

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.

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 1; Quadro sintético, apresentando em ordem, todos os passos utilizados.

Atividade	Momentos	Tempo
Desenvolvimento histórico das teorias atômicas até Rutherford	<ul style="list-style-type: none"> - 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.	<ul style="list-style-type: none"> -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	<ul style="list-style-type: none"> - 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	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação das regras do jogo; - Aplicação do jogo; 	1 aula
Aplicação do questionário final	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão final sobre as teorias apresentadas; -Aplicação do questionário com 6 questões referentes aos três questionários anteriores. 	1 aula

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).

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.

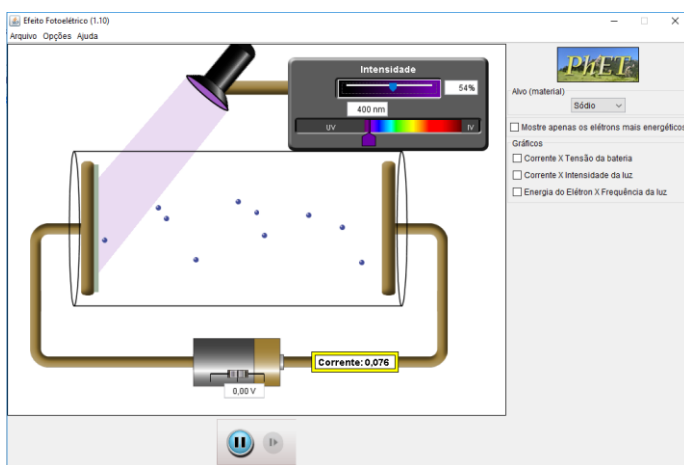


Figura 1: representa a simulação do efeito fotoelétrico

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.

BALTHAZAR, W.F. e OLIVEIRA, A.L. (2010). *Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC*. São Paulo: Editora Livraria da Física: Rio de Janeiro: CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (Coleção Tópicos em Física).

CARUSO, F., OGURI, V. e SANTORO, A. (2012). *O que são quarks, glúons, bósons de Higgs, buracos negros e outras coisas estranhas?* São Paulo: Editora Livraria da Física (Série LISHEP; 2).

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. 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.

MOREIRA, M.A. (2004). Partículas e Interações. Física na Escola, v.5, n.2, p. 10-14.

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

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.

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.

PIRES, A. S. T. Evolução das Ideias da Física. [s.l.] LIVRARIA DA FISICA, 2008.

ROBERT E., ROBERT R., "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles", 2nd edition, John Wiley & Sons, 1985.

SALAM, A., HEISENBERG, W. & DIRAC, P. A. M. (1993). *A unificação das forças fundamentais. O grande desafio da física contemporânea*. Ciência e Cultura. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, RJ.

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

TERUYA, N.; DUARTE, S. B. Núcleos exóticos e síntese dos elementos químicos. Química Nova, v. 35, n. 2, p. 360–366, 2012.

Anexos

Anexo 1: 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.**

-
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
-

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

-
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?
-

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

-
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?
-

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

-
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?
-

Anexo2: 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>

Pagina do PhEt colorado

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