

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ANDERSON DOS SANTOS

INTRODUÇÃO DE CONCEITOS DO MODELO PADRÃO DE
PARTÍCULAS ELEMENTARES ATRAVÉS DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

ALFENAS–MG

2019

ANDERSON DOS SANTOS

INTRODUÇÃO DE CONCEITOS DO MODELO PADRÃO DE
PARTÍCULAS ELEMENTARES ATRAVÉS DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Samuel Bueno Soltau

ALFENAS MG

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

Santos, Anderson dos.
S237i Introdução de conceitos do modelo padrão de partículas elementares
através de seqüências didáticas. – Alfenas/MG, 2019.
78f.: il. --

Orientador: Samuel Bueno Soltau .
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade
Federal de Alfenas, 2019.
Bibliografia.

1. Modelo padrão (Física nuclear). 2. Física / educação. 3. Jogos
educativos. I. Soltau, Samuel Bueno. II. Título.

CDD-530

Ficha Catalográfica elaborada por Fátima dos Reis Goiatá
Bibliotecária-Documentalista CRB/6-425



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas-Unifal-MG
 Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação
 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
 Av. Jovino Fernandes Sales, 2.600 - Alfenas - MG CEP 37133-840
 Fone: (35) 3701-1925 (Secretaria)



ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Às 14h35min do dia 14 de agosto de 2019 foi realizada a sessão de defesa pública de dissertação da discente Anderson dos Santos. A apresentação oral do trabalho "INTRODUÇÃO DE CONCEITOS DO MODELO PADRÃO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES ATRAVÉS DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS" teve duração de 0 h, e 30 min. De acordo com os requisitos legais, a comissão examinadora designada para proceder ao exame foi presidida pelo orientador, Prof. Dr. Samuel Bueno Soltau e composta pelos professores: Prof. Dr. Clayton Santos Melo (Universidade Federal do Amapá), Prof. Dr. Frederico Augusto Totti (Universidade Federal de Alfenas-MG).

A arguição teve duração total de 2 h e 00 min. Em reunião secreta a Comissão Examinadora fez a apreciação da dissertação e considerou o candidato:

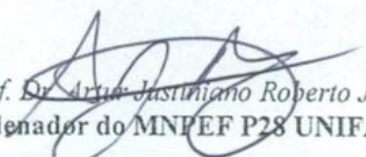
Aprovado () Aprovado condicionalmente () Reprovado

Prof. Dr. Samuel Bueno Soltau _____
 Prof. Dr. Clayton Santos Mello Clayton Santos Mello
 Prof. Dr. Frederico Augusto Totti Frederico A. Totti

Parecer final dos examinadores: (opcional)

ACATAR AS CONSIDERAÇÕES DA BANCA, NO QUE SE REFERE A REVISÃO DO TEXTO E DO PRODUTO FINAL.

Defesa de dissertação homologada na 18ª reunião do Colegiado do Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizada em 26/08/2019


 Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Junior
 Coordenador do MNPEF P28 UNIFAL-MG

Processo OK

Dedico esta dissertação a Deus, aos meus Pais, a minha esposa Lilian, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis, aos meus filhos Cecilia, Otavio, Sarah e Elisa pelos momentos em que estive ausente, e aos meus sogros pela assistência em tais momentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me dar forças para continuar mesmo querendo desistir por vários motivos. Agradecer ao amigo e orientador Dr. Samuel Bueno Soltau, por acreditar em mim, e me dar a oportunidade de crescer como ser humano e como profissional, desde a época da minha graduação. Também a todos os professores que me deram aula ou que dividiram comigo um pouco do seu tempo, em especial, meu amigo pessoal Dr. Person Neves, pelos cafés e partilhas produtivas.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), pela oportunidade de elevar meu conhecimento através da implantação do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A minha família da Escola Estadual Diretor Nelson Rodrigues, por confiar no meu trabalho, e permitir a implantação desse projeto.

Gostaria de agradecer ao meu segundo pai Luís Carlos, junto com O professor Artur, pelos conselhos e puxões de orelha. Por último, mas não menos importante, meu companheiro desde a graduação Thiago Henrique, pela ajuda no projeto, me mostrando coisas que eu nunca veria sozinho. A professora Climene pela grande contribuição nas correções gramaticais, e a Renata pelos conselhos pedagógicos, e a todos os colegas que não caberiam nesse agradecimento.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes....”

Isaac Newton.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, a inserção de conteúdos de Física Moderna, em especial o Modelo Padrão da Física de Partículas, como parte da disciplina de física do terceiro ano do ensino médio, através da confecção um conjunto de sequências didáticas e um jogo de cartas relacionado às partículas elementares do modelo padrão, tal material será utilizado como complemento do livro didático, trabalho este utilizado com dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física(MNPEF). Vivemos num mundo interconectado, no qual uso de mídias e aplicativos é cada vez mais comum na sociedade. Entretanto, o conhecimento dos conceitos físicos envolvidos no funcionamento de tais tecnologias nem sempre está presente no repertório dos alunos. Para amenizar este problema e acompanhar a evolução tecnológica, o Ensino de Física não pode prescindir de incluir entre os temas abordados no Ensino Médio, conceitos de Física Moderna e Contemporânea. A possibilidade de utilizar os próprios artefatos tecnológicos, como simulações computacionais e outros softwares, para abordar tais conteúdos, esbarra no dilema das Escolas Públicas sem recursos. Com o intuito de oferecer uma alternativa viável para enfrentar estes desafios, montamos uma sequência didática centrada num jogo de cartas, para ensinar Física de partículas, com ênfase no Modelo Padrão. O jogo, similar ao popular UNO, consiste em dezesseis cartas que representam quarks, léptons e bósons, do qual participam até cinco jogadores, cada um com oito cartas, para disputar a partida. As regras do jogo são similares às do UNO original, ganha o jogador que se livrar de todas as cartas que tem na mão. Essa proposta pretende além de abordar o Modelo Padrão da Física de Partículas, resgatar a interação e o convívio nas relações sociais entre os alunos na sala de aula. Na fase de avaliação, utilizamos um conjunto de questões que levam em consideração o conhecimento prévio dos alunos quanto aos conteúdos abordados e visam despertar o interesse a respeito dos temas. Os assuntos vão desde a evolução do modelo atômico até conceitos de Física Moderna, como efeito fotoelétrico e a Física Contemporânea, como o bóson de Higgs. A aplicação desta proposta em uma Escola Pública, teve resultados satisfatórios na avaliação pelos alunos.

Palavras-chave: Modelo padrão (Física nuclear). Jogos educativos. Física/educação.

ABSTRACT

This work has as its theme, the insertion of contents of Modern Physics, especially the Standard Model of Particle Physics, as part of elementary school, through the production of a set of didactic sequences and a card game. This document does not use the element, the material did not use the dissertation of National Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF). We live in an interconnected world, without which use of media and in which increasingly common in society. However, knowledge of the concepts of computer graphics is not working in any way nor is it present in the student repertoire. This is a problem to accompany technological technology, the teaching of Physics can not be included among the topics addressed in High School, the concepts of Modern and Contemporary Physics. The possibility of using technological products themselves, such as computer simulations and other software to address such content, is an alternative to the development of public schools without resources. In order to offer a viable advantage for the advancement of the challenges, the practice of a didactic program centered in a card game, for the practice of Particle Physics, with emphasis on the Standard Model. The game, similar to the popular UNO, consists of cards that represent the quarks, cards and bosons, in which five players, each with eight cards, participate to play a game. As the original of the game, the player who gets rid of all the cards they have in hand wins. This model is beyond the Particle Physics Model, it is a communication resource in social relations among students in the classroom. In the evaluation phase, a set of questions is used that take into account the previous knowledge of the students for the topics covered and aim to arouse interest in the respect of the themes. Contemporary Physics, like the Higgs boson. The application of the proposal in a public school, carried out based on its evaluation by the students.

Keywords: Standard model (Nuclear physics). Educational games. Physics / education.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACES

FMC- Física Moderna e Contempornea

PNLD- Programa Nacional do Livro Didtico

MPPE- Modelo Padrão de Partículas Elementares

SD- Sequências Didáticas

MNPEF- Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

CBC- Currículo Básico Comum

CAPES-Coordenao de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	MARCOS DO DESENVOLVIMENTO DAS TEORIAS ATÔMICAS	13
2.1	DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS TEORIAS ATÔMICAS.	13
2.2	A CATÁSTROFE ULTRAVIOLETA E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA	16
2.3	O EFEITO FOTOELÉTRICO	17
2.4	O ATOMO DE BOHR	19
2.6	A DESCOBERTA DO BÓSON DE HIGGS.....	21
3	OBJETIVOS	22
3.1	OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
4	METODOLOGIA.....	23
4.1	MÉTODO ESCOLHIDO	23
4.2	ESCOLHA DO TEMA	24
4.2.1	Aplicação do questionário diagnóstico.....	24
4.2.2	Apresentação da SD sobre o desenvolvimento das teorias atômicas.	24
4.2.3	Aplicação do questionário sobre FMC.....	25
4.2.4	Apresentação da SD sobre conceitos de FMC.	25
4.2.5	Aplicação do questionário sobre as Forças elementares.....	26
4.2.6	Apresentando o jogo de cartas	26
4.2.7	Aplicando a SD sobre as quatro forças fundamentais da natureza.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5.1	RESULTADO DOS QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICOS	28
5.2	RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEITOS DE FMC	31
5.3	RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE AS QUATRO FORÇAS ELEMENTAIS	33
5.4	ANALISANDO O JOGO DE CARTAS	36

5-5	ANALISANDO O QUESTIONÁRIO FINAL	37
6	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXOS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Em meados do século XIX, o matemático e físico Julius Plücker (1801-1868), descobriu os raios catódicos (SILVA et al., 2015), o que possibilitou anos depois, a descoberta do elétron pelo físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), através da relação massa/carga, além da descoberta do núcleo do átomo pelo físico E. Rutherford (1871-1937). No início do século XX, deu-se o alvorecer da Física Nuclear. Através de estudos na área da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade obtiveram-se os principais avanços tecnológicos da atualidade.

Em parte, o desenvolvimento de tais teorias possibilitou a descoberta de uma enorme série de fenômenos em escala atômica e nuclear. Hoje em dia vivemos em um mundo conectado, onde o uso de mídias e aplicativos de celulares é cada vez mais comum entre os alunos de todos os níveis. Entretanto, é fácil constatar que a maioria dos alunos não têm conhecimento de como funcionam tais aparatos. Os professores de Física poderiam introduzir alguns conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em suas aulas a fim de amenizar o descompasso entre o uso de dispositivos eletrônicos e o conhecimento de seu funcionamento.

Após uma breve inspeção nas coleções de livros didáticos disponíveis no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), do qual fazem parte quatorze coleções, constatamos que três autores não abordam a Física de Partículas em seus conteúdos (OLIVEIRA;VIANA;GERBASSI, 2007), enquanto oito abordam indiretamente através de conceitos de radiação e Física Nuclear, e somente dois autores incluíram a Física de Partículas como parte do livro didático (Silva Neto, 2011).

Buscando superar a um só tempo, tanto o dilema de como ensinar FMC em escolas sem recursos laboratoriais, quanto o de aproximar o aluno de conceitos abstratos de forma interessante e atraente, buscamos criar uma abordagem lúdica através de um jogo de cartas para ensinar o Modelo Padrão de Partículas Elementares (MPPE).

O jogo é parte de um conjunto de Sequências Didáticas (SD) construídas com a intenção de fomentar discussões sobre o desenvolvimento das teorias por trás dos modelos atômicos conhecidos até chegar no modelo de Rutherford-Bohr, onde introduziremos tópicos de FMC. O jogo trará as partículas elementares do modelo padrão até a terceira geração das partículas, tal jogo foi baseado no UNO, do qual serão utilizadas algumas características e regras. A cada partida podem participar dois ou mais jogadores.

Tal proposta tem também uma dimensão que visa resgatar a interação e o convívio entres os alunos. Aliadas ao jogo, há intervenções didáticas visando abordar conceitos relacionados com temas de FMC.

2 MARCOS DO DESENVOLVIMENTO DAS TEORIAS ATÔMICAS

Nos tópicos a seguir serão descritos os temas mais relevantes utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

2.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS TEORIAS ATÔMICAS.

Discussões sobre a natureza da matéria tem seu início na Grécia Antiga, quando Thales de Mileto (Séc. VII AEC)¹ introduziu o conceito do Princípio Fundamental da matéria (arché), ou seja, que toda matéria era composta por um elemento fundamental composto pela água, já para Anaxímenes (Séc. VI AEC), discípulo de Thales o elemento fundamental era o ar, para Heráclito o elemento fundamental era o fogo. Cerca de dois séculos mais tarde, em meados do Séc. IV AEC, Demócrito e seu discípulo Leucipo introduziram um conceito em que toda matéria era constituída de um elemento primordial, tal elemento era indivisível, indestrutível, ao qual deu-se o nome de átomo (PIRES, 2008).

Pouco se sabe sobre seu desenvolvimento e estudo durante cerca de dois mil anos, até que John Dalton(1766-1844), físico inglês, propôs uma teoria, conhecida como modelo da bola de bilhar, que após experimentos chegaram à

¹AEC é a abreviação de “antes da Era Comum”, notação que vem substituindo o mais usual a.C. (antes de Cristo). O marco zero da Era Comum é o mesmo da Era Cristã. Como hoje sabemos que a data do nascimento de Jesus Cristo foi calculada com erro pelos primeiros cronologistas, se continuássemos

usando as expressões "antes de Cristo" e "depois de Cristo", acabaríamos escrevendo frases aparentemente absurdas, como, por exemplo, "Jesus Cristo nasceu no ano 7 antes de Cristo". Neste livro, quando as datas não foram seguidas pelas letras AEC, isso significa que elas já pertencem à Era Comum.

Cherman, Alexandre. Sobre os ombros de gigantes: uma história da física. 2 ed., Rio de Janeiro: Zahar, 2005. p.15

conclusão que toda matéria é constituída por partículas neutras e indivisíveis, as quais não poderiam ser criadas nem destruídas, elemento ao qual deu-se o nome de átomo. Com a descoberta do elétron houve a queda do modelo de bola de bilhar e a concepção de outro modelo mais consistente com as novas descobertas, pelo físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940), que descreveu que o átomo era positivo com cargas negativas incrustadas na superfície do átomo, daí a comparação com o pudim de passas .

Com a descoberta do núcleo atômico pelo físico e químico neozelandês naturalizado britânico Ernest Rutherford (1871-1937), Denominou-se como modelo planetário, pois os elétrons orbitam o núcleo, da mesma forma que os planetas em torno do Sol, o que desencadeou uma série de experiências utilizando feixes de partículas. Depois, houve a descoberta do nêutron em 1932, pelo cientista Sir James Chadwick (1891–1974), através de estudos utilizando o Princípio de Conservação da Quantidade de Movimento, no qual se a somatória das forças externas que agem sobre o sistema for nula, o movimento permanecerá sem alteração. Ao utilizar um feixe de partículas alfa e colidindo-as com o elemento berílio, foi encontrado um espectro de radiação diferente, após vários cálculos e medidas, foi constatado que o núcleo do berílio radioativo emitia partículas sem carga elétrica e de massa próxima à massa do próton (SANTOS et al.,2012).

Tais experimentos utilizavam nêutrons, prótons e outras partículas, os quais eram levados a colidir com um núcleo, no intuito de desvendar sua estrutura ou produzir elementos artificiais através de transmutação nuclear. Tais descobertas foram diretamente responsáveis pelos avanços em estudos em reações nucleares, além de impulsionar a construção da bomba atômica pelo Projeto Manhattan, nos anos de 1942 a 1946, realizada durante a Segunda Guerra, e em reatores nucleares utilizados para geração de energia elétrica.

Com o desenvolvimento dos equipamentos experimentais, como por exemplo, os microscópios eletrônicos, uma série de outros fenômenos nucleares foram observados (DANTAS, 2010), mas tal modelo não explicava certas falhas relacionadas com a teoria clássica vigente na época, não explicava o motivo dos elétrons não se colapsarem com o núcleo, devido ao seu movimento em torno do núcleo positivo, pois, segundo a teoria clássica, toda carga em movimento gera campo e conseqüentemente perde energia, nem esclarecia por que sendo

elétrons e prótons de carga contrária os mesmos não se atraíam. Essa questão foi resolvida pelo físico dinamarquês Niels Henrick David Bohr (1885-1962). utilizando parte a teoria de quantização da energia de Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), Bohr demonstrou, através do átomo de Hidrogênio, que os elétrons eram distribuídos em camadas, chamadas órbitas estacionárias; nestas órbitas, o elétron não perde energia conforme se movimenta, contrariando a teoria clássica (CUNHA, 2012).

A partir de 1990, vem aumentando o número de trabalhos envolvendo o ensino de FMC, porém poucos trazem tópicos sobre a Física praticada nos dias atuais, talvez pela dificuldade em se apresentar uma ciência enquanto ainda é produzida.

O chamado MPPE não é um modelo, e sim um conjunto de teorias, aliás, na opinião de muitos físicos (MOREIRA, 2011), são consideradas as melhores teorias sobre a natureza da matéria. Segundo o MPPE, léptons e quarks são partículas genuinamente elementares, devido à falta de estrutura interna. As partículas que possuem estrutura interna são chamadas de hádrons, os quais são constituídas de quarks; os bárions podem ser formados por três quarks ou três antiquarks, ou mésons, quando formados por um quark e um antiquark. Existem seis léptons (elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau) e seis quarks [quark up (u) quark down (d), quark charme (c), quark estranho (s), quark bottom (b) e quark top (t)] (VEIGA, 1996). Porém, os quarks possuem uma propriedade chamada cor (OSTERMANN, 2000), cada um pode apresentar três cores distintas (vermelho, verde e azul). Há, portanto, 18 quarks. Contudo, para cada partícula correspondente existe uma antipartícula, somando um total de 12 léptons e 36 quarks. O elétron é o lépton mais conhecido e o próton e o nêutron os hádrons mais familiares. A estrutura interna do próton é uud, ou seja, dois quarks u e um d; a do nêutron é udd, isto é, dois quarks d e um u. E assim por diante, ou seja, a grande maioria das chamadas partículas elementares são hádrons e estes são formados por três quarks ou três antiquarks (CARUSO, 2012). Quarks ainda não foram detectados livres, mas apenas confinados em hádrons, cuja soma de suas cargas é sempre um múltiplo inteiro da carga elementar (e).

O MPPE descreve com alta precisão os conceitos relacionados às três forças conhecidas, sendo elas a interação eletromagnética, a interação fraca e a

interação forte, mas não apresenta a quarta interação, de quais as causas da interação gravitacional, nem a presença do gráviton, a qual seria a partícula mediadora da interação, pois até o presente momento nada se pode afirmar sobre tal interação (OSTERMANN, 2001).

O MPPE teve sua formulação no início dos anos 70, tem como base estrutural a teoria quântica da força eletromagnética, com precisão de uma parte em um bilhão e estabelecido experimentalmente no início dos anos 1980.

2.2 *A CATÁSTROFE ULTRAVIOLETA E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA*

A catástrofe ultravioleta é um termo utilizado para descrever uma dicotomia entre teoria e prática relacionados com a radiação dos corpos negros. Corpo negro é definido como um meio ou substância que absorve toda energia incidente sobre ele, sendo que nenhuma parte da radiação incidente é refletida ou transmitida. É uma classe de corpos que emite um espectro de caráter universal, ou seja, independente do material e da forma do corpo, dependente apenas da temperatura, deixando de ser considerado um corpo negro quando não absorve mais a luz. (EISBERG, 1979).

Assim, ao analisar e tentar calcular a densidade de energia de corpo negro surgiu a Lei de Rayleigh-Jeans, no qual usava-se a teoria eletromagnética clássica para mostrar que a radiação interna deve existir de forma estacionária. Com isto a contagem da quantidade de ondas determina a frequência e posteriormente, a partir da teoria cinética clássica dos gases, calculam a energia total média quando os sistemas estivessem em equilíbrio térmico.

No entanto, esta teoria e sua formulação funcionavam apenas para baixas frequências, contradizendo os dados experimentais pois estavam apoiados às teorias clássicas de energia contínua e só com a mudança de pensamento

proposta por Planck chegou-se a uma teoria que aproximava aos resultados práticos.

Planck percebeu que, para chegar aos resultados experimentais, seria necessário tratar a energia com uma variável discreta e assim pode ser colado com o seguinte postulado:

“Qualquer ente físico com um grau de liberdade cuja ‘coordenada’ é uma senoidal do tempo (isto é, executa oscilações harmônicas simples) pode possuir apenas energias totais E que satisfaçam à relação

$$E = nh\nu \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

onde ν é a frequência da oscilação, h uma constante universal” (EISBERG, 1979).

Essa ideia não foi muito aceita inicialmente, mas foi base para a explicação e descrição de fenômenos físicos marcantes para a história da Física Moderna e um desses é o efeito fotoelétrico e outro a formulação do átomo de Bohr.

2.3 O EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico foi um fenômeno observado inicialmente por Heinrich Hertz, no qual uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se faz incidir luz ultravioleta em um deles. Vale lembrar que neste momento havia ainda a discussão quando as propriedades da Luz, onda ou partícula, mas não é nosso intuito o aprofundamento nessas discussões agora.

Hertz criou um aparelho para estudar o efeito fotoelétrico, usamos a imagem do simulador dor fornecido pelo PhetColorado.

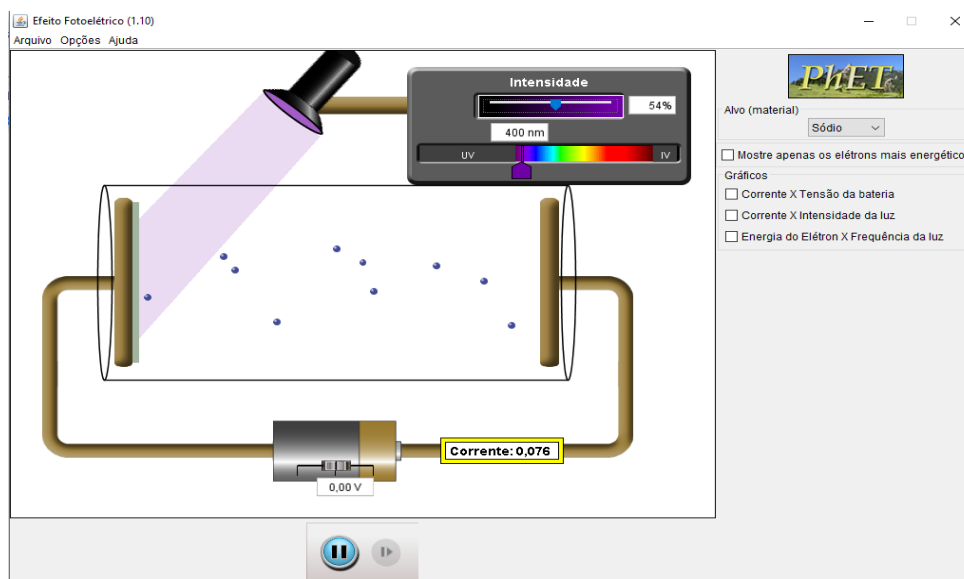


Figura 1 - Simulação computacional utilizada para representar o efeito fotoelétrico

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric

Contudo, o mais interessante neste experimento foi que havia três questões que a física clássica falhava em explicá-las. A primeira é que a energia cinética dos fotoelétrons aumentaria de acordo com o aumento da intensidade do feixe luminoso, o que não fora observado. A segunda era que o efeito fotoelétrico ocorreria para qualquer frequência de luz, desde que esta fosse intensa o bastante para dar energia necessária para a ejeção, mas que não era verdade, e notou-se a existência de frequência de corte na qual, para valores inferiores não ocorria o efeito. Por último, era que mesmo com uma luz muito fraca, deveria existir um intervalo de tempo mensurável, no qual o fotoelétron ficaria absorvendo a energia do feixe de modo a conseguir escapar, mas nenhum retardamento detectável foi medido.

As respostas para esses três enigmas foram dadas por Einstein, no entanto para isto ele criou o conceito de pacotes concentrados de energias radiantes, os famosos fótons. Einstein tomou como base teórica os conceitos de energia discreta de Planck relacionada ao corpo negro para explicar a ideia do Fóton e relacionou os fenômenos ondulatórios clássicos para os cálculos e determinação da média de como os mesmos viajam. Além disso, ele afirmava que os resultados observados nas experiências de óticas de difração e interferência eram oriundos da utilização de números muito grande de fótons.

Assim, foi possível responder aos três fatores antes não explicados sobre o efeito fotoelétrico (TAVOLARO, 2002); o primeiro é facilmente explicado pelo conceito dos fótons, pois ao aumentar a intensidade da luz, acarreta no aumento da quantidade de fótons e não a energia que cada um contém. Na segunda objeção, tem-se que independentemente da quantidade de fótons chegando até os elétrons, nenhum terá energia suficiente, individualmente, para fazer com que sobre energia cinética para o movimento do elétron. Quanto ao terceiro fator, é eliminado pelo fato de o fóton ser um pacote de energia concentrado, que é imediatamente absorvido por algum átomo, causando a imediata emissão de um fotoelétron.

Assim, com estas explicações, outros cientistas começaram a aceitar a teoria da quantização da energia proposta por Planck para o corpo negro.

2.4 *O ATOMO DE BOHR*

Neils Bohr em 1913, elaborou um modelo atômico que era pautado em quatro postulados que uniam teorias clássicas e não clássicas. Seu modelo é conhecido como modelo planetário devido à disposição dos elétrons em torno do núcleo. Então Bohr em seu primeiro postulado, afirmava que um elétron se move em uma órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana regida pela lei da mecânica clássica. Cada órbita está relacionada a um nível de energia discreta (EISBERG, 1979)

Em seu segundo postulado tem-se que existem órbitas específicas nas quais o elétron pode se movimentar, contrariando a teoria clássica e assumindo o modelo discreto para as órbitas, e como consequência, segue o terceiro postulado, no qual os elétrons constantemente acelerados que se movem nestas órbitas específicas não emitem radiação eletromagnética, mantendo sua energia constante. Para finalizar, no seu quarto postulado, tem-se que a radiação eletromagnética será emitida se ocorrer uma mudança de órbita de um nível mais energético para um de menos energia.(PARENTE; SANTOS; TORT, 2017)

Assim, Neils Bohr conseguiu chegar a resultados satisfatórios com os dados espectroscópicos além da fácil compreensão dos modelos matemáticos envolvidos (CUNHA, 2012).

2.5 AS QUATRO FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA

As quatro forças fundamentais são as forças que atuam dentro do núcleo dos átomos, tais forças definem as interações entre as partículas individuais e o comportamento de cada uma delas, estas interações acontecem em toda matéria no universo, não importando o meio em que o mesmo está inserido. Essas forças são chamadas de força nuclear forte, força nuclear fraca, a força eletromagnética e a força gravitacional (MOREIRA, 2004).

A força gravitacional é a força exercida pela gravidade, força conservativa, neste caso a massa dos corpos é diretamente proporcional à atração, e a distância entre eles é inversamente proporcional, é a força responsável pelo peso dos corpos, é a mais conhecida entre as quatro, porém pouco se sabe sobre a forma de interação, cuja partícula mediadora, o gráviton, ainda não foi provada sua existência, nem mesmo como funcionam suas interações.

A força eletromagnética define as interações entre partículas eletricamente carregadas, além de seus campos magnéticos. Força que pode ser de atração ou de repulsão, dependendo das cargas (OSTERMAN, 2001). Contudo, corpos com cargas elétricas de mesmo sinal se repelem, e corpos com cargas elétricas com sinais diferentes se atraem. É a força responsável por manter os elétrons em seus orbitais atômicos dentro da eletrosfera. A força eletromagnética é responsável pela emissão e a absorção de luz, como por exemplo o efeito fotoelétrico, cuja luz é emitida quando uma partícula carregada é acelerada, ou quando um elétron atômico sofre transição para um nível de energia mais baixo (SALAM, 1993).

A força fraca é a responsável por processos de decaimento radioativo, em que ocorre uma transição de núcleos de estado excitado para estados de baixas energias; durante o processo pode ocorrer a emissão de raios gama, além de

partículas alfa, partículas betas, e nêutrons, cujas partículas mediadoras são os bósons W_{\pm} e Z^0 (TERUYA; DUARTE, 2012).

A força forte é a responsável por manter o núcleo do átomo estável, é a força que impede os prótons de se espalharem; ao contrário da lei de Coulomb, a força forte aumenta com a distância, sua partícula mediadora é chamada de glúon (OSTERMANN, 1999).

2.6 A DESCOBERTA DO BÓSON DE HIGGS

O bóson foi previsto teoricamente no ano de 1964 pelo físico britânico Peter Higgs. Segundo Higgs, existiria um campo gerado logo após o Big Bang, campo esse responsável pela transformação da massa das partículas, sua descoberta seria a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares da natureza (SALAM, 1993). A proposta do campo de Higgs era apoiada em teorias já conhecidas neste período, que descreviam geração de massa por meio de um fenômeno de quebra de simetria, ou seja, a teoria BCS para a supercondutividade a baixas temperaturas(COSTA; PAVÃO, 2012). Tal teoria esperou quase meio século para ser provada, pois somente em 2008 com a entrada em funcionamento do Grande Colisor de Hadrons (LHC), houve condições tecnológicas para iniciar sua procura. Através de um grande esforço internacional realizado no CERN em 2012, por meio dos experimentos ATLAS e CMS, foi anunciada a descoberta de uma partícula, com massa entre 125 e 126 Giga elétron-volt (GeV), que possuía propriedades semelhantes às previstas por Higgs, porém ainda era necessário verificar se essa partícula possuiria todas as propriedades descritas no modelo de Higgs, o que só após o acúmulo de dados experimentais ficou comprovado. Tal partícula recebeu o nome de Bóson de Higgs (SOUZA et al., 2018 ; BALTHAZAR, 2010).

3 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos divulgar e produzir material didático, com o intuito de auxiliar o livro didático e promover a discussão a respeito do MPPE (OSTERMAN; MOREIRA, 2001), através de sequências didáticas, além de um jogo de cartas para turmas do terceiro ano do ensino médio da rede pública estadual.

3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Elaborar e disponibilizar material para os professores do ensino médio, materiais utilizados como base para fomento de debates sobre a evolução dos modelos atômicos e a inserção do MPPE no cotidiano dos alunos;

Apresentar o jogo de cartas contendo um conjunto de partículas elementares do MPPE;

Mensurar de forma objetiva, a utilização das SDs, em forma de questionários prévios e debates sobre o ensino de Física de Partículas;

Utilizar um questionário final, com o objetivo de validar o trabalho apresentado;

4 METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritos de forma sistemática, todos os métodos utilizados para realização do trabalho.

4.1 *MÉTODO ESCOLHIDO*

Após reunião com a equipe pedagógica de uma escola estadual situada na cidade de Serrania, cuja superintendência regional de ensino fica na cidade de Poços de Caldas, além de estudar o Projeto Político Pedagógico (PPP), ficou combinado que a aplicação do projeto não poderia atrapalhar o andamento normal previsto no Currículo Básico Comum (CBC) do estado de Minas Gerais, vale a pena salientar que mesmo o CBC não sendo currículo, ele é muito utilizado na visão pedagógica das escolas, além da implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no ano de 2020, o que não acarretará em perdas no trabalho, onde nossa trabalho está inserido no contexto de Matéria e Energia. Daí a proposta de trabalho com o terceiro ano do ensino médio, pois grande parte do conteúdo é previsto na grade curricular da disciplina (BRASIL, 2002).

Optou-se por um conjunto de questões preliminares, com o intuito de promover debates entre os alunos a respeito dos assuntos envolvidos, levando em consideração seus conhecimentos prévios, assumindo um compromisso de explicar de forma simples os principais conceitos, pois grande parte dos assuntos ainda não foram apresentados aos alunos, o que torna um pouco mais difícil a assimilação de tais conceitos, devido à complexidade dos temas.

O jogo de cartas foi utilizado como forma de apresentação das partículas elementares do Modelo Padrão, as características e propriedades das mesmas não foram relacionadas ao jogo.

4.2 ESCOLHA DO TEMA

Os temas foram escolhidos através de estudos no CBC, e procuramos aplicar os conteúdos necessários para o desenvolvimento do projeto, utilizando um plano de ação com o intuito de estreitar a distância entre o conhecimento prévio do aluno¹⁰ (LINO et al., 2011), com o conhecimento necessário na apresentação do trabalho.

Na BNCC, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (TENFEN, 2016).

4.2.1 Aplicação do questionário diagnóstico

O questionário diagnóstico foi aplicado no início do ano letivo de 2018, na escola estadual da cidade de Serrania, onde sou o professor responsável pela disciplina de Física. O questionário foi utilizado para mensurar os conhecimentos prévios dos alunos e assim traçar quais estratégias de trabalho seriam realizadas na escola. A aplicação também teve caráter experimental, com o qual foi possível monitorar o comportamento dos alunos em relação aos colegas e tentar projetar o comprometimento dos alunos com a atividade proposta.

4.2.2 Apresentação da SD sobre o desenvolvimento das teorias atômicas.

Após a aplicação do questionário diagnóstico, traçamos a estratégia de introduzir os principais conceitos históricos envolvidos na construção da teoria atômica atual, portanto foi preparada uma aula de PowerPoint (PPT), cuja intenção era preencher as lacunas e os erros conceituais encontrados nas

respostas dos grupos envolvidos. De forma simples e objetiva, iniciamos nossos debates utilizando as ideias dos primeiros pensadores gregos a respeito da constituição da matéria, segundo os quais cada filósofo tinha um elemento responsável pela formação da matéria, até chegar no átomo de Leucipo, depois saltamos para o modelo atômico de Dalton, quando procuramos esclarecer as mudanças considerando as teorias vigentes na época, e como o avanço tecnológico ajudou a resolver os problemas de cada modelo atômico, causando sua queda e conseqüentemente dando origem a um novo modelo de forma cronológica até a construção do modelo atômico de Rutherford-Bohr.

4.2.3 Aplicação do questionário sobre FMC

O segundo questionário teve um caráter mais específico, no caso promover uma discussão a respeito de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, com ênfase nas teorias aplicadas no desenvolvimento das teorias atômicas mais atuais, conceitos ligados à catástrofe ultravioleta, os quais nos levam a quantização da energia, teoria utilizada por Bohr para resolver problemas relacionados ao modelo planetário de Rutherford.

4.2.4 Apresentação da SD sobre conceitos de FMC.

Após a coleta e a separação das respostas, as quais foram separadas em dois grupos, classificadas como satisfatório ou em branco, preparamos um conjunto de transparências, no qual evidenciamos os principais aspectos das teorias relacionadas; nesse passo, utilizamos o programa de simulação PhET (Physics Education Technology Project), da Universidade do Colorado (EUA), com o intuito de demonstrar de forma prática a absorção de pacotes de energia por elétrons através do efeito fotoelétrico. Nesse momento nosso objetivo foi demonstrar que várias tecnologias surgiram de estudos na área da Física

moderna, tecnologias aplicadas em celulares, televisores e computadores entre, outros.

4.2.5 Aplicação do questionário sobre as Forças elementares

Considerando que o conceito de força já havia sido aprendido pelos alunos do terceiro ano, preparamos um conjunto de questões relacionadas ao assunto, introduzindo assim a discussão sobre as forças fundamentais da natureza.

4.2.6 Apresentando o jogo de cartas

Nesse momento, apresentamos o jogo de cartas contendo as principais partículas elementares do modelo padrão; o jogo e algumas regras foram baseados no UNO, jogo desenvolvido pela MATTEL, e distribuído no Brasil pela COPAG, em que a principal diferença é a utilização dos símbolos das partículas elementares ao invés de números. O jogo teve o intuito de despertar o interesse dos alunos em relação aos nomes das partículas, além de permitir uma maior interação entre os alunos dentro da sala de aula, deixando o clima mais propício para o aprendizado sobre o assunto.



Figura 2 Alunos do terceiro ano testando o jogo de cartas

Fonte: Do autor

4.2.7 Aplicando a SD sobre as quatro forças fundamentais da natureza

Após a realização de todas as etapas anteriores, apresentamos uma aula de PPT, contendo tópicos relacionados as quatro forças fundamentais da natureza, suas relações e as partículas mediadoras de cada interação, suas utilizações e como elas explicam algumas falhas no conceito atômico

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o desenvolvimento do trabalho foram assistidos ao todo 52 alunos, sendo que 48 alunos participaram de todas as etapas do projeto, o que nos deixou com cerca de 92% de aproveitamento do projeto. Devido transferências de alguns alunos para cidades da região, ou alunos que vieram de transferência após o início do projeto, estes não foram contabilizados, para maior controle e validade das respostas. Tais alunos foram divididos em grupos de até seis alunos, o que nos deixa com um conjunto de 10 grupos, dos quais foram coletadas, respostas coletivas, utilizadas durante todas as etapas do trabalho.

5.1 RESULTADO DOS QUESTIONÁRIOS DIAGNÓSTICOS

A aplicação desse primeiro questionário mostrou que quase todas as perguntas foram respondidas, algumas com conceitos próximos ao senso comum e outras já encaminhando para uma definição formal sobre tais conceitos. No entanto, como será mostrado a seguir, não foi caracterizada nenhuma resposta como errada, demonstrada na tabela abaixo. já que o objetivo deste formulário foi levantar quais são as concepções alternativas apresentadas por estes alunos.

Tabela 1- Tabela referente as questões utilizadas como diagnostico, para início das atividades.

Questões utilizadas	Questões respondidas	Questões em Branco	Número de grupos
Na sua opinião do que é constituída a matéria?	9	1	10
Quais as partes que constituem um átomo?	8	2	10
No que se diferem os elétrons, prótons e nêutrons?	9	1	10

Fonte: Do autor

Selecionamos algumas respostas, para análise do discurso, onde procuramos comparar, as mesmas com os conteúdos dos livros didáticos, os quais utilizamos como base.

① Do que se constitui a matéria?
Tudo que tem massa no espaço. Exemplos: mesa, cadeira, porta etc

Resposta 1: A resposta do grupo um, mais generalista e não totalmente errada

1. átomos e moléculas

Resposta 2: A resposta é curta e correta.

1. Do que se constitui a matéria?
Tudo que ocupa lugar no espaço, se constitui por pequenas partículas esféricas e indivisível que são os átomos

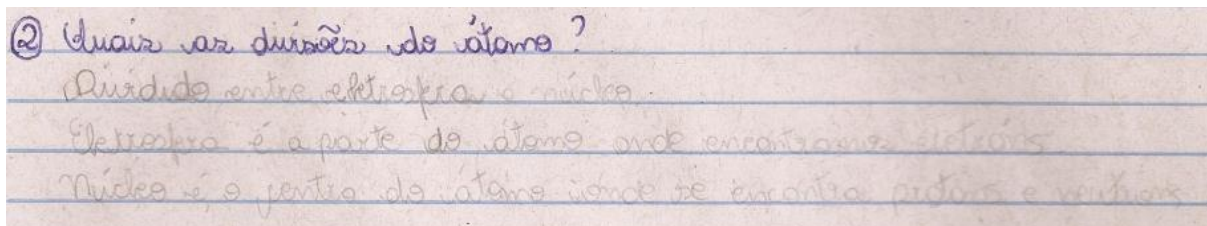
Resposta 3: resposta mais completa e que possui uma definição melhor do que é matéria.

Assim, ao comparar as três respostas temos a evolução de respostas menos completas, parcialmente corretas, para uma resposta bem mais completa e explicada. Na resposta um o grupo definiu como matéria tudo que possui massa, mas não define do que é composta, basicamente uma visão comum do que é matéria, algo observável e de senso comum. Na dois, há uma definição do que ela é composta, mas nada além disto. A terceira é a mais completa ou possui uma melhor tentativa de explicação dos conceitos, pois tem a definição do que é composta, apesar de apresentar um conceito ultrapassado de o que é o átomo, “partículas esféricas e indivisível” (SIC).

2 Prótons, nêutrons, elétrons, núcleo e eletrosfera

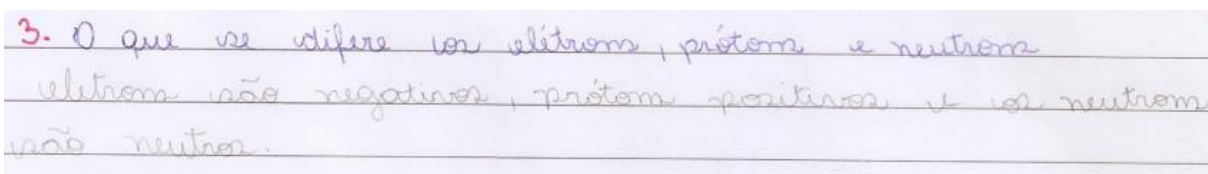
Respostas 1: A resposta está correta, mas não apresenta uma descrição de como é cada parte

2. Quais as divisões do átomo?
É dividido em duas partes, o núcleo, que ficam os prótons e nêutrons e a eletrosfera que se encontra os elétrons

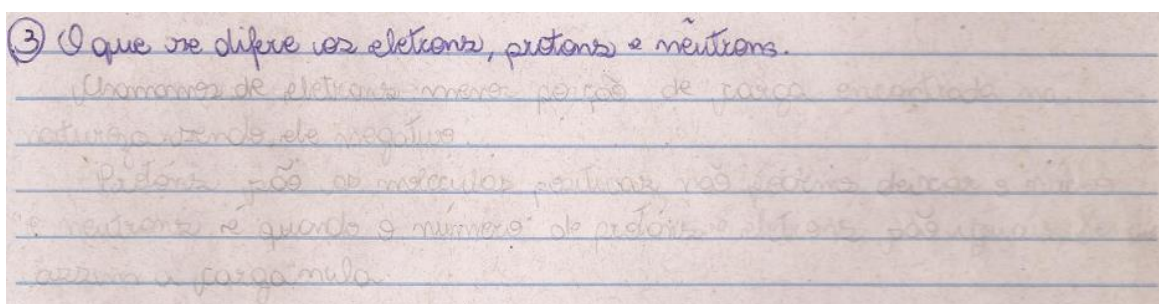


Respostas 2 e 3: As respostas estão corretas, mais completas que a um

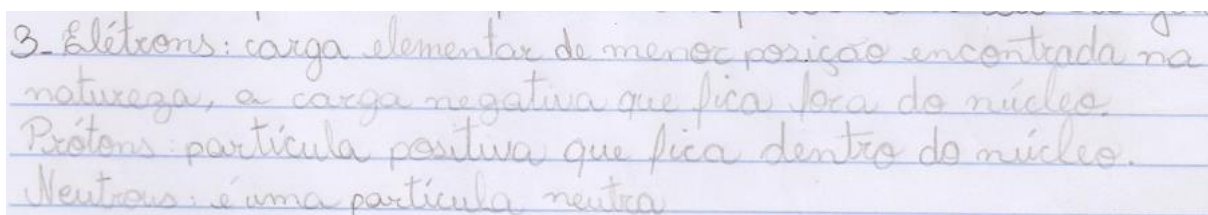
De forma geral, as três respostas estão corretas e aceitáveis, de acordo com o intuito desse primeiro formulário, a primeira resposta tem todas as divisões e falha apenas em não explicar o que é eletrosfera e núcleo, o que foi feito nas duas respostas posteriores, que possuem o mesmo padrão e conteúdo, diferindo apenas na escrita.



Resposta 1: resposta menos completa e que não deixa claro o que é positivo, negativo e neutro.



Resposta 2: resposta quase completa, contém apenas erro na definição de nêutrons.



Resposta 3: resposta mais completa, a definição de cargas correta.

A resposta um para a terceira pergunta do formulário está na direção correta, no entanto não deixa claro o que é ser positivo, negativo ou neutro. A resposta 2 já é bem mais completa quando define o que são cargas e os sinais que cada uma possui, mas falha ao confundir o termo nêutrons com a carga elétrica neutra. A terceira resposta é a mais completa, já que define de forma correta o elétron, o próton e o nêutron, além da localização de cada um deles.

5.2 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE CONCEITOS DE FMC

Durante o processo de apresentação e discussão das questões referentes ao FNC, notamos que a maioria teve dúvidas sobre o que opinar, gerando um desconforto por parte de vários alunos, que decidiram não opinar, o que logo foi resolvido pelo grupo.

Tabela 2- Tabela referente as questões utilizadas para discussão dos conceitos de FMC.

Questões utilizadas	Questões respondidas	Questões em Branco	Número de grupos
Você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais, referentes às teorias de Einstein?	9	1	10
Qual o significado da palavra energia?	7	3	10
Quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar?	7	3	10

Fonte: Do autor

1. você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais referentes às teorias de Einstein?

Resposta 1: não houve resposta, o grupo optou por não responder

1. você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais referentes às teorias de

Einstein? Sim, teoria Relatividade Restrita e a Relatividade Geral.

Resposta 2: O grupo afirmou que conhece, mas apenas citou os conceitos e não no que são aplicados.

1. você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais referentes às teorias de

Einstein?

Teoria da Relatividade GPS

Resposta 3: nesta, apesar de curta a resposta, apresentou a teoria e no que é aplicada

As respostas mostram que grande dos alunos parte não conhecem as aplicações das teorias desenvolvidas e explicadas por Einstein, mesmo ele sendo o físico mais popular. Na primeira resposta temos um exemplo disto, na qual o grupo optou por não responder, na segunda respostas teve a citação de duas de suas teorias, mas sem a aplicação e a terceira tem a resposta mais curta e que contém a aplicação, o *Global Positioning System* (GPS) ou em português Sistema de Posicionamento Global.

2. Qual o significado da palavra energia?

Capacidade de um corpo, uma substância ou um sistema físico têm de realizar trabalho

2. Qual o significado da palavra energia?

Capacidade que um corpo, têm de realizar determinar certo trabalho.

Resposta 1: A resposta está correta, apenas é uma resposta padrão.

As respostas seguiram este padrão e estão corretas e podem ser explicadas, pois os mesmos já viram estes conceitos em outros momentos em Física, o que justifica a pouca variação nas respostas.

3. quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar

Energia elétrica, química, biocombustíveis
Energia solar, Energia eólica

Resposta 1: a resposta está parcialmente correta, há uma confusão entre o que são fontes de energia e o que é energia

3. quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar

Mecânica, cinética, elástica gravitacional, térmica

Resposta 2: a resposta está correta e contém as energias geralmente estudadas nos primeiros anos de Ensino Médio

3. quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar

Mecânica, elétrica, química, nuclear

Resposta 3: a resposta está correta e sua diferença está na citação da energia nuclear

Nas respostas é possível ver que o conceito de energia é mais comum aos alunos, mesmo assim é possível encontrar algumas confusões como na resposta 1 entre energias e fontes de energias. Além disto, este conceito é visto em diferentes momentos na Física e na Química e o interessante é a aparição do termo 'nuclear' ligado a um tipo de energia.

5.3 RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE AS QUATRO FORÇAS ELEMENTAIS

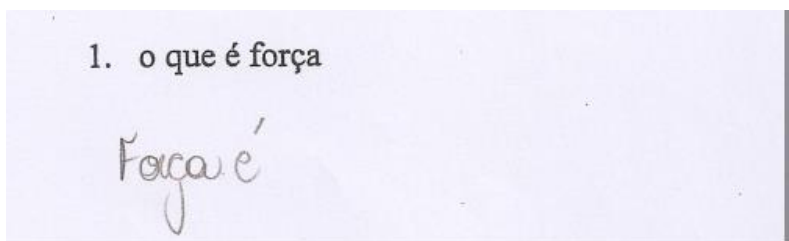
Neste questionário, foi observado que houve uma variação entre as respostas relacionadas com o conceito de forças, mas quase todas dentro do

aceitável e definido principalmente em dinâmica. Foi observado também o desconhecimento do CERN ou outros centros de pesquisas Brasileiros e Mundiais.

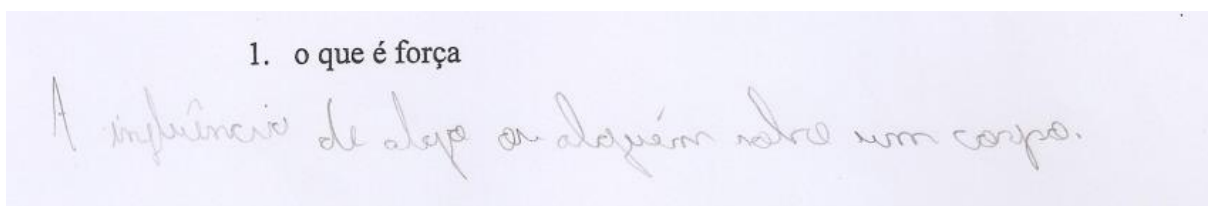
Tabela 3- Tabela contendo as questões utilizadas para discussão das quatro forças fundamentais.

Questões utilizadas	Questões respondidas	Questões em Branco	Número de grupos
O que é força?	8	2	10
Quais os tipos de forças você conhece?	7	3	10
Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?	8	2	10

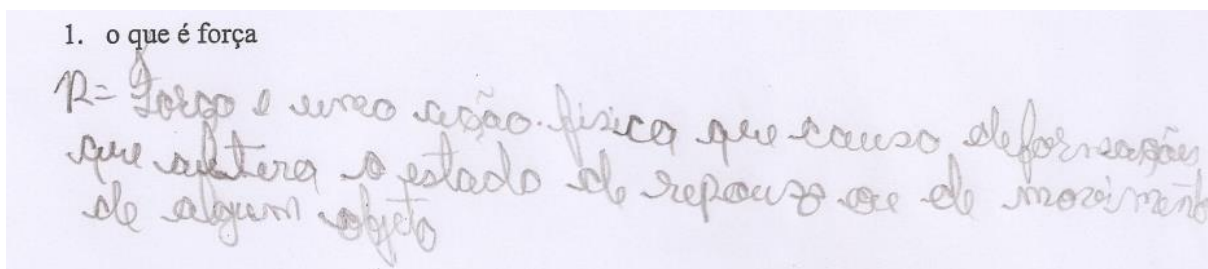
Fonte: Do autor



Resposta 1: o grupo não completou a resposta.



Resposta 2: a resposta está quase totalmente correta e percebe-se a ligação de força com alguém.



Resposta 3: a resposta está correta e colocada como uma resposta padrão

Ao analisar as respostas, tem-se que a variação entre não respondida, número 1, e a resposta quase completa da número 3. O que é interessante foi a utilização do termo “alguém” na resposta dois, o que pode ter origem no senso comum e que remete a sempre ter o contato ou um gerador para esta força.

2. quais os tipos de forças você conhece?

força elétrica, muscular, magnética e normal

Resposta 1: a resposta está correta e a mais interessante e o termo muscular.

2. quais os tipos de forças você conhece?

gravitacional
de um corpo sobre outro

Resposta 2: a resposta está correta e diz dois conceitos correlacionados.

2. quais os tipos de forças você conhece?

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

Resposta 3: a resposta está correta e o destaque é o aparecimento das forças nucleares forte e fraca.

As respostas mostram alguns conceitos usados em outras áreas, como a “força muscular” na primeira. Há também o destaque do conceito de força gravitacional e do conceito “de um corpo sobre o outro” como uma alusão à Segunda Lei de Newton. Na terceira resposta, tem o destaque do aparecimento da força nuclear forte e da força nuclear fraca.

3. Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

não - [redacted]
nã - [redacted]
sim - [redacted] CERN é um dos maiores centros de física
do mundo, onde se localiza um acelerador de átomos.
nã - [redacted]

Resposta 1: o interessante é que apareceram divergências nas respostas.

3. Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

Sim, é um laboratório de física. Da USP.

resposta 2: há o conhecimento do do CERN e a NASA.

3. Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

NÃO, SIM, a NASA, a USP.

Resposta 3: Não conhece o CERN e cita a Usp como um centro de pesquisa.

Esta pergunta buscava saber como está o conhecimento dos alunos quanto a grupo de pesquisas em tecnologias, em especial o CERN, e foi constatado que ainda há poucas pessoas que o conhecem, destacando-se a primeira resposta dividida do grupo junto com a resposta 3. Além disso, na resposta 2 e 3 há a citação da NASA e o aparecimento do nome da Universidade de São Paulo (USP), como um centro de pesquisa; é um fator interessante a não vinculação do nome das universidades e institutos federais próximos com centro de pesquisas.

5.4 ANALISANDO O JOGO DE CARTAS

Após a apresentação do jogo de cartas, e descritas as regras do jogo, dividimos as turmas em sete grupos de até sete jogadores, logo após distribuimos um baralho para cada grupo, e pedimos para que jogassem de forma descontraída.

Durante a aplicação do jogo de cartas, que durou cerca de cinquenta minutos (1 aula), notamos que grande parte dos alunos aceitaram participar da 'brincadeira', sem apresentar resistência; outros tiveram dificuldade em deixar os celulares e interagir com os demais alunos; alguns apresentaram muita timidez em relação aos colegas, mas logo se soltaram, o que era previsto como um dos objetivos do jogo, a socialização e interação entre eles. Muitos questionamentos foram feitos devidos aos nomes incomuns das partículas elementares, o qual era

outro objetivo do jogo, mas a intenção não era responder de imediato e sim aguçar a curiosidade deles, para que no momento propício fossem esclarecidas todas as dúvidas de forma simples e bem objetiva. Após o término do jogo muitas ideias para melhoria do *Layout* das cartas, além de ideias para regras e até outros tipos de baralhos para serem utilizados em outros jogos, tal *Feedback* será estudado e utilizado em projetos futuros.

5.5 ANALISANDO O QUESTIONÁRIO FINAL

Após a execução de todas as partes da SD, foi aplicado um questionário contendo todas as questões já discutidas, a fim de avaliar se as aplicações das atividades e todas as discussões tiveram efeito positivo ou se foram irrelevantes para o projeto, podemos observar que no ultimo questionário apareceu a questão relacionada, aos modelos atômicos, assunto não abordado no primeiro questionário, porem muito importante para o entendimento das demais questões.

Este questionário tem a função de tentar aferir, neste caso, qualitativamente a evolução dos conceitos de física de partículas e moderna abordadas neste conjunto de aulas. Salienta-se que, mais uma vez, não foram analisadas as respostas como certas ou erradas e sim preferiu-se averiguar se foram respondidas ou não, pois respostas fora do padrão também nos interessava, pois através delas, poderíamos preparar as aulas e através delas, aproximar tais respostas inconsistentes a teoria vigente.

Tabela 4- Tabela contendo todas as questões utilizadas nas discussões.

Questões utilizadas	Questões respondidas	Questões em Branco	Número de grupos
Na sua opinião do que é constituído a matéria?	10	0	10
Quais modelos atômicos já estudaram ou ouviram falar?	10	0	10
Quais as partes que constituem um átomo?	10	0	10
No que se diferem os elétrons, prótons e nêutrons?	10	0	10
Você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais referentes às teorias de Einstein?	9	1	10
Qual o significado da palavra energia?	10	0	10
Quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar?	10	0	10
O que é força?	10	0	10
Quais os tipos de forças você conhece?	10	0	10
Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório, ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?	7	3	10

Fonte: Do autor

1. Na sua opinião do que é constituído a matéria.

A matéria é constituída por átomos

Resposta 1: A resposta está correta, mas pode-se dizer incompleta.

1. Na sua opinião do que é constituído a matéria.

Toda matéria é constituída de átomos. Matéria é tudo que ocupa espaço.

Resposta 2: A resposta está correta e um pouco mais completa.

Foi observado que todos responderam a esta pergunta e que as respostas se mantiveram próximas às obtidas no primeiro questionário, mantendo o padrão de que a matéria é formada por átomos.

quais as partes que constituem um átomo.

Electrosfera e núcleo. Na Electrosfera, encontram-se os elétrons e no núcleo os prótons e nêutrons

3. quais as partes que constituem um átomo.

núcleo onde estão os prótons e nêutrons e a electrosfera onde estão os elétrons

Resposta 1 e 2: Ambas apresentam o mesmo padrão de resposta e estão corretas

Para a segunda pergunta, foi encontrado este padrão de resposta apresentando algumas pequenas variações e quase todas apresentaram a divisão em eletrosfera e núcleo com seus respectivos componentes.

no que se difere os elétrons, prótons e nêutrons.

Elétrons: possui carga elétrica negativa
 Prótons: possui carga elétrica positiva
 Nêutrons: possui uma carga mais pesada do que o próton.

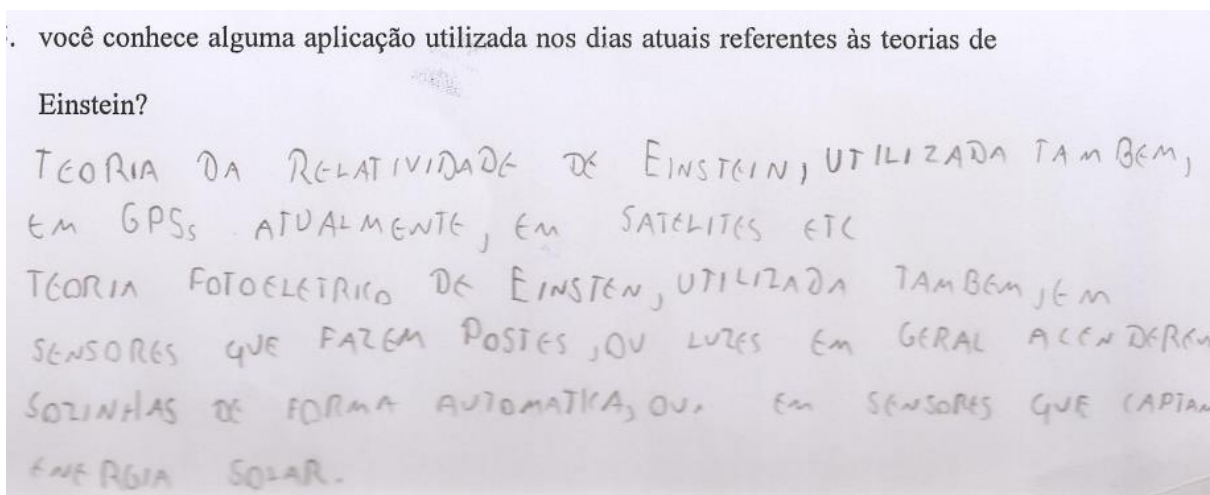
Resposta 1: Completa, e cita a massa como um diferencial

no que se difere os elétrons, prótons e nêutrons.

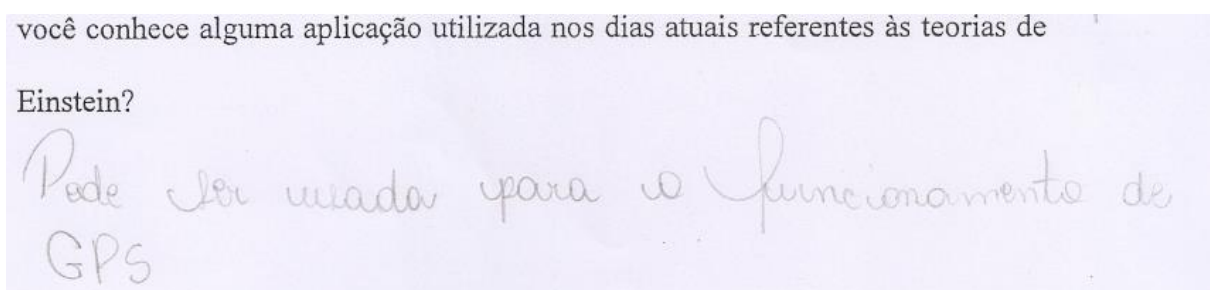
Os elétrons tem carga negativo
 prótons - carga positiva
 nêutrons - carga neutra.

Resposta 2: A resposta está correta e relaciona os nomes a cargas.

A terceira questão apresentou este mesmo padrão de resposta e que foi de identificá-las como cargas com diferentes sinais, além da relação das diferentes massas como na resposta 1.



Resposta 1: resposta com mais de uma aplicação



Resposta 2: resposta mais comum e a mais diretamente citada.

Para a quarta pergunta, ainda obtivemos respostas em branco ou que apenas citação da teoria sem a aplicação. Outro padrão encontrado foi a indicação do *GPS* como principal aplicação das teorias de Einstein

Qual o significado da palavra energia?

Capacidade que um corpo tem de realizar trabalho.

Resposta 1: Resposta padrão encontrada

Qual o significado da palavra energia?

A capacidade que um corpo tem de realizar trabalho.

Resposta 2: Resposta padrão encontrada.

A quinta pergunta apresentou este padrão de resposta, que é esperado por ser visto em mais de uma das divisões da Física vista no Ensino Médio e também apresentado neste conjunto de atividades.

quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar

energia Cinética, energia potencial gravitacional
energia potencial elástica, energia solar, energia eólica.

Resposta 1: Resposta padrão com energias vistas em anos anteriores do ensino médio

7. quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar

hidroelétrica, eólica, fotovoltaica, nuclear, elétrica, química, gravitacional.

Resposta 2: Difere das outras respostas pelo aparecimento de energia nuclear

A questão seis apresentou o mesmo padrão de resposta do questionário dois na apresentação de energias previamente conhecidas de outros conteúdos de física que antecederam a esta atividades, mas o aparecimento do conceito de energia nuclear e fotovoltaica mostra mais algumas formas diferentes de energia.

8. o que é força

É a capacidade de vencer a inércia modificando a velocidade.

Resposta 1: Resposta correta relacionada ao conceito de mecânica

9. o que é força

Interação entre dois ou mais corpos.

Resposta 2: resposta correta relacionada com a mecânica

Na sétima questão foram encontradas respostas nos padrões anteriores e que estão relacionadas as visões de mecânica newtoniana e suas leis.

10. quais os tipos de forças você conhece?

Força magnética, força elástica, força gravitacional

Resposta 1: Resposta relacionada a conceitos anteriores

quais os tipos de forças você conhece?

Forças conhecidas
força elástica, força elétrica

Resposta 2: resposta com forças já vistas em conceitos anteriores

Para esta questão teve-se o aparecimento de forças já conhecidas de conteúdos passados, principalmente os apresentados nos conteúdos de mecânicas. Era esperado o aparecimento das forças nucleares forte e fraca, o que não ocorreu.

Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

Não.

Resposta 1: Resposta que nega conhecer qualquer centro de pesquisa

Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

Não, só a NASA.

Resposta 2: Demonstra ainda não conhecer o CERN e cita a NASA como centro de pesquisa

A última questão mostra que há ainda uma falha na divulgação de centros de pesquisas em Física ou tecnologias. Além disso, o CERN continua sendo desconhecido dos alunos envolvidos na pesquisa e os mesmos não identificam as instituições de ensino superior como centros de pesquisas tecnológicos.

Este último formulário foi utilizado para identificar quais evoluções nos conceitos abordados os alunos conseguiram adquirir; como a análise não foi quantitativa e qualitativa, teve-se uma pequena melhora em relação aos dados coletados anteriormente. Como ainda há a ausência de alguns termos e palavras-

chaves fundamentais nas respostas encontrada, conclui-se que algumas partes das dinâmicas deverão ser revistas para trabalhos futuros. Vale salientar que o conteúdo abordado envolve uma série de conceitos pouco visto a nível médio. Outro ponto observado é o padrão de respostas dos alunos que podem ser justificadas pelo fato de que todos tiveram a mesmas atividades e que os formulários foram respondidos em grupo.

6 CONCLUSÕES

Após a análise de todo o material coletado, chegamos à conclusão que houve uma discreta melhora no que diz respeito a visão dos alunos acerca de alguns dos temas abordados, notamos também um certo padrão nas respostas, o que ao nosso entendimento é normal, pois todos os alunos envolvidos tiveram acesso ao mesmo material, participaram das discussões.

Concluimos também, que será necessária uma nova estratégia para as futuras abordagens, devido ao alto grau de complexidade dos temas utilizados no trabalho, além de serem conteúdos muito extensos.

Nossas pretensões futuras partem do desejo de explorar mais o conceito de gamificação no ensino de Física, através de melhorias dos conteúdos do jogo de cartas, além da criação de novos baralhos que serão utilizados em diferentes jogos proporcionando assim uma nova forma de interação entre aluno e professor, o que conseqüentemente pode vir a auxiliar no ensino de outros conteúdos da Física.

REFERÊNCIAS

BALTHAZAR, W.F.; OLIVEIRA, A.L. **Partículas elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

BRASIL Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

CARUSO, F.; OGURI, V.; SANTORO, A. **O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

COSTA, M. B. S.; PAVÃO, A. C. Supercondutividade: um século de desafios e superação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 2602–2615, 2012.

CUNHA, A. R.; GOMES, G. G. Física Moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 8-9, 2012.

DANTAS, J. D. Fenomenologia Nuclear: Uma Proposta. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 136–158, 2010.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física quântica**, 15. ed. Rio de Janeiro Ed. Campus, 1979.

LINO, A. et al. A influência do conhecimento prévio no ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma análise de mudança conceitual como processo de aprendizagem significativa. The influence of prior knowledge in the teaching of modern and contemporary physics: an anal. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, p. 100, 2011.

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

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M. G; ERBASSI, 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.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na Escola**. v. 2, n. 1, p. 13-18, 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2: p. 135-151, 2001.

OSTERMANN, F. **Partículas Elementares e interações fundamentais**. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS. 2001.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415–436, 1999.

- 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**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.
- PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. DOS; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr: Errata. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3901-1-3901-1, 2017.
- PHYSICS, E. P. Física de Partículas Elementares e a utilização de jogos no Ensino Médio. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 2007, p. 1-10, 2017.
- PIRES, A. S. T. **Evolução das Ideias da Física. 2. ed.** São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- SANTOS, A. G.; FERNANDES, S. S. Física de partículas no ensino médio: propostas didáticas com abordagens diversas. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE EDUCAÇÃO DA FÍSICA, 11. , 2013, Guayaquil. **Anais...** Guayaquil: [S.n.], 2013.
- SILVA NETO, J. L. **Partículas Elementares no Ensino Médio.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- SILVA, L. C. M. D. A et al. **Determinação da razão carga/massa do elétron com Enfoque Histórico- Experimental para o Ensino Médio.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. v. 1.
- SOUZA, M. A. M. et al. Jogo de Física de partículas: Descobrimo o bóson de Higgs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2, 2018.
- TAVOLARO, M. A. C. E C. R. C. Uma Aula Sobre o Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de Competências e Habilidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 3, p. 6, 2002.
- TENFEN, Danielle Nicolodelli. Editorial: Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 1-2, abr. 2016.

ANEXOS



1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática (SD) que utilizamos teve como objetivo geral: introduzir conceitos de Física de partículas e do modelo padrão aos alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola estadual, situada na cidade de Serrania Minas Gerais.

Partimos de ideias dos pensadores Gregos sobre a natureza da matéria, até chegar ao bóson de Higgs, levantando alguns questionamentos sobre as falhas de cada modelo e conseqüentemente suas correções, que acarretaram um novo modelo até chegarmos ao modelo padrão. Ao chegar ao fim das atividades e discussões, os alunos obtiveram uma ideia fundamentada sobre as partículas elementares, suas interações e as forças envolvidas em cada processo, além da existência da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear CERN e das tecnologias utilizadas no cotidiano derivadas das pesquisas na área de Física de partículas.

Ao todo foram utilizadas nove aulas na realização do trabalho, notamos que o tempo foi suficiente quando comparado aos objetivos propostos, o que pode variar dependendo do objetivo desejado.

1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Introduzir os conceitos básicos do modelo padrão de física de partículas;
- 2) Divulgar os trabalhos do CERN em relação às tecnologias atuais;
- 3) Instigar os alunos a buscarem as respostas para perguntas levantadas nas aulas;
- 4) Possibilitar ao aluno uma aproximação com as teorias atuais.

1.2 QUADRO SINTÉTICO:

Segue abaixo, um quadro sintético, contendo de forma sistemática todos os passos utilizados para a construção da SD.

Tabela 5- Quadro sintético, apresentando em ordem, todos os passos utilizados.

Atividade	Momentos	Tempo
Desenvolvimento histórico das teorias atômicas até Rutherford	- Questionário diagnóstico em relação ao conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto; - Utilização de um vídeo de divulgação científica; - Debate sobre as questões apresentadas.; - Aula de PowerPoint (PPT) apresentando o assunto - Simulações utilizando o PhetColorado.	2 aulas
Introdução aos conceitos de Física Moderna.	-Introdução aos conceitos de física moderna; -Questionário diagnóstico em relação ao conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto; -Debate sobre as questões apresentadas; - Aula de PowerPoint apresentando o assunto; - Utilização das teorias nas tecnologias atuais.	2 aulas
As quatro forças fundamentais da natureza e a descoberta do bóson de Higgs	- Questionário diagnóstico em relação ao conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto; - Debate sobre as questões apresentadas; - Aula de PowerPoint apresentando o assunto; - Vídeos sobre o campo de Higgs e o bóson de Higgs; - Pesquisa e apresentação de referências bibliográficas.	2 aulas
Apresentação do jogo de cartas	- Apresentação das regras do jogo; - Aplicação do jogo;	1 aula
Aplicação do	- Discussão final sobre as teorias apresentadas; -Aplicação do questionário com 6 questões referentes aos três questionários anteriores.	2 aulas

questionári
o final

Fonte: Do autor

1.3 ATIVIDADE 1: DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DAS TEORIAS ATÔMICAS ATÉ RUTHERFORD.

Momento 1: O professor propõe aos alunos que se dividam em grupos de até quatro integrantes, logo após levanta um questionamento a respeito da composição da matéria, do que as coisas são feitas, quais as divisões da matéria, entre outras perguntas.

Momento 2: Os alunos debatem e respondem um questionário contendo três questões introdutórias ao assunto escolhido, cujo objetivo é promover uma discussão acerca do conhecimento prévio de cada membro do grupo a respeito do assunto abordado.

Momento 3: É apresentado um vídeo demonstrando em escala de tamanho de um humano adulto até os componentes do átomo, o vídeo Voyage into the world of atoms, um vídeo de divulgação científica produzido pelo CERN.

Momento 4: O professor apresenta uma aula de PPT apresentando o assunto com mais clareza, cada modelo atômico e seus problemas, além de discutir as respostas dadas pelos alunos em relação a cada questão abordada, também utilizamos uma simulação para facilitar a visualização e o entendimento.

Momento 5: É proposto um debate sobre os problemas não resolvidos pelo modelo de Rutherford, em relação às teorias da época.

1.4 ATIVIDADE 2: INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA.

Momento 1: O professor propõe aos alunos que se dividam em grupos de até quatro integrantes, logo após sugere um questionamento sobre os conhecimentos prévios de cada um sobre conceitos de Física Moderna

Momento 2: Os alunos respondem um questionário contendo cinco questões introdutórias ao assunto escolhido.

Momento 3: É apresentada pelo professor uma aula de PPT, pontuando os principais conceitos de Física Moderna, como a catástrofe ultravioleta, quantização de Energia, Efeito Fotoelétrico e o Princípio da Relatividade de Einstein. Durante este procedimento foi utilizada uma simulação que demonstra de forma simplificada o efeito fotoelétrico, tal simulação faz parte de um projeto da universidade do Colorado, chamado Phet.

Momento 4: Através de questionamentos e aproximações, o professor explica como Bohr utilizou a quantização de energia para resolver os problemas do modelo planetário de Rutherford.

1.5 ATIVIDADE 3: AS QUATRO FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA E A DESCOBERTA DO BÓSON DE HIGGS

Momento 1: O professor retoma os assuntos das últimas aulas e propõe aos alunos que se dividam em grupos de até quatro integrantes, logo após questiona os alunos a respeito da descoberta do bóson de Higgs e sobre a busca pelo gráviton.

Momento 2: Os alunos respondem um questionário diagnóstico sobre alguns aspectos das forças fundamentais.

Momento 3: apresenta-se uma aula de PPT apresentando as forças fundamentais e suas interações, apresentação das partículas mediadoras e das principais partículas do modelo padrão.

Momento 4: apresentação de vídeos sobre o bóson de Higgs e sobre o CERN.

Momento 5: Debate a respeito do campo de Higgs e sobre o modelo padrão.

1.6 ATIVIDADE 4: APRESENTAÇÃO DO JOGO DE CARTAS.

Momento 1: apresentação do jogo de cartas e das regras do jogo

Momento 2: divisão dos grupos e o início das partidas

Momento 3: Feedback sobre a jogabilidade e sobre a funcionalidade didática do jogo.

1.7 ATIVIDADE 5: APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO FINAL.

Momento 1: Discussão sobre todas as teorias apresentadas,

Momento 2: Aplicação de um questionário contendo duas principais perguntas de cada questionário anterior.

Momento 3: É solicitada aos alunos uma revisão bibliográfica a respeito dos temas abordados, além de uma conclusão individual sobre o entendimento do assunto e os pontos positivos e negativos da metodologia aplicada no projeto, os quais foram utilizados para melhoria para as próximas aplicações.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Algumas indagações sobre as formas de promover uma aprendizagem significativa têm sido foco de estudo e pesquisas que visam dar encaminhamentos práticos à teoria Ausubeliana (MARIA; PAULA; BIDA, 2008). Diante desses estudos busca-se um ambiente propício à aprendizagem significativa, já que construir o conhecimento de forma que todos participem do processo tem se mostrado uma tarefa desafiadora para todas as áreas e níveis da educação, isso devido a vários fatores internos, como o número reduzido de aulas, falta de formação continuada, além de salas lotadas; e externos, como a falta de expectativa de muitos de nossos alunos, a falta de apoio familiar, estrutura familiar, entre vários outros (PEREIRA; COLEN, 2013). São grandes as barreiras a serem quebradas, principalmente no ensino de física, matéria muitas vezes tão abstrata e fora do cotidiano da maioria dos alunos.

É necessário desenvolver uma forma de proporcionar ao aluno caminhos para adquirir e compartilhar informações úteis para seu desenvolvimento como cidadão e sujeito pensante dentro da sociedade (DENISE et al., 1999). Tais processos devem promover a capacidade que o mesmo possui de compreender como funciona o mundo ao seu redor, sendo através de mídias, redes sociais ou por materiais didáticos ou recursos metodológicos, nos quais estão inseridos tais conteúdos (KLAUSEN, 2015).

A escola ainda está acostumada com o velho método de ensino, no qual o professor é o único responsável pelo aprendizado dos alunos, o que muitas vezes resulta em fracasso, pois não é levado em conta que pessoas diferentes pensam e aprendem de forma diferente. Sendo assim, para alcançarmos uma aprendizagem realmente efetiva e significativa, deve-se considerar a influência de todos os elementos na aprendizagem (ALENCAR; FLEITH, 2008).

Aulas diferenciadas, com simulações computacionais e pequenas experiências se apropriando de espaços fora da sala, além de textos científicos utilizados por grupos de discussão têm sido de grande ajuda na construção do conhecimento. Tal construção respeita os conhecimentos adquiridos pelos alunos nos espaços não convencionais, e seu convívio com familiares (OSTI, 2004).

Jogos didáticos no ensino em geral, vêm despontando como grandes aliados do professor, sendo que cada segmento de jogo é capaz de aflorar ou evoluir habilidades, como o trabalho em grupo, a estimulação da criatividade, a habilidade de resolver problemas. Tais habilidades fazem parte de um termo chamado Gamificação, palavra que vem do inglês “gamification”, este método é utilizado por corporações para motivar seus funcionários através de desafios e recompensas, conforme o aumento do desafio, maior será a recompensa (PHYSICS, 2017).

A principal meta da gamificação é qualificar seus colaboradores, despertando sua curiosidade e aguçando seus sentidos. Tal metodologia tem melhorado os processos, além da qualidade dos produtos e serviços (PAGANINI; BOLZAN, 2019), contudo, o objetivo do jogo de cartas foi de apresentar as partículas elementares do modelo padrão.

3. DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

Discussões sobre a natureza da matéria tem seu início na Grécia Antiga, quando Thales de Mileto (Séc. VII a. C.) introduziu o conceito do Princípio Fundamental da matéria (arché), ou seja, que toda matéria era composta por um elemento fundamental composto pela água; já para Anaxímenes (Séc. VI a. C.), discípulo de Thales o elemento fundamental era o ar; para Heráclito o elemento fundamental era o fogo. Cerca de dois séculos mais tarde, em meados do Séc. IV a. C. Demócrito e seu discípulo Leucipo introduziram um conceito onde toda matéria era constituída um elemento primordial, tal elemento era indivisível, indestrutível, o qual deu o nome de átomo (PIRES, 2008).

Tal ideia ficou esquecida por cerca de dois mil anos, até que John Dalton(1766-1844), físico inglês, propôs uma teoria chamada Teoria Atômica de Dalton, também conhecida como modelo da bola de bilhar, que após experimentos chegaram à conclusão de que toda matéria é constituída por partículas neutras e indivisíveis, as quais não poderiam ser criadas nem destruídas, elemento ao qual deu nome de átomo. Com a descoberta do elétron, houve a queda do modelo de bola de bilhar e a concepção de outro modelo mais consistente com as novas descobertas, pelo físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940), que descreveu que o átomo era positivo com cargas negativas incrustadas na superfície do átomo, daí a comparação com o pudim de passas.

Com a descoberta do núcleo atômico pelo físico e químico neozelandês naturalizado britânico Ernest Rutherford (1871-1937), denominou-se como modelo planetário, pois os elétrons orbitam o núcleo, da mesma forma que os planetas em torno do Sol.

4. FÍSICA MODERNA E O MODELO PADRÃO

O chamado MPPE não é um modelo, e sim um conjunto de teorias, aliás, na opinião de muitos físicos (MOREIRA, 2011), são consideradas as melhores teorias sobre a natureza da matéria. Segundo o MPPE, léptons e quarks são partículas genuinamente elementares, devido à falta de estrutura interna.

As partículas que possuem estrutura interna são chamadas de hádrons; os quais são constituídas de quarks; os bárions podem ser formados por três quarks ou três antiquarks, ou mésons, quando formados por um quark e um antiquark. Existem seis léptons (elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau) e seis quarks [quark up (u) quark down (d), quark charme (c), quark estranho (s), quark bottom (b) e quark top (t)] (VEIGA, 1996). Porém, os quarks possuem uma propriedade chamada cor (OSTERMANN, 2000), cada um pode apresentar três cores distintas (vermelho, verde e azul). Há, portanto, 18 quarks. Contudo, para cada partícula correspondente existe uma antipartícula, somando um total de 12 léptons e 36 quarks.

O elétron é o lépton mais conhecido e o próton e o nêutron os hádrons mais familiares. A estrutura interna do próton é uud, ou seja, dois quarks u e um d; a do nêutron é udd, isto é, dois quarks d e um u. E assim por diante, ou seja, a grande maioria das chamadas partículas elementares são hádrons e estes são formados por três quarks ou três antiquarks (CARUSO, 2012). Quarks ainda não foram detectados livres, mas apenas confinados em hádrons, cuja soma de suas cargas é sempre um múltiplo inteiro da carga elementar (e).

O MPPE descreve com alta precisão os conceitos relacionados às três forças conhecidas, sendo elas a interação eletromagnética, a interação fraca e a interação forte, mas não apresenta a quarta interação, de quais as causas da interação gravitacional, nem a presença do gráviton, a qual seria a partícula mediadora da interação, pois até o presente momento nada se pode afirmar sobre tal interação (OSTERMANN, 2001).

O MPPE teve sua formulação no início dos anos 70, tem como base estrutural a teoria quântica da força eletromagnética, com precisão de uma parte em um bilhão e estabelecido experimentalmente no início dos anos 1980.

4.1 A CATÁSTROFE ULTRAVIOLETA E A QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA

A catástrofe ultravioleta é um termo utilizado para descrever uma dicotomia entre teoria e prática relacionados com a radiação dos corpos negros. Um dado corpo negro nada mais é que um corpo quente que emite espectros térmicos em caráter universal, no qual sua superfície absorve toda a radiação térmica incidente sobre ele e não reflete a luz.

Assim, ao analisar e tentar calcular a densidade de energia de corpo negro surgiu a Lei de Rayleigh-Jeans, no qual usava-se a teoria eletromagnética clássica para mostrar que a radiação interna deve existir de forma estacionária. Com isto a contagem da quantidade de ondas determina a frequência e posteriormente, a partir da teoria cinética clássica dos gases, calculam a energia total média quando os sistemas estivessem em equilíbrio térmico.

No entanto, esta teoria e sua formulação funcionavam apenas para baixas frequências, contradizendo os dados experimentais, pois estavam apoiados às teorias clássicas de energia contínua e só com a mudança de pensamento proposta por Planck chegou-se a uma teoria que aproximava aos resultados práticos.

O que Planck percebeu foi que para chegar aos resultados experimentais seria necessário tratar a energia com uma variável discreta e assim pode ser colado com o seguinte postulado:

“Qualquer ente físico com um grau de liberdade cuja ‘coordenada’ é uma senoidal do tempo (isto é, executa oscilações harmônicas simples) pode possuir apenas energias totais E que satisfaçam à relação:

$$E = nh\nu \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

onde ν é a frequência da oscilação, h uma constante universal” (Eisberg & Resnick, pg 40).

Essa ideia não foi muito aceita inicialmente, mas foi base para a explicação e descrição de fenômenos físicos marcantes para a história da física moderna e um desses é o efeito fotoelétrico e outro a formulação do átomo de Bohr.

4.2 O EFEITO FOTOELÉTRICO

O efeito fotoelétrico foi um fenômeno observado inicialmente por Heinrich Hertz, no qual uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se faz incidir luz ultravioleta em um deles. Vale lembrar que neste momento havia ainda a discussão quanto às propriedades da Luz, onda ou partícula, mas não é nosso intuito o aprofundamento nessas discussões agora.

Hertz criou um aparelho para estudar o efeito fotoelétrico, usamos a imagem do simulador fornecido pelo PhetColorado.

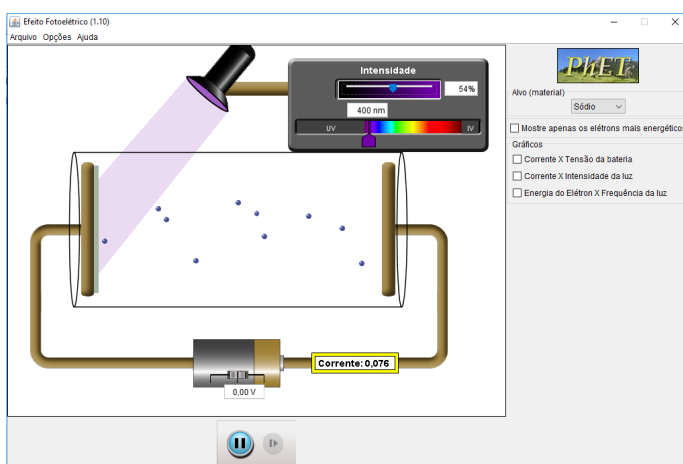


Figura 1: representa a simulação do efeito fotoelétrico

Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric

Contudo, o mais interessante neste experimento foi que havia três questões que a Física Clássica falhava em explicá-las. A primeira é que a energia cinética dos fotoelétrons aumentaria de acordo com o aumento da intensidade do feixe luminoso, o que não fora observado. A segunda era que o efeito fotoelétrico ocorreria para qualquer frequência de luz, desde que esta fosse intensa o bastante para dar energia necessária para a ejeção, mas que não era verdade e notou-se a existência de frequência de corte na qual, para valores inferiores não ocorria o efeito. Por último, era que mesmo com uma luz muito fraca, deveria existir um intervalo de tempo mensurável, no qual o fotoelétron ficaria absorvendo a energia do feixe de modo a conseguir escapar, mas nenhum retardamento detectável foi medido.

As respostas para esses três enigmas foram dadas por Einstein, no entanto para isto ele criou o conceito de pacotes concentrados de energias radiantes, os famosos fótons. Einstein tomou como base teórica os conceitos de energia discreta

de Planck relacionada ao corpo negro para explicar a ideia do Fóton e relacionou os fenômenos ondulatórios clássicos para os cálculos e determinação da média de como os mesmos viajam. Além disso, ele afirmava que os resultados observados nas experiências de óticas de difração e interferência eram oriundos da utilização de números muito grande de fótons.

Assim, foi possível responder aos três fatores antes não explicados sobre o efeito fotoelétrico; o primeiro é facilmente explicado pelo conceito dos fótons, pois ao aumentar a intensidade da luz acarreta no aumento na quantidade de fótons e não a energia que cada um contém. Na segunda objeção, tem-se que, independentemente da quantidade de fótons chegando até os elétrons, nenhum terá energia suficiente, individualmente, para fazer com que sobre energia cinética para o movimento do elétron. Quanto ao terceiro fator, é eliminado pelo fato de o fóton ser um pacote de energia concentrado, que é imediatamente absorvido por algum átomo causando a imediata emissão de um fotoelétron.

Assim, com estas explicações outros cientistas começaram a aceitar a teoria da quantização da energia proposta por Planck para o corpo negro.

4.3 O ÁTOMO DE BOHR

Neils Bohr em 1913, elaborou um modelo atômico que era pautado em quatro postulados que uniam teorias clássicas e não clássicas. Seu modelo é conhecido como modelo planetário devido à disposição dos elétrons em torno do núcleo. Então Bohr, em seu primeiro postulado, afirmava que um elétron se move em uma órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana regida pela lei da mecânica clássica. Cada órbita está relacionada a um nível de energia discreta (EISBERG, 1985).

Em seu segundo postulado, tem-se que existem órbitas específicas nas quais o elétron pode se movimentar, contrariando a teoria clássica e assumindo o modelo discreto para as órbitas, e como consequência, segue o terceiro postulado no qual os elétrons constantemente acelerados que se movem nestas órbitas específicas não emitem radiação eletromagnética, mantendo sua energia constante. Para finalizar, no seu quarto postulado, tem-se que a radiação eletromagnética será emitida se ocorrer uma mudança de órbita de um nível mais energético para um de menos energia.

Assim, Neils Bohr conseguiu chegar a resultados satisfatórios com os dados espectroscópicos, além da fácil compreensão dos modelos matemáticos envolvidos (CUNHA, 2012).

4.4 A DESCOBERTA DO BÓSON DE HIGGS

O bóson foi previsto teoricamente no ano de 1964 pelo físico britânico Peter Higgs. Segundo Higgs, existiria um campo gerado logo após o Big Bang, campo esse responsável pela transformação da massa das partículas, sua descoberta seria a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares da natureza (SALAM, 1993). A proposta do campo de Higgs era apoiada em teorias já conhecidas neste período, que descreviam geração de massa por meio de um fenômeno de quebra de simetria, ou seja, a teoria BCS para a supercondutividade a baixas temperaturas (COSTA; PAVÃO, 2012). Tal teoria esperou quase meio século para ser provada, pois somente em 2008, com a entrada em funcionamento do Grande Colisor de Hadrons (LHC), houve condições tecnológicas para iniciar sua procura. Através de um grande esforço internacional realizado no CERN em 2012, por meio dos experimentos ATLAS e CMS, foi anunciada a descoberta de uma partícula, com massa entre 125 e 126 GeV, que possuía propriedades semelhantes às previstas por Higgs, porém ainda era necessário verificar se essa partícula possuiria todas as propriedades descritas no modelo de Higgs, o que só após o acúmulo de dados experimentais ficou comprovado. Tal partícula recebeu o nome de Bóson de Higgs (SOUZA et al., 2018 ; BALTHAZAR, 2010).

5. AS QUATRO FORÇAS FUNDAMENTAIS DA NATUREZA.

As quatro forças fundamentais são as forças que atuam dentro do núcleo dos átomos, tais forças definem as interações entre as partículas individuais e o comportamento de cada uma delas, estas interações acontecem em toda matéria no universo, não importando o meio em que o mesmo está inserido. Essas forças são chamadas de força nuclear forte, força nuclear fraca, a força eletromagnética e a força gravitacional.

A força gravitacional é a força exercida pela gravidade, força conservativa, neste caso a massa dos corpos é diretamente proporcional à atração, e a distância entre eles é inversamente proporcional; é a força responsável pelo peso dos corpos, é a mais conhecida entre as quatro forças, porém pouco se sabe sobre a forma de interação, cuja partícula mediadora o gráviton, ainda não foi provada sua existência, nem mesmo como funciona suas interações.

A força eletromagnética define as interações entre partículas eletricamente carregadas, além de seus campos magnéticos. Força que pode ser de atração ou de repulsão, dependendo das cargas. Contudo, corpos com cargas elétricas de mesmo sinal se repelem, e corpos com cargas elétricas com sinais diferentes se atraem. É a força responsável por manter os elétrons em seus orbitais atômicos dentro da eletrosfera. A força eletromagnética é responsável pela emissão e a absorção de luz, como por exemplo o efeito fotoelétrico, cuja luz é emitida quando uma partícula carregada é acelerada, ou quando um elétron atômico sofre transição para um nível de energia mais baixo (SALAM, 1993).

A força fraca é a responsável por processos de decaimento radioativo, em que ocorre uma transição de núcleos de estado excitado para estados de baixas energias; durante o processo pode ocorrer a emissão de raios gama, além de partículas alfa, partículas betas, e nêutrons, cujas partículas mediadoras são os bósons W_{\pm} e Z^0 (TERUYA; DUARTE, 2012).

A força forte é a responsável por manter o núcleo do átomo estável, é a força que impede os prótons de se espalharem, ao contrário da lei de Coulomb, a força forte aumenta com a distância, sua partícula mediadora é chamada de glúon (OSTERMANN, 1999).

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. M. L. S. DE; FLEITH, D. DE S. Barreiras à promoção da criatividade no ensino fundamental. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 24, n. 1, p. 59–65, 2008.
- CUNHA, A.R. e GOMES, G.G. (2012). Física Moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual. *Física na Escola*. v.13, n.1, 8-9.
- DENISE MARIA MACIEL LEÃO. Paradigmas Contemporâneos De Educação: Escola Tradicional E Escola Construtivista Denise Maria Maciel Leão. *Cadernos De Pesquisa*, v. 107, p. 187–206, 1999.
- KLAUSEN, L. DOS S. Aprendizagem Significativa: Um Desafio. EDUCERE - XIII Congresso Nacional de Educação, p. 6403–6411, 2015.
- MARIA, G.; PAULA, C. DE; BIDA, G. L. O presente artigo procura destacar a importância da aprendizagem significativa por entendermos que a tomada de consciência sobre o seu valor oportuniza aos professores a compreensão sobre aspectos da prática pedagógica que a facilitam e, assim, o aperfe. Artigo, v. I, p. 2–20, 2008.
- OSTERMANN, F. Partículas Elementares e interações fundamentais. **Instituto de Física-UFRGS**. Porto Alegre, 2001.
- OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415–436, 1999.
- OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415–436, 1999.
- OSTI, A. As dificuldades de aprendizagem na concepção do professor. Dissertação, 2004.
- PAGANINI, É. R.; BOLZAN, M. DE S. Ensinando Física Através Da Gamificação. *Pesquisa em Ensino de Física* 2, p. 75–80, 2019.
- PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F. DOS; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr: Errata. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3901-1-3901-1, 2017.
- PHYSICS, E. P. Física de Partículas Elementares e a utilização de jogos no Ensino Médio. **Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 2007, p. 1–10, 2017.
- PIRES, A. S. T. Evolução das Ideias da Física. 2 ed. São Paulo: **Livraria da Física**, 2008.

Santos, A. G.; Fernandes, S.S. . Física de partículas no ensino médio: propostas didáticas com abordagens diversas. **Anais do XI Conferência Interamericana sobre Educação da Física**, Guayaquil, 2013.

SILVA, L. C. M. DA et al. Determinação da razão carga/massa do elétron com Enfoque Histórico- Experimental para o Ensino Médio. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, v. 1, 2015.

SOUZA, M. A. M. et al. Jogo de Física de partículas: Descobrimo o bóson de Higgs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2, 2018.

TAVOLARO, M. A. C. E C. R. C. Uma Aula Sobre o Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de Competências e Habilidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 3, p. 6, 2002.

TENFEN, Danielle Nicolodelli. Editorial: Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 1-2, abr. 2016.

QUESTÕES UTILIZADAS, COMO DIAGNOSTICO PARA TRAÇAR A ABORDAGEM A RESPEITO DOS CONTEÚDOS PROGRAMADOS.

1. Questionário introdutório a respeito dos conhecimentos prévios sobre tópicos sobre a evolução dos modelos atômicos.

Tabela 1- Tabela contendo as questões iniciais.

-
1. Na sua opinião do que é constituído a matéria.
 2. Quais as partes que constituem um átomo.
 3. No que se diferem os elétrons, prótons e nêutrons
-

Fonte: Do autor

2. Questionário introdutório a respeito dos conhecimentos prévios sobre tópicos sobre Física Moderna e Contemporânea.

Tabela 2- Tabela contendo as questões sobre FMC

-
1. Você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais, referentes às teorias de Einstein?
 2. Qual o significado da palavra energia?
 3. Quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar?
-

Fonte: Do autor

3. Questionário introdutório a respeito dos conhecimentos prévios sobre as quatro forças fundamentais da natureza e a descoberta do bóson de Higgs.

Tabela 3- Tabela contendo as questões as quatro forças fundamentais.

-
1. O que é força?
 2. Quais os tipos de forças você conhece?
 3. Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?
-

Fonte: Do autor

4. Questionário final contendo todas as questões referentes aos processos já realizados.

Tabela 3- Tabela contendo todas as questões.

1. Na sua opinião do que é constituído a matéria.
2. Quais modelos atômicos já estudaram ou ouviram falar
3. Quais as partes que constituem um átomo.
4. No que se diferem os elétrons, prótons e nêutrons
5. Você conhece alguma aplicação utilizada nos dias atuais referentes às teorias de Einstein?
6. Qual o significado da palavra energia?
7. Quais os tipos de energia você já estudou ou ouviu falar?
8. O que é força?
9. Quais os tipos de forças você conhece?
10. Já ouviu falar do CERN, ou conhece outro laboratório, ou universidade que trabalha com pesquisas tecnológicas?

Fonte: Do autor

MANUAL DO JOGO

Regras do jogo

O jogo em questão é baseado na jogabilidade do UNO®, tal jogo de cartas é desenvolvido pela Mattel, este jogo pode ser jogado por dois até dez jogadores, o baralho contém inicialmente 60 cartas, sendo elas de quatro cores, vermelho, azul, verde e amarelo, além das cartas curingas que são brancas, ao invés de números, como no jogo original, neste utilizamos as partículas elementares para compor as cartas, para o jogo podem ser utilizados até dois baralhos.

<i>up</i> 	<i>charm</i> 	<i>strange</i> 	<i>fóton</i> <i>passa a vez</i>
<i>bottom</i> 	<i>top</i> 	<i>bóson w</i> 	<i>glúon</i> +2
<i>down</i> 	<i>neutrino do tau</i> 	<i>neutrino do elétron</i> 	<i>bóson z</i>

Objetivo do jogo.

O jogo tem como objetivo alguém ser o primeiro jogador a ficar sem nenhuma carta na mão.

Durante o jogo podem ser utilizados vários meios para impedir que os outros jogadores ganhem.

Como jogar:

Após embaralhar as cartas, cada jogador receberá até 8 cartas e o restante do baralho é colocado sobre a mesa com a face virada para baixo, o jogo se inicia quando se vira uma carta do monte, esta carta é que norteia o jogo, o jogador à esquerda do mestre da rodada (jogador responsável por embaralhar e distribuir as cartas) inicia o jogo, o qual deve seguir em sentido horário. Os jogadores devem jogar, na sua vez, uma carta de mesma partícula, cor, OU símbolo da carta que está na mesa. Exemplo: se a carta inicial for um bózon Z azul o jogador deve jogar sobre ela uma carta bózon Z (não importando a cor) ou uma carta azul (não importando a partícula). O jogador sucessivo faz o mesmo, dessa vez valendo como base a carta colocada pelo jogador anterior.

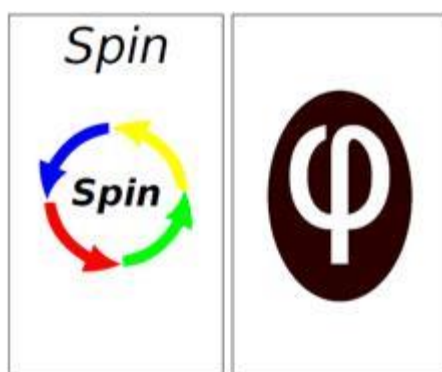
Cartas Especiais

Além das cartas normais, o baralho possui mais quatro cartas especiais capazes de complicar a vida de outros jogadores, tais cartas devem ser utilizadas para impedir outros jogadores de vencer a partida disputada.

Glúon, a carta +2: o jogador seguinte deve apanhar duas cartas e passar a vez ao próximo jogador;



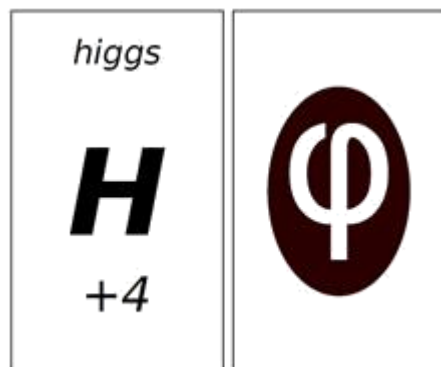
Spin, a carta Inversão: quando esta carta é utilizada, o sentido de jogo inverte-se. Se o sentido do jogo está no sentido horário, joga-se em sentido anti-horário; O participante que jogar essa carta escolhe a próxima cor do jogo (verde, azul, vermelho ou amarelo);



Fóton, a carta Bloqueio: o jogador seguinte perde a vez, e o jogador subsequente joga uma carta;



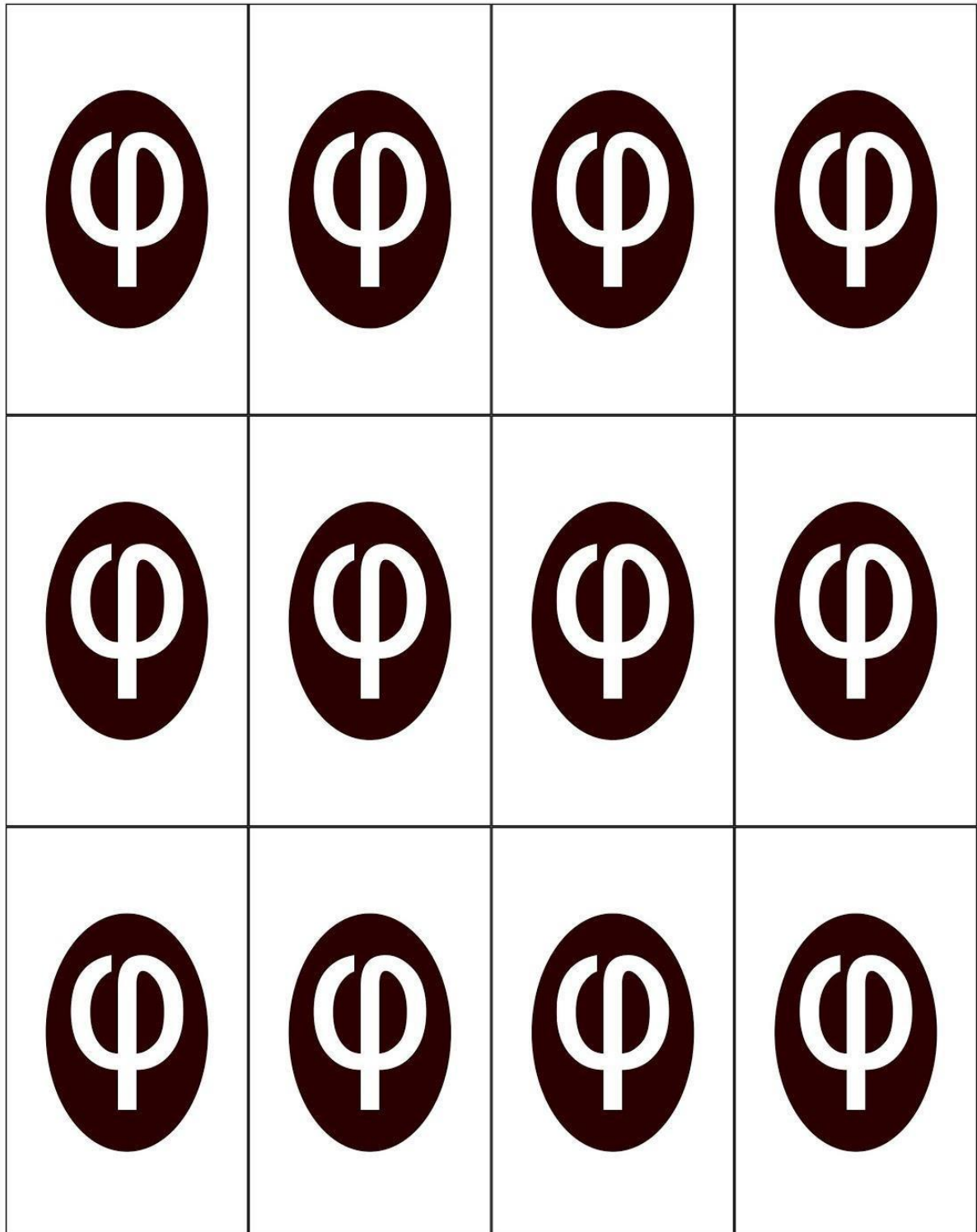
Higgs, a carta Curinga +4: o jogador seguinte apanha quatro cartas do baralho e perde o turno, o jogador que a descartou escolhe a próxima cor do jogo (verde, azul, vermelho ou amarelo).



Regras alternativas:

Os jogadores poderão se reunir e criar novas regras e punições, conforme a necessidade de cada grupo.

Este baralho pode ser utilizado para outros jogos, como mico, rouba montes entre outros, basta retirar as cartas especiais.








CONJUNTO DE CARTAS.

<p><i>up</i></p> <p>u</p>	<p><i>charm</i></p> <p>c</p>	<p><i>strange</i></p> <p>s</p>	<p><i>fóton</i></p> <p>γ</p> <p><i>passa a vez</i></p>
<p><i>bottom</i></p> <p>b</p>	<p><i>top</i></p> <p>t</p>	<p><i>bóson w</i></p> <p>w</p>	<p><i>glúon</i></p> <p>g</p> <p>+2</p>
<p><i>down</i></p> <p>d</p>	<p><i>neutrino do tau</i></p> <p>ν_{τ}</p>	<p><i>neutrino do elétron</i></p> <p>ν_e</p>	<p><i>bóson z</i></p> <p>z</p>

<p><i>up</i></p> <p>u</p>	<p><i>charm</i></p> <p>c</p>	<p><i>strange</i></p> <p>s</p>	<p><i>fóton</i></p> <p>γ</p> <p><i>passa a vez</i></p>
<p><i>bottom</i></p> <p>b</p>	<p><i>top</i></p> <p>t</p>	<p><i>bóson w</i></p> <p>w</p>	<p><i>glúon</i></p> <p>g</p> <p>+2</p>
<p><i>down</i></p> <p>d</p>	<p><i>neutrino do tau</i></p> <p>ν_{τ}</p>	<p><i>neutrino do elétron</i></p> <p>ν_e</p>	<p><i>bóson z</i></p> <p>z</p>

<p><i>up</i></p> <p>u</p>	<p><i>charm</i></p> <p>c</p>	<p><i>strange</i></p> <p>s</p>	<p><i>fóton</i></p> <p>γ</p> <p><i>passa a vez</i></p>
<p><i>bottom</i></p> <p>b</p>	<p><i>top</i></p> <p>t</p>	<p><i>bóson w</i></p> <p>w</p>	<p><i>glúon</i></p> <p>g</p> <p>+2</p>
<p><i>down</i></p> <p>d</p>	<p><i>neutrino do tau</i></p> <p>ν_{τ}</p>	<p><i>neutrino do elétron</i></p> <p>ν_e</p>	<p><i>bóson z</i></p> <p>z</p>

<p><i>up</i></p> <p>u</p>	<p><i>charm</i></p> <p>c</p>	<p><i>strange</i></p> <p>s</p>	<p><i>fóton</i></p> <p>γ</p> <p><i>passa a vez</i></p>
<p><i>bottom</i></p> <p>b</p>	<p><i>top</i></p> <p>t</p>	<p><i>bóson w</i></p> <p>w</p>	<p><i>glúon</i></p> <p>g</p> <p>+2</p>
<p><i>down</i></p> <p>d</p>	<p><i>neutrino do tau</i></p> <p>ν_{τ}</p>	<p><i>neutrino do elétron</i></p> <p>ν_e</p>	<p><i>bóson z</i></p> <p>z</p>

<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>Spin</i></p> 
<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>higgs</i></p> <p>H</p> <p>+4</p>	<p><i>higgs</i></p> <p>H</p> <p>+4</p>
<p><i>higgs</i></p> <p>H</p> <p>+4</p>	<p><i>higgs</i></p> <p>H</p> <p>+4</p>	<p><i>Spin</i></p> 	<p><i>higgs</i></p> <p>H</p> <p>+4</p>

PÁGINAS RECOMENDADAS, PARA PESQUISA DE MATERIAIS DE APOIO.

Escola de física CERN

<http://www.sbfisica.org.br/v1/escolacern/>

Página do CERN

<http://www.cern.ch>

Portal de experiências Atlas

<http://www.atlas.ch/>

Blog da Escola de Física do CERN em Português

<http://escolacern.blogspot.ch/>

Página do facebook da Escola de Física CERN

<http://www.facebook.com/sbfisicacern?fref=ts>

Página do PhEt colorado

https://phet.colorado.edu/pt_BR/

