



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ROBSON LIMA OLIVEIRA

REFLEXÃO SOBRE A APLICABILIDADE DE UMA UNIDADE DIDÁTICA ACERCA
DE ALGUNS ASPECTOS DA NATUREZA DA MATÉRIA

PONTA GROSSA

2020

ROBSON LIMA OLIVEIRA

REFLEXÃO SOBRE A APLICABILIDADE DE UMA UNIDADE DIDÁTICA ACERCA
DE ALGUNS ASPECTOS DA NATUREZA DA MATÉRIA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física - MNPEF, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

PONTA GROSSA

2020

Oliveira, Robson Lima

O48 Reflexão sobre a aplicabilidade de uma unidade didática acerca de alguns aspectos da natureza da matéria / Robson Lima Oliveira. Ponta Grossa, 2020. 407 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti.

1. Metodologia científica. 2. Modelos atômicos. 3. Decaimentos radioativos. 4. Fusão nuclear. 5. Aprendizagem significativa. I. Brinatti, André Maurício. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530.1

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL NACIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

TERMO DE APROVAÇÃO

ROBSON LIMA OLIVEIRA

“Reflexão sobre a aplicabilidade de uma unidade didática acerca de alguns aspectos da natureza da matéria”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:



Dr. André Maurício Brinatti - (UEPG) – Presidente



Dr. Jeremias Borges da Silva - (UEPG)



Dra. Agueda Maria Turatti- (FURG)

Ponta Grossa, fevereiro de 2020.

Dedico este trabalho a uma pessoa especial, que irrefutavelmente abriu mão do seu tempo, dando a mim, o tempo e as condições necessárias para a conclusão dessa formação. A você Francieli, admirável esposa, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me conduzido à essa experiência, me fazendo acreditar num sonho e, novamente, mostrar-me ter sido capaz de realizá-lo.

Ao Prof. Dr. André Maurício Brinatti, meu orientador, que ao longo dessa caminhada mostrou-se ser mais que um mestre. Um amigo especial, que passei a admirar pela postura profissional e caráter humano demonstrados, principalmente, nos momentos adversos.

À CAPES pelo apoio financeiro recebido nos primeiros meses de formação.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UEPG, por terem dividido conosco um pouco de suas experiências e expectativas, demonstradas a cada aula ministrada.

Aos colegas de turma do MNPEF, grandes parceiros nos trabalhos acadêmicos, com os quais dividi das mesmas aflições, angústias, alegrias e conquistas, que resultaram em grandes amizades.

À diretora do Colégio Estadual La Salle, professora Marli Terezinha Sauthier Ramos, pelo consentimento e apoio prestado durante a aplicação do Produto.

À coordenadora pedagógica Alessandra Garcia Zanol, por ter de maneira discreta, acompanhado a aplicação do Produto, acreditando (as vezes mais do que eu) e me fazendo acreditar, que sempre vale a pena fazer as coisas de forma diferente.

Aos meus alunos das terceiras séries do ensino médio, que de maneira consensual, aceitaram o desafio de submeterem-se a novas metodologias de ensino, saindo da zona de conforto, buscando com este trabalho uma formação pautada na troca de experiências, no diálogo e na construção coletiva do conhecimento científico.

À minha mãe, que incansavelmente orou pela minha segurança e bem-estar enquanto eu me conduzia pelas estradas. Uma pessoa cuja sabedoria pauta-se na experiência de vida, e à sua maneira me permitiu seguir com os estudos. Certamente alguém ouviu suas preces minha mãe.

Ao meu irmão Douglas, que por vezes me fez sentir orgulho pelo desafio enfrentado, e a quem também me orgulho por estar seguindo os mesmos passos em seus estudos.

Aos meus filhos Sofia e Ícaro, minha maior riqueza, os quais muitas vezes abri mão do convívio em prol de uma escolha pessoal. Guardo em minhas memórias as ligações por webcam, e os abraços ganhos a cada retorno. Amo vocês.

Ao amigo e compadre Ivonei, companheiro incansável de viagem no qual me sustentei e me espelhei para não desistir no meio do caminho. Ter contado com sua presença e apoio, foi fundamental.

A todos aqueles que, por acompanharem minha trajetória, me permitiram tomar-lhes como fonte de inspiração, estímulo e apoio nos momentos em que o entusiasmo e a garra já não se faziam tão presentes, meu muito obrigado.

Se o conhecimento permitiu ao homem chegar até aqui,
é de se admitir que através dele, nos permitimos ir muito
mais além.

(Notas do autor)

RESUMO

É sabido que estudos sobre Ensino de Física (EF) defendem a abordagem de Física Moderna e Contemporânea (FMC), ou seja, a inserção destes tópicos é uma corrente defendida por muitos pesquisadores da área de EF. Baseado nestes estudos, e com a intenção de propor uma alternativa para a inserção do tema: matéria, foi realizada a presente pesquisa. Foi tomado como norte o seguinte questionamento: Como abordar conteúdos de FMC a partir de um estudo sobre método científico e compreensão de alguns aspectos acerca da natureza da matéria? E para responder a tal questão, foi elaborado e aplicado o Produto Educacional: Um pouco sobre a natureza das coisas, este em forma de uma unidade didática. Esta unidade didática foi fundamentada nas teorias de Ausubel - aprendizagem significativa, e Vygotsky - mediação do conhecimento, abordou-se os assuntos: Metodologia Científica, Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radioativos. Propôs-se atividades diferenciadas e com encaminhamentos estratégicos específicos como: Mandando Ver: atividade descritiva e de múltipla escolha, Fazendo Ciência: atividade lúdica, Varal de Ideias: atividade sintetizadora. A avaliação deu-se por meio de fichários com questões abertas e provas individuais/dupla. Como resultado, constatou-se um melhor aproveitamento dos alunos nas atividades descritivas contidas no fichário, caracterizando um nível de aprendizagem aceitável. Em contraponto, denota a dificuldade dos alunos com essa temática, pelo fato da abstração característica, e pouca familiaridade com o tema. No entanto, apesar do baixo rendimento, é uma proposta que necessita fazer parte do planejamento curricular do professor, a fim de que sejam superadas ou minimizadas as dificuldades observadas na aplicação deste Produto Educacional, sendo possível adaptá-la a cada realidade escolar.

Palavras-chave: Metodologia Científica, Modelos Atômicos, Decaimentos Radioativos, Fusão Nuclear, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

Studies on Physics Teaching (PT) are known to defend the Modern and Contemporary Physics approach (MCP), that is, the insertion of these topics is a current defended by many researchers in the PT area. This research was carried out based on such studies and aiming at proposing an alternative for the insertion of the theme 'matter'. The research question was: How to approach MCP contents from a study on the scientific method and understanding of some aspects of the nature of matter? In an attempt to answer this question, an Education Product in the format of a teaching unit named 'Something on the nature of things' was devised and applied. The theories of Ausubel – meaningful learning and Vygotsky – knowledge mediation formed the theoretical background used to create the teaching unit. The topics addressed were: Scientific Methodology, Development of Atomic Models, Fusion in stars and Radioactive Decay. Differentiated activities with specific strategic guidance were proposed such as: Go for It: descriptive activity and multiple choice task; Doing Science: fun activity; Line of Ideas: synthesizing activity. The evaluation comprised cards with open questions and individual/pair tests. As a result, the students showed better performance in the descriptive activities presented in the cards, characterizing an acceptable level of learning. On the other hand, it revealed students' difficulty with this theme, due to the characteristic abstraction required and for not being familiar with the theme. However, despite poor results, it is a proposal that should be part of the teachers' curricular planning, so that the difficulties observed in the application of this Education Product can be overcome or minimized and it can be adapted to each specific school reality.

Keywords: Scientific Methodology, Atomic Models, Radioactive Decay, Nuclear Fusion, Meaningful learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1 – Encontre aqui.....	16
FIGURA 4.1 - Algumas partículas elementares.....	64
FIGURA 4.2 – Interações fundamentais.....	70
FIGURA 4.3 – Fissão ou Fusão nuclear.....	82
FIGURA 4.4 – Decaimento alfa (isótopo de Plutônio 239)	84
FIGURA 4.5 – Decaimento β^- (isótopo de Carbono 14)	85
FIGURA 4.6 – Decaimento β^+ (isótopo de Flúor 18).....	86
FIGURA 4.7 – Captura eletrônica (isótopo de Alumínio 26).....	87
FIGURA 4.8 – Decaimento gama (isótopo de Radônio 222).....	88
FOTOGRAFIA 5.1 – Materiais utilizados na Subunidade 1.....	96
FOTOGRAFIA 5.2 – Materiais utilizados na Subunidade 2.....	100
FOTOGRAFIA 5.3 – Materiais utilizados na Subunidade 3.....	103
GRÁFICO 6.1 – Nota média (Atividades do fichário – Sub. 1)	109
GRÁFICO 6.2 – Nota média (questões da prova – Sub. 1).....	110
GRÁFICO 6.3 – Nota média (Atividades do fichário – Sub. 2)	114
GRÁFICO 6.4 – Nota média (questões da prova – Sub. 2).....	115
GRÁFICO 6.5 – Nota média (Atividades do fichário – Sub. 3)	117
GRÁFICO 6.6 – Nota média (questões da prova – Sub. 3).....	118
GRÁFICO 6.7 – Demonstrativo das médias – Quadro geral.....	119
QUADRO 4.1 - Características de algumas partículas.....	62

QUADRO 4.2 - Características das interações fundamentais	69
QUADRO 4.3 – Modelo do Big Bang	73
QUADRO 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar	75
QUADRO 4.5 – Decifrando uma reação	77
QUADRO 5.1 – Organização do Produto segundo Subunidades	92
QUADRO 5.2 – Distribuição de modelos, segundo fichário	95
QUADRO 6.1 – Número de alunos segundo Subunidade e turma.....	106

SUMÁRIO

1 QUANDO A NECESSIDADE GERA INQUIETUDES	13
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 PROBLEMA	18
1.3 OBJETIVOS	21
Objetivo Geral	21
Objetivos Específicos	21
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	22
2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E O ENSINO DE FÍSICA: COM A PALAVRA, OS ESTUDIOSOS	24
2.1 SOBRE A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	25
2.2 O MÉTODO CIENTÍFICO	32
2.3 A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O MODELO PADRÃO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES	35
2.4 REAÇÕES NUCLEARES À LUZ DAS ESTRELAS	37
2.5 AS TEORIAS DE AUSUBEL E DE VYGOTSKY NO ENSINO DE FÍSICA	39
3 UM OLHAR SOBRE AS TEORIAS DE APRENDIZAGEM	43
3.1 DAVID AUSUBEL: TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	43
3.2 LEV VYGOTSKY: TEORIA DA APRENDIZAGEM MEDIADA	46
4 APORTES TEÓRICOS EM FÍSICA: CONCEITOS E PRECEITOS	50
4.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UM OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA	51
4.1.1 Construindo modelos	51
4.1.2 O conhecimento científico	51
4.1.3 A construção do Método Científico	53
4.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2: MODELOS ATÔMICOS	55
4.2.1 Uma parte do todo	55
4.2.2 A evolução dos modelos atômicos	57
4.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3: DECAIMENTOS RADIOATIVOS	71

4.3.1 Uma evolução que vem do céu	71
4.3.2 A culpa é das estrelas	72
4.3.3 E o que a estrela uniu, a própria natureza separa.....	81
5 PARA ALÉM DE UMA RECEITA	89
5.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1	93
5.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2	97
5.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3	101
5.4 MATERIAIS UTILIZADOS	104
6 UMA PAUSA PARA A REFLEXÃO: DO IDEAL AO REAL	105
6.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1	106
6.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2	111
6.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3	115
6.4 UM QUADRO GERAL.....	118
6.5 OUTROS OLHARES.....	120
7 SE VAI SEGUIR EM FRENTE, APRENDA COM O PASSADO.....	125
REFERÊNCIAS.....	128
APÊNDICE A – UM POUCO SOBRE A NATUREZA DAS COISAS	134

1 QUANDO A NECESSIDADE GERA INQUIETUDES

Não é recente, encontrar no meio acadêmico trabalhos que apontem para a necessidade de uma grande reforma curricular na educação básica. Atualizar o currículo escolar é uma das demandas que aparecem nos debates promovidos para discutir temas sobre a organização da escola e sua função social. Na área das ciências, como apontam Chinelli; Ferreira e Aguiar (2010), é visível a insatisfação dos alunos ao se depararem com práticas pedagógicas tradicionais, que contribuem cada vez mais com seu desinteresse pela aprendizagem das ciências, resultando numa grande frustração para professores e alunos, quando veem que a realidade que se apresenta está longe das suas expectativas.

Segundo os autores, estudos promovidos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 2002, uma organização internacional e intergovernamental que agrupa os países mais industrializados da economia do mercado, revelaram que os alunos desejam clareza quanto a importância dos conhecimentos científicos e tecnológicos abordados em cada conteúdo, para ajudá-los a compreender melhor o mundo em que vivem. “Os jovens pesquisados pela OCDE parecem estar sintonizados com o novo paradigma científico, o que traria certo desconforto em relação à visão tradicional das ciências, ainda dominante nas escolas” (CHINELLI; FERREIRA; AGUIAR, 2010).

Essa nova geração de alunos, por terem tido desde cedo mais acesso à informação, chegam até a escola com inquietudes que requerem desse espaço uma dinâmica diferente de se relacionarem com o conhecimento científico. No caso da disciplina de Física, aquela antiga visão de que esta se trata de uma ciência exata e absoluta, cujas teorias parecem ter sido elaboradas por grandes gênios, não admitindo assim passarem por juízo de valor, deve ser superada por uma concepção que mostre como foram e são construídos seus saberes, considerando que muito do que se estuda nessa área, leis e teorias, é baseado em modelos desenvolvidos a partir de outras teorias precedentemente estruturadas, de observações pré-definidas, da escolha de um método de organização de pesquisa, isto é, de um método científico, entre outras variantes. É necessário que o aluno compreenda que a Física é fruto de uma atividade humana, portanto, construída histórica e socialmente pelo homem, sendo passível de erros, acertos, avanços e retrocessos, tudo com a finalidade de

buscar explicações racionais que forneçam a cada indivíduo uma compreensão mais próxima do mundo real. Mudar é a palavra de ordem.

O grande desafio deste momento histórico é uso de metodologias que possibilitem uma prática pedagógica capaz de alcançar a formação do sujeito criativo, crítico, reflexivo, colaborativo, capaz de trabalhar em grupo e resolver problemas reais. (CAMARGO, 2018, p. 13).

Assim, o Ensino de Física (EF), como ocorre com outras disciplinas em geral, tem se tornado uma tarefa desafiadora para a maioria dos professores, afinal, que professor, iniciante ou veterano em sua profissão, mesmo tendo tido ao longo de sua carreira contato com uma multiplicidade de disciplinas, séries, turmas, períodos, modalidade de ensino e, se não bastasse, até mesmo de gerações de alunos, não tenha em algum momento, se questionado sobre suas práxis pedagógica, não é?

Afinal, constantemente o educador é desafiado a inovar e romper as alianças com o tão julgado e condenado ensino tradicional, que vale lembrar, formou grande parte da geração de profissionais que hoje estão em sala de aula e veem-se encurralados a mudar seu método de ensino porque, de certa forma, este parece não dar conta de suprir as necessidades e anseios que a sociedade e os alunos expressam. Nesta perspectiva, como defende Silva e Tavares (2005), o Ensino e a aprendizagem da Física requerem teorias e práticas pedagógicas que tornem esse processo mais dinâmico e autêntico, ao tempo em que se identifique com as necessidades dos alunos, possibilitando uma articulação, contextualização, religação e globalização dos conteúdos a serem desenvolvidos em sala de aula, de maneira que o aluno seja protagonista do seu conhecimento e consiga estabelecer relações entre assuntos dessa disciplina com as outras áreas do conhecimento.

A proposta que aqui se apresenta, foi elaborada a partir dessas preocupações, e representa uma tentativa de atender a uma demanda tão presente na área da educação: a da necessidade de levar ao aluno conteúdos atualizados, dando-lhe uma formação mais completa e próxima da sua realidade.

Como forma de organização, o registro dessa proposta foi estruturado em duas partes: uma primeira, que consiste nesta Dissertação, e a segunda, um Apêndice da primeira, nominada de Produto Educacional, ou simplesmente Produto: Um pouco sobre a natureza das coisas. Apesar de serem descrições de uma mesma atividade,

cada uma, a depender da necessidade do leitor, pode ser utilizada de forma independente.

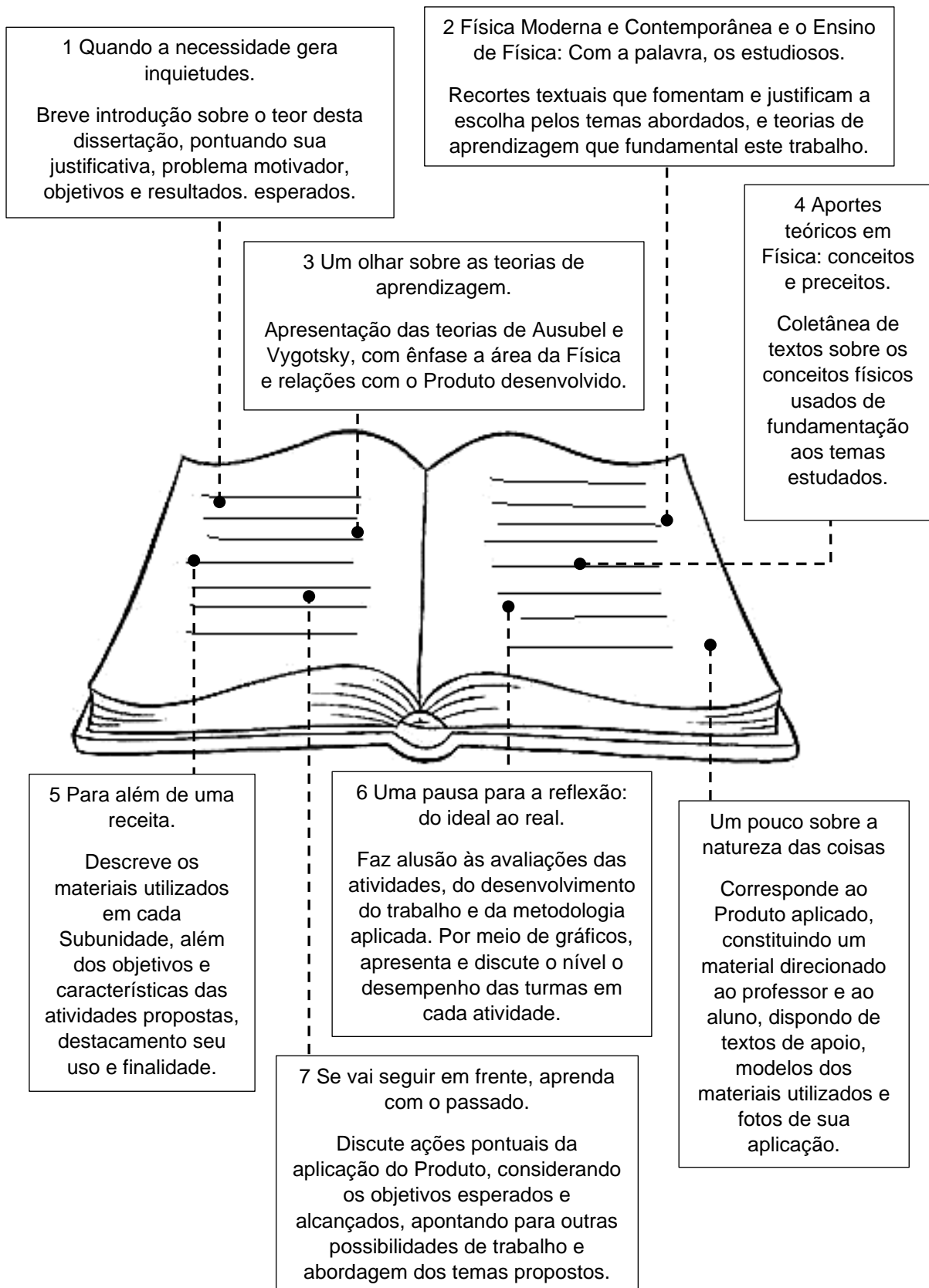
Assim, o Produto a que se destina essa dissertação, foi aplicado no Colégio Estadual La Salle, localizado na região central do município de Pato Branco, Sudoeste do Paraná, em duas turmas de 3ª série do Ensino Médio (EM), do período matutino, nominadas 3ªA e 3ªB. Estes alunos, moradores no entorno da escola e bairros vizinhos, na sua maioria estudam nesse colégio desde o Ensino Fundamental, sendo que deste grupo, cerca de 10% (dez por cento), vieram transferidos de outras escolas. Do total de alunos desse grupo, em média, 12% (doze por cento) estão repetindo a 3ª série, com histórico de reprovação que permeiam as disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Física e Química.

O referido Produto consiste na elaboração de um Plano de Unidade dividida em três Subunidades Didáticas, nas quais foram inseridos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Na primeira Subunidade, a temática trabalhada foi a Metodologia Científica; na segunda, a Evolução dos Modelos Atômicos e, na terceira Subunidade, a Fusão em Estrelas e Decaimentos Radioativos a partir das reações de nucleossíntese. 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, fichários, atividades sistematizadoras acerca dos conceitos abordados, aplicação de provas, entre outros.

Todas as Subunidades foram elaboradas a partir das teorias da aprendizagem de Ausubel e de Vygotsky, cujo marco referencial teórico pauta-se em respeitar e considerar a história, o social e o cultural de cada indivíduo, cuja aposta está na troca com os outros sujeitos e na valoração do conhecimento prévio do aluno, levando este a ampliar sua compreensão sobre um assunto, dando a ele um novo significado. Para isto, as discussões, a ênfase no trabalho em grupo, e a construção coletiva de novos saberes, foram o ponto central dessa proposta, que dentre outros objetivos, buscou uma maior interação entre os conteúdos abordados e o aluno, e este com seus pares.

Antes de prosseguir com a leitura, confira na Figura 1.1, a seguir, a forma como esta dissertação está organizada, além do tipo de informações destacadas em cada um dos capítulos que a compõem.

FIGURA 1.1 – Encontre aqui: Descrição resumida do teor de cada capítulo.



Fonte: O autor

1.1 JUSTIFICATIVA

Esta proposta, está diretamente relacionada com a experiência profissional do autor da mesma, enquanto esteve respondendo pela disciplina de Física na função de Técnico Pedagógico no Núcleo Regional de Educação de Pato Branco - PR, entre os anos de 2007 a 2013. Dentre as funções exercidas, uma lhe conferia ministrar oficinas dessa disciplina para outros professores da rede estadual de educação, daquela regional. Foi percebendo e compactuando das mesmas angústias de seus colegas, quanto a necessidade de mudar seus métodos de ensino, atualizar os conteúdos curriculares e garantir ao aluno uma formação mais significativa, que se pensou nessa proposta de trabalho.

Por entender que o ato de planejar, deva ser inerente ao trabalho e a ação pedagógica de cada professor, o planejamento de uma aula reflete no âmbito da escola, uma ação pedagógica que, entre outras intenções, prima pela autonomia do professor quando assegura a ele, a escolha prévia dos conteúdos selecionados para cada série, devendo estes estar aliados às necessidades de seus alunos.

Como aponta Rosa e Rosa (2005), a necessidade de um planejamento do trabalho docente, deve estar atrelada com as orientações das leis e diretrizes da educação nacional, que desde a década de 1960, optou por não especificar conteúdos mínimos para a formação dos estudantes do EM, apontando apenas temas que deverão ser abordados e os objetivos a serem atingidos, permitindo assim, que os professores e as escolas tenham liberdade de organizar seu trabalho e programas curriculares. Outro fator levantado pelos autores, e que sustenta a importância desse planejamento, está no fato de que, nos últimos anos, a disciplina de Física perdeu uma participação significativa na grade curricular, tendo suas aulas reduzidas chegando a uma ou duas aulas semanais nas escolas de EM, principalmente no ensino noturno, daí a necessidade do professor selecionar conteúdos, métodos e práticas que sejam relevantes às necessidades de seus alunos e confira a eles uma aprendizagem mais abrangente possível, destoando da exaustiva gama de conteúdos presentes nos livros didáticos que nem sempre estão em consonância com a realidade e as necessidades das escolas.

Nessa linha de raciocínio, a elaboração desse Plano de Unidade, como aqui será mostrada, permite ao professor, levar aos alunos temas que vão além dos contidos nos livros didáticos, sendo estes em muitos casos, o único material de

consulta e referência para o aluno. Outro fator a se considerar, está na flexibilidade das ações do professor, que muitas vezes engessado por conta do uso de materiais prontos e desvinculados do seu planejamento, acomoda-se, passando a planejar suas aulas a partir dos roteiros de conteúdos presentes no livro didático.

Por estas e outras razões, se considera que a dinâmica de trabalho a ser apresentada no Produto, possibilitou nele mesmo, reunir diferentes encaminhamentos metodológicos, além de explorar alguns conteúdos de FMC de forma mais lúdica e atrativa para os alunos. Acredita-se que a elaboração dessas Subunidades de ensino, além de enriquecer a prática pedagógica do professor, também o torna autor de suas próprias aulas, sendo mais uma alternativa de consulta bibliográfica que no mínimo encoraja e estimula a outros colegas de profissão, fazer o mesmo.

1.2 PROBLEMA

O início de um ano letivo é um momento em que a escola, representada em parte por seus professores, equipe pedagógica, administrativa, diretiva e demais profissionais da educação, param para planejar as ações deste novo ano, com um olhar retrospectivo e reflexivo sobre as efetivadas no ano anterior. Para o professor em particular, é um momento de replanejar sua prática de ensino, avaliando não só as metodologias adotadas na abordagem dos conteúdos ministrados, mas também, o próprio conteúdo, tendo sobre esse um olhar crítico no sentido de vê-lo ou não como parte integrante do currículo da escola.

A preocupação com o currículo escolar pode ser considerada ainda uma atividade contemporânea no meio acadêmico. Só a pouco, as políticas educacionais asseguraram às instituições de ensino, o direito de reservarem um tempo para a organização pedagógica desse espaço, como disposto na Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional (LDBEM) em seu artigo 67º, inciso V que prevê:

Art. 67. Os sistemas de ensino promoverão a valorização dos profissionais da educação, assegurando-lhes, inclusive nos termos dos estatutos e dos planos de carreira do magistério público:
V – período reservado a estudos, planejamento e avaliação, incluído na carga de trabalho; (LDBEN-Lei nº 9.394,1996)

A necessidade desse tempo, conforme apontam alguns estudos, é de elaborar uma proposta de estudo que confira ao aluno uma Educação Básica de qualidade e

com significado para sua vida. Nesse sentido, o planejamento do trabalho docente é tido como uma das atribuições específicas ao professor. É o momento em que este organiza e seleciona os assuntos, temáticas e conteúdos que farão parte da grade curricular a ser abordada com seus alunos. Esta ação, que confronta experiências anteriores às novas demandas, não se resume apenas a esse momento, mas se coloca como um norte para o início de seu trabalho e organização do ano letivo, passando por alterações quando necessário.

Entende-se por planejamento um processo de previsão de necessidades e racionalização de emprego dos meios materiais e dos recursos humanos disponíveis, a fim de alcançar objetivos concretos, em prazos determinados e em etapas definidas, a partir do conhecimento e avaliação científica da situação original. (MARTINEZ; LAHORE, 1977, p.11).

A citação anterior, simples, mas de extensa aplicação em diversas áreas de estudo, reflete um pouco do que é o ato de planejar uma aula. Prever necessidades, remete ao educador conhecer o entorno da escola, o espaço social em que está inserida, quem são estes alunos, seus anseios, e a própria relação de identidade entre a comunidade escolar e a escola. Prever necessidades, significa também, estar em sintonia com os documentos que regulamentam e alicerçam todo o trabalho pedagógico e administrativo da escola e, assim, propor um ensino que atenda as demandas apuradas.

O conhecimento desse ambiente escolar, leva o educador a avaliar, em seu planejamento, quais recursos e estratégias, melhor atendem aos seus objetivos, evitando assim, que a execução de um projeto, de um roteiro de estudo, de uma simples dinâmica de trabalho em grupo dentro ou fora do espaço escolar, culmine em frustrações por parte de todos os envolvidos.

O efeito de planejar deve assim, ser considerado um dos primeiros passos a se fazer, quando o objetivo é lograr êxito naquelas ações que envolvam, desde a abordagem de um conteúdo na sala de aula, até algo maior que necessite da participação de toda a comunidade escolar. Contudo, quando maior for o grau em que esta ação não seja levada em consideração, maior tornar-se-á a distância entre o esperado e o alcançado.

Por mais elementar que seja o planejamento de uma aula, este quando elaborado em cada uma de suas etapas, aponta meios e direções que devem ser tomados para se chegar a determinados objetivos. Uma aula, quando planejada, tem

clara as ações, os conteúdos, as metodologias e estratégias de ensino bem definidas e, principalmente, uma avaliação a partir de critérios e instrumentos coerentes com os encaminhamentos propostos.

Menegolla e Sant'Anna (2008), destacam algumas fases e conhecimentos a serem consideradas para o planejamento tanto a nível de currículo, quanto a nível de sala de aula. Dentre seus apontamentos, vale destacar que um levantamento da realidade local, seja no âmbito social, político, econômico e religioso, é fundamental para identificar quem são os alunos, e o que esperam da escola. Essa dimensão de conhecimento, dará subsídios para que a escola defina entre seus pares, marcos teóricos, filosóficos e legais que deem amparo ao trabalho pedagógico de todos os agentes envolvidos com esses ideais. A partir desses parâmetros, como apontam os autores, fica claro pensar nos objetivos enquanto escola e especificamente enquanto disciplina, selecionando assim conteúdos, metodologias e avaliação que culminem aos objetivos esperados.

Ainda assim, não se pode desconsiderar que a sala de aula é um espaço orgânico, cuja dinâmica das relações, faz com que o professor tenha que, em alguns momentos, abrir mão do seu planejamento e adaptá-lo às demandas e situações que surgem durante a execução do mesmo. Que educador, não precisou parar em algum momento com sua aula, para dirimir uma dúvida decorrente de acontecimentos externos, as vezes provindos dos diversos meios de comunicação? Em geral, a maioria dos assuntos noticiados sobre a Ciência, dizem respeito a descobertas, avanços e aplicações desses estudos na atualidade, tratando-se de assuntos que estejam diretas ou indiretamente relacionados com a FMC.

Sem dúvida, acompanhar os avanços científicos e tecnológicos nestes últimos tempos tem sido uma tarefa difícil, se não impossível. Situações como estas, além de serem em dados momentos um grande desafio ao professor, podem levar o educador a observar o quanto está afastado desse desenvolvimento e, por consequência, das necessidades e realidade do seu aluno.

Neste sentido, o problema que se apresenta para a elaboração do Produto em questão, procura responder a seguinte pergunta: Como abordar conteúdos de FMC no EM, a partir de um estudo sobre método científico, à luz da compreensão sobre a matéria, sua origem e desintegração?

Para trazer luz a esta questão, o Produto, cuja aplicação e avaliação se destina essa Dissertação, foi planejado numa dinâmica de trabalho que desse conta

de levar aos alunos das terceiras séries do EM, assuntos relacionados com o Método Científico e a FMC, explorando temas acerca da Evolução dos Modelos Atômicos, do Modelo Padrão das Partículas Elementares, da formação dos elementos químicos em reações de nucleossíntese nas estrelas, e dos principais Decaimentos Radiativos.

Tais assuntos, foram abordados com base nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, por meio da aplicação de atividades que evidenciaram o concreto, a manipulação de maquetes e modelos representativos, o diálogo, a construção dos conceitos e sua própria ressignificação no coletivo.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Produzir e testar a inserção de tópicos de FMC em turmas de alunos da terceira série do EM por meio de uma Unidade-Didática, com diferentes encaminhamentos metodológicos em Subunidades Didáticas, a partir de conteúdos relacionados com o Método Científico, a Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radiativos.

Objetivos Específicos

- Realizar levantamento bibliográfico, acerca de experiências didático-pedagógicas que tenham como abordagem conteúdos de FMC.

- Investigar e propor diferentes métodos de encaminhamento para explorar e abordar tópicos de FMC em sala de aula, em específico aos assuntos sobre Método Científico, Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radiativos.

- Propor Subunidades Didáticas constituídas de planos de aula, material de apoio ao professor e ao aluno, roteiro de instruções para o professor quando da montagem e uso de modelos representativos, além de materiais diversos utilizados em atividades lúdicas e exploratórias.

- Avaliar os alunos por meio de atividades direcionadas, individual e coletivamente, verificando o nível de compreensão dos conteúdos abordados, bem como a eficiência e a eficácia do Produto.

- Interpretar os resultados da aplicação do Produto e, com sua análise, rever potencialidades e fragilidades do mesmo, a fim de garantir uma divulgação transparente desse estudo, quando da apresentação de necessárias alterações e possíveis desdobramentos.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Diante do problema exposto, o Produto deve significar para o professor, mais uma opção de levar ao conhecimento dos alunos temas de FMC. É esperado que, com a utilização de recursos diversos, de temas mais instigantes e atuais, além de atividades lúdicas e práticas, o aluno demonstre maior interesse nos estudos, participando ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Assim, este Produto visa atender as seguintes expectativas:

- Em relação a sua organização, em forma de um Plano de Unidade, que este permita em seu formato, a comunicação e a utilização de vários recursos didáticos, metodológicos e tecnológicos, resultando numa melhor receptividade por parte do aluno e, portanto, numa maior interação desse com o conteúdo a ser trabalhado.

- Quanto ao seu direcionamento, que este possibilite ao professor, a exploração de assuntos que muitas vezes ficam distantes de seus alunos e seu planejamento, servindo de alternativa para a inserção de conteúdos de FMC em suas aulas.

- Ao aluno, que este resulte numa melhor percepção sobre o que é o método científico e como as muitas teorias científicas são construídas e avaliadas dentro dessa mesma comunidade.

- Ainda para o educando, que este material amplie sua percepção 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.

- Que ao final da aplicação do Produto, os alunos compreendam que as reações de nucleossíntese ocorrida nas estrelas, em especial, são o berço de toda a diversidade de elementos químicos presentes na natureza.

- Que seja este Produto, na percepção do professor, um material suporte para o mesmo desenvolver suas aulas, quando este eleger os conteúdos aqui abordados em seu planejamento.

2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E O ENSINO DE FÍSICA: COM A PALAVRA, OS ESTUDIOSOS

Atualmente, o mundo ao qual muitos alunos tem contato, mostra-se mais atrativo que o limitado espaço de uma sala de aula. Assim, propor diferentes encaminhamentos metodológicos durante a explanação de um conteúdo, pode de alguma forma, quebrar com uma rotina que, com o tempo, desestimula e limita as ações do professor e do aluno. Para isto, é importante uma mescla de ações que envolva estudos e práticas que visem incitar o interesse dos estudantes, levando-o a reconhecer a Física como uma ciência não exata e ainda em construção, que busca dar uma explicação da natureza, por meio de práticas que reproduzem seus fenômenos com certo grau de aproximação. Este viés, leva o aluno a perceber que a Física não é uma ciência de verdades absolutas, e por ser um produto da ação humana, está mais próximo dele.

Na contramão dessa necessidade, como destaca Rosa e Rosa (2005), hoje, início do século XXI, passados 100 anos desde a introdução da Física nas escolas do Brasil, o que se vê é uma prática que se identifica em muito àquela época, onde o ensino era voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas e metodologia voltada a resolução de exercícios algébricos. Como apontam os autores, questões voltadas para o processo de formação dos indivíduos dentro de uma perspectiva mais histórica, social, ética, cultural, permanecem afastadas do cotidiano escolar, sendo encontradas apenas nos textos de periódicos relacionados ao EF, não apresentando um elo com o ambiente escolar.

Fazer com que os alunos tenham acesso a fontes atuais de informação sobre o instigante mundo das pesquisas no campo da Física, indo para além dos conteúdos apresentados nos livros didáticos, é uma maneira de situá-los na sociedade e apresentá-los à um campo da Física desenvolvido a partir de meados do século XX, portanto, permitindo-os apropriar-se de conceitos que extrapolam àqueles abordados na Física Clássica. Alternativas que denotam bons resultados, fazem uso de materiais didáticos, além de recursos tecnológicos e computacionais, que conciliem com a teoria, atividades práticas/experimentais, dando dinâmica e subsídios de estudos que favorecem a aprendizagem dos alunos. Fazer-se valer de exemplos e aplicações práticas, principalmente voltadas às experiências dos alunos é uma maneira de chamá-lo ativamente a contribuir e comprometer-se com seu próprio aprendizado.

Nesse sentido, atrela-se ao professor, a responsabilidade de propor ações e práticas pedagógicas que explorem este viés contemporâneo. Bezerra, *et. al.* (2009), lembram que nesse processo, há sempre algum nível de abstração na aplicação de um conteúdo, e que temas atuais, exigem muitas vezes uma representação abstrata do assunto abordado, cuja linguagem muitos alunos não dominam, cabendo então ao professor, a realização de uma transposição didática que apresente o conhecimento científico para a sala de aula em um nível que os alunos consigam compreendê-lo.

Na defesa dessa transposição didática, Krasilchik (2000), aponta que o uso de novos recursos tecnológicos e, principalmente, o uso do computador se mostram aliados em potencial para aproximar os alunos desse conhecimento científico mais abstrato, podendo até ser uma fonte muito eficiente de fornecimento de informações. Contudo, como pondera a autora, o seu potencial como desequilibrador da vigente relação professor-aluno enquanto uma nova forma de abordagem de um assunto, é ainda subutilizado enquanto instrumento que possa levar o aluno a deixar o seu papel passivo de receptor de informações, para ser o que busca, integra, e cria novas informações.

Assim, deve o coletivo de professores estudar e discutir em seu meio, questões que norteiam a elaboração de um currículo que cumpra com as demandas sociais e com os anseios da comunidade escolar, além de tratar de assuntos referentes a metodologias de ensino, práxis pedagógicas, avaliação, entre outros que sejam pertinentes ao ambiente da escola. É um momento de mútua troca de conhecimento e experiências, de trazer novos olhares sobre o significado e a função social da escola, de conhecer novos métodos e metodologias de ensino, fazendo do ambiente da sala de aula e do espaço escolar, um local de produção e apropriação de conhecimento.

2.1 SOBRE A INSERÇÃO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Não é de agora que se fala da necessidade e da importância de uma reforma curricular em toda rede de ensino em nosso país. Não se pretende aqui discutir o termo conceitual de currículo e suas variantes, mas, de trazer apontamentos de um caso mais específico: o da inserção de tópicos de FMC no EM.

Uma leitura bibliográfica dos documentos que regulamentam a educação básica em nosso país, das suas diretrizes e da sua base curricular nacional comum, mostra, nesses escritos, a tamanha atenção dada aos estudos que defendem a inserção de tópicos de FMC no EM. Estes mesmos estudos e orientações, estão presentes em muitos dos principais documentos norteadores da Educação Básica, como ocorre na Lei de Diretrizes e Bases da Educação - Lei 9394/96, nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o EM – PCNEM (1999), nas orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares - PCN+ (2002), nas Orientações Curriculares Nacionais - OCN'S (2006) e nas Diretrizes Estaduais Orientadoras da Educação Básica do Estado do Paraná - DCO (2008).

Tal atenção, se deve ao fato de que essa nova geração de alunos, exige dos professores uma dinâmica de trabalho que melhor aproveite o tempo e o espaço escolar. Assim, pensar em ações que aproximem os conteúdos abordados da realidade dos alunos, que os envolva e os convide a reconstruir conceitos, a dar novo significado as suas experiências e conhecimentos, é de certa forma, uma maneira de garantir a esse aluno uma formação significativa e global, permitindo-lhe que a todo momento faça uma releitura do mundo a sua volta, se colocando agora como agente transformador desse meio.

De acordo com Klausen (2017), a aprendizagem significativa se faz quando as ações didáticas do professor permitam no aluno a exploração, o fracasso, a tentativa, a correção, a obtenção de dados, a elaboração de conjecturas, a testagem, permitindo a este construir explicações, que são resultados de inferências, comparações, e analogias, de saberes antigos com o novo, possibilitando a formulação de novas hipóteses e a criação de novas expectativas.

Ausubel (1982 *apud* KLAUSEN, 2017), defende a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos, possibilitando a construção de estruturas mentais por meio da utilização de mapas conceituais que abrem um leque de possibilidades para descoberta e redescoberta de outros conhecimentos.

O contato com o saber escolar, que resulta num conhecimento científico sistematizado, característico desse espaço, aqui, em específico com o conhecimento da Física e áreas afins, propicia ao educando um novo olhar do mundo a sua volta. Como em outras disciplinas, na Física a ação pedagógica do professor deve assegurar para o aluno uma formação sólida e significativa, voltada aos interesses e pressupostos apontados no projeto político e pedagógico da escola, projeto este, que

se mostra democrático e representativo de uma comunidade, quando é elaborado com a participação desta. Assim, a formação de um cidadão crítico e reflexivo, representa para a escola, o êxito de um trabalho coletivo do qual cada parte responsável cumpriu com sua missão, tendo como resultado direto para o aluno, uma educação que neste potencialize ações transformadoras. Ao aluno, é dada a oportunidade de emancipar-se enquanto cidadão, de promover o bem comum por meio de ações pautadas em conhecimentos e teorias sólidas, de desenvolver avanços científicos, sociais e culturais por meio de saberes escolares, e ainda, de tornar-se um ser humano melhor para si e para o mundo (AUSUBEL, 1982 *apud* KLAUSEN, 2017).

Nesse contexto, é cabível levar aos educandos, conteúdos atuais e que de alguma forma, façam parte da sua realidade, garantindo ainda, que o mesmo seja trabalhado de forma dinâmica e interativa, buscando um maior envolvimento desse, com os conceitos abordados. Por não se tratar de um caso isolado, a necessidade de uma reformulação curricular para a disciplina de Física, dar-se-á também pela inclusão de conteúdos voltados a FMC. Tal proposta, é cada vez mais compartilhada por um número maior de estudiosos e educadores da área, por meio de suas publicações e endosso a documentos oficiais. Esta atualização curricular tão necessária e discutida no meio acadêmico, mostra-se como uma opção exequível e de grande aceitação pelos alunos no espaço escolar (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

Conforme pontuado nos PCNs, a formação de um indivíduo que contemple a este uma atuação reflexiva e emancipadora na atual sociedade, exige que o conhecimento da Física seja parte integrante à cultura desse aluno, e ainda, que esse saber seja condicionado ao uso de instrumentos e recursos tecnológicos que melhor se identifiquem com o objetivo dessa formação. De acordo com Brasil (2003), o EF deve dar subsídios que garantam ao aluno uma formação de base científica sólida e efetiva, permitindo a este analisar e atribuir juízo de valor aos fatos, fenômenos e processos naturais observados à sua volta.

Nessa linha de pensamento, Brasil (1999) defende que, os propósitos apresentados por cada área de conhecimento que constitui o EM devem, de forma articulada, explorar o desenvolvimento de conhecimentos práticos, amplos e abstratos, de forma contextualizada, buscando uma maior proximidade com sua cultura local, regional e global, modificando assim sua visão de mundo, a fim de torná-lo contemporâneo à sua época.

Sanches (2006), relata que na contramão do que orientam as publicações acerca da necessidade de uma atualização do Currículo de Física no EM, agregando neste, tópicos de FMC, a realidade observada na maioria das escolas é tal que, os conteúdos relacionados com a Física Clássica ainda predominam, estando nesse ramo, assuntos relativos à Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo, majoritariamente.

Em geral, estes referenciais defendem um ensino significativo e instigante para o aluno, com temas atuais que contribuam para uma formação mais ampla e acentuada, a fim de que compreenda não só os princípios básicos da Ciência, mas também, o emancipe a participar ativamente da sua realidade, intervindo em questões científicas e tecnológicas que repercutam direta e indiretamente em sua vida, apresentando segundo consta na LDB, artigo 36, § 1º, inciso I, um domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna (BRASIL, 1996).

Segundo Sanches (2006), os avanços advindos por meio da FM, trouxeram para o campo da Ciência, um novo olhar sobre a compreensão que o homem tinha em relação à temas associados a Energia, Massa, Tempo e Espaço. Mudou também, a visão que se tinha acerca da estrutura da matéria e da própria origem e evolução do Universo, fazendo com que novos campos teóricos surgissem na área da Física, a exemplo da Física Quântica e Física Relativística, que correspondem a um aporte teórico desenvolvido a partir do final do século XIX, campos estes, pouco presentes no ambiente escolar. Defende ainda que, assuntos que tratam dos avanços tecnológicos, do uso do transistor, do laser, das reações nucleares, da nanotecnologia, entre outros, quando discutidos, o são com superficialidade, sem o aprofundamento teórico necessário e pertinente àquele nível de ensino.

Como destaca Oliveira *et al.* (2007), um currículo desatualizado e desvinculado da realidade dos alunos, compromete a prática pedagógica do professor, criando uma grande lacuna na aprendizagem de seus alunos. Assim, a Física, passa a ser vista pelo aluno como uma disciplina baseada apenas numa linguagem matemática, culminando em fórmulas acadêmicas que, por desconsiderar a história, a cultura e as influencias socioeconômicas frente a construção dos conceitos estudados, perde seu sentido e sua real necessidade de ser uma disciplina que integre o currículo das escolas.

Longe de explorar aqui todos os problemas e fatores que contribuem para este cenário, Ostermann e Cavalcanti (2001, *apud* PENA, 2006) pontuam alguns fatores que contribuem para a baixa qualidade do EF nas escolas, sendo estes: a presença de um currículo desatualizado; alunos desmotivados e com mínima perspectiva de êxito nos estudos; excesso de equações matemáticas dando aos conteúdos de Física um formalismo meramente mecânico e repetitivo; ênfase no ensino da cinemática, ramo da Física que segundo muitos educadores, pouco contribui para a formação do aluno; além da baixa qualificação acadêmica dos professores, e da ausência da FMC nos currículos escolares, que por ser instigante para os alunos, poderiam contribuir minimizando alguns dos problemas citados.

Em resposta a toda essa problemática, é observado hoje uma mobilização muito mais significativa em prol de buscar alternativas para superar essa preocupante realidade. Simpósios, seminários, grupos de estudos, publicação de materiais, cursos, palestras, e a própria reforma dos cursos de nível superior, são alguns exemplos de ações que mantêm essa discussão sempre atual, em parte apontando para algumas saídas.

Longe de ser um problema atual, a inserção de tópicos de FMC no EM anteriormente foi centro de discussão na Conferência Internacional sobre o EFM, ocorrida em abril de 1986 nos Estados Unidos. Conforme aponta Aubrecht (1986, *apud* OSTERMANN, 1999), esse evento, que promoveu o encontro entre aproximadamente 100 professores de escolas de EM e de Cursos de Graduação com 15 físicos, objetivou encorajar o primeiro grupo a abordar em suas aulas, tópicos de pesquisa em Física a exemplo da Física de Partículas e Cosmologia.

No contexto nacional, Alvetti (1999, *apud* SANCHES, 2006), destaca algumas ações pioneiras ocorridas aqui no Brasil, chamando atenção para um evento realizado em Belo Horizonte, em janeiro de 1997, trata-se do XII Simpósio Nacional de EF. Nesse evento, que contou com mais de duzentos trabalhos inscritos, ao menos 20 deles abordavam experiências com o ensino de FMC, as quais iam desde a formação de professores, até a aplicação direta desses temas com os alunos.

Ainda no Brasil, referente a esta questão, Terrazan (1994, *apud* CANATO JR., 2003, p. 70) faz uma análise detalhada de alguns projetos de ensino, tanto nacionais como internacionais. Entre os nacionais, destaca o projeto GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, o PEF (Projeto de Ensino de Física), o PBEF

(Projeto Brasileiro de Ensino de Física) e o FAI (Física Auto Instrutiva) como precursores nacionais da introdução de conceitos modernos da Física.

Apesar do cenário observado, hoje é possível encontrar muitos documentos e educadores da área de Física que recomendam e advogam a favor da inclusão de tópicos FMC no currículo do EM. Barojas (1988, *apud* OSTERMANN, 1999), pontua alguns motivos levantados pelos grupos de trabalhos organizados no evento da Conferência Interamericana sobre Educação em Física, dentre esses motivos, discorre:

- Servirá de estímulo ao interesse dos alunos, por se tratar de temas atuais, além e fazê-los compreender a Física como uma Ciência construída pelo homem, e cujos assuntos têm relação com suas vidas e experiências;

- Que os conteúdos ensinados nas salas de aula, basicamente se resumem ao aporte teórico de uma Física desenvolvida até meados do século XX, sem explorar as pesquisas e os conceitos que revolucionaram o campo da Física a partir desta data, o que os afasta ainda mais de sua realidade;

- De que é preciso fazer com que esta geração se aproxime e se interesse por uma carreira científica, afinal, eles são candidatos em potencial para prosseguir como futuros pesquisadores e docentes na área da Física;

- Que a inserção de novos temas ao currículo do EM, pode causar no professor e no aluno um novo entusiasmo pelo estudo, pela pesquisa e pela aprendizagem, requerendo do docente, novas práticas de ensino, novos materiais didáticos e geralmente, uma nova postura quanto a metodologia planejada para essas aulas. Este sairia de sua zona de conforto e vendo-se desafiado a administrar essas novas mudanças;

- Quando da análise da tamanha abstração e dificuldade que são atribuídos a Física Moderna, usando esse discurso como justificativa para a não abordagem no EM, é muito comum, embora apontado por pesquisas, que professores ignorem também o fato de que os alunos consideram a própria Física Clássica abstrata, além de grande dificuldade de compreensão de seus conceitos.

Em toda essa rede de discussão, uma dúvida sempre está presente na fala dos professores da educação básica: no que se difere a terminologia referente a Física Moderna, a Física Contemporânea e a própria Física Clássica, e ainda, quando se fala da inserção de tópicos de FMC, quais conteúdos especificamente fazem parte do rol deste campo de estudo?

No intuito de auxiliar nestas questões, verifica-se nos trabalhos, de Alvetti (1999), Ostermann e Moreira (2000) uma sinalização de quais podem ser estes conteúdos, e cujas referências foram utilizadas pelo autor da presente dissertação. Esta escolha, permitiu que o Produto advindo deste trabalho, abordasse assuntos relacionados com o Método Científico, a Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radiativos.

Conforme destaca Alvetti (1999), este propõe uma divisão de conteúdos com base na seguinte concepção: a Física Clássica representa o conjunto de teorias estudadas na Física Newtoniana e na teoria clássica do eletromagnetismo, teorias estas desenvolvidas até o final do século XIX. A Física Moderna, inicia desde o final do século XIX até a segunda guerra mundial e a partir da década de 40 (após início da segunda guerra mundial), tem-se o início da Física Contemporânea, indo até os dias atuais.

Nos trabalhos de Ostermann e Moreira (2000), a indicação é por uma relação de conteúdos de FMC, resultado de suas pesquisas em EF e com professores e pesquisadores da área. A sugestão é que ao longo das séries do EM, o aluno tenha contato com temas que abordem: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas.

Chama-se atenção também, para o tratamento que deve ser dado quando da abordagem desses conteúdos. Sobre isso, é conhecido na literatura, três encaminhamentos metodológicos para a inserção de temas de FMC no nível médio.

A primeira proposta, de Daniel Gil-Pérez (1988) e Jordi Solbes (1993), defende a exploração dos limites dos modelos clássicos, devendo o professor, a partir dessas limitações, introduzir conceitos de FMC que tragam uma nova resposta ou forma de compreensão sobre o tema estudado. (GIL-PÉREZ *et al.*, 1988, *apud* ALVETTI, 1999, p. 40).

Defendendo uma segunda vertente, tem-se Helmut Fischler e Michel Lichtfeldt, da Universidade Livre de Berlim, Alemanha. Os autores argumentam que o estudo de conceitos da Física Quântica por exemplo, com concepções semiclássicas, traria dificuldades de aprendizagem aos alunos. De maneira geral, aconselham a

evitar fazer referência a Física Clássica quando assuntos de FMC forem abordados. (FICHLER; LICHTFELDT, 1992b, *apud* ALVETTI, 1999, p. 45)

Na defesa por um meio termo, Arnold Arons (1990, *apud* ALVETTI, 1999, p. 46), da Universidade de Washington, E.U.A, acredita que a escolha de tópicos especiais de Física Moderna no nível médio, seria suficiente para levar ao aluno, temas atualizados e que venham ao seu interesse, ficando assim, a critério do professor, a seleção dos mesmos.

Na tônica desta discussão, como apontam os trabalhos de Terrazan (1994, *apud* ALVETTI, 1999, p. 47), este afirma ser de responsabilidade do professor decidir pelos conteúdos que serão ministrados e planejar sua própria dinâmica de trabalho. Assim, o Produto é originado a partir dessas demandas, limitando-se a explorar assuntos relacionados com o Método Científico, a Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radiativos.

2.2 O MÉTODO CIENTÍFICO

Embora muitas teorias sejam discutidas ao longo da Educação Básica, nem todas são de fato consideradas teorias científicas. Para Popper (1982), “pode-se dizer, resumidamente, que o critério que define o *status* científico de uma teoria, é a sua capacidade de ser refutada ou testada”. Assim, a exemplo do que ocorre muitas vezes com os conceitos estudados em Física, estes são vistos por professores e alunos como verdades absolutas, acabadas e inquestionáveis, quando a proposta de trabalho, ao que aponta Matthews (1994, *apud* TEIXEIRA *et.al.*, 2009) deveria ser o de prover aos sujeitos da escola, alunos e professores, mecanismos que lhes permitam compreender como o conhecimento é construído, suas possibilidades e limitações, compreender a relação que estes têm com assuntos que são de natureza e domínio da atividade humana, cujos resultados estão no campo tecnológico, político, cultural, entre outros.

Nesse contexto, uma alternativa viável para se chegar à compreensão de como o campo teórico da Física foi estruturado, é propor aos alunos atividades que explorem a aplicação e o entendimento sobre o método científico, entendendo aqui, que este é apenas um dos caminhos que são utilizados quando da construção de uma teoria. De acordo com Marsulo e Silva (2005), é comum, no meio acadêmico confiar que a validação de uma teoria no campo das Ciências Físicas, esteja vinculada à

observação e a reprodução experimental dos fenômenos estudados. Esta concepção, quando não explora as limitações do próprio método utilizado, gera um modelo linear de ensino, que não permite ao estudante discutir suas ambiguidades ou mesmo inadequações para certos objetos de estudo. Tal postura, gera uma desinformação de que não existe um método único para a construção das teorias, e ainda, que nenhum método existente pode por si só, assegurar a veracidade dessa.

Apropriando-se das contribuições de Ostermann e Moreira (1993), num trabalho onde descrevem as concepções presentes em alguns livros didáticos a respeito do trabalho científico, estes chegaram a listar algumas visões errôneas repassadas nos livros:

- Que o método científico começa na observação. Em contraponto, defendem que nas ações científicas, toda observação é precedida de uma teoria, e que, quando um cientista observa um fenômeno, este já tem impregnado em sua cabeça, conceitos e princípios que orientam sua observação. A observação neutra, sem teoria, não existe;

- Que o método científico é um procedimento lógico, mecânico e estruturado de forma linear. Sobre isso, pontuam que na prática, o cientista constrói sua teoria por meio de tentativas e erros, necessitando ir em determinadas direções, recuar, criar novas hipóteses, abandonar outras, repetir medições, fazer uso de intuições, e atribuir ao seu estudo grau emotivo pelo mesmo. Tais circunstâncias dão ao trabalho científico o caráter humano e indispensável para a construção do conhecimento;

- Que o método científico é indutivo. O contra-argumento a essa observação, é a de que, sob um ponto de vista lógico, nenhum fato observado, por maiores que sejam as evidências avaliadas, seria suficiente para a partir dele, um caso particular, resultar em enunciados universais. Outra razão é a de que, um dado conjunto de fatos, sempre é compatível com mais de uma lei;

- Que a produção do conhecimento científico é cumulativa e linear. Na defesa de uma nova visão, defendem que a produção do conhecimento científico é uma construção. O aprendiz é construtor do seu próprio conhecimento. Nesse caminho, existem crises, rupturas, remodelações na forma de como o conhecimento é construído, reformulação do conhecimento prévio, levando a ciência a crescer e evoluir;

- Que o conhecimento científico é definitivo. Contra esse viés, enfatizam que o conhecimento científico está sempre evoluindo. Algumas teorias são substituídas

por outras, quando estas novas passam a explicar mais coisas ou de forma mais abrangente o mesmo fenômeno. Nesse sentido, sempre está se buscando por teorias mais simples e mais abrangentes sobre a natureza, fato esse já observado várias vezes na história da Ciência.

Assim, sem desconsiderar as contribuições dos métodos científicos, a saída deste cenário que o coloca como um método puramente técnico e repetitivo, é de atribuir a ele novas perspectivas e dimensões que ultrapassem e desmitifiquem a crença de ser este um método mecânico e de alcance apenas dos cientistas. Marsulo e Silva (2005), descrevem que o próprio estudo de alguns fenômenos, a exemplo da relatividade e da simultaneidade, defendida por Einstein, levou a comunidade científica a aceitar que há vários caminhos para a construção do conhecimento científico, e que, se tratando de um método científico, não se pode ignorar que este reflete o contexto histórico-social em que está situado.

Outra mudança exigida, como defende Marques (1988, *apud* MARSULO; SILVA, 2005), está na necessidade de estender a capacidade de observação, ou seja, abrir a visão para novos instrumentos conceituais e operacionais, que garantam a esse processo de construção do conhecimento, ações mais dinâmicas e abertas, que como destacam as autoras citadas, quando na sala de aula, esse trabalho evolua para uma participação ativa do aluno, onde sua reflexão e a indicação de soluções para os problemas observados num fenômeno o faça substituir um pensamento reducionista para outro mais complexo e abrangente. Nesta perspectiva,

O método científico já não é entendido como um método universal, linear, sequencial, uniforme, mas como um caminho para ideias cada vez mais racionais, mais repensadas, abstratas e gerais. É um método que não pensa o sujeito como espectador passivo da natureza. Incentiva-o a observar a observá-la, a responder questões não se deixando levar por ela, evitando assim as verdades absolutas. (SANTOS; PRAIA, 1992 *apud* MARSULO; SILVA, 2005).

Diante da discussão anterior, foi pensado para o aluno, uma Unidade Didática que contemplasse e explorasse um pouco do estudo sobre o método científico e a construção do conhecimento científico. O interesse era chamar atenção para uma nova visão que se faz necessária ter no campo da ciência, a de que ela é um produto do resultado da atividade humana, que expressa apenas uma leitura aproximada da realidade à nossa volta, que está sempre em evolução, implicando assim na refutação

ou ressignificação de algumas teorias, e que, está longe de ser uma verdade absoluta e definitiva sobre a natureza.

2.3 A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS E O MODELO PADRÃO DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES

A busca pela compreensão do mundo real, tem levado o homem a avanços teóricos e experimentais bastante promissores no campo da Ciência. Como resultado desses avanços, é maior também o número de matérias e publicações derivados desses estudos, e que, para tornar tudo isso mais acessível a professores e alunos, em maior quantidade também são as publicações baseadas em relatos de experiências e práticas pedagógicas em sala de aula, onde a tônica de trabalho foi a abordagem de um tema relacionado a conceitos de FMC.

A análise de alguns artigos que descrevem relatos de experiência onde abordou-se a temática sobre a evolução dos modelos atômicos na sala de aula, mostrou um contexto de tímido avanço em relação as propostas de trabalhos relativo a este tema. Melo e Lima Neto (2013) destacam que por se tratar de um tema de grande familiaridade com a disciplina de química, nesta área de estudo, não se é dado uma atenção especial ao estudo de como os modelos científicos são construídos e sua relevância para o entendimento da construção do conhecimento. Segundo o que apontou suas pesquisas, um número muito reduzido de professores, cerca de 18% concebiam o átomo como resultado de uma criação científica, ou seja, um modelo teórico que procura descrever uma interpretação da realidade observada.

Destacam ainda, que a falta de uma discussão sobre o significado de modelo, tira do aluno, uma boa oportunidade de fazê-lo compreender em que momento da história e por quais razões um modelo é substituído por outro no campo da ciência.

[...] Os modelos avançaram para formas cada vez mais poderosas, abrangentes e úteis para explicar a realidade ao longo da história da ciência. Para o aluno, não fica claro até que momento se pode ou não trabalhar com um determinado modelo, quando é necessário um conhecimento maior e quais as necessidades reais que levaram à elaboração de um modelo mais aprimorado (MELO; LIMA NETO, 2013).

Outra ação que torna esse estudo difícil na concepção dos alunos, conforme apontam os autores, está no uso de analogias sobre o modelo atômico. Quando isso

ocorre, o aluno acaba criando uma imagem, muitas vezes equivocada sobre o átomo, e o que antes era um modelo teórico, passa a ser real, palpável e similar à imagem associada à analogia. (MELO; LIMA NETO, 2013)

Vale destacar que sobre essa temática, poucas são as publicações no campo da Física, pois como observado, esse é um tema que integra muito mais o currículo da disciplina de Química, o que é justificado pelo considerado número de trabalhos com esse tema, feitos por docentes e acadêmicos da área de Química. Contudo, a maioria desses relatos descreve experiências que abordam até os modelos de Rutherford-Bohr, e ainda, sem muito explorar a evolução histórica desse modelo, no sentido de debater sobre as necessidades e limitações que provocaram essa evolução. Mais distante ainda, está a abordagem de modelos mais atuais, a exemplo do modelo padrão das partículas fundamentais.

Stannard (1990, *apud* SIQUEIRA, 2006), dirigiu um trabalho aos alunos iniciantes nas universidades do Reino Unido, cujo interesse era saber destes quais tópicos pertinentes a FM mais desperta sua curiosidade e o influenciaria na escolha de uma carreira científica. O resultado mostrou que os assuntos mais interessantes em suas visões, são relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica.

Trabalhos como estes, servem de indícios de temas que poderiam ser abordados no EM, uma vez que teria aval dos próprios alunos. Para Ostermann e Cavalcanti (1999), a inserção de tópicos de FMC justifica-se, entre outros motivos, pela influência que estes assuntos têm sobre os jovens na escolha de uma carreira profissional.

A abordagem do tema Física de Partículas, traz ao aluno uma visão contemporânea da estrutura da matéria, isto é, do átomo, indo para além dos modelos que comumente aparece na maioria dos livros didáticos de Física, o modelo planetário, de antemão tão instituído nas aulas de Química. Para Ostermann e Moreira (2000), uma proposta assim serve como uma releitura da Física Clássica, sendo um bom momento para falar sobre as partículas mediadoras, sendo essa uma nova visão sobre como as partículas interagem entre si.

Siqueira (2006), destaca que o estudo da Física de Partículas colabora para uma visão mais assertiva da Ciência, mostrando para o aluno, que essa área de estudo além de ser dinâmica, se desenvolve com a contribuição de estudo de diversos cientistas, evidenciando assim seu caráter comunitário e não isolado, cujo

investimento e cooperação para seu desenvolvimento em determinadas pesquisas teóricas e experimentais, necessitam muitas vezes da participação de diversos países e cientistas.

Para o autor, o EF de Partículas, por meio da evolução dos modelos teóricos desenvolvidos sobre o átomo, poderá auxiliar na compreensão da tecnologia moderna, aproximando o jovem com algumas aplicações desse campo de estudo, como por exemplo, a geração da energia nuclear, radiografias, ressonância, bem como outros avanços no campo da medicina e da comunicação que tanto se fala, mas pouco se sabe na sala de aula. No que diz respeito a trabalhos dessa magnitude, ainda é pequeno o número de materiais que propõem em sala de aula, a abordagem da Física de Partículas.

2.4 REAÇÕES NUCLEARES À LUZ DAS ESTRELAS

Não é recente a curiosidade do homem acerca dos mistérios do Universo, sua origem, evolução, do que é formado, e como se comporta. Essa mesma curiosidade e inquietude, reflete também o comportamento dos alunos em sala de aula, quando assuntos correlatos são tratados. Temas relacionados com o Universo, apesar de poucos explorados no ambiente escolar, sempre chamaram atenção e lograram um maior interesse e participação dos alunos, independente do seu nível de estudo. “Os alunos da educação básica, estão concluindo este nível de ensino sem conhecimento de vários temas na área de Astronomia, que são obrigatórios nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN’s)” (DIAS, 2008 *apud* GUSMÃO *et al*, 2017). Ainda orienta:

[...] é requisito do PCN do ensino médio, na sessão sobre Ciências da Natureza, na área de Física, o efetivo aprendizado do tema estruturador Universo, Terra e Vida, permeando a abordagem das seguintes unidades temáticas: Compreensão de aspectos da evolução dos modelos da ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual (DIAS, 2008 *apud* GUSMÃO *et al*, 2017).

Gusmão *et al* (2017), destaca que no EM os conceitos relacionados com as Leis de conservação e as formas de interações em escalas subatômicas e astronômicas, devem ter seus saberes consolidados nos alunos, nessa etapa de ensino. Segundo os autores, mostrar que estas leis e interações têm suas validades

consagradas em diferentes escalas, desperta no aluno o fascínio pelo caráter de universalidade das teorias da Física, servindo de instrumento para exploração de fenômenos desde a escala atômica e subatômica, até a escala cosmológica.

Assim, essa universalidade de teorias, deve significar para o aluno a superação de uma visão de estudo conteudista e desconectada de sua realidade, mas que o leve para uma compreensão mais abrangente da ciência, de modo a promover a articulação entre os conhecimentos científicos e sua relação com a sociedade.

O papel da escola não se restringe apenas a ação de informar ou promover o conhecimento, mas nutrir o pensamento crítico. Educar, ensinar, é colocar alguém em presença de certos elementos da cultura a fim de que ele deles se nutra, que ele os incorpore à sua substância, que ele construa sua identidade intelectual e pessoal em função deles [...]. (FORQUIN, 1993) *apud* SHIINO *et al.*, 2013).

Não excluído ao processo de ensino e aprendizagem, vale destacar aqui a importância que se deve dar no planejamento da aula, para o encaminhamento metodológico a ser utilizado. Considerando ser o encaminhamento metodológico a linha tênue que liga os resultados esperados aos alcançados, Anastasiou (2003) *apud* Sabino (2019) faz referência ao desafio que é o ato de ensinar, pois este consiste no aluno, numa reconstrução do objeto apreendido pela concepção de noções e princípios, independente do modelo ou exemplo estudado. Para isto, defende que os conteúdos sejam apropriados, pelo estudante, por meio de uma perspectiva que priorize a investigação e a construção coletiva do conhecimento, sem colocar em detrimento suas interpretações e ações individuais, sendo esta, possibilidades teórico-metodológicas que vem permeando encaminhamentos que promovem avanços educacionais, desde que tenham como compromisso, sintonizar a formação humana às necessidades desse aluno.

Sabino (2019) destaca que, para se avançar nesse entendimento, o encaminhamento teórico-metodológico, deve eleger planejamentos educacionais que preveem atividades investigativas e promovam a organização de situações de aprendizagem partindo de questões que sejam desafiadoras.

Sobre a importância do encaminhamento teórico-metodológico, melhor pode ser o resultado quando alguns conteúdos específicos no campo da Física podem ser explorados e relacionados com temas considerados interessantes pelos alunos. Mota *et al* (2009, *apud* MELLO 2014), destaca que diversos trabalhos têm apontado

aspectos positivos do uso de temas relacionados com astronomia como ferramenta didática para o EF no EM e, para o Ensino de Ciências no ensino fundamental. Conforme o autor, alguns pontos positivos relacionam-se ao fato de o aprendizado com temas astronômicos ser mais dinâmico e atrativo quando comparado a outras áreas de conhecimento.

2.5 AS TEORIAS DE AUSUBEL E DE VYGOTSKY NO ENSINO DE FÍSICA

Pensar numa proposta didática que além de explorar conteúdos e temas específicos, o faça com foco na construção coletiva do conhecimento científico, exige do professor, pensar quais referências teóricas e metodológicas darão subsídio ao que se propõe. Outra preocupação, quando definido os assuntos a serem abordados, é pela escolha do encaminhamento metodológico com o qual a proposta será executada. A fundamentação metodológica do Produto tem como aporte teórico as linhas filosóficas contidas nos trabalhos desenvolvidos por Ausubel e Vygotsky, educadores estes, cujo princípio filosófico está pautado numa concepção cognitivista do processo de ensino e aprendizagem.

Tomando como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, relatos de experiências mostram ser esta uma boa estratégia quando se objetiva agregar novos conhecimento aos saberes dos alunos, a partir de experiências e conhecimentos que estes já o trazem. Assim, 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 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.

A escolha por essas teorias reafirma a similaridade entre ambas, como é observado no trabalho de Kiefer e Pilatti (2014). Neste, os autores baseados nessas teorias, propõem um roteiro para a elaboração de uma aula significativa, podendo ser

aplicada a qualquer disciplina quando o interesse voltasse para a elaboração de uma aula ou até mesmo para a organização de uma grade curricular.

Em outros escritos, Moreira (1979, 2011) descreve como alguns conteúdos em Física podem ser organizados a partir de conhecimentos específicos já assimilados pelo aluno. Nesses relatos, o autor fornece exemplos que permitem ao educador, extrapolar conceitos que ficavam limitados ao campo da Física Clássica, elevando-os ao Campo da FMC. De acordo com o autor, quando se deseja por exemplo trabalhar o conceito de força nuclear, é importante que o aluno já tenha bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o conceito de força, aqui mais geral. Este novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. A considerar que nesse caso trata-se de uma força de curto alcance, ao contrário de outras que são de longo alcance, tanto o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, quanto o conceito geral de força que ele já tinha será modificado e tornar-se-á mais inclusivo, incorporando agora também forças de curto alcance.

Em Tironi *et. al.* (2013), tem-se um relato de uma prática para verificar a ocorrência de uma aprendizagem significativa, associada à Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para o ensino de FMC a alunos do EM. Neste relato foram explorados conceitos relacionados a Nanotecnologia, Efeito Fotoelétrico e alguns fenômenos presentes nas tecnologias atuais, além das atividades desenvolvidas com os alunos. Destacam ainda, que o uso de organizadores prévios na forma de textos, vídeos, aulas práticas e simuladores sobre os tópicos abordados permitiu a ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos de FMC, concluindo que a escolha deste encaminhamento de estudo reforça e contribui para que tópicos de FMC sejam inseridos no EM.

Em outra referência, Machado (2015) apresenta o registro de uma pesquisa voltada ao Ensino da Física Térmica, no conteúdo de calorimetria. Seu trabalho baseou-se em autores como David Ausubel e Marco Antônio Moreira, sustentando as teorias que embasam a aprendizagem significativa e significativa crítica. Foram elaboradas atividades que buscaram estabelecer conceitos mínimos necessários para o estudo de calorimetria - os subsunçores, e atividades de estudo desse conteúdo, fazendo uso de recursos variados que tivessem relação substantiva com a vida prática do aluno. Como conclusão, foi verificado que a partir dos dados, a ocorrência de aprendizagem significativa e significativa crítica, se justifica em razão dos resultados

apresentados, nos quais se observa ancoragem, clareza de significados e transferência.

No trabalho de Hornes; Gallera e Silva (2009) estes destacam entre outras teorias as contribuições e proximidades entre as teorias de Vygotsky e Ausubel. Um ponto observado pelos autores e que reforçam a aplicação destas teorias é o fato de que no ensino da Física, é possível fazer essas relações entre conhecimentos prévios e os novos conhecimentos a serem assimilados. Defendem que ao longo da vida escolar dos alunos estes recebem inúmeras informações que formam o conhecimento prévio, devido ao Ensino de Ciências. Quando chegam ao EM os conceitos estudados são na verdade uma reelaboração mais aperfeiçoada do que eles já conhecem, e ficando mais fácil estabelecer a continuidade do conceito.

Em defesa da teoria de Vygotsky aplicadas ao EF, Gehlen *et. al.* (2012) trazem um levantamento de autores e obras em que suas ideias se fazem presentes.

A abordagem histórico-cultural cada vez mais se faz presente como aporte teórico de trabalhos voltados para o ensino de Ciências explorando, especialmente, o pensamento de Lev S. Vygotsky. Estudos nesta direção discutem questões como o papel da linguagem no processo de ensino-aprendizagem (Machado, 1999; Mortimer, 2000; Mortimer; Scott, 2002), o processo da significação conceitual no contexto de propostas curriculares (Maldaner; Zanon, 2001; Auth; Araújo, 2007; Maldaner, 2007), a motivação relacionada aos processos interativos desencadeados em sala de aula (Monteiro et al., 2007; Monteiro; Gaspar, 2007; Monteiro et al., 2008) e da inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Pereira; Ostermann; Cavalcanti, 2009; Ostermann et al., 2009) (GEHLEN *et. al.*, 2012, p. 78).

No caso específico da Física, Rosa e Rosa (2004) chamam atenção para o ensino voltado para a troca de ideias entre os integrantes de uma classe, professores e alunos, baseado no diálogo, na participação coletiva, oportunizando aos alunos a exposição de suas ideias e contribuindo, dessa forma para a aprendizagem coletiva. Apoiados na teoria vigotskiana, defendem que um ensino pautado sobre esses alicerces valoriza a realidade histórico-cultural e social do educando.

Outro ponto de relevância no Ensino da Física dentro da perspectiva de Vygotsky, é a função da linguagem no desenvolvimento mediado. O contato dos alunos com os signos e símbolos 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)

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.

3 UM OLHAR SOBRE AS TEORIAS DE APRENDIZAGEM

3.1 DAVID AUSUBEL: TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Moreira (2011), aprendizagem significativa é aquela que amplia e reconfigura ideias anteriormente existentes na estrutura mental do aluno permitindo-o ser capaz de relacionar e acessar novos conteúdos. Dito de outra forma, esta teoria propõe a valoração de conhecimentos e saberes de antemão incorporados pelos alunos, conhecimentos específicos, sendo esses tomados como referência para a aquisição de outros novos conhecimentos.

Ausubel, em suas teorias, chama esse conhecimento específico, o qual considera essencial à nova aprendizagem de subsunçor ou ideia-âncora. Como aponta Moreira (2011) trata-se de um saber singular, presente no cognitivo do aluno, que o leva a dar significado a novos saberes que lhes são apresentados ou descobertos. Destaca, que a atribuição de sentidos aos novos saberes, ocorre quando da existência de subsunçores cuja relação se mostra inerente ao conhecimento abordado, e da interação desses com tal conhecimento.

Das três Subunidades que compõe o Produto, a segunda Subunidade, que tratou da evolução dos modelos atômicos, foi a que mais se apropriou de subsunçores para o desenvolvimento dos novos conceitos pretendidos. Devido ao fato de os alunos já terem tido contato na primeira série do EM, na disciplina de Química com alguns modelos atômicos, estes conhecimentos serviram de âncora para uma ressignificação dos modelos que já conheciam, incorporando agora, outros modelos a esse contexto.

Para além desse conteúdo em específico, também já demonstravam conhecimento acerca de forças e campo, por conta de conteúdos vistos na disciplina de Física também na primeira série. De certa forma, isso facilitou para uma melhor compreensão da existência e da necessidade de outros tipos de forças presentes na estrutura atômica, ampliando tais conceitos às quatro interações/forças fundamentais presentes na natureza.

Nas palavras de Moreira e Massoni (2016), novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na proporção em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivas estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aluno e funcionem como pontos de ancoragem aos primeiros. A cada nova interação, o

subsunçor vai ficando mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens.

Colaborando com esse apontamento, Kiefer e Pilatti (2014) ressaltam que para o aluno aprender de forma significativa, duas condições principais devem ser cumpridas: a vontade de aprender e a existência de ideias ancoradas na sua estrutura cognitiva. As ideias pré-existentes servem como um ancoradouro para que novas ideias se liguem de forma não arbitrária e substantiva. Além dessas condições, no contexto escolar, é necessário que o material instrucional seja potencialmente significativo, possibilitando estabelecer as ligações das novas ideias com as ideias ancoradas. Nesse contexto, o material instrucional corresponde aos fatores externos da aprendizagem.

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 foram utilizados textos introdutórios, perguntas problematizadoras, modelos concretos, cartões e fichários que em certo grau de necessidade, serviram de organizadores prévios para a introdução e exploração dos conceitos trabalhados. Representam aqui materiais que servem de ponte cognitiva entre aquilo que já é sabido e algo que está se aprendendo.

Prever situações como estas, é fazer com que o aprendizado de um conteúdo ocorra de forma mais natural e espontânea, necessitando que no planejamento de uma aula, o professor reserve um momento inicial com os alunos, a fim de verificar junto a esses seus conhecimentos prévios, isto é, que conhecimentos mais gerais

sobre um assunto, até mesmo em nível de senso comum os alunos o trazem. A partir desta ação, o professor em pouco tempo teria uma possível garantia de maior interação entre os alunos e esse novo conhecimento, uma vez que, esse diagnóstico situacional o ajudaria a conhecer melhor a realidade do grupo.

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. 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.

No que diz respeito a condução das aulas, tomando os elementos que foram considerados na seleção e/ou montagem do Produto, com destaque para fichários e materiais lúdicos, vale destacar que Ausubel, em sua teoria, deu maior atenção para a aprendizagem significativa por recepção, que ocorre quando a informação é passada de forma acabada, possibilitando contudo que o aluno atue ativamente no material que lhe é repassado para relacionar-se com as ideias relevantes existentes em sua estrutura cognitiva. Neste trabalho, esse tipo de aprendizagem foi mais presente nas Subunidades 2 e 3.

Em relação a primeira Subunidade, também elaborada em forma de fichário, as atividades ali descritas se aproximam ao que Ausubel chama de aprendizagem por descoberta. Este tipo de aprendizagem significativa 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 era deixar com que os alunos explorassem 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.

Antes de concluir esta breve introdução sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa, 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, avalia-se 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.

A avaliação da aprendizagem significativa, implica em 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 resignificação de um conhecimento ocorre na zona intermediária de conhecimento, na região do mais ou menos, na qual o erro é normal.

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.

3.2 LEV VYGOTSKY: TEORIA DA APRENDIZAGEM MEDIADA

É sobre a ótica do desenvolvimento humano, que Vygotsky fundamentou sua Teoria da Aprendizagem Mediada, também chamada de Teoria Sociointeracionista. Para Vygotsky, esse desenvolvimento só é mais bem compreendido se levado em consideração o meio social onde o homem está inserido. Os pensamentos, a linguagem, a intencionalidade, têm origem em processos sociais, sendo o desenvolvimento cognitivo um reflexo de estruturas mentais, originadas a partir das relações e interações sociais do homem, permitindo assim o desenvolvimento dos processos mentais superiores (MOREIRA, 2011, p.108).

Dentre os aspectos considerados por Vygotsky como fatores essenciais para que o desenvolvimento cognitivo do homem ocorra, destaca-se a importância dada para a relação entre homem e mundo, sendo esta mediada por símbolos, a exemplo da linguagem, da escrita, da leitura. Na criança, por exemplo, quanto maior o desenvolvimento destes símbolos, maior será sua interação e apreensão da realidade. Assim, numa visão mais ampla, para Vygotsky o desenvolvimento mental do indivíduo não é independente do contexto social, histórico e cultural de onde ele está. O ser humano só adquire cultura, linguagem e desenvolve o raciocínio se estiver inserido no meio com os outros. O indivíduo só vai se desenvolver historicamente se inserido no meio social (MOREIRA, 2016, p.74)

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. Neste trabalho, foi utilizado no Produto, modelos lúdicos, fichários, textos, imagens, cartões, que asseguravam 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.

A formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido a associação, à atenção, à formação de imagens, à interferência ou as tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos (VYGOTSKY, 1999, p. 72 *apud* ROSA; ROSA, 2005).

De acordo com essa teoria, 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 chamou de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), uma região, que segundo ele, ocorre o desenvolvimento e a aprendizagem do indivíduo.

De acordo com Moreira (2016), 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. Considerando ser nessa região que o desenvolvimento cognitivo ocorre, o que se espera é que, no caso de uma criança, por exemplo, tudo aquilo que hoje ela executa mediada por alguém mais experiente, esta consiga fazer sozinha num futuro. 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.

Assim, tomando sua teoria como referência para a dinâmica da proposta de trabalho aqui apresentada, e por considerar que o aluno enquanto ser humano, não é

passivo, não nasce pronto, e interage com o meio e com as pessoas que o cercam, buscou-se por meio de uma abordagem dialógica e interacionista, uma maior aproximação entre o conhecimento e os sujeitos envolvidos e estes entre si. Como defende Vygotsky, acredita-se que a interação social favorece a aprendizagem, uma vez que, essas experiências necessitam estruturar-se de modo a privilegiarem a colaboração, a cooperação e intercâmbio de pontos de vista na busca conjunta do conhecimento.

Essas preocupações, como apontado em outros momentos, requerem do professor, o conhecimento da realidade de seus alunos, a fim de que seu planejamento de ensino considere seus níveis cognitivos, propondo atividades desafiadoras e adaptadas aos seus níveis de desenvolvimento cognitivo. Assim, a apresentação de exemplos e contraexemplos práticos e teóricos, propostas que envolvam a observação, ensaios, formulação de hipóteses e reprodução de práticas, podem auxiliar enquanto facilitadores da aprendizagem.

De acordo com esta teoria, verifica-se que a aprendizagem se dá por meio da interação do homem com o meio, em suas experiências sociais, históricas e culturais. O conhecimento, portanto, é uma complexa estrutura que apresenta para cada indivíduo, uma razão e um significado que resulta de suas experiências e capacidades cognitivas, logo, a opção por conteúdos e atividades que tenham relação com suas experiências e permitam a interação entre os sujeitos, e esses com o objeto de estudo, pode ser um caminho para alcançar suas potencialidades.

4 APORTES TEÓRICOS EM FÍSICA: CONCEITOS E PRECEITOS ¹

O Produto a ser apresentado, 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.

De acordo com as justificativas anteriormente apresentadas, 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, como descrito no Capítulo anterior, é que estes textos sirvam ao professor como fonte de consulta e, ao 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 o professor e aluno, aluno e conteúdo, e aluno com seus pares.

Conforme destaca Gehlen *et. al.* (2012), ao lidar com os saberes e conteúdos escolares, a palavra, 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 que lhes permitirão novas compreensões da situação em foco e a tomada de consciência.

¹ Os aspectos teóricos abordados neste Capítulo, são relativos aos assuntos que compõem o Produto, e foram reproduzidos integral ou parcialmente no Capítulo 4 do mesmo.

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 a 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 predizer 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.

4.2 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 sobre tudo, 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.

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 repeliam-se 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 a carga elétrica um caráter corpuscular. 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 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 2π ($h/2\pi$);
- 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 a 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, 2011, 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 dado 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.

Sobre 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, volta-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 2×10^{-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, está associado a existência de uma partícula que seria a responsável pela interação, ou força gravitacional entre os corpos, uma espécie de partícula 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 (MOREIRA, 2011).

- **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 (MOREIRA, 2011)

- **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 divide-se em duas: a interação fundamental ou interação de cor e a interação forte residual. A primeira 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 (MOREIRA, 2011).

- **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 β . 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 (MOREIRA, 2011).

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.

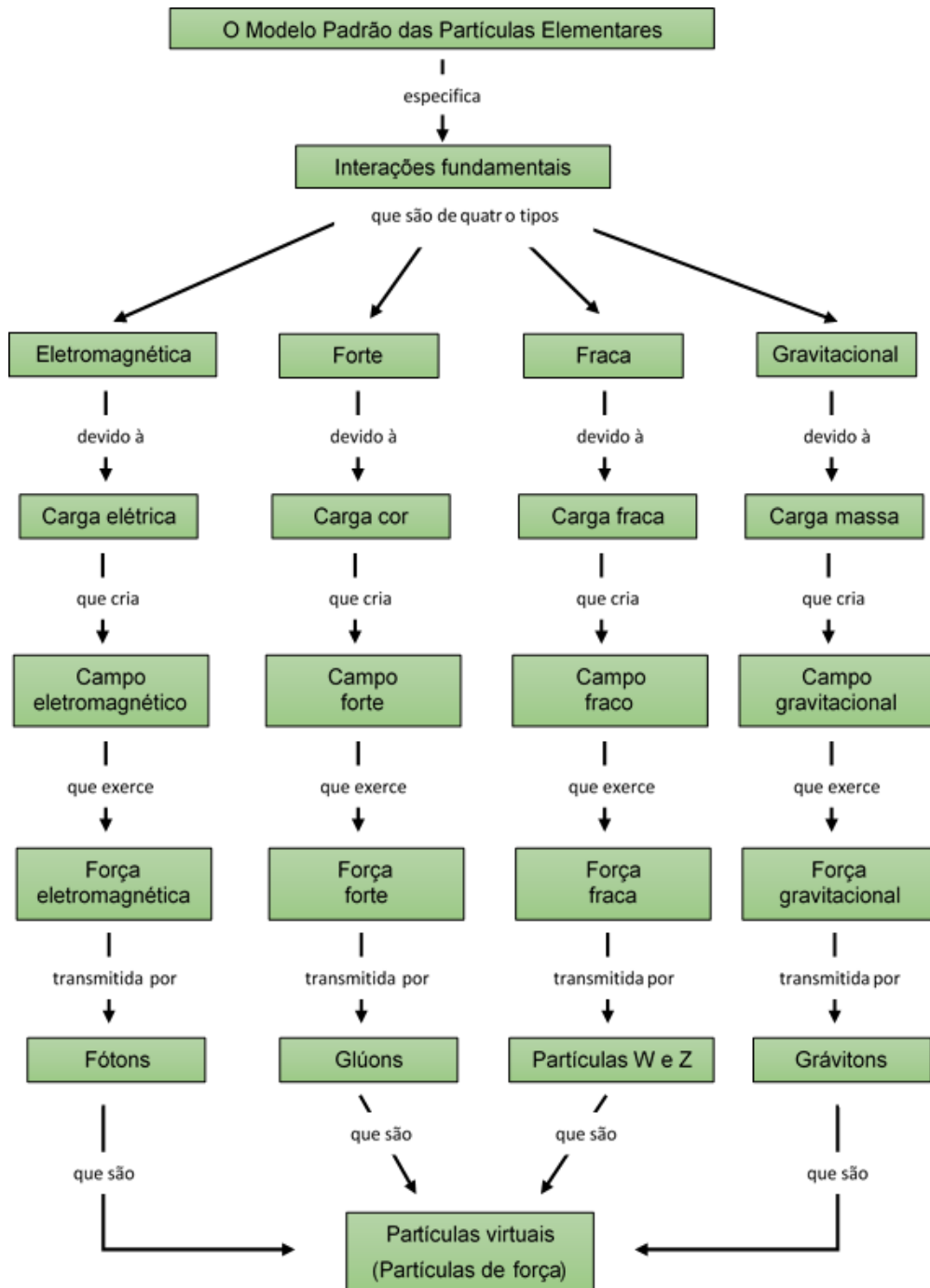
QUADRO 4.2 – Características das interações fundamentais

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	∞	10^{-18}	$1/137$
Fraca	W^\pm, Z^0	Carga fraca	10^{-18}	10^{-16} a 10^{-10}	10^{-5}
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	∞	-	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.

4.3 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, firmeza, 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 se chegou a um mapeamento da evolução do Universo, 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 eletrofraca.

QUADRO 4.3 – Modelo do Big Bang

(conclusão)

Idade Cós mica	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.)
1×10^9 anos	20 K	Formação de proto-aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
10×10^9 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.

QUADRO 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar

(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>. 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 β^- nas reações de decaimentos.
ν_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.
γ	radiação gama ou raio gama. Tipo de radiação eletromagnética de alta frequência (energia), produzida por elementos radioativos ou na aniquilação de um par pósitron-elétron.
ΔE	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.

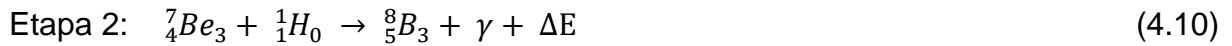


Cadeia pp III

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.



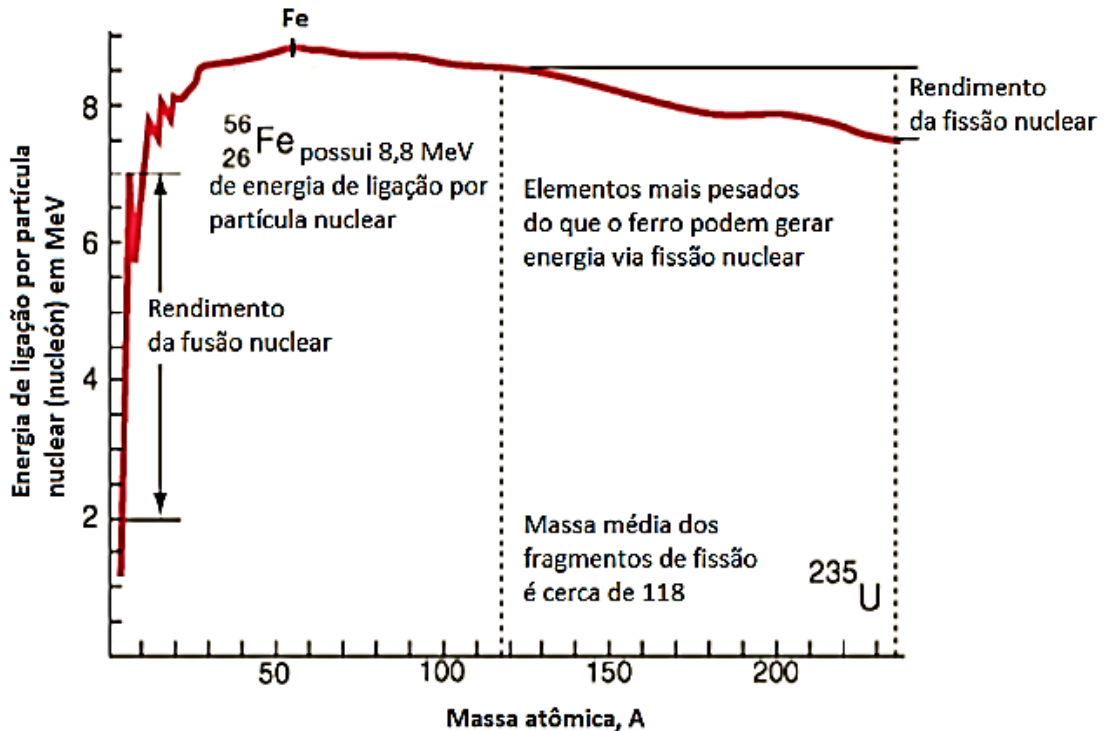
4.3.3 E o que a estrela uniu, a própria natureza separa

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 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 ΔE_{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 ΔE_{eln} , que é a razão entre a energia de ligação ΔE_{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.

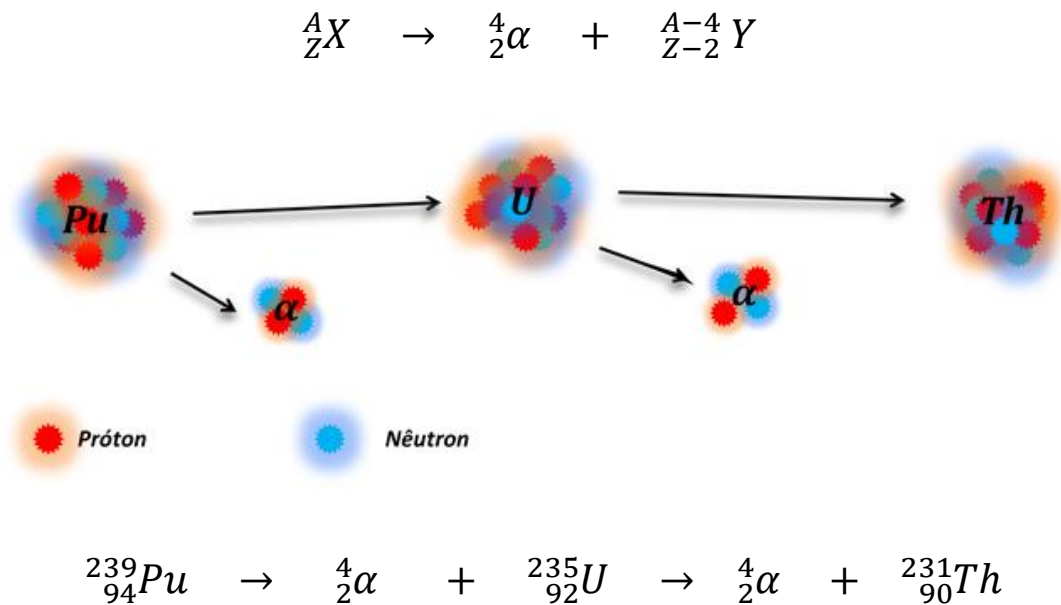
Além desses, outros processos são possíveis, tais como captura eletrônica, emissão de prótons, emissão de nêutrons, decaimento alfa ou emissão de partícula mais complexa, carbono por exemplo, e ainda, fissão nuclear.

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 α , 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 chamou de raios α , a outra, chamou de raios β , 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).

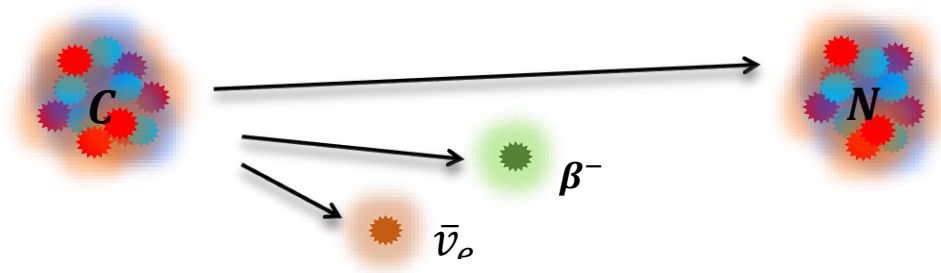
FIGURA 4.4 – Decaimento alfa, ocorrido com isótopo de Plutônio 239



Fonte: O autor

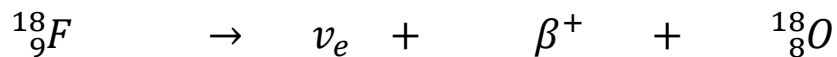
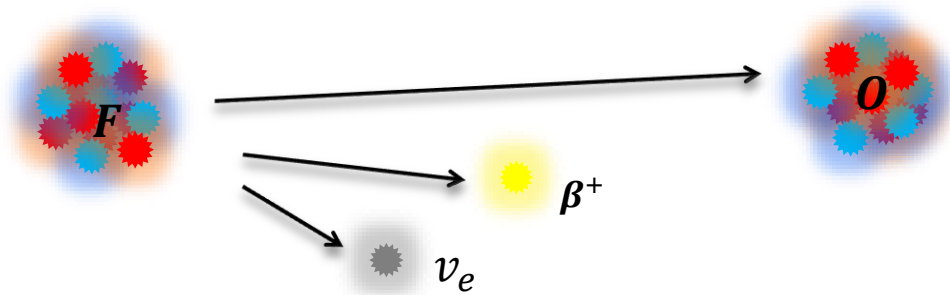
(b) Decaimento Beta: A emissão beta, desintegração beta ou decaimento beta é o processo pelo qual um núcleo instável pode transformar-se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula beta. A partícula beta pode ser um elétron, escrevendo-se β^- , ou um pósitron, β^+ . Um terceiro tipo de desintegração 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 β^- : 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 β^- 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 β^- geralmente ocorre em núcleos ricos em nêutrons. Na Figura 4.5, por exemplo, o isótopo do Carbono (C) (14) ao sofrer um decaimento β^- , transforma-se em Nitrogênio (N), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.5 – Decaimento β^- , ocorrido com isótopo de Carbono 14

Fonte: O autor

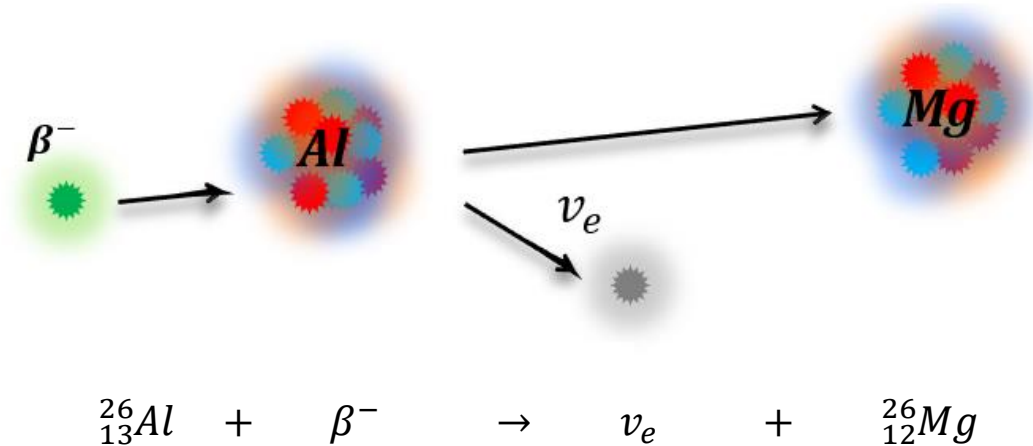
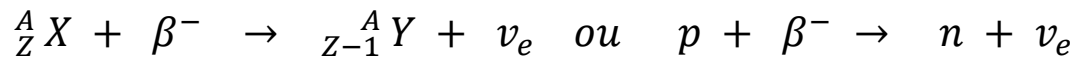
(b.2) Emissão β^+ : No decaimento β^+ , também chamado de emissão de pósitrons, a interação fraca converte um núcleo em seu vizinho antecessor, isto é, em um elemento cujo núcleo do átomo tem agora um número atômico menor emitindo para isso um pósitron (β^+), antipartícula do elétron, e um neutrino do elétron (ν_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 instável que antes. Na sequência, destaca-se a emissão dessas partículas que, devido a interação fraca presente no 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⁻. Na Figura 4.6, por exemplo, o isótopo do Flúor (F) ao sofrer um decaimento β^+ , transforma-se em Oxigênio (O), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.6 – Decaimento β^+ , 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 (β^-), geralmente da camada K, e um próton do núcleo do átomo. Dessa junção, há em seguida a formação de um nêutron e um neutrino (ν_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 β^- , transforma-se em Magnésio (Mg), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.7 – Captura eletrônica, ocorrido com isótopo de Alumínio 26

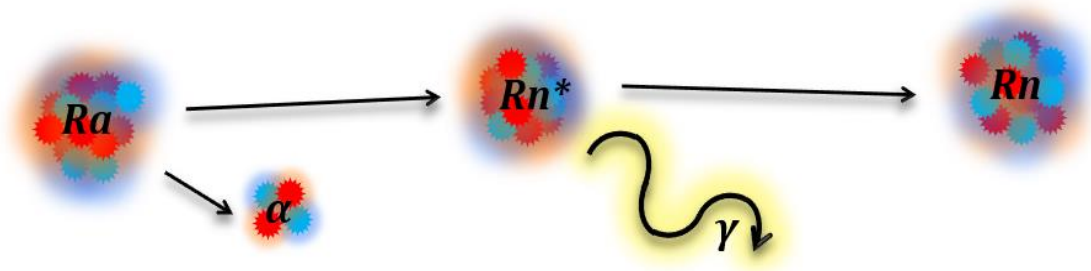
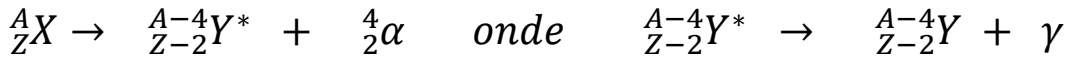


Fonte: O autor.

(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 (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

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 (γ).

FIGURA 4.8 – Decaimento gama, ocorrido com isótopo de Radônio 222



Fonte: O autor

Como destacado anteriormente, dos mais de 3000 nuclídeos 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 nuclídeos.

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 PARA ALÉM DE UMA RECEITA

As Subunidades Didáticas propostas nesse trabalho, foram elaboradas tomando como marco teórico as Teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky. Nesse sentido, o desenvolvimento de cada Subunidade levou em consideração não só a articulação do encaminhamento metodológico aplicado a cada atividade, mas a relação que estas estabeleciam com os textos de apoio e com o que se propunha avaliar.

Na busca por uma aprendizagem significativa, como defendem Ausubel (1982) e Moreira (2011), o encaminhamento metodológico das Subunidades Didáticas procurou ampliar e construir novos conceitos físicos a partir de ideias existentes previamente na estrutura mental do aluno, valorizando assim, os conhecimentos e saberes antes incorporados pelos mesmos. Estes conhecimentos, são o que o autor chama de subsunçores, que neste trabalho, corresponde aos conteúdos que os alunos já tiveram contato em anos anteriores. Por se tratar de duas turmas de terceira série do EM, os alunos possuem uma certa experiência com a Física, o que de certa forma, permite ao professor, retomar conceitos anteriores, dando a estes uma nova ressignificação, como ocorreu com o estudo sobre a evolução dos modelos atômicos, por exemplo.

Ações mobilizadoras e atreladas a conhecimentos de antemão apropriados pelos alunos, também é uma defesa na Teoria da Aprendizagem de Vygotsky. Partir da realidade do aluno, de suas experiências sociais, permitindo que este interaja como o objeto de estudo e com seus pares, é uma forma de promover a aprendizagem dando ao conteúdo um caráter mais social, humanizado e condizente com a realidade do educando.

Como defende Vygotsky (2000), certas ações o ser humano o faz naturalmente, por instinto ou por resultado de algo apreendido. Para outras, necessitam da mediação de outra pessoa, ou de signos, e aqui, se dá a importância do papel social da escola, e de uma aprendizagem que permita ao educando uma formação emancipadora enquanto ser humano. Nesse sentido, procurou-se explorar no Produto, a utilização da linguagem, da escrita, da leitura, além de modelos lúdicos, fichários, textos, imagens, cartões, que asseguravam 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. Foi a partir dessas premissas, que o Produto em foco foi elaborado.

O Produto intitulado – Um pouco sobre a natureza das coisas, foi realizado entre os meses de fevereiro a junho de 2018, sendo aplicado em duas turmas de terceira série do EM, turma A e turma B do Colégio Estadual La Salle - EFM, localizado na zona urbana do município de Pato Branco, sudoeste do Paraná.

De acordo com a matriz curricular do colégio, os alunos têm duas aulas de Física semanais, distribuídas em três trimestres, totalizando um mínimo de 80 horas/aula no ano, cada qual com duração média de 50 minutos. Conforme o planejamento da disciplina, parte do conteúdo desenvolvido durante a aplicação do Produto, estava previsto de ser trabalhado ainda no primeiro trimestre, o que de certa forma, não resultou em grandes alterações no planejamento trimestral, necessitando, porém, agregar a este, conceitos, até a época, não previstos.

No decorrer deste relato, são descritas ações comuns as duas turmas atendidas e, quando necessário, se fará menção à turma específica, a fim de garantir maior legitimidade dos fatos ocorridos e das observações peculiares a cada uma. As aulas em ambas as turmas tiveram início na quarta semana de fevereiro.

Na primeira aula, o tempo foi utilizado para recepção da turma, apresentação do planejamento da disciplina e posterior apresentação do Produto, destacando naquele momento seus objetivos, dinâmica de estudo, avaliação e conteúdos que seriam abordados.

Os alunos, ao primeiro contato com a proposta, mostraram-se bastante receptivos e interessados com o trabalho que se iniciava, a considerar pelos conteúdos que seriam abordados: Método Científico, Evolução dos Modelos Atômicos, Fusão em Estrelas e Decaimentos Radioativos, e por permitir uma dinâmica de trabalho em grupo. O professor destacou que a previsão de aplicação do Produto seria de aproximadamente 2 meses, o que corresponde a uma média de 20 horas/aula.

A descrição dos métodos utilizados, a partir daqui, seguem a mesma distribuição feita no Produto, sendo este, dividido em três Subunidades Didáticas, cada qual abordando um tema principal. Cada Subunidade, por sua vez, explorou assuntos e conceitos secundários perpassando por atividades diferenciadas para melhor ancoragem das ideias pontuadas. Estas atividades, buscavam em seu propósito, criar uma dinâmica diferenciada de estudo, bem como do registro das ações

e do conhecimento apreendido. As atividades foram nominadas diferentemente, tendo cada uma, um encaminhamento próprio de execução, em acordo com as abordagens adotadas e citadas anteriormente, como segue na sequência apresentada a seguir.

Atividade - Mandando ver: atividade dirigida, no qual os alunos responderam questões descritivas e de múltipla escolha. O propósito principal dessas atividades era ter um registro mais pontual acerca dos conceitos que eram estudados em cada Subunidade, explorando assim, questões mais específicas sobre o assunto. Eram em sua maioria questões de perguntas e respostas, que necessitavam do debate em grupo, pesquisas dirigidas, consulta a materiais de outras fontes, além do próprio material trabalhado 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 serviu como interface para mostrar ao aluno, onde este precisava chegar.

Atividade - Fazendo ciência: atividade de cunho mais lúdico, que tinha como propósito, levar o aluno a manusear maquetes, modelos representativos, fichários e cartões de forma interativa e dinâmica, visto aqui como símbolos de mediação para o conhecimento. Era uma espécie de mãos à massa que exigia do educando, novas posturas de lidar com o objeto de estudo e com seus pares. A exemplo da anterior, esta atividade também serviu de medição entre aluno-aluno e aluno-professor, pois os símbolos utilizados foram, no decorrer da mesma, ganhando novos significados ao tempo em que também serviram de organizadores prévios para criar novos subsunçores e nestes ancorar novos conceitos.

Atividade - Varal de ideias: atividade que tinha por objetivo, criar de forma panorâmica uma visão geral dos conceitos abordados. Em alguns casos, essa atividade serviu como recurso de sistematização do que foi estudado. Tratou-se de uma atividade na qual um varal era fixado na lousa, e ali, alguns cartões contendo informações sobre o assunto estudado era disponibilizado para os grupos, cuja dinâmica dependia do assunto abordado naquele momento. Na Subunidade 3, esse varal foi substituído pela fixação direta dos cartões na lousa, para uma melhor organização e sistematização do objeto de estudo. A ação integralizadora desta atividade favorecia a mediação entre aluno e objeto de estudo, além de servir como um novo subsunçor onde os conceitos estudados ganhavam ressignificado.

As Subunidades Didáticas que compõem o Produto ficaram organizadas conforme o mostrado no Quadro 5.1, que sintetiza o trabalho desenvolvido.

QUADRO 5.1 – Organização do Produto segundo suas Subunidades Didáticas

Subunidade Didática	Título	Conceitos explorados	Atividades desenvolvidas
1	O conhecimento científico: Um olhar sobre o método científico e sua contribuição para a construção da ciência.	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecimento Científico - Método Científico - Etapas do Método Científico 	<ul style="list-style-type: none"> - Mandando ver - Fazendo ciência - Varal de ideias
2	Modelos Atômicos	<ul style="list-style-type: none"> - Arché e os quatro elementos - Modelo da Bola de bilhar - Modelo de pudim de passas - Modelo planetário - Modelo da nuvem eletrônica - Modelo padrão das partículas fundamentais - Interações fundamentais da natureza 	<ul style="list-style-type: none"> - Mandando ver - Fazendo ciência - Varal de ideias
3	Decaimentos Radioativos	<ul style="list-style-type: none"> - Origem e evolução do Universo - Formação dos elementos químicos - Principais nucleossínteses estelares - Desintegração Nuclear - Principais decaimentos radioativos: alfa, beta e gama - Série de decaimentos radioativos 	<ul style="list-style-type: none"> - Mandando ver - Varal de ideias

Fonte: O autor

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 científica².

Todas as atividades e os textos de apoio ao aluno de cada Subunidade, foi organizada em um fichário, onde os mesmos utilizavam para registrar anotações e responder as atividades propostas, sendo estes entregues e recolhidos ao início e término de cada aula pelo professor. Com esta ação tentou-se evitar possível extravio do fichário pelo aluno, ou a falta deste decorrente da ausência de um integrante do grupo que naquela situação, pudesse ter ficado com o mesmo.

5.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1

O conhecimento científico: Um olhar sobre o Método Científico e sua contribuição para a construção da Ciência

(Aplicação - 14 h/a)

Para iniciar esta Subunidade, a pedido do professor, cada turma, composta de 35 alunos em média, foi dividida em oito grupos, cujos integrantes foram escolhidos pelos próprios alunos. O propósito era deixá-los à vontade naquele momento, para que houvesse maior afinidade entre os componentes do grupo, e assim, o trabalho ocorresse com maior fluidez. Concluída a divisão, foi entregue aleatoriamente a cada grupo um fichário, previamente identificado com uma numeração específica. Neste material constavam os conteúdo e atividades que seriam abordados nesta Subunidade.

² A dinâmica ministrada pelo Prof. Sílvio 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.utfpr.edu.br/rbect/article/view/309>> Acesso em: 13 set. 2018.

Os fichários foram organizados de modo que cada dois grupos de alunos tivessem em seu material as mesmas atividades propostas recebendo, portanto, fichários iguais e 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 foram informados da razão desta identificação prévia que constava em seus fichários.

Cada grupo de alunos foi orientado a acompanhar o desenvolvimento das aulas por meio de seus fichários, uma vez que os conteúdos e atividades planejadas para esta etapa, estavam todas ali contidas. Neste material, também deveriam registrar a cada aula, a sistematização de suas pesquisas e discussões, com base no encaminhamento dado a cada atividade e, ao que era solicitado na mesma.

A Subunidade iniciou com uma mobilização sobre a necessidade dos modelos na Ciência, sendo usado como referência o texto - Construindo Modelos. Este momento foi feito pelo professor por meio de uma apresentação sistematizada em forma de slides. Na sequência, os alunos foram orientados a ler o texto - O Conhecimento Científico, para complementar a fala inicial feita pelo professor.

Essa dinâmica, exigia concentração dos alunos no momento da explanação e da leitura em grupo. Esses dois encaminhamentos individuais, serviriam depois como referência para a resolução pelos alunos da Atividade 1 – Mandando ver, que viria na sequência. Esta atividade explorava questões sobre: os condicionantes que legitimam as etapas do método científico; a desmistificação de que o método científico é a única forma de se compreender a natureza; a importância de se ter um método científico para observar e descrever a natureza à nossa volta.

Encerrada esta primeira atividade, deu-se a correção e discussão da mesma em grande grupo. Para dar sequência, o professor, utilizou agora como referência o texto - A Construção do Método Científico. Com este, fez uma apresentação sistematizada em forma de slides, encaminhando na sequência uma segunda atividade, Atividade 2 – Mandando ver, direcionando-a em forma de pesquisa, que se tratava da consulta dos significados de alguns termos conceituais.

Para complementar esta atividade, os alunos foram orientados a ler um texto complementar intitulado - A regra é..., e na sequência, resolver a atividade dirigida Atividade 3 – Mandando ver, com auxílio do professor. A finalização desta, deu-se com a correção das Atividades 2 e 3.

Para andamento da Subunidade, os grupos desenvolveram na sequência a Atividade 4 - Fazendo Ciência, cuja proposta é a de trabalhar com alguns modelos concretos, objeto de estudo. Para isto, seguiu-se a distribuição dos modelos conforme a identificação de seus fichários, os quais foram organizados de acordo com o mostrado no Quadro 5.2.

QUADRO 5.2 – Distribuição de modelos, 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

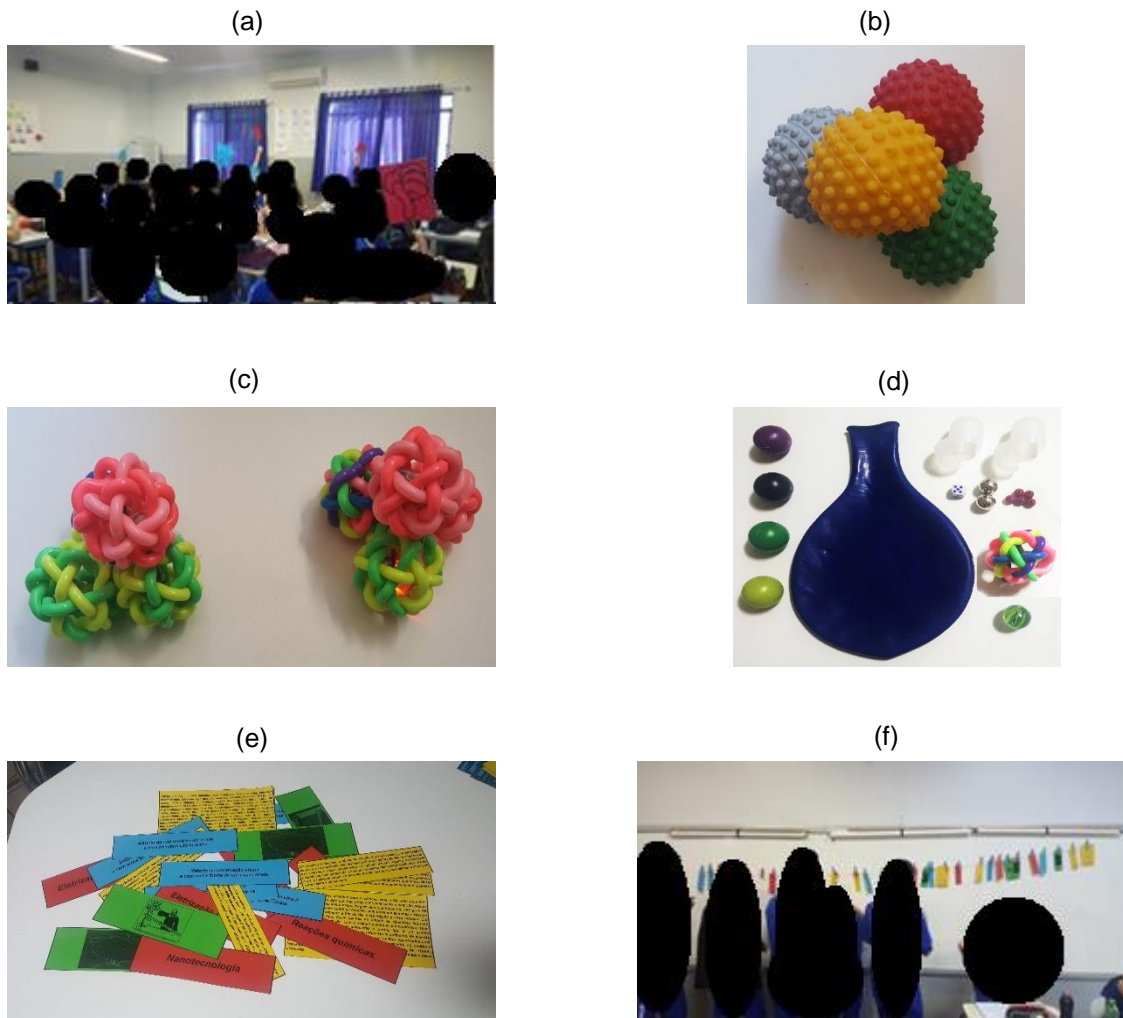
Devido ao fato de os grupos receberem objetos de estudos diferenciados entre si, nesta atividade em específico, estes tiveram que seguir orientações próprias para procederem com suas observações e posterior registro de suas conclusões em seus respectivos fichários. Finalizada essa atividade, cada grupo fez a apresentação de seu modelo para os demais, pontuando as características e a forma como interagiram com o mesmo.

Como atividade sistematizadora, o professor propôs a Atividade 5 – Varal de ideias. Nesta atividade, foram disponibilizados cartões nas cores amarela, azul, vermelha e verde, devendo cada grupo escolher um cartão de cada cor, cujas informações contidas nos mesmos, deveriam ter relação direta com o seu objeto de estudo da Atividade 4. A cada cor de cartão, correspondia um tipo específico de informação, sendo estas, textuais, de nomenclatura, campo de aplicação e imagens correlatas. Como finalização da atividade, cada grupo apresentou os cartões escolhidos, justificando a escolha dos mesmos, podendo ao final da apresentação de todos os grupos, negociar a troca de cartões com os demais, de modo a melhor parear seus cartões com o modelo estudado.

O fechamento desta Subunidade se deu com a leitura de um texto dirigido intitulado - Mais sobre o Método Científico. Este último texto foi usado para complementação de estudos e posterior aplicação de uma prova contendo questões

dirigidas e de múltipla escolha, feita em dupla pelos alunos e sem consulta a materiais alternativos. A Fotografia 5.1, a seguir, destaca um pouco dos materiais que foram utilizados ao longo das atividades descritas.

FOTOGRAFIA 5.1: Materiais utilizados na aplicação da Subunidade 1



Fonte: O autor

Nota: (a) Alunos participando da Atividade 3 – Mandando ver, respondendo com os cartões as questões propostas; (b), (c) e (d) Objetos de estudo utilizados na Atividade 4 – Fazendo Ciência, cuja interação do grupo com esses objetos, seguiam orientações de roteiros específicos; (e) Cartões utilizados na Atividade 5 – Varal de ideias; (f) Alunos participando da Atividade 5, dirigindo-se até a lousa para selecionar os cartões de acordo com seus respectivos objetos de estudo.

5.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2

Modelos Atômicos

(Aplicação - 14 h/a)

Para esta segunda Subunidade, foi dada continuidade à organização de trabalho em grupo e mantida a utilização dos fichários, que agora, são iguais para todos os grupos. O diferencial para este momento, foi que a seleção de cada um dos integrantes dos 8 grupos formados, foi feita pelo professor.

Organizado esta primeira etapa, a Subunidade foi iniciada com a leitura coletiva de um texto introdutório - Uma parte do todo, objetivando mobilizá-los a pensarem do que as coisas são feitas e o que todas elas teriam em comum. Este texto trouxe à discussão, o olhar que o homem tem sobre a natureza, sobre as forças e interações observadas nos mais variados fenômenos, procurando identificá-las e classificá-las de acordo com sua origem. Na sequência, dando continuidade a essa discussão, foi proposto a realização da Atividade 1 - Mandando ver, que fazia alusão a interpretação de uma figura.

Ao concluírem a atividade, deu-se início a Atividade 2 – Varal de ideias. A fim de auxiliar o professor na discussão teórica do assunto que trata essa atividade, um texto de apoio ao professor – A evolução dos Modelos Atômicos, foi utilizado.

Para esta atividade foi montado um varal na lousa, contendo 08 cartões na cor amarela, e 24 cartões na cor azul, distribuídos aleatoriamente. Em cada cartão amarelo estava escrito uma palavra-chave relacionada ao átomo e/ou sua história, enquanto em cada cartão azul, três azuis para cada um amarelo, descrições históricas que traziam características dos modelos atômicos a serem estudados na sequência, e em seu verso, o nome de uma personalidade científica ligada à história do átomo.

Para iniciar as atividades, o professor solicitou que um integrante de cada grupo fosse até o varal e retirasse um cartão amarelo, lendo a palavra-chave que estava escrita no mesmo. Cada palavra, de acordo com o registro do professor, estava associada a um modelo atômico em 3D, previamente confeccionado pelo professor e que foi repassado para o respectivo grupo, sendo solicitado que estes registrassem em seus cadernos, características e peculiaridades do seu modelo, sem abrir os mesmos. Após cada grupo finalizar a análise do seu modelo, todos foram orientados

a dirigirem-se até o varal novamente e escolher três cartões azuis que melhor descreviam características dos modelos que estavam em suas posses.

Feita a escolha os grupos registraram no quadro - primeiro registro, desta atividade a palavra-chave e o nome da personalidade científica contida em seus cartões, apresentando seu modelo atômico para os demais grupos, fazendo a leitura do texto descrito no cartão azul. Após todos os grupos concluírem esta etapa, foi permitido negociar a troca de cartões azuis entre os grupos, de modo que cada grupo, redefinisse suas escolhas procurando agora, ter cartões cujas informações estivessem mais relacionadas com seus respectivos modelos, justificando no grande grupo suas trocas, ou a intenção de fazê-las, registrando no quadro - segundo registro, desta mesma atividade a permanência ou alternância de seus cartões.

Concluída esta etapa, o professor solicitou, estrategicamente a um grupo em especial, que abrisse seu modelo, verificando o que havia em seu interior. Para surpresa de todos os alunos, no interior deste, havia um outro modelo em 3D diferente e de menor dimensão, representando assim uma miniatura do modelo que foi o sucessor na linha evolutiva dos modelos atômicos, indicando que o grupo detentor desse novo modelo, seria o próximo a contribuir com a leitura de seus cartões e apresentação de seu modelo.

Esta dinâmica continuou até que todos os grupos apresentassem novamente seus modelos, cabendo ao professor com auxílio dos alunos organizar cada modelo com seus respectivos cartões e características afins fixando seus respectivos cartões cronologicamente no varal contido na lousa. Para complementar essa atividade, e auxiliar os alunos, o professor projetou slides correspondente a essa evolução, retomando as características de cada modelo, expondo as ideias que levaram àquelas estruturas imaginadas.

A sistematização da Atividade 2 – Mandando ver, ocorreu com o preenchimento de um Quadro - Resumindo ideias, contido nos fichários dos alunos, se tratando aqui da terceira atividade encaminhada para os grupos, Atividade 3 – Mandando ver. Nesse quadro, os alunos deveriam registrar as principais características de alguns dos modelos apresentados e selecionados anteriormente pelo professor.

Dando continuidade, os alunos foram orientados a iniciar a Atividade 4 – Mandando ver, observando com auxílio do professor a Figura - O modelo padrão das

partículas elementares, que apresentava algumas partículas básicas que constituem o átomo, e após a leitura do mesmo, resolver as questões propostas na sequência.

Finalizado este primeiro momento, os alunos foram direcionados a realizar a leitura coletiva de um texto de apoio - Se liga, eu tenho a força. Este texto, um quadro resumo – Característica das Interações Fundamentais e uma segunda Figura – Interações Fundamentais, abordavam sobre as interações fundamentais presentes nesse modelo. As figuras e quadros citados, além de estarem disponíveis no respectivo fichário, foram distribuídos individualmente para os alunos, de modo que, cada um, usasse-os posteriormente para consulta em outras atividades e na prova.

Num segundo momento desta mesma atividade, os alunos avaliaram seus registros nas questões 4.1, 4.2 e 4.3, fazendo agora as correções necessárias, registrando-as novamente em outro campo específico.

A sistematização desta Subunidade, ocorreu com o desenvolvimento de uma atividade lúdica, Atividade 5 – Fazendo ciência, que tinha por objetivo representar de forma concreta alguns elementos químicos, com foco na montagem de seu modelo atômico partir das partículas fundamentais.

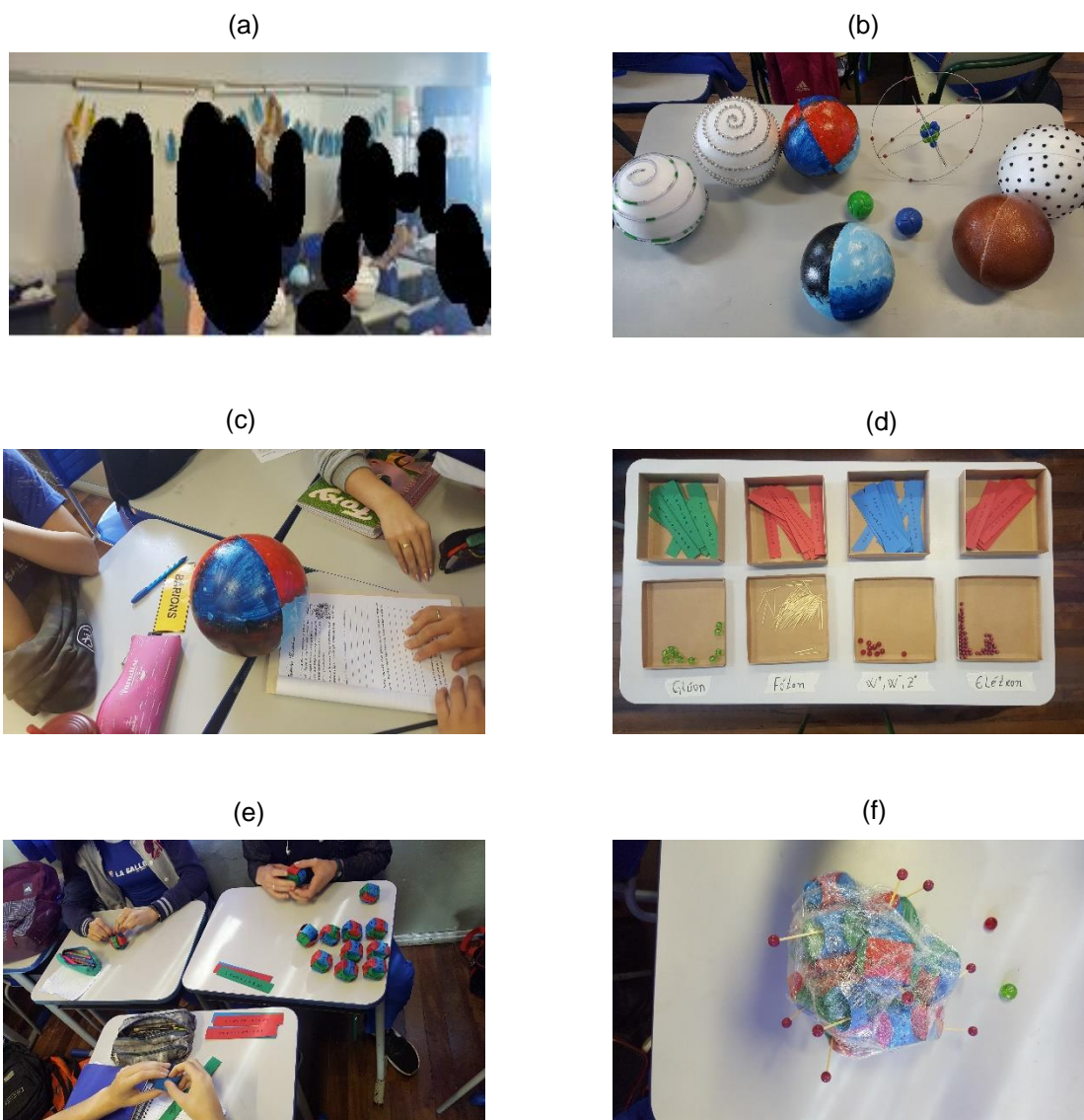
Para esta atividade, o professor dispôs em uma bancada, tiras de papel nas cores monocromáticas azul, verde e vermelha com algumas anotações, representando os quarks e suas respectivas cargas, além de outros materiais como palitos e missangas de diferentes cores e tamanhos, que representavam nesse contexto, outras partículas e interações.

A cada grupo, foi demandada a montagem do modelo atômico de um elemento químico, selecionado previamente pelo professor, sendo solicitado que estes registrassem posteriormente num quadro específico disponível em seus fichários as características desse elemento. A atividade foi concluída com a apresentação e discussão dos modelos no grande grupo.

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

A Fotografia 5.2, a seguir, destaca um pouco dos materiais que foram utilizados ao longo das atividades descritas.

FOTOGRAFIA 5.2: Materiais utilizados na aplicação da Subunidade 2



Fonte: O autor

Nota: (a) Alunos participando da Atividade 2 – Varal de ideias, escolhendo cartões para início da atividade; (b) e (c) Representação de alguns modelos atômicos estudados na Atividade 3 – Mandando ver; (d) Materiais referente a Atividade 5 – Fazendo Ciência, disponibilizado aos alunos para confecção de alguns elementos químicos; (e) Alunos confeccionando seus respectivos elementos químicos; (f) Modelo representativo de um elemento químico elaborado por um dos grupos participantes.

5.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3

Decaimentos Radioativos

(Aplicação - 10 h/a)

Esta terceira e última Subunidade, teve como objetivo mostrar ao aluno como e onde são formados os elementos químicos, e em certa fase, as principais formas com que estes se desintegram dando origem a elementos cada vez mais leves.

De início, a turma foi dividida em 8 grupos, cujos integrantes, foram escolhidos pelos alunos, atendendo aos pedidos gerados durante a aplicação da Subunidade 2.

Esta Subunidade começou com a leitura coletiva do texto - Uma evolução que vem do céu, objetivando mobilizar os alunos a se perguntarem como as coisas se originaram, levando-os a refletirem sobre seus conhecimentos acerca dos fenômenos e objetos presentes na natureza. Em vários momentos, assuntos abordados na Subunidade 1 e Subunidade 2, serviram de base e fundamentação para as discussões levantadas naquela dinâmica de leitura.

Após essa mobilização inicial, foi proposto agora no coletivo, a leitura do texto - A culpa é das estrelas. Esse texto, à medida que era lido, foi sendo discutido entre os alunos, com mediação do professor, buscando apresentar uma ideia de como o Universo se originou e evoluiu, trazendo à percepção de cada um, numa espécie de linha temporal, em forma de imagem e quadro informativo, a idade Cósmica do Universo, relacionando-a com sua temperatura e eventos marcantes para aquela idade.

Embora muitas questões foram levantadas a respeito da origem e evolução do Universo, o foco das discussões permeou a formação das estrelas e como elas sintetizam elementos leves transformando-os em elementos mais pesados. Para isto, o professor apresentou algumas cadeias de reações, consideradas pela literatura as mais importantes e de grande ocorrência nas nucleossíntese estelar.

Apresentado algumas cadeias, e feita sua leitura e compreensão do que significam, foi realizada na sequência a Atividade 1 – Mandando ver, que se tratava de uma sistematização 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 um caráter mais pontual e sistêmico quanto ao registro dos conceitos apreendidos, o professor fez a leitura de cada questão relacionada com a atividade, explicando-a e

assegurando aos grupos um certo tempo para respondê-las após discussão entre seus pares.

Para a Atividade 2 – Varal de ideias, ao invés de fixar um varal na lousa, o professor optou por fixar os cartões diretamente no quadro branco, favorecendo assim a montagem coletiva de umas das cadeias estudadas anteriormente. Nesse sentido, foi distribuído em cada grupo, um total de 5 a 6 cartões contendo em cada um, determinados elementos químicos que fariam parte da cadeia em estudo. Durante essa atividade, os alunos foram instigados a pensar quais seriam os primeiros elementos a serem usados para iniciar a cadeia, e quais seriam os elementos posteriores, visualizando assim, como essa cadeia transformava elementos leves em elementos cada vez mais pesados, até se chegar no elemento Ferro.

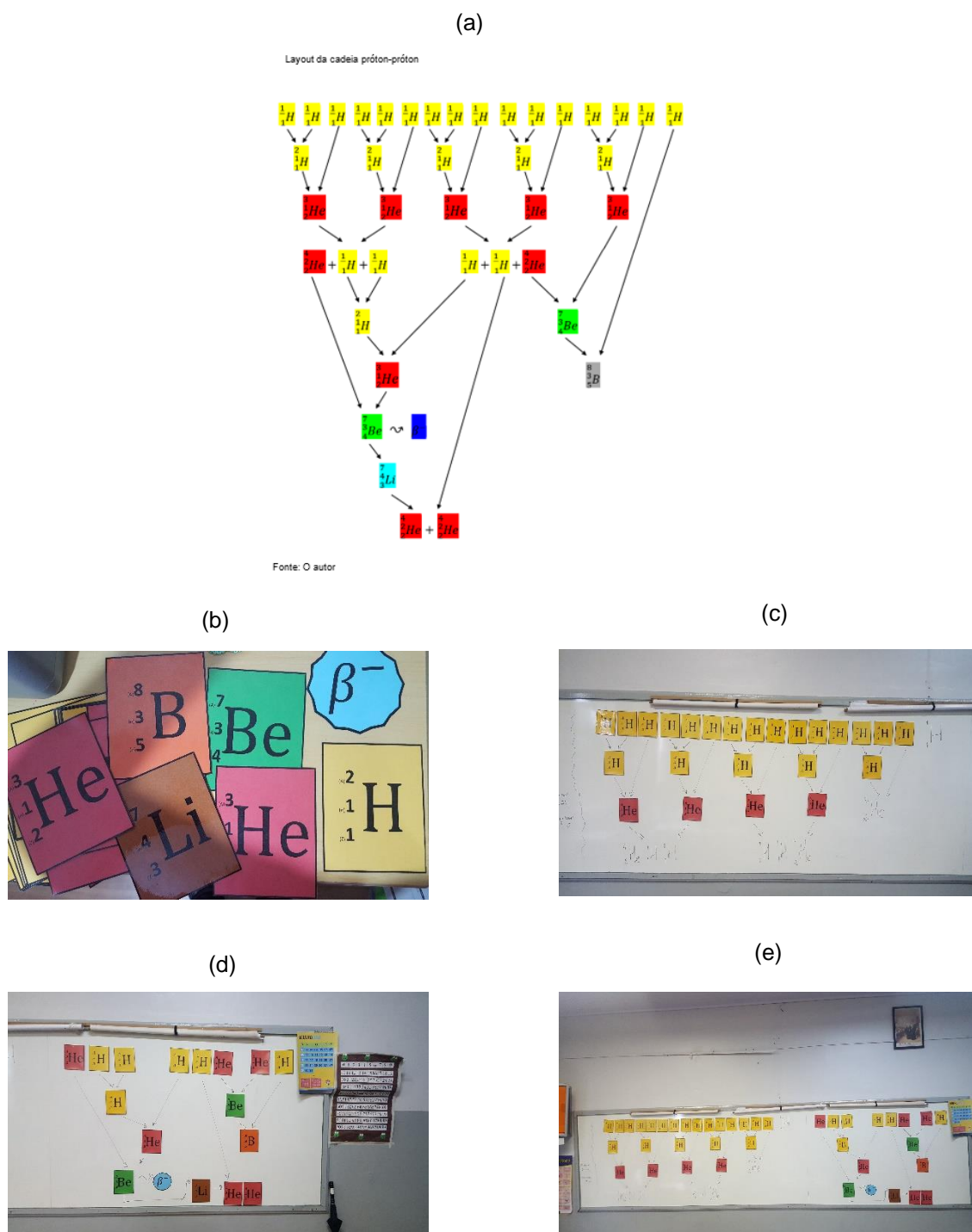
Na sequência, após o término dessa atividade, um novo texto foi trabalhado com os alunos - E o que a estrela uniu, a própria natureza separa. O foco agora, foi estudar e conhecer como elementos mais pesados que o ferro se formam, e as causas que levam estes mesmos elementos a se desintegrarem originando elementos cada vez mais leves. Para isto, foi estudado as causas e características dos principais decaimentos radioativos: decaimento alfa, decaimento beta e decaimento gama.

Após apresentação de como elementos mais pesados que o Ferro são formados, e quais os principais decaimentos envolvidos na desintegração nuclear de elementos instáveis, uma terceira atividade, Atividade 3 – Mandando ver, comum em todos os fichários dos grupos, foi encaminhada. Esta atividade composta de duas questões voltadas aos processos de decaimento radioativo, e alguns tipos de reações, necessitava de seu registro no fichário.

Para finalizar, foi encaminhado para cada aluno, uma série radioativa de um dado elemento químico, que após sucessivos decaimentos, transforma-se num elemento mais leve e estável. Esta série radioativa, juntamente com outras questões objetivas compuseram uma avaliação realizada em dupla e sem consulta, que somado ao fichário compôs uma das notas do trimestre.

A Fotografia 5.3, na sequência, apresenta a forma como a Atividade 2 – Varal de ideias foi organizada, e o material utilizado.

FOTOGRAFIA 5.3: Materiais utilizados na aplicação da Subunidade 3



Fonte: o autor

Nota: (a) Layout da cadeia próton-próton; (b) Cartões distribuídos aos grupos para execução da Atividade 2 – Varal de ideias; (c), (d) e (e) Distribuição dos cartões na lousa, com a participação dos alunos.

5.4 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a aplicação das três Subunidades Didáticas, os materiais utilizados foram em sua maioria de baixo custo e fácil aquisição, compreendendo em geral os seguintes itens conforme segue:

Para a Subunidade 1, 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.

Para a Subunidade 2, além das folhas A4 usadas para impressão dos fichários e textos diversos disponibilizados ao professor e aos alunos. Em relação a 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 200mm 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 e papel adesivo transparente, para plastificação dos cartões.

Para a Subunidade 3, 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.

Por considerar que as atividades tinham por objetivo a manipulação e uso direto de modelos/objetos concretos específicos e não a confecção dos mesmos, muitos dos materiais anteriormente descritos, serviram para confecção final dos mesmos, em vista de um melhor aproveitamento do tempo, sendo, portanto, levados para a sala de aula já montados e finalizados.

6 UMA PAUSA PARA A REFLEXÃO: DO IDEAL AO REAL

No decorrer deste Capítulo, serão apresentados alguns resultados e apontamentos que considerou-se ser mais relevante durante a aplicação do Produto, de modo que este permita verificar a viabilidade de seu uso.

Tomou-se como parâmetro de análise e discussão, o registro dos alunos obtidos por meio dos seus respectivos fichários, e o desempenho desses nas provas aplicadas ao final de cada Subunidade, da observação do professor proponente do Produto, do relato do professor orientador, da pedagoga da escola, e dos próprios alunos. Destaca-se que as provas realizadas, embora destoem da metodologia, dos critérios e instrumentos avaliativos defendidos pelas teorias que fundamentaram a elaboração do Produto, faz parte do planejamento avaliativo adotado pela escola.

Para tabulação dos dados que deram origem aos gráficos que serão apresentados na sequência, e por Subunidade, as questões/atividades destacadas nestes, receberam notas de 0,0 (zero) a 10,0 (dez). Embora em cada turma os alunos foram divididos em grupos/equipes, nesses gráficos tem-se o resultado da média aritmética proveniente da nota que cada aluno/grupo obteve na referida questão/atividade, representando assim, a média obtida pela turma para aquela questão/atividade.

A média obtida reflete, portanto, o grau de aproveitamento da turma em cada uma das atividades propostas, sendo possível se fazer um comparativo do desempenho que estes tiveram, enquanto turma, e atividade, bem como comparar os dois instrumentos avaliativos entre si: fichário e prova.

Há de considerar, que para as questões abertas, predominantemente contidas nos fichários, estas foram corrigidas levando em consideração o registro de algumas palavras-chave que deveriam constar nos registros feitos pelos alunos, possibilitando assim, aferir uma nota sobre cada uma.

Quanto ao universo de pesquisa, considerou-se como fonte, apenas os alunos que participaram do início ao fim de uma ou outra Subunidade, não sendo considerado, portanto, notas parciais.

Pela ocorrência de casos de alunos que foram transferidos ou vieram com transferência de matrícula de outras escolas, comprometendo suas participações de forma integral em alguma Subunidade em específico, estes não tiveram suas notas parciais contabilizadas para o cálculo da média naquela referida Subunidade.

No Quadro 6.1, está representado o total de alunos que participaram integralmente de cada uma das Subunidades aplicadas, segundo suas respectivas turmas.

QUADRO 6.1 – Número de alunos segundo Subunidade e turma

	3ª série A	3ª série B
Subunidade 1	33	37
Subunidade 2	31	37
Subunidade 3	34	37

Fonte: O autor

6.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1

O conhecimento científico: Um olhar sobre o Método Científico e sua contribuição para a construção da Ciência

As atividades iniciaram com a divisão da turma em grupos e repasse das orientações gerais. O assunto abordado foi introduzido por meio de uma apresentação feita pelo professor proponente que encaminhou para leitura o texto - O Conhecimento Científico, aos alunos.

Observou-se com esse direcionamento, que a maioria dos alunos não têm hábito de leitura, apresentando dificuldades de concentração para a mesma. Notou-se que o fato de cada grupo ter apenas um texto de referência, disponibilizado no fichário, agravou essa situação, exigindo destes, mais comprometimento para a execução daquela tarefa, o que de certa forma, não foi atendido por todos. Percebeu-se nesse momento, e durante a apresentação dos slides, que em todos os grupos, um ou outro aluno acabava se dispersando da proposta, distraído-se com situações alheias, resultando como constatado, posteriormente, numa falta de entendimento das ideias iniciais que foram abordadas.

Embora os grupos tenham sido orientados a anotarem individualmente em seus cadernos, registros sobre o tema abordado, enquanto acompanhavam a

apresentação e faziam a leitura do texto, pouquíssimos assim o fizeram, tendo a grande maioria, dificuldade de responder as questões encaminhadas na sequência.

Em relação a Atividade 1 – Mandando ver, os grupos foram orientados a registrar em seus cadernos as perguntas contidas nesta atividade, fazendo consultas extraclasse em outras fontes, anotando suas considerações em seus cadernos. Na aula seguinte, cada integrante deveria ter apresentado seu registro ao grupo e, em comum acordo, registrar no fichário a sistematização coletiva provinda da contribuição de cada um e da discussão que esse momento gerou. É reconhecido, que estas ações buscavam proporcionar aos alunos uma interação entre eles de maneira que a socialização de suas pesquisas servisse como organizadores prévios do assunto em questão.

O que se percebeu, é que a grande maioria não pesquisou sobre o tema de estudo em outros horários, e um número significativo sequer tinham em seus cadernos o registro das questões a serem pesquisadas. Essa postura, fez com que o tempo de aplicação da atividade se estendesse significativamente, pois, todos os grupos, além de não terem seus registros individuais, necessitaram de um tempo demasiado em sala de aula para responder as questões propostas, pois as discussões não fluíram como o esperado, implicando numa dificuldade do grupo de fazer seus registros nos fichários, dependendo muitas vezes da intervenção do professor. Foi observado também, um grau considerado do nível de dificuldade de interpretação dos alunos em relação ao que as questões se referiam, necessitando que o professor fizesse nos grupos uma releitura das mesmas. A mediação do professor, nesse caso, motivado por dúvidas de interpretação, culminou em explicações sobre alguns conceitos de Física, para o entendimento das questões.

A Atividade 2 – Mandando ver, proporcionou em comum acordo com os alunos, o uso de aparelhos móveis em sala de aula, além de dicionários disponibilizados pelo professor e outros materiais de consulta. Em comparação com a atividade anterior, nessa, a participação dos alunos foi mais expressiva, devido ao fato de poderem usar materiais alternativos para consulta, e por se tratar de questões conceituais pontuais. Para complementar esta atividade, os alunos foram orientados a ler um texto de apoio e sistematização sobre o assunto intitulado - A regra é..., para na sequência resolver a atividade dirigida, Atividade 3 – Mandando ver, com auxílio do professor e em tempo real, para posterior correção.

A proposta da Atividade 4 - Fazendo ciência, foi de trabalhar com alguns modelos concretos. Conforme orientações contidas no fichário e repassadas pelo professor, os alunos deveriam seguir as regras lá destacadas, fazendo o registro de suas observações, a partir das questões ali propostas. Apesar das dificuldades em seguir as orientações apresentadas no início da atividade, a maioria dos grupos respondeu a mesma de forma satisfatória. Após finalizada essa atividade, cada grupo fez a apresentação de seu modelo para os demais grupos, pontuando suas características e como deveriam interagir com o mesmo.

Como atividade sistematizadora, o professor propôs a Atividade 5 – Varal de ideias. Esta atividade mostrou em geral, grande dificuldade dos alunos acerca de estabelecer relações entre as informações contidas nos cartões. Levando em consideração que no fichário havia dois quadros para serem preenchidos por cada grupo, um logo no início e outro após leitura dos cartões por todos os grupos, muitos tiveram de negociar os cartões escolhidos num primeiro momento com outros grupos, tendo conhecimento de que a cada cartão escolhido por um grupo, este de certa forma, não estaria mais disponível para ser analisado pelos demais. Esta atividade mostrou-se bastante rica no sentido de mediar a interação entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-cartões, que de acordo com a teoria de Vygotsky, o uso de instrumentos propiciam um novo significado ao conhecimento do aluno, contribuindo para uma interação social entre o aluno e o objeto de estudo, e esse com seus pares.

Apesar de ter sido observado pouco interesse de alguns alunos para a leitura e análise dos cartões durante a primeira escolha, em geral, a maioria participou ativamente da atividade proposta. O fechamento desta Subunidade se deu com a leitura de um texto dirigido - Mais sobre o Método Científico, para complementação de estudos e posterior aplicação de uma avaliação.

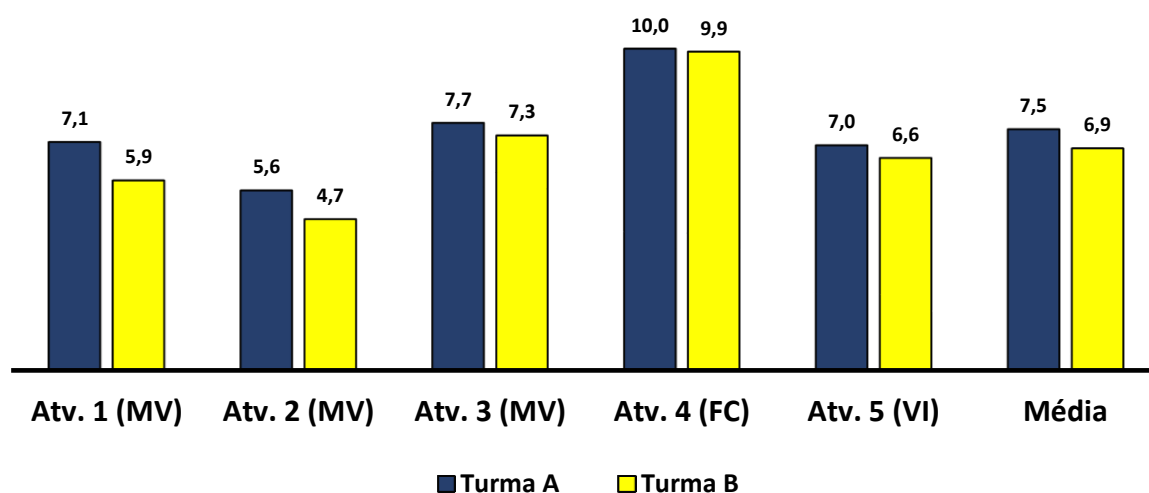
Conforme será mostrado, a nota média destacada no Gráfico 6.1, refere-se ao nível de aproveitamento alcançado por cada uma das turmas A e B nas atividades contidas no fichário, possibilitando uma comparação de resultados entre elas, e entre as próprias atividades desenvolvidas, sendo: Atv (MV) – Atividade Mandando ver; Atv (FC) – Atividade Fazendo ciência; Atv (VI) – Atividade Varal de ideias.

Em ambas as turmas, a menor média foi verificada na Atividade 2 – Mandando ver, que corresponde a atividade de pesquisa dirigida. Nesta atividade, os alunos encontraram dificuldades para registrar de forma mais pontual os conceitos ali descritos, deixando algumas inclusive sem resposta. Outro agravante, mencionado

anteriormente, foi o fato de muitos não terem recorrido a consulta com outras fontes e para além do espaço escolar, deixando inclusive alguns conceitos sem respostas até o momento da correção da mesma.

Percebe-se que a Atividade 4 – Fazendo ciência, teve um aproveitamento mais significativo que as demais. Esta atividade tratou da observação e manipulação de alguns modelos, cujas conclusões dos grupos, foram registrados no fichário, seguindo para isto um questionário específico. A disparidade de notas entre essas duas atividades pontuadas, denota em parte, que poucos alunos se comprometeram com o direcionamento da atividade, deixando de fazê-la num outro momento, por outro lado, mostraram maior receptividade quando a atividade era desenvolvida em sala de aula, e com a manipulação de materiais. Como destacado anteriormente nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky, o uso de instrumentos lúdicos e organizadores prévios, como classifica-se os materiais utilizados nessas atividades, contribuiu com uma maior interação do aluno com o objeto de estudo, promovendo a construção do conhecimento a partir do conhecimento prévio do aluno, levando-o a dar um novo significado a esse saber. O Gráfico 6.1 retrata esse fato.

GRÁFICO 6.1 – Nota média obtida nas Atividades do fichário referente a Subunidade 1, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

No Gráfico 6.2, chama a atenção o baixo rendimento obtido em ambas as turmas nas questões Q2, Q3, Q4, Q7 e Q8. Referente as questões Q2, Q3 e Q4, isso justifica-se pelo formato das questões que eram somatórias, de associação e

classificatória, respectivamente, cujo resultado ao final, não considerou acertos parciais, como foi observado durante a correção das mesmas. Quanto as questões Q7, Q8, Q16, Q17, Q19 e Q20, verificou-se nessas, erros de interpretação sobre assuntos bem pontuais, destacando que algumas especificidades sobre o método científico necessitam num outro momento serem novamente retomados.

Sobre as questões Q5, Q6, Q10, Q13 e Q18, verifica-se que estas tiveram um nível satisfatório de aproveitamento. Estas questões em particular, tratavam de definições que foram amplamente exploradas durante as aulas, resultando numa compreensão expressiva nas duas turmas.

Os apontamentos descritos, podem ser verificados no Gráfico 6.2, que mostra a média de acerto que os alunos obtiveram na realização de uma prova composta de 20 questões de múltipla escolha. A apresentação desse resultado foi dividida em duas partes para uma melhor leitura dos mesmos.

GRÁFICO 6.2 – Nota média obtida nas questões da prova referente a Subunidade 1, segundo as turmas avaliadas

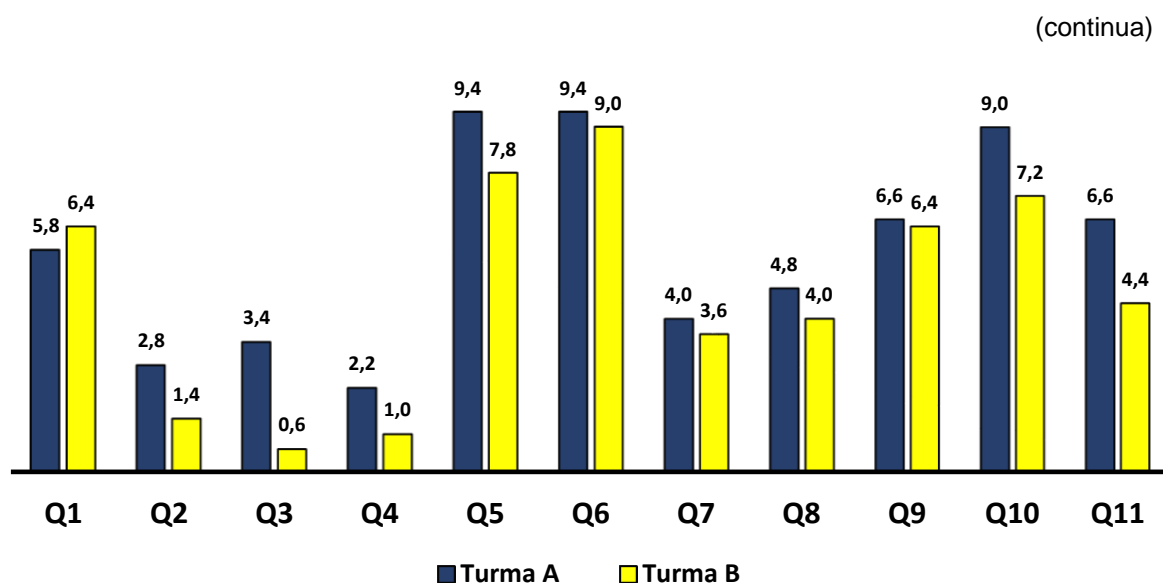
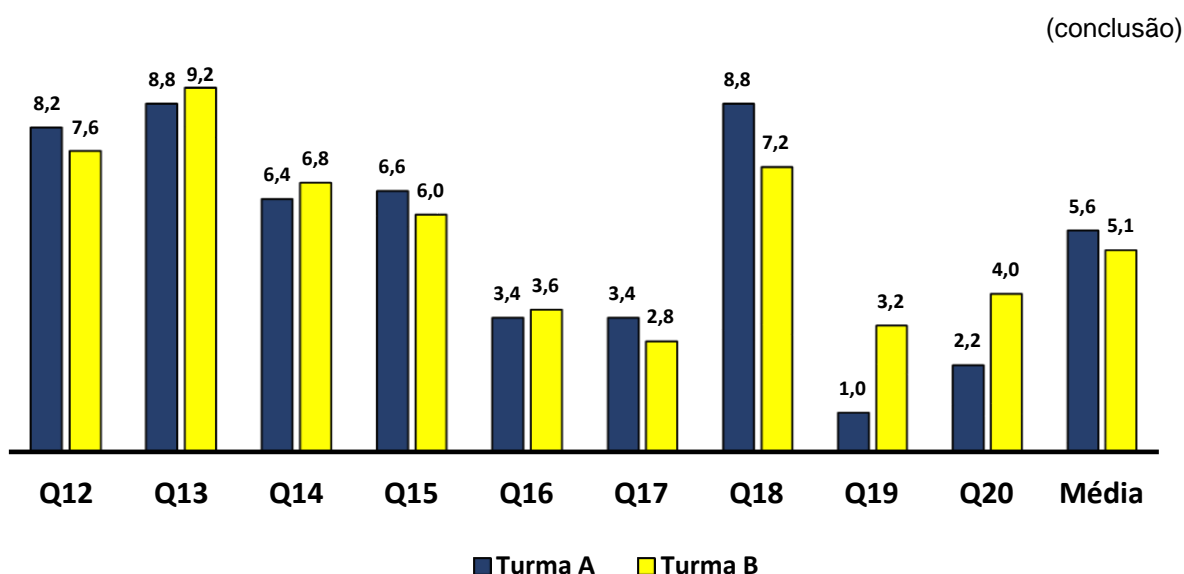


GRÁFICO 6.2 – Nota média obtida nas questões da prova referente a Subunidade 1, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

6.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2

Modelos Atômicos

Nesta Subunidade, optou-se por organizar os grupos de modo que seus integrantes foram escolhidos pelo professor, e não mais pelos alunos. Este procedimento, gerou de início, certa resistência por parte dos alunos, usando como argumento de que estudam melhor quando o grupo é formado por eles, devido a maior afinidade que tem com alguns colegas em específico.

Mesmo com resistências, e casos de alunos que se queixaram junto a coordenação, essa postura foi mantida pelo professor até o final da aplicação desta Subunidade. Seu interesse aqui, era de fazer com que os alunos, além de mudarem de equipes, percebessem que nem sempre terão ou farão parte de um grupo com compatibilidade de pensamento ou que tenham afinidades entre si, necessitando, contudo, que as diferenças sejam trabalhadas no coletivo, em prol de um objetivo maior que é a realização do trabalho proposto.

Superada esta fase, para a introdução do assunto, foi proposto no coletivo a leitura e a discussão do texto - Uma parte do todo, sendo encaminhada na sequência,

a primeira atividade desta Subunidade, Atividade 1 – Mandando ver. Esta atividade foi considerada bastante tranquila pelos alunos, pois era baseada na leitura e interpretação de uma figura ilustrativa em forma de charge. A proposta era questionar os alunos quanto ao entendimento que cada um tem do átomo atualmente, fazendo um contraponto com a visão tida pelos filósofos na antiguidade.

Quanto a Atividade 2 – Varal de ideias, cujo encaminhamento foi pontuado no Capítulo 5, Seção 5.2 dessa dissertação, por se tratar de uma atividade lúdica, os alunos em geral, mostraram-se bastante receptivos a participar da mesma, dando a este momento, especial atenção durante as apresentações e leituras dos cartões pelos outros grupos. Sua finalização deu-se com a troca de alguns cartões entre os grupos, com o intuito de agora, ficarem com cartões que segundo suas avaliações, tivessem maior relação com seu modelo.

Em relação a Atividade 3 – Mandando ver, esta se tratava de uma extensão da atividade anterior, sendo necessário que cada grupo agora, complete um quadro com as características de alguns modelos atômicos selecionados pelo professor, bastando para isso, que cada grupo consultasse suas anotações, feitas durante as explanações sobre o assunto. Percebeu-se que a insuficiência de registro durante as apresentações mostrou a dificuldade que os alunos têm em sistematizar as informações, e ainda, filtrá-las de acordo com seu grau de relevância. Como ocorrido com a atividade anterior, esta foi uma atividade cujo resultado não foi satisfatório.

Ainda sobre a evolução dos modelos atômicos, a Atividade 4 – Mandando ver, procurou explorar agora conceitos que estavam relacionados com as partículas que constituem átomo, a estabilidade do seu núcleo, a permanência do elétron em órbitas específicas e as forças nele presentes. Durante a execução da atividade, poucos alunos de fato dedicaram-se a fazer uma leitura interpretativa dos mapas conceituais, Figura 4.1 e 4.2 e, assim, entender a dinâmica e relações das informações ali sintetizadas. Isso foi percebido devido à pouca interação e contribuição dos alunos com suas observações e, na hora de registrar as ideias no fichário. Essa situação foi observada em ambas as turmas.

Enquanto os alunos respondiam a atividade, o professor era chamado nos grupos necessitando fazer uma releitura das questões abordadas, pontuando do que tratava cada uma, mediando assim a interação entre os alunos e os conceitos ali destacados. Este fato chamou atenção, por conta da dificuldade que muitos grupos, mesmo com posse dos mapas conceituais e outros registros, não conseguiam de

certa forma, abstrair as informações ali contidas e relacioná-las com suas respectivas perguntas. Estas dúvidas foram minimizadas após a leitura do texto de apoio - Se liga, eu tenho a força, e novos apontamentos feitos pelo professor.

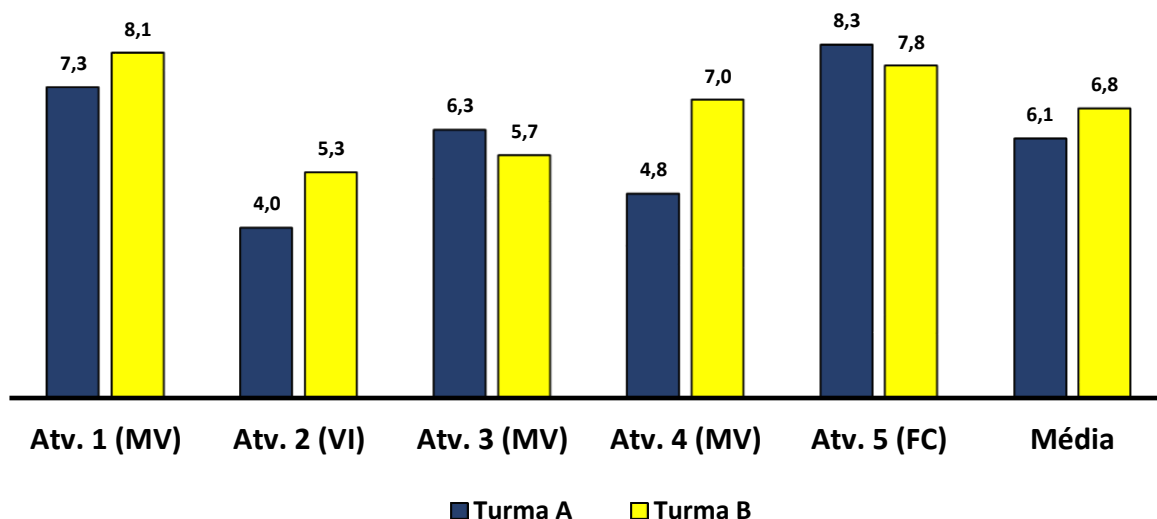
A última atividade desta Subunidade, Atividade 5 – Fazendo ciência, tratava-se de uma atividade lúdica, na qual os alunos deveriam montar um determinado átomo, usando materiais fornecidos pelo professor. Os alunos demonstraram dificuldade para selecionar os materiais que iriam utilizar, bem como a forma como estes seriam organizados nessa estrutura, apesar de terem em aula anterior, recebido algumas instruções e tido contato com esse assunto na Atividade 4 – Mandando ver. Notou-se nos grupos uma divergência na forma com que cada integrante se dedicou à atividade, ficando evidente àqueles alunos que no grupo procuravam entender o que estavam fazendo. Quando o professor era solicitado, a principal dúvida voltava-se a uma pergunta direta de quais e quantos elementos o modelo do grupo deveria ter.

Esta atitude, mostrou pouca discussão e assimilação dos conceitos vistos na atividade 4, tornando-se insuficiente para ser utilizada como referência na resolução dessa nova atividade, pois, enquanto a atividade anterior abordou quais eram as partículas fundamentais, suas interações, como e onde elas estão localizadas, entre outros fatos debatidos, nessa atividade o objetivo era associar tais conhecimentos e informações a uma efetiva prática que, por algum momento, mostrou-se aquém das expectativas geradas quando da sua elaboração.

As notas registradas nas avaliações da Subunidade 1 e da Subunidade 2, geraram a nota final do primeiro trimestre. No caso da Subunidade 2, o fichário foi utilizado como a segunda nota parcial do referido trimestre, e a prova, aplicada individualmente e com consulta, foi utilizada como instrumento de recuperação para substituição da nota atribuída ao fichário.

Em relação as notas obtidas com as atividades do fichário, chama atenção o baixo aproveitamento de ambas as turmas nas atividades Atv. 2 (VI), Atv. 3 (MV) e Atv. 4 (MV) na Turma A. Estas atividades, como descrito anteriormente, exigiram dos alunos, uma participação ativa no que diz respeito aos seus registros no fichário, necessitando que os textos, a fala do professor, e a discussão em grupo, tivessem sido mais bem sistematizados pelos grupos. Nota-se aqui, a dificuldade dos alunos quanto ao registro de informações, da interpretação das atividades, e de relacionar estas últimas com o conteúdo abordado. O Gráfico 6.3, ilustra o aproveitamento de cada turma em relação as atividades desenvolvidas no fichário.

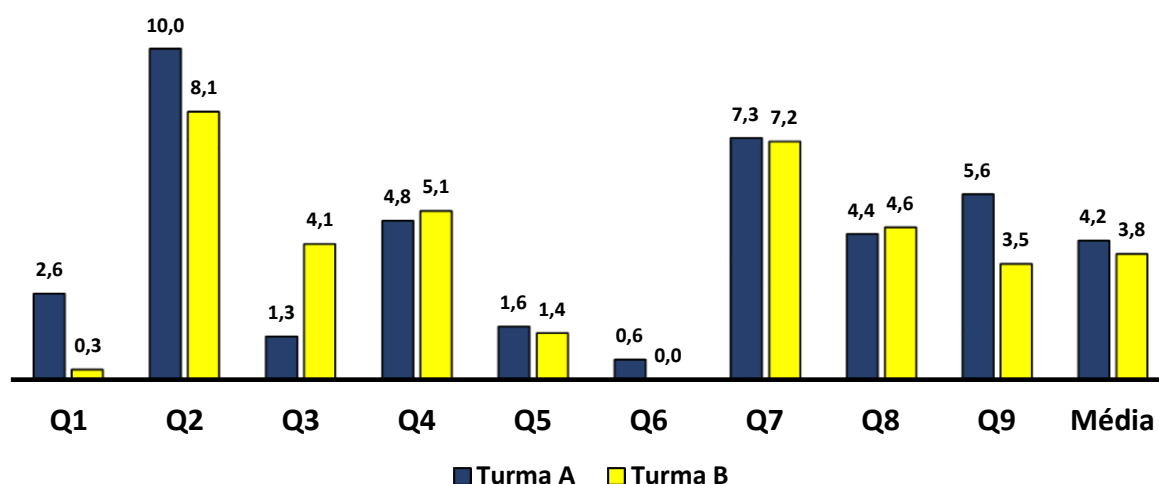
GRÁFICO 6.3 – Nota média obtida nas Atividades do fichário referente a Subunidade 2, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

Quanto aos resultados da aplicação da prova, percebe-se um baixo rendimento na maioria das questões propostas, com exceção das questões Q2 e Q7. A considerar o nível das questões que foram abordadas nessa avaliação, a maioria delas explorava conceitos específicos sobre o átomo, porém, de fundamental importância para a compreensão de sua estrutura e das forças que o mantém estável. Em geral, um comparativo entre esses dois instrumentos de avaliação mostrou aqui não só uma significativa dificuldade dos alunos, em se apropriar de tais conceitos, mas também a falta de estudos e o despreparo destes para a prova, como destacado no Gráfico 6.4 onde tem-se as médias obtidas em cada uma das questões que compunham a mesma.

GRÁFICO 6.4 – Nota média obtida nas questões da prova referente a Subunidade 2, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

6.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3

Decaimentos Radioativos

Esta Subunidade iniciou com a leitura de dois textos, objetivando não só introduzir o conteúdo sobre a formação dos elementos químicos, mas também mobilizar os alunos para o assunto abordado. O texto - Uma evolução que vem do céu, lido no coletivo, foi mediado pelo professor, que durante a leitura, lançou considerações sobre o mesmo, e o texto - A culpa é das estrelas, foi direcionado para os alunos, sendo lido no coletivo e discutido no âmbito geral com todos os grupos.

Concluída a leitura dos textos e a discussão dos mesmos, os alunos foram orientados a resolver a Atividade 1 – Mandando ver. Para o encaminhamento desta atividade, o professor fez a leitura das questões junto com os alunos, controlando o tempo que estes teriam para resolver cada uma. Essa iniciativa, deveu-se às dificuldades e dispersão dos grupos observadas durante a aplicação das Subunidades 1 e 2, quando se destinava aos alunos um tempo em sala para resolver as atividades.

Com a atividade direcionada, e o tempo agora mais controlado, percebeu-se um envolvimento maior do grupo frente as questões levantadas, o que resultou num melhor aproveitamento do tempo em sala de aula.

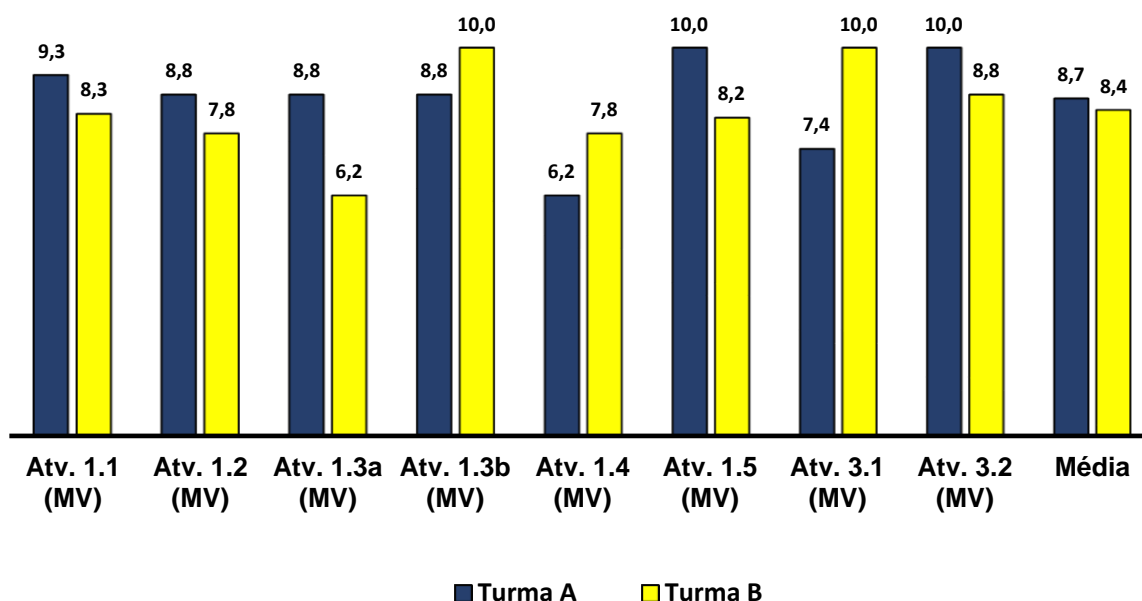
Concluída a atividade anterior, deu-se início a Atividade 2 – Varal de ideias. A proposta dessa atividade não contemplava inferir uma nota à mesma, sendo seu objetivo, reproduzir na lousa, por meio da participação de todos os grupos, a reação próton-próton. Durante essa dinâmica, os alunos eram instigados a pensar para cada fase, quais elementos seriam produzidos, bem como as energias envolvidas e as partículas liberadas no processo. Nesta atividade, os cartões serviram como instrumento de mediação entre conceito-aluno e esses com seus pares.

Terminada a Atividade 2, o assunto voltou-se agora em compreender de que forma elementos mais pesados se transformam em elementos mais leves, adentrando assim em conceitos referentes aos decaimentos radioativos. Para introdução desse conteúdo, foi feita a leitura do texto - E o que a estrela uniu, a própria natureza separa, entre os alunos, sendo neste, explorado os três decaimentos radioativos mais comuns: decaimento alfa, decaimento beta e decaimento gama. Após leitura e discussão do material, foi proposto a resolução da Atividade 3 – Mandando ver.

Foi observado durante a resolução desta atividade pelos alunos, certa dificuldade em perceber o tipo de decaimento ocorrido, tomando como referência o elemento inicial e o elemento formado. A maior dificuldade observada, como presente nas questões anteriores, está associada a interpretação das mesmas. A presença do professor nos grupos, fazendo a mediação, auxiliou os alunos na leitura e interpretação das atividades, sendo fator preponderante para que estes iniciassem sua resolução.

As notas obtidas a partir das atividades que compunham o fichário, desta Subunidade, se comparadas com as anteriores, mostram um maior rendimento do que antes observado. Vale salientar, que nessa Subunidade em particular, as atividades foram sendo resolvidas com um controle maior do tempo pelo professor, o qual acompanhava a resolução das atividades, ao tempo em que orientações acerca das mesmas eram feitas no grande grupo. Essa dinâmica, fez com que todas as questões propostas fossem respondidas em sua totalidade, dando mais agilidade e eficiência em sua execução. O Gráfico 6.5 destaca o rendimento satisfatório para as atividades avaliadas.

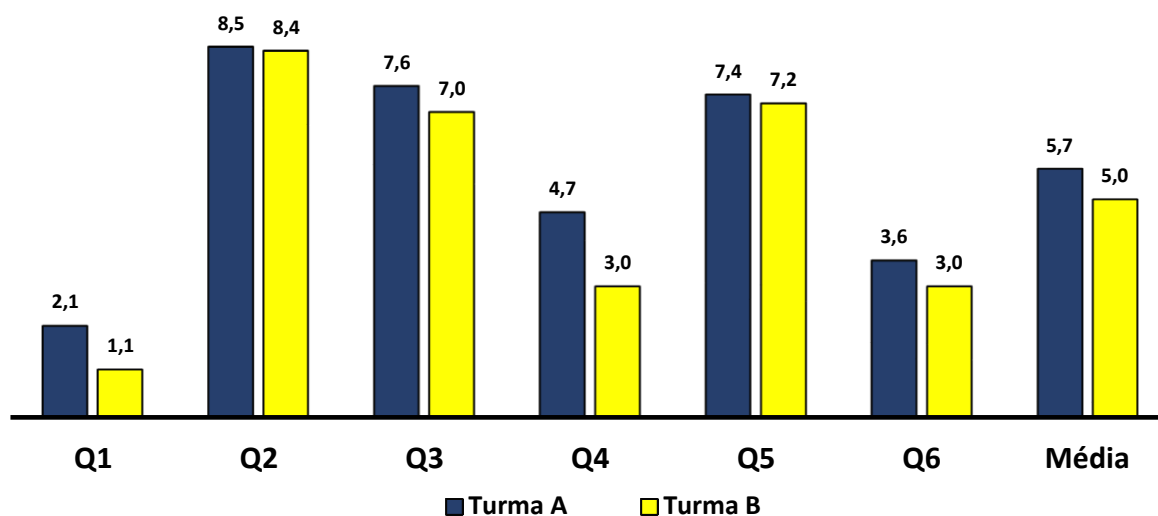
GRÁFICO 6.5 – Nota média obtida nas Atividades do fichário referente a Subunidade 3, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

Com relação as notas obtidas com a aplicação da prova, observa-se uma queda significativa de aproveitamento em algumas questões. No Gráfico 6.6, destaca-se entre o conjunto de notas apresentadas, o baixo rendimento atingido nas questões Q1, Q4 e Q6. Estas questões, se comparadas com as demais, necessitavam de maior interpretação textual e aplicação dos tipos de decaimentos radioativos, etapa por etapa, como um dos métodos de resolução das mesmas. Ao avaliar o resultado obtido, e considerando que a prova foi aplicada em dupla e sem consulta, novamente verificasse o pouco preparo dos alunos com vistas ao momento dessa avaliação.

GRÁFICO 6.6 – Nota média obtida nas questões da prova referente a Subunidade 3, segundo as turmas avaliadas



Fonte: O autor

6.4 UM QUADRO GERAL

Como destacado até esse momento, as três Subunidades Didáticas foram aplicadas em duas turmas distintas, de terceira série do EM, aqui intituladas turmas A e B, cada qual com 35 alunos em média. As turmas foram divididas em oito grupos durante a aplicação de cada Subunidade, tendo como atribuição, acompanhar os temas por meio de um fichário onde registravam ali suas considerações de cada atividade proposta. Num segundo momento, todos os alunos foram avaliados em duplas ou individualmente por meio de uma prova, tendo esta um caráter mais formal e direcionado no tratamento dos conceitos abordados, servindo também como fonte de dados.

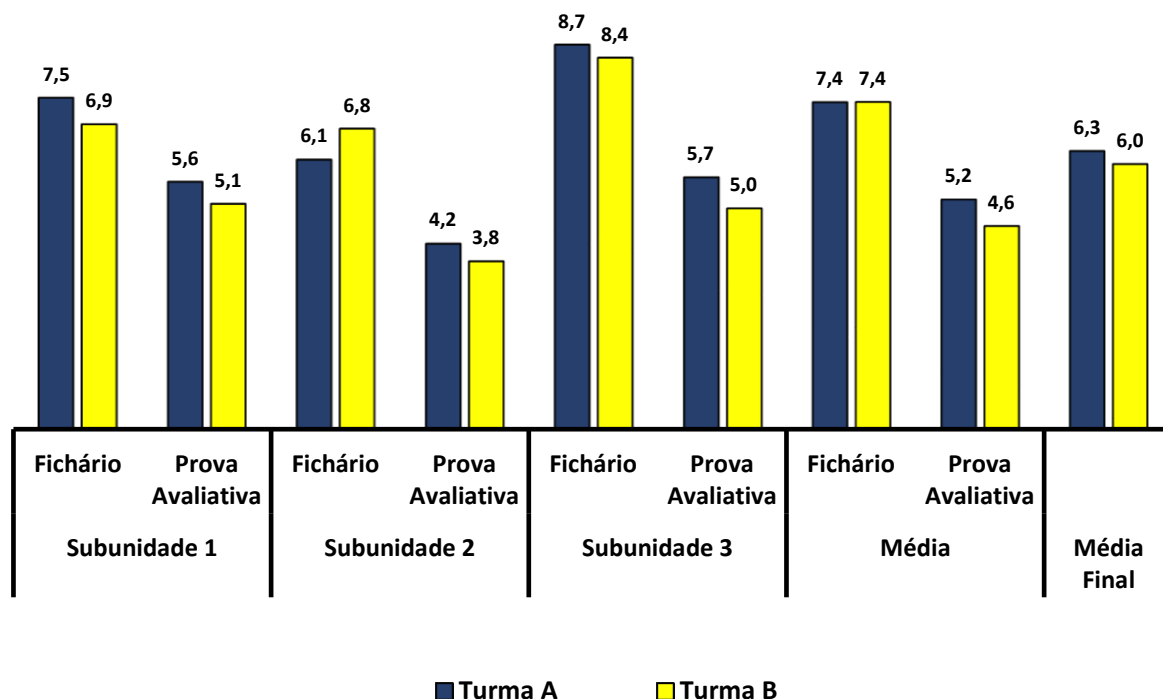
O Gráfico 6.7, faz um comparativo entre as médias alcançadas por cada turma e em cada instrumento avaliativo, sendo estes, o fichário, respondidos em grupo, e a prova, realizada em dupla ou individualmente.

Dos dados apurados, observa-se um aproveitamento significativamente maior dos alunos para as atividades desenvolvidas em grupo, isto é, provenientes do fichário. Uma das justificativas deve-se ao fato de que as atividades em grupo oportunizaram o debate em grupo maior, e ainda, por se tratar de questões descritivas em sua maioria, o que veio a contribuir para um maior nível de acertos em relação a

outra modalidade. Em conformidade com as teorias que fundamentaram a elaboração do Produto, vale destacar que, em geral, as atividades propiciaram um ensino voltado para a troca de ideias entre os integrantes de um mesmo grupo e desses com os demais colegas da turma, além de mediar a interação entre professor e alunos, com base no diálogo, na participação coletiva, oportunizando aos alunos a exposição de suas ideias e contribuindo, dessa forma para a aprendizagem coletiva. Outro destaque está para o uso de organizadores prévios na forma de textos, aulas práticas e uso de materiais lúdicos sobre os tópicos abordados permitindo a ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos de FMC.

Outro fato que chama atenção, embora não incomum, deve-se a proximidade de acertos obtidos em ambas modalidades quando comparadas as duas turmas, chegando ao final com médias cuja diferença é de 3 décimos, como é mostrado no Gráfico 6.7.

GRÁFICO 6.7 – Demonstrativo das médias obtidas pelos alunos, segundo turma, instrumento avaliativo e Subunidade aplicada



Fonte: O autor

Em geral, considerando que para a abordagem de novos conceitos, como foi o caso dos conceitos de FMC, e que a utilização de organizadores prévios, como uma atividade, um texto, uma questão mobilizadora, como defende Moreira (2016), nem sempre alcança os resultados esperados, procurou-se, em diversas situações, promover a construção do que chama de subsunçores, isto é, a retomada de conceitos aprendidos em séries anteriores, que possam servir de ponto de partida para as novas discussões. Isso ficou bastante evidente durante a aplicação da Subunidade 2 quando foi retomado conceitos referentes os modelos atômicos, conteúdo este, presente no planejamento para as primeiras séries na disciplina de química, e quando se abordou as quatro interações fundamentais, onde conceitos acerca de força, vistos na primeira série do EM na disciplina de Física, e nono ano do Ensino Fundamental (EF) foram retomados. Outro fator a destacar, foi o fato de que muitos assuntos abordados na Subunidade 1, serviram de parâmetro para discussões nas Subunidades 2 e 3, dando indícios de representarem ideias âncoras naquele momento.

A retomada destes conteúdos, deixou os alunos mais confortáveis e confiantes à participação naquele momento, pois, como foi observado durante a explanação desse conceito, muitos relataram conhecer a estrutura atômica e suas partículas fundamentais, embora tal modelo não fosse o mais atual e sim o modelo planetário de Rutherford-Bohr. Esse mesmo comportamento também foi observado durante a abordagem dos conceitos sobre força.

6.5 OUTROS OLHARES

Além das avaliações formais – fichários e provas, ao final da aplicação do Produto foi recolhida também o depoimento de algumas pessoas que direta e indiretamente participaram da aplicação do mesmo, na sequência, descreve-se um resumo de seus relatos.

- Parecer do professor proponente:

Na visão do professor, o trabalho executado foi de grande valia, pois acima de tudo, representou a superação de um desafio. Como resultado desta ação, o mesmo pretende aplicá-la em outro momento, de modo a inserir tais conteúdos em seu planejamento anual. Contudo, vê a necessidade de se fazer alterações pontuais

em algumas atividades, a fim de torná-las mais objetivas e claras, a considerar pelo tempo disponível que se tem para o encaminhamento de uma pesquisa ou discussão em grupo, em relação ao tempo que a atividade ou seu formato necessita.

Outro fator a considerar, versa sobre uma cultura tão presente no espaço escolar, que ainda prioriza na sua maioria o trabalho individual, secundarizando o trabalho em grupo. Esta ideologia, não fomenta nos alunos uma consciência de crescimento coletivo onde todos participem com maturidade e responsabilidade. Viu-se, em vários momentos, um ou dois integrantes do grupo fazendo o registro das ideias nos fichários, sem uma efetiva discussão anterior no coletivo. Isso foi mais agravante durante a aplicação da subunidade dois, quando os grupos foram formados pelo professor.

Chamou bastante atenção também, o descomprometimento que muitos grupos tiveram quando da necessidade de pesquisar materiais alternativos ou concluir a atividade em outro momento para além do horário escolar e, quando do retorno dessas, pouco ou nada havia sido feito. Tais ações, acabaram contribuindo para a ampliação do tempo de aplicação.

Foi perceptível a grande dificuldade de concentração que os alunos tiveram durante a leitura dos textos e, principalmente, durante a resolução das atividades descritivas, a exemplo das atividades Mandando ver. Muitos alunos tiveram dificuldade de sistematizar de forma escrita seu conhecimento ou sua visão sobre os assuntos abordados.

Em geral, enquanto professor, esperava-se uma participação mais efetiva por parte dos alunos e um maior envolvimento de cada um em seus respectivos grupos. Contudo, o trabalho foi enriquecedor, pois levou a eles uma dinâmica de trabalho e de conteúdos que normalmente não se têm nessa etapa de estudo. Por tais razões, fica o registro que numa posterior aplicação deste Produto, algumas adequações serão necessárias.

Certamente, se não houvesse o fator tempo a considerar, e tal proposta fosse aplicada em contraturno, com um grupo seletivo de alunos que tivessem afinidade, interesse e predisposição pelo assunto, pouca ou nenhuma adaptação seria necessária, chegando provavelmente a resultados mais satisfatórios.

- Parecer dos alunos:

Os alunos relataram que a proposta apresentada era muito interessante. Comentaram que os assuntos abordados são bastante instigantes e curiosos, pois, até aquele momento não tinham visto ou estudado naquele grau de profundidade, nada parecido. Concordaram que, apesar do trabalho em grupo contribuir para uma melhor aprendizagem dos assuntos, devido aos momentos de discussão, debate, leitura e sistematização do conhecimento, nem todos os integrantes participaram efetivamente das atividades, assim, levando uns, por vezes, a lograr êxito nas atividades que não realizou.

A maioria fez boa avaliação sobre a metodologia aplicada e o uso de fichários, embora tenham feito críticas em relação as provas que, segundo eles, eram aplicadas muito ao final de cada Subunidade, envolvendo assim, muitos conteúdos para se estudar, tendo então pouco tempo para as mesmas.

Alguns alunos relataram que a proposta se estendeu demasiadamente, e assim, tornou as aulas cansativas em alguns momentos, com excessiva fala do professor durante a abordagem de alguns assuntos. Pontuaram sobre suas dificuldades em entender as questões propostas e, que mais uma vez, nem todos contribuíam para o entendimento da mesma. Em relação ao tempo, destacaram certa preocupação com o planejamento anual, pois, até aquele momento, poucos conteúdos do planejamento foram atendidos pela proposta.

Um aluno em particular, durante uma das aulas, disse estar com saudades de resolver contas e se sentar em fila, comentando que a organização em grupos e os assuntos trabalhados não contribui muito para sua preparação para o ENEM ou vestibular.

No geral, todos gostaram muito da proposta, e disseram querer continuar com essa metodologia de trabalho em grupo e em forma de fichários, sendo que, segundo suas avaliações, isso contribuiu de forma significativa para um maior aprendizado e maior integração nos grupos.

- Parecer da Coordenadora Pedagógica do Ensino Médio:

Primeiramente, destaca-se aqui que este parecer é baseado numa avaliação que a coordenação fez nas duas turmas para todas as disciplinas, objetivando naquele

momento avaliar o trabalho do professor, sua metodologia, a aprendizagem e o comprometimento dos alunos nestas disciplinas. Posteriormente, cada professor foi chamado para uma conversa em particular com a coordenação, sendo repassado a cada um o resultado dessa avaliação.

Segundo a coordenadora, os alunos estavam “vendo com bons olhos” a aplicação do Produto, contudo, alguns mostraram-se preocupados com o tempo e o restante dos conteúdos contidos no planejamento anual, que até aquele momento não haviam sido trabalhados.

Relatou que, segundo os alunos, o professor tem domínio de turma e de conteúdo, mostrando-se bastante preocupado com a aprendizagem de seus alunos. A coordenação também questionou o fato da avaliação e recuperação terem sido registradas com as mesmas datas, ou muito próximas, no sistema de lançamento de notas do colégio. Sobre isso, o professor esclareceu que uma das notas era correspondente aos fichários, sendo estes respondidos durante as aulas e que a recuperação foi feita ao final da aplicação deste fichário, para se ter uma melhor dimensão do grau de aprendizagem de cada aluno.

A coordenação elogiou a proposta e mostrou-se receptiva à sua execução, lamentando que muitas vezes os alunos não estão preparados para esse tipo de trabalho e dinâmica, uma vez que, de acordo com o que também observou nas notas e durante as conversas com esses alunos, o rendimento e o comprometimento deles poderia ter sido melhor.

- Parecer do professor Orientador:

Este relato tem como referência a observação de algumas aulas pelo professor orientador, e conversas com seu orientando durante a elaboração e aplicação do Produto. Com relação as aulas observadas, percebeu-se que o professor as conduziu de forma coerente, com correlação as aulas anteriores, de importância equivalente para as aulas subsequentes, levando para a sala de aula materiais bem elaborados.

Um fato que chamou a atenção, e foi nítido nas duas aulas observadas, é que a maioria dos alunos não realizaram as atividades de forma satisfatória por falta de interesse. Este fato, também foi relatado pelo próprio professor em forma de desabafo e com uma certa frustração durante as conversas enquanto o Produto foi aplicado.

Considerando que este fato pode não estar relacionado ao Produto em si, mas a outros fatores, o Produto e sua aplicação está dentro do que foi proposto inicialmente, necessitando de algumas adequações para futuras aplicações.

7 SE VAI SEGUIR EM FRENTE, APRENDA COM O PASSADO

A aplicação de novas propostas de trabalho que confirmam à práxis pedagógica do professor, mudanças em sua metodologia de ensino, causa, em seus alunos, mudanças em certos hábitos a exemplo da sua participação, do estudo em sala de aula, sua receptividade frente ao diferente, entre outros. Este fato, foi observado durante toda a aplicação do Produto em questão. Feita a mobilização inicial, sobre qual era a proposta de trabalho, alguns alunos, uma minoria, questionaram se o tempo previsto para a conclusão do mesmo não iria de certa forma afetar o planejamento anual da disciplina, o qual todos tinham conhecimento.

Nesse sentido, o professor relatou que muitos dos conteúdos que seriam abordados durante a aplicação do Produto, fazem parte do planejamento anual da disciplina, e que, os conteúdos extras que seriam trabalhados, iriam ao mesmo tempo enriquecer seus currículos e servir de subsídio para outros conteúdos elencados nesse planejamento. De modo geral, a receptividade pela proposta foi positiva, crédito este, atribuído aos assuntos que seriam abordados e, em grande parte, por tratar-se de um encaminhamento que privilegiava o trabalho em grupo, a discussão e o debate.

A aplicação do Produto se estendeu por um tempo consideravelmente maior ao previsto, sendo utilizado um total de 38 horas/aulas de aplicação. Ressalta-se que a esse tempo está computado aulas de revisão para aplicação da prova e devolutiva das mesmas, com correção e recuperação paralela de conteúdos.

Quanto aos resultados, ressalta-se que estes provém de dois momentos distintos no processo de ensino e aprendizagem, pois, enquanto os fichários, por meio da atividades propostas, privilegiam a construção do conhecimento, o debate e a interação entre aluno-aluno, aluno-professor e aluno-objeto de estudo, como defendido pelas teorias de Ausubel e Vygotsky, as provas por sua vez, em atendimento as normas avaliativas da escola, restringiam-se a questões fechadas e pontuais, exigindo do aluno, domínio de conhecimentos específicos, destoando muitas vezes, da proposta do Produto.

Mensurar o grau de aprendizagem do aluno, não é uma tarefa fácil, para isso, é importante que o instrumento avaliativo esteja em consonância com o encaminhamento metodológico de trabalho do professor.

Nesse sentido, reforça-se aqui que em muitos momentos da aplicação do Produto, os alunos promoveram debate entre seus pares, com o professor

proponente, e com o objeto de estudo, em resposta ao encaminhamento metodológico presente nos fichários.

O uso de textos, materiais lúdicos, questões problematizadoras, modelos concretos, cartões e fichários, são tidos aqui como organizadores prévios utilizados para em alguns momentos privilegiar o conhecimento prévio do aluno, avaliando o que este já sabe sobre o assunto, levando-o a aquisição de novos conhecimentos por meio da ressignificação. Tais recursos são capazes de manipular a estrutura cognitiva do aluno, tornando a aprendizagem significativa. Enquanto os materiais lúdicos utilizados na Subunidade 1, proporcionam ao aluno uma aprendizagem por descoberta, na Subunidade 2, o uso de materiais concretos que representavam alguns modelos atômicos, textos e cartões, serviram de subsunçores para levar o aluno a utilizar conceitos já aprendidos, em outros casos mais específicos.

A avaliação nesse contexto, oportunizou que estes registrassem nos fichários, a compreensão e captação de novos significados, sendo avaliado também, como estes transferiram estes conhecimentos em situações não conhecidas, a exemplo do conceito de força, antes aplicado apenas ao aspecto gravitacional, e que após este estudo, ampliou-se a outros contextos e situações.

Ainda sobre os fichários, os materiais utilizados e as atividades propostas, avalia-se que os mesmos potencializaram significativamente a interação entre professor proponente, alunos, e objeto de estudo, contribuindo assim para o desenvolvimento cognitivo do aluno, mediada aqui por símbolos a exemplo da linguagem presente nos debates, das leituras e da escrita.

O uso de instrumentos – fichários, textos, cartões, materiais lúdicos, e de signos – fórmulas, diagramas, mapas conceituais, tabelas e modelos concretos, enquanto mediadores da ação pedagógica, fez da aprendizagem um momento coletivo de troca de experiências, interação entre alunos, professor e objeto de ensino.

Em particular, a Atividade – Varal de ideias, mostrou-se um momento importante de sistematização do conhecimento e interação entre alunos e objeto de estudo. Nessa atividade em particular, é possível perceber o nível de aprendizagem do aluno, quando compara-se seu conhecimento prévio, isto é, o que o aluno já sabe - Zona de Desenvolvimento Real, como o saber alcançado – Zona de Desenvolvimento Potencial, onde a ponte, chamada de Zona de Desenvolvimento Proximal, que liga esses dois saberes, coube aos materiais e métodos utilizados durante a aplicação do Produto.

Ressalta-se, contudo, que mesmo se tratando de um trabalho que promoveu o debate, a leitura, o registro e outras ações nos pequenos grupos, e destes com a turma, nem todos os alunos se sentiam à vontade ou dispostos a participar de uma ou outra atividade, a exemplo da leitura, ou das discussões em grupo. Notou-se ainda uma grande dificuldade nos grupos com relação a interpretação das atividades, e com o registro sintetizado das mesmas em alguns casos.

Quando a realização da prova, percebeu-se uma menor apropriação de aprendizagem. Tal fato justifica-se por se tratar de uma avaliação específica e que dependia apenas do conhecimento unilateral do aluno.

Contudo, salienta-se que é uma proposta pertinente de ser aplicada em novas turmas, considerando fazer na mesma, adequações necessárias que atendam a uma readequação de tempo e objetividade de algumas atividades, sem gerar prejuízo ao planejamento anual do professor.

REFERÊNCIAS

- ALVETTI, M. A. S. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista ciência hoje**. 1999. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: http://www.casadaciencia.ufrj.br/Publicacoes/Dissertacoes/Alveti_tese.PDF
Acesso em: 13 set. 2018.
- 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.
- BEZERRA, D. P.; *et. al.* A evolução do ensino de física: perspectiva docente. **Scientia Plena**, vol. 5, n 9, 2009.
Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/672>
Acesso em: 20 nov. 2018.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**: Lei número 9394, 20 dez. de 1996, Brasília: Senado Federal, 1996.
- BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018.
- CANATO JUNIOR, Osvaldo. **Texto e contexto para o ensino de física moderna e contemporânea na escola média**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-20102005-222603/pt-br.php>
Acesso em: 07 ago. 2018.
- CHINELLI, M. P.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. de. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Revista Ciência e Educação**. v.16, n.1, p.17-35, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n1/v16n1a02.pdf>
Acesso em: 27 out. 2018.
- 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.

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
Acesso em: 15 nov. 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. 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
Acesso em: 10 nov. 2018.

KIEFER, N. I. S.; PILATTI, L. A. Roteiro para a elaboração de uma aula significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, vol 7, n. 1, 2014.
Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1648>
Acesso em: 15 nov. 2018.

KLAUSEN, L. dos S. **Aprendizagem significativa: um desafio**. In: Educere: Congresso Nacional de Educação, 2017, Curitiba. Pôster. Curitiba, PUC - PR, 2017.
Disponível em: https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/25702_12706.pdf
Acesso em: 10 nov. 2018.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**. São Paulo, 2000. p. 85-93.
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>
Acesso em: 09 nov. 2018.

MACHADO, M. de A. **O ensino de física térmica na perspectiva da aprendizagem significativa: uma aplicação no ensino médio**. 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.
Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/5251>
Acesso: 20 jan. 2019.

MARSULO, M.A.G.; SILVA, R.M.G. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 3, 2005. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N3.pdf
Acesso em: 10 set. 2018.

MARTINEZ, M. J.; LAHORE, C. O. **Planejamento Escolar**. São Paulo, Saraiva, 1977.

MARTINS, J. B. **A história do átomo - de Demócrito aos quarks**. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2001.

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.s bq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf
Acesso em: 14 jan. 2019.

MENEGOLLA, M.; SANT'ANNA, I. M. **Por que planejar? Como planejar?** currículo, área, aula. 16. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo. Ed. Livraria da Física, 2011.

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 Ensino-aprendizagem 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. 2016.

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
Acesso em: 27 out 2017. ISBN 978-85-8015-079-7.

OLIVEIRA, F. F. de; VIANNA, D. M; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf>
Acesso em: 14 jan. 2019.

OSTERMANN, F. **Tópicos de física contemporânea em escolas de nível Médio e na formação de professores de física**. 1999. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/149956>
Acesso em: 20 jan. 2019

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.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Sobre o Ensino do Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.
Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/85011>
Acesso em: 10 jan. 2019.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.
Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600>
Acesso em: 05 out. 2018.

PARANÁ, Governo do Estado do Paraná. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares Estaduais de Física**. Curitiba/PR, 2008. 97p.

PARANÁ, Governo do Estado do Paraná. Secretaria de Estado da Educação. **Livro Didático Público - Física** / vários autores, 2.ed – Curitiba: SEED-PR, 2007.

PENA, F. L. A. Por que, nós professores de física do ensino médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 1-2, 2006.
Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/edicoes.shtml>
Acesso em: 07 abr. 2019.

PIRES, A. S. T. **Evolução das ideias da física**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

PRIALNIK, D. **An Introduction to the Theory os Stellar Structure and Evolutin**. Cambridge. Cambridge University Press: 2 ed. 2009.

POPPER, Karl R. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~borges/publicacoes/notaveis/Popper.pdf>
Acesso em: 07 abr. 2019.

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.

ROSA, C. W. da, ROSA, A. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 4, nº 1, 2005.
Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf
Acesso em: 10 nov. 18.

SABINO, A. C. *et al.* A utilização do software Máxima no ensino por investigação da evolução estelar utilizando simulação gráfica da fusão nuclear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 41, n. 3, e20180118, 2019.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0118>
Acesso em: 14 jan. 2019.

SANCHES, M. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2006.
Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/dissertacoes/fisica_moderna.pdf.
Acesso em: 20 jun. 2018.

SANTOS, C. A. dos, (org.). **Energia e matéria: da fundamentação conceitual às aplicações tecnológicas**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2015.

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.

SILVA, I. B. da, TAVARES, O. A. de O. Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem de física. **HOLOS**, [S.l.], v. 1, p. 4-12, dez. 2007. ISSN 1807-1600.
Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/52>.
Acesso em: 14 nov. 18.

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
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.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3.ed. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TIRONI, C. R. *et. al.* **A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. In: Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. 2013.

Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0986-1.pdf>

Acesso em: 10 jan. 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 1ª ed. São Paulo. Ed. Martins Fontes, 2000.

APÊNDICE A –

UM POUCO SOBRE A NATUREZA DAS COISAS

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual de Ponta Grossa

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

*Um pouco sobre a
natureza das
coisas*

*Robson Lima Oliveira
André Maurício Brinatti*

PONTA GROSSA
2020

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA – Encontre aqui.....	144
FIGURA 2.1 - Layout da cadeia próton-próton.....	224
FIGURA 4.1 - Algumas partículas elementares.....	332
FIGURA 4.2 – Interações fundamentais.....	338
FIGURA 4.3 – Fissão ou Fusão nuclear.....	355
FIGURA 4.4 – Decaimento alfa (isótopo de Plutônio 239)	357
FIGURA 4.5 – Decaimento β^- (isótopo de Carbono 14).....	358
FIGURA 4.6 – Decaimento β^+ (isótopo de Flúor 18).....	359
FIGURA 4.7 – Captura eletrônica (isótopo de Alumínio 26).....	360
FIGURA 4.8 – Decaimento gama (isótopo de Radônio 222).....	361
FIGURA 5.1 - Cartão de afirmação	363
FIGURA 5.2 - Cartão de negação	364
FIGURA 5.3 – Modelo de tira para o quark up	392
FIGURA 5.4 – Modelo de tira para o quark down.....	393
FOTOGRAFIA 5.1 – Cartões de afirmação e negação	365
FOTOGRAFIA 5.2 - Modelo: Apenas fique de olho.....	365
FOTOGRAFIA 5.3 - Modelo: Pode pegar, mas fique de olho	366
FOTOGRAFIA 5.4 - Modelo: Passa para outro. Só não pode ver.....	366
FOTOGRAFIA 5.5 - Cartões (Ativ. 5 - Varal de ideias - Sub 1).....	367
FOTOGRAFIA 5.6 - Disposição de cartões (Ativ. 5 - Sub. 1).....	367

FOTOGRAFIA 5.7 - Cartões (Ativ. 2 - Varal de ideias – Sub. 2)	373
FOTOGRAFIA 5.8 - Disposição de cartões (Ativ. 2 – Sub. 2)	374
FOTOGRAFIA 5.9 – Modelo atômico: Arché.....	386
FOTOGRAFIA 5.10 - Modelo atômico: Quatro elementos	386
FOTOGRAFIA 5.11 - Modelo atômico: Dalton - Bola de bilhar	387
FOTOGRAFIA 5.12 - Modelo atômico: Carga enquanto fluido.....	387
FOTOGRAFIA 5.13 - Modelo atômico: Carga enquanto partícula	388
FOTOGRAFIA 5.14 - Modelo atômico: Thomson - Pudim de passas	388
FOTOGRAFIA 5.15 - Modelo atômico: Rutherford-Bhor - Planetário.....	389
FOTOGRAFIA 5.16 - Modelo atômico: Quarks	389
FOTOGRAFIA 5.17 - Núcleons e seus quarks constituintes.....	390
FOTOGRAFIA 5.18 - Modelos em tiras representando os quarks	391
FOTOGRAFIA 5.19 - Modelo esférico de quarks combinados.....	394
FOTOGRAFIA 5.20 - Construindo modelos	395
FOTOGRAFIA 5.21 - Mural da cadeia próton-próton.....	396
QUADRO 2.1 – Modo de distribuição dos modelos de estudo.....	165
QUADRO 2.2 – Modo de distribuição dos cartões azuis.....	174
QUADRO 2.3 – Modo de distribuição dos cartões vermelhos.....	174
QUADRO 2.4 – Modo de distribuição dos cartões amarelos	175
QUADRO 2.5 – Modo de distribuição dos cartões verdes	176
QUADRO 2.6 – Modo de distribuição dos modelos atômicos	188

QUADRO 2.7 – Modo de distribuição das descrições atômicas.....	189
QUADRO 2.8 – Resumindo ideias	198
QUADRO 2.9 – Indicação dos modelos atômicos, segundo grupo	207
QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas.....	210
QUADRO 4.1 - Características de algumas partículas.....	330
QUADRO 4.2 - Características das interações fundamentais	337
QUADRO 4.3 – Modelo do Big Bang	346
QUADRO 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar	348
QUADRO 4.5 – Decifrando uma reação	350
QUADRO 5.1 - Coleção 1 de cartões para Atividade 5 - Varal de ideias	368
QUADRO 5.2 - Coleção 2 de cartões para Atividade 5 - Varal de ideias	369
QUADRO 5.3 - Coleção 3 de cartões para Atividade 5 - Varal de ideias	370
QUADRO 5.4 - Coleção 4 de cartões para Atividade 5 - Varal de ideias	372
QUADRO 5.5 – Modo de distribuição dos modelos atômicos	374
QUADRO 5.6 – Modelo de cartões com palavras-chave	375
QUADRO 5.7 – Modelo de cartões com descrições históricas	377
QUADRO 5.8 - Número de tiras segundo cor e código impresso	391
QUADRO 5.9 – Modo de distribuição dos cartões elementos.....	396
QUADRO 5.10 - Cartão elemento hidrogênio (massa 1)	397
QUADRO 5.11 - Cartão elemento deutério (hidrogênio de massa 2).....	398
QUADRO 5.12 - Cartão elemento hélio (massa 3).....	399

QUADRO 5.13 - Cartão elemento hélio (massa 4).....	400
QUADRO 5.14 - Cartão elemento berílio (massa 7)	401
QUADRO 5.15 - Cartão elemento elétron (beta menos)	402
QUADRO 5.16 - Cartão elemento lítio (massa 7).....	403

SUMÁRIO

RESPONDENDO AOS PORQUÊS.....	142
1 O QUE VOCÊ VAI ENCONTRAR AQUI.....	145
1.1 UM OLHAR GERAL SOBRE CADA SUBUNIDADE	146
2 PLANO DE UNIDADE	150
2.1 IDENTIFICAÇÃO.....	150
2.2 EMENTA	150
2.3 OBJETIVOS	150
Objetivo Geral	150
Objetivos Específicos	150
2.4 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	151
2.5 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	151
2.6 AVALIAÇÃO	156
2.7 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 1	158
2.8 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 2	185
2.9 ROTEIRO DOCENTE DA SUBUNIDADE 3	219
3 FICHÁRIO PARA O ALUNO	232
3.1 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 1 (GRUPO 1A E 1B)	233
3.2 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 1 (GRUPO 2A E 2B)	243
3.3 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 1 (GRUPO 3A E 3B)	253
3.4 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 1 (GRUPO 4A E 4B)	263
3.5 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 2.....	273
3.6 FICHÁRIO DA SUBUNIDADE 3.....	293
4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE APOIO AO PROFESSOR.....	316
4.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UM OLHAR SOBRE O MÉTODO CIENTÍFICO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA.....	317
4.1.1 Construindo modelos.....	317
4.1.2 O conhecimento científico	318
4.1.3 A construção do método científico	319
4.1.4 A regra é.....	321

4.1.5 Mais sobre o Método Científico	322
4.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2: MODELOS ATÔMICOS	323
4.2.1 Uma parte do todo.....	323
4.2.2 A evolução dos modelos atômicos	325
4.2.3 Se liga, eu tenho a força.....	339
4.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3: DECAIMENTOS RADIOATIVOS.....	344
4.3.1 Uma evolução que vem do céu	344
4.3.2 A culpa é das estrelas... ..	345
4.3.3 E o que a estrela uniu, a própria natureza separa.....	354
5 RECURSOS DIDÁTICOS	362
5.1 SUBUNIDADE DIDÁTICA 1	362
5.2 SUBUNIDADE DIDÁTICA 2	373
5.3 SUBUNIDADE DIDÁTICA 3	395
REFERÊNCIAS.....	405
REFERÊNCIAS CONSULTADAS	406

RESPONDENDO AOS PORQUÊS

Este Produto³, 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.

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.

³ 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.

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.

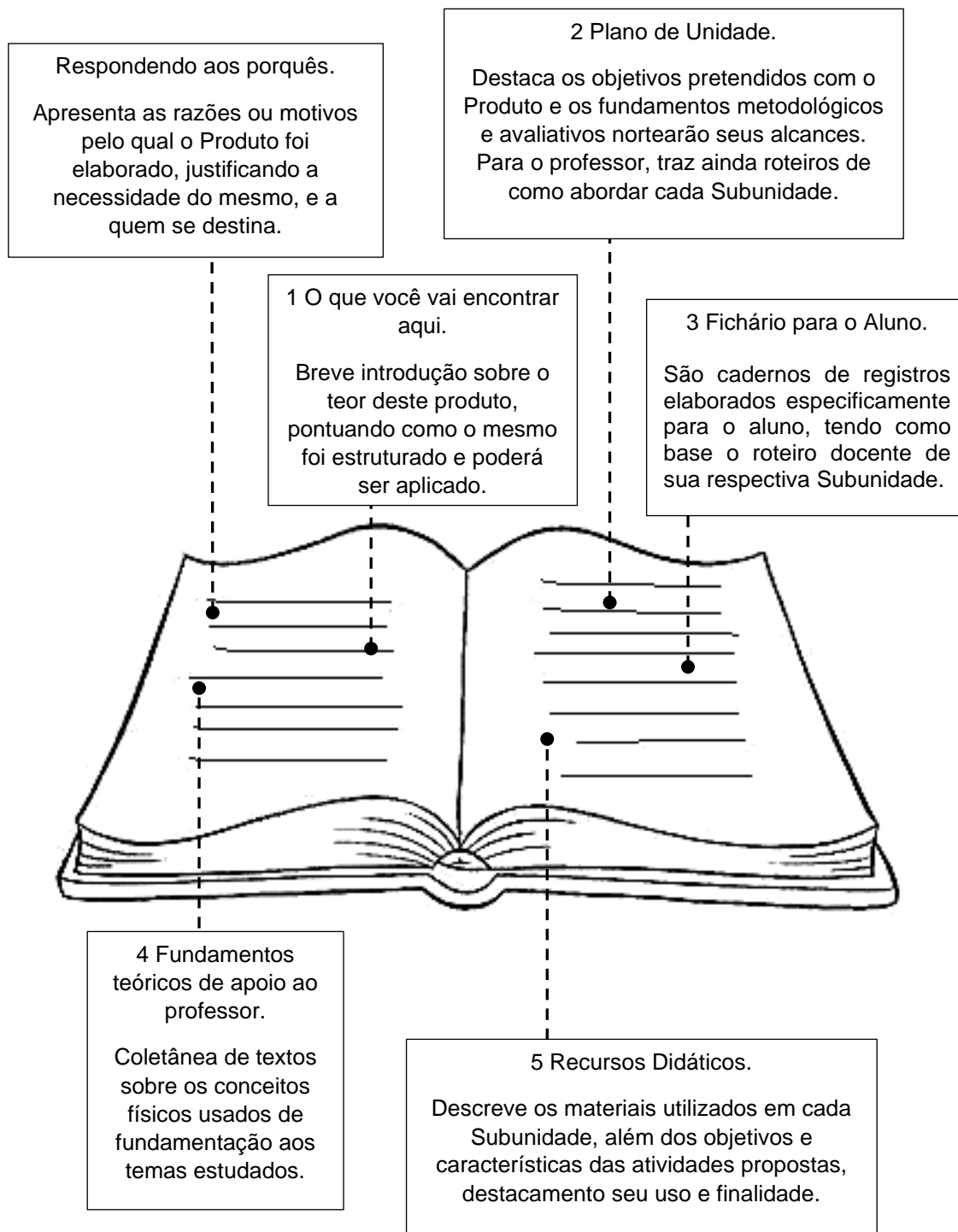
No Capítulo 4, tem-se disponível todos os textos que serviram de fundamentação teórica em Física, sendo alguns desses direcionados apenas ao professor, e outros, também aos alunos.

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 explicação 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 medição 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 dos 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, espera-se 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 científica⁴.

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. 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

⁴ A dinâmica ministrada pelo Prof. Sílvio 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.utfpr.edu.br/rbect/article/view/309>> Acesso em: 13 set. 2018.

(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, avalia-se 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 auto identificação 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)



Subunidade Didática 1

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,

orientar 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: Sistemas 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

Cartão Azul	Fichário	Informação frontal	Verso
	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

Cartão Vermelho	Fichário	Informação frontal	Verso
	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
Cartão Amarelo	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 apresenta, 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.

(b) 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:

- 01. 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 financiar o 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 tr s 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   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. aplicação 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:

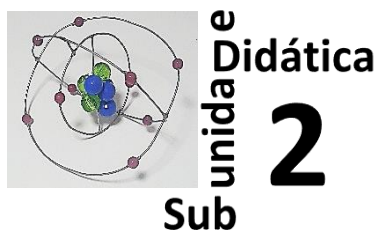
- (A) testar outras variantes
- (B) confirmar as conclusões obtidas com o grupo experimental
- (C) desmentir as conclusões obtidas com o grupo experimental
- (D) servir de referência padrão diante dos resultados fornecidos pelo grupo experimental
- (E) testar a eficiência dos equipamentos usados na experiência

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.

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?

FIGURA: O átomo



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

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

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

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
Cartão Azul		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.)	Marie Curie
	Quarks	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.)	Benjamin Franklin
		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.)	James Chadwick

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

(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	

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

(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, resulto 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

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

(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 concluírem 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>	<p>Michael Faraday</p>
	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>	<p>Anaxímenes</p>
		<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>	<p>George J. Stoney</p>

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

(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

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

(conclusão)

Cartão Azul	Palavra-chave	Descrição	Verso
		<p>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)</p>	<p>Ernest Rutherford</p>
	Éter	<p>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)</p>	<p>Tales de Mileto</p>
		<p>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)</p>	<p>Stephen Gray</p>

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 - Segundo registro			
Cartão Amarelo	Cartão Azul		
Quarks	Marie Curie	Benjamin Franklin	James Chadwick
Bárions	Robert Symmer	Wilhelm Eduard Weber	Willian Gilbert
Hádrons	Arnold Sommerfeld	Niels Bohr	Demócrito
Léptons	Aristóteles	Otto von Guericke	Elgen Goldstein
Apeiron	Joseph John 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"> - A <i>arché</i> é vista como uma substância primordial; - Considerada a base de tudo; - Seria indestrutível estando presente em todo lugar; - Era representada pela água, pelo ar, apeiron, ou ainda uma combinação de quatro elementos: terra, água, ar e fogo.
Dalton - bola de bilhar	Séc. XVIII a Séc. XIX	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo representado por uma esfera maciça, homogênea indestrutível e indivisível (átomo) e de carga elétrica neutra; - Toda matéria seria formada por estes átomos; - A variedade de elementos na natureza, deve-se a forma com que os átomos estão organizados um ao outro; - Elementos diferentes, derivam de os átomos também diferentes.
Thomson - pudim de passas	Séc. XIX a Séc. XX	<ul style="list-style-type: none"> - 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.

Fonte: O autor

QUADRO 2.8 – Resumindo ideias

(Conclusão)

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

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.

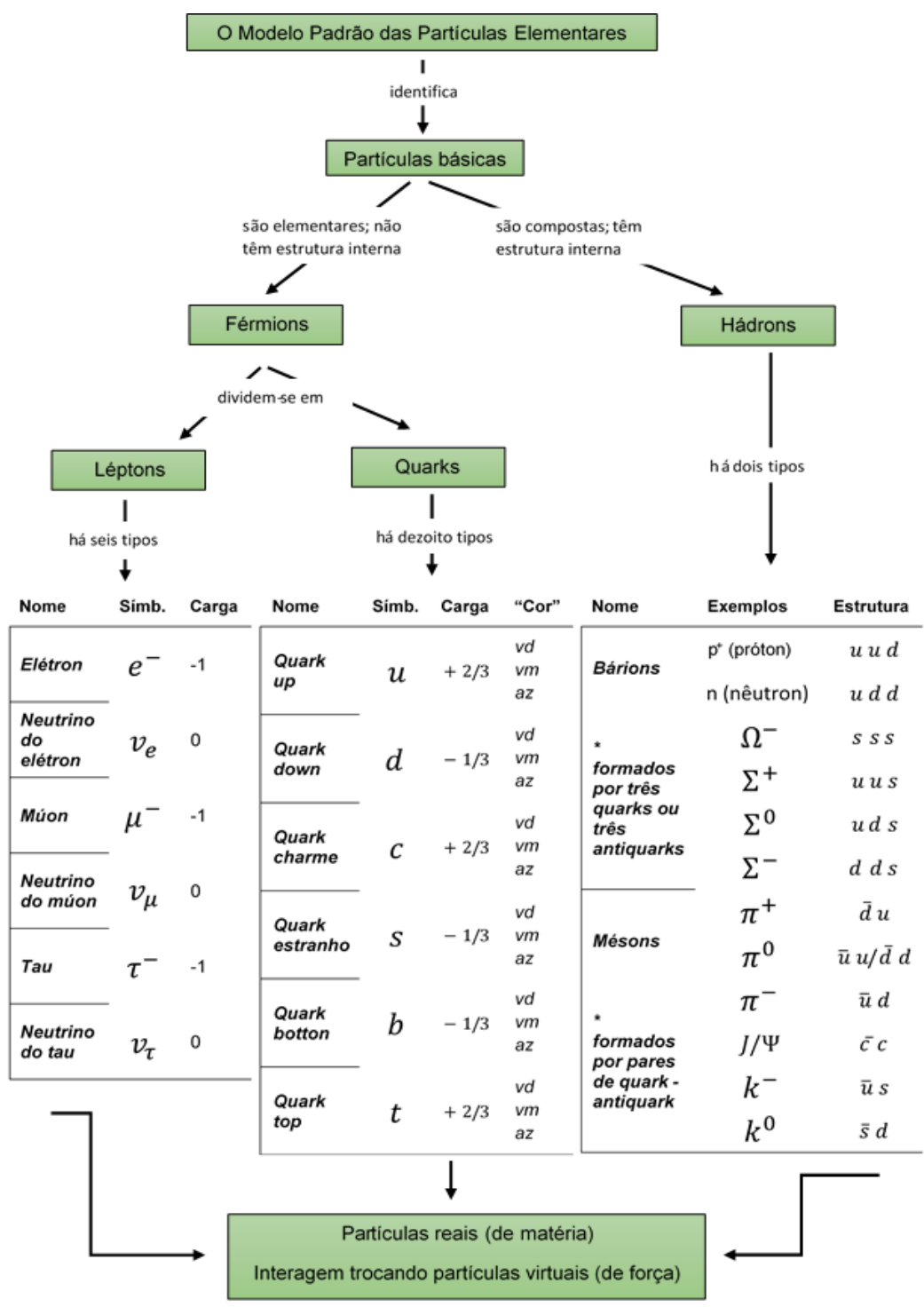
A proposta desta atividade, como procedido em sua aplicação, foi fazer com que os alunos respondessem essas questões propostas aqui em dois momentos distintos. Num primeiro momento, tendo como referência apenas a leitura e explicação da Figura 4.1 – Algumas partículas elementares. Num segundo momento, 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	Trítio
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.

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)

QUADRO 2.10 – Expectativa de respostas

(continua)

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)
1	4	3	2	<ul style="list-style-type: none"> - Hádrons - Próton e Nêutron - Bárions - No núcleo - Próton: +1 Nêutron: 0 	<ul style="list-style-type: none"> - Férmions - Elétron, Quarks up e Quarks down - Léptons e Quarks - Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo - Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3 	<ul style="list-style-type: none"> - Glúons, Fótons e Grávitons - Glúons: no núcleo Fótons: na eletrosfera Grávitons: núcleo e eletrosfera 	<p>Próton: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = + 1$</p> <p>Nêutron: $udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$</p> <p>Átomo: $3(p) + 2(e) = + 3 - 2 = + 1$</p>
2	8	8	10	<ul style="list-style-type: none"> - Hádrons - Próton e Nêutron - Bárions - No núcleo - Próton: +1 Nêutron: 0 	<ul style="list-style-type: none"> - Férmions - Elétron, Quarks up e Quarks down - Léptons e Quarks - Elétron, na eletrosfera e Quarks no núcleo - Elétron: -1 Quarks up: +2/3 Quarks down: -1/3 	<ul style="list-style-type: none"> - Glúons, Fótons e Grávitons - Glúons: no núcleo Fótons: na eletrosfera Grávitons: núcleo e eletrosfera 	<p>Próton: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = + 1$</p> <p>Nêutron: $udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$</p> <p>Átomo: $8(p) + 10(e) = + 8 - 10 = - 2$</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: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$</p> <p>Átomo: $1(p) + 1(e) = +1 - 1 = 0$</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: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$</p> <p>Nêutron: $udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$</p> <p>Átomo: $1(p) + 1(e) = +1 - 1 = 0$</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 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: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$</p> <p>Nêutron: $udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$</p> <p>Átomo: $1(p) + 1(e) = +1 - 1 = 0$</p>
6	2	2	0	<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: $uud + 2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$</p> <p>Nêutron: $udd + 2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$</p> <p>Átomo: $2(p) = +2$</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: uud $+ 2/3 + 2/3 - 1/3$ $= + 1$</p> <p>Nêutron: udd $+ 2/3 - 1/3 - 1/3$ $= 0$</p> <p>Átomo: $2 (p) + 2 (e)$ $= + 2 - 2$ $= 0$</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: uud $+ 2/3 + 2/3 - 1/3$ $= + 1$</p> <p>Nêutron: udd $+ 2/3 - 1/3 - 1/3$ $= 0$</p> <p>Átomo: $6 (p) + 6 (e)$ $= + 6 - 6$ $= 0$</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 .

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

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) 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.

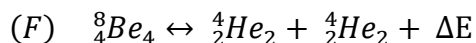
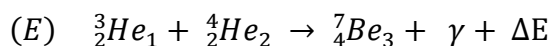
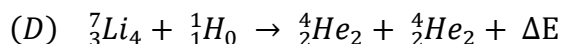
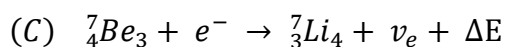
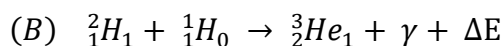
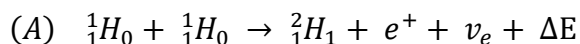
a) O elemento químico formado no produto, é mais leve ou mais pesado que os elementos químicos presentes na reação? Justifique.

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 β^-
- 01 cartão na cor marrom para representar o elemento 7_3Li
- 01 cartão na cor laranja para representar o elemento 8_5B

Nessas reações, há também a liberação de outras partículas a exemplo do pósitron (e^+), do neutrino do elétron (ν_e), raio gama (γ) e energia (ΔE). 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.

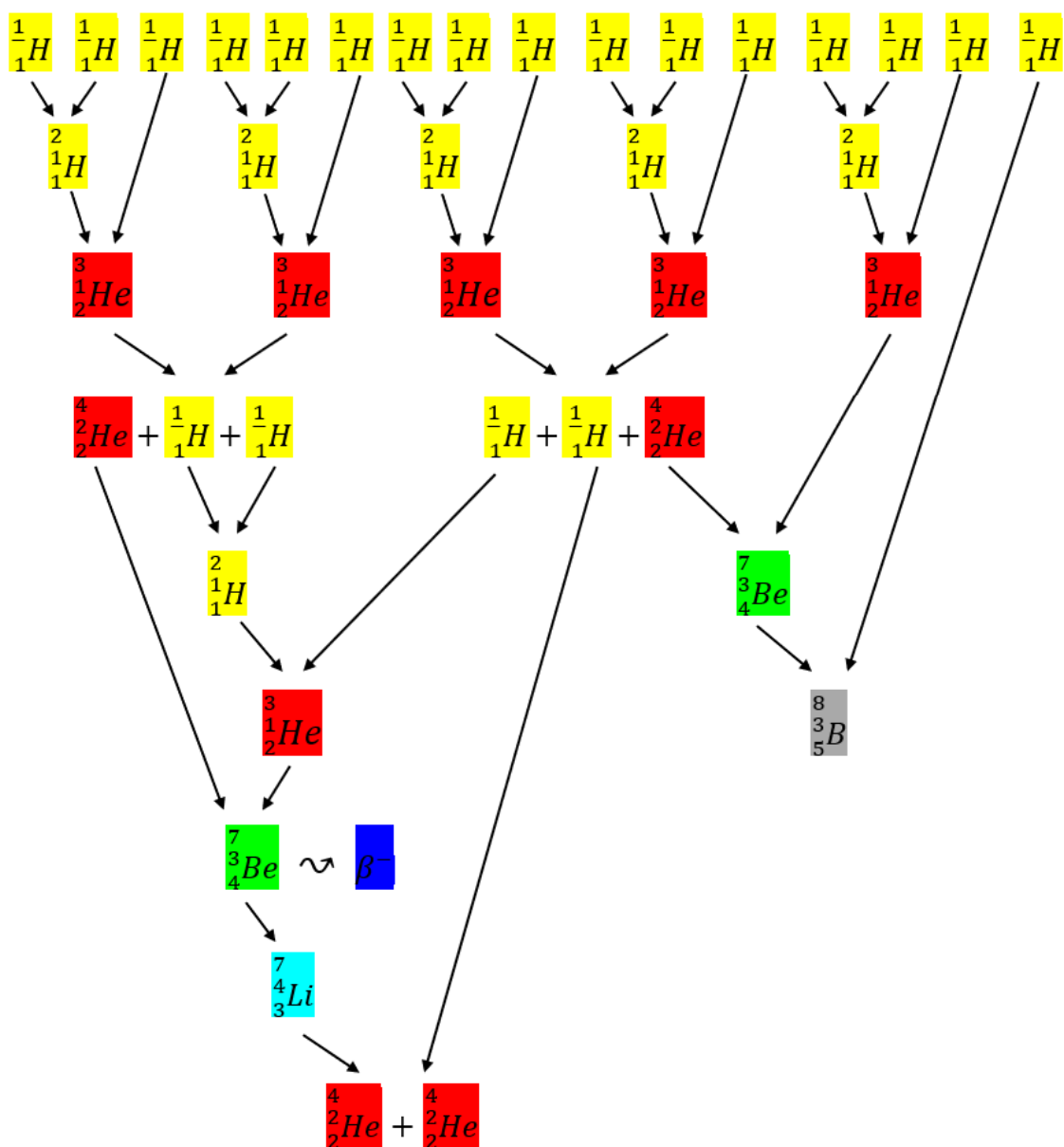
Na sequência, destaca-se a Atividade 2 – Varal de ideias, com sua expectativa de resposta.

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.

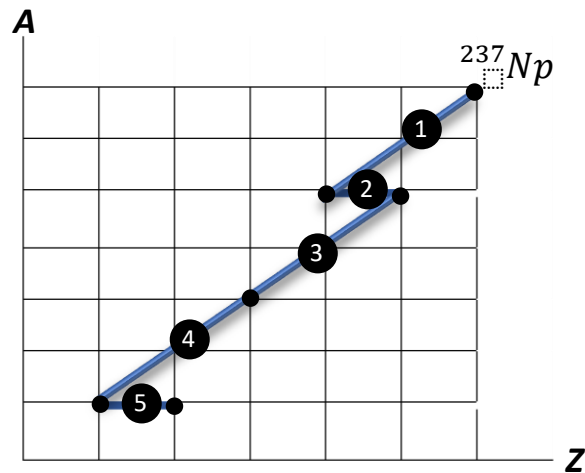
Na sequência, destaca-se a Atividade 3 – Mandando ver, com sua expectativa de resposta.

Atividade 3 – Mandando ver

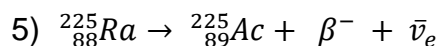
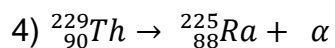
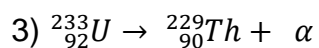
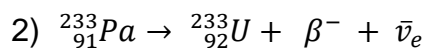
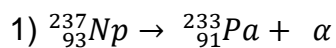
3.1) (Tipler, 2006) Para o elemento ${}^{233}_{93}\text{Np}$ são permitidos quatro tipos de decaimento possíveis. Complete as lacunas abaixo com as partículas que estão faltando, indicando o tipo de decaimento ocorrido em cada caso.

- | | |
|--|--|
| a) ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{233}_{94}\text{Pu} + \beta^- + \bar{\nu}_e$ | 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}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?



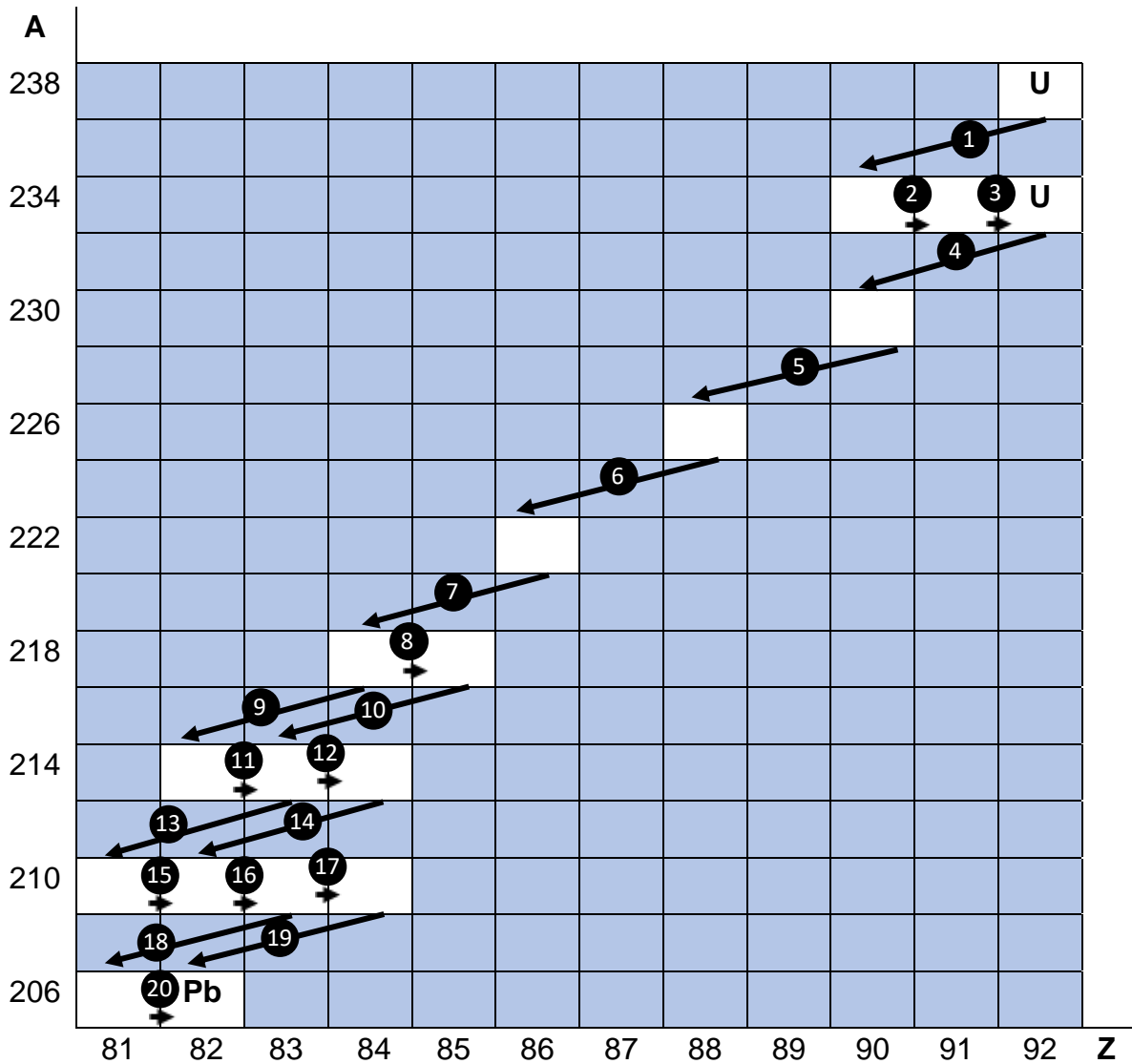
R: Observe que os segmentos de reta em diagonal ligam elementos de diferentes números atômicos e diferentes número de massa, sinalizando assim, decaimentos do tipo alfa. Os segmentos na horizontal, ligam elementos que possuem diferentes números atômicos e do menor ao maior e mesmo número de massa, sinalizando 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:



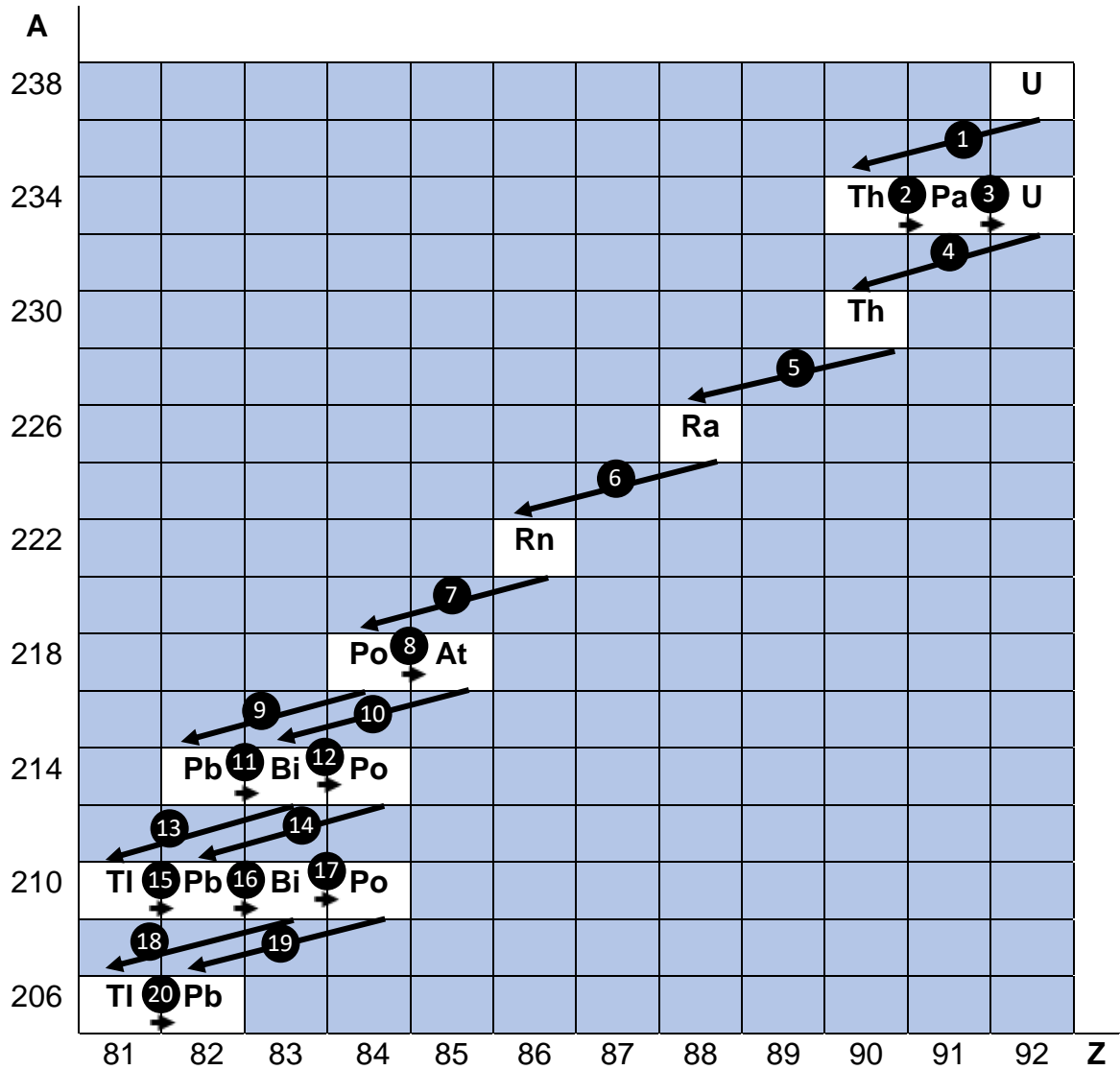
3.3) (Adaptado de Hewitt – 2015) Na figura abaixo, observa-se uma sucessão de decaimentos radioativos do $^{238}_{92}\text{U}$ até o $^{206}_{82}\text{Pb}$, um isótopo do chumbo. Note que alguns dos núcleos na série, podem decair de duas maneiras. Esta é uma das várias séries de decaimentos radioativos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



a)



b)

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

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 fumantes. Além dessas substâncias, o tabaco contém

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

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 (β_-) indicam que esta é idêntica ao:

- (A) átomo de hidrogênio
(B) átomo de hélio

- (C) próton
- (D) nêutron
- (E) elétron

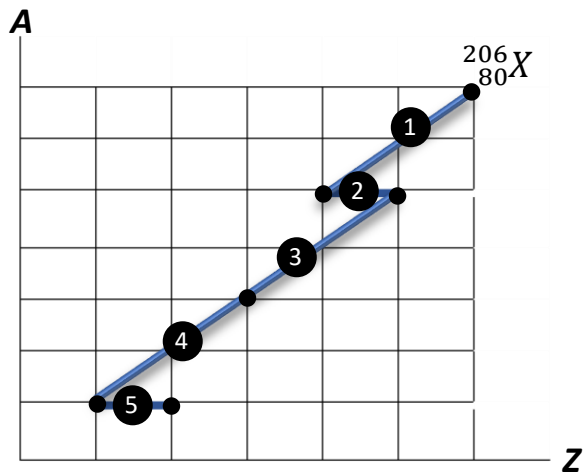
04) (1,5 pt) (Unimontes MG) O núcleo de tório, ${}^{232}_{90}\text{Th}$, ao sofrer desintegração radiativa, emite as seguintes partículas sucessivamente: $\alpha, \beta, \beta, \alpha, \alpha, \alpha, \beta, \alpha, \alpha, \beta$. Sabendo-se que uma partícula alfa e uma partícula beta são representadas 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) ${}^{233}_{93}\text{Np} \rightarrow {}^{232}_{92}\text{U} + \text{_____}$ 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:



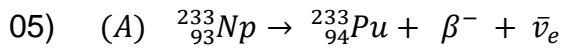
Gabarito:

01) C

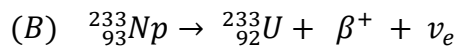
02) C

03) E

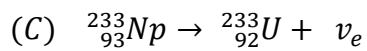
04) C



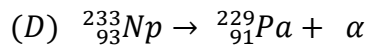
Tipo de decaimento: beta menos



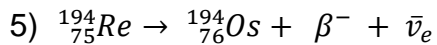
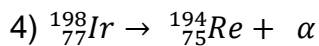
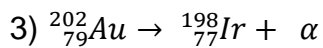
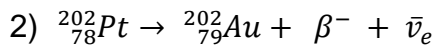
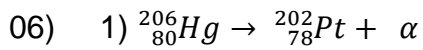
Tipo de decaimento: beta mais



Tipo de decaimento: captura eletrônica



Tipo de decaimento: alfa



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.



Sub
unidade
e 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 científico⁵

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.

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

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 considera 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.



Sub
unidade
e
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 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 científico⁶

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

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

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.



Sub
unidade
e
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 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 científico⁷

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, 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.

⁷ Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

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.



Sub
unidade
e
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 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 científico⁸

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...

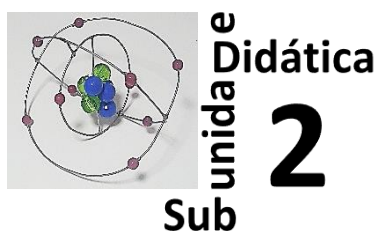
Foi, no entanto, com a obra - Discurso do Método, de René Descartes que foram lançados, de fato, os fundamentos do método científico moderno.

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, 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.

⁸ Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

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 sobre tudo, 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 histórica, 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 como 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.

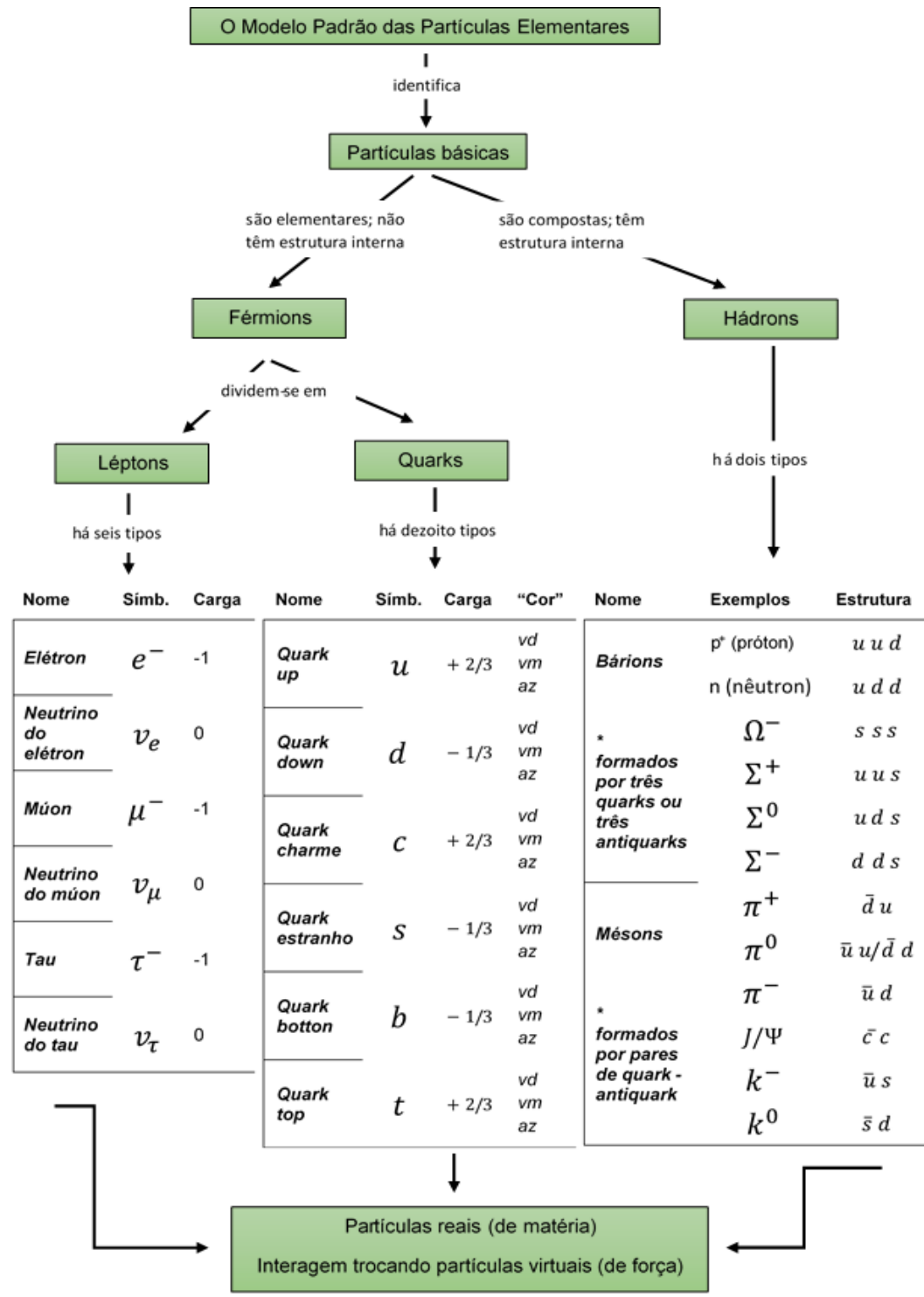
Esta próxima atividade tem como objetivo sistematizar o que você aprendeu até aqui acerca de alguns modelos estudados, afinal, é preciso organizarmos as ideias. Seu grupo deve agora completar o Quadro - Resumindo ideias, podendo utilizar algumas informações disponíveis nos cartões, entre outros registros,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

QUADRO - Resumindo ideias...		
Modelo	Época	Ideia central
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 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 β . 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.

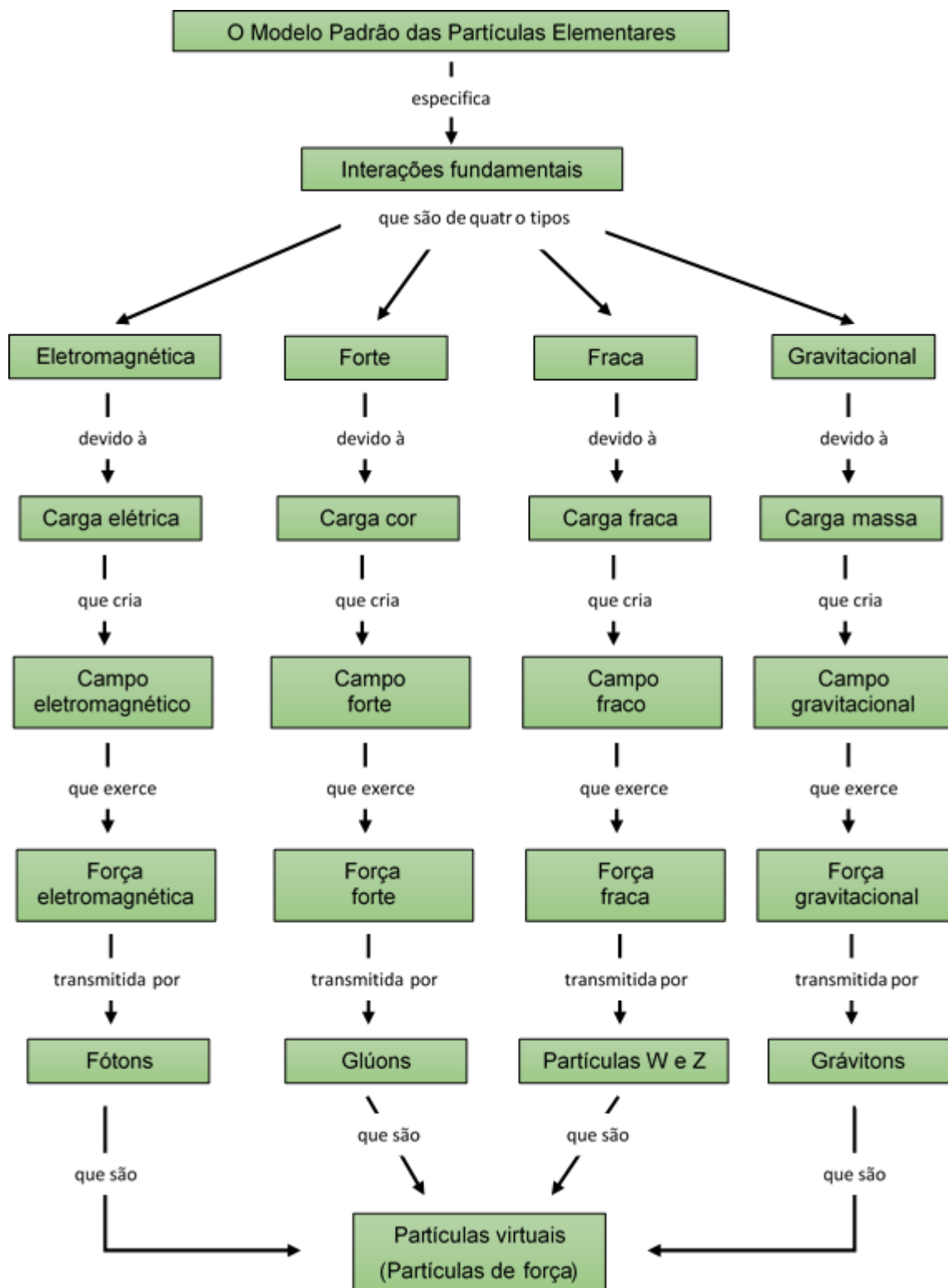
QUADRO - Características das Interações Fundamentais

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	∞	10^{-18}	$1/137$
Fraca	W^{\pm}, Z^0	Carga fraca	10^{-18}	10^{-16} a 10^{-10}	10^{-5}
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	∞	-	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.

Grupo	a)	b)	c)	d)	e)	f)



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. 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 eletrofraca.

QUADRO – Modelo do Big Bang

(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 × 10 ⁹ anos	20 K	Formação de proto-aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
10 × 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 – 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)

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.

QUADRO – Principais reações de nucleossíntese estelar

(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>. 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 β^- nas reações de decaimentos.
ν_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.
γ	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.
ΔE	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.

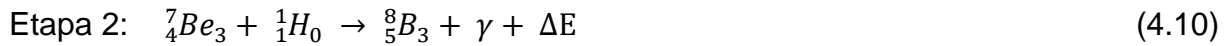


Cadeia pp III

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: ${}^1_1H_0 + {}^1_1H_0 \rightarrow {}^2_1H_1 + e^+ + \nu_e + \Delta E$, 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.

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.

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.

- (A) ${}^1_1\text{H}_0 + {}^1_1\text{H}_0 \rightarrow {}^2_1\text{H}_1 + e^+ + \nu_e + \Delta E$
 (B) ${}^2_1\text{H}_1 + {}^1_1\text{H}_0 \rightarrow {}^3_2\text{He}_1 + \gamma + \Delta E$
 (C) ${}^7_4\text{Be}_3 + e^- \rightarrow {}^7_3\text{Li}_4 + \nu_e + \Delta E$
 (D) ${}^7_3\text{Li}_4 + {}^1_1\text{H}_0 \rightarrow {}^4_2\text{He}_2 + {}^4_2\text{He}_2 + \Delta E$
 (E) ${}^3_2\text{He}_1 + {}^4_2\text{He}_2 \rightarrow {}^7_4\text{Be}_3 + \gamma + \Delta E$
 (F) ${}^8_4\text{Be}_4 \leftrightarrow {}^4_2\text{He}_2 + {}^4_2\text{He}_2 + \Delta E$
-
-
-
-

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...

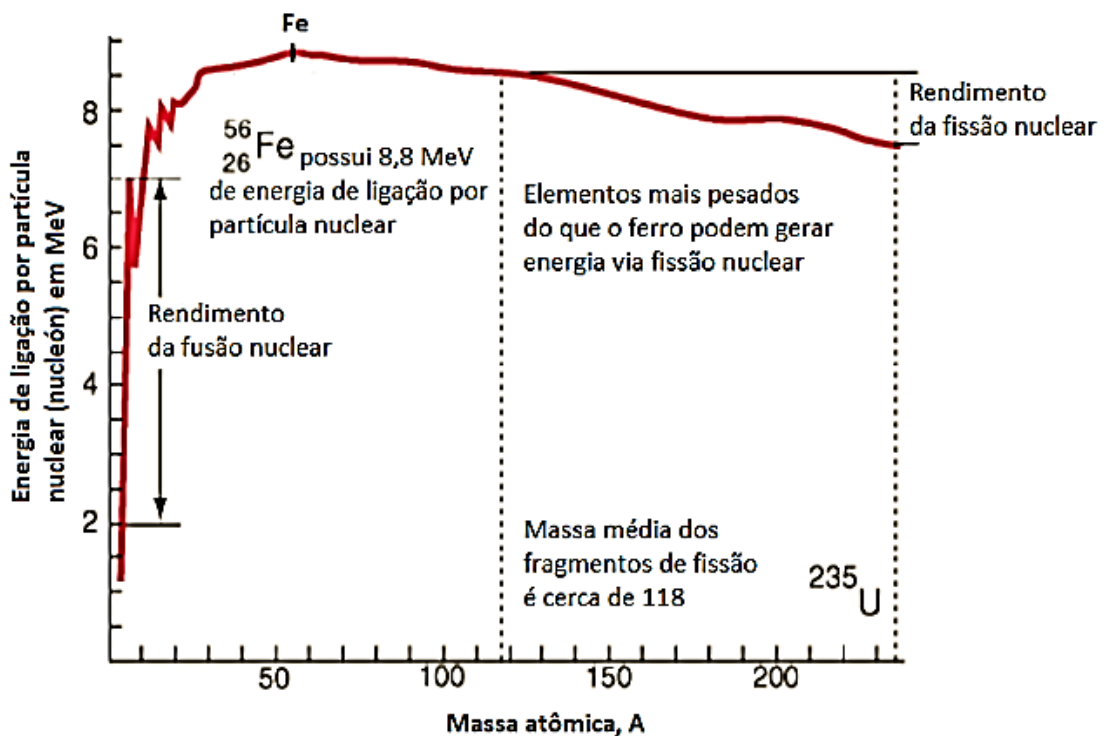
E o que a estrela uniu, a própria natureza separa...

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 ΔE_{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 núcleon ΔE_{eln} , que é a razão entre a energia de ligação ΔE_{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.

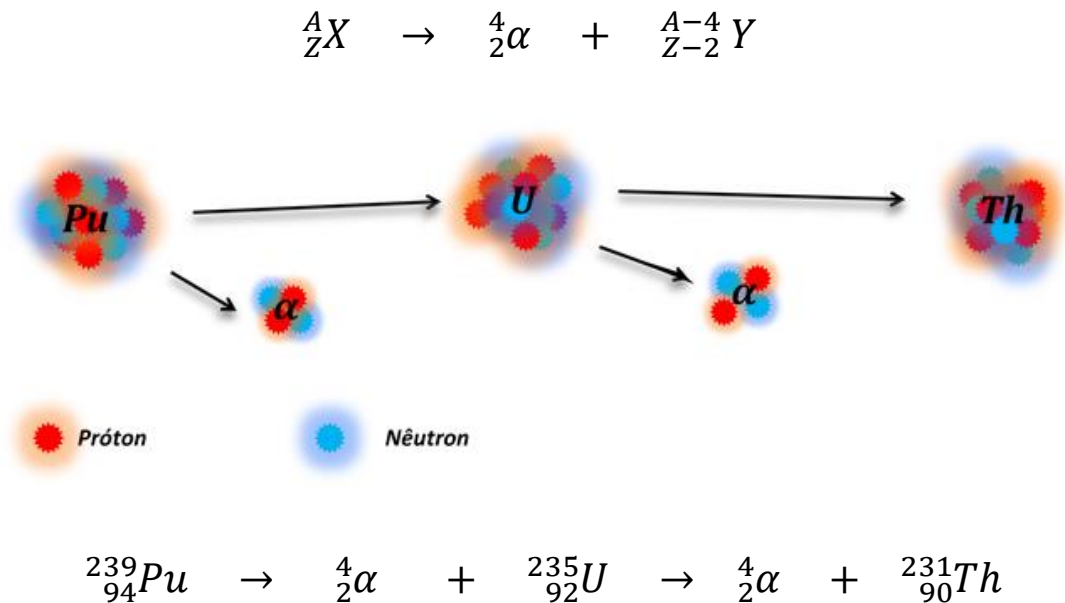
Dos processos possíveis, discutir-se-á aqui apenas os três decaimentos mais comuns, a saber: (a) decaimento alfa, (b) decaimento beta e (c) decaimento gama.

(a) Decaimento Alfa: Foi Rutherford, em 1899 quem primeiro intitulou um tipo específico de radiação de raios α , 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 chamou de raios α , a outra, chamou de raios β , 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

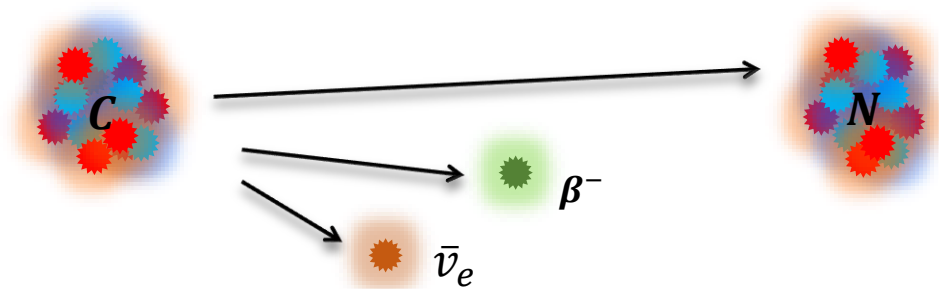


Fonte: O autor

(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 β^- , ou um pósitron, β^+ . 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 β^- : 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 β^- 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 β^- geralmente ocorre em núcleos ricos em nêutrons. Na Figura – Decaimento β^- , por exemplo, o isótopo do Carbono (C) (14) ao sofrer um decaimento β^- , transforma-se em Nitrogênio (N), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Decaimento β^- , ocorrido com isótopo de Carbono 14

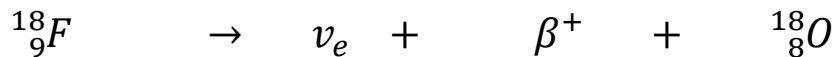
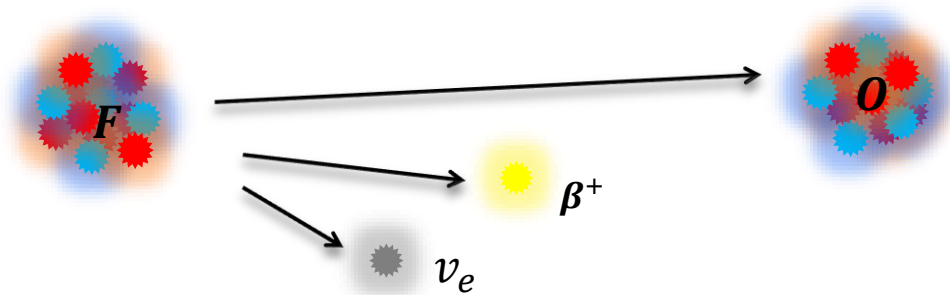


Fonte: O autor

(b.2) Emissão β^+ : No decaimento β^+ , 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 (β^+), antipartícula do elétron, e um neutrino do elétron (ν_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 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^- . Na Figura – Decaimento β^+ , por exemplo, o isótopo do Flúor (F) ao sofrer um decaimento β^+ , transforma-se em Oxigênio (O), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

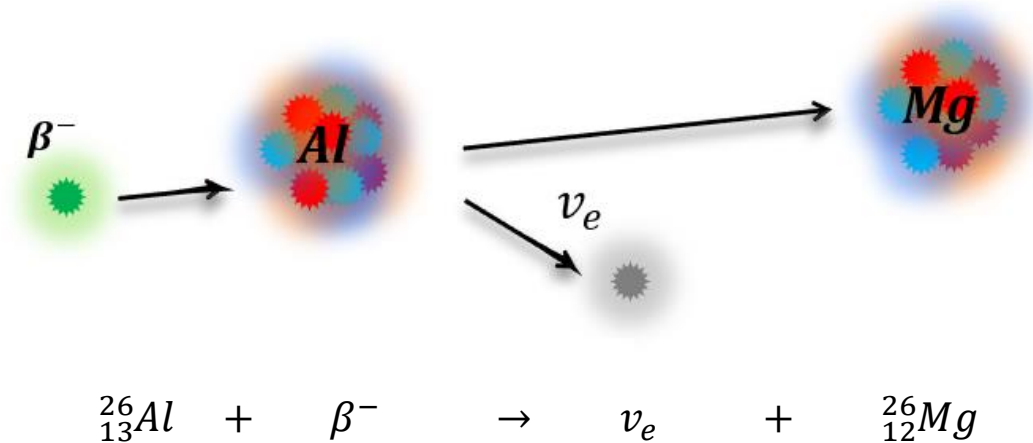
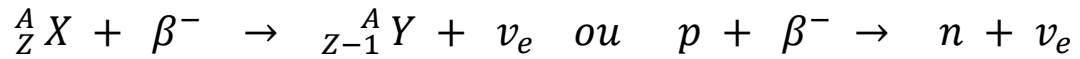
FIGURA – Decaimento β^+ , ocorrido com isótopo de Flúor 18



Fonte: O autor

(b.3) Captura eletrônica: Neste processo, o decaimento ocorre por meio da combinação entre um elétron (β^-), geralmente da camada K, e um próton do núcleo do átomo. Dessa junção, há em seguida a formação de um nêutron e um neutrino (ν_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 β^- , transforma-se em Magnésio (Mg), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Captura eletrônica, ocorrido com isótopo de Alumínio 26

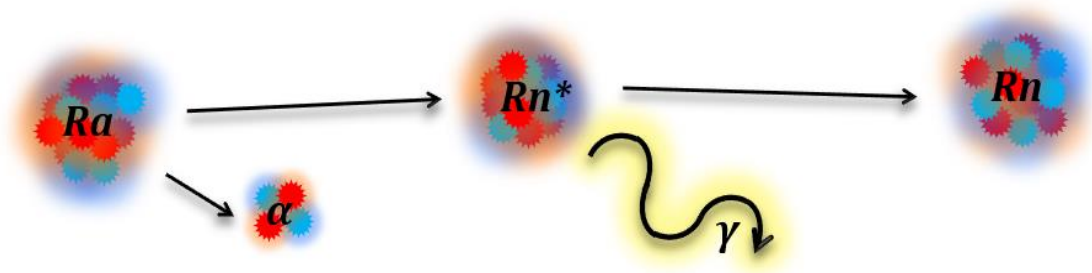
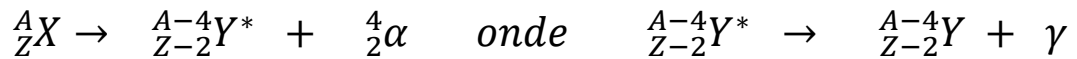


Fonte: O autor

(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 (γ) (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA – Decaimento gama, ocorrido com isótopo de Radônio 222



Fonte: O autor

Como destacado anteriormente, dos mais de 3000 nuclídeos 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 nuclídeos.

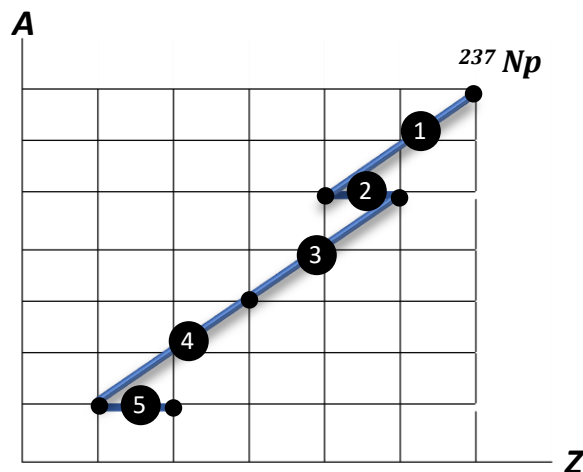
Em 1900, Rutherford descobriu que a taxa de emissão de radiação não era constante, mas diminuía exponencialmente com o tempo. Esta variação exponencial com o tempo é característica dos fenômenos que envolvem a radioatividade e indica que se trata de um processo estatístico, portanto um evento aleatório. 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.



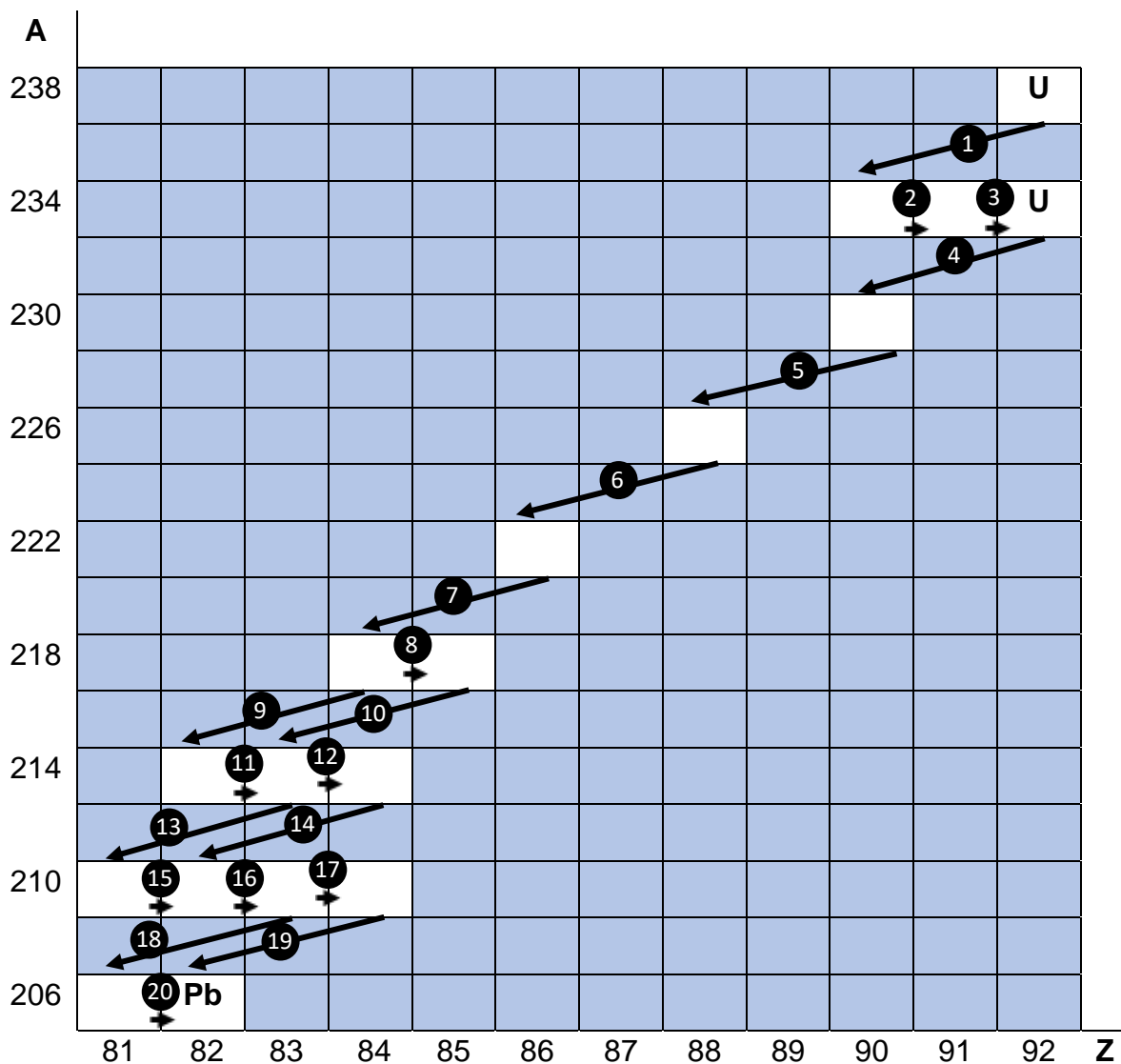
3.2) (Halliday, 2012) A figura abaixo mostra parte da série de decaimento do ${}^{237}\text{Np}$ em um gráfico do número de massa A em função do número atômico Z ; cinco retas, que representam decaimentos alfa e decaimentos beta. Os pontos que ligam essas retas, correspondem aos elementos formados após 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 PROFESSOR⁹

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.

⁹ 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 Científico¹⁰

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

¹⁰ Este texto corresponde a uma cópia integral, e encontra-se disponível em: <<http://www.proficiencia.org.br/>> Acesso em: 28/03/17.

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 sobre tudo, 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 repeliam-se 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 corpuscular. 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 2π ($h/2\pi$);

- 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 a 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.

Sobre 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 2×10^{-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 β . 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.

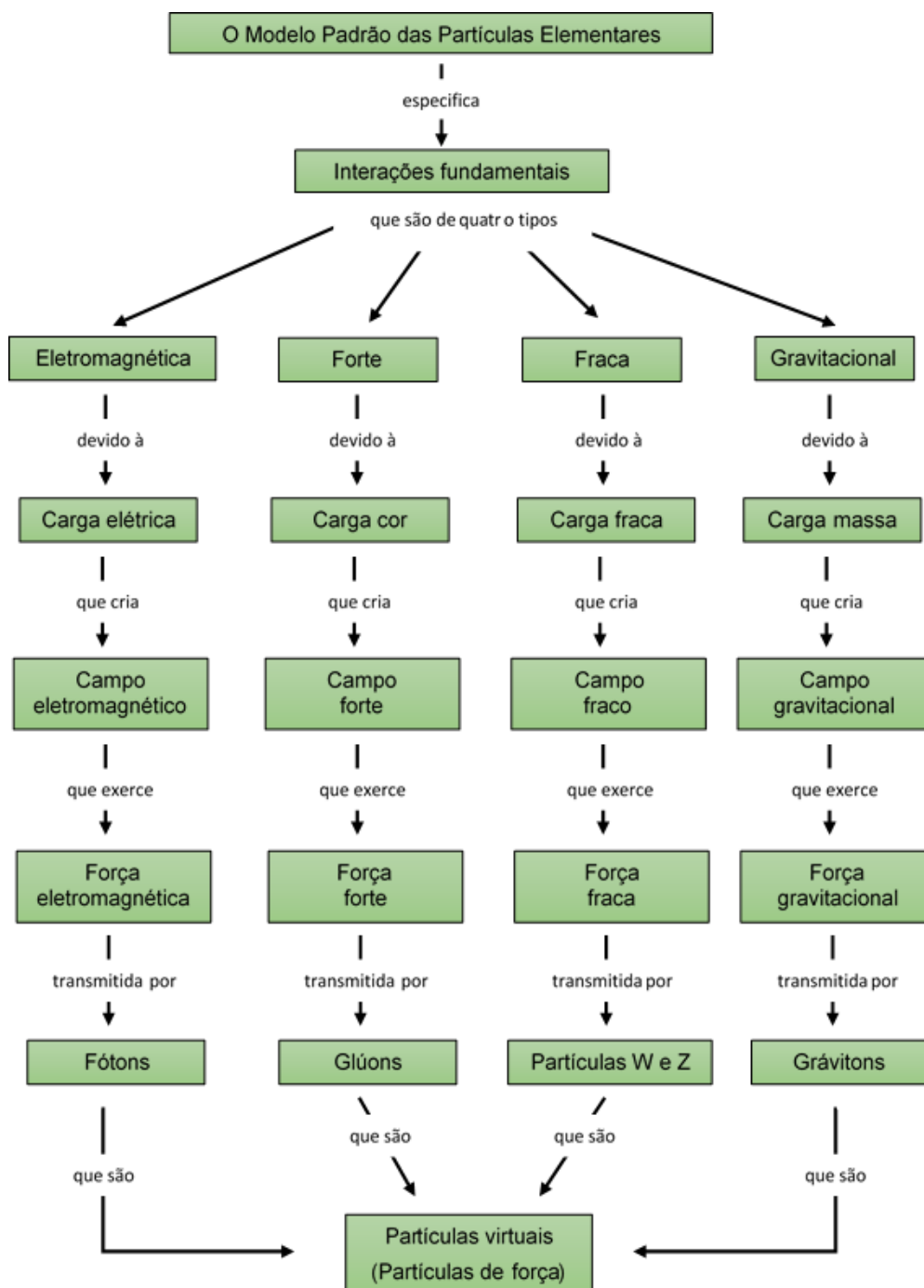
QUADRO 4.2 – Características das interações fundamentais

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	∞	10^{-18}	$1/137$
Fraca	W^\pm, Z^0	Carga fraca	10^{-18}	10^{-16} a 10^{-10}	10^{-5}
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	∞	-	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 β . 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.

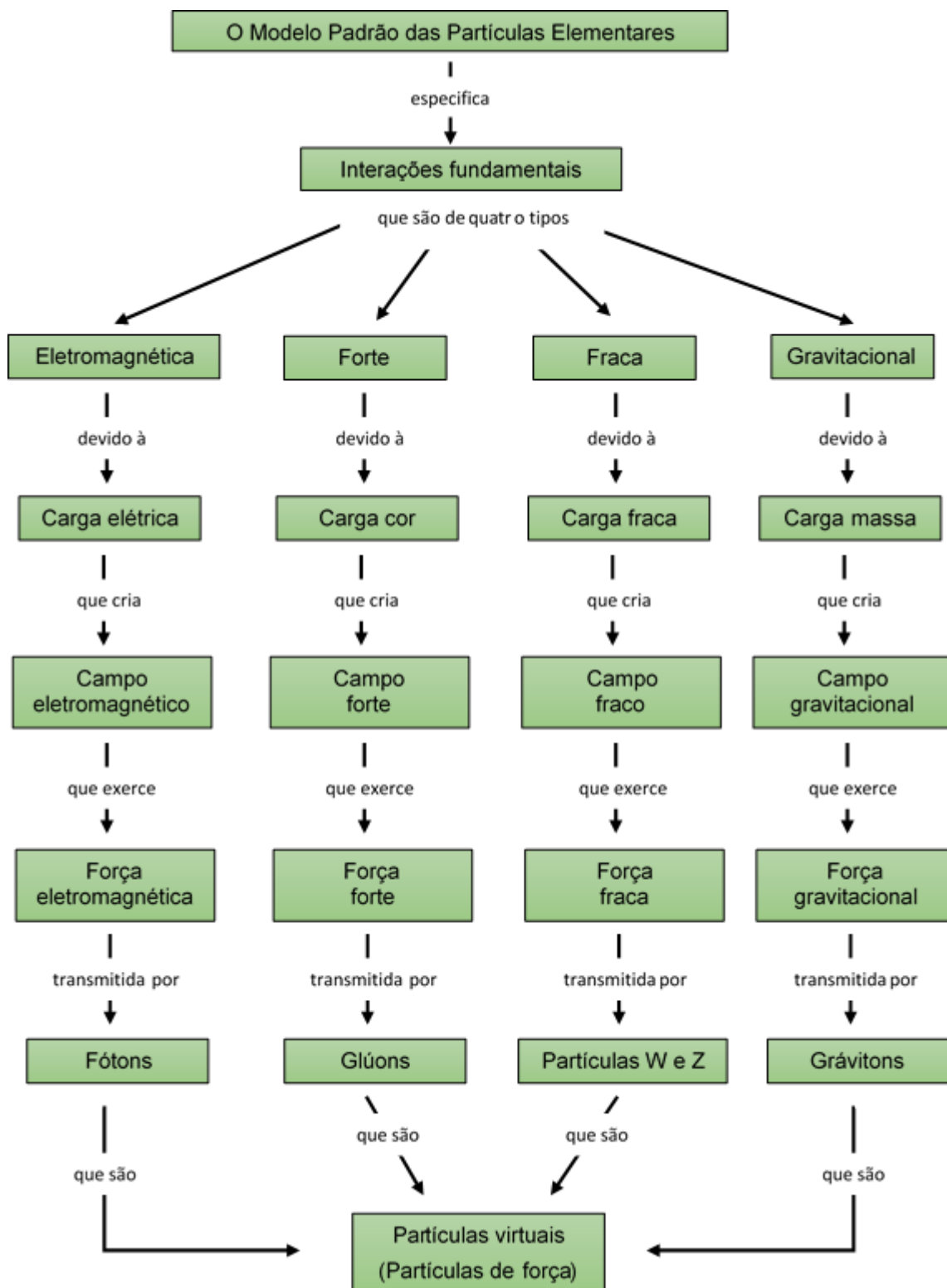
QUADRO - Características das Interações Fundamentais

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	∞	10^{-18}	$1/137$
Fraca	W^{\pm}, Z^0	Carga fraca	10^{-18}	10^{-16} a 10^{-10}	10^{-5}
Gravitacional	Gráviton	Carga massa	∞	-	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 eletrofraca.

QUADRO 4.3 – Modelo do Big Bang

(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.)
1×10^9 anos	20 K	Formação de proto-aglomerados de galáxias e de galáxias. Formação das primeiras estrelas.
10×10^9 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.

QUADRO 4.4 – Principais reações de nucleossíntese estelar

(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>. 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 β^- nas reações de decaimentos.
ν_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.
γ	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.
ΔE	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.



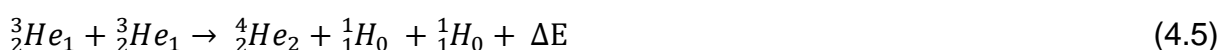
Na terceira e última etapa deste ciclo, o deutério, originado na primeira etapa funde-se com um hidrogênio de massa um formando um átomo de hélio de massa três. Dessa reação, são liberados energia em forma de calor e raio gama.



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.



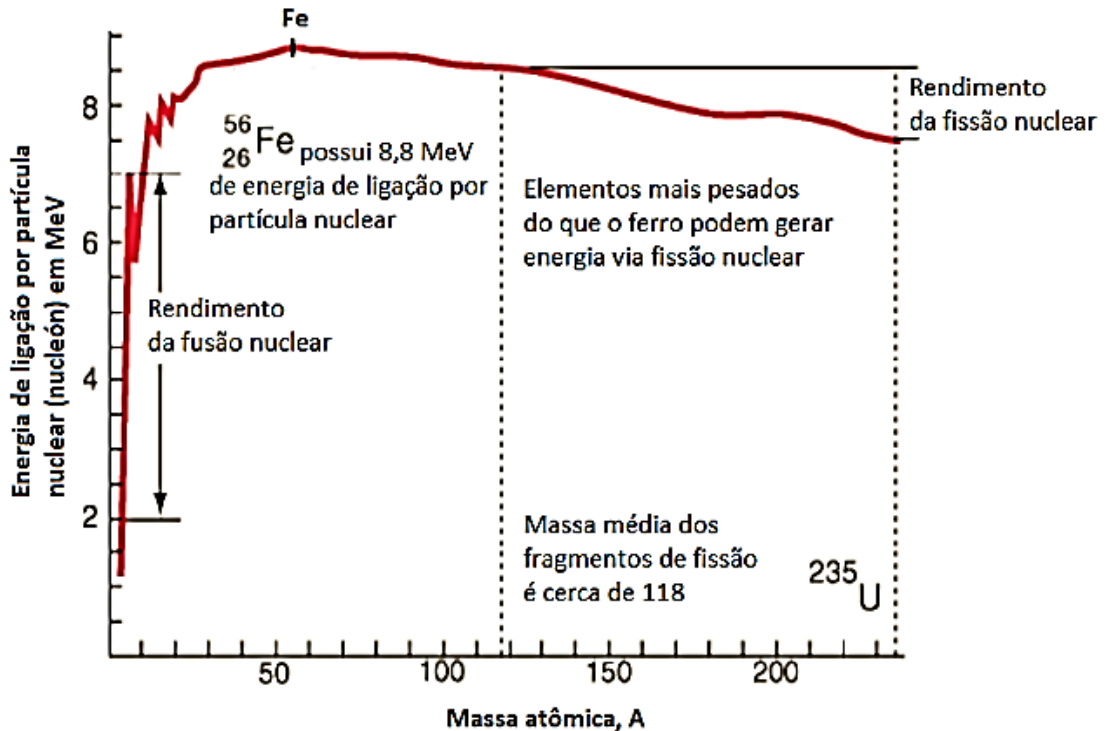
4.3.3 E o que a estrela uniu, a própria natureza separa

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 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 ΔE_{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 ΔE_{eln} , que é a razão entre a energia de ligação ΔE_{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.

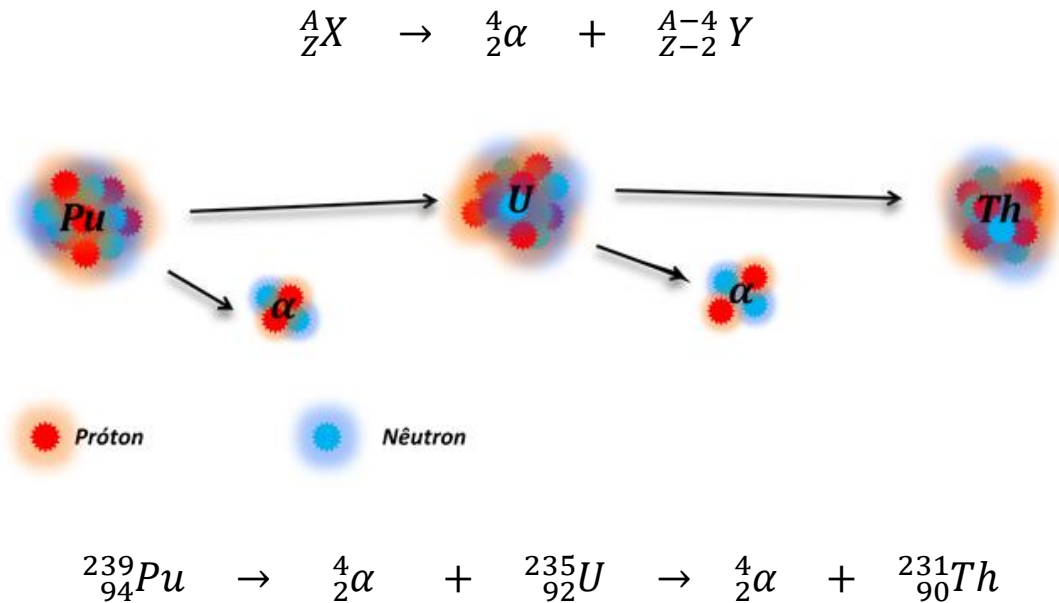
Além desses, outros processos são possíveis, tais como captura eletrônica, emissão de prótons, emissão de nêutrons, decaimento alfa ou emissão de partícula mais complexa, carbono por exemplo, e ainda, fissão nuclear.

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 α , 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 α , a outra, chamou de raios β , 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).

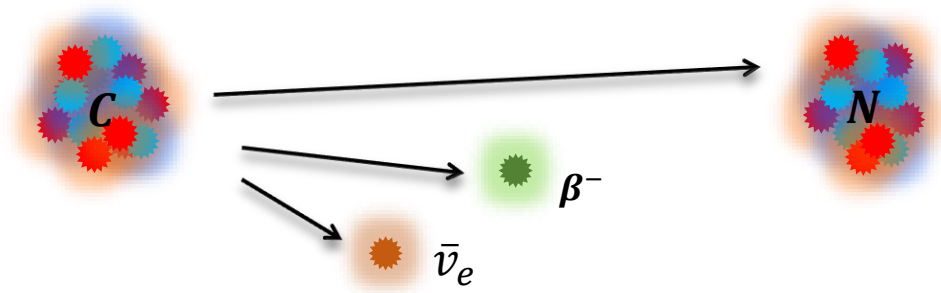
FIGURA 4.4 – Decaimento alfa, ocorrido com isótopo de Plutônio 239



Fonte: O autor

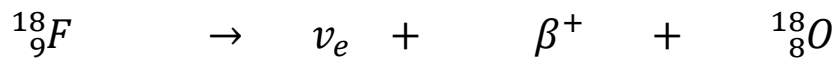
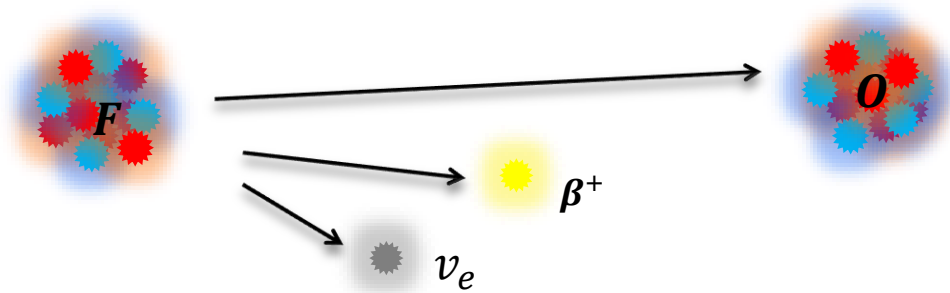
(b) Decaimento Beta: A emissão beta, desintegração beta ou decaimento beta é o processo pelo qual um núcleo instável pode transformar-se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula beta. A partícula beta pode ser um elétron, escrevendo-se β^- , ou um pósitron, β^+ . Um terceiro tipo de desintegração 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 β^- : 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 β^- 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 β^- geralmente ocorre em núcleos ricos em nêutrons. Na Figura 4.5, por exemplo, o isótopo do Carbono (C) (14) ao sofrer um decaimento β^- , transforma-se em Nitrogênio (N), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.5 – Decaimento β^- , ocorrido com isótopo de Carbono 14

Fonte: O autor

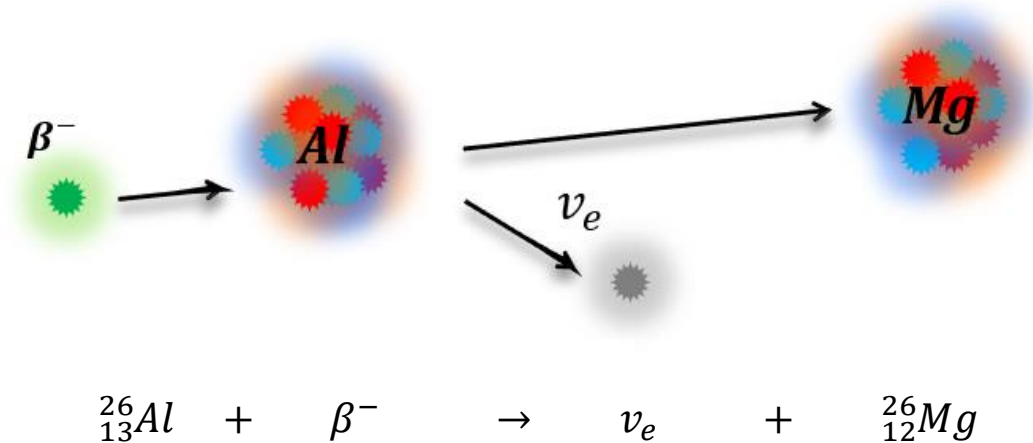
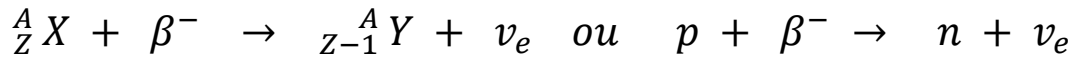
(b.2) Emissão β^+ : No decaimento β^+ , também chamado de emissão de pósitrons, a interação fraca converte um núcleo em seu vizinho antecessor, isto é, em um elemento cujo núcleo do átomo tem agora um número atômico menor emitindo para isso um pósitron (β^+), antipartícula do elétron, e um neutrino do elétron (ν_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 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^- . Na Figura 4.6, por exemplo, o isótopo do Flúor (F) ao sofrer um decaimento β^+ , transforma-se em Oxigênio (O), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.6 – Decaimento β^+ , 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 (β^-), geralmente da camada K, e um próton do núcleo do átomo. Dessa junção, há em seguida a formação de um nêutron e um neutrino (ν_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 β^- , transforma-se em Magnésio (Mg), conservando a massa inicial (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.7 – Captura eletrônica, ocorrido com isótopo de Alumínio 26

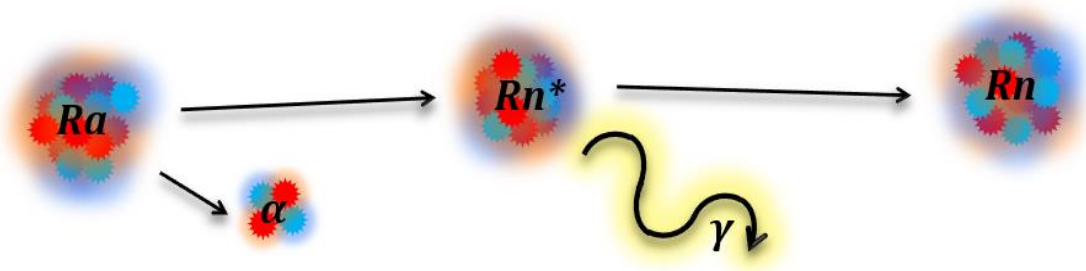
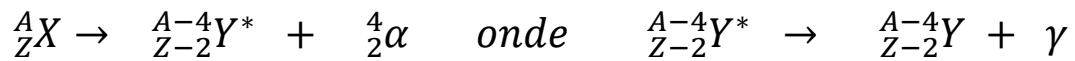


Fonte: O autor

(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 (γ), (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

FIGURA 4.8 – Decaimento gama, ocorrido com isótopo de Radônio 222



Fonte: O autor

Como destacado anteriormente, dos mais de 3000 nuclídeos 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 nuclídeos.

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>

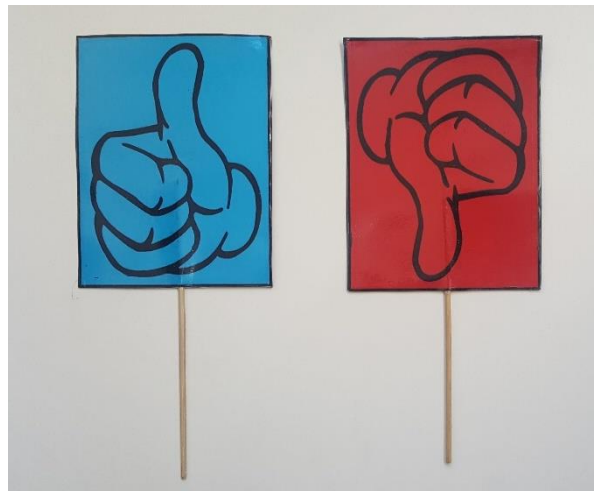
Nota: Impresso em papel dupla face na cor azul.

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

Método da observação visual e sem outra forma de interação direta.

Método da observação visual e com outra forma de interação direta.

Método da não observação visual e com manipulação indireta.

Método da não observação visual e com manipulação direta.

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

Expansão do universo
Reações químicas
Nanotecnologia
Eletrização dos corpos

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha.

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.

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.

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.

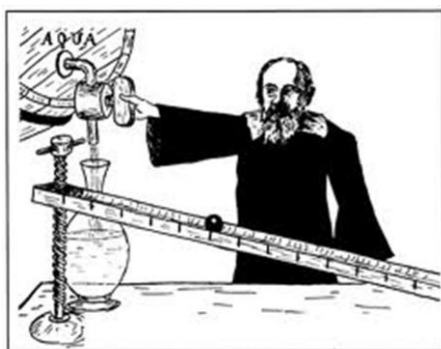
Fonte: O autor

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_128630024.jpg



Galileo studia il moto accelerato di una pallina che rotola lungo un piano inclinato (Lib. G. Casanova).

Fonte:
http://www.openfisica.com/storia_della_fisica/u1_galileo/1_29.html



Fonte:
<https://abrilveja.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

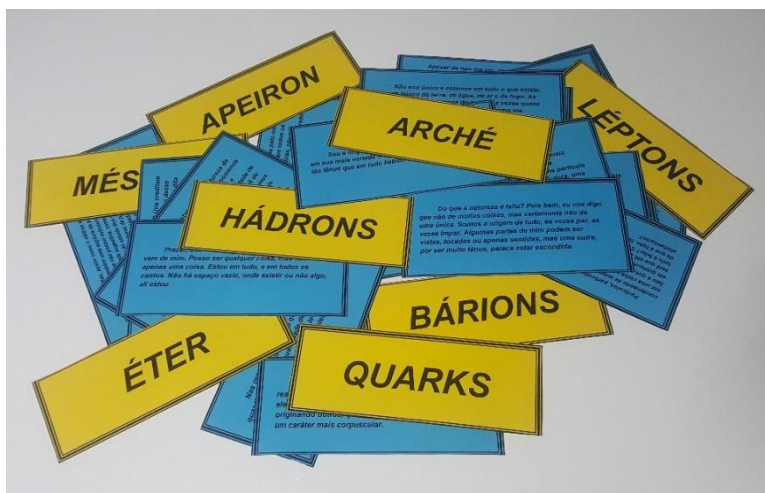
Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde.

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.

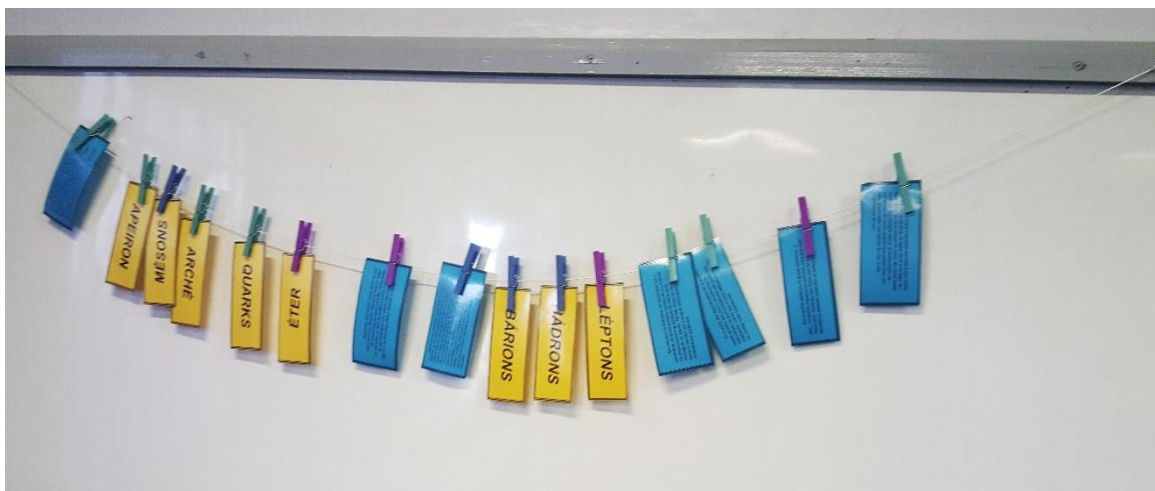
Atividade 2 – Varal de ideias: Grupo de cartões divididos nas cores amarela e azul, como destacado na Fotografia 5.7. Nos cartões amarelos, contêm uma palavra-chave relacionada a um modelo atômico que será repassado para os grupos. Nos cartões azuis, há descrições de fatos históricos relacionados com 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

(continua)

Quarks
Bárions
Hádrons
Léptons

Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela.

QUADRO 5.6 - Cartões com palavras-chave associadas aos modelos atômicos

(conclusão)

Apeiron
Arché
Mésons
Éter

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)

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.

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.

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.

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, resulto 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)

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.

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.

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.

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.

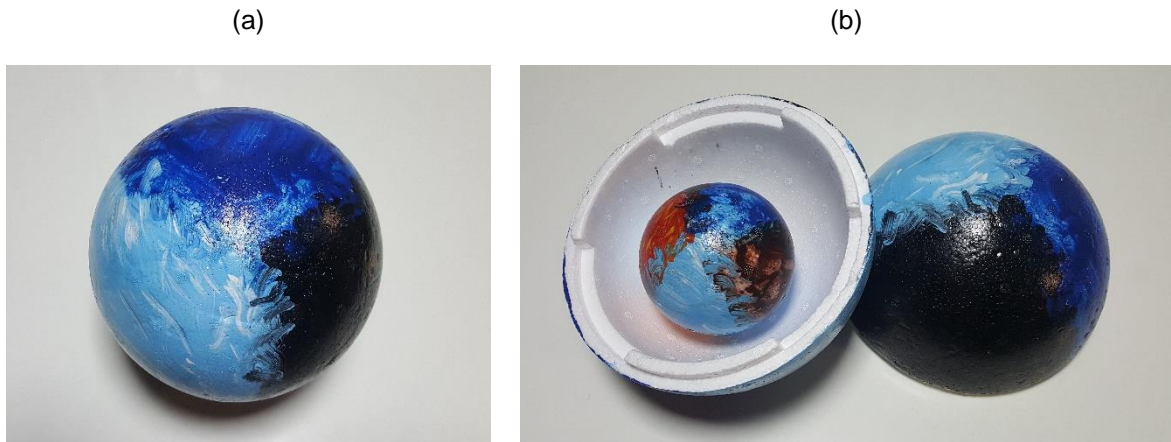
Partículas, partículas e mais partículas, ou seria, um grande condensado de energia? A verdade, é que massa e energia, podem ser duas manifestações de uma coisa só. O fato é que agora são conhecidas algumas centenas de partículas, todas, presentes em qualquer átomo registrado na tabela periódica. Mas 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



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



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.

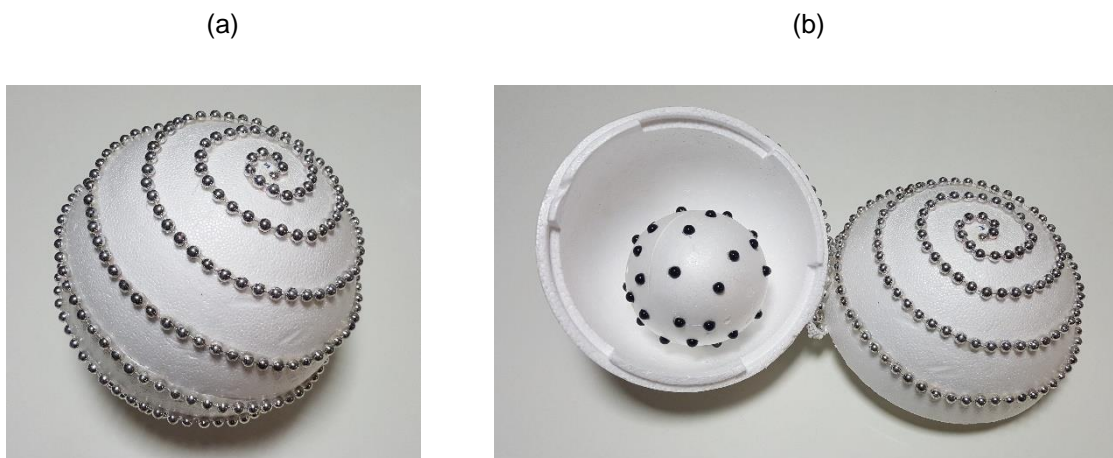
FOTOGRAFIA 5.12 - Modelo atômico associado a carga enquanto fluido. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



Fonte: O autor

Nota: Em (a) procurou-se representar as teorias cujos defensores acreditavam ser a carga elétrica uma espécie de fluido. Enquanto uma vertente defendia a tese de que cada carga equivaleria a um tipo de fluido, outra defendia ser esta um fluido único. Para a confecção do mesmo, foi usada uma mangueira cristal e para o líquido, corante comestível.

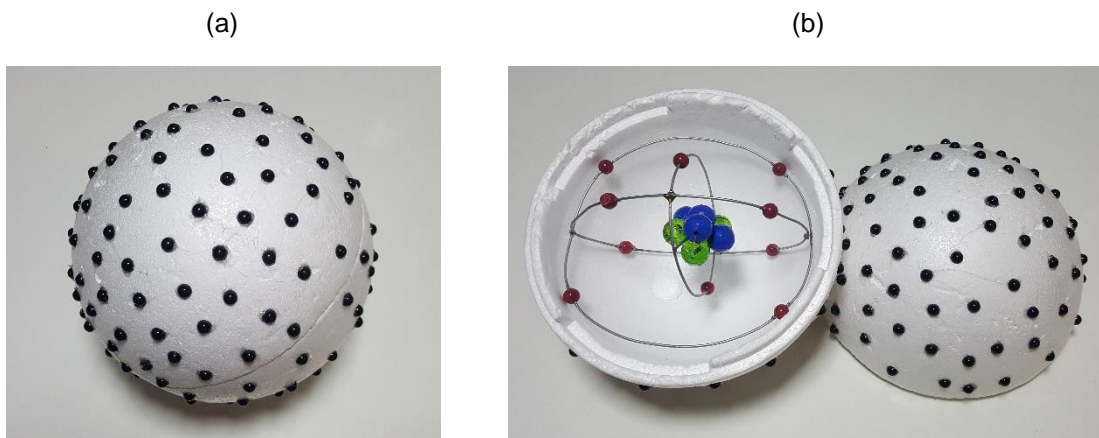
FOTOGRAFIA 5.13 - Modelo atômico associado a carga enquanto partícula. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



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.

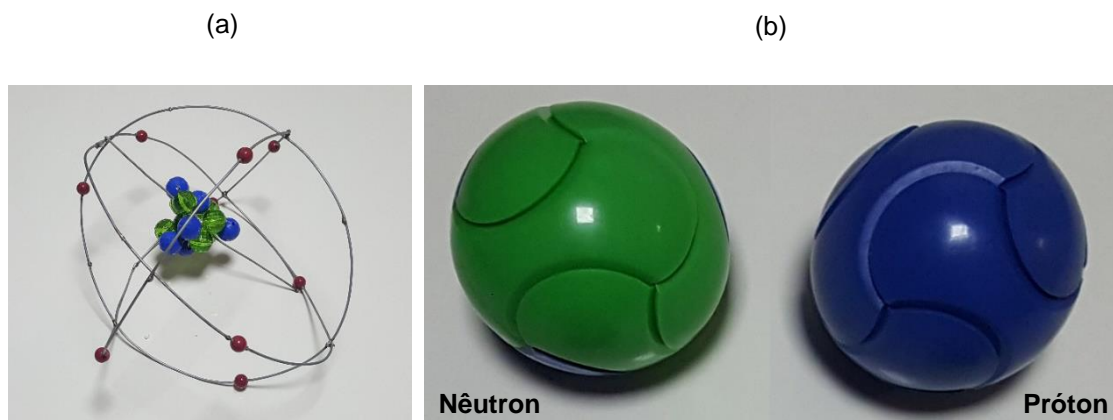
FOTOGRAFIA 5.14 - Modelo atômico associado a Thomson - Pudim de passas. (a) modelo fechado. (b) modelo aberto com miniatura de seu sucessor em seu interior



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.

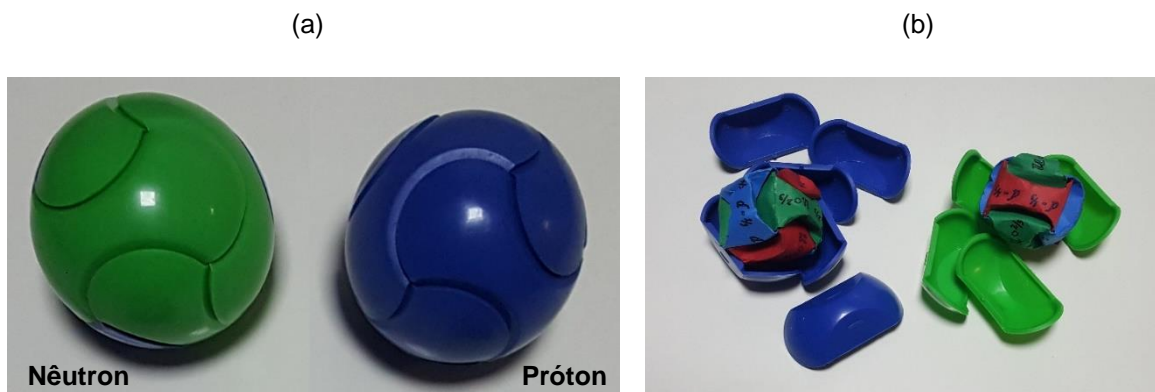
FOTOGRAFIA 5.15 - Modelo atômico associado a Rutherford-Bohr - Planetário.
(a) modelo completo. (b) núcleons



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.

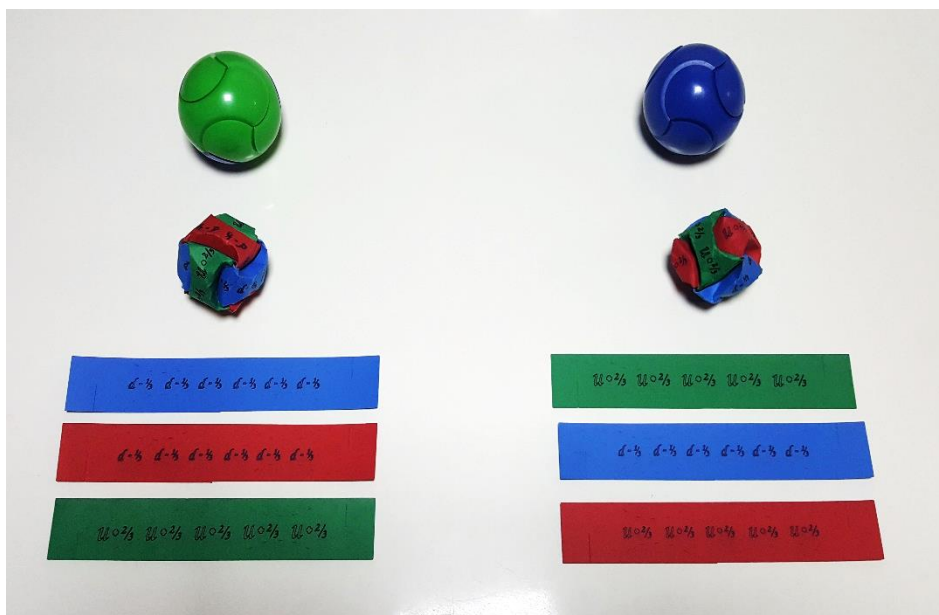
FOTOGRAFIA 5.16 - Modelo atômico associado aos Quarks. (a) núcleons. (b) quarks



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*.
- Para o nêutron, a soma da carga elétrica de seus quarks deve resultar num valor nulo, assim sua estrutura comporta necessariamente os quarks.
- 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).

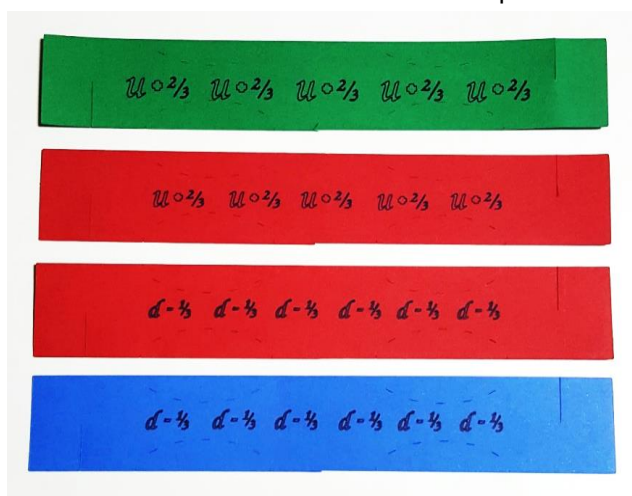
QUADRO 5.8 – Número de tiras segundo cor e código impresso

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

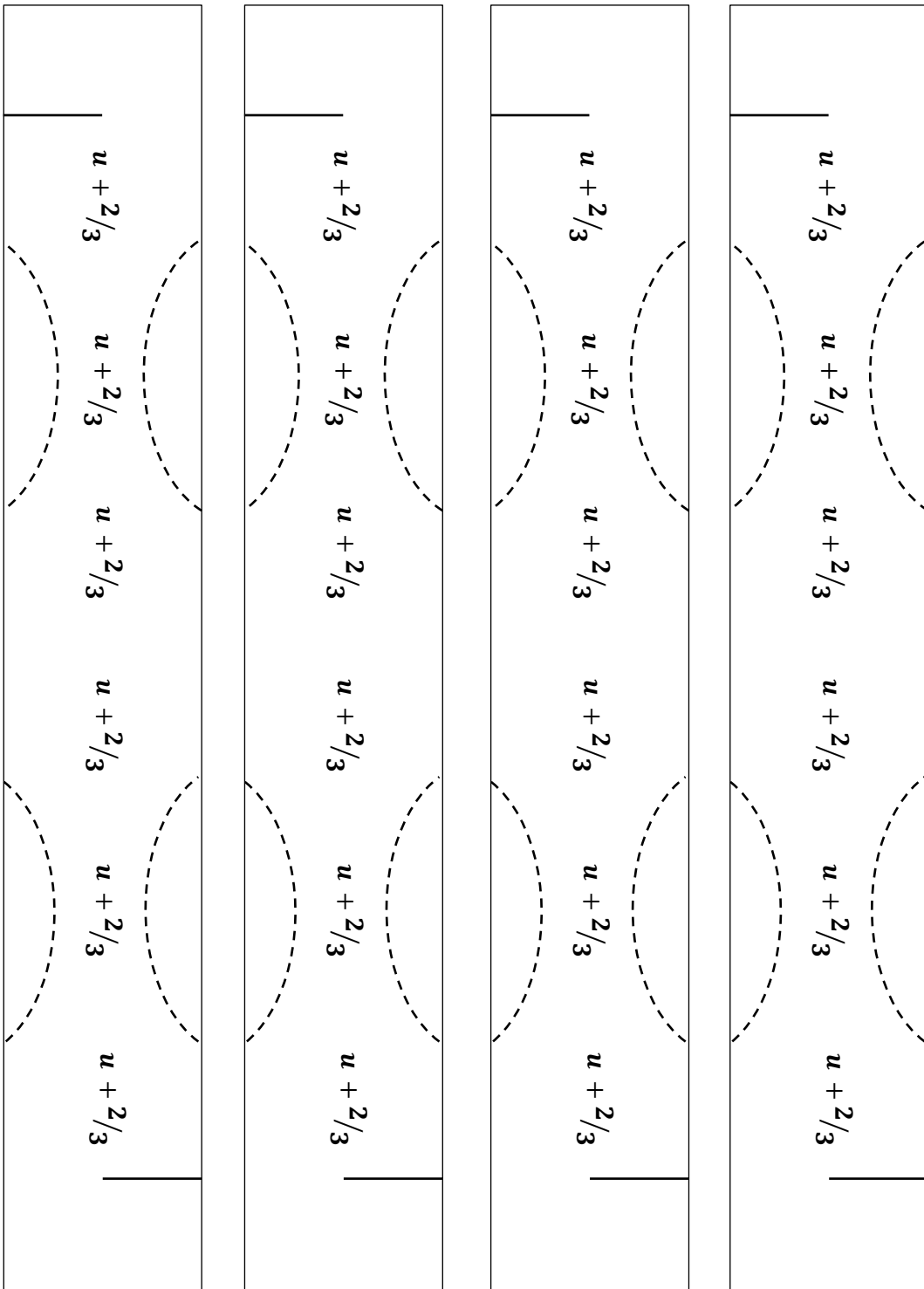
*Nota: Quantidade necessária para uma turma dividida em oito grupos

FOTOGRAFIA 5.18 – Modelos em tiras representando os quarks



Fonte: O autor

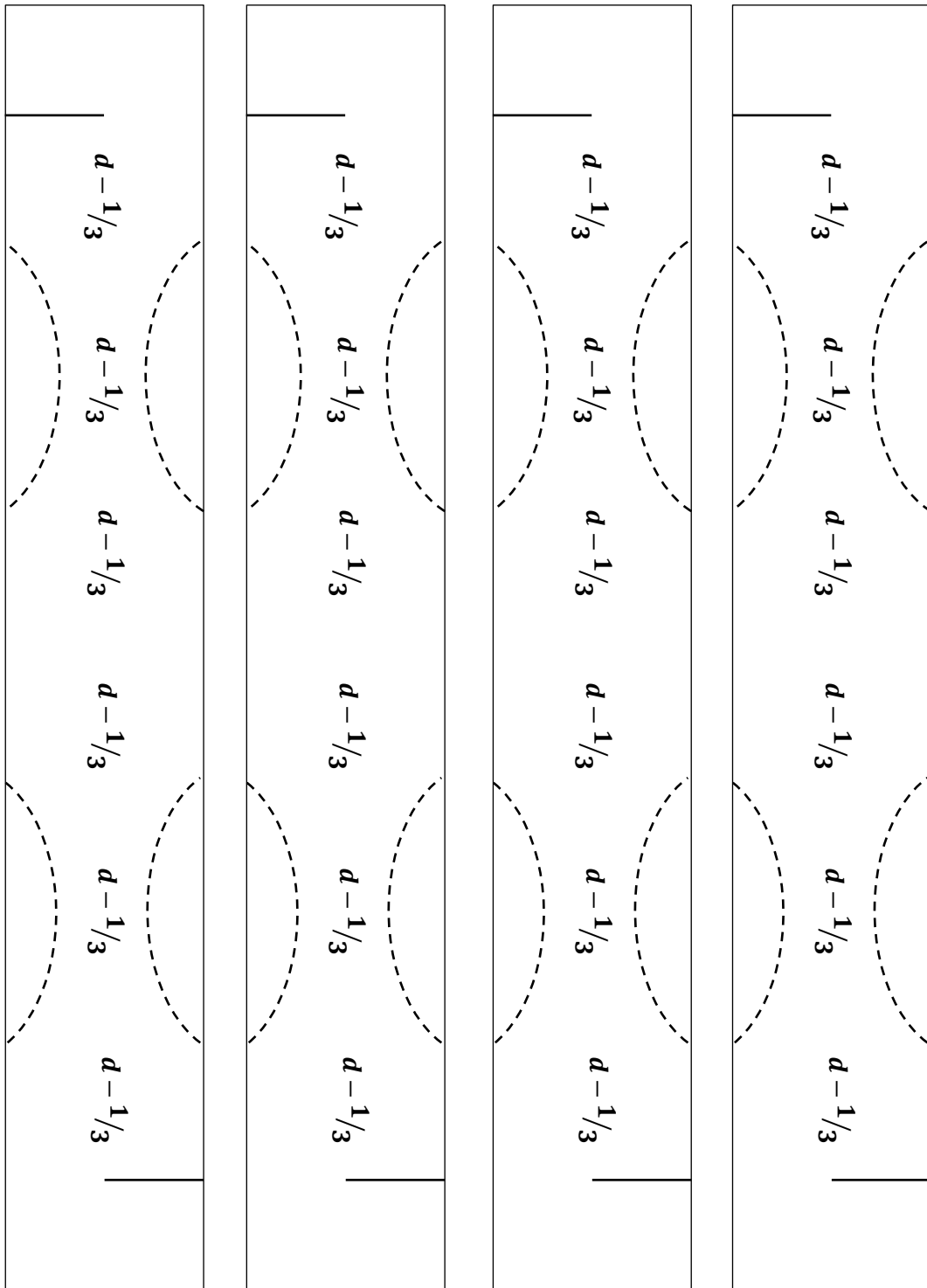
FIGURA 5.3 – Modelo de tira para o quark up



Fonte: O autor

Nota: Para impressão nas cores verde e vermelha.

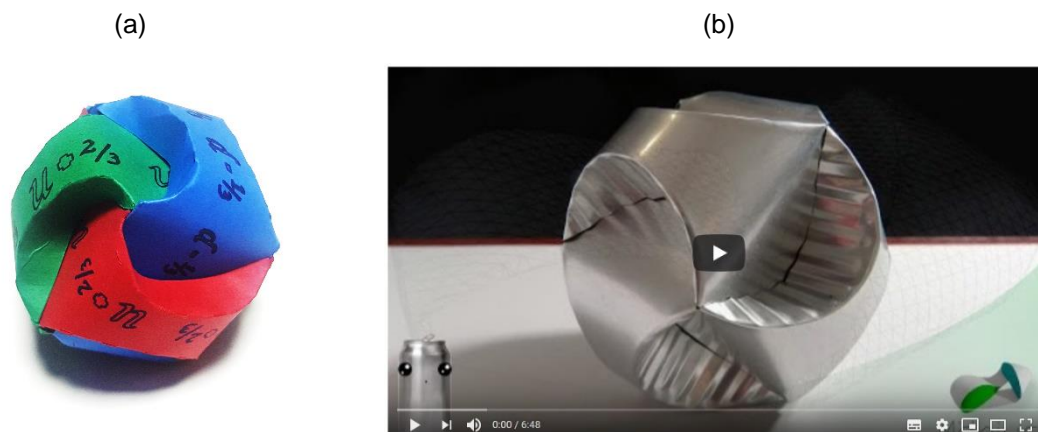
FIGURA 5.4 – Modelo de tira para o quark down



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



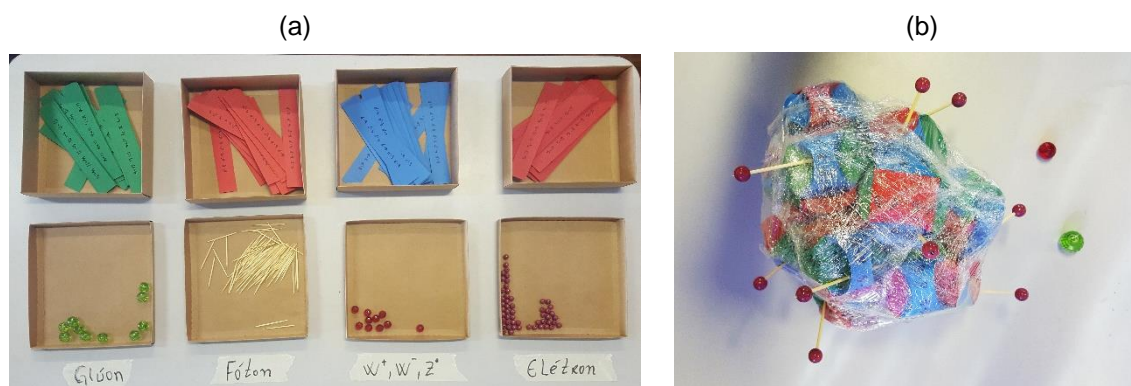
Fonte: O autor

Nota: Endereço do vídeo instrucional usado de inspiração e auxílio:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZldimAwvjJE>

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 Fotografia¹¹ 5.21, ilustra como os mesmos ficaram dispostos na lousa. Ao final destes registros, está disponível para impressão os modelos de cartões utilizados.

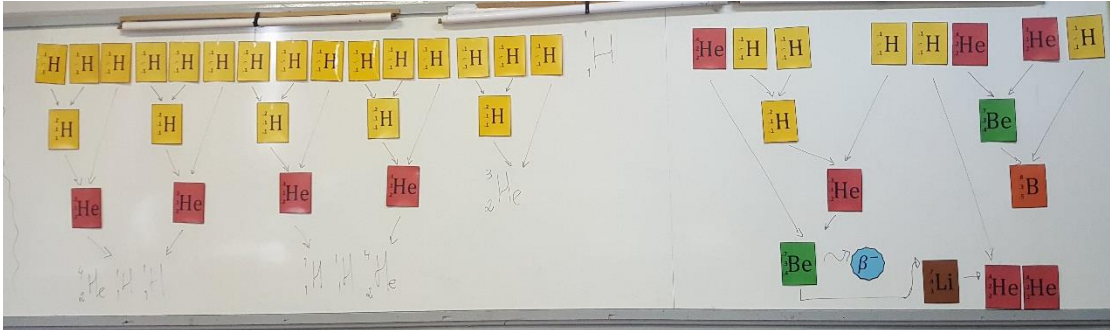
¹¹ A parte escrita com caneta, conforme observado na Figura, à esquerda, corresponde ao início da distribuição à direita. A escrita corresponde a uma quebra na sequência, devido ao espaço disponível na lousa.

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	β^-	azul	1
${}^3_2\text{He}$	vermelha	6	${}^7_3\text{Li}$	marrom	1
${}^4_2\text{He}$	vermelha	4	${}^8_5\text{B}$	laranja	1

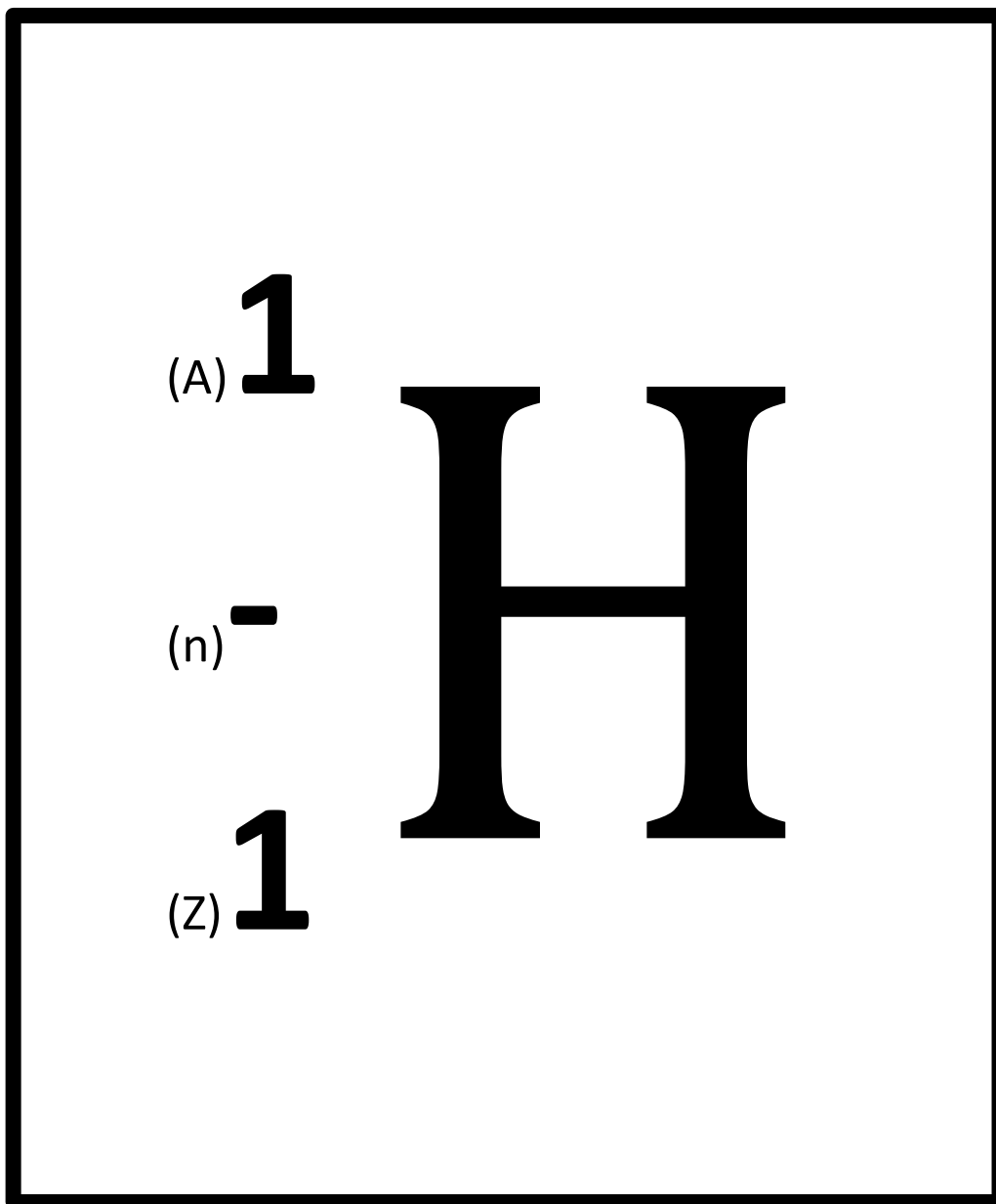
Fonte: O autor

FOTOGRAFIA 5.21 - Mural da cadeia próton-próton



Fonte: O autor

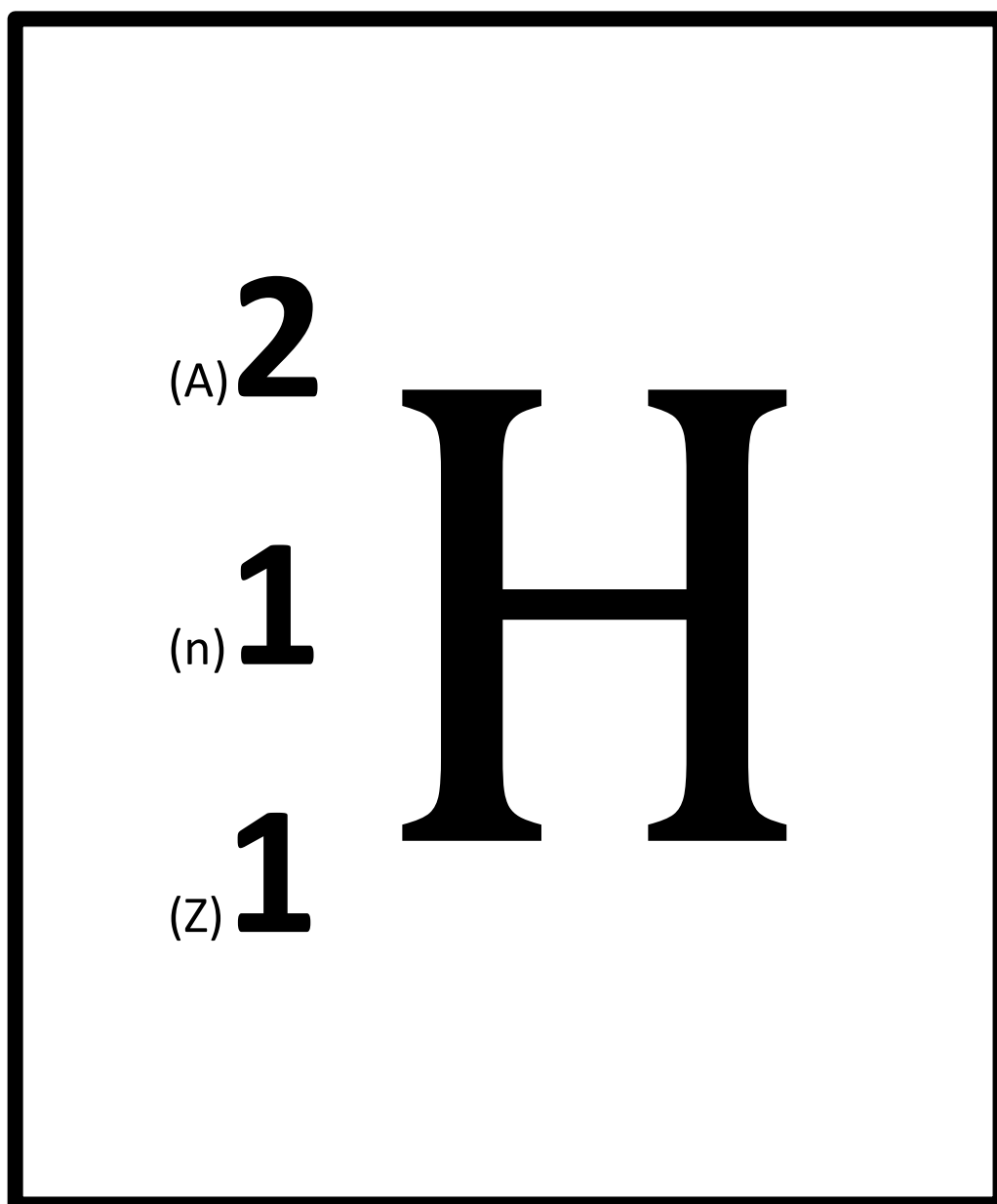
QUADRO 5.10 - Cartão elemento hidrogênio (massa 1)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela

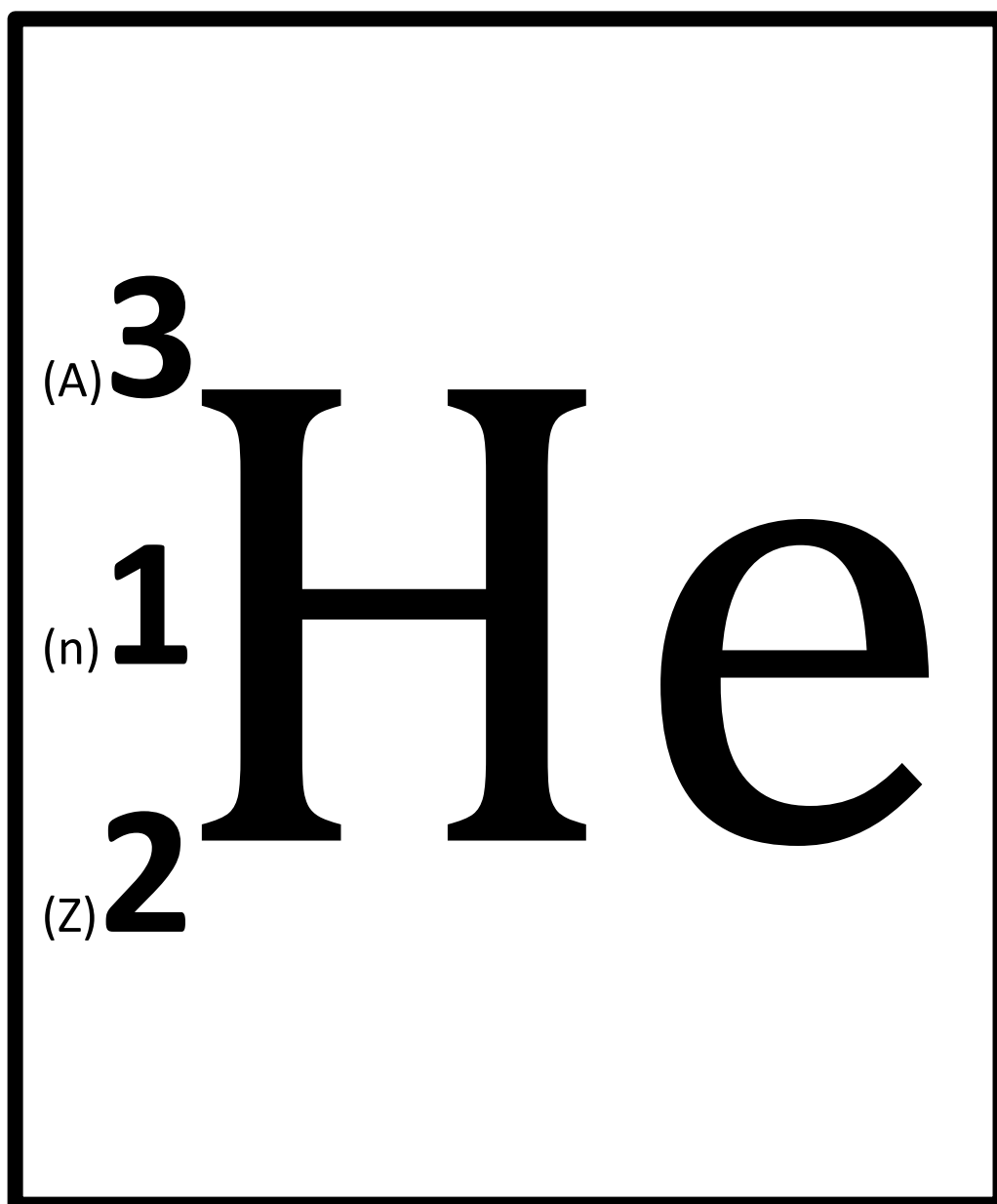
QUADRO 5.11 - Cartão elemento deutério (hidrogênio de massa 2)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor amarela

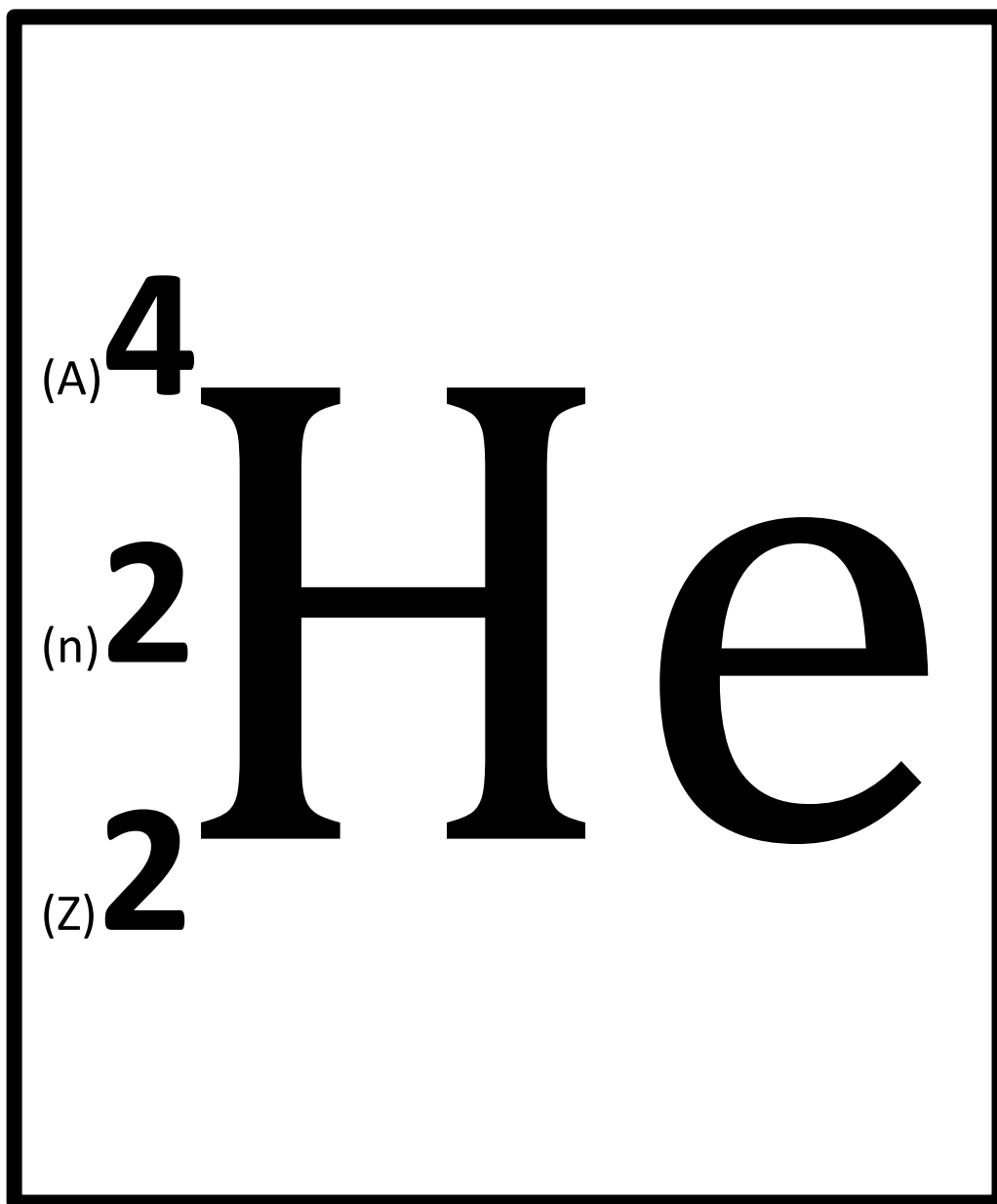
QUADRO 5.12 - Cartão elemento hélio (massa 3)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha

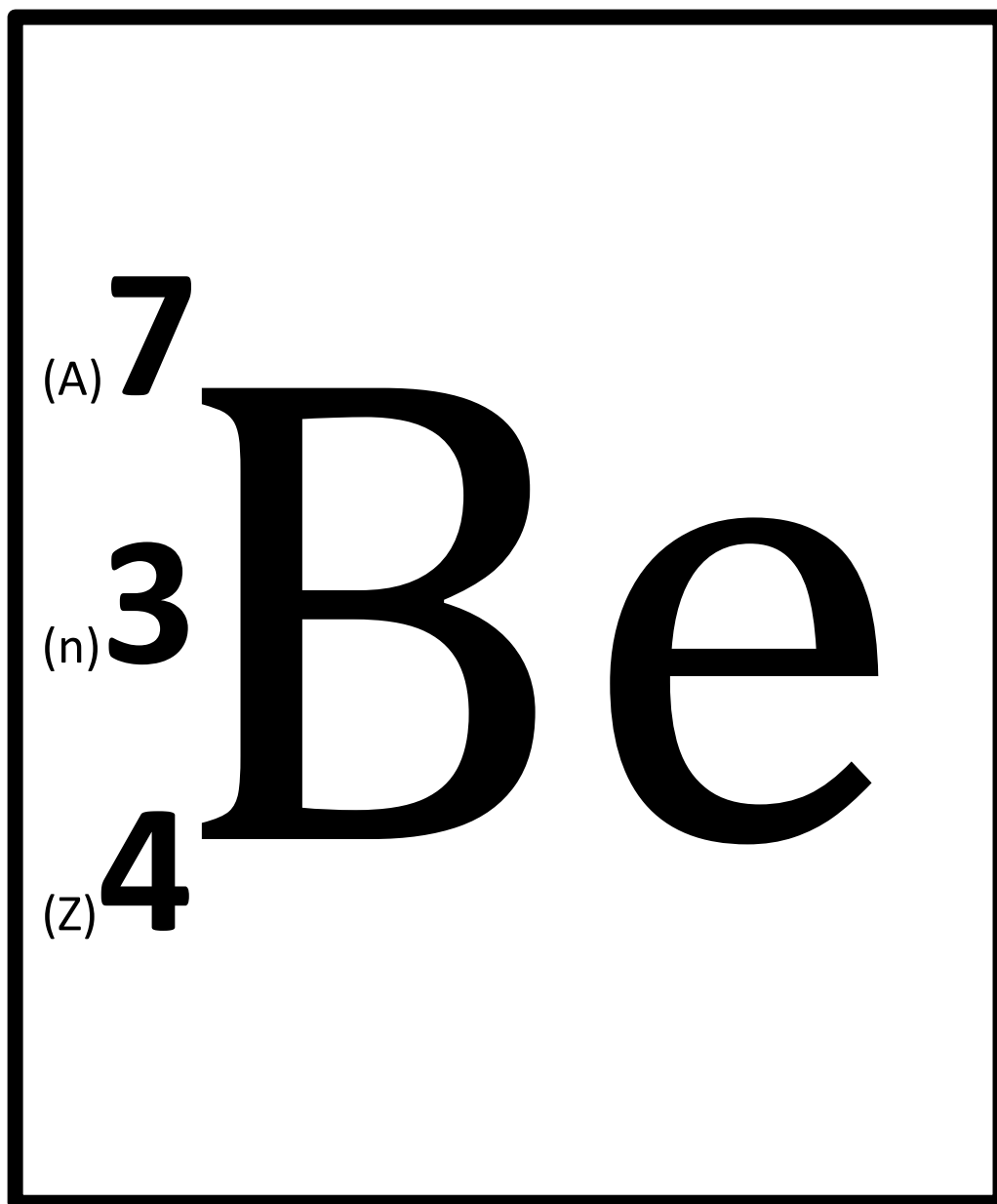
QUADRO 5.13 - Cartão elemento hélio (massa 4)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor vermelha

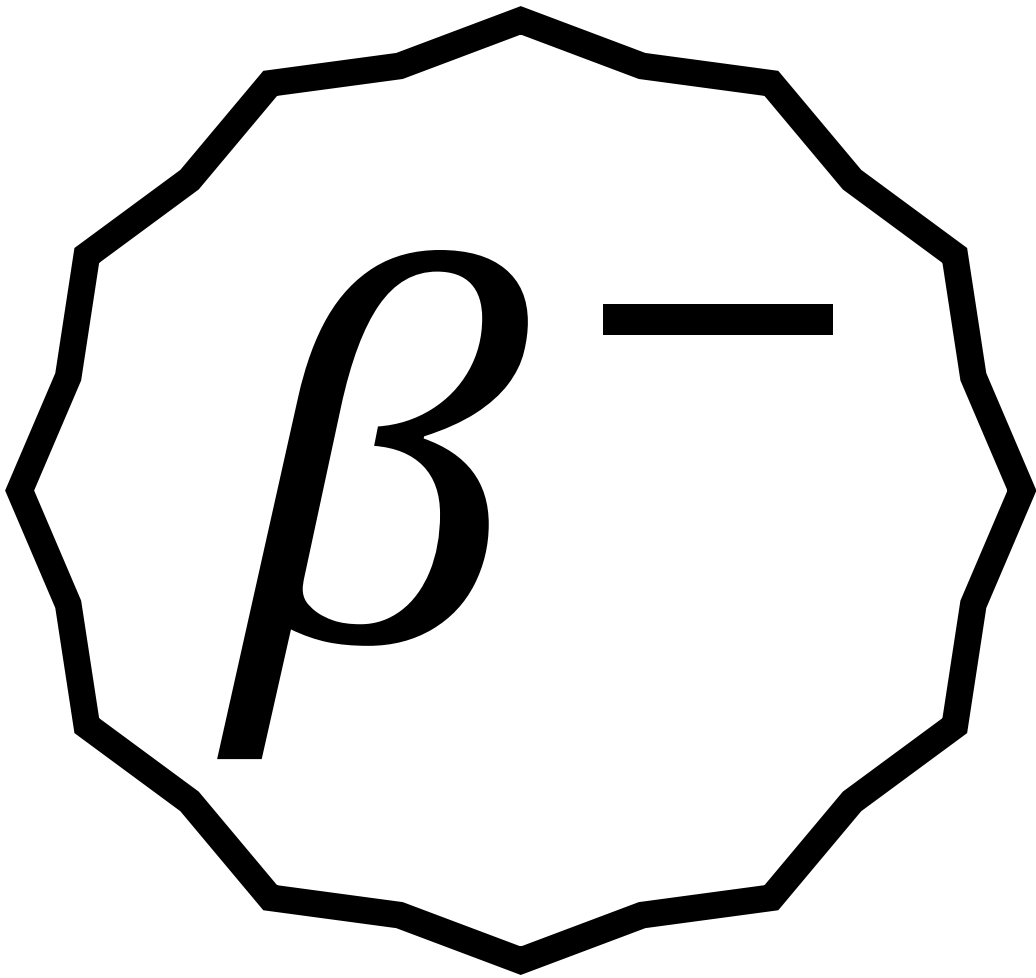
QUADRO 5.14 - Cartão elemento berílio (massa 7)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde

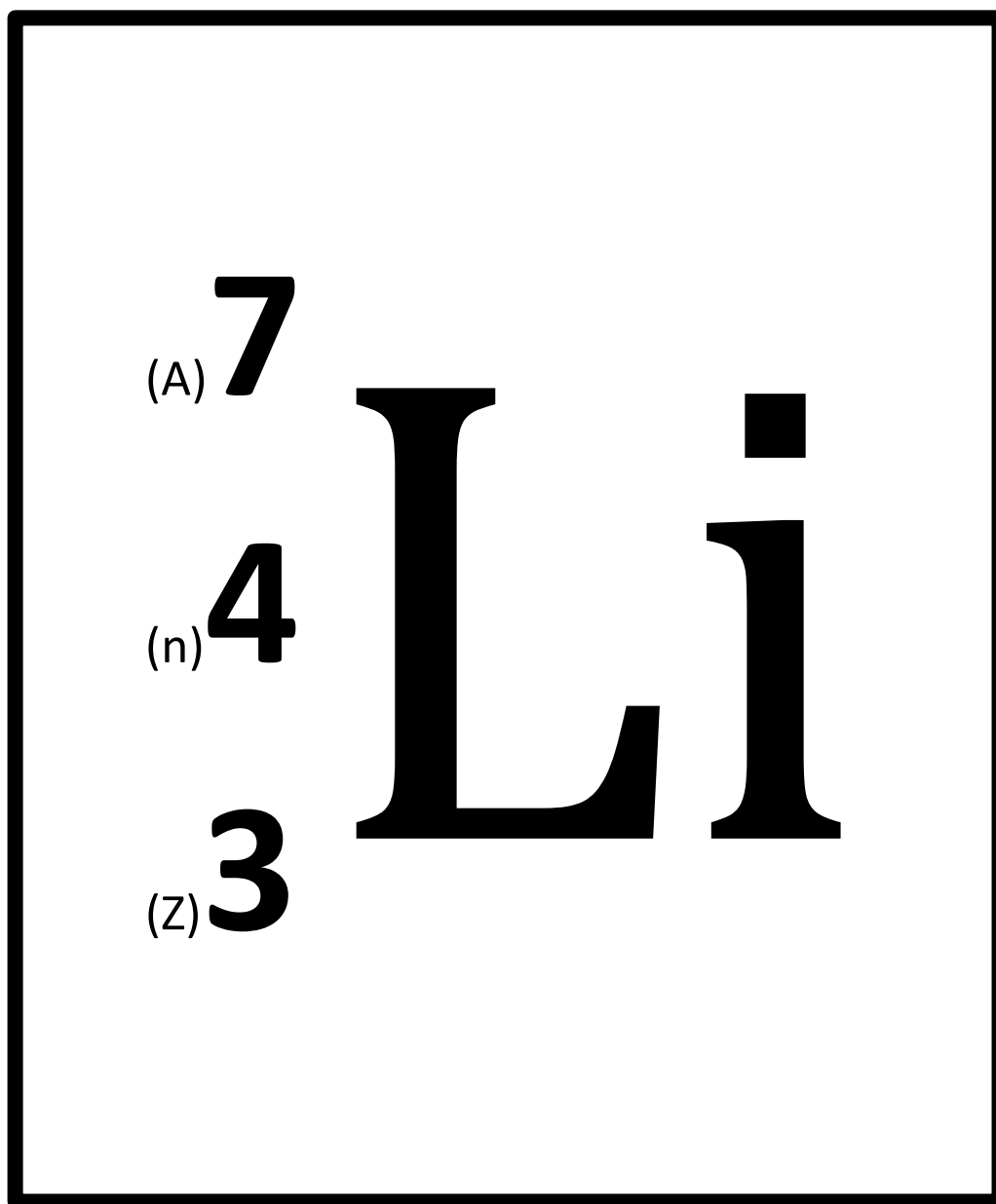
QUADRO 5.15 - Cartão elemento elétron (beta menos)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor verde

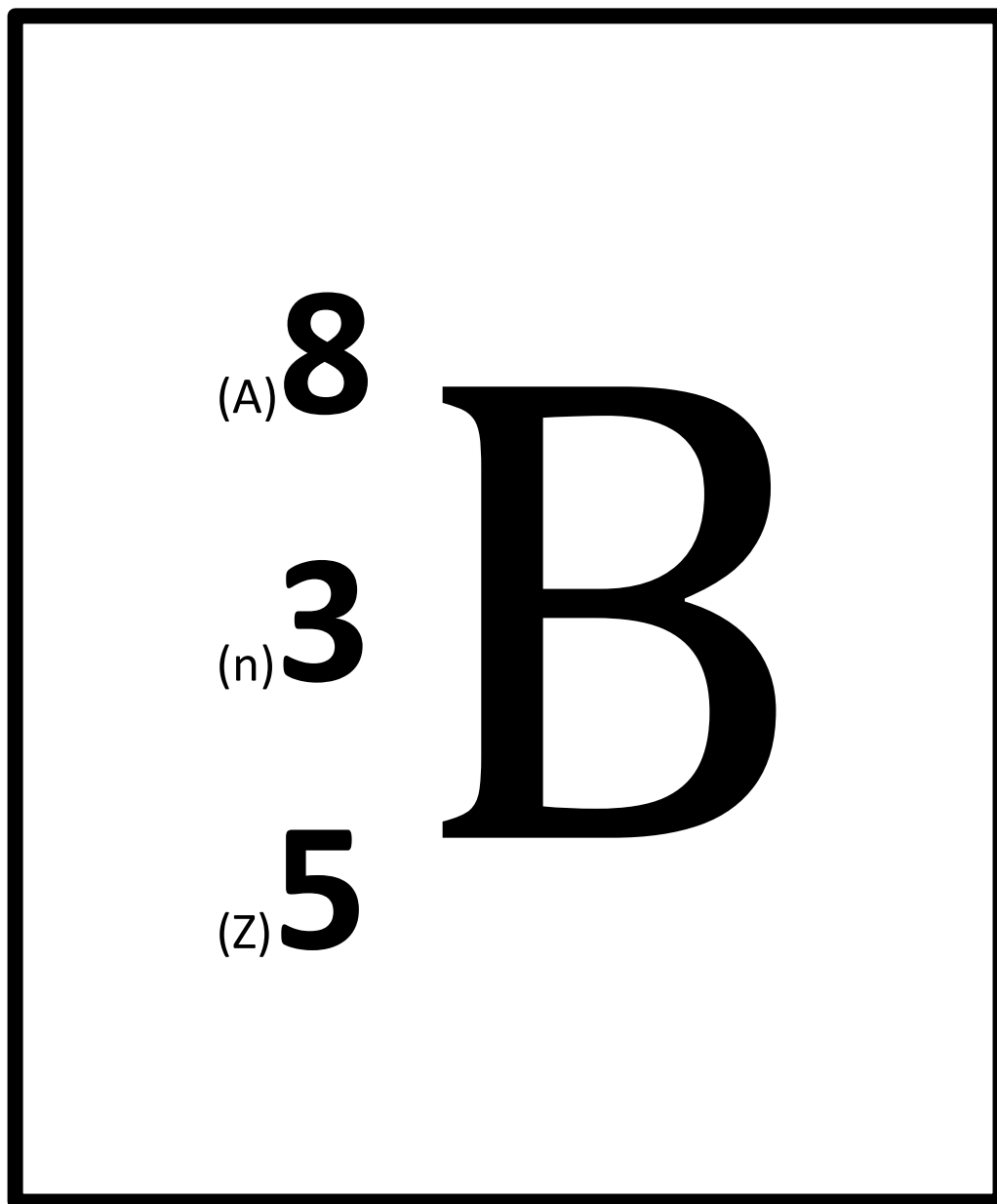
QUADRO 5.16 - Cartão elemento lítio (massa 7)



Fonte: O autor

Nota: Impresso em papel dupla face na cor marrom

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
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
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 Ensino-aprendizagem 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
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
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
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.