamentais devem ser interpretadas, procurando abrir espaço para questionamentos dos alunos.

É importante que neste momento final, as atividades desenvolvidas no fichário já estejam corrigidas a fim de que sejam tomadas como um diagnóstico da aprendizagem dos alunos, servindo como referência para iniciar a revisão dos conteúdos, e assim prepará-los para a aplicação posterior da prova.

A seguir, destaca-se o modelo da prova aplicada aos alunos, que naquele momento foi realizada individualmente e com consulta, servindo como instrumento de recuperação em relação ao fichário.

**01) (1,0 pt) (UFU-MG)** O átomo é a menor partícula que identifica um elemento químico. Ele possui duas partes, a saber: uma delas é o núcleo, constituído por prótons e nêutrons, e a outra é a região externa – a eletrosfera, por onde circulam os elétrons. Alguns experimentos permitiram a descoberta das características das partículas constituintes do átomo. Em relação a essas características, indique a alternativa correta.

- (A) prótons e elétrons possuem massas iguais e cargas elétricas de sinais opostos. (B) entre as partículas atômicas, os elétrons têm maior massa e ocupam maior volume no átomo.
- (C) entre as partículas atômicas, os prótons e os nêutrons têm maior massa e ocupam maior volume no átomo.
- (D) entre as partículas atômicas, os prótons e os nêutrons têm mais massa, mas ocupam um volume muito pequeno em relação ao volume total do átomo.

**02) (1,0 pt)** Em Física de Partículas, uma partícula é dita elementar quando não possui estrutura interna. Por muito tempo se pensou que prótons e nêutrons eram partículas elementares, contudo, as teorias atuais consideram

que essas partículas possuem estrutura interna. Pelo modelo padrão da Física de Partículas, prótons e nêutrons são formados, cada um, por três partículas menores denominadas *quarks*. Os quarks que constituem tanto os prótons quanto os nêutrons são dos tipos *up* e *down*, cada um possuindo um valor fracionário do valor da carga elétrica elementar ( $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). O quadro a seguir, apresenta o valor da carga elétrica desses *quarks* em termos da carga elétrica elementar  $e$ .

Carga Elétrica	Quark <i>up</i>	Quark <i>down</i>
	$+\frac{2}{3}e$	$-\frac{1}{3}e$

Assinale a alternativa que melhor representa os *quarks* que constituem os prótons e os nêutrons.

- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| (A) Próton: <i>up, up, down</i>       | Nêutron: <i>up, up, up</i>       |
| (B) Próton: <i>down, down, down</i>   | Nêutron: <i>up, down, down</i>   |
| (C) (C) Próton: <i>up, down, down</i> | Nêutron: <i>up, up, down</i>     |
| (D) Próton: <i>up, up, down</i>       | Nêutron: <i>up, down, down</i>   |
| (E) Próton: <i>up, down, down</i>     | Nêutron: <i>down, down, down</i> |

**03) (1,0 pt)** A partícula *káon*, eletricamente neutra, é constituída por duas partículas eletricamente carregadas: um *quark d* e um *antiquark s*. A carga do *quark d* é igual a  $-1/3$  do módulo da carga do elétron, e a carga do *quark s* tem mesmo módulo e sinal contrário ao da carga de um *antiquark s*. Ao *quark s* é atribuída uma propriedade denominada estranheza, a qual pode ser calculada pela seguinte fórmula:  $S = 2Q - 1/3$ . Onde,  $S$  é a estranheza,  $Q$  é a razão entre a carga do *quark s* e o módulo da carga do elétron. Assim, o valor da estranheza de um *quark s* é igual a:

- (A)  $1/3$                       (B) 1                      (C)  $-1/3$                       (D) -1

**04) (1,0 pt)** (UNIFOR CE) Os cientistas que estudam a física das partículas necessitam estudar o comportamento e as propriedades do núcleo

atômico. Para estudar os componentes dos prótons no maior acelerador do mundo, recentemente inaugurado na Suíça LHC (Large Hadron Collider), prótons de massa 'm' e carga positiva 'q' são disparados em colisão frontal, com velocidades perpendiculares a Campos Magnéticos Uniformes, sofrendo ação de forças magnéticas. Os Campos Magnéticos utilizados são uniformes e atuam perpendicularmente à velocidade destas partículas. Podemos afirmar que estas forças magnéticas:

- (A) Mantêm as velocidades escalares dos prótons constantes, mas os colocam em trajetórias circulares.
- (B) Mantêm as velocidades escalares dos prótons constantes, mas os colocam em trajetórias helicoidais.
- (C) Aumentam as velocidades escalares dos prótons e mantêm suas trajetórias retilíneas.
- (D) Diminuem as velocidades escalares dos prótons e mantêm suas trajetórias retilíneas.
- (E) Não alteram as velocidades escalares dos prótons nem alteram as suas trajetórias.

**05) (1,0 pt)** Como vimos, o núcleo do átomo é uma região onde estão localizados os prótons e os nêutrons, sendo o primeiro, portador de carga elétrica positiva. Registre abaixo qual a razão do núcleo, não se desintegrar devido a ação da força coulombiana, presente nesta região.

**06) (1,0 pt)** Comente ao que se deve ao fato de o elétron não colapsar em direção ao núcleo do átomo. Uma vez que elétron em movimento tende a irradiar energia na forma de fótons.

**07) (2,0 pt)** As afirmações abaixo, dizem respeito a estrutura do átomo e algumas forças que podem estar presentes no mesmo. Julgue-as em verdadeiras ou falsas, justificando as falsas.

- a) (    ) O elétron, ao mover-se em órbita ao redor do núcleo, perde energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

- b) (    ) Ao saltar de uma órbita para outra, o elétron passa a mover-se com uma nova quantidade de energia. Tal quantidade depende de sua distância em relação ao núcleo do átomo.
- c) (    ) Quando um elétron muda de uma órbita para outra, uma radiação eletromagnética é absorvida ou emitida por ele.
- d) (    ) Estabilidade do núcleo atômico deve-se a forças de atração, muito mais fortes do que as forças de repulsão coulombianas, isto é, forças decorrentes de suas cargas elétricas.
- e) (    ) No átomo, a força que mantém os elétrons em órbita ao redor do núcleo é a gravitacional.
- f) (    ) Quanto maior o número atômico de um dado elemento, mais estável ele se mantém, pois, nele podemos observar maior quantidade de nêutrons em seu núcleo, diminuindo assim a repulsão entre os prótons ali presentes.
- g) (    ) No átomo, além das partículas fundamentais que o constitui, temos outras que são responsáveis por manter sua estrutura estável ou em desintegração nuclear para adquirir tal estabilidade.

**08) (1,0 pt)** Com relação ao modelo atômico que seu grupo apresentou durante as atividades. Registre abaixo qual foi seu modelo e algumas (mínimo 3) características do mesmo.

**09) (1,0 pt)** Cite quais são as quatro interações fundamentais da natureza e, para uma delas, descreva algumas características, localização e exemplo de como se manifesta na natureza.

Gabarito:

- 01) C
- 02) D
- 03) D
- 04) A
- 05) Por conta da presença de uma Força Forte entre prótons e nêutrons, gerada por um campo de glúons.
- 06) Em órbitas específicas eles não perdem energia, isto é, não emitem radiação.
- 07) a) F - em órbitas específicas ele não perde energia      b) V
- c) V
- d) V
- e) F - A força que os mantém ao redor do núcleo é a força eletromagnética
- f) F - Quanto maior seu número atômico, maior é sua instabilidade
- g) V
- 08) Questão aberta
- 09) - Interação forte: Bóson mediador é o Glúon. Está presente no núcleo do átomo, sendo responsável pela interação entre os quarks.
  - Interação eletromagnética: Bóson mediador é o Fóton. Está presente na eletrosfera, sendo responsável pela interação entre elétron e núcleo.
  - Interação fraca: Bósons mediadores são  $W^{\pm}, Z^0$ . Está presente no núcleo do átomo, sendo responsável pelos decaimentos radioativos.
  - Interação gravitacional: Bóson mediador é o Gráviton (ainda não detectado). Está presente em tudo que possui massa ou energia, sendo responsável pela interação entre estes.

## 2.9 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 3

(Aplicação – 10 h/a)



### Decaimentos Radioativos

#### Etapa 1: Mobilização Inicial

Professor, esta terceira e última Subunidade tem como objetivo mostrar ao aluno como e onde são formados os elementos químicos, e as condições pelas quais estes também se desintegram dando origem a elementos cada vez mais leves. Inicialmente, divida a turma novamente em 8 grupos, deixando que os próprios alunos escolham seus pares. Feita esta divisão, distribua os fichários aos grupos, falando da importância de seu registro e da resolução das questões em sua totalidade. Proponha para os grupos a leitura coletiva do texto - Uma evolução que vem do céu, instigando-os a pensarem como as coisas se originaram, e que conhecimento estes têm acerca dos fenômenos e objetos presentes na natureza. É importante nesse momento, que muitos conceitos abordados na Subunidade 1 e Subunidade 2, sejam usados para fundamentar essas reflexões.

Feita essa mobilização inicial, sugira novamente no coletivo a leitura do texto - A culpa é das estrelas. Durante sua leitura, apresente aos alunos recursos que deem a estes uma ideia de como o Universo se originou e evoluiu, para isto, a sugestão é levar na sala imagens que mostrem, em forma de uma linha temporal, as fases evolutivas do universo. Use também o Quadro 4.3 – Modelo do Big Bang, que destaca a idade Cósmica do Universo, relacionando-a com sua temperatura e eventos marcantes para aquela idade.

Outro quadro importante de ser explorado é o Quadro 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar, que trata das reações ocorridas nas estrelas

e como elas sintetizam elementos leves transformando-os em elementos mais pesados. Na sequência, apresente aos alunos algumas cadeias de reações, consideradas pela literatura as mais importantes e de grande ocorrência nas nucleossíntese estelar.

Antes de encaminhá-los para a primeira atividade, tome o cuidado para que as legendas e simbologias que serão utilizadas nas cadeias a serem apresentadas ao final deste segundo texto, sejam assimiladas pelos alunos, isto facilitará na leitura das próprias reações que seguirão.

Feita a apresentação de algumas cadeias, sua leitura e compreensão do que significam, proponha agora a resolução da Atividade 1 – Mandando ver, que se tratava de uma sistematização e fixação das ideias pontuadas e geradas durante a leitura do texto - A culpa é das estrelas, e do conhecimento de algumas cadeias.

Para dar à atividade mais agilidade e aproveitamento do tempo em sala de aula, frente aos registros dos conceitos apreendidos, recomenda-se a leitura de cada questão relacionada à esta atividade, explicando-a e assegurando aos grupos um certo tempo para respondê-las após discussão entre seus pares.

Na sequência, destaca-se a Atividade 1 – Mandando ver, com sua expectativa de resposta.

#### Atividade 1 – Mandando ver

E aí, você tem dúvidas que em cada um de nós há um pouco de poeira das estrelas? Afinal, elas são consideradas as fábricas onde elementos leves se transformam em elementos mais pesados, resultando nos 118 elementos distintos que compõem a tabela periódica. A considerar todos os elementos da tabela periódica e seus respectivos isótopos, chegamos a um total de 3339 elementos hoje classificados. Tomando como referência o texto - A culpa é das estrelas, observe atentamente a reação próton-próton ao final deste e responda as questões abaixo:

1.1) Responda.

a) Qual elemento base é o responsável pelo início da reação? R: Hidrogênio

b) Qual o número atômico e o número de massa desse elemento? R:  $Z = 1$ ,  $A = 1$

c) O que significam esses valores? R:  $Z$  = total de prótons,  $A$  = soma de prótons e nêutrons presentes no núcleo atômico

1.2) Na seguinte reação:  ${}^1_1H_0 + {}^1_1H_0 \rightarrow {}^2_1H_1 + e^+ + \nu_e + \Delta E$ , observa-se que há uma conservação no número de massa dos produtos e dos reagentes, porém, o mesmo não ocorre com o número de prótons. Justifique ao que se deve essa diferença e quais os produtos dessa reação.

R: Nessa reação, temos no produto, dois átomos de hidrogênio que apresentam apenas um próton em seu núcleo. Ao unirem-se, um dos prótons liberam um pósitron e um neutrino do elétron, transformando-se em nêutron. Assim, passamos a ter um isótopo do hidrogênio, chamado agora de Deutério, que passa a ter em seu núcleo, um próton e um nêutron. Nesta reação há produção/liberação de energia.

1.3) Na seguinte reação:  ${}^2_1H_1 + {}^1_1H_0 \rightarrow {}^3_2He_1 + \gamma + \Delta E$ , observa-se que um átomo de Deutério se une a um átomo de hidrogênio, passando a formar um novo elemento químico.

a) O elemento químico formado no produto, é mais leve ou mais pesado que os elementos químicos presentes na reação? Justifique.

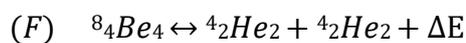
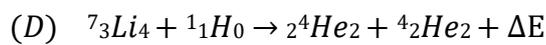
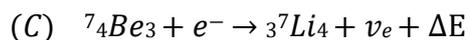
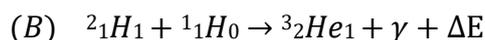
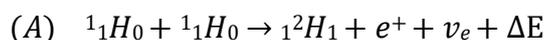
R: Mais pesado, pois seu número de massa ( $A$ ) é maior que o número de massa dos elementos envolvidos como reagentes.

b) Diferente da reação apresentada na questão 1.2, o total de prótons e o total de nêutrons se manteve constante durante a reação. Ao que se deve

então a formação de um novo elemento? O que mudou na estrutura dos átomos apresentados?

R: O elemento formado Hélio, é resultado da fusão de dois átomos da família do hidrogênio. O que difere entre os átomos regentes e do produto, é o total de prótons presentes em seus núcleos, antes 1 e agora 2.

1.4) Em geral, o processo de fusão que ocorre nas estrelas, tem por objetivo, fundir elementos leves e transformá-los em elementos mais pesados. Identifique nas reações abaixo, em qual (is) isto ocorre, justificando a que fato se deve suas escolhas.



R: Em A, B e E. Nessas reações a massa de um dos produtos é maior que a massa de cada um dos reagentes.

1.5) Em todas as reações apresentadas na cadeia próton-próton, além da formação de novos elementos e liberação de partículas, é observada a liberação de radiação gama e certa quantidade de energia. Cite quais são algumas das modalidades que esta energia se manifesta.

R: As principais modalidades nas quais essa energia se manifesta é em forma de calor e luz, contribuindo com o aumento da temperatura e da pressão no interior das estrelas.

## Etapa 2: Mural

Professor, a proposta agora é preparar o ambiente e os grupos para uma segunda atividade, não sendo esta necessariamente avaliativa, pois o objetivo da mesma é que o aluno perceba, de forma menos abstrata, como a combinação de alguns elementos no interior das estrelas, podem originar novos elementos.

Durante a atividade, instigue seus alunos a pensarem quais seriam os primeiros elementos a serem usados para iniciar a cadeia proposta, e quais seriam os elementos formados no decorrer da reação. Assegure que essa dinâmica mostre, a eles, como essa cadeia transforma elementos leves em elementos cada vez mais pesados, até se chegar no elemento Ferro.

Para iniciar a atividade, distribua aleatoriamente para os grupos, um total de 5 a 6 cartões representando alguns elementos químicos, solicitando que em momento oportuno, estes venham até a lousa e fixem com fita adesiva, os elementos que fazem parte da cadeia correspondente a reação próton-próton. O objetivo é montar coletivamente um mural para representar essa reação. Para

isto, use a seguinte legenda  ${}^A_nX$ , providenciando os seguintes cartões:

- 20 cartões na cor amarela para representando o elemento  ${}^1_1H$
- 06 cartões na cor amarela para representar o elemento  ${}^2_1H$
- 06 cartões na cor vermelha para representar o elemento  ${}^3_2He$
- 04 cartões na cor vermelha para representar o elemento  ${}^4_2He$
- 02 cartões na cor verde para representar o elemento  ${}^7_4Be$
- 01 cartão na cor azul para representar o elétron  $\beta^{-1}$

- 7
- 01 cartão na cor marrom para representar o elemento  ${}^4_3\text{Li}$
- 3
- 9
- 01 cartão na cor laranja para representar o elemento  ${}^3_5\text{B}$
- 5

Nessas reações, há também a liberação de outras partículas a exemplo do pósitron ( $e^+$ ), do neutrino do elétron ( $\nu_e$ ), raio gama ( $\gamma$ ) e energia ( $\Delta E$ ). A sugestão é que essas partículas sejam colocadas por você professor durante a montagem do mural, para que os alunos fiquem atentos no que ocorre com a quantidade de prótons e nêutrons durante as reações.

Para iniciar a montagem, faça questionamentos a respeito dos cartões distribuídos no sentido de que comecem com os elementos mais leves e primitivos. Acompanhando a cadeia próton-próton já apresentada, organizem o mural, convidando cada grupo a se manifestar sempre que achar oportuno. Sua avaliação nesse momento, garantirá que nos momentos devidos, cada elemento seja fixado ao mural de forma correta.

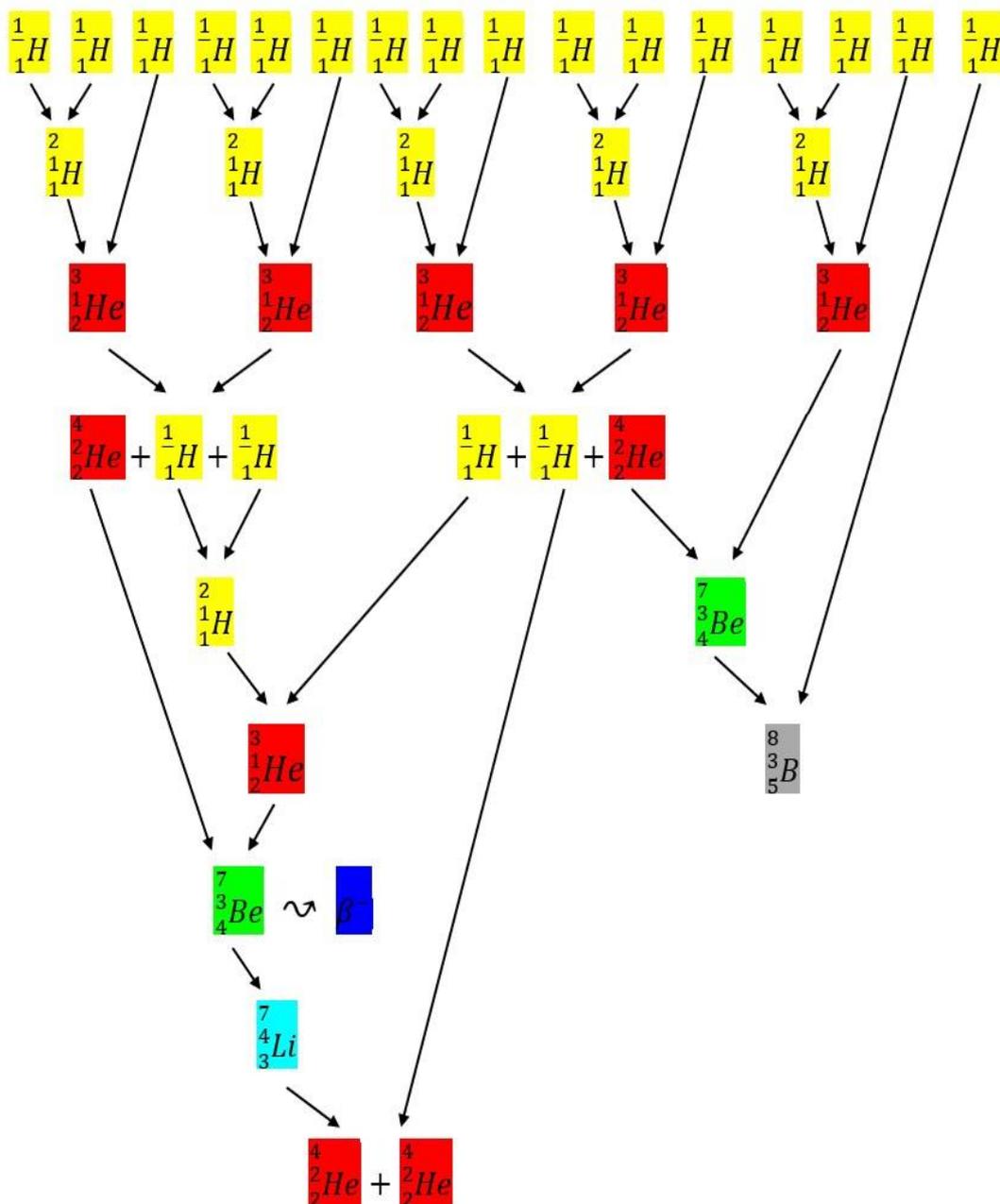
Na sequência, destaca-se a Atividade 2 – Varal de ideias, com sua expectativa de resposta.

#### Atividade 2 – Varal de ideias

Caro aluno, para esta atividade, siga as orientações do seu professor...

R: A proposta é que o *layout* do mural para esta atividade fique de acordo com o apresentado na Figura 2.1.

FIGURA 2.1 - Layout da cadeia próton-próton



Fonte: O autor

### Etapa 3: Continuidade

Concluído a construção do mural, e explorado seu *layout*, proponha na sequência a leitura coletiva do texto - E o que a estrela uniu, a própria natureza separa. O foco agora, é estudar e conhecer como elementos mais pesados que

o ferro se formam, e ainda, as causas que levam estes mesmos elementos a se desintegrarem de modo a originar elementos cada vez mais leves. Para isto, além da leitura inicial, explore a Figura 4.3 – Fusão e Fissão Nuclear, que ilustra didaticamente essa questão.

Ao comentar sobre a desintegração de elementos químicos pesados, explore as causas e características dos principais decaimentos radioativos: decaimento alfa, decaimento beta e decaimento gama. Todos esses conceitos fazem parte do texto indicado para leitura.

Após apresentação de como elementos mais pesados que o Ferro, são formados, e quais os principais decaimentos envolvidos na desintegração nuclear de elementos instáveis, proponha aos grupos a resolução da Atividade 3 – Mandando ver. Esta atividade composta de três questões, explora conceitos pertinentes ao decaimento radioativo e alguns tipos de reações, necessitando seu registro no fichário. Para efeito de nota, a questão 3.3 não deve fazer parte da avaliação, sendo aproveitada como reforço teórico do estudo.

Na sequência, destaca-se a Atividade 3 – Mandando ver, com sua expectativa de resposta.

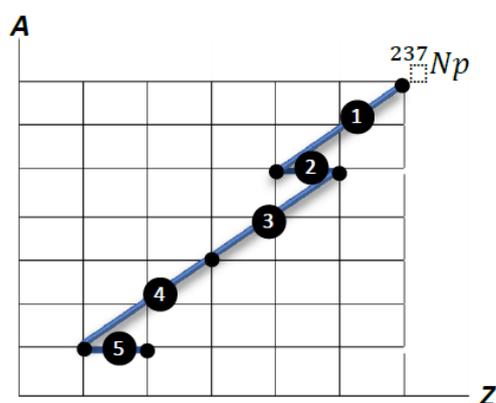
### Atividade 3 – Mandando ver

3.1) (Tipler, 2006) Para o elemento  $^{233}_{93}\text{Np}$  são permitidos quatro tipos de decaimento possíveis. Complete as lacunas abaixo com as partículas que estão faltando, indicando o tipo de decaimento ocorrido em cada caso.

- |    |   |  |
|----|---|--|
| a) | $^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{233}_{94}\text{Pu} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_e$ | Tipo de decaimento: beta menos         |
| b) | $^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{233}_{92}\text{U} + \beta^+ + \nu_e$              | Tipo de decaimento: beta mais          |
| c) | $^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{233}_{92}\text{U} + \nu_e$                        | Tipo de decaimento: captura eletrônica |
| d) | $^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{229}_{91}\text{Pa} + \alpha$                      | Tipo de decaimento: alfa               |

3.2) (Halliday, 2012) A figura abaixo mostra parte da série de decaimento do  $^{237}\text{Np}$  em um gráfico do número de massa  $A$  em função do número atômico  $Z$ ; cinco retas, que representam decaimentos alfa e decaimentos beta. Os pontos que ligam essas retas, correspondem aos

elementos formados após esses decaimentos. Qual é o isótopo ao final dos cinco decaimentos?



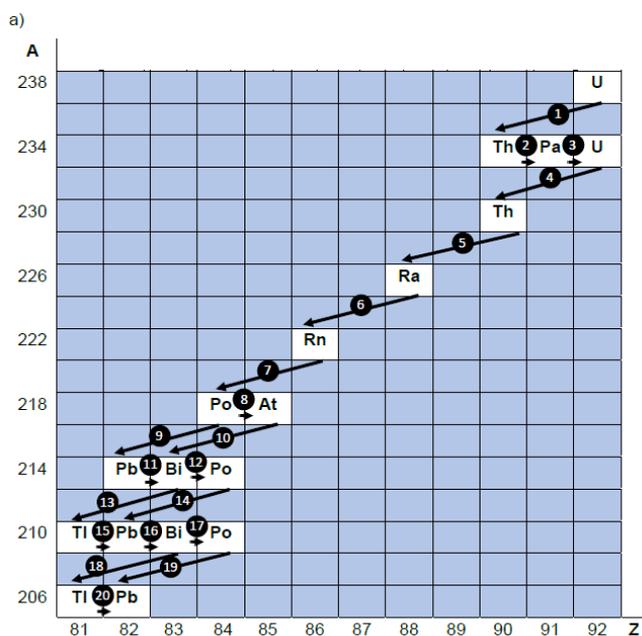
R: Observe que os segmentos de reta em diagonal ligam elementos de diferentes números atômicos e diferentes número de massa, sinalizando assim, decaimentos do tipo alfa. Os segmentos na horizontal, ligam elementos que possuem diferentes números atômicos e do menor ao maior e mesmo número de massa, sinalizando assim, decaimentos do tipo beta menos. Com base nessa conclusão, considerando que o Np tem número atômico 93, tem-se ao final o isótopo  $^{225}_{89}\text{Ac}$ , como mostrado a seguir:

- 1)  $^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{233}_{91}\text{Pa} + \alpha$
- 2)  $^{233}_{91}\text{Pa} \rightarrow ^{233}_{92}\text{U} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_\mu$
- 3)  $^{233}_{92}\text{U} \rightarrow ^{229}_{90}\text{Th} + \alpha$
- 4)  $^{229}_{90}\text{Th} \rightarrow ^{225}_{88}\text{Ra} + \alpha$
- 5)  $^{225}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{225}_{89}\text{Ac} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_\mu$

3.3) (Adaptado de Hewitt – 2015) Na figura abaixo, observa-se uma sucessão de decaimentos radioativos do  $^{238}_{92}\text{U}$  até o  $^{206}_{82}\text{Pb}$ , um isótopo do chumbo. Note que alguns dos núcleos na série, podem decair de duas maneiras. Esta é uma das várias séries de decaimentos radioativos que ocorre na natureza.

a) Complete no diagrama abaixo, os quadros em branco, com os elementos correspondentes.

b) Represente na forma de uma reação, cada decaimento mostrado abaixo, seguindo a ordem crescente de numeração



b)

- |   |  |
|---|--|
| 1) ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + \alpha$                      | 11) ${}^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |
| 2) ${}^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{234}_{91}\text{Pa} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ | 12) ${}^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{214}_{84}\text{Po} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |
| 3) ${}^{234}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$  | 13) ${}^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{210}_{81}\text{Tl} + \alpha$                     |
| 4) ${}^{234}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{230}_{90}\text{Th} + \alpha$                      | 14) ${}^{214}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{210}_{82}\text{Pb} + \alpha$                     |
| 5) ${}^{230}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{226}_{88}\text{Ra} + \alpha$                     | 15) ${}^{210}_{81}\text{Tl} \rightarrow {}^{210}_{82}\text{Pb} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |
| 6) ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha$                     | 16) ${}^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{210}_{83}\text{Bi} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |
| 7) ${}^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow {}^{218}_{84}\text{Po} + \alpha$                     | 17) ${}^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\text{Po} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |
| 8) ${}^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{218}_{85}\text{At} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ | 18) ${}^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{206}_{81}\text{Tl} + \alpha$                     |
| 9) ${}^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{214}_{82}\text{Pb} + \alpha$                     | 19) ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + \alpha$                     |
| 10) ${}^{218}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + \alpha$                    | 20) ${}^{206}_{81}\text{Tl} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + \beta^- + \nu_e\bar{\nu}_e$ |

Etapa 4: Prova

Professor, para o fechamento desta Subunidade faça uma revisão dos principais tópicos que foram abordados até aqui. É importante que neste

momento final, as atividades desenvolvidas no fichário já estejam corrigidas a fim de que sejam tomadas como um diagnóstico da aprendizagem dos alunos, servindo como referência para iniciar a revisão dos conteúdos, e assim prepará-los para a aplicação da prova. A seguir, destaca-se o modelo da prova aplicada aos alunos, que deve ser realizada dupla e sem consulta, que somado ao fichário irá compor uma das notas do trimestre.

**01) (1,5 pt) (Unirio-RJ)** O elemento radioativo natural  ${}_{90}\text{Th}^{232}$ , após uma série de emissões alfa e beta, isto é, por decaimento radioativo, converte-se em um isótopo não-radioativo, estável, do elemento chumbo,  ${}_{82}\text{Pb}^{208}$ . O número de partículas alfa e beta, emitidas após o processo, é, respectivamente, de:

- (A) 5 e 2. (B) 5 e 5. (C) 6 e 4. (D) 6 e 5. (E) 6 e 6

**02) (1,5 pt) (FMTM)** A ciência tem comprovado que o cigarro contém substâncias cancerígenas e que pessoas fumantes apresentam probabilidade muito maior de contrair o câncer quando comparadas com as não

Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86

fumantes. Além dessas substâncias, o tabaco contém naturalmente o isótopo radioativo polônio de número de massa 210, cujo núcleo decai emitindo uma partícula alfa. O quadro apresenta alguns elementos químicos com os seus respectivos números atômicos. O núcleo resultante, após o decaimento do polônio 210, é um isótopo do elemento:

- (A) astato (B) bismuto (C) chumbo (D) polônio (E) radônio

**03) (1,0 pt) (UNIUBE - MG)** Os valores da massa e carga de uma partícula beta negativa ( $\beta^-$ ) indicam que esta é idêntica ao:

- (A) átomo de hidrogênio  
(B) átomo de hélio  
(C) próton  
(D) nêutron  
(E) elétron

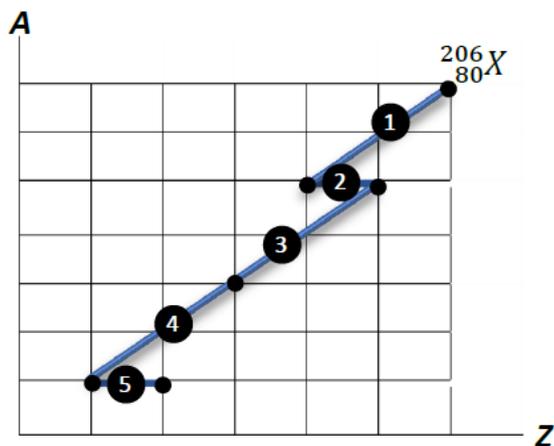
**04) (1,5 pt) (Unimontes MG)** O núcleo de tório,  ${}^{232}_{90}\text{Th}$ , ao sofrer desintegração radiativa, emite as seguintes partículas sucessivamente:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ . Sabendo-se que uma partícula alfa e uma partícula beta são representadas por  ${}^4_2\alpha$  e  ${}^0_{-1}\beta$ , após a desintegração, o nuclídeo estável formado é:

- (A)  ${}^{212}_{82}\text{Pb}$  (B)  ${}^{204}_{80}\text{Hg}$  (C)  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$  (D)  ${}^{206}_{80}\text{Hg}$

**05) (1,5 pt) (Tipler 2006)** Para o elemento  ${}^{233}_{93}\text{Np}$  são permitidos quatro tipos de decaimento possíveis. Complete as lacunas abaixo com as partículas que estão faltando, indicando o tipo de decaimento ocorrido em cada caso.

- (A)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{94}\text{Pu} + \text{_____} + \text{_____}$  Tipo de decaimento: \_\_\_\_\_
- (B)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U} + \text{_____} + \text{_____}$  Tipo de decaimento: \_\_\_\_\_
- (C)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U} + \text{_____}$  Tipo de decaimento: \_\_\_\_\_
- (D)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{229}_{91}\text{Pa} + \text{_____}$  Tipo de decaimento: \_\_\_\_\_

**06) (3,0 pt) (Halliday 2012)** A figura abaixo mostra parte da série de decaimento de um elemento X de configuração:  ${}^{206}_{80}\text{X}$  em um gráfico do número de massa A em função do número atômico Z; cinco retas, que representam decaimentos alfa e decaimentos beta, ligam pontos que representam isótopos. Escreva cada uma das seguintes equações conforme gráfico abaixo:



Gabarito:

01) C

02) C

03) E

04) C

05) (A)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{94}\text{Pu} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_e$  Tipo de decaimento: beta menos

(B)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U} + \beta^+ + \nu_e$  Tipo de decaimento: beta mais

(C)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{92}\text{U} + \nu_e$  Tipo de decaimento: captura eletrônica

(D)  ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{229}_{91}\text{Pa} + \alpha$  Tipo de decaimento: alfa

06) 1)  ${}^{206}_{80}\text{Hg} \rightarrow {}^{202}_{78}\text{Pt} + \alpha$

2)  ${}^{202}_{78}\text{Pt} \rightarrow {}^{202}_{79}\text{Au} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_e$

3)  ${}^{202}_{79}\text{Au} \rightarrow {}^{198}_{77}\text{Ir} + \alpha$

4)  ${}^{198}_{77}\text{Ir} \rightarrow {}^{194}_{75}\text{Re} + \alpha$

5)  ${}^{194}_{75}\text{Re} \rightarrow {}^{194}_{76}\text{Os} + \beta^- + \nu_e \bar{\nu}_e$

### 3 FICHÁRIO PARA O ALUNO

Professor, os fichários, um para cada Subunidade, compreendem uma espécie de caderno de registros que foi elaborado especificamente para o aluno, tendo como base o roteiro docente de sua respectiva Subunidade.

Trata-se de um material que da maneira como disponível aqui, pode ser diretamente impressa e entregue para o aluno, não necessitando de alterações, quando sua pretensão também for de seguir os roteiros tal qual como foram organizados.

Os fichários contêm uma mescla de atividades diferenciadas e textos dirigidos que para os alunos, servem como um norte de orientação e organização de seus estudos e sequência de conteúdos, devendo, portanto, ser registrado nesse material todas as discussões e respostas aos encaminhamentos dados por cada atividade avaliativa.

Num outro viés, representa para você professor, um material de avaliação e diagnóstico que, recomenda-se ser recolhido ao final de cada aula, possibilitando a você, acompanhar em tempo real o desenvolvimento das atividades de forma mais assídua.

Para o fichário da primeira Subunidade, vale destacar que este foi elaborado em quatro diferentes versões, para atender à proposta de uma das atividades dessa Subunidade, sendo necessário levar em consideração a identificação do grupo aos quais os mesmos devem ser direcionados.

Na sequência, destaca-se os fichários correspondentes a cada Subunidade.





unidade  
**Didática**  
**1**

**O conhecimento científico: Um olhar  
sobre o método científico e sua contribuição  
para a construção da ciência**

**O conhecimento científico**

O conhecimento científico produzido pelo homem, faz parte de um olhar que este tem sobre a natureza, devendo, portanto, ser considerado uma visão de mundo, como o faz a religião e outras culturas. Para a Ciência em particular, todo fenômeno estudado e toda teoria construída é vista como uma aproximação da realidade, sendo o conhecimento científico, uma forma que o homem encontrou não só para descrever e explicar um dado evento, mas também, fazer previsões sobre o mesmo em causas mais gerais.

Num Universo dinâmico tudo está em constante evolução, o Universo no qual vivemos é assim. E a busca pela compreensão deste Cosmos, faz com que o homem em cada época de sua própria evolução, crie teorias na expectativa de explicar como esse funciona, embora muitas vezes, suas crenças, culturas e o próprio meio social o influenciam há algumas vezes, avançar ou retroceder em seus estudos e inspirações. Cada teoria em sua época, e no decorrer das gerações futuras continuam a sofrer influências das gerações presentes, portanto, é de se esperar e compreender que os juízos de valores atribuídos a uma determinada teoria também se modifiquem com o tempo, isso foi muito comum no passado, e ocorre atualmente. Talvez essa seja uma das razões da Ciência e por extensão do conhecimento científico, serem um dos alicerces que contribuíram e, ainda, contribuem para o desenvolvimento da humanidade, pois o conhecimento produzido por uma geração é passado e refinado por gerações seguintes, isto foi muito comum no passado e ainda é hoje.

Nessa perspectiva, e considerando os diversos olhares que se têm sobre a compreensão da natureza, vale se perguntar de que forma esse saber é instituído, isto é, que cuidados e atenção deve ter o professor ao levar para a sala de aula uma discussão acerca do que é o conhecimento científico, como o

mesmo se estrutura, bem como a expansão e os limites de seus métodos. Sobre isso, Nascimento e

Carvalho (2004), pautadas em trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001 e 1993), Borges (1996), Toulmin (1977) e Kuhn (2000), chamam atenção em seus estudos para algumas considerações e características, que devem ser exploradas quando se objetiva o saber sobre ciência, bem como, a própria construção das concepções acerca do conhecimento científico. São elas:

1. O método científico não é estanque e exclusivo. Tal ideia se opõe ao fato de muitos verem a ciência como uma área rígida do conhecimento, conferindo ao método científico um conjunto de regras mecânicas e inflexíveis, vistas como um meio único de construção do conhecimento;

2. O conhecimento científico, se pauta num processo de construção guiado por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certo fenômeno;

3. A ciência deve ser considerada um produto histórico, portanto, deve ver o conhecimento científico como algo dinâmico, e que naturalmente sofre mudanças e reformulações ao longo da história e ao modo de sua própria evolução;

4. A construção do conhecimento científico não ocorre de forma pontual e linear, ideia esta, muitas vezes difundida entre professores e estudantes. É um dos objetivos da ciência criar interações e relações entre teorias;

5. A ciência é um construto social, político, econômico, cultural e religioso, entre outros. As escolhas feitas pelos cientistas não são desvinculadas destes contextos, resultando muitas vezes em um reflexo dos interesses destes. A ciência, portanto, não é neutra, é humana, é viva, sendo necessário que ela seja caracterizada como tal.

### *Atividade 1 - Mandando ver*

1.1) Tudo o que aprendemos na escola, faz parte de um conhecimento que foi construído baseado num método chamado de Método Científico. Este, tem por objetivo, condicionar e normatizar a forma como o conhecimento deve ser produzido, validado e transformado em leis e teorias em geral. Na opinião do grupo, que condicionantes, normas, etapas devem ser observadas ou respeitadas para dar maior legitimidade a esse processo?

---

---

---

---

1.2) Por meio do Método Científico, criamos uma forma de observar e compreender a natureza a nossa volta. Que outras formas ou meios de observação você conhece ou já ouviu falar, que também descreve essa mesma natureza por nós observada?

---

---

---

---

1.3) Qual a importância de se ter um Método Científico para observar e descrever a natureza a nossa volta?

---

---

---

---

## *Atividade 2 - Mandando ver*

Com base nas discussões feitas até aqui, faça uma pesquisa e registre o significado de cada termo abaixo, segundo o campo teórico aos quais pertencem.

- Método Científico:

---

---

---

---

- Hipótese:

---

---

---

---

- Fato:

---

---

---

---

- Lei:

---

---

---

---

- Teoria:

---

---

---

---

---

**A regra é...**

A Ciência não trabalha com meias verdades, muito embora, o que se acredita ser verdadeiro hoje, pode não significar mais uma representação da verdade no futuro, a percepção a respeito da natureza a nossa volta pode mudar na medida em que se avança teórica e tecnologicamente com os equipamentos que são utilizados para realizar um experimento ou uma observação.

De acordo com Hewitt (2015), a bem da verdade, o meio científico dá alto valor a honestidade dos cientistas, e a regra que norteia a Ciência é a de que todas as hipóteses devem ser testáveis, isto é, serem passíveis de serem negadas. Para a Ciência, tão importante quanto descobrir uma maneira de provar que uma hipótese está correta, é encontrar uma forma de provar que esta ideia está errada. Sendo assim, uma hipótese só é bem elaborada ou aceita no mundo científico, quando se mostra passível de ser testada e/ou refutada experimentalmente.

A essência da Ciência é expressa em duas questões: De que maneira poderíamos conhecer? E qual evidência provaria que uma determinada ideia está errada? Afirmações sem evidências não são científicas e podem ser rejeitadas. De fato, quando queremos descobrir se uma hipótese é científica ou não, devemos verificar se existe algum teste para comprovar que é errônea, se não existir nenhum teste para comprovar sua falsidade, mostrando-se impossível de ser negada, então a hipótese não é científica.

### *Atividade 3 - Mandando ver*

Classifique as hipóteses abaixo em Sim (S) para as científicas e Não (N) para as não científicas.

- a) (    ) Os átomos são as menores partículas existentes de matéria.
- b) (    ) O espaço é permeado com uma essência não detectável.
- c) (    ) Albert Einstein foi o maior físico do século XX.
- d) (    ) A vida evolui de formas mais simples para as mais complexas.
- e) (    ) A luz é desviada pela gravidade.
- f) (    ) O alinhamento dos planetas no céu, determina a melhor ocasião para tomar decisões.
- g) (    ) Existe vida inteligente em outros planetas em algum lugar do universo.
- h) (    ) Não existe outra forma de vida inteligente no universo.

### *Atividade 4 - Fazendo ciência*

Galerinha, nesta atividade, vocês deverão apenas observar o objeto de estudo, sem tocá-lo diretamente, logo, **apenas fiquem de olho...**, respondendo na sequência as questões a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

- a) Como ficaria o sistema se alterássemos sua posição para outra base? O sistema ficaria estável ou instável?

---

---

---

---

- b) Como ficaria o sistema caso soltássemos o mesmo de uma altura equivalente a 10 cm? E de uma altura de 1 m?

---

---

---

---

- c) Durante a queda do sistema, até que este se choque com o chão, o sistema manterá sua estrutura inicial ou se partirá em pedaços menores? Quantos?

---

---

---

---

d) Na hipótese de o sistema ter se partido, seria observada uma nova organização natural do mesmo ou cada esfera tenderia a afastar-se uma da outra?

---

---

---

---

e) Caso arremessássemos no sistema, outras esferas com as mesmas características das observadas, o que podemos esperar quando estas forem lançadas com pouco e com grande altura?

---

---

---

---

f) As esferas, possuem estrutura interna? Como você chegou a essa conclusão?

---

---

---

---

g) Caso as esferas possuam estrutura interna, quais as suas características?

---

---

---

---

h) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

---

---

---

---

- i) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

---

---

---

---

### *Atividade 5 - Varal de ideias*

E aí, quase se sentindo um cientista? Fazer ciência não é nada fácil. Você já deve ter percebido que essa vida não é só de glamour... Einstein e tantos outros que o digam.

5.1) Após seguir as orientações do professor, registrem no Quadro – Primeiro registro, os códigos que estão presentes na parte de trás de cada cartão.

Quadro - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

5.2) Agora, socializem suas conclusões com o restante da turma, negociando caso necessário, a troca de cartão com os demais. Após esta ação, registrem no Quadro – Segundo registro, os códigos dos cartões que tem agora.

Quadro - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

### **Mais sobre o método científico**<sup>3</sup>

O surgimento do método científico remonta ao século XII, o período do Renascimento. Após uma decadência geral da civilização na Idade Média, em que não houve praticamente nenhum avanço científico importante, os estudiosos europeus começaram a ter contato com o conhecimento e culturas além de suas fronteiras e voltaram a observar os trabalhos de antigos pensadores, como Aristóteles, Ptolomeu e Euclides. Uma comunidade científica mais ampla foi, então, sendo construída.

Foi com Roger Bacon e Francis Bacon que a ideia de método científico foi começando a surgir. O primeiro, um frade franciscano, cientista e estudioso inglês, buscava o fim da aceitação cega de certas ideias bastante divulgadas, como as de Aristóteles que, apesar de valiosas, eram tidas como fatos, mesmo sem provas. Ele foi o primeiro a defender a experimentação como fonte de conhecimento e um dos responsáveis pela base do empirismo.

Já Francis Bacon foi quem fixou a base do que Descartes transformou, mais tarde, em método científico. Ele deu ao conhecimento um caráter mais funcional e afirmava que apenas a investigação científica poderia garantir o desenvolvimento do homem e o domínio do mesmo sobre a natureza. Publicou, em 1621, uma nova abordagem na investigação científica que pregava o raciocínio indutivo, com o título de *Novum Organum Scientiarum*. Suas ideias foram fortemente influenciadas por Nicolau Copérnico e Galileu Galilei.

O divisor de águas...

Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

Apesar de concordar com Francis Bacon em relação à natureza ser entendida e modificada em favor do homem, Descartes dizia que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Para o filósofo, a única coisa que da qual não se pode duvidar é o pensamento,

---

<sup>3</sup> Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

pois este é o fruto da razão, que é o que gera a certeza. Isso o levou à máxima *cogito ergo sum* - penso, logo existo.

Descartes propôs uma instrumentalização da natureza, através da explicação matemática e racional dos fenômenos e a sua mecanização: para se compreender um todo, bastaria se compreender as suas partes. Assim, a dedução cartesiana, onde as experiências apenas confirmam os princípios gerais fixados pela razão, ocupa o lugar do pensamento indutivo de Bacon. O método científico de Descartes predominou até o início do século XX e ficou conhecido como Determinismo Mecanicista.

Após Descartes, enfim, definir o método científico, o pensador Auguste Comte contribuiu para torná-lo mais abrangente. Em sua obra - Lei dos três estados, Comte diz que o conhecimento humano evoluiu do estado teológico para o metafísico, e este evoluiu para o estado positivo, onde não se buscam mais as causas das coisas, mas as leis efetivas da natureza. A partir daí, ele organizou o conhecimento da natureza, composta por classes de fenômenos, em cinco Ciências distintas: Astronomia, Física, Química, Filosofia e Física Social, além da Matemática que, segundo o pensador, é considerada a ciência zero, porque todas as outras dependem dela. Assim, o método científico de Descartes foi expandido por Comitê das Ciências Naturais para as Ciências Sociais e Humanas.





## unidade Didática **1**

### **O conhecimento científico: Um olhar sobre o método científico e sua contribuição para a construção da ciência**

#### **O conhecimento científico**

O conhecimento científico produzido pelo homem, faz parte de um olhar que este tem sobre a natureza, devendo, portanto, ser considerado uma visão de mundo, como o faz a religião e outras culturas. Para a Ciência em particular, todo fenômeno estudado e toda teoria construída é vista como uma aproximação da realidade, sendo o conhecimento científico, uma forma que o homem encontrou não só para descrever e explicar um dado evento, mas também, fazer previsões sobre o mesmo em causas mais gerais.

Num Universo dinâmico tudo está em constante evolução, o Universo no qual vivemos é assim. E a busca pela compreensão deste Cosmos, faz com que o homem em cada época de sua própria evolução, crie teorias na expectativa de explicar como esse funciona, embora muitas vezes, suas crenças, culturas e o próprio meio social o influenciam há algumas vezes, avançar ou retroceder em seus estudos e inspirações. Cada teoria em sua época, e no decorrer das gerações futuras continuam a sofrer influências das gerações presentes, portanto, é de se esperar e compreender que os juízos de valores atribuídos a uma determinada teoria também se modifiquem com o tempo, isso foi muito comum no passado, e ocorre atualmente. Talvez essa seja uma das razões da Ciência e por extensão do conhecimento científico, serem um dos alicerces que contribuíram e, ainda, contribuem para o desenvolvimento da humanidade, pois o conhecimento produzido por uma geração é passado e refinado por gerações seguintes, isto foi muito comum no passado e ainda é hoje.

Nessa perspectiva, e considerando os diversos olhares que se têm sobre a compreensão da natureza, vale se perguntar de que forma esse saber

é instituído, isto é, que cuidados e atenção deve ter o professor ao levar para a sala de aula uma discussão acerca do que é o conhecimento científico, como o mesmo se estrutura, bem como a expansão e os limites de seus métodos. Sobre isso, Nascimento e Carvalho (2004), pautadas em trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001 e 1993), Borges (1996), Toulmin (1977) e Kunh (2000), chamam atenção em seus estudos para algumas considerações e características, que devem ser exploradas quando se objetiva o saber sobre ciência, bem como, a própria construção das concepções acerca do conhecimento científico. São elas:

1. O método científico não é estanque e exclusivo. Tal ideia se opõe ao fato de muitos verem a ciência como uma área rígida do conhecimento, conferindo ao método científico um conjunto de regras mecânicas e inflexíveis, vistas como um meio único de construção do conhecimento;

2. O conhecimento científico, se pauta num processo de construção guiado por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certo fenômeno;

3. A ciência deve ser considerada um produto histórico, portanto, deve ver o conhecimento científico como algo dinâmico, e que naturalmente sofre mudanças e reformulações ao longo da história e ao modo de sua própria evolução;

4. A construção do conhecimento científico não ocorre de forma pontual e linear, ideia esta, muitas vezes difundida entre professores e estudantes. É um dos objetivos da ciência criar interações e relações entre teorias;

5. A ciência é um construto social, político, econômico, cultural e religioso, entre outros. As escolhas feitas pelos cientistas não são desvinculadas destes contextos, resultando muitas vezes em um reflexo dos interesses destes.

A ciência, portanto, não é neutra, é humana, é viva, sendo necessário que ela seja caracterizada como tal.

### *Atividade 1 - Mandando ver*

1.1) Tudo o que aprendemos na escola, faz parte de um conhecimento que foi construído baseado num método chamado de Método Científico. Este, tem por objetivo, condicionar e normatizar a forma como o conhecimento deve ser produzido, validado e transformado em leis e teorias em geral. Na opinião do grupo, que condicionantes, normas, etapas devem ser observadas ou respeitadas para dar maior legitimidade a esse processo?

---

---

---

---

1.2) Por meio do Método Científico, criamos uma forma de observar e compreender a natureza a nossa volta. Que outras formas ou meios de observação você conhece ou já ouviu falar, que também descreve essa mesma natureza por nós observada?

---

---

---

---

1.3) Qual a importância de se ter um Método Científico para observar e descrever a natureza a nossa volta?

---

---

---

---

## *Atividade 2 - Mandando ver*

Com base nas discussões feitas até aqui, faça uma pesquisa e registre o significado de cada termo abaixo, segundo o campo teórico aos quais pertencem.

- Método Científico:

---

---

---

---

- Hipótese:

---

---

---

---

- Fato:

---

---

---

---

- Lei:

---

---

---

---

- Teoria:

---

---

---

---

**A regra é...**

A Ciência não trabalha com meias verdades, muito embora, o que se acredita ser verdadeiro hoje, pode não significar mais uma representação da verdade no futuro, a percepção a respeito da natureza a nossa volta pode mudar na medida em que se avança teórica e tecnologicamente com os equipamentos que são utilizados para realizar um experimento ou uma observação.

De acordo com Hewitt (2015), a bem da verdade, o meio científico dá alto valor a honestidade dos cientistas, e a regra que norteia a Ciência é a de que todas as hipóteses devem ser testáveis, isto é, serem passíveis de serem negadas. Para a Ciência, tão importante quanto descobrir uma maneira de provar que uma hipótese está correta, é encontrar uma forma de provar que esta ideia está errada. Sendo assim, uma hipótese só é bem elaborada ou aceita no mundo científico, quando se mostra passível de ser testada e/ou refutada experimentalmente.

A essência da Ciência é expressa em duas questões: De que maneira poderíamos conhecer? E qual evidência provaria que uma determinada ideia está errada? Afirmações sem evidências não são científicas e podem ser rejeitadas. De fato, quando queremos descobrir se uma hipótese é científica ou não, devemos verificar se existe algum teste para comprovar que é errônea, se não existir nenhum teste para comprovar sua falsidade, mostrando-se impossível de ser negada, então a hipótese não é científica.

### *Atividade 3 - Mandando ver*

Classifique as hipóteses abaixo em Sim (S) para as científicas e Não (N) para as não científicas.

- a) (    ) Os átomos são as menores partículas existentes de matéria.
- b) (    ) O espaço é permeado com uma essência não detectável.
- c) (    ) Albert Einstein foi o maior físico do século XX.
- d) (    ) A vida evolui de formas mais simples para as mais complexas.
- e) (    ) A luz é desviada pela gravidade.
- f) (    ) O alinhamento dos planetas no céu, determina a melhor ocasião para tomar decisões.
- g) (    ) Existe vida inteligente em outros planetas em algum lugar do universo.
- h) (    ) Não existe outra forma de vida inteligente no universo.

### *Atividade 4 - Fazendo ciência*

Galerinha, nesta atividade, vocês deverão observar o objeto de estudo, podendo inclusive manipulá-lo diretamente, assim, **podem pegar, mas fiquem de olho...**, respondendo na sequência as questões a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Altere a posição do sistema de modo a colocá-lo com outra base em contato com o chão. Para cada uma das bases, o sistema permaneceu estável ou instável?

---

---

---

---

b) Solte o sistema de uma altura equivalente a 20 cm, e posteriormente de uma altura de 1 m. O que ocorreu em cada caso com as esferas que constituem o sistema? Anote suas considerações.

---

---

---

---

c) Durante a queda do sistema, até que este se choque com o chão, o sistema manteve sua estrutura inicial ou se partiu em pedaços menores? Quantos?

---

---

---

---

d) Que outras manifestações foram observadas durante a queda e a colisão do sistema com o chão?

---

---

---

---

e) Essas manifestações observadas foram emitidas de que modo?

---

---

---

---

f) As esferas, possuem estrutura interna? Como você chegou a essa conclusão?

---

---

---

---

g) Caso as esferas possuam estrutura interna, quais as suas características?

---

---

---

---

h) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

---

---

---

---

i) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

---

---

---

---

### *Atividade 5 - Varal de ideias*

E aí, quase se sentindo um cientista? Fazer ciência não é nada fácil. Você já deve ter percebido que essa vida não é só de glamour... Einstein e tantos outros que o digam.

5.1) Após seguir as orientações do professor, registrem no Quadro – Primeiro registro, os códigos que estão presentes na parte de trás de cada cartão.

Quadro - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

5.2) Agora, socializem suas conclusões com o restante da turma, negociando caso necessário, a troca de cartão com os demais. Após esta ação, registrem no Quadro – Segundo registro, os códigos dos cartões que tem agora.

Quadro - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

### **Mais sobre o método científico<sup>4</sup>**

O surgimento do método científico remonta ao século XII, o período do Renascimento. Após uma decadência geral da civilização na Idade Média, em que não houve praticamente nenhum avanço científico importante, os

---

<sup>4</sup> Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <http://www.proficiencia.org.br/> Acesso em: 28/03/17.

estudiosos europeus começaram a ter contato com o conhecimento e culturas além de suas fronteiras e voltaram a observar os trabalhos de antigos pensadores, como Aristóteles, Ptolomeu e Euclides. Uma comunidade científica mais ampla foi, então, sendo construída.

Foi com Roger Bacon e Francis Bacon que a ideia de método científico foi começando a surgir. O primeiro, um frade franciscano, cientista e estudioso inglês, buscava o fim da aceitação cega de certas ideias bastante divulgadas, como as de Aristóteles que, apesar de valiosas, eram tidas como fatos, mesmo sem provas. Ele foi o primeiro a defender a experimentação como fonte de conhecimento e um dos responsáveis pela base do empirismo.

Já Francis Bacon foi quem fixou a base do que Descartes transformou, mais tarde, em método científico. Ele deu ao conhecimento um caráter mais funcional e afirmava que apenas a investigação científica poderia garantir o desenvolvimento do homem e o domínio do mesmo sobre a natureza. Publicou, em 1621, uma nova abordagem na investigação científica que pregava o raciocínio indutivo, com o título de *Novum Organum Scientiarum*. Suas ideias foram fortemente influenciadas por Nicolau Copérnico e Galileu Galilei.

O divisor de águas...

Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

Apesar de concordar com Francis Bacon em relação à natureza ser entendida e modificada em favor do homem, Descartes dizia que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Para o filósofo, a única coisa que da qual não se pode duvidar é o pensamento, pois este é o fruto da razão, que é o que gera a certeza. Isso o levou à máxima *cogito ergo sum* - penso, logo existo.

Descartes propôs uma instrumentalização da natureza, através da explicação matemática e racional dos fenômenos e a sua mecanização: para se compreender um todo, bastaria se compreender as suas partes. Assim, a dedução cartesiana, onde as experiências apenas confirmam os princípios gerais fixados pela razão, ocupa o lugar do pensamento indutivo de Bacon. O

método científico de Descartes predominou até o início do século XX e ficou conhecido como Determinismo Mecanicista.

Após Descartes, enfim, definir o método científico, o pensador Auguste Comte contribuiu para torná-lo mais abrangente. Em sua obra - Lei dos três estados, Comte diz que o conhecimento humano evoluiu do estado teológico para o metafísico, e este evoluiu para o estado positivo, onde não se buscam mais as causas das coisas, mas as leis efetivas da natureza. A partir daí, ele organizou o conhecimento da natureza, composta por classes de fenômenos, em cinco Ciências distintas: Astronomia, Física, Química, Filosofia e Física Social, além da Matemática que, segundo o pensador, é considerada a ciência zero, porque todas as outras dependem dela. Assim, o método científico de Descartes foi expandido por Comitê das Ciências Naturais para as Ciências Sociais e Humanas.





## unidade Didática **1**

### **O conhecimento científico: Um olhar sobre o método científico e sua contribuição para a construção da ciência**

#### **O conhecimento científico**

O conhecimento científico produzido pelo homem, faz parte de um olhar que este tem sobre a natureza, devendo, portanto, ser considerado uma visão de mundo, como o faz a religião e outras culturas. Para a Ciência em particular, todo fenômeno estudado e toda teoria construída é vista como uma aproximação da realidade, sendo o conhecimento científico, uma forma que o homem encontrou não só para descrever e explicar um dado evento, mas também, fazer previsões sobre o mesmo em causas mais gerais.

Num Universo dinâmico tudo está em constante evolução, o Universo no qual vivemos é assim. E a busca pela compreensão deste Cosmos, faz com que o homem em cada época de sua própria evolução, crie teorias na expectativa de explicar como esse funciona, embora muitas vezes, suas crenças, culturas e o próprio meio social o influenciam há algumas vezes, avançar ou retroceder em seus estudos e inspirações. Cada teoria em sua época, e no decorrer das gerações futuras continuam a sofrer influências das gerações presentes, portanto, é de se esperar e compreender que os juízos de valores atribuídos a uma determinada teoria também se modifiquem com o tempo, isso foi muito comum no passado, e ocorre atualmente. Talvez essa seja uma das razões da Ciência e por extensão do conhecimento científico, serem um dos alicerces que contribuíram e, ainda, contribuem para o desenvolvimento da humanidade, pois o conhecimento produzido por uma geração é passado e refinado por gerações seguintes, isto foi muito comum no passado e ainda é hoje.

Nessa perspectiva, e considerando os diversos olhares que se têm sobre a compreensão da natureza, vale se perguntar de que forma esse saber

é instituído, isto é, que cuidados e atenção deve ter o professor ao levar para a sala de aula uma discussão acerca do que é o conhecimento científico, como o mesmo se estrutura, bem como a expansão e os limites de seus métodos. Sobre isso, Nascimento e Carvalho (2004), pautadas em trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001 e 1993), Borges (1996), Toulmin (1977) e Kunh (2000), chamam atenção em seus estudos para algumas considerações e características, que devem ser exploradas quando se objetiva o saber sobre ciência, bem como, a própria construção das concepções acerca do conhecimento científico. São elas:

1. O método científico não é estanque e exclusivo. Tal ideia se opõe ao fato de muitos verem a ciência como uma área rígida do conhecimento, conferindo ao método científico um conjunto de regras mecânicas e inflexíveis, vistas como um meio único de construção do conhecimento;

2. O conhecimento científico, se pauta num processo de construção guiado por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certo fenômeno;

3. A ciência deve ser considerada um produto histórico, portanto, deve ver o conhecimento científico como algo dinâmico, e que naturalmente sofre mudanças e reformulações ao longo da história e ao modo de sua própria evolução;

4. A construção do conhecimento científico não ocorre de forma pontual e linear, ideia esta, muitas vezes difundida entre professores e estudantes. É um dos objetivos da ciência criar interações e relações entre teorias;

5. A ciência é um construto social, político, econômico, cultural e religioso, entre outros. As escolhas feitas pelos cientistas não são desvinculadas destes contextos, resultando muitas vezes em um reflexo dos interesses destes.

A ciência, portanto, não é neutra, é humana, é viva, sendo necessário que ela seja caracterizada como tal.

### *Atividade 1 - Mandando ver*

1.1) Tudo o que aprendemos na escola, faz parte de um conhecimento que foi construído baseado num método chamado de Método Científico. Este, tem por objetivo, condicionar e normatizar a forma como o conhecimento deve ser produzido, validado e transformado em leis e teorias em geral. Na opinião do grupo, que condicionantes, normas, etapas devem ser observadas ou respeitadas para dar maior legitimidade a esse processo?

---

---

---

---

1.2) Por meio do Método Científico, criamos uma forma de observar e compreender a natureza a nossa volta. Que outras formas ou meios de observação você conhece ou já ouviu falar, que também descreve essa mesma natureza por nós observada?

---

---

---

---

1.3) Qual a importância de se ter um Método Científico para observar e descrever a natureza a nossa volta?

---

---

---

---

## *Atividade 2 - Mandando ver*

Com base nas discussões feitas até aqui, faça uma pesquisa e registre o significado de cada termo abaixo, segundo o campo teórico aos quais pertencem.

- Método Científico:

---

---

---

---

- Hipótese:

---

---

---

---

- Fato:

- Lei:

---

---

---

---

- Teoria:

---

---

---

---

**A regra é...**

A Ciência não trabalha com meias verdades, muito embora, o que se acredita ser verdadeiro hoje, pode não significar mais uma representação da verdade no futuro, a percepção a respeito da natureza a nossa volta pode mudar na medida em que se avança teórica e tecnologicamente com os equipamentos que são utilizados para realizar um experimento ou uma observação.

De acordo com Hewitt (2015), a bem da verdade, o meio científico dá alto valor a honestidade dos cientistas, e a regra que norteia a Ciência é a de que todas as hipóteses devem ser testáveis, isto é, serem passíveis de serem negadas. Para a Ciência, tão importante quanto descobrir uma maneira de provar que uma hipótese está correta, é encontrar uma forma de provar que esta ideia está errada. Sendo assim, uma hipótese só é bem elaborada ou aceita no mundo científico, quando se mostra passível de ser testada e/ou refutada experimentalmente.

A essência da Ciência é expressa em duas questões: De que maneira poderíamos conhecer? E qual evidência provaria que uma determinada ideia está errada? Afirmações sem evidências não são científicas e podem ser rejeitadas. De fato, quando queremos descobrir se uma hipótese é científica ou não, devemos verificar se existe algum teste para comprovar que é errônea, se não existir nenhum teste para comprovar sua falsidade, mostrando-se impossível de ser negada, então a hipótese não é científica.

*Atividade 3 - Mandando ver*

Classifique as hipóteses abaixo em Sim (S) para as científicas e Não (N) para as não científicas.

- a) (    ) Os átomos são as menores partículas existentes de matéria.
- b) (    ) O espaço é permeado com uma essência não detectável.
- c) (    ) Albert Einstein foi o maior físico do século XX.
- d) (    ) A vida evolui de formas mais simples para as mais complexas.
- e) (    ) A luz é desviada pela gravidade.
- f) (    ) O alinhamento dos planetas no céu, determina a melhor ocasião para tomar decisões.
- g) (    ) Existe vida inteligente em outros planetas em algum lugar do universo.
- h) (    ) Não existe outra forma de vida inteligente no universo.

### *Atividade 4 - Fazendo ciência*

Galerinha, nesta atividade, vocês não poderão visualizar os objetos que estão dentro do balão, e nem tão pouco tocá-los, por isso, **passa para outro...**, contudo, escolham um integrante do grupo, para ser este, e somente este, quem poderá manusear o sistema. Ao restante, caberá dizer certas ações para serem executadas pelo manipulador, registrando as observações sem qualquer ajuda deste, conforme indicações a seguir:

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

a) Registre as ações que serão ordenadas para serem executadas pelo manipulador.

---

---

---

---

b) Registre o que foi observado após a execução de cada ação ordenada.

---

---

---

---

c) Com base nas questões acima, do que o sistema é constituído?

---

---

---

---

d) Esse sistema possuiu estruturas internas? Quais seriam suas estruturas mais elementares?

---

---

---

---

e) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

---

---

---

---

f) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

---

---

---

---

### *Atividade 5 - Varal de ideias*

E aí, quase se sentindo um cientista? Fazer ciência não é nada fácil. Você já deve ter percebido que essa vida não é só de glamour... Einstein e tantos outros que o digam.

5.1) Após seguir as orientações do professor, registrem no Quadro – Primeiro registro, os códigos que estão presentes na parte de trás de cada cartão.

Quadro - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

5.2) Agora, socializem suas conclusões com o restante da turma, negociando caso necessário, a troca de cartão com os demais. Após esta ação, registrem no Quadro – Segundo registro, os códigos dos cartões que tem agora.

Quadro - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

### **Mais sobre o método científico**<sup>5</sup>

O surgimento do método científico remonta ao século XII, o período do Renascimento. Após uma decadência geral da civilização na Idade Média, em que não houve praticamente nenhum avanço científico importante, os

---

<sup>5</sup> Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

estudiosos europeus começaram a ter contato com o conhecimento e culturas além de suas fronteiras e voltaram a observar os trabalhos de antigos pensadores, como Aristóteles, Ptolomeu e Euclides. Uma comunidade científica mais ampla foi, então, sendo construída.

Foi com Roger Bacon e Francis Bacon que a ideia de método científico foi começando a surgir. O primeiro, um frade franciscano, cientista e estudioso inglês, buscava o fim da aceitação cega de certas ideias bastante divulgadas, como as de Aristóteles que, apesar de valiosas, eram tidas como fatos, mesmo sem provas. Ele foi o primeiro a defender a experimentação como fonte de conhecimento e um dos responsáveis pela base do empirismo.

Já Francis Bacon foi quem fixou a base do que Descartes transformou, mais tarde, em método científico. Ele deu ao conhecimento um caráter mais funcional e afirmava que apenas a investigação científica poderia garantir o desenvolvimento do homem e o domínio do mesmo sobre a natureza. Publicou, em 1621, uma nova abordagem na investigação científica que pregava o raciocínio indutivo, com o título de *Novum Organum Scientiarum*. Suas ideias foram fortemente influenciadas por Nicolau Copérnico e Galileu Galilei.

O divisor de águas...

Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

Apesar de concordar com Francis Bacon em relação à natureza ser entendida e modificada em favor do homem, Descartes dizia que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Para o filósofo, a única coisa que da qual não se pode duvidar é o pensamento, pois este é o fruto da razão, que é o que gera a certeza. Isso o levou à máxima *cogito ergo sum* - penso, logo existo.

Descartes propôs uma instrumentalização da natureza, através da explicação matemática e racional dos fenômenos e a sua mecanização: para se compreender um todo, bastaria se compreender as suas partes. Assim, a dedução cartesiana, onde as experiências apenas confirmam os princípios gerais fixados pela razão, ocupa o lugar do pensamento indutivo de Bacon. O

método científico de Descartes predominou até o início do século XX e ficou conhecido como Determinismo Mecanicista.

Após Descartes, enfim, definir o método científico, o pensador Auguste Comte contribuiu para torná-lo mais abrangente. Em sua obra - Lei dos três estados, Comte diz que o conhecimento humano evoluiu do estado teológico para o metafísico, e este evoluiu para o estado positivo, onde não se buscam mais as causas das coisas, mas as leis efetivas da natureza. A partir daí, ele organizou o conhecimento da natureza, composta por classes de fenômenos, em cinco Ciências distintas: Astronomia, Física, Química, Filosofia e Física Social, além da Matemática que, segundo o pensador, é considerada a ciência zero, porque todas as outras dependem dela. Assim, o método científico de Descartes foi expandido por Comitê das Ciências Naturais para as Ciências Sociais e Humanas.





## unidade Didática **1**

### **O conhecimento científico: Um olhar sobre o método científico e sua contribuição para a construção da ciência**

#### **O conhecimento científico**

O conhecimento científico produzido pelo homem, faz parte de um olhar que este tem sobre a natureza, devendo, portanto, ser considerado uma visão de mundo, como o faz a religião e outras culturas. Para a Ciência em particular, todo fenômeno estudado e toda teoria construída é vista como uma aproximação da realidade, sendo o conhecimento científico, uma forma que o homem encontrou não só para descrever e explicar um dado evento, mas também, fazer previsões sobre o mesmo em causas mais gerais.

Num Universo dinâmico tudo está em constante evolução, o Universo no qual vivemos é assim. E a busca pela compreensão deste Cosmos, faz com que o homem em cada época de sua própria evolução, crie teorias na expectativa de explicar como esse funciona, embora muitas vezes, suas crenças, culturas e o próprio meio social o influenciam há algumas vezes, avançar ou retroceder em seus estudos e inspirações. Cada teoria em sua época, e no decorrer das gerações futuras continuam a sofrer influências das gerações presentes, portanto, é de se esperar e compreender que os juízos de valores atribuídos a uma determinada teoria também se modifiquem com o tempo, isso foi muito comum no passado, e ocorre atualmente. Talvez essa seja uma das razões da Ciência e por extensão do conhecimento científico, serem um dos alicerces que contribuíram e, ainda, contribuem para o desenvolvimento da humanidade, pois o conhecimento produzido por uma geração é passado e refinado por gerações seguintes, isto foi muito comum no passado e ainda é hoje.

Nessa perspectiva, e considerando os diversos olhares que se têm sobre a compreensão da natureza, vale se perguntar de que forma esse saber

é instituído, isto é, que cuidados e atenção deve ter o professor ao levar para a sala de aula uma discussão acerca do que é o conhecimento científico, como o mesmo se estrutura, bem como a expansão e os limites de seus métodos. Sobre isso, Nascimento e Carvalho (2004), pautadas em trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001 e 1993), Borges (1996), Toulmin (1977) e Kunh (2000), chamam atenção em seus estudos para algumas considerações e características, que devem ser exploradas quando se objetiva o saber sobre ciência, bem como, a própria construção das concepções acerca do conhecimento científico. São elas:

1. O método científico não é estanque e exclusivo. Tal ideia se opõe ao fato de muitos verem a ciência como uma área rígida do conhecimento, conferindo ao método científico um conjunto de regras mecânicas e inflexíveis, vistas como um meio único de construção do conhecimento;

2. O conhecimento científico, se pauta num processo de construção guiado por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certo fenômeno;

3. A ciência deve ser considerada um produto histórico, portanto, deve ver o conhecimento científico como algo dinâmico, e que naturalmente sofre mudanças e reformulações ao longo da história e ao modo de sua própria evolução;

4. A construção do conhecimento científico não ocorre de forma pontual e linear, ideia esta, muitas vezes difundida entre professores e estudantes. É um dos objetivos da ciência criar interações e relações entre teorias;

5. A ciência é um construto social, político, econômico, cultural e religioso, entre outros. As escolhas feitas pelos cientistas não são desvinculadas destes contextos, resultando muitas vezes em um reflexo dos interesses destes.

A ciência, portanto, não é neutra, é humana, é viva, sendo necessário que ela seja caracterizada como tal.

### *Atividade 1 - Mandando ver*

1.1) Tudo o que aprendemos na escola, faz parte de um conhecimento que foi construído baseado num método chamado de Método Científico. Este, tem por objetivo, condicionar e normatizar a forma como o conhecimento deve ser produzido, validado e transformado em leis e teorias em geral. Na opinião do grupo, que condicionantes, normas, etapas devem ser observadas ou respeitadas para dar maior legitimidade a esse processo?

---

---

---

---

1.2) Por meio do Método Científico, criamos uma forma de observar e compreender a natureza a nossa volta. Que outras formas ou meios de observação você conhece ou já ouviu falar, que também descreve essa mesma natureza por nós observada?

---

---

---

---

1.3) Qual a importância de se ter um Método Científico para observar e descrever a natureza a nossa volta?

---

---

---

---

## *Atividade 2 - Mandando ver*

Com base nas discussões feitas até aqui, faça uma pesquisa e registre o significado de cada termo abaixo, segundo o campo teórico aos quais pertencem.

- Método Científico:

---

---

---

---

- Hipótese:

---

---

---

---

- Fato:

---

---

---

---

- Lei:

---

---

---

---

- Teoria:

---

---

---

---

**A regra é...**

A Ciência não trabalha com meias verdades, muito embora, o que se acredita ser verdadeiro hoje, pode não significar mais uma representação da verdade no futuro, a percepção a respeito da natureza a nossa volta pode mudar na medida em que se avança teórica e tecnologicamente com os equipamentos que são utilizados para realizar um experimento ou uma observação.

De acordo com Hewitt (2015), a bem da verdade, o meio científico dá alto valor a honestidade dos cientistas, e a regra que norteia a Ciência é a de que todas as hipóteses devem ser testáveis, isto é, serem passíveis de serem negadas. Para a Ciência, tão importante quanto descobrir uma maneira de provar que uma hipótese está correta, é encontrar uma forma de provar que esta ideia está errada. Sendo assim, uma hipótese só é bem elaborada ou aceita no mundo científico, quando se mostra passível de ser testada e/ou refutada experimentalmente.

A essência da Ciência é expressa em duas questões: De que maneira poderíamos conhecer? E qual evidência provaria que uma determinada ideia está errada? Afirmações sem evidências não são científicas e podem ser rejeitadas. De fato, quando queremos descobrir se uma hipótese é científica ou não, devemos verificar se existe algum teste para comprovar que é errônea, se não existir nenhum teste para comprovar sua falsidade, mostrando-se impossível de ser negada, então a hipótese não é científica.

### *Atividade 3 - Mandando ver*

Classifique as hipóteses abaixo em Sim (S) para as científicas e Não (N) para as não científicas.

- a) (    ) Os átomos são as menores partículas existentes de matéria.
- b) (    ) O espaço é permeado com uma essência não detectável.
- c) (    ) Albert Einstein foi o maior físico do século XX.
- d) (    ) A vida evolui de formas mais simples para as mais complexas.
- e) (    ) A luz é desviada pela gravidade.
- f) (    ) O alinhamento dos planetas no céu, determina a melhor ocasião para tomar decisões.
- g) (    ) Existe vida inteligente em outros planetas em algum lugar do universo.
- h) (    ) Não existe outra forma de vida inteligente no universo.

### *Atividade 4 - Fazendo ciência*

Galerinha, nesta atividade, vocês não poderão visualizar os objetos que estão dentro do balão, contudo, poderão manipular diretamente o sistema de modo a observar o resultado dessa interação. Assim, podem tudo, **só não podem ver...** Na sequência registrem suas conclusões conforme as questões a seguir.

Problema: Discutir quais objetos constituem o sistema de estudo e prever seu comportamento mediante as situações apontadas, com base nas seguintes questões:

- a) Registre as ações que serão executadas pelo grupo.

---

---

---

---

- b) Registre o que foi observado após a execução de cada ação.

---

---

---

---

- c) Com base nas questões acima, do que o sistema é constituído?

---

---

---

---

- d) Esse sistema possuiu estruturas internas? Quais seriam suas estruturas mais elementares?

---

---

---

---

e) Formule um modelo teórico condizente com suas respostas anteriores, a fim de descrever a constituição do sistema e seu comportamento mediante as ações pontuadas.

---

---

---

---

f) Formule uma hipótese científica que pode validar ou não o modelo teórico proposto.

---

---

---

---

### *Atividade 5 - Varal de ideias*

E aí, quase se sentindo um cientista? Fazer ciência não é nada fácil. Você já deve ter percebido que essa vida não é só de glamour... Einstein e tantos outros que o digam.

5.1) Após seguir as orientações do professor, registrem no Quadro – Primeiro registro, os códigos que estão presentes na parte de trás de cada cartão.

Quadro - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

5.2) Agora, socializem suas conclusões com o restante da turma, negociando caso necessário, a troca de cartão com os demais. Após esta ação, registrem no Quadro – Segundo registro, os códigos dos cartões que tem agora.

Quadro - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul	Cartão Vermelho	Cartão Verde

### **Mais sobre o método científico<sup>6</sup>**

O surgimento do método científico remonta ao século XII, o período do Renascimento. Após uma decadência geral da civilização na Idade Média, em que não houve praticamente nenhum avanço científico importante, os estudiosos europeus começaram a ter contato com o conhecimento e culturas

---

<sup>6</sup> Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

além de suas fronteiras e voltaram a observar os trabalhos de antigos pensadores, como Aristóteles, Ptolomeu e Euclides. Uma comunidade científica mais ampla foi, então, sendo construída.

Foi com Roger Bacon e Francis Bacon que a ideia de método científico foi começando a surgir. O primeiro, um frade franciscano, cientista e estudioso inglês, buscava o fim da aceitação cega de certas ideias bastante divulgadas, como as de Aristóteles que, apesar de valiosas, eram tidas como fatos, mesmo sem provas. Ele foi o primeiro a defender a experimentação como fonte de conhecimento e um dos responsáveis pela base do empirismo.

Já Francis Bacon foi quem fixou a base do que Descartes transformou, mais tarde, em método científico. Ele deu ao conhecimento um caráter mais funcional e afirmava que apenas a investigação científica poderia garantir o desenvolvimento do homem e o domínio do mesmo sobre a natureza. Publicou, em 1621, uma nova abordagem na investigação científica que pregava o raciocínio indutivo, com o título de *Novum Organum Scientiarum*. Suas ideias foram fortemente influenciadas por Nicolau Copérnico e Galileu Galilei.

O divisor de águas...

Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

Apesar de concordar com Francis Bacon em relação à natureza ser entendida e modificada em favor do homem, Descartes dizia que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Para o filósofo, a única coisa que da qual não se pode duvidar é o pensamento, pois este é o fruto da razão, que é o que gera a certeza. Isso o levou à máxima *cogito ergo sum* - penso, logo existo.

Descartes propôs uma instrumentalização da natureza, através da explicação matemática e racional dos fenômenos e a sua mecanização: para se compreender um todo, bastaria se compreender as suas partes. Assim, a dedução cartesiana, onde as experiências apenas confirmam os princípios gerais fixados pela razão, ocupa o lugar do pensamento indutivo de Bacon. O método científico de Descartes predominou até o início do século XX e ficou conhecido como Determinismo Mecanicista.

Após Descartes, enfim, definir o método científico, o pensador Auguste Comte contribuiu para torná-lo mais abrangente. Em sua obra - Lei dos três estados, Comte diz que o conhecimento humano evoluiu do estado teológico para o metafísico, e este evoluiu para o estado positivo, onde não se buscam mais as causas das coisas, mas as leis efetivas da natureza. A partir daí, ele organizou o conhecimento da natureza, composta por classes de fenômenos, em cinco Ciências distintas: Astronomia, Física, Química, Filosofia e Física Social, além da Matemática que, segundo o pensador, é considerada a ciência zero, porque todas as outras dependem dela. Assim, o método científico de Descartes foi expandido por Comitê das Ciências Naturais para as Ciências Sociais e Humanas.





## Modelos atômicos

### Uma parte do todo

Muitas foram e ainda são as especulações sobre a origem de tudo. Atualmente, algumas teorias a exemplo do *Big Bang*, apontam para uma interpretação lógica e coerente sobre essa origem, muito embora, ainda faltam alguns tijolos para completar a construção de uma teoria sobretudo, a chamada Teoria Mãe.

Essa busca audaciosa por uma teoria que de forma simples possa transcrever numa única equação todos os fenômenos que observamos na natureza e, conseqüentemente explicar a origem do universo e sua evolução, começou com questionamentos e observação bastante simples para nossa época, mas que no passado, serviu de força motriz para impulsionar a busca por respostas sobre o próprio cosmos. O olhar sobre a natureza, e o registro evolutivo dessas observações, fez com que este Cosmos fosse, de geração em geração, por meio da transferência acadêmica e cultural do conhecimento, ganhando uma forma e uma dimensão a partir de uma perspectiva científica, o que leva à geração atual, olhar para a natureza e vê-la diferente do que era séculos atrás. Partindo de uma observação mais atualizada, é possível considerar o Universo como resultado de um processo de evolução que tem raízes fundamentadas em seus primórdios, isto é, o que é visto hoje, é uma combinação de forças e partículas fundamentais, assunto que será explanado na sequência.

Hoje, é consensual a ideia de que, para se ter um pouco de compreensão sobre a natureza e sobre o comportamento e a forma com que estas forças se manifestam, é necessário entender do que são formadas as coisas a nossa volta, ou seja, do que a matéria é formada. É remoto o interesse

do homem por saber do que as coisas são formadas e, indiretamente, por meio desse conhecimento, explicar a ocorrência dos fenômenos observados.

Você deve estar se perguntando: Afinal, quando essa busca começou? Quem foram seus precursores? Daquela época até aqui, o que se sabe sobre a natureza das coisas?

Bem, essas perguntas, embora pareçam simples, envolvem uma complexa busca em relatos históricos que descrevam as grandes descobertas da humanidade. Quanto aos seus autores, esses são inúmeros, alguns, bastante conhecidos, outros, sem nivelar aqui seu grau de importância ou contribuição, são lembrados ou trazidos ao conhecimento quando tratamos de questões mais específicas ou buscas mais detalhadas.

Rocha (2002, p.36-70), descreve como o Cosmos foi interpretado segundo os povos antigos. O autor relata que todas as civilizações antigas tinham um ou mais mitos de criação para responder basicamente às seguintes questões em geral: houve um início de tudo? O Universo surge do nada ou como obra de um ou mais criadores? Como surgiu e foi organizado o mundo material? Como surgiram os seres vivos? Em geral, na tentativa de responderem a estas questões, vê-se relato de povos que descrevem um Universo com início, com ou sem criadores, um Universo permanente, portanto, sem criação, ou ainda um Universo cíclico.

Na busca às respostas para as questões pontuadas, Rocha (2002, p. 39) destaca que para os Hebreus, segundo seus registros bíblicos, o Universo teve um início, sendo este, obra de um único criador. Para os babilônicos, *Enuma Elis*, é considerado seu mito da criação, descrevendo que o Universo teve uma origem, tendo como criadores várias divindades, sendo responsáveis também pelo seu movimento. Compartilhando desta mesma visão, tem-se o povo egípcio, que assim como os babilônicos, creditavam a origem do universo a vários deuses, colocando estes em precedência de importância aos homens. Para os Chineses, sua referência é o taoísmo, que surgiu em torno do século VI a.C. com Lao Tsé. Diferente da concepção ocidental, estes percebem um Universo que surge espontaneamente do caos, defendendo uma ideia dialética bipolar da natureza, representados por dois princípios contrários e

complementares, as forças *Yin* e *Yang*. Já o código de Manu, indiano, descreve um universo cíclico sem início e sem fim, com sucessivas criações e destruições por obra da divindade Shiva.

Nesse contexto, será abordado na sequência um recorte de toda essa evolução história, trazendo à luz, alguns fatos e autores que nesse momento considerou-se serem mais relevantes para o estudo proposto.

## Atividade 1 - Mandando ver

1.1.) A Figura: O átomo, ilustra uma situação que se passa com supostos filósofos da antiguidade. Estes, acreditavam que, dividindo qualquer tipo de matéria em pedaços cada vez menores, chegariam a um pedaço elementar e, portanto, indivisível. A esta menor parte da matéria foi dada o nome de átomo, palavra de origem grega que significa não divisível. Em grupo, discuta com seus colegas que modelo estrutural melhor representaria o átomo para aquela época e registre a seguir suas conclusões.

FIGURA: O átomo



Fonte: Adaptado de:  
<http://modeloatomico3.blogspot.com/2011/04/historia-dos-modelos-atomicos.html>

1.2) Tomando como referência a percepção que seu grupo tem sobre o modelo atômico, este condiz com o modelo apontado na questão anterior? Se não, em quais aspectos se diferem?

---



---



---



---

1.3) Façam um desenho representando no quadro a esquerda o modelo do átomo tido na antiguidade na opinião do grupo e, no quadro da direita, o modelo considerado atual na percepção do grupo, destacando em cada um, suas partes constituintes.

--	--

## *Atividade 2 - Varal de ideias*

2.1) E aí, a fim de embarcar numa história e desvendar junto com seus colegas qual a estrutura atual que temos para o átomo? Você vai perceber que essa busca por uma explicação acerca da natureza das coisas é muito, mas muito antiga, e apesar do tempo, ainda está longe de acabar. Após seguir as orientações do seu professor, registre no Quadro - Primeiro registro, a palavra-chave impressa no cartão amarelo escolhido e nome das personalidades científicas que estão no verso dos cartões azuis que vocês escolheram.

QUADRO - Primeiro registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul		

2.2) Caro aluno, concluída esta fase, apresente aos demais grupos seu modelo atômico em 3D, socializando os cartões escolhidos. Aguarde o término da apresentação de todos os grupos e, caso necessário, acordem com seu professor a troca dos cartões azuis com os outros grupos, de modo a buscarem uma maior relação entre o modelo atômico observado com os cartões que possuem. Dando continuidade à atividade, registrem no Quadro - Segundo registro, as informações correspondentes aos cartões que estão em suas posses. Esse novo registro deve ser feito, mesmo que não tenha havido troca de cartão com outros grupos.

QUADRO - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul		

Para concluir esta atividade, aguarde as orientações do seu professor para prosseguir com os encaminhamentos finais. O desafio, é organizar

cronologicamente no varal que está disposto na lousa, os cartões amarelos com suas respectivas descrições impressas nos cartões azuis. Participe dessa construção contribuindo com o que aprendeu até esse momento.

### *Atividade 3 - Mandando ver*

E aí pessoal, quanta evolução não é não? De fato, a história sobre a evolução do modelo atômico é um legado de grandes mistérios e descobertas. Muito avançou-se nesse campo teórico. Um campo que além de nos esclarecer do que a matéria é feita, também pode dizer muito sobre a origem do nosso Universo.

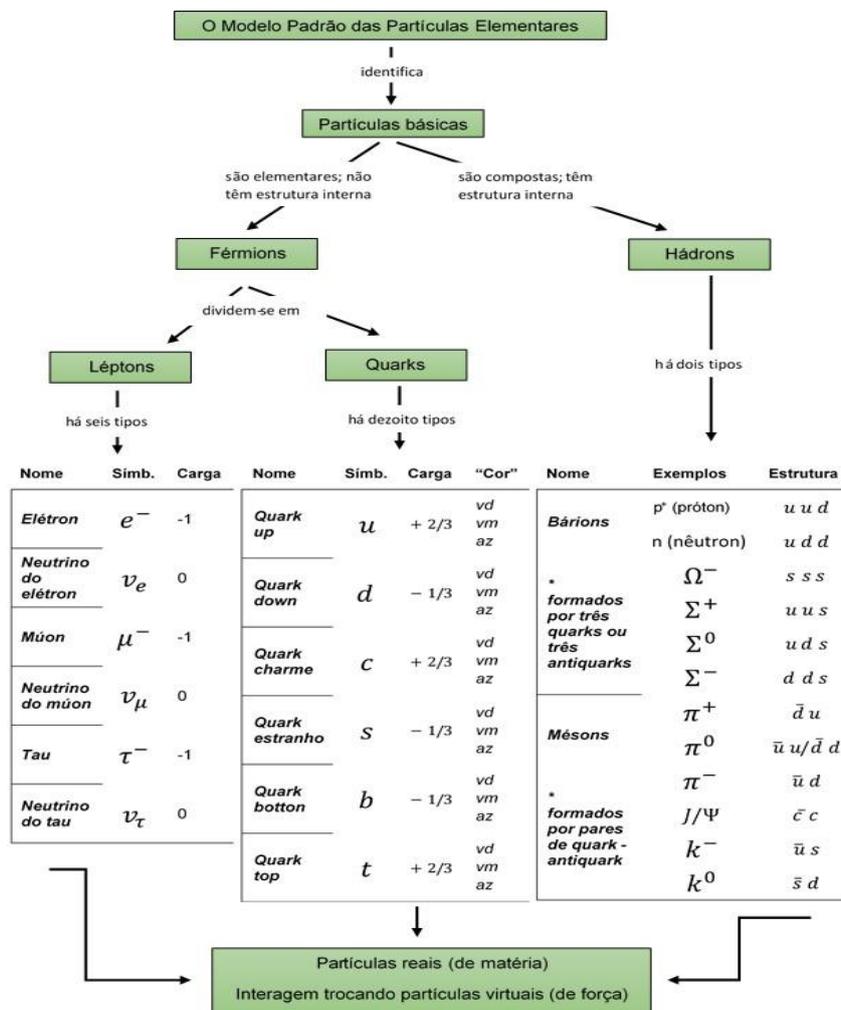
Esta próxima atividade tem como objetivo sistematizar o que você aprendeu até aqui acerca de alguns modelos estudados, afinal, é preciso organizarmos as ideias. Seu grupo deve agora completar o Quadro - Resumindo ideias, podendo utilizar algumas informações disponíveis nos cartões, entre outros registros, contemplando também a explanação feita pelo seu professor. Bom trabalho...

<b>QUADRO - Resumindo ideias...</b>		
<b>Modelo</b>	<b>Época</b>	<b>Ideia central</b>
Arché e os quatro elementos	700 a.C. a 400 a.C.	
Dalton - bola de bilhar	Séc. XVIII a Séc. XIX	
Thomson - pudim de passas	Séc. XIX a Séc. XX	
Planetário	Séc. XIX a Séc. XX	
Quarks	Séc. XXI	

### Atividade 4 - Mandando ver (primeiro momento)

Caro aluno, esta atividade será feita em dois momentos. Para esse primeiro momento observe a Figura – Algumas partículas elementares, que trata de uma adaptação cuja original foi extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antônio Moreira. A finalidade da mesma, é dar a você estudante uma ideia da quantidade de partículas que até então constituem o átomo, sem esgotar, contudo, as especificidades de cada uma, seu comportamento e a forma como interagem com outras partículas. Aqui, estão representadas algumas de pouco mais de uma centena de partículas atualmente conhecidas.

FIGURA - Algumas partículas elementares



Fonte: Adaptado de: MOREIRA, M. A. Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011

Agora que você conhece um pouco mais do modelo atômico e sua constituição, talvez deva estar se perguntando: afinal, o que mantém unido todas as partículas que compõe o núcleo atômico? Quanto aos elétrons, por que estes não colapsam em direção ao núcleo?

Talvez você deva ter aprendido nas aulas de Química ou de Física, que partículas de mesma carga elétrica se repelem, e de cargas contrárias se atraem, logo, seria prudente imaginar que o núcleo do átomo não devesse ser estável devido à grande concentração de cargas positivas. Também, que o elétron, partícula de carga negativa, deveria colapsar em direção ao núcleo atômico, devido atração coulombiana entre eles. E aí fica a pergunta, o que mantém essa estrutura da forma como acabamos de conhecer?

4.1) Discuta em seu grupo e formulem hipóteses sobre o que mantém o núcleo do átomo unido como foi representado por alguns modelos. Registrem suas ideias.

---

---

---

---

4.2) Registre ao que se deve ao fato de o elétron não colapsar em direção ao núcleo do átomo. Será que temos aqui alguma força oculta?

---

---

---

---

4.3) As afirmações abaixo, dizem respeito a estrutura do átomo e algumas forças que podem estar presentes no mesmo. Julgue-as em verdadeiras ou falsas, justificando as falsas.

a) (    ) O elétron, ao mover-se em órbita ao redor do núcleo, perde energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

---

---

---

---

b) (    ) Ao saltar de uma órbita para outra, o elétron passa a mover-se com uma nova quantidade de energia. Tal quantidade depende de sua distância em relação ao núcleo do átomo.

---

---

---

---

c) (    ) Quando um elétron muda de uma órbita para outra, uma radiação eletromagnética é absorvida ou emitida por ele.

---

---

---

---

d) (    ) Estabilidade do núcleo atômico deve-se a forças de atração, muito mais fortes do que as forças de repulsão coulombiana, isto é, forças decorrentes de suas cargas elétricas.

---

---

---

---

e) (    ) No átomo, a força que mantém os elétrons em órbita ao redor do núcleo é a gravitacional.

---

---

---

---

f) ( ) Quanto maior o número atômico de um dado elemento, mais estável ele se mantém, pois, nele podemos observar maior quantidade de nêutrons em seu núcleo, diminuindo assim a repulsão entre os prótons ali presentes.

---

---

---

---

g) ( ) No átomo, além das partículas fundamentais que o constitui, temos outras que são responsáveis por manter sua estrutura estável ou em desintegração nuclear para adquirir tal estabilidade.

---

---

---

---

E aí, será que as hipóteses levantadas em seu grupo, são condizentes com as teorias já formuladas para explicar as questões pontuadas no início dessa atividade? Faça a leitura do texto - Se liga, eu tenho a força, adaptado do original Partículas Elementares e Interações Fundamentais, da autora Fernanda Ostermann, do Instituto de Física da UFRGS, complementando com as informações contidas no Quadro – Características das Interações Fundamentais e na Figura – Interações Fundamentais, apresentados ao final desse texto.

### **Se liga, eu tenho a força...**

Força é o que provoca alteração no estado de movimento de um corpo. Na Física Moderna, as forças são transmitidas pela troca de partículas mediadoras. Quando duas partículas exercem força uma sobre a outra, elas o fazem pela troca de uma partícula mediadora.

Uma possível analogia para o entendimento das interações via troca de partículas é o jogo do bumerangue. Um jogador, de costas para o outro, lança o bumerangue o qual, inicialmente, se afasta do segundo jogador, que também está de costas para o primeiro. Em seguida, o bumerangue faz uma curva, atingindo o segundo jogador.

Levando-se em conta os recuos de cada um, tanto o que lançou o bumerangue quanto o que o agarrou, o resultado efetivo é uma atração entre os dois jogadores devido à troca do bumerangue.

Embora conheçamos vários tipos de interação e de força, na raiz de todas elas estão presentes apenas quatro, denominadas de forças ou interações fundamentais: força gravitacional, força eletromagnética, força forte e força fraca.

- **Força ou interação gravitacional:** Partindo da relação entre massa e energia, já representada pela equação  $E = m \cdot c^2$ , podemos considerar que quaisquer corpos que possuem massa atraem-se mutuamente. Esta interação, chamada de força gravitacional, diminui de intensidade quanto maior for a distância entre os corpos. Esta é a força que rege todos os movimentos dos corpos celestes no universo. Já no campo da Física de Altas Energias, esta interação não será importante quando a energia cinética da partícula for muito maior que sua energia potencial gravitacional, o que normalmente acontece. Mas, é claro, que todos os objetos com massa experimentam a força gravitacional, mesmo quando esta é muito fraca. A partícula mediadora da força gravitacional é chamada de gráviton, mas esta nunca foi detectada experimentalmente. Esta partícula é a responsável pela presença do que chamamos de campo ao redor de um corpo, como o observado ao redor de uma carga elétrica, ou de um ímã. Assim, o campo gravitacional nada mais é do que

um campo de grávitons. A força gravitacional é uma força atrativa de longo alcance.

- **Força ou interação eletromagnética:** a origem da força eletromagnética, tem relação com a carga elétrica que os corpos possuem. Esta força é responsável pela atração ou repulsão entre partículas que possuem cargas de sinais diferentes ou iguais respectivamente. Já as partículas neutras (como o nêutron e o neutrino), não interagem eletromagneticamente. É via interação eletromagnética que os elétrons e o núcleo estão unidos formando os átomos. Como no caso da força gravitacional, a força eletromagnética é de longo alcance, proporcional à carga das partículas e torna-se cada vez mais fraca à medida que a distância inter partículas aumenta. A partícula mediadora desta interação é o fóton. A primeira evidência de sua existência ocorreu em 1905, quando Einstein explicou, a partir de evidências experimentais, o efeito fotoelétrico, atribuindo à luz propriedades corpusculares, através da hipótese de que sua energia é armazenada em pequenos pacotes: os fótons. A intensidade da energia presente em cada fóton pode assumir valores discretos dentro do espectro das ondas eletromagnéticas, determinando assim seu tipo. Temos, portanto, fótons de ondas de rádio, de raios gama, de luz visível, de radiação ultravioleta, de raios X, de radiação infravermelha, entre outros.

- **Força ou interação forte:** a força forte é uma força atrativa que age entre os núcleons (o nome coletivo para prótons e nêutrons). É atrativa para todas as combinações de prótons e nêutrons, ou seja, um núcleon atrai outro núcleon. Não fosse pela força forte, o núcleo não seria estável, pois a força eletromagnética de repulsão entre os prótons causaria seu rompimento. As partículas classificadas como hádrons, são constituídas por quarks, e a força que os mantém próximos é do tipo força forte, afetando assim somente e todos os tipos de hádrons. Semelhante às outras interações, a interação forte é descrita por meio de campos de força, e as partículas mediadoras são os glúons. Já observada experimentalmente, é um tipo de partícula dotada de uma carga cor, com oito combinações, isto é, oito tipos de glúons. A interação forte é composta de duas partes: a interação fundamental ou interação de cor e a interação forte residual. A interação de cor é responsável pela força atrativa

(força cor) entre os quarks, que ficam confinados dentro dos hádrons. A interação residual é responsável pela força existente entre prótons e nêutrons e pode ser imaginada como sendo mediada pela troca de mésons, partícula cuja função assemelha-se ao fóton na interação eletromagnética. Esta força é de curto alcance, pois está restrita a dimensões de  $10^{-15}$  m (dentro do núcleo).

- **Força ou interação fraca:** A força fraca é assim chamada porque é fraca em intensidade se comparada à forte. Esta é a força responsável pelos decaimentos radiativos, sendo assim, está presente em todas as reações envolvendo neutrinos, partículas sem carga num total de seis, cuja massa acredita-se ser muito próxima de zero. Essa interação é responsável também pelo decaimento (desintegração) relativamente lento de partículas subatômicas como nêutrons e prótons, a exemplo do decaimento  $\beta$ . Nesse decaimento, verifica-se três processos radioativos nos quais o número de massa (soma de prótons e neutros) de um elemento químico permanece constante, enquanto seu número atômico (número de prótons) e seu número de nêutrons variam de uma unidade. As partículas denominadas  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são os quanta do campo fraco e, portanto, mediadoras da interação fraca. Essa força ou interação fraca por atuar sobre os neutrinos e os hádrons, a exemplo dos prótons e neutros, atua em geral sobre todos os tipos de Léptons. No caso dos neutrinos, essa é a única interação experimentada. Estes mediadores são muito massivos, ao contrário das outras partículas mediadoras (gráviton, fóton e glúon) que possuem massa de repouso nula, estes têm massa quase cem vezes maior que a massa do próton, o que implica que a força fraca tem um raio de ação limitado, sendo este da ordem de  $10^{-17}$  m.

Em geral, todas essas interações fundamentais ocorrem como se as partículas interagentes trocassem (emitissem e absorvessem) outras partículas entre si, ou seja, trocassem partículas mediadoras. Essas partículas como vimos, são os fótons na interação eletromagnética, os glúons na interação forte, as partículas W e Z na interação fraca e os grávitons (ainda não detectados) na interação gravitacional. Por não possuírem massa (exceto W e Z) mas energia, todas são chamadas de partículas virtuais. O Quadro – Características das Interações Fundamentais, resume um pouco do que foi descrito até aqui.

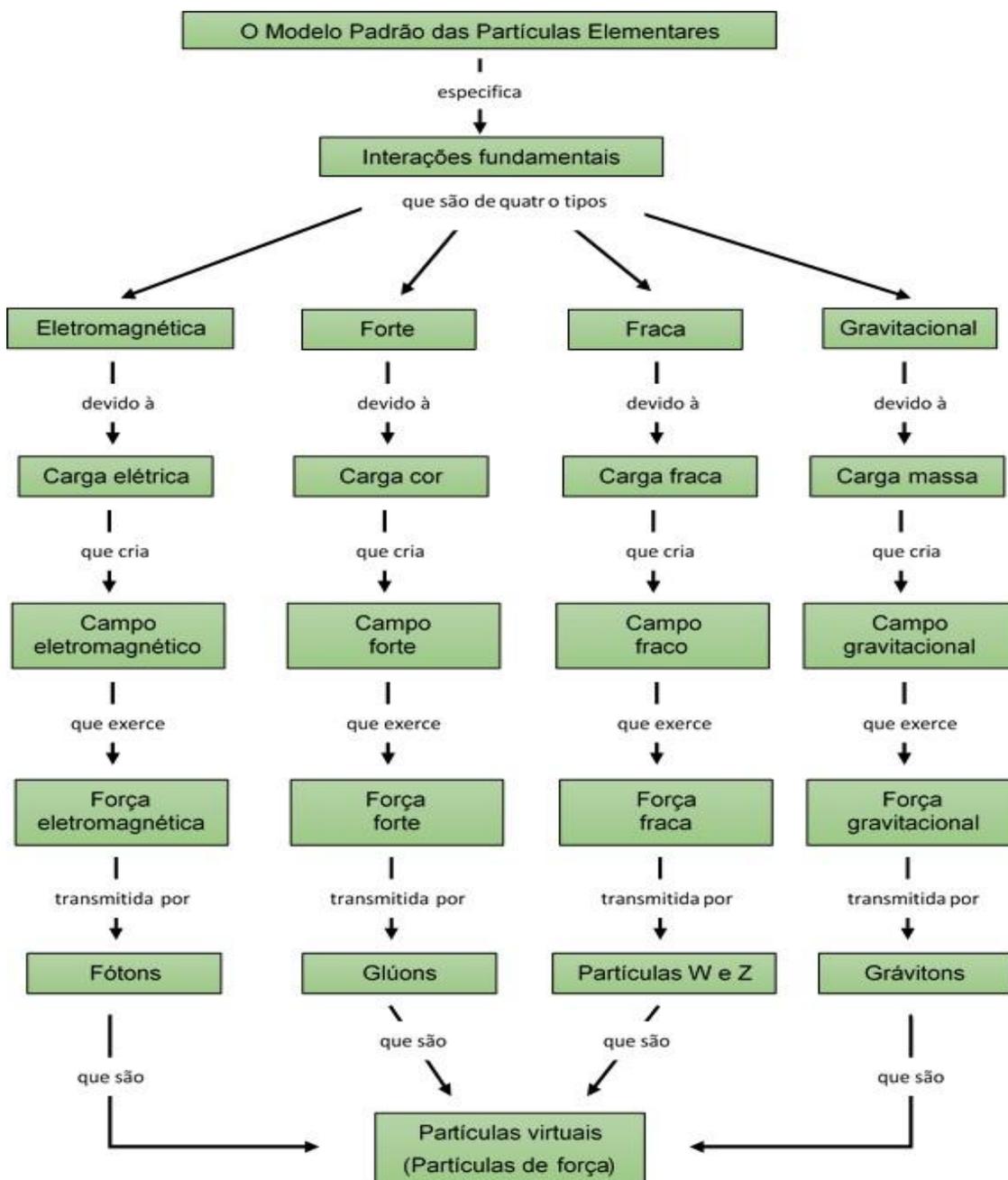
QUADRO - Características das Interações Fundamentais

<b>Interação</b>	<b>Bóson mediador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Alcance (m)</b>	<b>Tempo de interação (s)</b>	<b>Constante de acoplamento (força)</b>
Forte	Glúon	Carga cor	$10^{-15}$	$10^{-23}$	1
Eletromagnética	Fóton	Carga elétrica	$\infty$	$10^{-18}$	1/137
Fraca	$W^{\pm}, Z^0$	Carga fraca	$10^{-18}$	$10^{-16}$ a $10^{-10}$	$10^{-5}$
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	$\infty$	-	$10^{-38}$

Fonte: Adaptado de: TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, (p.413).

A Figura – Interações Fundamentais, adaptada e extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antônio Moreira, completa o modelo padrão das partículas elementares. Enquanto na anterior, destacou-se as partículas básicas, nessa descreve-se as interações fundamentais.

FIGURA - Interações Fundamentais



Fonte: Adaptado de: MOREIRA, M. A. Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011

### *Atividade 4 - Mandando ver (segundo momento)*

Agora que seu grupo fez a leitura do texto - Se liga, eu tenho a força, complementando com as informações contidas no Quadro – Características das Interações Fundamentais, e na Figura – Interações Fundamentais, apresentada ao final do mesmo, avalie seus registros feitos nos itens 4.1, 4.2 e 4.3, fazendo as correções necessárias, anotando abaixo as novas considerações:

4.1) Discuta em seu grupo e formulem hipóteses sobre o que mantém o núcleo do átomo unido como foi representado por alguns modelos. Registrem suas ideias.

---

---

---

---

4.2) Registre ao que se deve ao fato de o elétron não colapsar em direção ao núcleo do átomo. Será que temos aqui alguma força oculta?

---

---

---

---

4.3) As afirmações abaixo, dizem respeito a estrutura do átomo e algumas forças que podem estar presentes no mesmo. Julgue-as em verdadeiras ou falsas, justificando suas conclusões.

a) (     ) O elétron, ao mover-se em órbita ao redor do núcleo, perde energia e, portanto, não é atraído pelo núcleo do átomo.

---

---

---

---

b) (     ) Ao saltar de uma órbita para outra, o elétron passa a mover-se com uma nova quantidade de energia. Tal quantidade depende de sua distância em relação ao núcleo do átomo.

---

---

---

---

c) (     ) Quando um elétron muda de uma órbita para outra, uma radiação eletromagnética é absorvida ou emitida por ele.

---

---

---

---

d) (     ) Estabilidade do núcleo atômico deve-se a forças de atração, muito mais fortes do que as forças de repulsão coulombiana, isto é, forças decorrentes de suas cargas elétricas.

---

---

---

---

e) (     ) No átomo, a força que mantém os elétrons em órbita ao redor do núcleo é a gravitacional.

---

---

---

---

- f) (    ) Quanto maior o número atômico de um dado elemento, mais estável ele se mantém, pois, nele podemos observar maior quantidade de nêutrons em seu núcleo, diminuindo assim a repulsão entre os prótons ali presentes.

---

---

---

---

- g) (    ) No átomo, além das partículas fundamentais que o constitui, temos outras que são responsáveis por manter sua estrutura estável ou em desintegração nuclear para adquirir tal estabilidade.

---

---

---

---

### *Atividade 5 - Fazendo Ciência*

Caro aluno, na Atividade 1 – Mandando ver, subitem 1.3, seu grupo desenhou dois modelos atômicos, um sobre a ótica dos filósofos da antiguidade, e outro, referente ao modelo que vocês consideravam ser atual. Decorrido as outras atividades, entre as quais foi montado no varal de ideias uma breve linha do tempo acerca da evolução desses modelos, sua compreensão do modelo atômico provavelmente já não é mais a mesma.

Com base nos materiais que foram disponibilizados para seu grupo nesse momento, e com auxílio da Figura onde tem-se o modelo padrão das partículas elementares, além de outros materiais para consulta, construa o modelo atômico indicado por seu professor, representando nele as partículas fundamentais e demais interações conforme julgar necessário.

**Anote aqui o modelo indicado para seu grupo:** \_\_\_\_\_

Terminado seu modelo, responda na sequência as seguintes questões:

- a) Quantos nêutrons possui seu modelo atômico? \_\_\_\_\_
- b) Quantos prótons seu modelo atômico possui? \_\_\_\_\_
- c) Qual o número de elétrons de seu modelo atômico? \_\_\_\_\_
- d) Como são classificadas as partículas compostas você utilizou para construir seu modelo? Quais são elas? Como são subclassificadas? Onde estão localizadas? Qual suas respectivas cargas?

---

---

---

---

- e) Como são classificadas as partículas fundamentais que você utilizou para construir seu modelo? Quais são elas? Como são subclassificadas? Onde estão localizadas? Qual suas cargas?

---



---



---



---

- f) Justifique, por meio de uma conta, a carga final de um próton, de um nêutron e do seu modelo atômico.

---



---



---



---

- g) Para finalizar essa atividade, socialize com outro grupo seu modelo, procurando identificar as diferenças e semelhanças o grupo escolhido. Na sequência, registre abaixo suas observações e o que considerar relevante.

<b>Grupo</b>	<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>	<b>d)</b>	<b>e)</b>	<b>f)</b>





## Decaimentos Radioativos

### Uma evolução que vem do céu

Ao olhar a natureza a sua volta e o mundo que o rodeia, o homem é capaz de observar uma variedade de coisas, objetos e sensações. A brisa, o calor, a luz, e tantas outras modalidades de energia materializada sob várias formas, densidades e cores, o som. O mundo que o rodeia é assim, um local onde há uma variedade dimensional de outros complexos ou sistemas.

..., se pararmos na praia e olharmos para o mar, veremos a água, as ondas quebrando, a espuma, o movimento de agitação da água, o som, o ar, o vento e as nuvens, o sol e o azul do céu e a luz; existe areia e existem rochas de diferentes durezas, firmezas, cores e texturas. Existem animais e algas, fome e doença, e o observador na praia; pode até existir felicidade e pensamento. Qualquer outro ponto na natureza tem a mesma variedade de coisas e influências. É sempre assim, tão complicado quanto, sem importar onde seja. (FEYNMAN, 2008, p.02)

Nesta imensa diversidade de coisas, é natural que se busque por alguma relação entre elas, algumas características em comum, ou que, de certa forma as diferenciem. Afinal, seria demasiado pensar que toda essa variedade de coisas teria origem em um mesmo lugar ou provém de uma coisa só?

... a areia é algo que difere das rochas? Ou melhor, será que a areia não passa talvez de um grande número de pedras muito pequenas? A lua é uma grande rocha? Se entendermos as rochas, também deveríamos entender a areia e a lua? A movimentação do ar, teria a mesma agitação da água do mar? O que é comum em diferentes tipos de som? Quantas cores existem? (FEYNMAN, 2008, p.02)

A busca por uma explicação a questões como as apresentadas, permite ao homem, à primeira vista, tentar dimensionar tudo o que existe na natureza, a um número reduzido de coisas ou elementos, para assim, melhor entendê-las. Isto justifica, a necessidade de conceber um método para encontrar partes das respostas a tais questões: observação, razão e experimentação, constituem o que se chama de Método Científico. Tal Método, permitiu se chegar a um dos

construtos mais fundamentais de tudo que existe na natureza – o átomo. Algo que, segundo teorias e experimentos realizados previamente, o colocam como o tijolo responsável que está na constituição de toda matéria, compreendido por muitos como a unidade fundamental de quase tudo que se observa na natureza.

Hoje, a compreensão que se tem sobre o átomo, partícula que está presente em tudo que tem massa, revela ser esta uma estrutura complexa formada de pouco mais de uma centena de partículas fundamentais, a exemplo dos quarks e dos elétrons. Essa mesma compreensão, mostrou ainda que todas as forças observadas na natureza, teriam em sua raiz, quatro forças ou interações fundamentais, forças estas, que estão presentes nessa pequena estrutura chamada átomo. Para mobilizar uma nova discussão acerca do átomo e da diversidade de elementos encontrados na natureza, ficam algumas questões: (a) se na essência de toda a matéria está o átomo e suas partículas fundamentais, ao que se deve a existência de tantos elementos químicos encontrados na natureza, que quando comparados entre si, apresentam propriedades físico-químicas tão diferentes? (b) onde e em que condições naturais esses os elementos químicos são formados? (c) uma vez formado um elemento, como este se comporta ao longo do tempo?

### **A culpa é das estrelas...**

Para explorar teoricamente as questões anteriormente pontuadas, é necessário que se volte um pouco no tempo, algo em torno de 13,7 bilhões de anos, data esta que corresponde ao início do Universo, tal qual o conhecemos. Sobre sua concepção, há várias teorias, e múltiplos pontos de vista, não sendo, portanto, o objetivo aqui, marcar a defesa de uns em detrimento de outros. Para essa discussão, tomar-se-á uma das teorias mais aceitas no campo da Ciência, a teoria do Big Bang. De acordo com essa teoria, tudo o que se sabe a respeito da formação do Universo, isto é, toda informação que se tem sobre sua origem, iniciam no  $10^{-43}$  segundo após o tempo zero, tempo este correspondente ao momento da grande explosão e onde tudo começou. Como destaca Santos (2015), para antes do tempo zero a Física criou uma demarcação, uma fronteira,

não apenas física, mas também uma fronteira ao pensamento, antes do  $10^{-43}$  segundo, entra-se na escala de Planck, isto é, antes desse tempo nada é visto e nada é explicado pela Física. Essa escala é considerada o limite universal, para além da qual as leis da Física atualmente conhecidas não se aplicam. Para compreender algo mais do que isso, é necessária uma nova teoria de Física, a exemplo de uma teoria da gravitação quântica ou teoria de tudo.

Quatorze bilhões de anos, essa é a idade aproximada do Universo, tempo este necessário para que muitas transformações ocorressem até chegar ao resultado atual. Mesmo sendo um aglomerado de longos anos, a relação do homem, tão prematuro temporalmente, com o Universo sempre foi muito próxima. Foi a partir de sua observação, que o conhecimento filosófico, religioso, cultural e da própria ciência se desenvolveu, desdobrando-se em outras áreas do conhecimento, a exemplo da Astrofísica, Cosmologia, Astrobiologia e muitas outras especializações. Foi devido a esse desenvolvimento teórico e tecnológico, que um se chegou a um mapeamento da evolução do Universos, desde seus primeiros segundos, isto é, a partir do  $10^{-43}$  segundo.

A própria estrutura do Universo, tal qual é conhecida atualmente, e toda variedade de elementos que se observa na natureza, é resultado de uma evolução que em cada etapa desempenhou naturalmente funções específicas, isto é, desde sua origem, passou por transformações que resultaram no Universo como se conhece. Esta teoria, previu a existência – em termos de tipos, quantidade e combinações – de algumas partículas, hoje conhecidas, cujas informações condizem com tal previsão. O Quadro – Modelo do Big Bang, mostra de forma resumida algumas etapas dessas transformações.

QUADRO – Modelo do Big Bang

(continua)

Idade Cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$< 10^{-44}$ segundos	$> 10^{32}$ K	Big Bang. Unificação das 4 forças. <b>Era de Planck.</b>
$10^{-44}$ segundos	$10^{32}$ K	Gravidade se separa das outras forças. Era das <b>GUT's</b> (teorias da grande unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
$10^{-35}$ segundos	$10^{28}$ K	Força nuclear forte se separa da força eletrofraca.

(conclusão)

Idade Cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$10^{-32}$ segundos	$10^{27}$ K	Fim da era da Inflação. Universo se expande rapidamente.
$10^{-10}$ segundos	$10^{15}$ K	<b>Era da radiação.</b> Forças eletromagnéticas e fracas se separam.
$10^{-7}$ segundos	$10^{14}$ K	Era das partículas pesadas ( <b>era hadrônica</b> ). A colisão de fótons dá origem a prótons, antiprótons, quarks e antiquarks.
$10^{-1}$ segundos	$10^{12}$ K	Era das partículas leves ( <b>era leptônica</b> ). Fótons retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como elétrons e pósitrons.
3 minutos	$10^{10}$ K	<b>Era da nucleossíntese.</b> Prótons e elétrons interagem para formar nêutrons. Prótons e nêutrons formam núcleos de deutério, hélio, e pequena quantidade de lítio e berílio. Todos os átomos encontram-se ionizados.
380 000 anos	$10^3$ K	<b>Era da recombinação.</b> Os elétrons se unem aos núcleos para formarem os átomos. A radiação pode fluir livremente pelo espaço. (O universo fica transparente.)
$1 \times 10^9$ anos	20 K	Formação de proto-aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
$10 \times 10^9$ anos	3 K	<b>Era presente.</b> Formação do sistema solar. Desenvolvimento da vida.

Fonte: OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. **O Universo como um todo**. UFRGS: Departamento de Astronomia do Instituto de Física.  
Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/univ/univ.htm>>. Acesso: 29 nov. 2017.

Como se observa no Quadro – Modelo do Big Bang, a era da nucleossíntese é a fase na qual os primeiros elementos químicos mais leves foram formados. Contudo, é na fase de formação de galáxias e das primeiras estrelas, que uma grande diversidade de elementos é gerada. A considerar todos os isótopos conhecidos, chega-se a um total de 3339 elementos hoje classificados. É no núcleo das estrelas, região de altíssima temperatura e pressão, que partículas mais leves se unem umas às outras para formar partículas cada vez mais pesadas, como é observado na cadeia próton-próton descrita logo mais, além de outras cadeias observadas.

A maior parte da vida de uma estrela é gasta transmutando hidrogênio em hélio, produzindo enormes quantidades de energia nessas reações. A energia produzida pelo Sol tem origem nesse tipo de reação. Até o elemento ferro, os elementos são formados no interior das estrelas por processos de fusão nuclear, processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam um outro núcleo de maior número atômico, ou fissão nuclear, que consiste na divisão do núcleo de um átomo considerado instável em dois núcleos menores, que se iniciaram pelo hidrogênio. Elementos mais pesados que o ferro, são produzidos por captura de nêutrons ou prótons durante a explosão de estrelas como as chamadas Supernovas. No Quadro – Principais reações de nucleossíntese estelar, tem-se um resumo das reações mais importantes nas nucleossíntese estelar.

QUADRO – Principais reações de nucleossíntese estelar

(continua)

<b>Combustível</b>	<b>Tipo de reação</b>	<b>Reação base</b>	<b>Produção de elementos principais</b>	<b>Produção de elementos secundários</b>
Hidrogênio	Cadeia próton-próton	Hidrogênio + Hidrogênio	Hélio	Deutério, Lítio, Berílio e Boro.
	Ciclo CNO	Hidrogênio + Carbono	Hélio	Nitrogênio, Oxigênio e Flúor.
Hélio	Processo Alfa	Carbono + Hélio	*****	Oxigênio, Neônio, Magnésio, Silício, Enxofre, Argônio, Cálcio, Titânio, Cromo, Ferro e Níquel.
	Processo Triplo Alfa	Hélio + Hélio	Carbono	Berílio.

(conclusão)

Combustível	Tipo de reação	Reação base	Produção de elementos principais	Produção de elementos secundários
Elementos pesados	Fusão Nuclear do Carbono	Carbono + Carbono	Magnésio	Sódio, Neônio, Oxigênio e Berílio.
	Fusão Nuclear do Neônio	Neônio + Rad. gama	Oxigênio e Hélio	Magnésio.
	Fusão Nuclear do Oxigênio	Oxigênio + Oxigênio	*****	Silício, Hélio, Hidrogênio, Fósforo, Enxofre, Deutério e Magnésio.
	Fusão Nuclear do Silício	Silício + Hélio	*****	Enxofre, Argônio, Cálcio, Titânio, Cromo, Ferro e Níquel.
* Produção de elementos mais pesados que o Fe	Captura de Nêutrons - processo R (rápido)	Ferro + n	Elementos cujos núcleos são ricos em nêutrons, onde o número de massa A é superior a 60.	
	Captura de Nêutrons - processo S (lento)	Ferro + n		
	Captura de prótons – processo RP (rápida de prótons)	Ferro + p	Elementos pesados cujos núcleos possuem um número variado de prótons e nêutrons, indo do Cobalto até o Telúrio	
	Fotodesintegração – processo p	Obs. Embora seja presente em elementos de núcleos mais pesados, neste processo uma energia radiante (gama) provoca a liberação de um próton ou um nêutron, originando um elemento de menor número atômico, porém ainda pesado. Em casos mais extremos, essa energia pode acarretar numa fissão nuclear do elemento.		

Fonte: Adaptado de: NUCLOSSÍNTESE ESTELAR. Disponível em:  
 <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Nucleoss%C3%ADntese\\_estelar](https://pt.wikipedia.org/wiki/Nucleoss%C3%ADntese_estelar)>. Acesso: 29 nov. 2017.

O exemplo a seguir, traz algumas reações pertencentes a cadeia próton-próton, mostrando como elementos mais leves se combinam a outros, formando novos elementos cada vez mais pesados. A cada reação, há a liberação de quantidades significativas de energia que, devido a quantidade de reações ocorridas nas estrelas, resultam numa potencial quantidade produzida. O Sol, por exemplo, é considerado a principal fonte de energia do nosso planeta.

De acordo com Prialnik (2007, p. 59-60), na **reação próton-próton**, também nominada **cadeia próton-próton**, por exemplo, dois átomos de hidrogênio se fundem convertendo-se em hélio como produto do processo. Durante a ocorrência desta reação, é observada a formação de outros elementos leves, porém de massa e número atômico superior ao do hidrogênio, acompanhado da liberação de outras partículas subatômicas e variadas quantidades de energia. É observado que, em todas as reações, há uma conservação da quantidade de massa entre reagentes e produtos. Para melhor compreender as reações destacadas na sequência, o Quadro – Decifrando uma reação, fornece os símbolos e legendas que foram utilizadas nessas reações.

QUADRO 4.5 – Decifrando uma reação

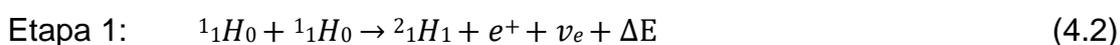
Símbolo	Legenda
${}^A_ZX_n$	X (elemento químico), A (massa atômica), Z (número atômico), e n (número de nêutrons)
$e^-$	elétron. Partícula subatômica de carga negativa (-1) e massa 1/1836 a massa do próton. Também é representada pelo símbolo $\beta^-$ nas reações de decaimentos.
$\nu_e$	neutrino do elétron. Partícula subatômica sem carga elétrica, que interagem com outras partículas apenas por meio da gravidade e da força nuclear fraca.
$e^+$	pósitron ou antielétron. Considerada a antipartícula do elétron. Possui carga positiva (+1) e massa igual ao elétron.
$\gamma$	radiação gama ou raio gama. Tipo de radiação eletromagnética de alta frequência (energia), produzida por elementos radioativos ou na aniquilação de uma par pósitron-elétron.
$\Delta E$	indica produção de energia durante a reação.

Fonte: O autor

## Reação próton-próton

O início da reação próton-próton, ou Cadeia pp, dá-se em três etapas. Na primeira etapa, átomos de hidrogênio de massa atômica um se fundem resultando num outro isótopo deste elemento, o deutério, de massa atômica dois, liberando nesta reação um pósitron, um neutrino do elétron e energia em forma de calor.

### Cadeia pp



Na segunda etapa deste processo, o pósitron liberado se aniquila com um elétron resultando em mais energia em forma de calor e dois raios gama.



Na terceira e última etapa deste ciclo, o deutério, originado na primeira etapa funde-se com um hidrogênio de massa um formando um átomo de hélio de massa três. Dessa reação, são liberados energia em forma de calor e raio gama.



Completado esse primeiro ciclo, que termina com a formação do átomo de hélio, a cadeia pp pode evoluir para outras três fases distintas, chamadas de cadeia pp I, cadeia pp II e cadeia pp III.

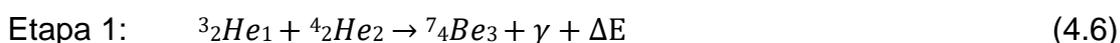
### Cadeia pp I

Das três fases, a cadeia pp I é a mais frequente, chegando a 91% de ocorrência. Nesta cadeia, dois átomos de hélio de massa três se fundem formando um novo isótopo do hélio, agora de massa quatro, e outros dois átomos de hidrogênio, além da liberação de energia em forma de calor.



### Cadeia pp II

Esta fase, que se desenvolve ao longo de três etapas, ocorre com uma frequência da ordem de 9%, produzindo além de hélio, outros elementos mais pesados. Na primeira etapa, dois isótopos de hélio, um de massa três e outro de massa quatro se fundem e dão origem ao elemento berílio de massa sete, liberando calor e raios gama.



Na sequência, etapa dois, o berílio formado reage com um elétron transformando um de seus prótons em nêutron, se tornando um novo elemento químico, o lítio, conservando sua massa. Dessa reação ainda são liberados um neutrino do elétron e energia na forma de calor.

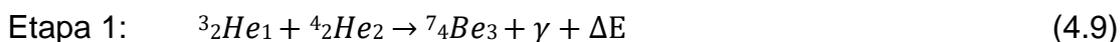


O final desta fase ocorre com a etapa três. O lítio formado na etapa anterior liga-se a um hidrogênio de massa um e originam dois átomos de hélio de massa quatro, além da liberação de calor.



### Cadeia pp III

Esta fase, quando comparada com as duas anteriores, ocorre com uma frequência muito menor, chegando a 0,1%. São quatro as etapas que completam essa fase. Na primeira etapa, novamente dois isótopos de hélio, um com massa três e outro com massa quatro fundem-se dando origem a um átomo de berílio de massa sete, além de liberar raios gama e energia em forma de calor.



Na segunda etapa, o berílio formado se funde com um átomo de hidrogênio, de massa um se transformando em um átomo de boro de massa oito, liberando raios gama e calor.



O boro formado na etapa dois, libera um pósitron e decai transformando um de seus prótons em nêutron, dando origem a um novo elemento, o berílio, também com massa oito. Para completar esta terceira etapa, nessa reação também são liberados um neutrino do elétron e energia em forma de calor.

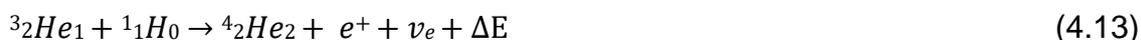


A quarta etapa, produção final, o berílio formado na etapa três se quebra e se transforma em dois átomos de hélio de massa quatro cada um, liberando energia na forma de calor.



### Cadeia pp IV ou Cadeia Hélio-próton

Uma outra reação prevista, porém, ainda não observada devido sua raridade, aproximadamente 0,3 parte por milhão, é a cadeia pp IV ou cadeia Hep. Nessa cadeia, um isótopo do hélio, de massa três funde-se com um isótopo de hidrogênio de massa um originando um átomo de hélio de massa quatro. Nessa reação, é previsto que um próton de um dos elementos decai liberando um pósitron e se transforma em um nêutron, conservando assim a massa inicial. Há também a liberação de um neutrino do elétron e energia em forma de calor.



### Reação pep

A reação pep, próton-elétron-próton, substitui a reação pp, contudo, sua ocorrência no Sol, por exemplo, é da ordem de 1:400 em relação a reação próton-próton. Nesta reação, um elétron é capturado por dois átomos de hidrogênio de massa um cada, fundindo-se em um novo isótopo, o deutério, além de liberar um neutrino do elétron e energia na forma de calor.



### *Atividade 1 - Mandando ver*

E aí, você tem dúvidas que em cada um de nós há um pouco de poeira das estrelas? Afinal, elas são consideradas as fábricas onde elementos leves se transformam em elementos mais pesados, resultando nos 118 elementos distintos que compõem a tabela periódica. A considerar todos os elementos da tabela periódica e seus respectivos isótopos, chegamos a um total de 3339 elementos hoje classificados. Tomando como referência o texto - A culpa é das estrelas, observe atentamente a reação próton-próton ao final deste e responda as questões abaixo:

1.1) Responda.

a) Qual elemento base é o responsável pelo início da reação?

---

b) Qual o número atômico e o número de massa desse elemento?

---

c) O que significam esses valores?

---

1.2) Na seguinte reação:  ${}^1_1\text{H}_0 + {}^1_1\text{H}_0 \rightarrow {}^2_1\text{H}_1 + e^+ + \nu_e + \Delta E$ , observa-se que há uma conservação no número de massa dos produtos e dos reagentes, porém, o mesmo não ocorre com o número de prótons. Justifique ao que se deve essa diferença e quais os produtos dessa reação.

---

---

---

---

---

1.3) Na seguinte reação:  ${}^2_1\text{H}_1 + {}^1_1\text{H}_0 \rightarrow {}^3_2\text{He}_1 + \gamma + \Delta E$ , observa-se que um átomo de Deutério se une a um átomo de hidrogênio, passando a formar um novo elemento químico.

a) O elemento químico formado no produto, é mais leve ou mais pesado que os elementos químicos presentes na reação? Justifique.

---



---



---



---



---

b) Diferente da reação apresentada na questão 1.2, o total de prótons e o total de nêutrons se manteve constante durante a reação. Ao que se deve então a formação de um novo elemento? O que mudou na estrutura dos átomos apresentados?

---



---



---

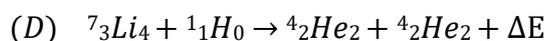
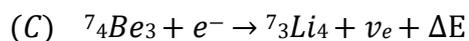
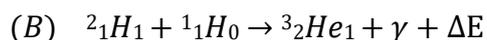
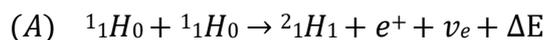


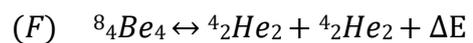
---



---

1.4) Em geral, o processo de fusão que ocorre nas estrelas, tem por objetivo, fundir elementos leves e transformá-los em elementos mais pesados. Identifique nas reações abaixo, em qual (is) isto ocorre, justificando a que fato se deve suas escolhas.





---

---

---

---

---

1.5) Em todas as reações apresentadas na cadeia próton-próton, além da formação de novos elementos e liberação de partículas, é observada a liberação de radiação gama e certa quantidade de energia. Cite quais são algumas das modalidades que esta energia se manifesta.

---

---

---

---

---

## *Atividade 2 - Varal de ideias*

Caro aluno, para esta atividade, siga as orientações do seu professor...

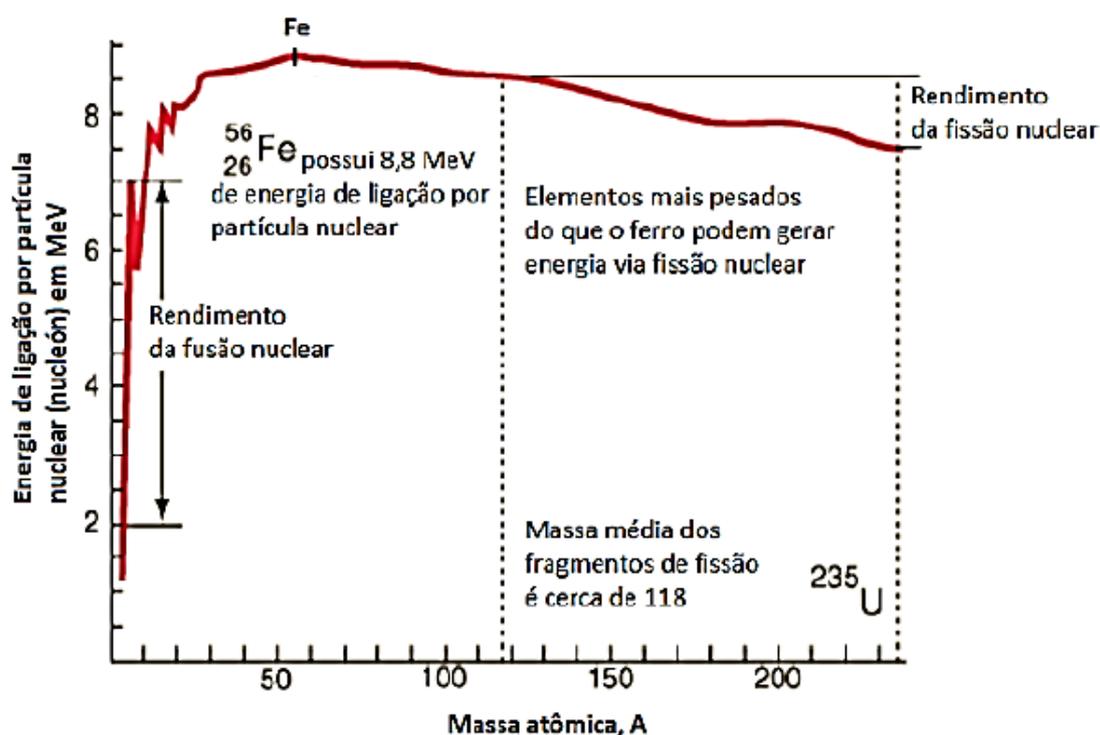
### **E o que a estrela uniu, a própria natureza separa...**

Como foi visto, a integridade dos núcleos é mantida por uma força de atração entre os prótons e os nêutrons. Acredita-se que essa força seja um efeito secundário da interação forte a que estão sujeitos os quarks que compõem os núcleos. No entanto, quanto mais prótons tiver um elemento químico, isto é, quanto maior for seu número atômico, maior será também a força coulombiana responsável por afastar os prótons entre si.

É por esta razão, que a maioria dos isótopos pertencentes à família de um dado elemento químico é instável, isto é, sofre desintegração de tempo em tempo, emitindo radiação e outras partículas, com o objetivo de tornar seu núcleo mais estável.

Em geral, a estabilidade do núcleo de um átomo está associada ao grau de energia com que prótons e nêutrons estão ligados formando o núcleo. Essa energia de ligação ( $E_{el}$ ) entre as partículas que constituem o núcleo atômico, corresponde por efeito, a energia média necessária para arrancar uma dessas partículas do núcleo em questão. Assim, quanto maior é a energia de ligação entre tais partículas, maior é a estabilidade do núcleo. A Figura – Fissão ou Fusão nuclear, ilustra essa situação.

FIGURA – Fissão ou Fusão nuclear: a relação entre massa atômica e a energia de ligação em elementos químicos



Fonte: COMO SÃO FORMADOS OS ELEMENTOS QUÍMICOS?

Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br/2015/11/como-sao-formados-os-elementos-quimicos.html>> Acesso: 03 dez. 2017.

Halliday e Resnick (2012) destacam que a energia de ligação entre essas partículas, não é uma energia existente no núcleo, e sim a diferença  $\Delta E_{el}$ , entre a energia de repouso do núcleo atômico  $Mc^2$ , pela soma da energia de repouso de cada uma das partículas constituintes do núcleo  $\sum (mc^2)$ .

$$\Delta E_{el} = \sum (mc^2) - Mc^2 \quad (4.15)$$

Tais partículas na literatura também são conhecidas como núcleons. Advertem ainda, que uma medida ainda mais usual é a energia de ligação por nucleon  $\Delta E_{eln}$ , que é a razão entre a energia de ligação  $\Delta E_{el}$  de um núcleo e o número  $A$  de núcleons do núcleo.

$$\Delta E_{eln} = \frac{\Delta E_{el}}{A} \quad (4.16)$$

Assim, para os elementos cujo prótons e nêutrons não apresentam uma ligação tão forte, estes naturalmente desintegram-se, isto é, liberam partículas

e energia, transformando-se em novos elementos, com núcleo atômico mais leve e menos instável, esse processo de desintegração se repete, até que o núcleo se torne estável. Tais mecanismos de desintegração nuclear são também conhecidos como decaimento radioativo, ou simplesmente, radioatividade.

O decaimento radioativo foi a primeira indicação de que as leis que governam o mundo subatômico são estatísticas, ou seja, não existe nenhum meio de prever se um dado núcleo de uma amostra radioativa estará entre os que decairão. Observa-se que, se um núcleo estiver em um estado excitado, ele pode emitir um fóton, usualmente na faixa dos raios gama, para voltar ao estado fundamental. Se houver excesso de nêutrons ou prótons, o núcleo pode sofrer decaimento beta.

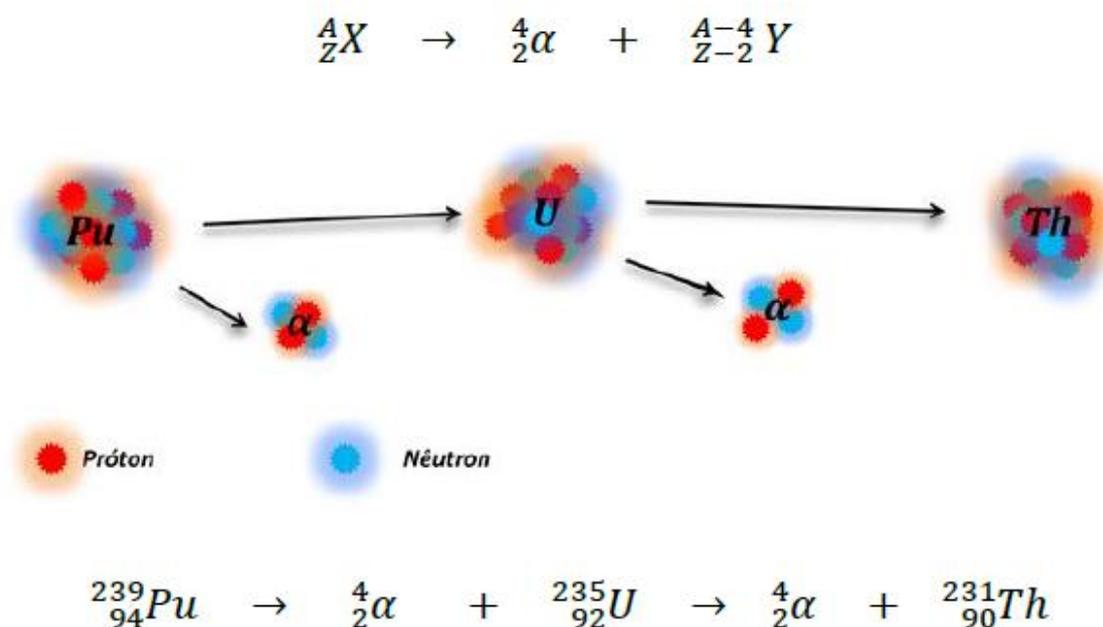
Além desses, outros processos são possíveis, tais como captura eletrônica, emissão de prótons, emissão de nêutrons, decaimento alfa ou emissão de partícula mais complexa, carbono por exemplo, e ainda, fissão nuclear.

Dos processos possíveis, discutir-se-á aqui apenas os três decaimentos mais comuns, a saber: (a) decaimento alfa, (b) decaimento beta e (c) decaimento gama.

**(a) Decaimento Alfa:** Foi Rutherford, em 1899 quem primeiro intitulou um tipo específico de radiação de raios  $\alpha$ , daí a denominação de partícula alfa. Em suas observações, notou que as rochas e os minérios radioativos imitem dois tipos de radiação: uma delas, mais facilmente absorvida chamo de raios  $\alpha$ , a outra, chamou de raios  $\beta$ , ambas emitidos de uma mesma amostra.

Nesse tipo de radiação, quando um núcleo sofre um decaimento alfa, este transforma-se em um núcleo diferente emitindo uma partícula alfa, ou seja, um núcleo de hélio). Na Figura – Decaimento alfa, por exemplo, o isótopo do Plutônio (Pu) (239) ao sofrer dois decaimentos alfa, transforma-se em Tório (Th) (231), um isótopo do Th (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Decaimento alfa, ocorrido com isótopo de Plutônio 239



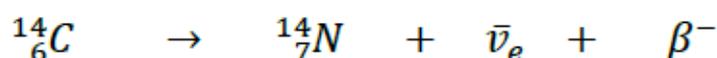
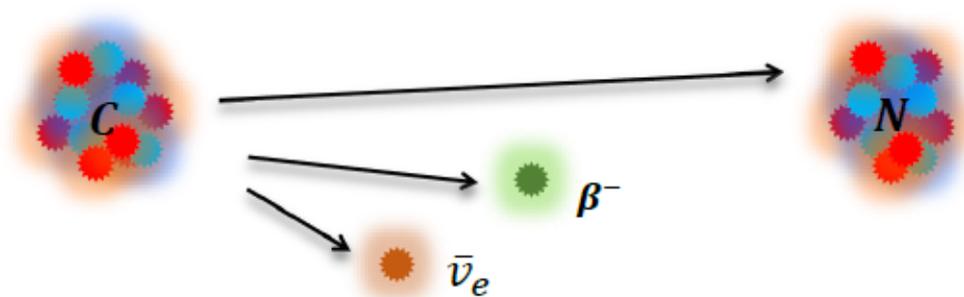
Fonte: O autor

**(b) Decaimento Beta:** A emissão beta, desintegração beta ou decaimento beta é o processo pelo qual um núcleo instável pode transformar-se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula beta. A partícula beta pode ser um elétron, escrevendo-se  $\beta^-$ , ou um pósitron,  $\beta^+$ . Um terceiro tipo de desintegração é a captura eletrônica. Tal decaimento, emite uma radiação ionizante, de grande energia, característico de certos núcleos radioativos, sendo sua aplicação muito comum na medicina (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

**(b.1) Emissão  $\beta^-$ :** Neste decaimento, a interação fraca converte um núcleo atômico em um núcleo de maior número atômico, emitindo um elétron e um antineutrino do elétron. Esse decaimento, também ocorre quando o nêutron livre decai pela emissão de um  $\beta^-$  em um próton (p), em decorrência da conversão da carga negativa do quark down para a carga positiva quark up por emissão de um Bóson W, posteriormente, decaindo em um elétron e um antineutrino do elétron. O decaimento  $\beta^-$  geralmente ocorre em núcleos ricos

em nêutrons. Na Figura – Decaimento  $\beta^-$ , por exemplo, o isótopo do Carbono (C) (14) ao sofrer um decaimento  $\beta^-$ , transforma-se em Nitrogênio (N), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Decaimento  $\beta^-$ , ocorrido com isótopo de Carbono 14

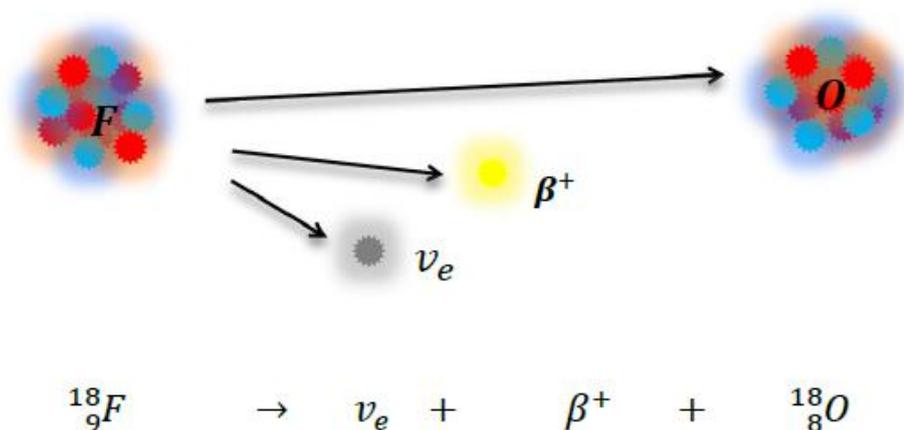


Fonte: O autor

**(b.2) Emissão  $\beta^+$ :** No decaimento  $\beta^+$ , também chamado de emissão de pósitrons, a interação fraca converte um núcleo em seu vizinho antecessor, isto é, em um elemento cujo núcleo do átomo tem agora um número atômico menor emitindo para isso um pósitron ( $\beta^+$ ), antipartícula do elétron, e um neutrino do elétron ( $\nu_e$ ). Esse decaimento só ocorre quando a energia de ligação do novo núcleo gerado for maior que a do núcleo de origem, ou seja, quando o elemento se torna mais menos instável que antes. Na sequência, destaca-se a emissão dessas partículas que, devido a interação fraca presente nos núcleo atômico, converte um próton em um nêutron através da conversão de um quark up em um quark down após emissão de um Bóson W ou absorção de um Bóson W<sup>-</sup>. Na Figura – Decaimento  $\beta^+$ , por exemplo, o isótopo do Flúor (F) ao sofrer um

decaimento  $\beta^+$ , transforma-se em Oxigênio (O), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

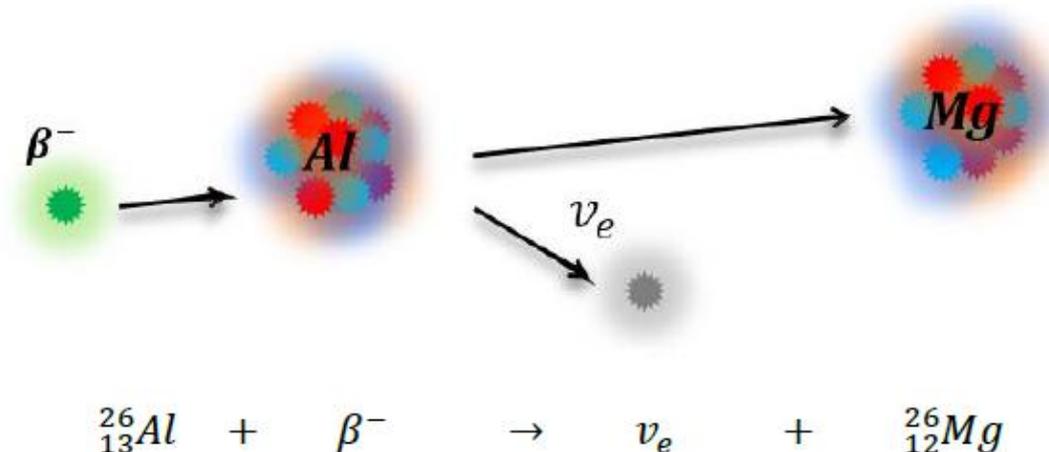
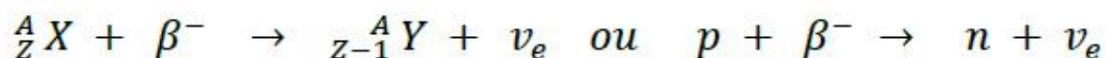
FIGURA – Decaimento  $\beta^+$ , ocorrido com isótopo de Flúor 18



Fonte: O autor

**(b.3) Captura eletrônica:** Neste processo, o decaimento ocorre por meio da combinação entre um elétron ( $\beta^-$ ), geralmente da camada K, e um próton do núcleo do átomo. Dessa junção, há em seguida a formação de um nêutron e um neutrino ( $\nu_e$ ). O produto da desintegração é criado geralmente no estado excitado, originando cascatas de raios X até alcançar o estado fundamental. Em relação ao átomo de origem, o novo elemento químico formado, tem agora a mesma massa do anterior, porém de menor número atômico. Observa-se na Figura – Captura eletrônica, por exemplo, uma reação com o isótopo do Alumínio (Al) que ao capturar uma partícula  $\beta^-$ , transforma-se em Magnésio (Mg), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Captura eletrônica, ocorrido com isótopo de Alumínio 26

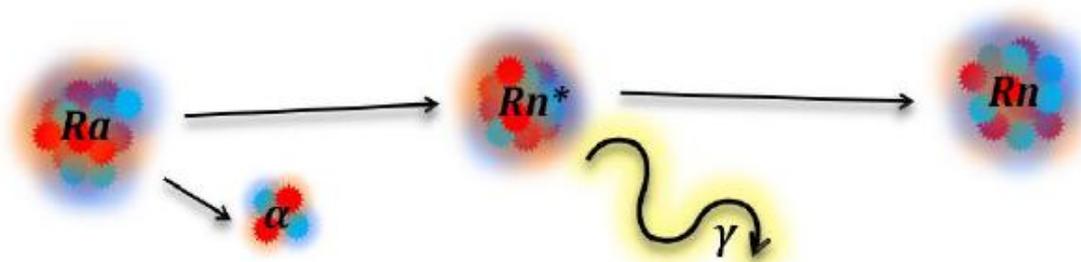
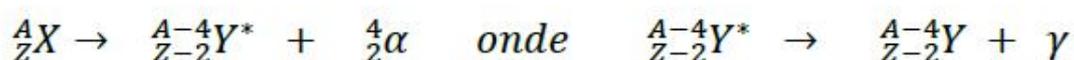


Fonte: O autor

**(c) Decaimento Gama:** Também denominada de emissão de raios gama, é um tipo de radiação de natureza eletromagnética, propagando-se no vácuo. Nesse decaimento, um núcleo no estado excitado decai para um estado de menor energia do mesmo isótopo por emissão de um fóton. Devido ao fato do comprimento de onda dessa radiação ser da ordem de picômetros, portanto, muito baixos, seu poder de penetração é maior. Sua produção está sempre associada às radiações alfa ou beta, isto é, na ocorrência destes decaimentos, há sempre a emissão de raios gama. Muitas vezes o núcleo atômico sofre um decaimento passando de um estado excitado para outro de menor energia, dando origem a emissões eletromagnéticas. Dessa forma, é comum ter-se uma emissão alfa seguida por uma gama, ou uma emissão beta seguida por uma gama. Raios gamas podem ser emitidos quando há uma mudança de uma configuração para outra. Na emissão de um raio gama, o número de massa e o número atômico de um núcleo não se alteram, contudo, a energia do fóton emitido é uma manifestação da conversão de uma pequena parcela da massa

desse núcleo, resultando, portanto, numa pequena diminuição da massa desse elemento químico, diminuição esta considerada desprezível. A Figura – Decaimento gama, mostra como ocorre esse decaimento, em que um isótopo do Rádío (Ra) (226), após sofrer um decaimento alfa, transforma-se em Radônio (Rn), ainda excitado, liberando na sequência radiação gama ( $\gamma$ ) (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Decaimento gama, ocorrido com isótopo de Radônio 222



Fonte: O autor

Como destacado anteriormente, dos mais de 3000 núclídeos conhecidos, espécie de átomo caracterizado por seu número de prótons número de nêutrons e a energia contida em seu núcleo, existem apenas 266 cujos estados fundamentais são estáveis. Todos os outros possuem estados fundamentais instáveis e, portanto, sofrem algum tipo de decaimento radioativo transformando-se em outros núclídeos. Em 1900, Rutherford descobriu que a taxa de emissão de radiação não era constante, mas diminuía exponencialmente com o tempo. Esta variação exponencial com o tempo é característica dos fenômenos que envolvem a radioatividade e indica que se trata de um processo estatístico, portanto um evento aleatório. Como os núcleos

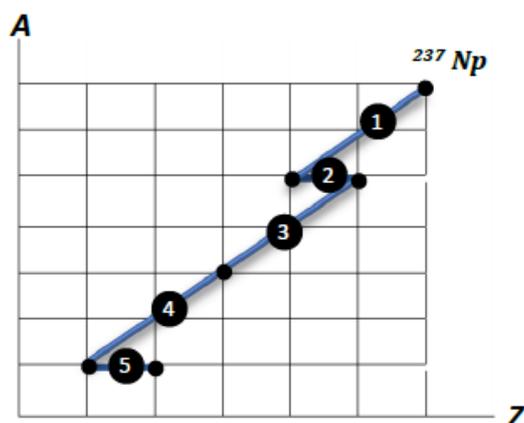
estão bem isolados uns dos outros pelos elétrons atômicos, as variações de pressão e temperatura não têm nenhum efeito sobre a radioatividade.

### Atividade 3 - Mandando ver

3.1) (Tipler 2006) Para o elemento  $^{233}_{93}\text{Np}$  são permitidos quatro tipos de decaimento possíveis. Complete as lacunas abaixo com as partículas que estão faltando, indicando o tipo de decaimento ocorrido em cada caso.

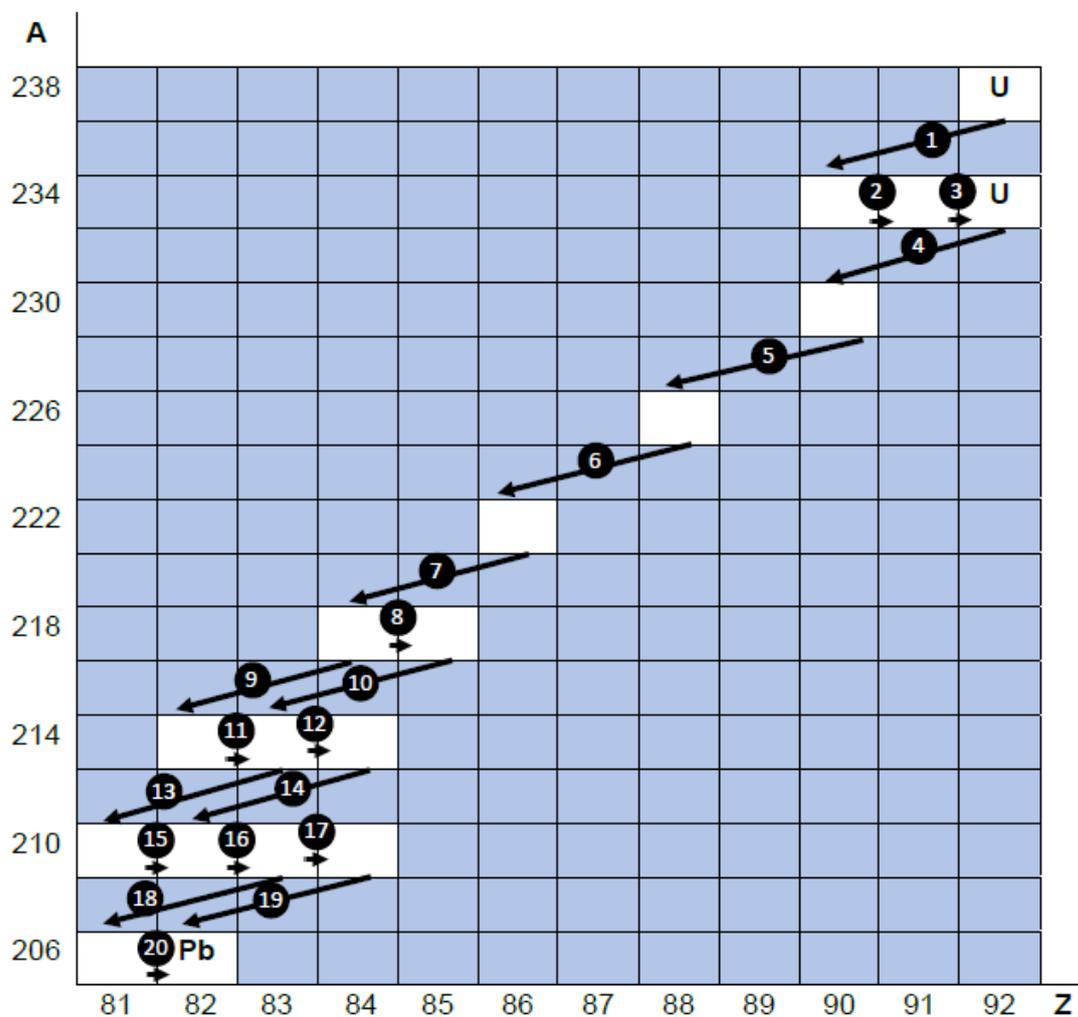


3.2) (Halliday, 2012) A figura abaixo mostra parte da série de decaimento do  $^{237}\text{Np}$  em um gráfico do número de massa  $A$  em função do número atômico  $Z$ ; cinco retas, que representam decaimentos alfa e decaimentos beta. Os pontos que ligam essas retas, correspondem aos elementos formados após esses decaimentos. Qual é o isótopo ao final dos cinco decaimentos?



3.3) (Adaptado de Hewitt – 2015) Na figura abaixo, observa-se uma sucessão de decaimentos radioativos do  $^{238}_{92}\text{U}$  até o  $^{206}_{82}\text{Pb}$ , um isótopo do chumbo. Note que alguns dos núcleos na série, podem decair de duas maneiras. Esta é uma das várias séries de decaimentos radioativos que ocorre na natureza.

- a) Complete no diagrama abaixo, os quadros em branco, com os elementos correspondentes.
- b) Represente na forma de uma reação, cada decaimento mostrado abaixo, seguindo a ordem crescente de numeração



#### 4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE APOIO AO PROFESSOR<sup>7</sup>

Professor, este Produto foi elaborado tendo como foco a exploração de três temas considerados oportunos de se trabalhar na terceira série do EM, por considerar a proximidade destas temáticas com o planejamento de conteúdos da referida série. Estes temas que abrangem conteúdos de FMC, foram explorados por meio de atividades que priorizaram o debate e a interação entre os alunos. Os assuntos destacados a seguir, são recortes que resultam da consulta e interpretação de materiais digitais e impressos, servindo como uma opção de referência para a introdução e discussão de cada temática. A intenção, é que estes textos sirvam à você como fonte de consulta e, ao seu aluno, como organizadores prévios que subsidiarão a construção de subsunçores e âncora a novos conceitos. Em outra linha de pensamento, que estes recortes sejam instrumentos que possibilitem uma maior interação entre você e seu aluno, entre seu aluno e os conteúdos propostos, e entre seu aluno com seus pares.

Conforme destaca Gehlen *et. al.* (2012), ao lidar com os saberes e conteúdos escolares, a palavra – escrita e falada, tomada aqui enquanto instrumento material e psicológico, e como defendido na teoria da mediação de Vygotsky, trata-se de um signo que tanto pode indicar o objeto em estudo quanto representá-lo como conceito (um instrumento do pensamento), constituindo assim um fator essencial na formação do pensamento teórico e na composição da linguagem escrita (como um sistema simbólico). Assim, os estudantes realizarão internalizações dos conhecimentos de Física, lhes permitindo novas compreensões da situação em foco além da tomada de consciência sobre seu papel na sociedade.

---

<sup>7</sup> Os aspectos teóricos abordados neste Capítulo, são relativos aos assuntos que compõem a Dissertação, e foram reproduzidos integral ou parcialmente no Capítulo 4 da mesma.

## 4.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UM OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA

### 4.1.1 Construindo modelos

O olhar atendo sobre a natureza tem sido uma prática herdada de nossos ancestrais e que de certa forma, além de garantir a perpetuação de nossa espécie, tornou o homem um ser cada vez mais conhecedor do mundo que o rodeia. A percepção sobre o mundo micro e o mundo macro, a exemplo do que ocorria na antiga Grécia, era construída tendo por influência pensamentos filosóficos, cuja base era a razão, o raciocínio e hipóteses.

A verdadeira contribuição dos pensadores da Grécia antiga para a Ciência, foi talvez a introdução da própria ideia de que a Ciência é possível, de que a razão humana pode fornecer interpretações coerentes dos fenômenos perceptíveis pelos sentidos... Além dos conceitos físicos que nos legaram, os gregos estão igualmente na origem de dois desenvolvimentos matemáticos essenciais. Em primeiro lugar, por sistematizar ao campo da Matemática: a Aritmética, ou campo dos números, e a Geometria, ou ciência das formas e das técnicas de demonstração. Em segundo lugar, por expressar por meio de um modelo matemático uma representação do mundo dos fenômenos que eram observados na época. Tais feitos, tinham como alicerce duas grandes teorias: a Geometria elaborada por Euclides (séc. III a.C.) e a matemática elaborada por Pitágoras, (BEM-DOV, 1996).

Contudo, a forma como estas observações eram feitas, permitiu ao homem construir modelos teóricos, matemáticos e experimentais, que de alguma forma se aproximavam e reproduziam com certo grau de confiança, os fenômenos naturais estudados. Tinha-se ali, uma representação da natureza e de como suas variantes estariam relacionadas. Vale destacar, que a inserção da Matemática e da experimentação nesse campo, deu-se ao longo da história e de forma progressiva.

#### 4.1.2 O conhecimento científico

O conhecimento científico produzido pelo homem, faz parte de um olhar que este tem sobre a natureza, devendo, portanto, ser considerado uma visão de mundo, como o faz a religião e outras culturas. Para a Ciência em particular, todo fenômeno estudado e toda teoria construída é vista como uma aproximação da realidade, sendo o conhecimento científico, uma forma que o homem encontrou não só para descrever e explicar um dado evento, mas também, fazer previsões sobre o mesmo em causas mais gerais.

Num Universo dinâmico tudo está em constante evolução, o Universo no qual vivemos é assim. E a busca pela compreensão deste Cosmos, faz com que o homem em cada época de sua própria evolução, crie teorias na expectativa de explicar como esse funciona, embora muitas vezes, suas crenças, culturas e o próprio meio social o influenciam há algumas vezes, avançar ou retroceder em seus estudos e inspirações. Cada teoria em sua época, e no decorrer das gerações futuras continuam a sofrer influências das gerações presentes, portanto, é de se esperar e compreender que os juízos de valores atribuídos a uma determinada teoria também se modifiquem com o tempo, isso foi muito comum no passado, e ocorre atualmente. Talvez essa seja uma das razões da Ciência e por extensão do conhecimento científico, serem um dos alicerces que contribuíram e, ainda, contribuem para o desenvolvimento da humanidade, pois o conhecimento produzido por uma geração é passado e refinado por gerações seguintes, isto foi muito comum no passado e ainda é hoje.

Nessa perspectiva, e considerando os diversos olhares que se têm sobre a compreensão da natureza, vale se perguntar de que forma esse saber é instituído, isto é, que cuidados e atenção deve ter o professor ao levar para a sala de aula uma discussão acerca do que é o conhecimento científico, como o mesmo se estrutura, bem como a expansão e os limites de seus métodos. Sobre isso, Nascimento e Carvalho (2004), pautadas em trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001 e 1993), Borges (1996), Toulmin (1977) e Kunh (2000), chamam atenção em seus estudos para algumas considerações e características, que devem ser

exploradas quando se objetiva o saber sobre ciência, bem como, a própria construção das concepções acerca do conhecimento científico. São elas:

1. O método científico não é estanque e exclusivo. Tal ideia se opõe ao fato de muitos verem a ciência como uma área rígida do conhecimento, conferindo ao método científico um conjunto de regras mecânicas e inflexíveis, vistas como um meio único de construção do conhecimento;

2. O conhecimento científico, se pauta num processo de construção guiado por paradigmas que influenciam a observação e a interpretação de certo fenômeno;

3. A ciência deve ser considerada um produto histórico, portanto, deve ver o conhecimento científico como algo dinâmico, e que naturalmente sofre mudanças e reformulações ao longo da história e ao modo de sua própria evolução;

4. A construção do conhecimento científico não ocorre de forma pontual e linear, ideia esta, muitas vezes difundida entre professores e estudantes. É um dos objetivos da ciência criar interações e relações entre teorias;

5. A ciência é um construto social, político, econômico, cultural e religioso, entre outros. As escolhas feitas pelos cientistas não são desvinculadas destes contextos, resultando muitas vezes em um reflexo dos interesses destes. A ciência, portanto, não é neutra, é humana, é viva, sendo necessário que ela seja caracterizada como tal.

#### 4.1.3 A construção do método científico

Na antiguidade, a Ciência, e por extensão as explicações dos fenômenos naturais, eram construídas tendo por base a observação e a razão, tendo esta última uma forte influência por meio de concepções filosóficas e

religiosas. Enquanto a filosofia pautava-se em argumentos racionais sobre os fenômenos da natureza, a religião dava a estes, explicações mitológicas associadas aos Deuses. A ruptura com essa forma de pensamento, segundo relatos na história da Ciência, deve-se a dois precursores visionários, o primeiro, o físico italiano Galileu Galilei, e o segundo, o filósofo inglês Francis Bacon.

Como destaca Rocha (2002, p.84), em seus trabalhos, procuravam dar aos fenômenos observados uma explicação racional, justificando-os por meio de causas naturais, estando estas, desvinculadas de qualquer manifestação divina. Esse novo olhar sobre a natureza, agrega às observações – antes predominantemente filosóficas e religiosas, a reprodução mecânica dos fenômenos observados, isto é, a experimentação. Tal modelo, conhecido como empirismo, tornou-se uma referência para muitos cientistas e filósofos da época, que viram nessa nova prática um novo método de fazer Ciência – um novo Método Científico. Esse novo Método Científico, consolida-se como base para a construção do que se tornaria a nova Ciência, a Ciência Moderna, que passa a considerar a linguagem matemática e a experimentação os caminhos verdadeiros para se compreender a natureza. Entre as várias obras escritas por Galileu, uma das mais polêmicas é a obra - O ensaiador (Il Saggiatore), publicada em 1623, onde além de outros temas, trata dos princípios filosóficos da ciência, lançando nesta os fundamentos do moderno Método Científico, tendo para este a seguinte estrutura:

1. Definição de um problema com auxílio de experiências preliminares, excluindo-se de antemão hipóteses contrárias à observação;
2. Construção de uma teoria para prever os fatos observados, na qual todas as hipóteses, além de compatíveis com a observação, devem formar um sistema lógico autoconsciente;
3. Variação gradual, e mais ampla possível, de um ou mais parâmetros da experiência para a formulação de uma lei;
4. Teste da teoria (lei) confrontada com novos dados da experiência; caso a teoria se revele verossímil é mantida e, em caso contrário, é modificada, retornando-se ao passo II. (Adaptado de PONCZEK. In ROCHA, 2002, p. 84).

A esse modelo empírico, baseado em observações e experimentações, tinha-se também a preocupação de agregar ao mesmo o uso de métodos indutivos (parte do particular para o geral), dedutivos (parte do geral para o

particular) e racionalistas (baseado na formulação de hipóteses arbitrárias – axiomas).

Nessa perspectiva, o cientista moderno trabalha examinando a maneira como realmente o mundo funciona e, então, constrói uma estrutura para explicar suas descobertas. Embora nenhuma descrição do Método Científico seja efetivamente adequada, algumas ou todas as etapas abaixo são provavelmente encontradas na maneira como os cientistas realizam seu trabalho:

1. Identificar uma questão ou enigma – tal como um fato não explicado;
2. Formular um palpite bem desenvolvido – uma hipótese – capaz de resolver o enigma;
3. Prever consequências das hipóteses;
4. Realizar experimentos ou cálculos para testar as previsões;
5. Formular uma lei mais simples que organiza os três ingredientes principais: hipóteses, efeitos preditos e resultados experimentais.  
(HEWITT, 2015, p. 08)

Para Hewitt (2015, p. 08) muito do progresso científico adveio de tentativa e erro, experimentação realizada na ausência de hipótese ou, simplesmente, de uma descoberta acidental feita por uma mente treinada. O sucesso da Ciência reside, portanto, mais sobre uma atitude comum aos cientistas do que sobre um método particular. Essa atitude científica consiste em inquirir, ter integridade e ter humildade, isto é, ter disposição em admitir que erros tenham sido cometidos.

Vale destacar que, no campo da Ciência, uma hipótese científica somente é tomada como fato após ser testada pelos experimentos, e somente depois de testada inúmeras vezes, sem ser negada uma única vez sequer, é que esta pode tornar-se uma lei ou princípio e, posteriormente, fazer parte de uma teoria científica. Mesmo assim, se num futuro, uma lei ou descoberta de algum cientista evidenciam uma contradição a uma hipótese, lei ou princípio, estas últimas devem ser abandonadas dentro do espírito científico, independente da reputação ou autoridade das pessoas que as defendem, salvo se esta evidência negativa se mostre errônea.

#### 4.1.4 A regra é...

A Ciência não trabalha com meias verdades, muito embora, o que se acredita ser verdadeiro hoje, pode não significar mais uma representação da verdade no futuro, a percepção a respeito da natureza a nossa volta pode mudar na medida em que se avança teórica e tecnologicamente com os equipamentos que são utilizados para realizar um experimento ou uma observação.

De acordo com Hewitt (2015), a bem da verdade, o meio científico dá alto valor a honestidade dos cientistas, e a regra que norteia a Ciência é a de que todas as hipóteses devem ser testáveis, isto é, serem passíveis de serem negadas. Para a Ciência, tão importante quanto descobrir uma maneira de provar que uma hipótese está correta, é encontrar uma forma de provar que esta ideia está errada. Sendo assim, uma hipótese só é bem elaborada ou aceita no mundo científico, quando se mostra passível de ser testada e/ou refutada experimentalmente.

A essência da Ciência é expressa em duas questões: De que maneira poderíamos conhecer? E qual evidência provaria que uma determinada ideia está errada? Afirmações sem evidências não são científicas e podem ser rejeitadas. De fato, quando queremos descobrir se uma hipótese é científica ou não, devemos verificar se existe algum teste para comprovar que é errônea, se não existir nenhum teste para comprovar sua falsidade, mostrando-se impossível de ser negada, então a hipótese não é científica.

#### 4.1.5 Mais sobre o Método Científico<sup>8</sup>

O surgimento do método científico remonta ao século XII, o período do Renascimento. Após uma decadência geral da civilização na Idade Média, em que não houve praticamente nenhum avanço científico importante, os estudiosos europeus começaram a ter contato com o conhecimento e culturas além de suas fronteiras e voltaram a observar os trabalhos de antigos

---

<sup>8</sup> Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

pensadores, como Aristóteles, Ptolomeu e Euclides. Uma comunidade científica mais ampla foi, então, sendo construída.

Foi com Roger Bacon e Francis Bacon que a ideia de método científico foi começando a surgir. O primeiro, um frade franciscano, cientista e estudioso inglês, buscava o fim da aceitação cega de certas ideias bastante divulgadas, como as de Aristóteles que, apesar de valiosas, eram tidas como fatos, mesmo sem provas. Ele foi o primeiro a defender a experimentação como fonte de conhecimento e um dos responsáveis pela base do empirismo.

Já Francis Bacon foi quem fixou a base do que Descartes transformou, mais tarde, em método científico. Ele deu ao conhecimento um caráter mais funcional e afirmava que apenas a investigação científica poderia garantir o desenvolvimento do homem e o domínio do mesmo sobre a natureza. Publicou, em 1621, uma nova abordagem na investigação científica que pregava o raciocínio indutivo, com o título de *Novum Organum Scientiarum*. Suas ideias foram fortemente influenciadas por Nicolau Copérnico e Galileu Galilei.

O divisor de águas...

Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

Apesar de concordar com Francis Bacon em relação à natureza ser entendida e modificada em favor do homem, Descartes dizia que os sentidos devem ser questionados e não são o caminho para o conhecimento verdadeiro. Para o filósofo, a única coisa que da qual não se pode duvidar é o pensamento, pois este é o fruto da razão, que é o que gera a certeza. Isso o levou à máxima *cogito ergo sum* - penso, logo existo.

Descartes propôs uma instrumentalização da natureza, através da explicação matemática e racional dos fenômenos e a sua mecanização: para se compreender um todo, bastaria se compreender as suas partes. Assim, a dedução cartesiana, onde as experiências apenas confirmam os princípios gerais fixados pela razão, ocupa o lugar do pensamento indutivo de Bacon. O método científico de Descartes predominou até o início do século XX e ficou conhecido como Determinismo Mecanicista.

Após Descartes, enfim, definir o método científico, o pensador Auguste Comte contribuiu para torná-lo mais abrangente. Em sua obra - Lei dos três estados, Comte diz que o conhecimento humano evoluiu do estado teológico para o metafísico, e este evoluiu para o estado positivo, onde não se buscam mais as causas das coisas, mas as leis efetivas da natureza. A partir daí, ele organizou o conhecimento da natureza, composta por classes de fenômenos, em cinco Ciências distintas: Astronomia, Física, Química, Filosofia e Física Social, além da Matemática que, segundo o pensador, é considerada a ciência zero, porque todas as outras dependem dela. Assim, o método científico de Descartes foi expandido por Comitê das Ciências Naturais para as Ciências Sociais e Humanas.

## 4.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2: MODELOS ATÔMICOS

### 4.2.1 Uma parte do todo

Muitas foram e ainda são as especulações sobre a origem de tudo. Atualmente, algumas teorias a exemplo do *Big Bang*, apontam para uma interpretação lógica e coerente sobre essa origem, muito embora, ainda faltam alguns tijolos para completar a construção de uma teoria sobretudo, a chamada Teoria Mãe.

Essa busca audaciosa por uma teoria que de forma simples possa transcrever numa única equação todos os fenômenos que observamos na natureza e, conseqüentemente explicar a origem do universo e sua evolução, começou com questionamentos e observação bastante simples para nossa época, mas que no passado, serviu de força motriz para impulsionar a busca por respostas sobre o próprio cosmos. O olhar sobre a natureza, e o registro evolutivo dessas observações, fez com que este Cosmos fosse, de geração em geração, por meio da transferência acadêmica e cultural do conhecimento, ganhando uma forma e uma dimensão a partir de uma perspectiva científica, o que leva à geração atual, olhar para a natureza e vê-la diferente do que era séculos atrás. Partindo de uma observação mais atualizada, é possível

considerar o Universo como resultado de um processo de evolução que tem raízes fundamentadas em seus primórdios, isto é, o que é visto hoje, é uma combinação de forças e partículas fundamentais, assunto que será explanado na sequência.

Hoje, é consensual a ideia de que, para se ter um pouco de compreensão sobre a natureza e sobre o comportamento e a forma com que estas forças se manifestam, é necessário entender do que são formadas as coisas a nossa volta, ou seja, do que a matéria é formada. É remoto o interesse do homem por saber do que as coisas são formadas e, indiretamente, por meio desse conhecimento, explicar a ocorrência dos fenômenos observados.

Você deve estar se perguntando: Afinal, quando essa busca começou? Quem foram seus precursores? Daquela época até aqui, o que se sabe sobre a natureza das coisas?

Bem, essas perguntas, embora pareçam simples, envolvem uma complexa busca em relatos históricos que descrevam as grandes descobertas da humanidade. Quanto aos seus autores, esses são inúmeros, alguns bastante conhecidos, outros, sem nivelar aqui seu grau de importância ou contribuição, são lembrados ou trazidos ao conhecimento quando se trata de questões mais específicas ou buscas mais detalhadas.

Rocha (2002, p.36-70), descreve como o Cosmos foi interpretado segundo os povos antigos. O autor relata que todas as civilizações antigas tinham um ou mais mitos de criação para responder basicamente às seguintes questões em geral: houve um início de tudo? O Universo surge do nada ou como obra de um ou mais criadores? Como surgiu e foi organizado o mundo material? Como surgiram os seres vivos? Em geral, na tentativa de responderem a estas questões, vê-se relato de povos que descrevem um Universo com início, com ou sem criadores, um Universo permanente, portanto, sem criação, ou ainda um Universo cíclico.

Na busca às respostas para as questões pontuadas, Rocha (2002, p. 39) destaca que para os Hebreus, segundo seus registros bíblicos, o Universo teve um início, sendo este, obra de um único criador. Para os babilônicos, *Enuma Elis*, é considerado seu mito da criação, descrevendo que o Universos

teve uma origem, tendo como criadores várias divindades, sendo responsáveis também pelo seu movimento. Compartilhando desta mesma visão, tem-se o povo egípcio, que assim como os babilônicos, creditavam a origem do universo a vários deuses, colocando estes em precedência de importância aos homens. Para os Chineses, sua referência é o taoísmo, que surgiu em torno do século VI a.C. com Lao Tsé. Diferente da concepção ocidental, estes percebem um Universo que surge espontaneamente do caos, defendendo uma ideia dialética bipolar da natureza, representados por dois princípios contrários e complementares, as forças *Yin* e *Yang*. Já o código de Manu, indiano, descreve um universo cíclico sem início e sem fim, com sucessivas criações e destruições por obra da divindade Shiva.

Nesse contexto, será abordado na sequência um recorte de toda essa evolução história, trazendo à luz, alguns fatos e autores que nesse momento considerou-se serem mais relevantes para o estudo proposto.

#### 4.2.2 A evolução dos modelos atômicos

De acordo com a literatura, credita-se aos povos gregos e orientais, os primeiros relatos acerca da natureza. No entanto, muito das raízes filosóficas acerca do estudo da Natureza que dão base às teorias estudadas em sala de aula, pendem mais aos pensamentos gregos.

Motivado pela observação de fenômenos atrativos entre diferentes materiais, Tales de Mileto é considerado o primeiro filósofo a descrever tal efeito, relatando a atração entre o âmbar (tipo de resina vegetal) e a pelagem de um animal, após o atrito deste primeiro, fenômeno esse também observado entre o âmbar e outros pequenos objetos como pelos, fios de palha, penugens etc.

Essa peculiar observação, talvez tenha sido a mola propulsora que motivou muitos filósofos da época a se perguntarem a causa do mesmo, chegando a questionar e levantar teorias acerca da natureza da matéria e seu comportamento. Sobre essa questão, havia filósofos a exemplo de Anaximandro e Anaxímenes, que defendiam a tese de que todas as coisas se originavam de uma substância primordial denominada *arché*, considerada a base fundamental

de tudo. Para alguns filósofos, como Tales de Mileto, o *arché* seria a água, para Anaxímenes o ar, para Anaximandro, um elemento ainda mais abstrato e primordial chamado de apeiron. Martins, in PARANÁ (2007, p.138), descreve que para a época, o apeiron, seria indestrutível. (...) O apeiron seria infinito, preenchendo todo o espaço. Não existiria nenhum lugar vazio ou com outro tipo de substância. Para Empédocles essa substância não era única, mas formada por quatro elementos: terra, água, ar e fogo, logo, tudo o que existe, deve-se a uma combinação desses quatro elementos, e para Platão, ainda existiria um quinto elemento – o éter, de natureza imaterial, eterno e indestrutível, sem movimento ascendente ou descendente, ocupando espaços celestes afastados.

Entre as várias teorias sobre a constituição da matéria que compõe a natureza e por extensão o Universo, a mais lógica na antiguidade grega foi a hipótese atomística. Seus primeiros defensores, Leucipo séc. V a.C. e seu discípulo Demócrito, lançam a ideia de que tudo o que existe seria composto por espaço vazio, e por uma matéria cuja menor porção foi chamada de átomo por Epicuro, quase um século mais tarde. Esta menor porção da matéria, seria eterna, imutável e indivisível. A diversidade do mundo a nossa volta, resulta de diferentes tipos de átomos e das diferentes formas como eles estão organizados (ROCHA, 2002, p. 59-60).

Como descreve Oliveira (2014), os estudos relacionados aos fenômenos observados por Tales só foram novamente retomados quase dois milênios depois, quando por volta de 1600, o médico inglês William Gilbert descobriu, por meio de experimentos, que outros materiais também apresentavam comportamento semelhante ao âmbar, percebendo que além da atração, alguns materiais após atritados também se repeliam de outros. Então, concluiu que esses materiais emitiam uma espécie de eflúvio que, assim como a atmosfera nos atrai para a terra, essa atmosfera elétrica atraía e repelia os corpos entre si.

Pires (2008, p. 266) destaca que esses fenômenos, constituídos de uma natureza elétrica, assim nominada por Gilbert, foram também objeto de estudo de outros físicos, como o alemão Otto von Guericke, considerado o primeiro a construir máquinas eletrostáticas, Stephen Gray que constatou que a

eletricidade podia ser conduzida em um fio, descobrindo a eletrização de corpos por contato e, posteriormente, por indução, Charles Du Fay que propõe dois tipos de eletricidade, chamando de eletricidade vítrea àquela que nos fenômenos se comportava como o vidro, e eletricidade resinosa àquela que se comportava como a resina.

Mais tarde, Benjamin Franklin, por compreender que a eletricidade se tratava de um único fluido elétrico imponderável, que fluía continuamente de um corpo para o outro, postulou que a eletricidade vítrea era o único tipo de fluido elétrico, e que os dois tipos diferentes de eletricidade observados, devem-se ao excesso ou falta desse fluido no corpo. Para um corpo com excesso desse fluido, Franklin o chamou de positivamente carregado, um corpo com falta desse fluido estaria negativamente carregado, em quantidade natural, o corpo estaria neutro (PIRES, 2008, p. 267). Em contraposição à teoria do fluido único, em 1759 Robert Symmer introduz a teoria dos dois fluidos, defendendo que um corpo estaria neutro se tivesse a mesma quantidade de cada um dos dois fluidos, e estaria eletrizado se tivesse excesso de um deles. A teoria dos fluidos, muito aceita no início do século XIX, foi aos poucos perdendo adeptos, e seu entendimento enquanto partícula foi tornando-se mais presente (ROCHA, 2002, p. 195)

Foi neste cenário que o químico e físico John Dalton reafirmou a teoria atômica, defendendo ser esta a menor porção de matéria constituinte da natureza. Sua teoria, está baseada nos seguintes postulados:

- I. Os elementos químicos são discretas partículas de matéria - átomos, não podendo ser divididos e preservando suas individualidades numa reação química;
- II. Cada elemento é caracterizado pelo peso de seu respectivo átomo, sendo que todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos;
- III. Os compostos químicos são formados pela reunião de átomos de diferentes elementos e em proporções numéricas simples, isto é, 1:1, 1:2, 2:1, 2:3... (MARTINS, 2001).

Outra descoberta ocorrida mais tarde, foi realizada Michael Faraday com experimentos de eletrólise. Nessas reações químicas, realizadas na presença de eletricidade, moléculas de algumas substâncias são quebradas originando outros compostos, associou-se à carga elétrica um caráter

corpúscular. A razão disso, era devida a proporcionalidade entre a quantidade de material decomposto na reação e quantidade de eletricidade empregada nesta.

Destaca-se que as teorias sobre a composição da matéria, eram tidas como revolucionárias para a época, pois nas academias as concepções filosóficas, cosmológicas e da própria Ciência, eram predominantemente aristotélicas, cuja visão de mundo era contrária ao que vinha sendo defendido pelo atomismo. Nesse contexto, havia várias vertentes filosóficas com diferentes pensamentos sobre a natureza das coisas. Uns defendiam a indivisibilidade do átomo, outros, que este era infinitamente divisível, e outros ainda, questionavam sua sequer existência.

O aperfeiçoamento das práticas experimentais aliadas a um campo teórico cada vez mais sólido, levaram a descobertas de novas partículas que agora passariam a constituir o átomo. Aquela partícula tida como elementar e, portanto, indivisível, se mostrava agora um emaranhado conjunto de partículas menores e atualmente conhecidas como prótons, nêutrons e elétrons. Estes agora, passam a ser vistos como as menores porções de matéria ao qual se poderia chegar.

A descoberta do elétron, partícula que teria carga negativa, deu-se a trabalhos de colaboradores como Wilhelm Eduard Weber, precursor da chamada teoria eletrônica, George J. Stoney, que inclusive imaginou o termo elétron, e Joseph John Thomson, que mediu em 1897 pela primeira vez, a razão carga/massa do elétron. O próton, partícula dotada de carga positiva, foi descoberto por meio dos experimentos científicos de Ernest Rutherford e do físico Elgen Goldstein, ambas as partículas foram detectadas em experimentos através do tubo de raios catódicos, feixes de luz emitidos quando é aplicada entre dois eletrodos uma alta tensão (ROCHA, 2002, p. 195-196). No início do século XX, não se tinha ainda um modelo para a estrutura do átomo, que comportasse naquele momento partículas positivas e negativas. Thomson propõe em 1904, um modelo para este. Ainda com formato esférico, apresenta um átomo, não mais indivisível, mas composto de prótons e elétrons. Em sua estrutura, a esfera maciça, seria uniforme e dotada de carga positiva, tendo

nessa massa os elétrons distribuídos aleatoriamente, justificando assim a neutralidade elétrica deste. Seu modelo ficou conhecido como modelo de pudim de ameixas. O pudim era a massa positiva, na qual estariam encravadas as ameixas, representando as partículas de carga negativa, os elétrons. Seu modelo e o aporte teórico que o sustentava eram, no entanto, bastante limitados, não conseguindo explicar inúmeros fenômenos observados na época, sendo posteriormente substituído pelo modelo apresentado por Rutherford, em 1911, que tinha muita proximidade com o sistema planetário.

Rutherford chega ao seu modelo, objetivando verificar se o modelo de Thomson era verdadeiro ou não. Em seus experimentos, bombardeava finíssimas lâmina de ouro, cobre e platina, com um feixe de raios paralelos entre si, constituídos de partículas alfa, de carga positiva, hoje, entendidas como componentes do núcleo do átomo de Hélio. Atrás dessa lâmina era colocado a certa distância, outra de natureza fotossensível. O efeito desse bombardeamento, mostrou que: uma parte desses raios, atravessaram a primeira lâmina, sensibilizando a segunda de modo a descrever uma trajetória retilínea; outra parte, ao atravessar esta primeira, sofria deflexões, com ângulos relativamente grandes.

De acordo com Martins (2001), Rutherford sugeriu, a partir destas observações, que a carga positiva do átomo estaria concentrada em uma região muito pequena do átomo, que denominou de núcleo, e que os elétrons gravitavam em ao redor do núcleo devido a uma atração elétrica, de maneira similar ao sistema planetário.

Quanto ao nêutron, a previsão de sua existência ocorreu simultaneamente em 1920, sendo seus idealizadores Rutherford, na Inglaterra, Masson, na Austrália e Harkins nos Estados Unidos, todos de países diferentes, sem que tivessem algum intercâmbio científico entre si. Tal previsão, viria a tentar resolver o problema da estabilidade do núcleo atômico, que por conter ali partículas de carga positiva, deveria se desintegrar devido a força de repulsão elétrica. Essa partícula, segundo seus visionários, seria inclusive uma junção de um próton com um elétron, e estaria presente no núcleo do átomo, para minimizar tais forças de repulsão entre os prótons. A existência do nêutron, só

viria a ser confirmada no ano de 1932 devido aos trabalhos do físico inglês James Chadwick que na época repetiu as experiências do casal Joliot Curie, que teriam no mesmo ano chegado ao mesmo efeito observado.

O modelo atômico proposto por Rutherford apesar de comprovado experimentalmente, não condizia plenamente com o aporte teórico do eletromagnetismo. Segundo essa teoria, uma carga quando acelerada e em movimento, perde energia em forma de radiação, e em se tratando dos elétrons orbitando ao redor do núcleo, esses, perdendo energia, se aproximariam cada vez mais do núcleo colapsando com o mesmo, não permitindo ao átomo apresentar uma estrutura como a defendida por Rutherford.

Trabalhando mais tarde com Rutherford, Niels Henrik David Bohr, sem descartar o modelo atômico proposto por seu colega, lança os seguintes postulados em defesa do seu modelo:

- I. um elétron se move em órbita circular, devido a sua atração coulombiana com o núcleo;
- II. apenas algumas órbitas são permitidas, as quais estão a distâncias definidas do núcleo, em que o elétron não irradie energia. Nessas órbitas o momento angular deve ser números inteiros da razão entre a constante de Planck e  $2\pi$  ( $h/2\pi$ );
- III. um elétron que se move em uma dessas órbitas permitidas não emite radiação eletromagnética;
- IV. a radiação eletromagnética é emitida ou absorvida se um elétron muda de uma órbita para outra. A diferença entre suas energias é emitida em forma de luz. (PARANÁ, 2007, p. 145)

Para átomos com configuração mais complicadas, admitiu-se que além de órbitas circulares, também haveria órbitas elípticas, com excentricidades diferentes.

Essa conclusão veio como os trabalhos realizados por Arnold Sommerfeld. Até aqui, temos um modelo atômico cuja estrutura é formada por um núcleo e uma eletrosfera. No núcleo estão presentes dois tipos de partículas, os prótons e os nêutrons, e na eletrosfera, conjunto de órbitas circulares e elípticas, estão os elétrons girando em torno do núcleo. As experiências realizadas também permitiram estabelecer a relação entre a carga e a massa dessas partículas. No Quadro 4.1, pode-se observar os resultados desses estudos:

QUADRO 4.1 – Características de algumas partículas atômicas

Partícula	Carga (C)	Massa (Kg)	Localização
Próton	$+ 1,6 \times 10^{-19}$	$1,67 \times 10^{-27}$	núcleo
Nêutron	0	$1,67 \times 10^{-27}$	núcleo
Elétron	$- 1,6 \times 10^{-19}$	$9,11 \times 10^{-31}$	eletrosfera

Fonte: Adaptado de: TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

O avanço experimental que contribuiu para a descoberta dos dados apresentados no Quadro 4.1 levando a um modelo atômico mais estável como proposto por Bohr, acompanhava também a evolução dos estudos no campo da radiação e da termodinâmica, dando origem a um novo campo dentro da Física: a Física Quântica, um ramo cujo objeto de estudo está voltado às escalas subatômicas. Até meados do século XX, quase tudo que acontece na eletrosfera havia sido estudado, o que levava a comunidade científica a pensar que quase tudo estava resolvido, porém, pouco se sabia sobre o núcleo do átomo. Para estudá-lo, além do que se sabia na época, era necessário um grande investimento de recursos em pesquisas, cuja fonte principal foi motivada pela corrida do domínio bélico, impulsionado pela guerra. Em experimentos nos quais bombardeava-se o núcleo de urânio com nêutrons lentos verificou-se que uma grande quantidade de energia era liberada, o que levou países, a exemplo dos Estados Unidos, a aumentar seu investimento no estudo do núcleo atômico e na produção de armas.

Até então, acreditava-se existir quatro tipos de partículas fundamentais: elétrons, prótons, nêutrons e fótons, nome dado a partícula da luz. Mas alguns eventos, a exemplo do estudo dos raios cósmicos e da construção de grandes aceleradores de partículas, apontaram para uma outra realidade.

No acelerador de partículas, o campo elétrico gerado agrega às partículas uma energia que resulta num aumento de sua velocidade durante seu deslocamento dentro do acelerador. De acordo com a equação de Einstein,  $E = m \cdot c^2$ , quanto maior sua velocidade ou mais próxima à da luz, mais maciça se torna, uma espécie de massa relativística, que quando colide contra outra, quebra-se em partículas ainda menores.

Essa técnica empregada, possibilitou aos físicos descobrirem partículas ainda mais fundamentais a exemplo dos quarks, que assim como os elétrons, são considerados as partículas verdadeiramente elementares da matéria, uma espécie de tijolo básico para a construção de toda a matéria, não possuindo estrutura interna, isto é, não é formada por nenhuma outra partícula menor, ao contrário do próton e do nêutron que são formados por quarks.

A Figura 4.1, adaptada e extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antonio Moreira, tem como objetivo dar uma visão da quantidade de partículas que até então constituem o átomo, sem esgotar, contudo, as especificidades de cada uma, seu comportamento e a forma como interagem com outras partículas.



A Figura 4.1, como mencionado anteriormente, não esgota a quantidade de partículas descobertas até hoje, chegando à ordem das centenas, mas nos dá uma real compreensão de que não são poucas como pensava-se até há pouco tempo. Para melhor compreensão, as partículas em geral foram classificadas, em dois grandes grupos ou famílias, os férmions e os hádrons.

Moreira (2011) esclarece, que os férmions, nome este em homenagem ao físico Enrico Fermi, representam o grupo das partículas tidas como elementares, ou seja, sem estrutura interna. Dividida em duas classes, há os léptons, do grego *leptos*, que significa delgado, fino, leve, que são partículas de spin  $1/2$ , sem cor, que podem ter carga elétrica, como é o caso do elétron, ou não, a exemplo do neutrino. Há também os quarks, aparentemente, os constituintes fundamentais da matéria, estes, num total de seis espécies ou sabores, cada qual apresentando-se em três edições, chamadas cores, resultando em 18 tipos diferentes de quarks, que somados às suas antipartículas, os antiquarks, completam 36. Uma antipartícula tem a mesma massa e o mesmo spin da partícula correspondente, porém, carga oposta a esta.

obre o spin, trata-se de uma propriedade fundamental das partículas elementares que descreve seu estado de rotação em torno de seu próprio eixo, é o momento angular intrínseco das partículas. De acordo com a Mecânica Quântica, o spin das partículas elementares pode ter apenas determinados valores que são sempre um número inteiro (0, 1, 2, 3, ...) ou meio inteiro ( $1/2$ ,  $3/2$ ,  $5/2$ , ...) de  $\hbar$ , que é a constante reduzida de Planck., onde  $\hbar = h/2\pi$ ,  $h \cong 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J. s.}$

No outro grande grupo tem-se os hádrons, da palavra grega *hadros*, que significa massivo, robusto, forte, estão as partículas compostas, por possuírem estrutura interna. Observa-se ainda, que esta família recebeu outra subdivisão, dando origem a outras duas classes: os bárions, da palavra grega *barys*, que significa pesado, são hádrons formados por três quarks ou três antiquarks, sendo o próton e o nêutron os mais conhecidos, e os mésons, do grego *mesos*, que significa meio, são hádrons constituídos por um quark e um antiquark. Outra diferença apontada pelo autor, é que os bárions obedecem ao Princípio da Exclusão de Pauli, os mésons não. De acordo com esse princípio, duas

partículas do mesmo tipo e com spins não inteiros não podem ocupar o mesmo estado quântico. Ainda, bárions tem spin fracionário, enquanto mésons tem spin inteiro.

Hoje, sabe-se que para cada partícula existe uma antipartícula não considerada no quadro representativo. A alusão de algumas é feita em forma de barras na coluna estruturas, e como se verifica, os sinais das partículas e suas respectivas antipartículas são contrários.

Com a descoberta de novo quadro, o átomo considerado uma das menores porções da matéria, não é tão fundamental quanto pensava-se. A pergunta agora, vota-se em saber como estas partículas se comportam e o que as mantém associadas à estrutura atômica. A necessidade agora é a de entender como elas interagem, como integram sistemas estáveis, como se desintegram. De forma mais pontual: (a) sendo os elétrons partículas portadoras de carga elétrica negativa, não deveriam elas ser atraídas em direção ao núcleo do átomo? (b) o que mantém o núcleo do átomo estável se ele é constituído por nêutrons e prótons, sendo este último portador de carga positiva e, segundo a lei coulombiana, estes deveriam se repelir?

Em relação à primeira questão, comentou-se um pouco quando se falou do modelo atômico proposto por Bohr. Sobre a segunda questão, cabe a você leitor fazer a seguinte reflexão: ao observar a natureza, identifica-se em vários fenômenos a presença de forças das mais variadas possíveis, como por exemplo, forças elásticas, elétricas, intermoleculares, gravitacional, de atrito, de adesão, de viscosidade, interatômicas e outras. Há também várias maneiras de classificá-las, sendo de ação à distância, de contato, dissipativas, conservativas, atrativas, repulsivas, de curto ou longo alcance, entre outras. No entanto, na raiz de todos esses tipos e classificações estão apenas quatro forças fundamentais correspondentes às quatro interações observadas na natureza: força eletromagnética (interação eletromagnética), força gravitacional (interação gravitacional), força forte (interação forte) e força fraca (interação fraca), as quais são discutidas com mais detalhes (OLIVEIRA, 2014).

Conheça na sequência um pouco mais sobre cada uma delas.

**- Interação Gravitacional:**

A Física é vista com uma área da Ciência detentora de muitas equações, a exemplo da equação 4.1:

$$E = m \cdot c^2 \quad (4.1)$$

Talvez nenhuma Equação Física seja tão famosa fora do meio acadêmico, quanto a equação 4.1. Embora credite-se a Einstein a sua formulação, Henri Poincaré de antemão havia chegado a essa mesma expressão alguns anos antes de Einstein apresentá-la. A grandiosidade dessa pequena equação, está na importante relação de equivalência entre massa e energia.

Partindo do pressuposto que tudo é massa e energia, não seria exagero considerar que de todas, a força gravitacional é a que atua em tudo, isto é, em partículas de massa e/ou de energia, independentemente da porção presente nessas partículas. A força gravitacional é apenas atrativa, praticamente desprezível em nível microscópico, quando comparada às outras três forças fundamentais, tornando-se dominante em corpos com massa a partir de  $2 \times 10^{-5}$  g.

Essa força é mediada por um campo, denominado campo gravitacional, que é uma característica intrínseca de todo corpo dotado de massa. Todo corpo massivo, cria em torno de si esse campo, que assim como qualquer outro tipo de campo, a exemplo do campo elétrico, gerado por uma carga elétrica e do campo magnético, gerado por um ímã, muda a natureza do espaço à sua volta. Assim, quando há interação entre os campos gravitacionais gerados por dois ou mais corpos massivos, eles atraem-se mutuamente com direção e sentido voltado para seu centro de massa. Ao campo gravitacional, pode-se associar a existência de uma partícula que seria a responsável pela interação, ou força, gravitacional entre os corpos, uma espécie de partícula mensageira/mediadora dessas interações. Embora sua existência ainda não tenha sido comprovada experimentalmente, acredita-se tratar de uma partícula sem massa, dotada apenas de uma certa quantidade, quantum, de energia, chamada no meio físico de gráviton. Nesse contexto, o campo gravitacional criado em torno de um corpo de massa  $m$ , nada mais é do que um campo de grávitons.

**- Interação eletromagnética:**

Está presente na interação entre um elétron e um núcleo atômico. As partículas mediadoras dessa interação e portadoras dessa força são os fótons, compreendidos aqui como partículas de radiação eletromagnética, uma espécie de pacotes de energia, logo não possuem massa. A intensidade da energia presente em cada fóton pode assumir valores discretos dentro do espectro das ondas eletromagnéticas, que será explanado em outro tópico, determinando assim seu tipo. Temos, portanto, fótons de ondas de rádio, de raios gama, de luz visível, de radiação ultravioleta, de raios X, de radiação infravermelha, entre outros.

Enquanto a interação gravitacional é um fenômeno decorrente de corpos com massa, a interação eletromagnética é um fenômeno decorrente de corpos dotados de carga elétrica. Assim, como um corpo massivo cria em torno de si um campo gravitacional, um corpo eletrizado a exemplo de uma carga elétrica, cria em torno de si um campo elétrico. Essa carga elétrica, quando em movimento, cria também em torno de si um campo magnético.

Desses campos, elétrico e magnético, resulta o que se chama de campo eletromagnético, um campo de fótons dotado de força eletromagnética. Em função do sinal das cargas elétricas envolvidas, por convenção positiva ou negativa, essa força pode ser atrativa ou repulsiva. Entre o núcleo do átomo, carga elétrica positiva, e os elétrons, carga elétrica negativa, que orbitam à sua volta, verifica-se em uma força de atração, também chamada de força coulombiana.

**- Interação forte:**

Mantém os prótons e nêutrons unidos no núcleo do átomo. As partículas classificadas como hádrons, são constituídas por quarks, e a força que os mantém próximos é do tipo força forte, afetando assim somente e todos os tipos de hádrons. Semelhante às outras interações, a interação forte é descrita por meio de campos de força, e as partículas mediadoras são os glúons, um tipo de partícula dotada de uma carga cor, com oito combinações, isto é, oito tipos de glúons. Assim, como a carga elétrica é a fonte de um campo de fótons, os quarks, que também apresentam carga cor, são as fontes dos campos de

glúons. Como a interação forte entre os quarks presentes em hádrons ocorre devido a um campo de cor, dizemos que esse pode ser entendido como um campo de glúons.

A interação forte é composta de duas partes: a interação fundamental ou interação de cor e a interação forte residual. A interação de cor é responsável pela força atrativa, força cor, entre os quarks, que ficam confinados dentro dos hádrons. A interação residual é responsável pela força existente entre prótons e nêutrons e pode ser imaginada como sendo mediada pela troca de mésons, partícula cuja função assemelha-se ao fóton na interação eletromagnética. Note-se que cor assume aqui uma propriedade física dos quarks, isto é, da matéria, e que nada tem a ver com o conceito de cor tal como se usa no dia a dia e mesmo em outras áreas da Física.

**- Interação fraca:**

Atua sobre todos os léptons e quarks, e está presente em todas as reações envolvendo neutrinos, partículas sem carga num total de seis, cuja massa acredita-se ser muito próxima de zero. Essa interação é responsável também pelo decaimento, desintegração, relativamente lento de partículas subatômicas como nêutrons e prótons, a exemplo do decaimento  $\beta$ . Nesse decaimento, verifica-se três processos radioativos nos quais o número de massa (soma de prótons e neutros) de um elemento químico permanece constante, enquanto seu número atômico, número de prótons, e seu número de nêutrons variam de uma unidade.

As partículas denominadas  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são os quanta do campo fraco e, portanto, mediadoras da interação fraca. Apesar do trabalho permanente dos físicos teóricos no sentido de unificar todas essas interações, apenas a força eletromagnética e a força fraca foram unificadas até agora, passando a ser entendidas como duas instâncias de uma única força eletrofraca.

Em geral, todas essas interações fundamentais ocorrem como se as partículas interagentes trocassem (emitissem e absorvessem) outras partículas entre si, ou seja, trocassem partículas mediadoras. Essas partículas como se viu, são os fótons na interação eletromagnética, os glúons na interação forte, as

partículas W e Z na interação fraca e os grávitons, ainda não detectados, na interação gravitacional.

Por não possuírem massa (exceto W e Z) mas energia, todas são chamadas de partículas virtuais. Por serem partículas com spin inteiro, termo associado às diferentes orientações de uma partícula no espaço, é comum chamá-las de bósons, um termo genérico para partículas com essa característica. O alcance dessas interações, causadas pela troca de partículas virtuais, quanta virtuais, está intimamente relacionado à massa delas, algumas podendo ter alcance infinito, enquanto outras são de curto alcance. O Quadro 4.2 é um resumo quantitativo do que se relatou até aqui.

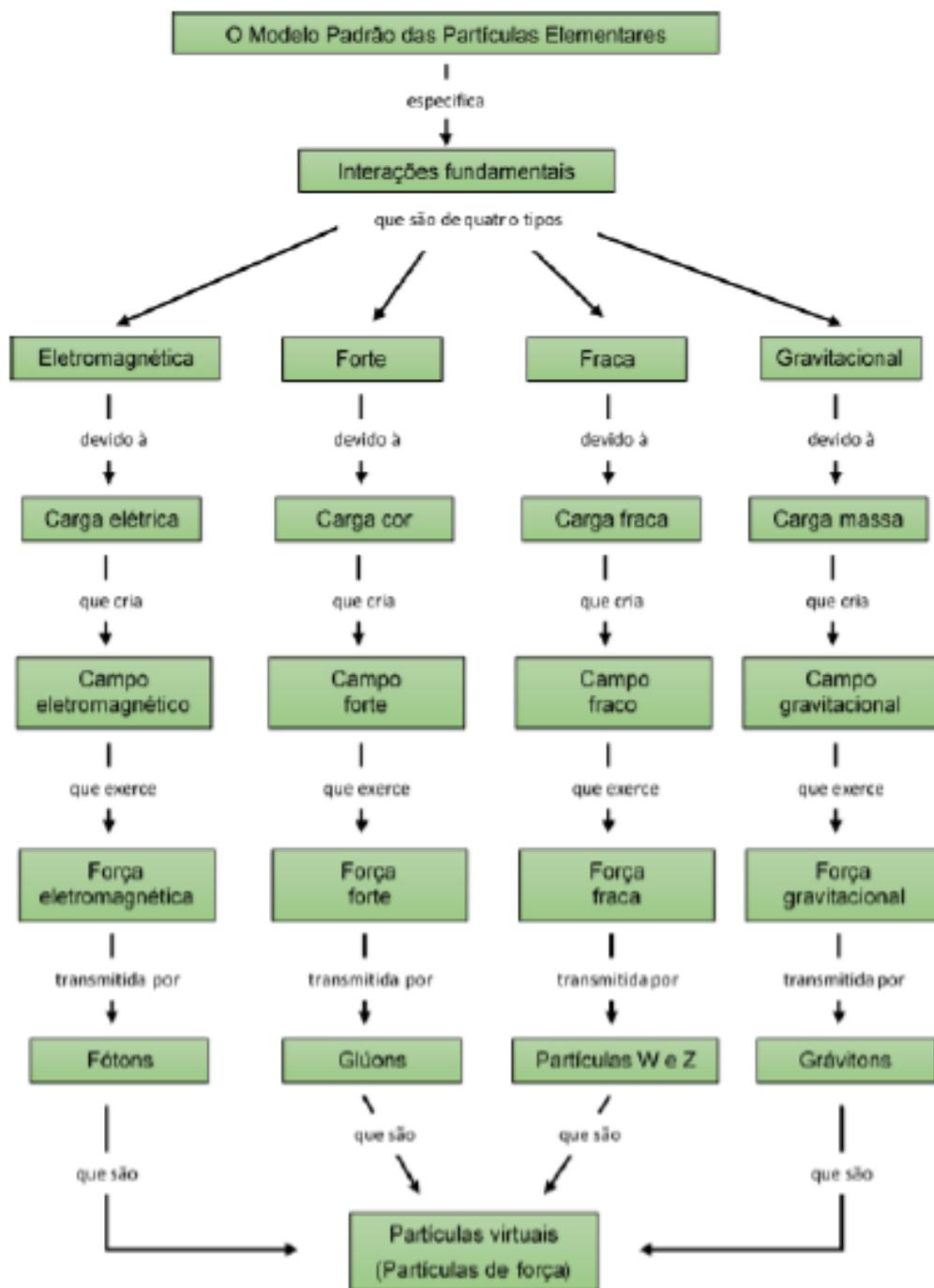
QUADRO 4.2 – Características das interações fundamentais

<b>Interação</b>	<b>Bóson mediador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Alcance (m)</b>	<b>Tempo de interação (s)</b>	<b>Constante de acoplamento (força)</b>
Forte	Glúon	Carga cor	$10^{-15}$	$10^{-23}$	1
Eletromagnética	Fóton	Carga elétrica	$\infty$	$10^{-18}$	1/137
Fraca	$W^{\pm}, Z^0$	Carga fraca	$10^{-18}$	$10^{-16}$ a $10^{-10}$	$10^{-5}$
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	$\infty$	-	$10^{-38}$

Fonte: Adaptado de: TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, (p.413).

A Figura 4.2, adaptada e extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antonio Moreira, completa o modelo padrão das partículas elementares, destacando as interações fundamentais.

FIGURA 4.2 – Interações fundamentais



Fonte: Adaptado de: MOREIRA, M. A. Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

### 4.2.3 Se liga, eu tenho a força

Força é o que provoca alteração no estado de movimento de um corpo. Na Física Moderna, as forças são transmitidas pela troca de partículas mediadoras. Quando duas partículas exercem força uma sobre a outra, elas o fazem pela troca de uma partícula mediadora.

Uma possível analogia para o entendimento das interações via troca de partículas é o jogo do bumerangue. Um jogador, de costas para o outro, lança o bumerangue o qual, inicialmente, se afasta do segundo jogador, que também está de costas para o primeiro. Em seguida, o bumerangue faz uma curva, atingindo o segundo jogador.

Levando-se em conta os recuos de cada um, tanto o que lançou o bumerangue quanto o que o agarrou, o resultado efetivo é uma atração entre os dois jogadores devido à troca do bumerangue.

Embora conheçamos vários tipos de interação e de força, na raiz de todas elas estão presentes apenas quatro, denominadas de forças ou interações fundamentais: força gravitacional, força eletromagnética, força forte e força fraca.

#### - **Força ou interação gravitacional:**

Partindo da relação entre massa e energia, já representada pela equação  $E = m \cdot c^2$ , podemos considerar que quaisquer corpos que possuem massa atraem-se mutuamente. Esta interação, chamada de força gravitacional, diminui de intensidade quanto maior for a distância entre os corpos. Esta é a força que rege todos os movimentos dos corpos celestes no universo. Já no campo da Física de Altas Energias, esta interação não será importante quando a energia cinética da partícula for muito maior que sua energia potencial gravitacional, o que normalmente acontece. Mas, é claro, que todos os objetos com massa experimentam a força gravitacional, mesmo quando esta é muito fraca. A partícula mediadora da força gravitacional é chamada de gráviton, mas esta nunca foi detectada experimentalmente. Esta partícula é a responsável pela presença do que chamamos de campo ao redor de um corpo, como o observado

ao redor de uma carga elétrica, ou de um ímã. Assim, o campo gravitacional nada mais é do que um campo de grávitons. A força gravitacional é uma força atrativa de longo alcance.

- **Força ou interação eletromagnética:**

A origem da força eletromagnética, tem relação com a carga elétrica que os corpos possuem. Esta força é responsável pela atração ou repulsão entre partículas que possuem cargas de sinais diferentes ou iguais respectivamente. Já as partículas neutras (como o nêutron e o neutrino), não interagem eletromagneticamente. É via interação eletromagnética que os elétrons e o núcleo estão unidos formando os átomos. Como no caso da força gravitacional, a força eletromagnética é de longo alcance, proporcional à carga das partículas e torna-se cada vez mais fraca à medida que a distância interpartículas aumenta. A partícula mediadora desta interação é o fóton. A primeira evidência de sua existência ocorreu em 1905, quando Einstein explicou, a partir de evidências experimentais, o efeito fotoelétrico, atribuindo à luz propriedades corpusculares, através da hipótese de que sua energia é armazenada em pequenos pacotes: os fótons. A intensidade da energia presente em cada fóton pode assumir valores discretos dentro do espectro das ondas eletromagnéticas, determinando assim seu tipo. Temos, portanto, fótons de ondas de rádio, de raios gama, de luz visível, de radiação ultravioleta, de raios X, de radiação infravermelha, entre outros.

- **Força ou interação forte:**

A força forte é uma força atrativa que age entre os núcleons (o nome coletivo para prótons e nêutrons). É atrativa para todas as combinações de prótons e nêutrons, ou seja, um núcleon atrai outro núcleon. Não fosse pela força forte, o núcleo não seria estável, pois a força eletromagnética de repulsão entre os prótons causaria seu rompimento. As partículas classificadas como hádrons, são constituídas por quarks, e a força que os mantém próximos é do tipo força forte, afetando assim somente e todos os tipos de hádrons. Semelhante às outras interações, a interação forte é descrita por meio de campos de força, e as partículas mediadoras são os glúons. Já observada

experimentalmente, é um tipo de partícula dotada de uma carga cor, com oito combinações, isto é, oito tipos de glúons. A interação forte é composta de duas partes: a interação fundamental ou interação de cor e a interação forte residual. A interação de cor é responsável pela força atrativa (força cor) entre os quarks, que ficam confinados dentro dos hádrons. A interação residual é responsável pela força existente entre prótons e nêutrons e pode ser imaginada como sendo mediada pela troca de mésons, partícula cuja função assemelha-se ao fóton na interação eletromagnética. Esta força é de curto alcance, pois está restrita a dimensões de  $10^{-15}$  m (dentro do núcleo).

- **Força ou interação fraca:**

A força fraca é assim chamada porque é fraca em intensidade se comparada à forte. Esta é a força responsável pelos decaimentos radiativos, sendo assim, está presente em todas as reações envolvendo neutrinos, partículas sem carga num total de seis, cuja massa acredita-se ser muito próxima de zero. Essa interação é responsável também pelo decaimento (desintegração) relativamente lento de partículas subatômicas como nêutrons e prótons, a exemplo do decaimento  $\beta$ . Nesse decaimento, verifica-se três processos radioativos nos quais o número de massa (soma de prótons e neutros) de um elemento químico permanece constante, enquanto seu número atômico (número de prótons) e seu número de nêutrons variam de uma unidade. As partículas denominadas  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  são os quanta do campo fraco e, portanto, mediadoras da interação fraca. Essa força ou interação fraca por atuar sobre os neutrinos e os hádrons, a exemplo dos prótons e neutros, atua em geral sobre todos os tipos de léptons. No caso dos neutrinos, essa é a única interação experimentada. Estes mediadores são muito massivos, ao contrário das outras partículas mediadoras (gráviton, fóton e glúon) que possuem massa de repouso nula, estes têm massa quase cem vezes maior que a massa do próton, o que implica que a força fraca tem um raio de ação limitado, sendo este da ordem de  $10^{-17}$  m.

Em geral, todas essas interações fundamentais ocorrem como se as partículas interagentes trocassem (emitissem e absorvessem) outras partículas

entre si, ou seja, trocassem partículas mediadoras. Essas partículas como vimos, são os fótons na interação eletromagnética, os glúons na interação forte, as partículas W e Z na interação fraca e os grávitons (ainda não detectados) na interação gravitacional. Por não possuírem massa (exceto W e Z) mas energia, todas são chamadas de partículas virtuais. O Quadro – Características das Interações Fundamentais, resume um pouco do que foi descrito até aqui.

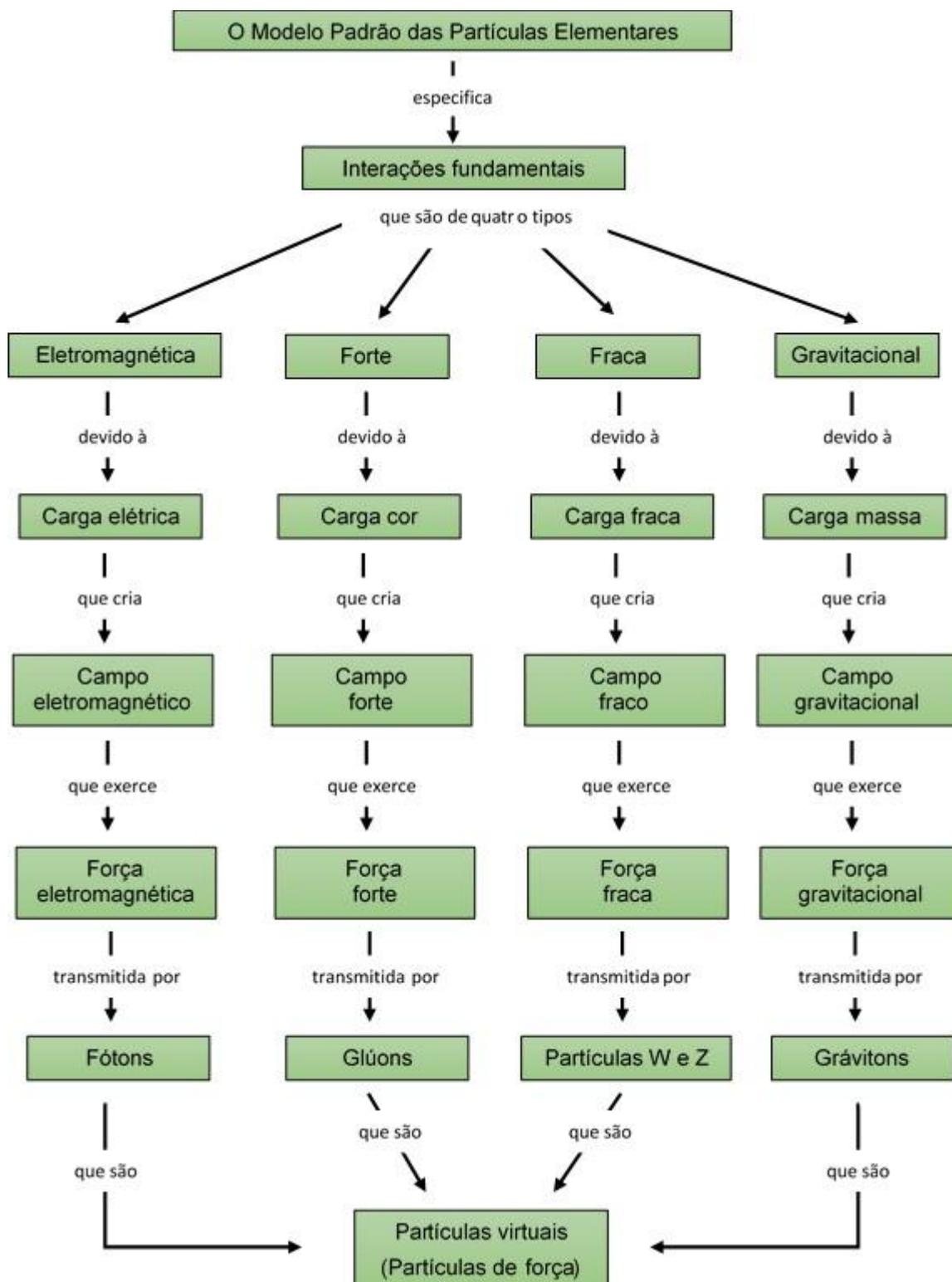
QUADRO - Características das Interações Fundamentais

Interação	Bóson mediador	Fonte	Alcance (m)	Tempo de interação (s)	Constante de acoplamento (força)
Forte	Glúon	Carga cor	$10^{-15}$	$10^{-23}$	1
Eletromagnética	Fóton	Carga elétrica	$\infty$	$10^{-18}$	1/137
Fraca	$W^{\pm}, Z^0$	Carga fraca	$10^{-18}$	$10^{-16}$ a $10^{-10}$	$10^{-5}$
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	$\infty$	-	$10^{-38}$

Fonte: Adaptado de: TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006, (p.413).

A Figura – Interações Fundamentais, adaptada e extraída do livro - Física de partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica, de Marco Antônio Moreira, completa o modelo padrão das partículas elementares. Enquanto na anterior, destacou-se as partículas básicas, nessa descreve-se as interações fundamentais.

FIGURA - Interações Fundamentais



Fonte: Adaptado de: MOREIRA, M. A. **Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

### 4.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3: DECAIMENTOS RADIOATIVOS

#### 4.3.1 Uma evolução que vem do céu

Ao olhar a natureza a sua volta e o mundo que o rodeia, o homem é capaz de observar uma variedade de coisas, objetos e sensações. A brisa, o calor, a luz, e tantas outras modalidades de energia materializada sob várias formas, densidades e cores, o som. O mundo que o rodeia é assim, um local onde há uma variedade dimensional de outros complexos ou sistemas.

..., se pararmos na praia e olharmos para o mar, veremos a água, as ondas quebrando, a espuma, o movimento de agitação da água, o som, o ar, o vento e as nuvens, o sol e o azul do céu e a luz; existe areia e existem rochas de diferentes durezas, firmezas, cores e texturas. Existem animais e algas, fome e doença, e o observador na praia; pode até existir felicidade e pensamento. Qualquer outro ponto na natureza tem a mesma variedade de coisas e influências. É sempre assim, tão complicado quanto, sem importar onde seja. (FEYNMAN, 2008, p.02)

Nesta imensa diversidade de coisas, é natural que se busque por alguma relação entre elas, algumas características em comum, ou que, de certa forma as diferenciem. Afinal, seria demasiado pensar que toda essa variedade de coisas teria origem em um mesmo lugar ou provém de uma coisa só?

... a areia é algo que difere das rochas? Ou melhor, será que a areia não passa talvez de um grande número de pedras muito pequenas? A lua é uma grande rocha? Se entendermos as rochas, também deveríamos entender a areia e a lua? A movimentação do ar, teria a mesma agitação da água do mar? O que é comum em diferentes tipos de som? Quantas cores existem? (FEYNMAN, 2008, p.02)

A busca por uma explicação a questões como as apresentadas, permite ao homem, à primeira vista, tentar dimensionar tudo o que existe na natureza, a um número reduzido de coisas ou elementos, para assim, melhor entendê-las. Isto justifica, a necessidade de conceber um método para encontrar partes das respostas a tais questões: observação, razão e experimentação, constituem o que se chama de Método Científico. Tal Método, permitiu se chegar a um dos construtos mais fundamentais de tudo que existe na natureza – o átomo. Algo que, segundo teorias e experimentos realizados previamente, o colocam como

o tijolo responsável que está na constituição de toda matéria, compreendido por muitos como a unidade fundamental de quase tudo que se observa na natureza.

Hoje, a compreensão que se tem sobre o átomo, partícula que está presente em tudo que tem massa, revela ser esta uma estrutura complexa formada de pouco mais de uma centena de partículas fundamentais, a exemplo dos quarks e dos elétrons. Essa mesma compreensão, mostrou ainda que todas as forças observadas na natureza, teriam em sua raiz, quatro forças ou interações fundamentais, forças estas, que estão presentes nessa pequena estrutura chamada átomo. Para mobilizar uma nova discussão acerca do átomo e da diversidade de elementos encontrados na natureza, ficam algumas questões: (a) se na essência de toda a matéria está o átomo e suas partículas fundamentais, ao que se deve a existência de tantos elementos químicos encontrados na natureza, que quando comparados entre si, apresentam propriedades físico-químicas tão diferentes? (b) onde e em que condições naturais esses os elementos químicos são formados? (c) uma vez formado um elemento, como este se comporta ao longo do tempo?

#### 4.3.2 A culpa é das estrelas...

Para explorar teoricamente as questões anteriormente pontuadas, é necessário que se volte um pouco no tempo, algo em torno de 13,7 bilhões de anos, data esta que corresponde ao início do Universo, tal qual o conhecemos. Sobre sua concepção, há várias teorias, e múltiplos pontos de vista, não sendo, portanto, o objetivo aqui, marcar a defesa de uns em detrimento de outros. Para essa discussão, tomar-se-á uma das teorias mais aceitas no campo da Ciência, a teoria do Big Bang. De acordo com essa teoria, tudo o que se sabe a respeito da formação do Universo, isto é, toda informação que se tem sobre sua origem, iniciam no  $10^{-43}$  segundo após o tempo zero, tempo este correspondente ao momento da grande explosão e onde tudo começou. Como destaca Santos (2015), para antes do tempo zero a Física criou uma demarcação, uma fronteira, não apenas física, mas também uma fronteira ao pensamento, antes do  $10^{-43}$  segundo, entra-se na escala de Planck, isto é, antes desse tempo nada é visto

e nada é explicado pela Física. Essa escala é considerada o limite universal, para além da qual as leis da Física atualmente conhecidas não se aplicam. Para compreender algo mais do que isso, é necessária uma nova teoria de Física, a exemplo de uma teoria da gravitação quântica ou teoria de tudo.

Quatorze bilhões de anos, essa é a idade aproximada do Universo, tempo este necessário para que muitas transformações ocorressem até chegar ao resultado atual. Mesmo sendo um aglomerado de longos anos, a relação do homem, tão prematuro temporalmente, com o Universo sempre foi muito próxima. Foi a partir de sua observação, que o conhecimento filosófico, religioso, cultural e da própria ciência se desenvolveu, desdobrando-se em outras áreas do conhecimento, a exemplo da Astrofísica, Cosmologia, Astrobiologia e muitas outras especializações. Foi devido a esse desenvolvimento teórico e tecnológico, que um se chegou a um mapeamento da evolução do Universos, desde seus primeiros segundos, isto é, a partir do  $10^{-43}$  segundo.

A própria estrutura do Universo, tal qual é conhecida atualmente, e toda variedade de elementos que se observa na natureza, é resultado de uma evolução que em cada etapa desempenhou naturalmente funções específicas, isto é, desde sua origem, passou por transformações que resultaram no Universo como se conhece. Esta teoria, previu a existência – em termos de tipos, quantidade e combinações – de algumas partículas, hoje conhecidas, cujas informações condizem com tal previsão.

O Quadro 4.3, mostra de forma resumida algumas etapas dessas transformações.

QUADRO 4.3 – Modelo do Big Bang

(continua)

Idade Cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$< 10^{-44}$ segundos	$> 10^{32}$ K	Big Bang. Unificação das 4 forças. Era de Planck.
$10^{-44}$ segundos	$10^{32}$ K	Gravidade se separa das outras forças. Era das GUT's (teorias da grande unificação das forças nucleares forte e fraca e da força eletromagnética).
$10^{-35}$ segundos	$10^{28}$ K	Força nuclear forte se separa da força eletro-fraca.

(conclusão)

Idade Cósmica	Temperatura	Eventos marcantes
$10^{-32}$ segundos	$10^{27}$ K	Fim da era da Inflação. Universo se expande rapidamente.
$10^{-10}$ segundos	$10^{15}$ K	Era da radiação. Forças eletromagnéticas e fracas se separam.
$10^{-7}$ segundos	$10^{14}$ K	Era das partículas pesadas (era hadrônica). A colisão de fótons dá origem a prótons, antiprótons, quarks e antiquarks.
$10^{-1}$ segundos	$10^{12}$ K	Era das partículas leves (era leptônica). Fótons retêm energia suficiente apenas para construir partículas leves como elétrons e pósitrons.
3 minutos	$10^{10}$ K	Era da nucleossíntese. Prótons e elétrons interagem para formar nêutrons. Prótons e nêutrons formam núcleos de deutério, hélio, e pequena quantidade de lítio e berílio. Todos os átomos encontram-se ionizados.
380 000 anos	$10^3$ K	Era da recombinação. Os elétrons se unem aos núcleos para formarem os átomos. A radiação pode fluir livremente pelo espaço. (O universo fica transparente.)
$1 \times 10^9$ anos	20 K	Formação de proto-aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
$10 \times 10^9$ anos	3 K	Era presente. Formação do sistema solar. Desenvolvimento da vida.

Fonte: OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza. O Universo como um todo. UFRGS: Departamento de Astronomia do Instituto de Física.  
Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/univ/univ.htm>>. Acesso: 29 nov. 2017.

Como se observa no Quadro 4.3, a era da nucleossíntese é a fase na qual os primeiros elementos químicos mais leves foram formados. Contudo, é na fase de formação de galáxias e das primeiras estrelas, que uma grande diversidade de elementos é gerada. A considerar todos os isótopos conhecidos, chega-se a um total de 3339 elementos hoje classificados. É no núcleo das estrelas, região de altíssima temperatura e pressão, que partículas mais leves se unem umas às outras para formar partículas cada vez mais pesadas, como é observado na cadeia próton-próton descrita logo mais, além de outras cadeias observadas.

A maior parte da vida de uma estrela é gasta transmutando hidrogênio em hélio, produzindo enormes quantidades de energia nessas reações. A energia produzida pelo Sol tem origem nesse tipo de reação. Até o elemento ferro, os elementos são formados no interior das estrelas por processos de fusão nuclear, processo no qual dois ou mais núcleos atômicos se juntam e formam um outro núcleo de maior número atômico, ou fissão nuclear, que consiste na divisão do núcleo de um átomo considerado instável em dois núcleos menores, que se iniciaram pelo hidrogênio. Elementos mais pesados que o ferro, são produzidos por captura de nêutrons ou prótons durante a explosão de estrelas como as chamadas Supernovas. No Quadro 4.4, tem-se um resumo das reações mais importantes nas nucleossíntese estelar.

QUADRO 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar

(continua)

Combustível	Tipo de reação	Reação base	Produção de elementos principais	Produção de elementos secundários
Hidrogênio	Cadeia próton-próton	Hidrogênio + Hidrogênio	Hélio	Deutério, Lítio, Berílio e Boro.
	Ciclo CNO	Hidrogênio + Carbono	Hélio	Nitrogênio, Oxigênio e Flúor.
Hélio	Processo Alfa	Carbono + Hélio	*****	Oxigênio, Neônio, Magnésio, Silício, Enxofre, Argônio, Cálcio, Titânio, Cromo, Ferro e Níquel.
	Processo Triplo Alfa	Hélio + Hélio	Carbono	Berílio.

(conclusão)

Combustível	Tipo de reação	Reação base	Produção de elementos principais	Produção de elementos secundários
Elementos pesados	Fusão Nuclear do Carbono	Carbono + Carbono	Magnésio	Sódio, Neônio, Oxigênio e Berílio.
	Fusão Nuclear do Neônio	Neônio + Rad. gama	Oxigênio e Hélio	Magnésio.
	Fusão Nuclear do Oxigênio	Oxigênio + Oxigênio	*****	Silício, Hélio, Hidrogênio, Fósforo, Enxofre, Deutério e Magnésio.
	Fusão Nuclear do Silício	Silício + Hélio	*****	Enxofre, Argônio, Cálcio, Titânio, Cromo, Ferro e Níquel.
* Produção de elementos mais pesados que o Fe	Captura de Nêutrons - processo R (rápido)	Ferro + n	Elementos cujos núcleos são ricos em nêutrons, onde o número de massa A é superior a 60.	
	Captura de Nêutrons - processo S (lento)	Ferro + n		
	Captura de prótons – processo RP (rápida de prótons)	Ferro + p	Elementos pesados cujos núcleos possuem um número variado de prótons e nêutrons, indo do Cobalto até o Telúrio	
	Fotodesintegração – processo p	Obs. Embora seja presente em elementos de núcleos mais pesados, neste processo uma energia radiante (gama) provoca a liberação de um próton ou um nêutron, originando um elemento de menor número atômico, porém ainda pesado. Em casos mais extremos, essa energia pode acarretar numa fissão nuclear do elemento.		

Fonte: Adaptado de: NUCLOSSÍNTESE ESTELAR. Disponível em:  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Nucleoss%C3%ADntese\\_estelar](https://pt.wikipedia.org/wiki/Nucleoss%C3%ADntese_estelar). Acesso: 29 nov. 2017.

O exemplo a seguir, traz algumas reações pertencentes a cadeia próton-próton, mostrando como elementos mais leves se combinam a outros, formando novos elementos cada vez mais pesados. A cada reação, há a liberação de quantidades significativas de energia que, devido a quantidade de reações ocorridas nas estrelas, resultam numa potencial quantidade produzida. O Sol, por exemplo, é considerado a principal fonte de energia do nosso planeta.

De acordo com Prialnik (2007, p. 59-60), na **reação próton-próton**, também nominada **cadeia próton-próton**, por exemplo, dois átomos de hidrogênio se fundem convertendo-se em hélio como produto do processo. Durante a ocorrência desta reação, é observada a formação de outros elementos leves, porém de massa e número atômico superior ao do hidrogênio, acompanhado da liberação de outras partículas subatômicas e variadas quantidades de energia. É observado que, em todas as reações, há uma conservação da quantidade de massa entre reagentes e produtos. Para melhor compreender as reações destacadas na sequência, o Quadro 4.5, fornece os símbolos e legendas que foram utilizadas nessas reações.

QUADRO 4.5 – Decifrando uma reação

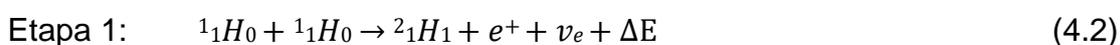
Símbolo	Legenda
${}^A_ZX_n$	X (elemento químico), A (massa atômica), Z (número atômico), e n (número de nêutrons)
$e^-$	elétron. Partícula subatômica de carga negativa (-1) e massa 1/1836 a massa do próton. Também é representada pelo símbolo $\beta^-$ nas reações de decaimentos.
$\nu_e$	neutrino do elétron. Partícula subatômica sem carga elétrica, que interagem com outras partículas apenas por meio da gravidade e da força nuclear fraca.
$e^+$	pósitron ou antielétron. Considerada a antipartícula do elétron. Possui carga positiva (+1) e massa igual ao elétron.
$\gamma$	radiação gama ou raio gama. Tipo de radiação eletromagnética de alta frequência (energia), produzida por elementos radioativos ou na aniquilação de uma par pósitron-elétron.
$\Delta E$	indica produção de energia durante a reação.

Fonte: O autor

## Reação próton-próton

O início da reação próton-próton, ou Cadeia pp, dá-se em três etapas. Na primeira etapa, átomos de hidrogênio de massa atômica um se fundem resultando num outro isótopo deste elemento, o deutério, de massa atômica dois, liberando nesta reação um pósitron, um neutrino do elétron e energia em forma de calor.

### Cadeia pp



Na segunda etapa deste processo, o pósitron liberado se aniquila com um elétron resultando em mais energia em forma de calor e dois raios gama.



Na terceira e última etapa deste ciclo, o deutério, originado na primeira etapa funde-se com um hidrogênio de massa um formando um átomo de hélio de massa três. Dessa reação, são liberados energia em forma de calor e raio gama.



Completado esse primeiro ciclo, que termina com a formação do átomo de hélio, a cadeia pp pode evoluir para outras três fases distintas, chamadas de cadeia pp I, cadeia pp II e cadeia pp III.

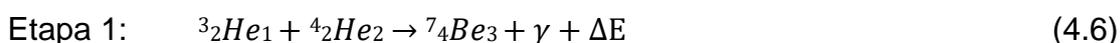
### Cadeia pp I

Das três fases, a cadeia pp I é a mais frequente, chegando a 91% de ocorrência. Nesta cadeia, dois átomos de hélio de massa três se fundem formando um novo isótopo do hélio, agora de massa quatro, e outros dois átomos de hidrogênio, além da liberação de energia em forma de calor.



### Cadeia pp II

Esta fase, que se desenvolve ao longo de três etapas, ocorre com uma frequência da ordem de 9%, produzindo além de hélio, outros elementos mais pesados. Na primeira etapa, dois isótopos de hélio, um de massa três e outro de massa quatro se fundem e dão origem ao elemento berílio de massa sete, liberando calor e raios gama.



Na sequência, etapa dois, o berílio formado reage com um elétron transformando um de seus prótons em nêutron, se tornando um novo elemento químico, o lítio, conservando sua massa. Dessa reação ainda são liberados um neutrino do elétron e energia na forma de calor.

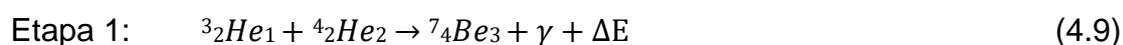


O final desta fase ocorre com a etapa três. O lítio formado na etapa anterior liga-se a um hidrogênio de massa um e originam dois átomos de hélio de massa quatro, além da liberação de calor.



### Cadeia pp III

Esta fase, quando comparada com as duas anteriores, ocorre com uma frequência muito menor, chegando a 0,1%. São quatro as etapas que completam essa fase. Na primeira etapa, novamente dois isótopos de hélio, um com massa três e outro com massa quatro fundem-se dando origem a um átomo de berílio de massa sete, além de liberar raios gama e energia em forma de calor.



Na segunda etapa, o berílio formado se funde com um átomo de hidrogênio, de massa um se transformando em um átomo de boro de massa oito, liberando raios gama e calor.



O boro formado na etapa dois, libera um pósitron e decai transformando um de seus prótons em nêutron, dando origem a um novo elemento, o berílio, também com massa oito. Para completar esta terceira etapa, nessa reação também são liberados um neutrino do elétron e energia em forma de calor.



A quarta etapa, produção final, o berílio formado na etapa três se quebra e se transforma em dois átomos de hélio de massa quatro cada um, liberando energia na forma de calor.



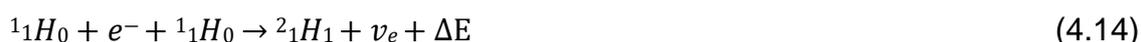
### Cadeia pp IV ou Cadeia Hélio-próton

Uma outra reação prevista, porém, ainda não observada devido sua raridade, aproximadamente 0,3 parte por milhão, é a cadeia pp IV ou cadeia Hep. Nessa cadeia, um isótopo do hélio, de massa três funde-se com um isótopo de hidrogênio de massa um originando um átomo de hélio de massa quatro. Nessa reação, é previsto que um próton de um dos elementos decai liberando um pósitron e se transforme em um nêutron, conservando assim a massa inicial. Há também a liberação de um neutrino do elétron e energia em forma de calor.



### Reação pep

A reação pep, próton-elétron-próton, substitui a reação pp, contudo, sua ocorrência no Sol, por exemplo, é da ordem de 1:400 em relação a reação próton-próton. Nesta reação, um elétron é capturado por dois átomos de hidrogênio de massa um cada, fundindo-se em um novo isótopo, o deutério, além de liberar um neutrino do elétron e energia na forma de calor.



#### 4.3.3 É o que a estrela uniu, a própria natureza separa

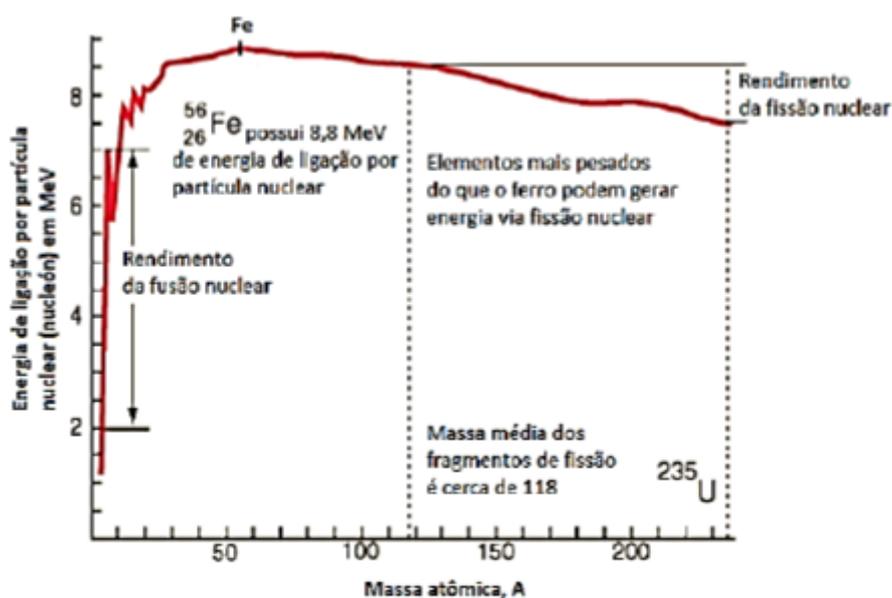
Como foi visto, a integridade dos núcleos é mantida por uma força de atração entre os prótons e os nêutrons. Acredita-se que essa força seja um efeito secundário da interação forte a que estão sujeitos os quarks que compõem os núcleos. No entanto, quanto mais prótons tiver um elemento químico, isto é, quanto maior for seu número atômico, maior será também a força coulombiana responsável por afastar os prótons entre si.

É por esta razão, que a maioria dos isótopos pertencentes à família de um dado elemento químico é instável, isto é, sofre desintegração de

tempo em tempo, emitindo radiação e outras partículas, com o objetivo de tornar seu núcleo mais estável.

Em geral, a estabilidade do núcleo de um átomo está associada ao grau de energia com que prótons e nêutrons estão ligados formando o núcleo. Essa energia de ligação ( $E_{el}$ ) entre as partículas que constituem o núcleo atômico, corresponde por efeito, a energia média necessária para arrancar uma dessas partículas do núcleo em questão. Assim, quanto maior é a energia de ligação entre tais partículas, maior é a estabilidade do núcleo. A Figura 4.3, ilustra essa situação.

FIGURA 4.3 – Fissão ou Fusão nuclear: a relação entre massa atômica e a energia de ligação em elementos químicos



Fonte: COMO SÃO FORMADOS OS ELEMENTOS QUÍMICOS?

Disponível em: <<https://www.saberatualizado.com.br/2015/11/como-sao-formados-os-elementos-quimicos.html>> Acesso: 03 dez. 2017.

Halliday e Resnick (2012) destacam que a energia de ligação entre essas partículas, não é uma energia existente no núcleo, e sim a diferença  $\Delta E_{el}$ , entre a energia de repouso do núcleo atômico  $Mc^2$ , pela soma da energia de repouso de cada uma das partículas constituintes do núcleo  $\Sigma (mc^2)$ .

$$\Delta E_{el} = \sum (mc^2) - Mc^2 \quad (4.15)$$

Tais partículas na literatura também são conhecidas como núcleons. Advertem ainda, que uma medida ainda mais usual é a energia de ligação por núcleon  $\Delta E_{eln}$ , que é a razão entre a energia de ligação  $\Delta E_{el}$  de um núcleo e o número  $A$  de núcleons do núcleo.

$$\Delta E_{eln} = \frac{\Delta E_{el}}{A} \quad (4.16)$$

Assim, para os elementos cujo prótons e nêutrons não apresentam uma ligação tão forte, estes naturalmente desintegram-se, isto é, liberam partículas e energia, transformando-se em novos elementos, com núcleo atômico mais leve e menos instável, esse processo de desintegração se repete, até que o núcleo se torne estável. Tais mecanismos de desintegração nuclear são também conhecidos como decaimento radioativo, ou simplesmente, radioatividade.

O decaimento radioativo foi a primeira indicação de que as leis que governam o mundo subatômico são estatísticas, ou seja, não existe nenhum meio de prever se um dado núcleo de uma amostra radioativa estará entre os que decairão. Observa-se que, se um núcleo estiver em um estado excitado, ele pode emitir um fóton, usualmente na faixa dos raios gama, para voltar ao estado fundamental. Se houver excesso de nêutrons ou prótons, o núcleo pode sofrer decaimento beta.

Além desses, outros processos são possíveis, tais como captura eletrônica, emissão de prótons, emissão de nêutrons, decaimento alfa ou emissão de partícula mais complexa, carbono por exemplo, e ainda, fissão nuclear.

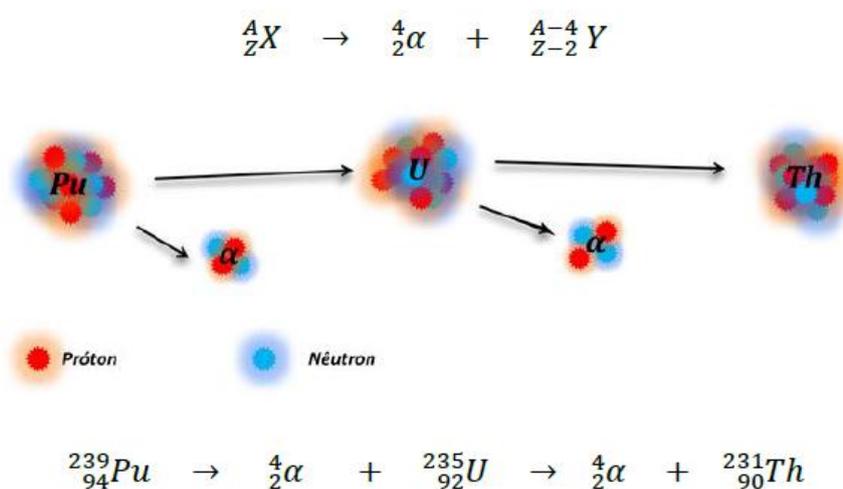
Dos processos possíveis, discutir-se-á aqui apenas os três decaimentos mais comuns, a saber: (a) decaimento alfa, (b) decaimento beta e (c) decaimento gama.

**(a) Decaimento Alfa:** Foi Rutherford, em 1899 quem primeiro intitulou um tipo específico de radiação de raios  $\alpha$ , daí a denominação de partícula alfa. Em suas observações, notou que as rochas e os minérios radioativos imitem dois

tipos de radiação: uma delas, mais facilmente absorvida chamo de raios  $\alpha$ , a outra, chamou de raios  $\beta$ , ambas emitidos de uma mesma amostra.

Nesse tipo de radiação, quando um núcleo sofre um decaimento alfa, este transforma-se em um núcleo diferente emitindo uma partícula alfa, ou seja, um núcleo de hélio). Na Figura 4.4, por exemplo, o isótopo do Plutônio (Pu) (239) ao sofrer dois decaimentos alfa, transforma-se em Tório (Th) (231), um isótopo do Th, (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.4 – Decaimento alfa, ocorrido com isótopo de Plutônio 239



Fonte: O autor

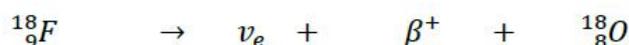
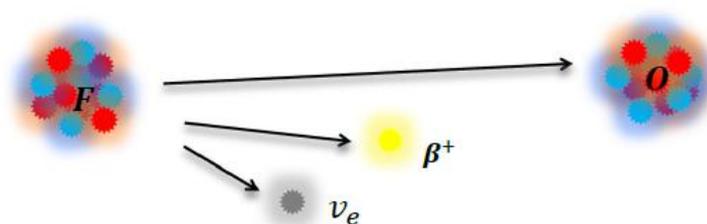
**(b) Decaimento Beta:** A emissão beta, desintegração beta ou decaimento beta é o processo pelo qual um núcleo instável pode transformar-se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula beta. A partícula beta pode ser um elétron, escrevendo-se  $\beta^-$ , ou um pósitron,  $\beta^+$ . Um terceiro tipo de desintegração é a captura eletrônica. Tal decaimento, emite uma radiação ionizante, de grande energia, característico de certos núcleos radioativos, sendo sua aplicação muito comum na medicina (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

**(b.1) Emissão  $\beta^-$ :** Neste decaimento, a interação fraca converte um núcleo atômico em um núcleo de maior número atômico, emitindo um elétron e um antineutrino do elétron. Esse decaimento, também ocorre quando o nêutron livre decai pelo emissão de um  $\beta^-$  em um próton (p), em decorrência da

conversão da carga negativa do quark down para a carga positiva quark up por emissão de um Bóson W, posteriormente, decaindo em um elétron e um antineutrino do elétron. O decaimento  $\beta^-$  geralmente ocorre em núcleos ricos em nêutrons. Na Figura 4.5, por exemplo, o isótopo do Carbono (C) (14) ao sofrer um decaimento  $\beta^-$ , transforma-se em Nitrogênio (N), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

(b.2) **Emissão  $\beta^+$** : No decaimento  $\beta^+$ , também chamado de emissão de pósitrons, a interação fraca converte um núcleo em seu vizinho antecessor, isto é, em um elemento cujo núcleo do átomo tem agora um número atômico menor emitindo para isso um pósitron ( $\beta^+$ ), antipartícula do elétron, e um neutrino do elétron ( $\nu_e$ ). Esse decaimento só ocorre quando a energia de ligação do novo núcleo gerado for maior que a do núcleo de origem, ou seja, quando o elemento se torna mais estável que antes. Na sequência, destaca-se a emissão dessas partículas que, devido a interação fraca presente nos núcleo atômico, converte um próton em um nêutron através da conversão de um quark up em um quark down após emissão de um Bóson W ou absorção de um Bóson W<sup>-</sup>. Na Figura 4.6, por exemplo, o isótopo do Flúor (F) ao sofrer um decaimento  $\beta^+$ , transforma-se em Oxigênio (O), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

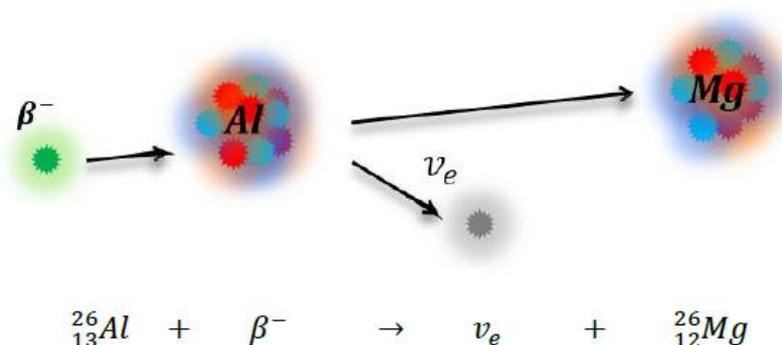
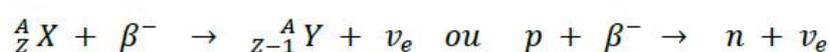
FIGURA 4.6 – Decaimento  $\beta^+$ , ocorrido com isótopo de Flúor 18



Fonte: O autor

(b.3) **Captura eletrônica:** Neste processo, o decaimento ocorre por meio da combinação entre um elétron ( $\beta^-$ ), geralmente da camada K, e um próton do núcleo do átomo. Dessa junção, há em seguida a formação de um nêutron e um neutrino ( $\nu_e$ ). O produto da desintegração é criado geralmente no estado excitado, originando cascatas de raios X até alcançar o estado fundamental. Em relação ao átomo de origem, o novo elemento químico formado, tem agora a mesma massa do anterior, porém de menor número atômico. Observa-se na Figura 4.7, por exemplo, uma reação com o isótopo do Alumínio (Al) que ao capturar uma partícula  $\beta^-$ , transforma-se em Magnésio (Mg), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.7 – Captura eletrônica, ocorrido com isótopo de Alumínio 26

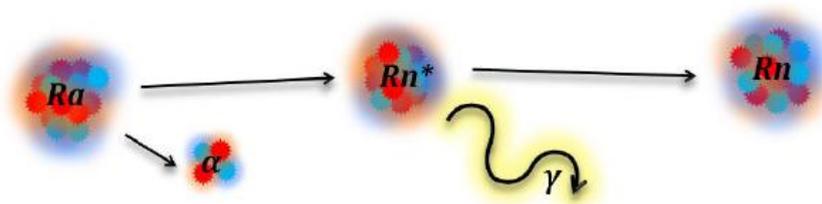


Fonte: O autor

(c) **Decaimento Gama:** Também denominada de emissão de raios gama, é um tipo de radiação de natureza eletromagnética, propagando-se no vácuo. Nesse decaimento, um núcleo no estado excitado decai para um estado de menor energia do mesmo isótopo por emissão de um fóton. Devido ao fato do comprimento de onda dessa radiação ser da ordem de picômetros, portanto, muito baixos, seu poder de penetração é maior. Sua produção está sempre associada às radiações alfa ou beta, isto é, na ocorrência destes decaimentos, há sempre a emissão de raios gama. Muitas vezes o núcleo atômico sofre um

decaimento passando de um estado excitado para outro de menor energia, dando origem a emissões eletromagnéticas. Dessa forma, é comum ter-se uma emissão alfa seguida por uma gama, ou uma emissão beta seguida por uma gama. Raios gamas podem ser emitidos quando há uma mudança de uma configuração para outra. Na emissão de um raio gama, o número de massa e o número atômico de um núcleo não se alteram, contudo, a energia do fóton emitido é uma manifestação da conversão de uma pequena parcela da massa desse núcleo, resultando, portanto, numa pequena diminuição da massa desse elemento químico, diminuição esta considerada desprezível. A Figura 4.8, mostra como ocorre esse decaimento, em que um isótopo do Rádío (Ra) (226), após sofrer um decaimento alfa, transforma-se em Radônio (Rn), ainda excitado, liberando na sequência radiação gama ( $\gamma$ ), (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.8 – Decaimento gama, ocorrido com isótopo de Radônio 222



Fonte: O autor

Como destacado anteriormente, dos mais de 3000 núclídeos conhecidos, espécie de átomo caracterizado por seu número de prótons número de nêutrons e a energia contida em seu núcleo, existem apenas 266 cujos estados fundamentais são estáveis. Todos os outros possuem estados fundamentais instáveis e, portanto, sofrem algum tipo de decaimento radioativo transformando-se em outros núclídeos. Em 1900, Rutherford descobriu que a taxa de emissão de radiação não era constante, mas diminuía exponencialmente

com o tempo. Esta variação exponencial com o tempo é característica dos fenômenos que envolvem a radioatividade e indica que se trata de um processo estatístico, portanto um evento aleatório. Como os núcleos estão bem isolados uns dos outros pelos elétrons atômicos, as variações de pressão e temperatura não têm nenhum efeito sobre a radioatividade.

## 5 RECURSOS DIDÁTICOS

Professor, as três Subunidades preparadas para o aluno, foram feitas no intuito de levá-lo à reflexão e esclarecimentos de muitos conceitos do campo da Física Moderna e Contemporânea. Nesse contexto o objetivo era, em certo grau, potencializar sua aproximação com o conteúdo por meio de atividades diferenciadas e que explorassem uma postura mais interativas com o objeto de estudo e colegas de turma.

A seguir, está disponível uma relação dos materiais, cartões e modelos/objetos utilizados em cada Subunidade, separados de acordo com a atividade em que estes foram aplicados e demais encaminhamentos.

### 5.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1

Para esta Subunidade, foram utilizadas folhas A4 para impressão dos fichários e textos diversos, compondo o material do aluno e do professor. Para a Atividade 4 - Fazendo Ciência, cuja proposta é a de trabalhar com alguns modelos concretos, objeto de estudo, foram utilizadas bolinhas em borracha e bolinhas multicolor, comum em casas de Pet Shop, balões em látex tamanho 36, ímãs de neodímio em formatos cúbico (20x20x20 mm), cilíndrico (20x20 mm) e esférico ( $\varnothing = 19$  mm), dispositivos de LED e sonoros, que vinham no interior das bolinhas multicolor, missangas de cores e tamanhos variados, cápsulas de plástico, encontradas em chocolate surpresa e cubinhos (10x10x10 mm). Para a confecção dos cartões utilizados foi necessário papel dupla face, papel adesivo transparente, para plastificação dos cartões.

**Atividade 3 – Mandando ver:** Cartões com figuras em frente e verso que simbolizam gestos afirmativos ou de negação para as hipóteses elencadas nesta atividade.

FIGURA 5.1 - Cartão de afirmação



Fonte: <http://www.tudodesenhos.com/d/sinal-de-positivo>  
Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

FIGURA 5.2: Cartão de negação



Fonte: <http://www.tudodesenhos.com/d/sinal-de-positivo>

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha.

FOTOGRAFIA 5.1 - Montagem final dos cartões de afirmação e negação



Fonte: O autor

Nota: Frente e verso de um mesmo cartão.

**Atividade 4 – Fazendo ciência:** Distribuição de modelos concretos para estudo e observação. Essa distribuição foi feita de acordo com a identificação dos fichários.

Fichários 1A e 1B, modelo - Apenas fique de olho...: Cada modelo repassado aos grupos 1A e 1B, foram montados com três bolinhas de borracha, sendo colocado no interior de cada uma um ímã de neodímio, razão pela qual as bolinhas ficaram unidas como destacado na Figura 5.2. Para isto, foi feito um pequeno corte nas bolinhas e fechadas em seguida com cola especial.

FOTOGRAFIA 5.2 – Modelo: Apenas fique de olho



Fonte: O autor

Fichários 2A e 2B, modelo - Pode pegar, mas fique de olho: Cada modelo repassado aos grupos 2A e 2B, foram montados com três bolinhas de borracha multicolor, sendo colocado no interior de cada uma dispositivos de LED e sonoros, que geralmente acompanham essas bolinhas.

FOTOGRAFIA 5.3 – Modelo: Pode pegar, mas fique de olho



Fonte: O autor

Fichários 3A, 3B (modelo - Passa para outro...), 4A e 4B (modelo - Só não pode ver...): Cada modelo repassado aos respectivos grupos, foram montados com um balão em látex, sendo colocado no interior de cada um: 4 bolinhas tipo pingue-pongue, 1 bola de gude (colocada na bolinha de borracha entrelaçada), 2 cápsulas (encontrada no interior de chocolates surpresa), numa das cápsulas foi colocado um ímã esférico de neodímio e um dado, na outra, um ímã esférico de neodímio e 5 missangas.

FOTOGRAFIA 5.4 – Modelo: Passa para outro. Só não pode ver



Fonte: O autor

**Atividade 5 – Varal de ideias:** Cartões, constando na frente informações compatíveis com os modelos estudados pelos alunos, na Atividade 4 – Fazendo ciência, devendo ser escrito em seu verso uma palavra-chave que será utilizada para registro, conforme destacado no Capítulo 2 deste Produto, Quadros 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5.

FOTOGRAFIA 5.5 - Cartões da Atividade 5 – Varal de ideias – Subunidade 1



Fonte: O autor

FOTOGRAFIA 5.6 - Disposição dos cartões da Atividade 5 – Varal de ideias – Subunidade 1



Fonte: O autor

QUADRO 5.1 - Coleção 1 de cartões para Atividade 5 – Varal de ideias

<p><b><i>Método da observação visual e sem outra forma de interação direta.</i></b></p>
<p><b><i>Método da observação visual e com outra forma de interação direta.</i></b></p>
<p><b><i>Método da não observação visual e com manipulação indireta.</i></b></p>
<p><b><i>Método da não observação visual e com manipulação direta.</i></b></p>

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.2 - Coleção 2 de cartões para Atividade 5 – Varal de ideias

<b>Expansão do universo</b>
<b>Reações químicas</b>
<b>Nanotecnologia</b>
<b>Eletrização dos corpos</b>

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha.

QUADRO 5.3 - Coleção 3 de cartões para Atividade 5 – Varal de ideias

(continua)

**Em algumas situações, o objeto de estudo por limitações naturais, não possibilita seu manuseio direto. Embora se possa observá-lo, não se pode tocá-lo diretamente devido alguma propriedade natural que este apresente, a exemplo de suas dimensões diminutas. Neste caso, utiliza-se recursos mecânicos que possibilitam indiretamente a interação entre objeto e observador.**

**Há situações em que o objeto de estudo possibilita além da interação visual, sua manipulação direta e/ou indireta sem maiores dificuldades. Na manipulação direta, a interação entre o objeto de estudo e o cientista ocorre sem auxílio de recursos tecnológicos. Na manipulação indireta, essa interação ocorre por meio de alguma máquina ou recurso específico.**

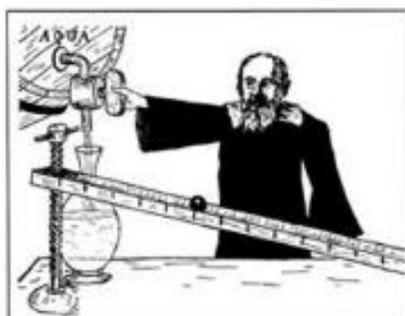
Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela.

QUADRO 5.4 - Coleção 4 de cartões para Atividade 5 – Varal de ideias



Fonte:  
[http://pictures.ozy.com/pictures/1500xany/6/6/4/36664\\_128830024.jpg](http://pictures.ozy.com/pictures/1500xany/6/6/4/36664_128830024.jpg)



Galileo usava il suo telescopio di un pezzo che mirava lungo un tubo bialbero (M. E. Comer).

Fonte:  
[http://www.openfisica.com/storia\\_della\\_fisica/u1\\_galileo/1\\_29.html](http://www.openfisica.com/storia_della_fisica/u1_galileo/1_29.html)



Fonte:  
<https://abriveja.files.wordpress.com/2016/05/tevatron-620-original1.jpeg?quality=70&strip=info&w=620>



Fonte:  
<http://www.escolapedia.com/el-arco-iris/>

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde.

## 5.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2

Para esta Subunidade, além das folhas A4 usadas para impressão dos fichários e textos diversos, usou-se, na Atividade 2 e 3 - Mandando ver, que utilizou diversos modelos em 3D para retratar a evolução dos modelos atômicos, foi necessário esfera oca de isopor de 100 mm e 200 mm de diâmetro e tinta guache para colorir. Para a Atividade 5 – Fazendo ciência, cuja proposta era representar de forma concreta alguns elementos químicos a partir das partículas fundamentais, foi utilizado missangas de cores e tamanhos variados e esfera oca tipo quebra cabeça de 70 mm de diâmetro. Para as demais atividades utilizou-se papel dupla face para confecção dos cartões, e de representação dos quarks além de papel adesivo transparente, para plastificação dos cartões.

**Atividade 2 – Varal de ideias:** Grupo de cartões divididos nas cores amarela e azul, como destacado na Fotografia 5.7. Nos cartões amarelos, contêm uma palavra-chave relacionada a um modelo atômico que será repassado para os grupos. Nos cartões azuis, há descrições de fatos históricos relacionados com a evolução do modelo atômico e fenômenos afins, devendo em seu verso ser escrito o nome de uma personalidade do meio científico, que será utilizado para registro, conforme destacado no Quadro 2.7 do Capítulo 2 deste Produto, Seção 2.2. As Fotografias 5.7 e 5.8 ilustram os cartões confeccionados para esta atividade.

FOTOGRAFIA 5.7 - Cartões da Atividade 2 – Varal de ideias - Subunidade 2



Fonte: O autor

FOTOGRAFIA 5.8 - Disposição dos cartões referente Atividade 2 – Varal de ideias – Subunidade 2



Fonte: O autor

Nota: Nesta figura, tem-se apenas uma parte dos cartões que foram dispostos em forma de um varal, para a Atividade 2 – Varal de ideias.

De acordo com o Quadro 5.5 que segue, os cartões amarelos foram relacionados com os modelos atômicos nele listado. Quanto aos modelos dos cartões para impressão, estes estão disponíveis nos Quadros 5.6 e 5.7, e ainda, ao final destes está disponível algumas figuras correspondentes aos modelos atômicos em 3D que foram confeccionados para essa atividade.

QUADRO 5.5 – Distribuição dos modelos atômicos associados às suas palavras-chave

Cartão Amarelo	Palavra-chave	Modelo atômico associado
	Quarks	Arché
	Bárions	Quatro elementos
	Hádrons	Dalton - bola de bilhar
	Léptons	Carga enquanto fluido
	Apeiron	Carga enquanto partícula
	Arché	Thomson - pudim de passas
	Mésons	Rutherford-Bohr - planetário
	Éter	Quarks

Fonte: O autor

QUADRO 5.6 - Cartões com palavras-chave associadas aos modelos atômicos

(conclusão)

<b>Apeiron</b>
<b>Arché</b>
<b>Mésons</b>
<b>Éter</b>

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela.

QUADRO 5.6 - Cartões com palavras-chave associadas aos modelos atômicos

(conclusão)

<b>Apeiron</b>
<b>Arché</b>
<b>Mésons</b>
<b>Éter</b>

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continua)

**Prazer, sou arché, a origem. O tudo e o todo vem de mim. Posso ser qualquer coisa, mas sou apenas uma coisa. Estou em tudo, e em todos os cantos. Não há espaço vazio, onde existir ou não algo, ali estou.**

**Se me conhecestes, me chamaria pelo nome. Contudo, apesar de estar em tudo e em todos os lugares, não me verás, não me sentirás, não me tocarás. Sou o apeiron, e também sou considerado a origem, o arché das coisas. Sou indestrutível, infinito...  
estou dentro de tudo que conheces  
ou imagina existir.**

**Do que a matéria é feita? Pois bem, eu vos digo que não de muitas coisas, mas certamente não de uma única. Somos a origem de tudo, as vezes par, as vezes ímpar. Algumas partes de mim podem ser vistas, tocadas ou apenas sentidas, mas uma outra, por ser muito tênue, parece estar escondida.**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

<p><b>Não sou único e estamos em tudo o que existe. Sou terra, água, ar e fogo. As vezes mais de um e menos do outro. As vezes quase nenhum, mas sempre algum. A forma como me apresento diz muito daquilo que posso criar, por isso, posso estar nas alturas do céu, e nas profundezas do mar.</b></p>
<p><b>Sou a quinta essência, o quinto elemento, o éter. Ocupo espaços no universo, para que nada fique vazio, contudo, não tenho uma forma geométrica definida como tem os outros quatro.</b></p>
<p><b>Deixem um pouco a razão de lado, e vamos ao concreto, ao inanimado. Assim, se dará conta de que estou em todos os lugares onde existe algo material. Pegue algo grande e divida quantas vezes conseguir, até não mais conseguir e, finalmente, chegará até a mim. Sou assim, indestrutível, indivisível. Sou o átomo. Uma minúscula e indivisível porção de matéria, vagando num imenso vazio.</b></p>

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

**O que sou, ainda não sabem ao certo. Sou tão minúsculo que ninguém me viu até hoje. Me consideram maciço, indivisível e imutável. Contudo, dizem que não sou único, existem outros... maiores, com outros formatos e agrupados em quantidades diferentes. Certo ou errado, essa concepção vai perdurar pelos próximos 1600 anos.**

**Nunca me viram, mas sabem como me comporto. Sozinho, não sou quase nada, mas aglomerado, tenho muita força para puxar ou afastar algo que está próximo. Dizem que tenho uma aura, uma atmosfera elétrica que pode passar de um corpo para outro, mesmo separados entre si. Ora me comporto como o vidro, ora como a resina. Estou de novo no centro das atenções, e só agora sou aceito como uma partícula esférica, ainda maciça e indivisível.**

**Sobre mim, existem agora duas diferentes teorias. Em comum, concordam que sou um átomo, uma porção de matéria indivisível, capaz de atrair e repelir o que está próximo. Essas teorias fluíram o meio científico por pouco mais de um século. (séc. XVIII e XIX)**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

**Não, não se trata de ter poder sobrenatural, esse conceito foi abandonado há tempos. O fato de atrair e repelir objetos, se deve ao que chamam de carga elétrica. Esta carga, enquanto fluido, é transferida de um corpo para outro por meio de processos de eletrização.**

**De onde vem minha carga elétrica? Uns creditam a um tipo único de fluido. Quando em excesso no corpo, resulta numa eletricidade dita positiva, quando escasso, me atribuem a uma eletricidade negativa, em quantidade equilibrada, torno o corpo eletricamente neutro. Outros, dizem tratar-se de dois tipos de fluidos, o excesso de um deles no corpo, daria a este uma carga positiva ou negativa, na mesma proporção, deixaria o corpo eletricamente neutro.**

**A busca por respostas sobre a natureza da matéria passa pelo entendimento da origem dos fenômenos elétricos. Isso justifica o porquê de tantas teorias a respeito da origem de tais fenômenos e como estes se manifestam em diferentes materiais. Foi com experimentos relacionados a eletrólise que o que era fluido tornou-se sólido.**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

<p><b>Foi a partir dos experimentos de eletrólise, reação química que ocorre na presença de eletricidade, na qual substâncias são quebradas originando outras, que a carga elétrica passou a ter um caráter mais corpuscular.</b></p>
<p><b>Nas reações de eletrólise, foi observado que a quantidade de decomposição química de um material era proporcional à quantidade de eletricidade empregada na reação. Tal fato, levou os cientistas da época a concluir que a própria eletricidade era composta por partículas.</b></p>
<p><b>Na ciência, teoria e experimentação se complementam para melhor consolidar-se no cenário científico. No caso da teoria atômica, o avanço das práticas experimentais aliado a um campo teórico cada vez mais fundamentado, levou os cientistas a concluir que o átomo, antes uma partícula indivisível, fosse agora reconhecido como uma partícula não mais fundamental. Para sua estrutura, agora composta, foi admitido a existência de outras partículas menores ainda, chamadas mais tarde de elétron, entendida na época como a partícula responsável pelos fenômenos elétricos até então observados.</b></p>

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

**Ok!! A essa altura já não sou mais o mesmo. Embora ainda me considerem esférico, não sou mais tão denso assim. Agora, minha estrutura é vista como um amontoado de massa carregada positivamente, incrustada de elétrons, sendo estas partículas de carga negativa. O que lá no passado foi algo mais especulativo, agora tem carga e massa, cuja razão entre estas grandezas foi possível de ser mensurada.**

**Uma prática experimental, pode dizer muita coisa a respeito do fenômeno ou objeto estudo. Se você já leu um pouco sobre a história do átomo, deve ter lido também sobre a experiência na qual Ernest Rutherford bombardeou uma finíssima lâmina de ouro com feixe de partículas alfa irradiadas por uma amostra de polônio. Desse fato, mais um passo é dado em direção ao que seria uma melhor definição do que é o átomo e como suas partículas, estariam organizadas. Aquele grande amontoado de cargas, é visto agora com mais espaços vazios do que preenchidos com matéria. É o micro imitando o macro.**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

**Agora, possuo um núcleo formado por prótons e nêutrons. Ao meu redor, em órbita circular, estão os elétrons, normalmente na mesma quantidade dos prótons. Sobre minhas órbitas, e minha mais nova estrutura, algumas definições são lançadas. No início, eram ideias confusas que me levavam ao colapso. Mais tarde, novas ideias, ampliam a forma como me veem, dando a mim, novas órbitas, e restrição ao movimento dos elétrons. Agora, ao elétron, uma onda de matéria estaria a ele associada, descrevendo assim sua órbita.**

**Enquanto elétron, tenho agora associado um efeito ondulatório, não sou mais visto exclusivamente como uma partícula, mas como um conjunto de ondas de energia, representado por uma equação. Sou uma nuvem eletrônica no entorno do núcleo, com minha carga espalhada nessa região. Nesse novo modelo, não é possível saber ao mesmo tempo o meu momentum e minha posição, logo, a incerteza associada nesse condicionante, passa a descrever no átomo, regiões na qual existe maior ou menor probabilidade de encontrar um elétron naquele local. A partir de agora, minha estrutura atômica é vista como uma função de onda.**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(continuação)

**Apesar de muito se saber sobre a eletrosfera do átomo e do comportamento do elétron, pouco se sabia sobre o núcleo atômico. Era sabido que o núcleo possui massa milhares de vezes maior que a massa dos elétrons pertencentes ao mesmo átomo, e que ali estavam presentes os prótons e os nêutrons, partículas que pouco se conhecia para na época. Os estudos sobre o núcleo atômico, foram motivados pela grande quantidade de energia que este liberava em algumas reações, chamando atenção de grandes potências econômicas quando ao seu uso bélico e outras aplicações secundárias.**

**Afinal de contas, assim como o elétron é visto hoje, seria o próton e o nêutron também uma espécie de partícula fundamental, isto é, que não possui estrutura interna? Esta pergunta, embora bastante sugestiva, começou a ser analisada com maior atenção a partir do estudo dos raios cósmicos e da construção de grandes aceleradores de partículas. Esses dois fatores, mostraram que a nossa realidade escondia mais coisas do que se podia imaginar para a época, e olha que estamos falando do século XXI. Agora, o átomo não tem apenas 3 partículas tidas antes como fundamentais, sabe-se que seu núcleo, isto é, prótons e nêutrons, são compostos de partículas mais fundamentais ainda, conhecidas como quarks, sendo estes de diferentes formas, cor e sabor.**

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

QUADRO 5.7 - Cartões com descrições históricas associadas aos modelos atômicos

(conclusão)

**Foi nesse mesmo período, poucas décadas mais tarde em que o elétron foi descoberto e entendido como uma partícula, que duas outras partículas também foram descobertas. O próton, cuja existência já era prevista, teria carga positiva, o nêutron, descoberto posteriormente, não apresentaria carga elétrica.**

**Partículas, partículas e mais partículas, ou seria, um grande condensado de energia? A verdade, é que massa e energia, podem ser duas manifestações de uma coisa só. O fato é que agora são conhecidas algumas centenas de partículas, todas, presentes em qualquer átomo registrado na tabela periódica. Mas afinal, será que até aqui, depois de todas essas dicas, você sabe do que tudo é feito? Se a resposta é de átomo, então pergunto, e o átomo, de que é feito, isto é, cada uma de suas partículas não elementares?**

**Sou a origem. Para alguns, visto como a água, em sua mais variada forma e fase. Para outros, sou ar, tão tênue que em tudo habito.**

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

FOTOGRAFIA 5.9 - Modelo atômico associado ao Arché. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior

(a)



(b)



Fonte: O autor

Nota: Em (a), as cores retratam as ideias de alguns filósofos para a época. O azul escuro representa a água, o azul claro, o ar e em preto a incerteza sobre do que a matéria é feita, representando por exemplo o Apeiron.

FOTOGRAFIA 5.10 - Modelo atômico associado aos quatro elementos. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior

(a)



(b)



Fonte: O autor

Nota: Em (a), as cores retratam as ideias de alguns filósofos para a época. O azul escuro representa a água, azul claro o ar, marrom a terra e em laranja o fogo. Pode-se fazer alusão a um quinto elemento, o éter, cuja ideia era defendida por alguns filósofos.

FOTOGRAFIA 5.11 - Modelo atômico associado a Dalton – Bola de bilhar. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



Fonte: O autor

Nota: Em (a) o modelo retrata a típica bola de bilhar, uma esfera maciça, indivisível e indestrutível.

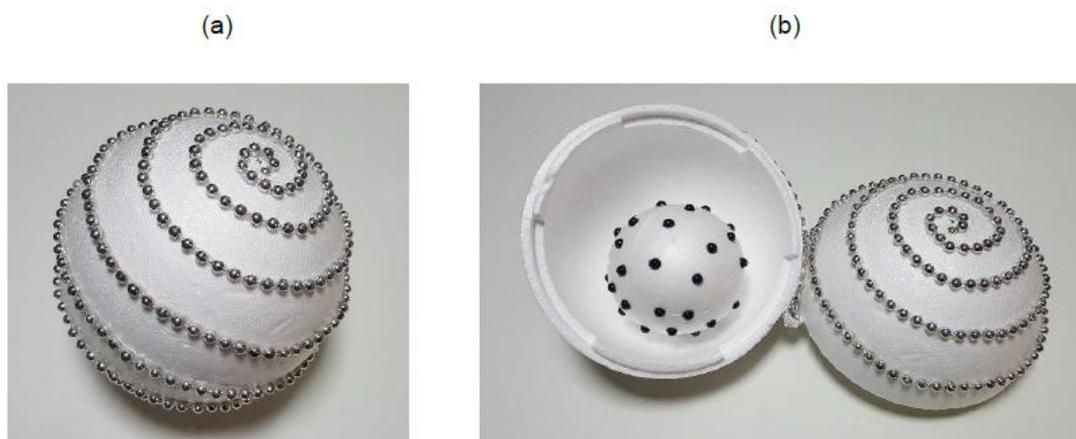
FOTOGRAFIA 5.12 - Modelo atômico associado a carga enquanto fluido. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



Fonte: O autor

Nota: Em (a) procurou-se representar as teorias cujos defensores acreditavam que a carga elétrica era uma espécie de fluido. Enquanto uma vertente defendia que a carga equivaleria a um tipo de fluido, outra defendia ser esta um fluido a ser produzido na confecção do mesmo, foi usada uma mangueira cristal e para o modelo comestível.

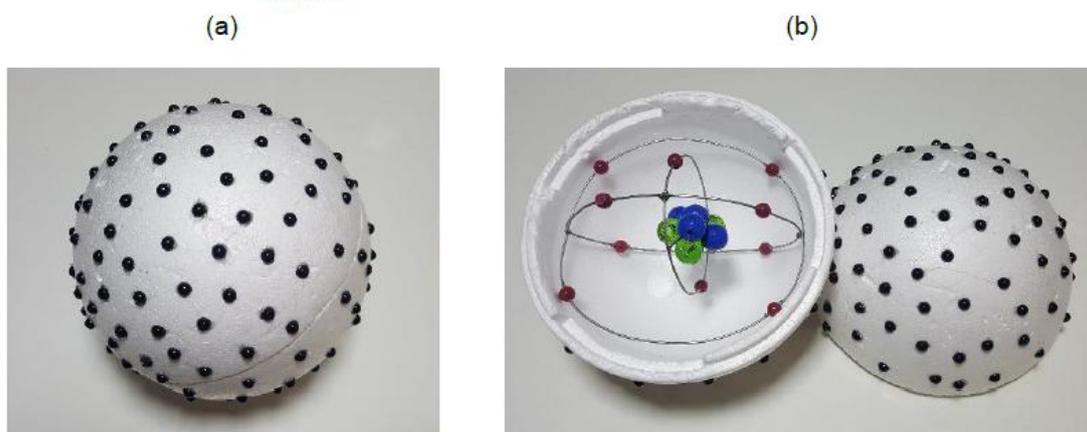
FOTOGRAFIA 5.13 - Modelo atômico associado a carga enquanto partícula. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



Fonte: O autor

Nota: Em (a) procurou-se representar a teorias cujos defensores acreditavam ser a carga elétrica uma partícula. Para a confecção do mesmo, foi usado corrente de bolinhas usadas em enfeites natalinos.

FOTOGRAFIA 5.14 - Modelo atômico associado a Thomson - Pudim de passas. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



Fonte: O autor

Nota: Em (a) de acordo com a teoria proposta por Thomson, as bolinhas pretas (missangas semiesféricas) representam os elétrons, partículas de carga negativa, enquanto a esfera branca de isopor está representando a massa positiva do átomo.

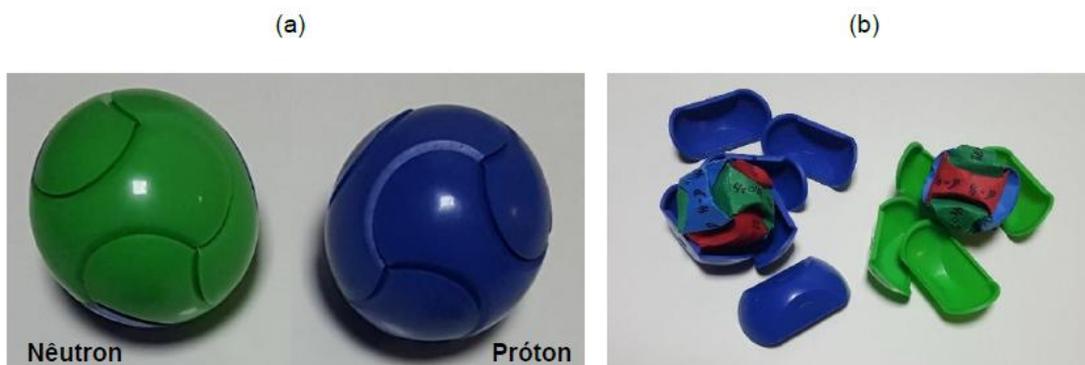
FOTOGRAFIA 5.15 - Modelo atômico associado a Rutherford-Bohr - Planetário.  
(a) modelo completo. (b) núcleons



Fonte: O autor

Nota: Em (a) tem-se uma estrutura feita com missangas e arame flexível representando a eletrosfera do átomo, no centro, missangas maiores em verde e azul, representado os nêutrons e prótons respectivamente.

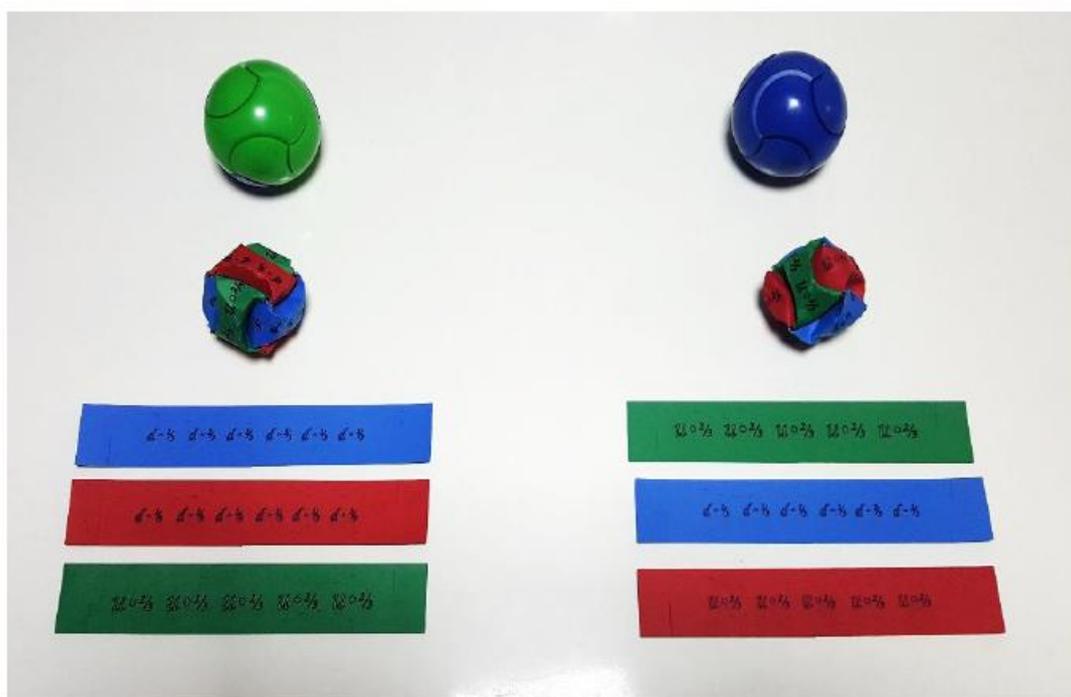
FOTOGRAFIA 5.16 - Modelo atômico associado aos Quarks. (a) núcleons. (b) quarks



Fonte: O autor

Nota: Em (b) os núcleons foram montados com tiras de papel dupla face nas cores azul, vermelha e verde, representando quarks up e quark down, com cargas definidas. Para o nêutron, a soma das cargas de seus quarks constituintes é zero, enquanto para o próton a soma é + 1.

FOTOGRAFIA 5.17 - Núcleons e seus quarks constituintes



Fonte: O autor

### - Instruções para composição dos núcleons.

Professor, em relação aos núcleos (nêutrons e prótons), já foi dito que estes são formados por quarks, tendo esses, entre outras propriedades físicas carga elétrica e carga cor, estando essa última relacionada com a força forte responsável pela atração entre os quarks em geral.

Em relação a estas duas propriedades em específico, deve ser considerado os seguintes critérios:

- Prótons e nêutrons têm em sua configuração apenas quarks do tipo *up* e *down* e cargas fracionárias  $+ 2/3$  e  $- 1/3$  respectivamente.
- Para o próton, a soma da carga elétrica de seus quarks deve resultar no valor  $+1$ , assim, sua estrutura comporta necessariamente os quarks *up*, *up* e *down*.

- c) Para o nêutron, a soma da carga elétrica de seus quarks deve resultar num valor nulo, assim sua estrutura comporta necessariamente os quarks.
- d) Na estrutura de cada núcleon, os quarks não podem repetir de cor devido suas propriedades atrativas e repulsivas relacionadas a estas.

Partindo dessas orientações, as tiras podem ser confeccionadas tomando algumas possibilidades de combinações de cores e cargas de modo a atender os critérios pontuados. No entanto, para as atividades que necessitavam das combinações dessas tiras, foram impressas a seguinte opção e quantidades, como mostrado no Quadro 5.8, seus respectivos modelos na Fotografia 5.18 e na sequência modelos de tiras para impressão (Figura 5.3 e 5.4) e também há a indicação de endereço eletrônico do vídeo instrucional de como montar as tiras utilizadas para se chegar no formato esférico e que foi base para a concepção dos modelos dos prótons e nêutrons (Fotografia 5.19).

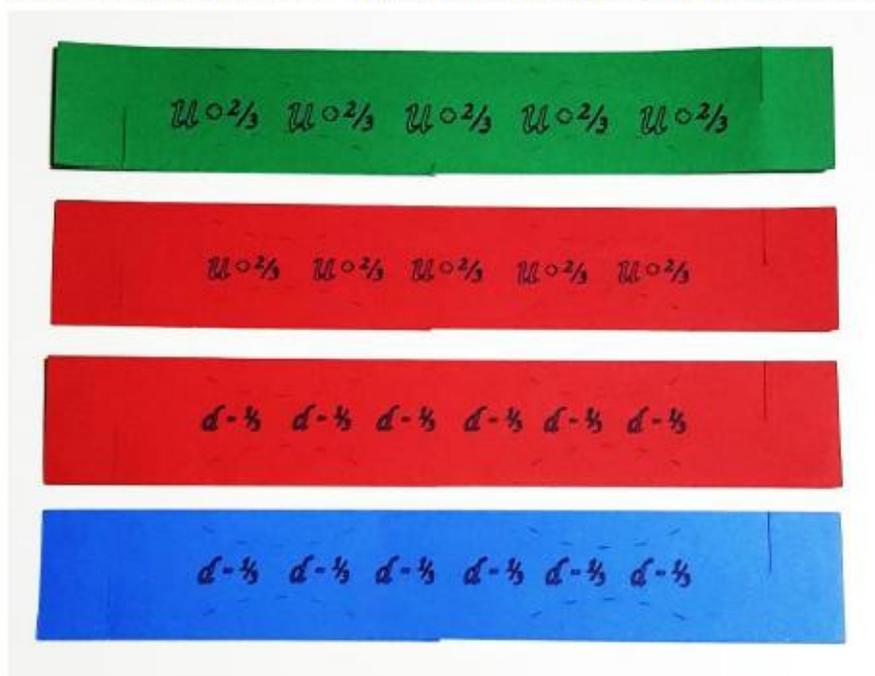
QUADRO 5.8 – Número de tiras segundo cor e código impresso

Cor	Código impresso	Quantidade*
Verde	$u + 2/3$	60
Vermelha	$u + 2/3$	35
Vermelha	$d - 1/3$	35
Azul	$d - 1/3$	60

Fonte: O autor

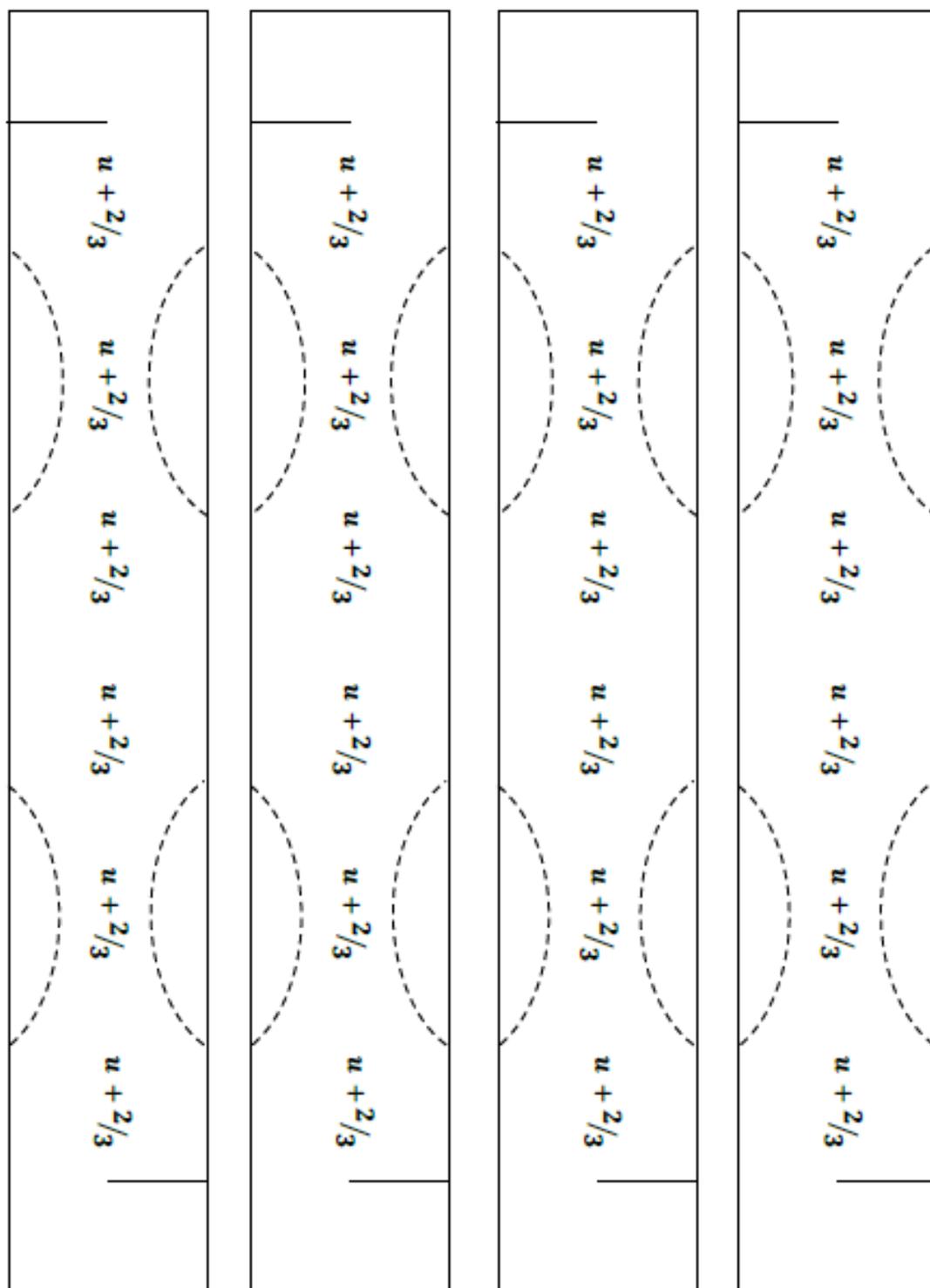
\*Nota: Quantidade necessária para uma turma dividida em oito grupos

FOTOGRAFIA 5.18 – Modelos em tiras representando os quarks



Fonte: O autor

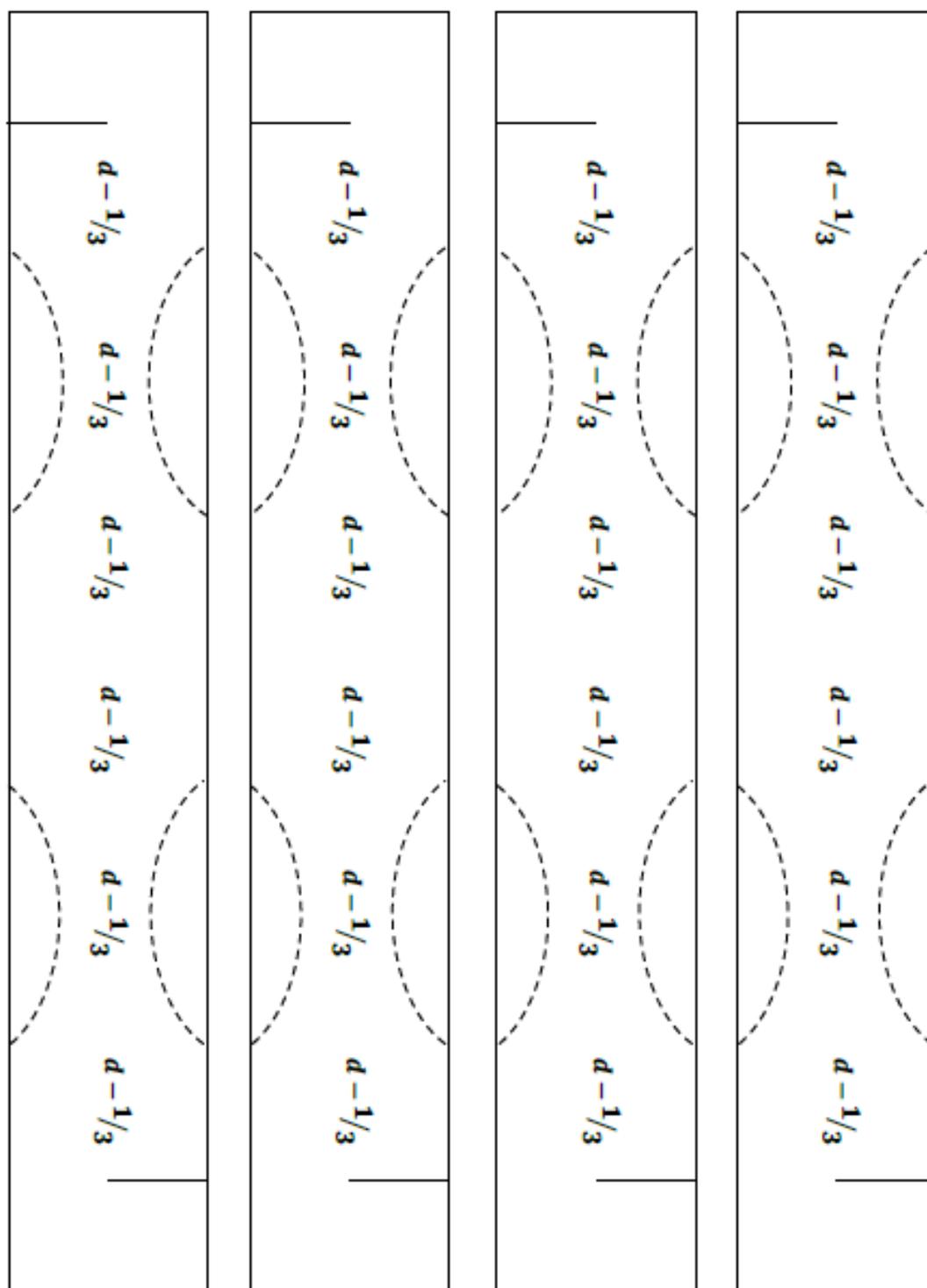
FIGURA 5.3 – Modelo de tira para o quark up



Fonte: O autor

Nota: Para impressão nas cores verde e vermelha.

FIGURA 5.4 – Modelo de tira para o quark down



Fonte: O autor

Nota: Para impressão nas cores vermelha e azul.

FOTOGRAFIA 5.19 - Modelo esférico de quarks combinados. (a) modelo com tiras de papel dupla face. (b) ilustração do vídeo instrucional cuja esfera é feita com lata reciclável



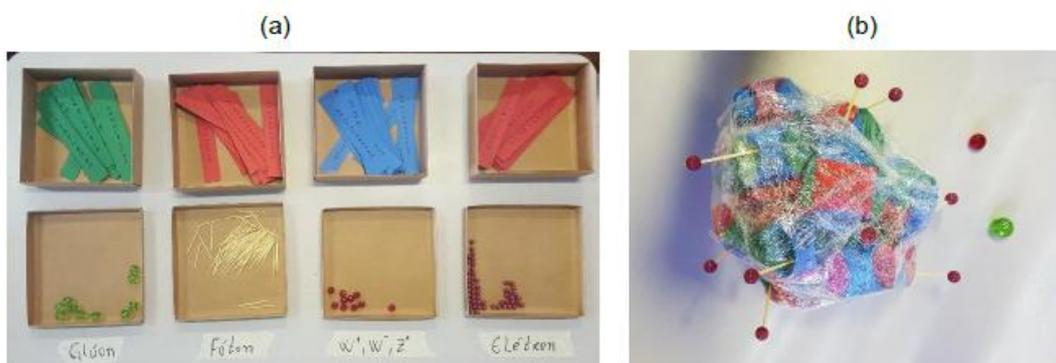
Fonte: O autor

Nota: Endereço do vídeo instrucional usado de inspiração e auxílio:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZldimAwwjJE>

**Atividade 5 – Fazendo Ciência:** Atividade na qual foi disponibilizado numa bancada alguns materiais para que cada grupo construa um modelo atômico específico, tendo como referência, todo aporte teórico estudado até aqui. Para isso, deverão representar de forma concreta o núcleo e a eletrosfera de alguns elementos químicos, a partir das partículas mais fundamentais e da interação entre elas. A Figura 5.24 ilustra os materiais que foram disponibilizados para essa atividade e o modelo confeccionado por um dos grupos, neste exemplo, correspondente ao átomo de carbono.

FOTOGRAFIA 5.20 - Construindo modelos. (a) bancada com materiais disponibilizados. (b) modelo confeccionado pelos alunos representando o átomo de carbono



Fonte: O autor

### 5.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3

Para esta Subunidade, foi necessário folhas A4 para impressão dos fichários e textos diversos, papel dupla face para confecção dos cartões utilizados nas atividades propostas, além de papel adesivo transparente, para plastificação dos cartões.

**Atividade 2 – Varal de ideias:** Atividade na qual foi construído na lousa um mural contendo cartões que representavam alguns elementos químicos, cuja organização dos mesmos reproduzia a cadeia próton-próton. O Quadro 5.9, descreve os tipos de cartões utilizados, sua cor e a quantidade dos mesmos. A Fotografia<sup>9</sup> 5.21, ilustra como os mesmos ficaram dispostos na lousa. Ao final destes registros, está disponível para impressão os modelos de cartões utilizados.

<sup>9</sup> A parte escrita com caneta, conforme observado na Figura, à esquerda, corresponde ao início da distribuição à direita. A escrita corresponde a uma quebra na sequência, devido ao espaço disponível na lousa.

QUADRO 5.9 - Distribuição dos cartões elementos, segundo cor e quantidade

Cartão elemento	Cor	Quantidade	Cartão elemento	Cor	Quantidade
${}^1_1\text{H}$	amarela	20	${}^7_3\text{Be}$	verde	2
${}^2_1\text{H}$	amarela	6	$\beta^-$	azul	1
${}^3_2\text{He}$	vermelha	6	${}^7_4\text{Li}$	marrom	1
${}^4_2\text{He}$	vermelha	4	${}^8_5\text{B}$	laranja	1

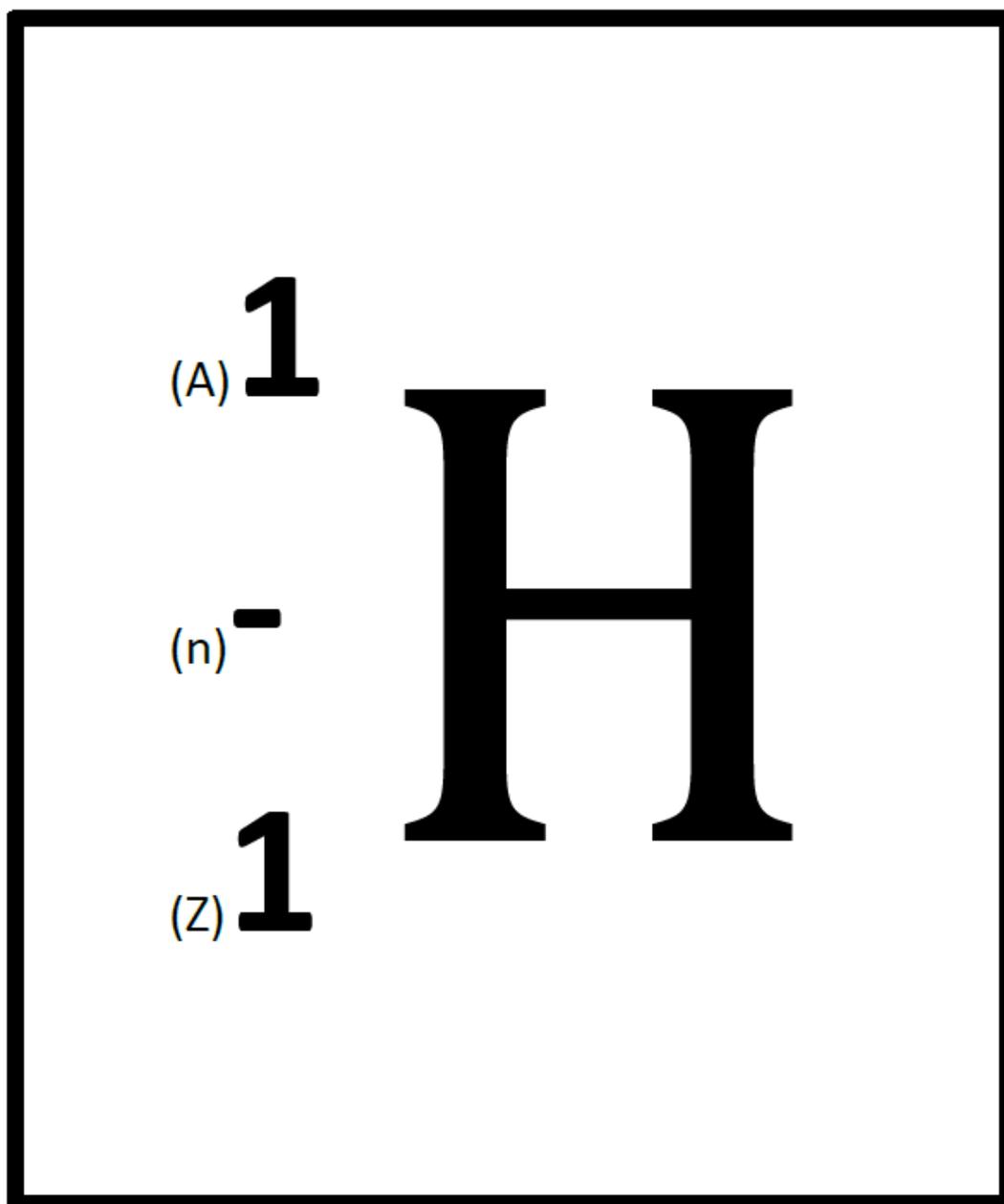
Fonte: O autor

FOTOGRAFIA 5.21 - Mural da cadeia próton-próton



Fonte: O autor

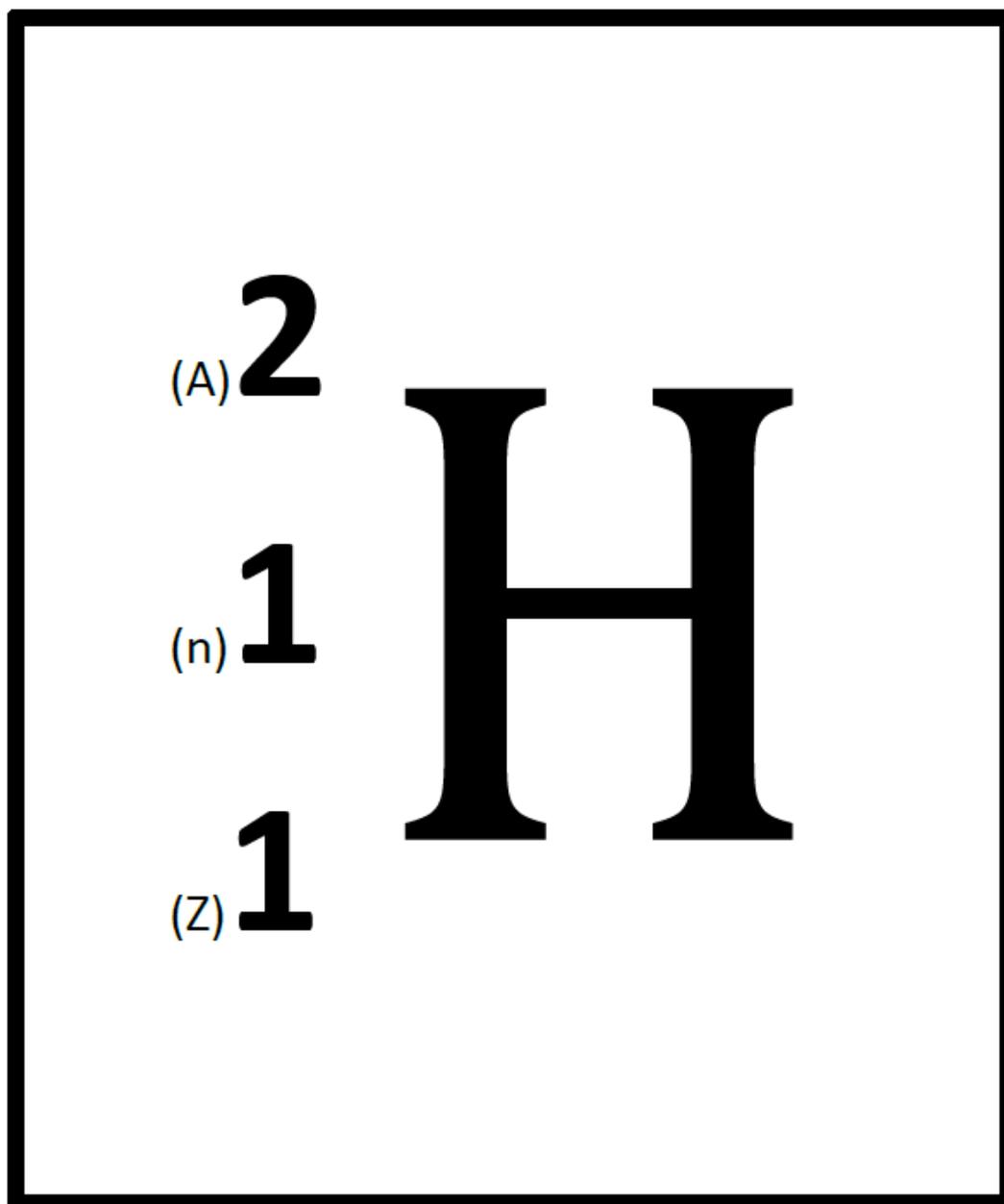
QUADRO 5.10 - Cartão elemento hidrogênio (massa 1)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela

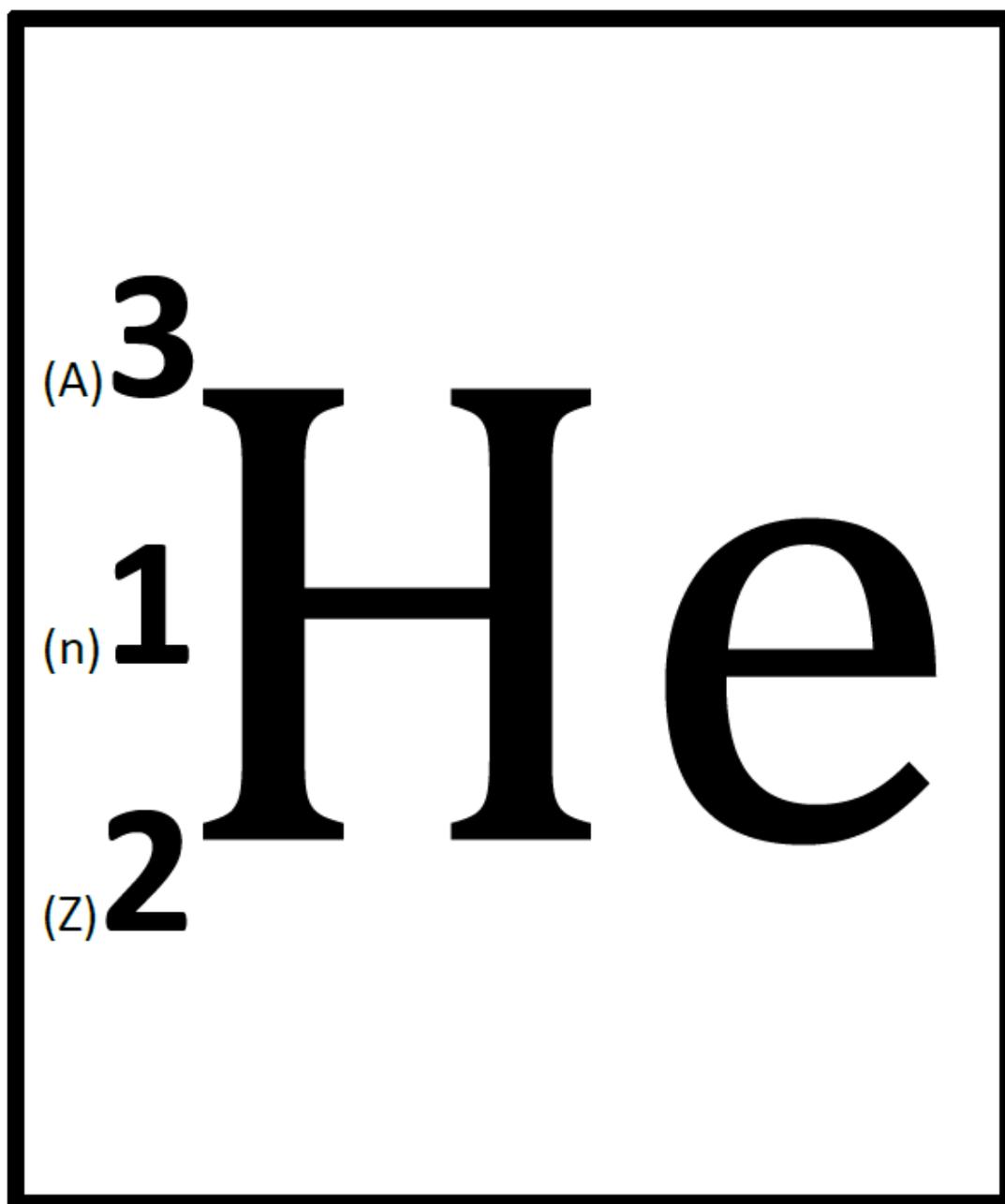
QUADRO 5.11 - Cartão elemento deutério (hidrogênio de massa 2)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela

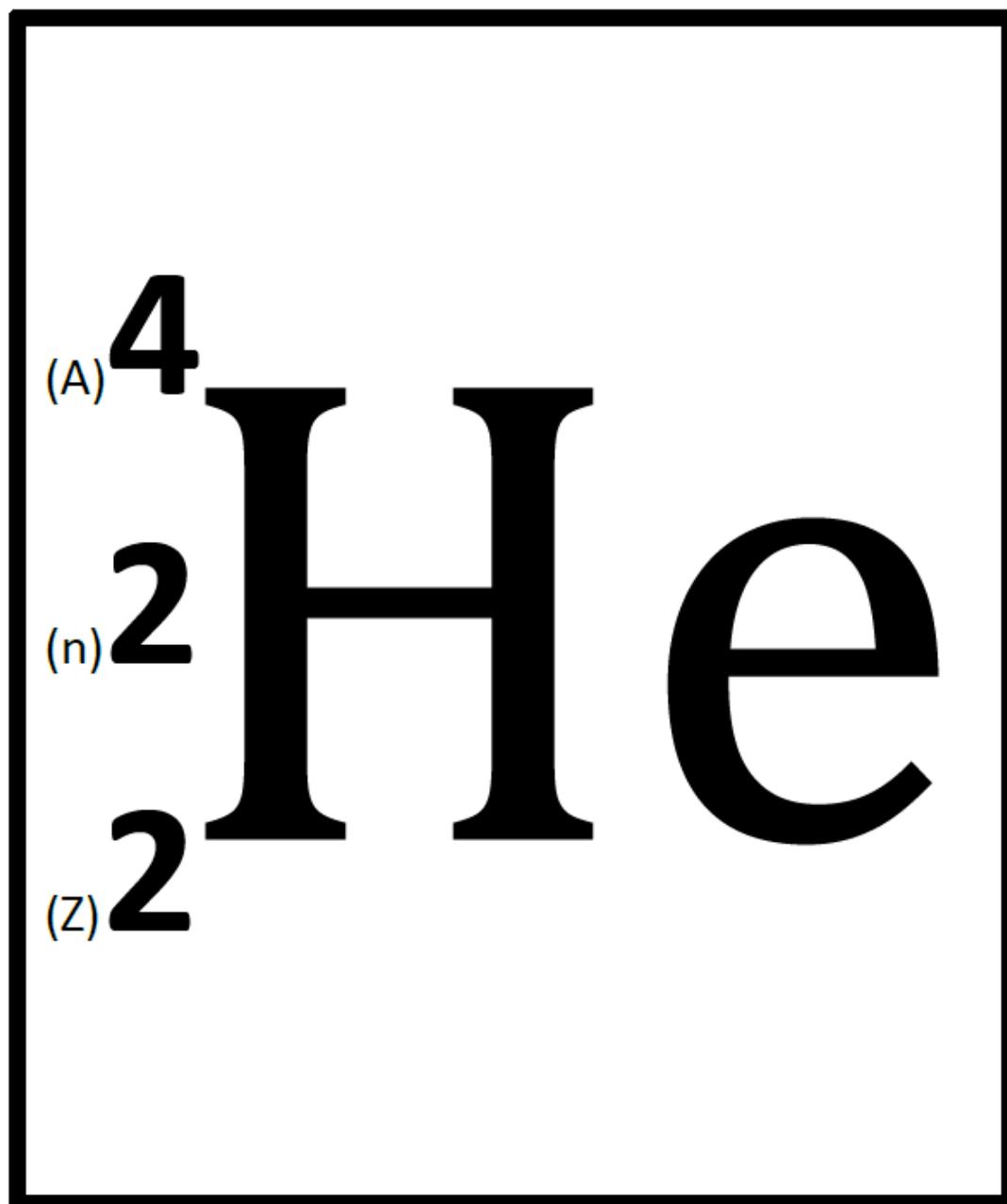
QUADRO 5.12 - Cartão elemento hélio (massa 3)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha

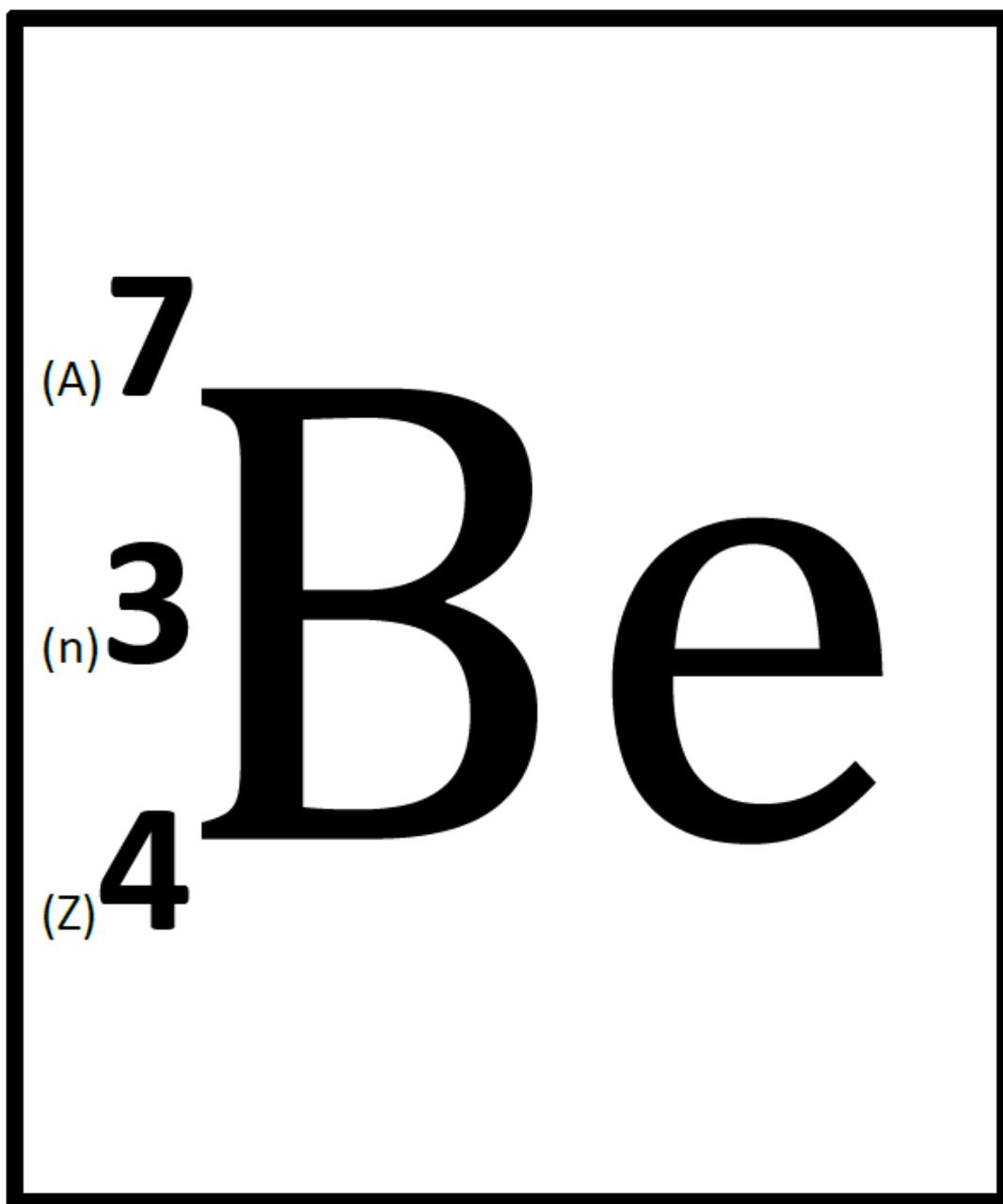
QUADRO 5.13 - Cartão elemento hélio (massa 4)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha

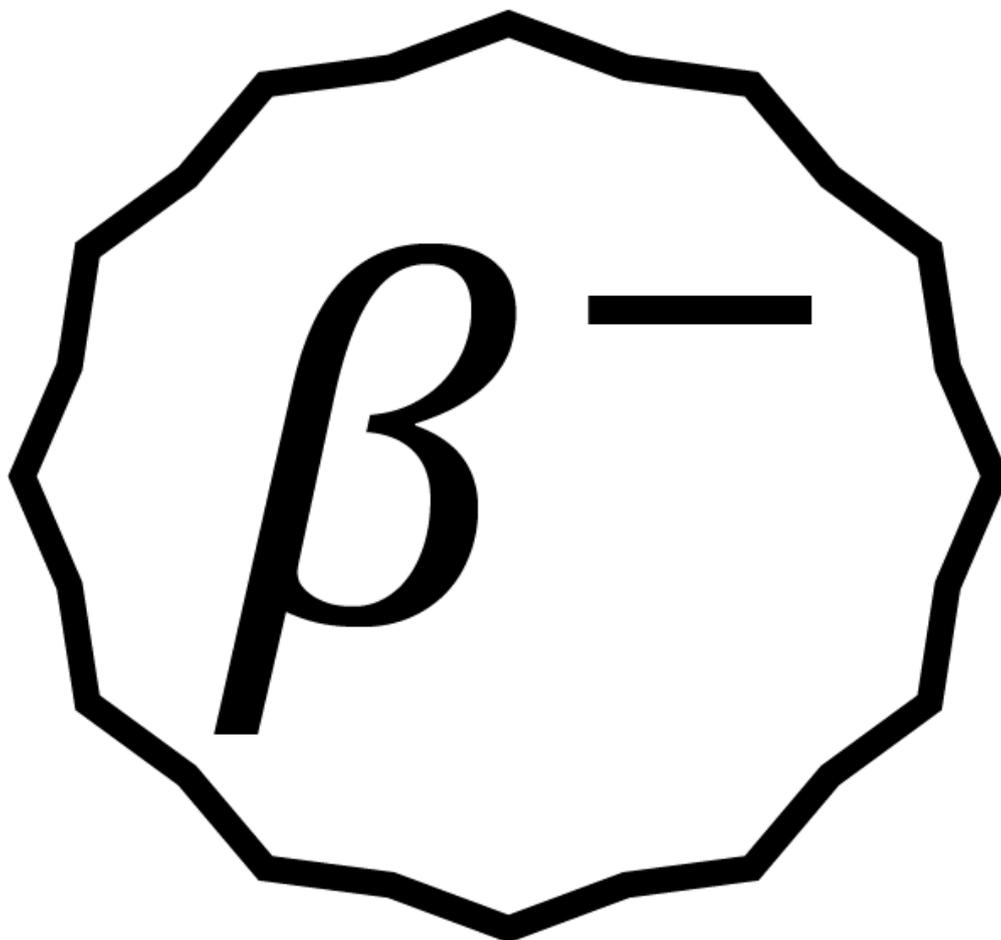
QUADRO 5.14 - Cartão elemento berílio (massa 7)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde

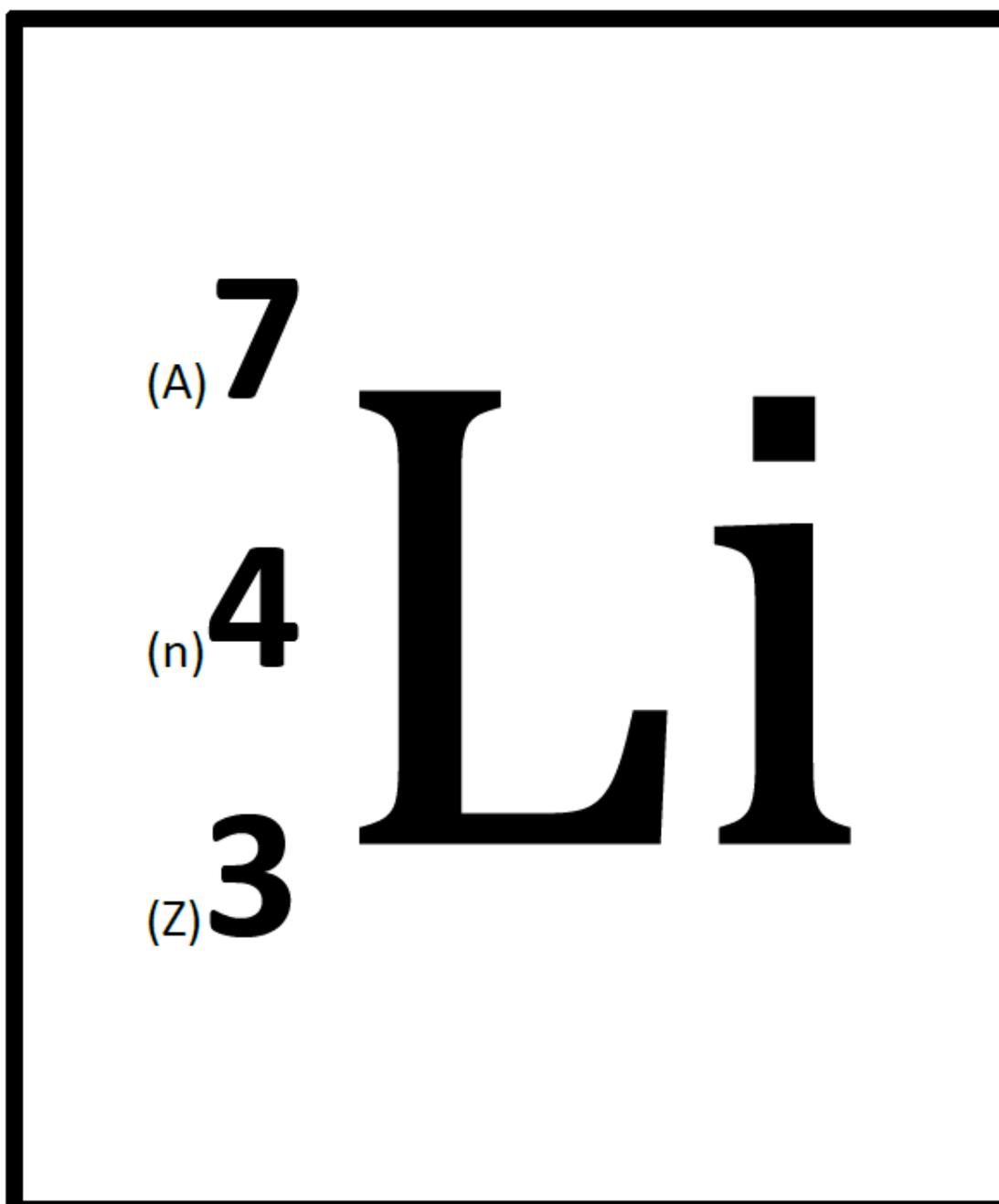
QUADRO 5.15 - Cartão elemento elétron (beta menos)



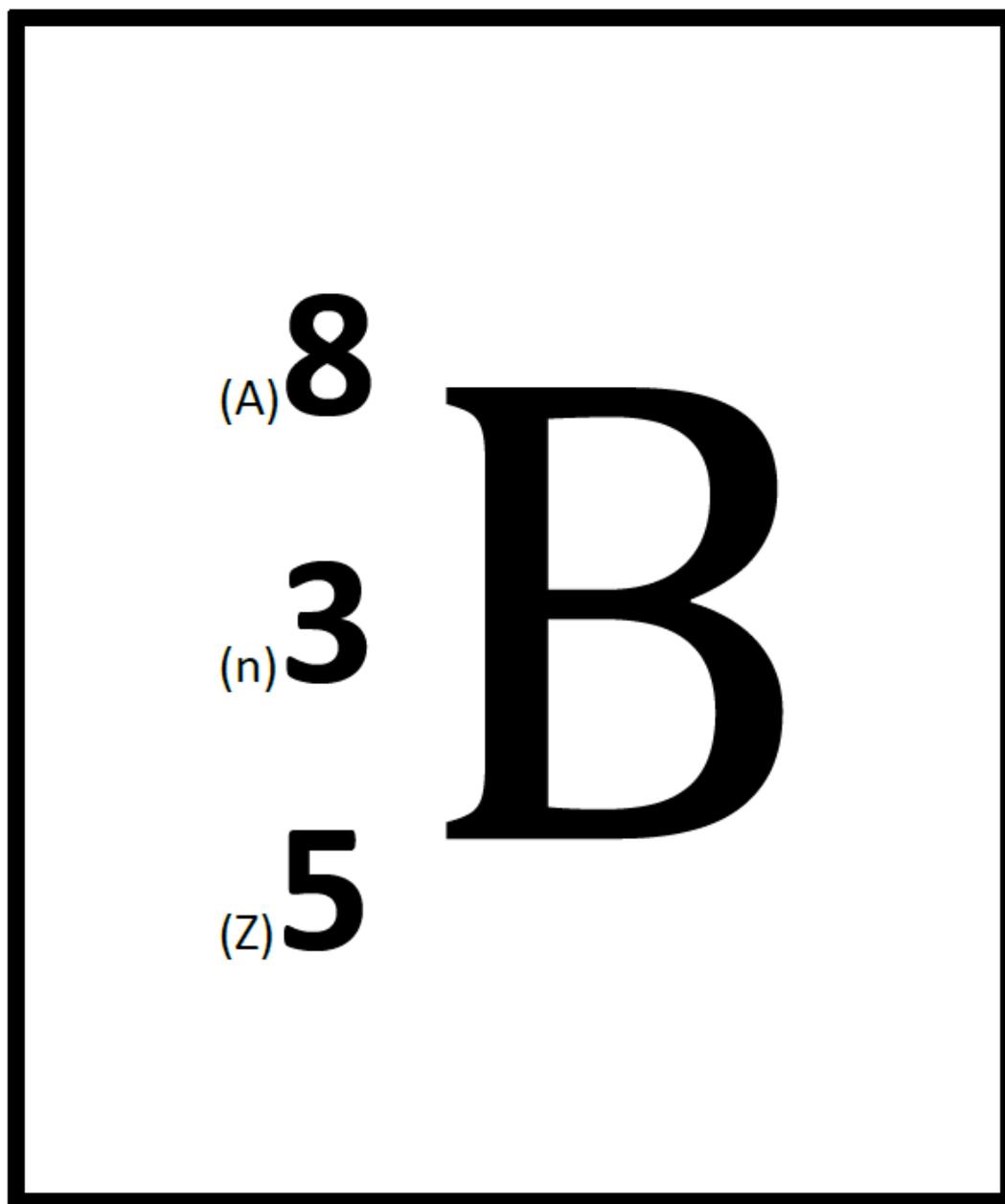
Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde

QUADRO 5.16 - Cartão elemento lítio (massa 7)



QUADRO 5.17 - Cartão elemento Boro (massa 8)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor laranja

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

BEM-DOV, Y. **Convite à Física.** Tradução, Maria Luiza X. de A. Borges; revisão técnica. Henrique Lins de Barros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1996.

FEYNMAN, R. P. **Lições de física de Feynman:** edição definitiva / Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Adriana Válio Roque da Silva ... [et al.]. – Porto Alegre: Bookman, 2008.

GEHLEN, S. T. *et. al.* O pensamento de Freire e Vygotsky no Ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências.** v.7, n. 2, 2012.

Disponível em:  
[http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID184/v7\\_n2\\_a2012.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID184/v7_n2_a2012.pdf) Acesso em:  
15 nov. 2018.

HALLIDAY, D. RESNICK, Robert; WALKER Jeari. **Fundamentos da física:** óptica e física moderna. vol 4, 9 ed, LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual;** tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HORNES, A.; GALLERA, J. M. B.; SILVA, S. de C. R. da. **A Aprendizagem Significativa no Ensino de física.** In: I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia – 2009. Disponível em:  
[http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/7%20Ensinodefisica/Ensinodefisica\\_Artigo1.pdf](http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/7%20Ensinodefisica/Ensinodefisica_Artigo1.pdf) Acesso em: 10 nov. 2018.

MARTINS, J. B. **A história do átomo - de Demócrito aos quarks.** Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2001.

MOREIRA, M. A. A Teoria de Aprendizagem de David Ausubel como Sistema de Referência para a Organização de Conteúdo de Física. **Revista Brasileira de Física**, vol. 9, n. 1, p. 275-292, 1979. Disponível em:  
<http://sbfisica.org.br/bjp/download/v09/v09a19.pdf> Acesso em: 15 jan. 2019.

MOREIRA, M. A. **Física de Partículas: uma abordagem conceitual e epistemológica.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem:** como subsídios para a organização de Sequências de Ensinoaprendizagem em Ciências/Física. São Paulo. Ed. Livraria da Física, 2016.

NASCIMENTO, V. B.; CARVALHO, A. M. P. **A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências**. 2004.

Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p452.pdf>

Acesso em: 09 jan. 2018.

OLIVEIRA, R. L. **Física Moderna e Contemporânea**: propostas de trabalho aplicadas no ensino médio. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense: produção didático-pedagógica, 2014. Curitiba: SEED/PR., 2014. V.2. (Cadernos PDE). Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_unicentro\\_fis\\_pdp\\_robson\\_lima\\_oliveira.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_unicentro_fis_pdp_robson_lima_oliveira.pdf)

Acesso em: 27 out 2017. ISBN 978-85-8015-079-7

PARANÁ, Governo do Estado do Paraná. Secretaria de Estado da Educação. **Livro Didático Público - Física** / vários autores, 2.ed – Curitiba: SEED-PR, 2007.

PIRES, A. S. T. **Evolução das ideias da física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

ROCHA, J. F. M. (Org.) **Origens e evolução das ideias da física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROSA, C. W. da, ROSA, A. B. da. A teoria histórico-cultural e o ensino da física. **Revista Iberoamericana de Educación**. v. 34, n. 3, p.

1-8, 2004. Disponível em:

<https://rieoei.org/RIE/article/view/3029> Acesso em: 14

jan 2019.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 1ª ed. São Paulo. Ed. Martins Fontes, 2000.

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

CRUZ, G. K.; SILVA, S. L. R. Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Vol 2, n 1, 18-30, 2009.

Disponível em:  
<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/309> Acesso em:  
13 set. 2018.

GUSMÃO, T de C.; VALENTE, J de A.; DUARTE, S.B. A matéria escura no universo: uma sequência didática para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, n.4, e4504, 2017. Disponível em:  
<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v39n4/1806-1117-rbef-39-04-e4504.pdf>  
Acesso em: 27 out. 18.

MELLO, D. R. C. Aprendendo Física com as estrelas binárias. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 3307, 2014.

Disponível em:  
<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n3/07.pdf> Acesso em:  
14 jan. 2019.

MELO, M.R.; LIMA NETO, E.G. de. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos. **Química Nova Escola**. v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_2/08-PE-81-10.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf) Acesso em: 14 jan. 2019.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo. Ed. Livraria da Física, 2011.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**.

Florianópolis, v.16, n.3, p.267-286, dez.99.

Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/issue/view/400> Acesso em:  
15 jan. 2019.

SHIINO, H. *et. al.* **Uma proposta para sala de aula sobre a Física Nuclear e a Física de Partículas**. In: XX SNEF - Simpósio Nacional Ensino de Física. São Paulo, XX SNEF - Simpósio Nacional Ensino de Física 2013.

SIQUEIRA, M. R. da P. **Do Visível ao Indivisível: Uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. 2006. 257 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física e Faculdade de Educação. São Paulo, 2006. Disponível em:  
[http://bdpi.usp.br/single.php?\\_id=001567050](http://bdpi.usp.br/single.php?_id=001567050) Acesso em 17 jan. 2019.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O.; EL-HANI, C.N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência e Educação**. v.15, n.3, p. 529-556, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v15n3/06.pdf> Acesso em: 10 jan. 2019.

**SÉRIE**  
**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**  
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**  
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**  
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**  
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**  
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**  
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**  
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**  
Tomo I – **Caderno do Professor**  
Tomo II – **Caderno do Aluno**  
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceitualização e Simulação na Dinâmica do Movimento**  
Tomo I – **Caderno do Professor**  
Tomo II – **Caderno do Aluno**  
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**  
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**  
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**  
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –  
Tomo I - **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**  
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**  
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**  
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melódia de Ensino**  
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**  
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**  
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**  
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**  
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**  
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**  
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**  
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

*Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti*

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

*Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade*

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

*Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva*

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

*Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz*

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

*Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz*

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

*Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes*

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

*Josué Duda, André Maurício Brinatti*

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

*Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto*

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

*Jairo Rodrigo Corrêa*

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

*Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva*

Atribuição-NãoComercial-  
Compartilha Igual 4.0 Internacional



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UEPG**  
Universidade Estadual  
de Ponta Grossa

**PPG**  **F**  
ensino de física

**SÉRIE**  
**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

**UEPG - PROEX**