



Ministério da Educação
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Campus Cedeteg



ALEXANDRE VICENTINI

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA DE
PARTÍCULAS ELEMENTARES COMBINANDO AS
METODOLOGIAS ENSINO SOB MEDIDA E INSTRUÇÃO PELOS
COLEGAS**

**Produto educacional apresentado à
Universidade Estadual do Centro-Oeste,
como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Naturais e Matemática – PPGEN, para a
obtenção do título de Mestre.**

Prof. Dr. Prof. Dr. Ricardo Yoshimitsu Miyahara

Prof. Dr. Rodrigo Oliveira Bastos

**GUARAPUAVA, PR
2019**



Ministério da Educação
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Campus Cedeteg



ALEXANDRE VICENTINI

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA DE
PARTÍCULAS ELEMENTARES COMBINANDO AS
METODOLOGIAS ENSINO SOB MEDIDA E INSTRUÇÃO PELOS
COLEGAS**

Prof. Dr. Prof. Dr. Ricardo Yoshimitsu Miyahara

Prof. Dr. Rodrigo Oliveira Bastos

**GUARAPUAVA, PR
2019**

Catálogo na Publicação
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

L979p Vicentini, Alexandre
O ensino de física de partículas elementares combinando as metodologias ensino sob medida e instrução pelos colegas / Alexandre Vicentini. -- Guarapuava, 2019.
xiii, 113 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Ciências Naturais e Matemática, 2019.

Inclui Produto Educacional intitulado: Sequência didática para o ensino de Física de partículas elementares combinando as metodologias ensino sob medida e instrução pelos colegas.

Orientador: Ricardo Yoshimitsu Miyahara
Coorientador: Rodrigo Oliveira Bastos
Banca examinadora: Aline Milan Farias, Sandro Aparecido dos Santos

Bibliografia

1. Ciências Naturais. 2. Educação de Jovens e Adultos. 3. Ensino sob Medida. 4. Instrução pelos Colegas. 5. Ensino Médio. 6. Física de Partículas Elementares. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

| CDD 500.7

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Fluxograma da metodologia EsM
- Figura 2:** Fluxograma da metodologia IpC.
- Figura 3:** Ordem das atividades realizadas para a aplicação do EsM e da IpC.
- Figura 4:** Os níveis de aprendizagem, segundo Vygotsky.
- Figura 5:** O personagem Calvin discute com seu pai sobre o que gosta de aprender.
- Figura 6:** Visão geral do pôster.
- Figura 7:** Capa do livro “O discreto charme das partículas elementares”.
- Figura 8:** Capa do livro “Por Dentro Do Átomo - Física De Partículas Para Leigos”.
- Figura 9:** Capa do livro “O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos”.
- Figura 10:** Atividade experimental utilizada para demonstrar a lei de Faraday.
- Figura 11:** Notebook educacional UCA.
- Figura 12:** (a) modelo do espectrógrafo, (b) um espectrógrafo construído em aula.
- Figura 13:** Tela inicial do aplicativo PinApp.
- Figura 14:** Exemplo de cartão número utilizado pelo aplicativo *Plickers*.
- Figura 15:** Esquema de leitura de um código QR, contendo um site, usando um *smartphone*.

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1:** Temas desenvolvidos em cada aula.
- Quadro 2:** Etapas/atividades de acordo com cada aula e situação correspondente.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. A metodologia EsM	3
2.2. A metodologia IpC	4
2.3. Combinando o EsM e a IpC	5
2.4. A teoria sociointeracionista de Vygostky e a IpC	6
2.5. A aprendizagem significativa de Ausubel e o EsM	8
2.6. As TDIC no ensino	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1. O ensino de Física de Partículas Elementares	12
3.2. A Educação de Jovens e Adultos	16
3.2.1. Um pouco de história	16
3.2.2. O ensino de física na EJA	18
3.2.3. A utilização das metodologias IpC e EsM para o ensino de física	19
4. A PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	25
4.1. Temas a serem desenvolvidos em cada aula	25
4.2. A organização das aulas	25
4.3. Etapas/atividades de acordo com cada aula e situação correspondente	26
4.4. Os TA e as TL	29
4.5. Encaminhamento das Aulas – Conforme o Quadro 2	30
4.5.1 Aulas 1 e 2 – Apresentação das Metodologias	30
4.5.2. Aulas 3 e 4 – Modelos Atômicos	31
4.5.3. Aulas 5 e 6 – Forças Fundamentais da Natureza	31
4.5.4. Aulas 7 e 8 – Leis de Conservação	32
4.5.5. Aulas 9 e 10 – Os Aceleradores de Partículas e As antipartículas	33
4.5.6. Aulas 11 e 12– O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICE	
Apêndice A: Textos de Apoio e Tarefas de Leitura	42
Apêndice B: Testes Conceituais	73

APRESENTAÇÃO

Caros professores,

Este material é resultado de uma pesquisa de mestrado de Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro), que teve por objetivo o desenvolvimento de uma Sequência Didática para auxiliar professores na inserção da Física de Partículas Elementares no Ensino Médio (EM).

O processo de ensino desenvolvido combina as metodologias Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC), mediadas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), sendo subsidiado pelos aportes teóricos fornecidos pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e pela Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

O questionamento que nos motivou foi: o uso combinado das metodologias EsM e IpC mediadas pelas TDIC, pode contribuir para o ensino de Física de Partículas Elementares?

Quando temas relacionados à Ciência, mais especificamente à Física Moderna e Contemporânea (FMC) são apresentados pelos professores no EM, surgem muitos obstáculos. Por isso, o professor deve buscar diferentes formas de pensar e contornar os desafios epistemológicos que os estudantes enfrentam. Além disso, sabe-se que os métodos utilizados no ensino de Física sofreram poucas mudanças nas últimas décadas. Isso pode contribuir para que os alunos se sintam frustrados, na maioria das vezes, aumentando o número de reprovação e abandono na disciplina.

Portanto, consideramos importante abordar um tema de grande relevância dentro da FMC de forma atraente e simples, porém sem perder de vista o rigor científico, característico de todo processo científico.

Esperamos que tenha sucesso em sua aplicação em sala de aula.

Os autores

1. INTRODUÇÃO

Um novo modo de pensar não só na ciência como também em várias outras áreas do conhecimento surgiu com a Física Moderna e Contemporânea (FMC) (CARVALHO & ZANETIC, 2004, p. 2). Muitos equipamentos e fenômenos dos quais temos contato, são compreendidos, tendo como base, conhecimentos adquiridos com a FMC. Porém, a prática escolar atual dificilmente contempla a grande revolução ocorrida no pensamento científico no século XX. Os conteúdos trabalhados no Ensino Médio (EM) estão concentrados na Física elaborada entre os séculos XVI e XIX. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), no artigo 36, parágrafo primeiro, item I, deixa claro que o educando, ao concluir seus estudos, deve demonstrar o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (BRASIL, 1996, p. 13). Para que isso se torne possível, o ensino da FMC na escola faz-se indispensável.

Dentre os trabalhos pioneiros sobre a inserção da FMC no EM, podemos destacar os escritos de Ostermann e Moreira (2000) que realizaram uma pesquisa entre físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do EM. Eles elaboraram uma lista de tópicos de FMC que deveriam fazer parte do currículo de Física. Dentre eles, podemos destacar o tópico Partículas Elementares. Porém, o ensino de Física de Partículas Elementares, em específico, enfrenta alguns obstáculos, como: a grade horária atual, o despreparo dos professores e a falta de materiais didáticos adequados. Portanto, as chamadas Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem aparecem como uma opção.

Em meio as variadas metodologias, destacamos a *Just-in-Time Teaching (JiTT)* e a *Peer Instruction (PI)*, em uma tradução livre Ensino sob Medida (EsM) e Instrução pelos Colegas (IpC), respectivamente. Na metodologia EsM, o aluno tem que assumir a responsabilidade de se preparar para a aula, através de leitura, por exemplo. A metodologia IpC se caracteriza por incentivar a discussão entre os alunos sobre questões conceituais em sala de aula. Diversos estudos apontam que a combinação das metodologias EsM e IpC propiciam bons resultados no ensino de Física (MÜLLER; OLIVEIRA *et al.*, 2012, 2015).

Também vale ressaltar que no contexto atual de uma sociedade fortemente marcada pelo uso de computadores, celulares e da rede mundial de computadores interligados (*internet*), a utilização das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) apresenta-se como

uma ferramenta valiosa, permitindo dinamizar e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais atrativo.

Com base nessas premissas, desenvolveu-se essa Sequência Didática, combinando as metodologias EsM e IpC, mediadas pelas TDIC.

O material desenvolvido e os métodos de ensino adotados foram subsidiados pelos aportes teóricos fornecidos pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e pela Teoria Sociointeracionista de Vygotsky.

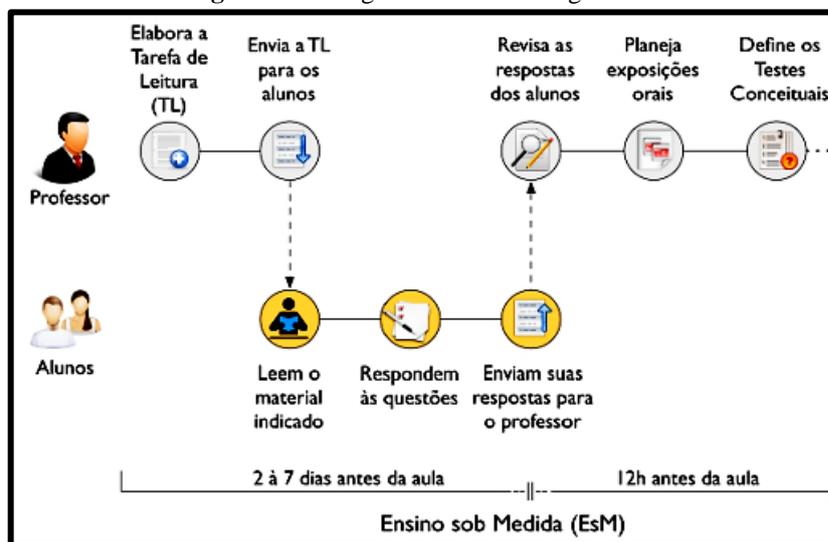
O presente produto visa fornecer subsídios para professores de Física do Ensino Médio e promover melhoria no processo de ensino-aprendizagem de Física de Partículas Elementares.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A metodologia EsM

A metodologia EsM foi criada em 1999 pelo professor Gregor Novak da Universidade de Indiana nos Estados Unidos. Essa estratégia de ensino-aprendizagem relaciona conhecimentos adquiridos através de pesquisas na *internet (web)* e atividades interativas em sala de aula. Tais encaminhamentos estão em consonância com as teorias de aprendizagem significativa de Ausubel.

Figura 1: Fluxograma da metodologia EsM.



Fonte: Adaptado de Araújo e Mazur, 2010.

O EsM caracteriza-se por fazer com que os alunos estudem em casa por meio de Tarefas de Leitura (TL), capítulo de livro-texto, vídeos, artigos curtos na internet, etc. Após a leitura, os alunos respondem algumas questões e enviam suas respostas de forma eletrônica (via *e-mail*, *Moodle*, *WhatsApp*, etc.). Essa etapa é denominada “exercício de aquecimento” (*WarmUp exercise*, em inglês) e permite que o professor obtenha um *feedback* do aluno e possa planejar suas aulas com base nas respostas fornecidas. De acordo com Watkins e Mazur (2010, *apud* ROCHA; LEMOS, 2014, p. 6)

Com este feedback interno, os alunos podem aprender a avaliar melhor a sua própria compreensão durante o processo de aprendizagem, incentivando-os a assumir a responsabilidade por sua própria aprendizagem, ao passo que as respostas dos alunos permitem ao professor uma melhor preparação para as aulas, pois os

ajudam a saber quais são as dificuldades dos alunos, se estão apreensivos e que conceitos os alunos compreendem bem (WATKINS; MAZUR, 2010).

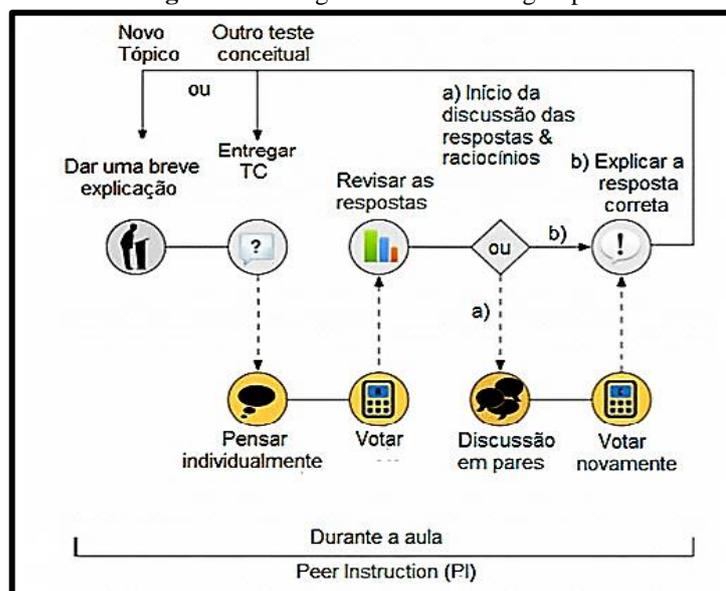
Essa metodologia está centrada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que considera que aprendizagem somente pode ser considerada significativa a partir do momento em que o estudante consegue ancorar novos conhecimentos aos conhecimentos pré-existentes.

A sequência dos passos da metodologia EsM pode ser observada na Figura 1.

2.2 A metodologia IpC

O IpC é uma metodologia que foi criada pelo professor holandês Eric Mazur da Universidade de Harvard Estados Unidos. A IpC segue como a mais utilizada no ensino de Física (HENDERSON; DANCY, 2009), porém a maioria das aplicações são no Ensino Superior (VIEIRA, 2014).

Figura 2: Fluxograma da metodologia IpC.



Fonte: Adaptado de Araújo e Mazur, 2010.

A metodologia caracteriza-se pelo professor fazendo exposições curtas, em torno de 10 (dez) a 15 (quinze) minutos, e posteriormente lançando um Teste Conceitual (TC), geralmente de múltipla escolha, sendo composto por questão(ões) ou problema(s) relacionado(s) aos conteúdos estudados. Em seguida os alunos têm alguns minutos para pensar e responder

individualmente a resposta correta, utilizando algum sistema para votação. Os meios de votação podem ser cartões resposta (*flashcards*) ou meios eletrônicos (*clickers*). Conforme a distribuição das respostas, o professor pode seguir os seguintes encaminhamentos (MAZUR, 2015):

- ✓ acima de 70% de acertos: o professor dá uma breve explicação sobre o tema e passa para outro, pois imagina-se que o mesmo foi compreendido e assimilado pela maioria da classe.
- ✓ abaixo de 30% de acertos: o professor repete a exposição, obviamente com algumas diferenças;
- ✓ entre 30% e 70% de acertos: formam-se grupos de alunos, entre 2 e 5 alunos, que discutem os temas expostos. Durante essa etapa, o professor circula pela sala promovendo e participando das discussões. Após alguns minutos de debate, cada aluno responde, individualmente, novamente. Ao final, o professor esclarece a resposta correta. O processo recomeça com a exposição de um novo tópico.

A sequência dos passos da IpC pode ser observada na Figura 2.

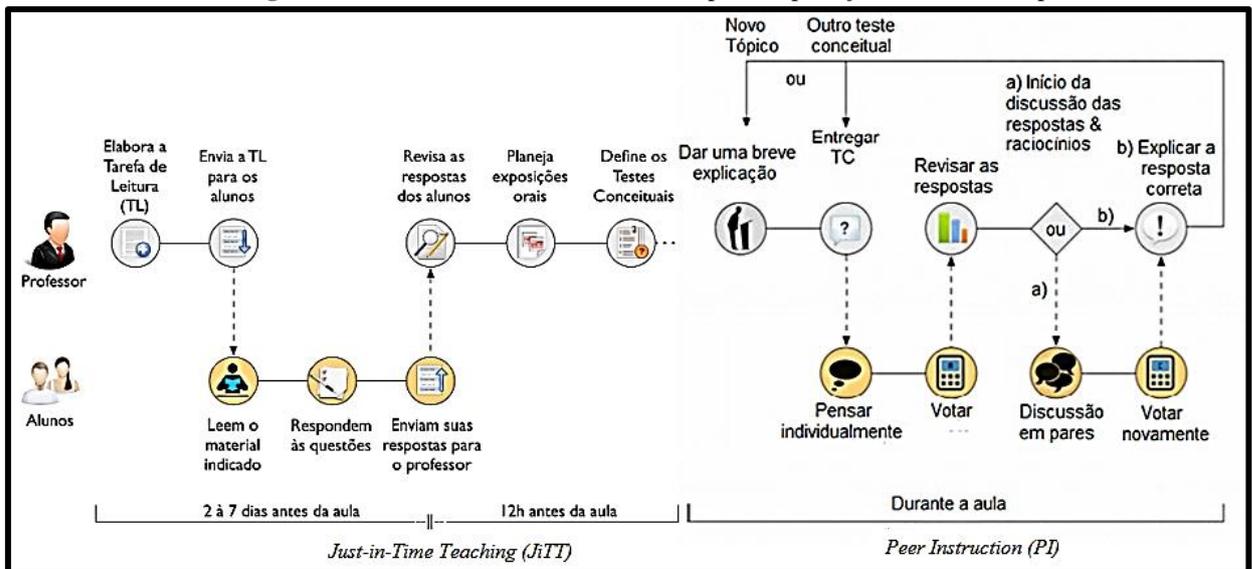
Essa metodologia está centrada na Teoria Sociointeracionista de Vygotsky, que defende as interações sociais como fundamentais para o desenvolvimento intelectual do indivíduo (Vygotsky, 1984).

2.3. Combinando o EsM e a IpC

Estudos revelam que a IpC, quando combinada com o EsM, potencializa o ganho de aprendizagem dos estudantes (WATKINS; MAZUR, 2010; CROUCH et al., 2007; CROUCH; MAZUR, 2001). Para Watkins e Mazur (2010), a IpC oportuniza aos alunos a discussão de conceitos físicos, possibilitando que aprendam uns com os outros e se desenvolvam. Segundo Mazur (1997), essas discussões demonstram ser bastante eficazes. Porém, para que esse método tenha um resultado mais significativo, os alunos precisam de conhecimentos prévios sobre o conteúdo a ser trabalhado em sala de aula e nesse sentido EsM torna-se um grande aliado.

O EsM permite que o professor obtenha informações antes de ir para a sala de aula, possibilitando que o mesmo adapte as suas atividades com o objetivo de obter melhores resultados.

Figura 3: Ordem das atividades realizadas para a aplicação do EsM e da IpC.



Fonte: Araújo e Mazur, 2010.

Na Figura 3 é possível verificar a ordem das atividades realizadas utilizando-se a combinação das duas metodologias.

2.4. A teoria sociointeracionista de Vygotsky e a IpC

Lev Semyonovich Vygotsky (1896-1934), psicólogo bielo-russo, nasceu em uma pequena cidade chamada Orsha (região dominada pela Rússia que se tornou independente em 1991). Vygotsky realizou pesquisas na área do desenvolvimento da aprendizagem e do papel que as relações sociais desempenham nesse processo. Para ele, a linguagem é uma ferramenta, construída socialmente, que permite criar conceitos, e por meio destes, construir um conhecimento comum. Dessa maneira, a apropriação da linguagem permite ao indivíduo produzir alterações em seu modo de pensar e perceber o mundo. A comunicação desempenha um papel fundamental na perspectiva *vygotskyana*, pois, a comunicação possui uma função básica, e, ao mesmo tempo, possibilita a organização do pensamento. De acordo com Ribeiro, Silva e Carneiro:

Desse modo, a aprendizagem conduz o desenvolvimento e é responsável pela determinação do comportamento humano de superação, transformação e suscitação constante – principalmente, por meio da linguagem. Nesse sentido, a linguagem é o instrumento de mediação entre o eu e o outro, é a base da constituição e da formação da subjetividade humana (RIBEIRO; SILVA; CARNEIRO, 2016, p. 396).

Para Vygotsky, o processo histórico-social e a linguagem desempenham papéis fundamentais no desenvolvimento do indivíduo. Em sua Teoria Sociointeracionista, a aprendizagem se deve a fatores internos do sujeito, das relações sociais e dos processos de mediação. O processo de aprendizagem é contínuo e a educação é caracterizada por avanços qualitativos de um nível de aprendizagem (Zona de Desenvolvimento Real – ZDR) a outro (Zona de Desenvolvimento Potencial – ZDP), distanciados pelo que Vygotsky denominou de Zona de Desenvolvimento Proximal Iminente – ZDI. Vygotsky (1984, p. 35) afirma que a ZDP nada mais é que:

[...] a distância entre o nível atual de desenvolvimento, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema, sob a orientação de um adulto, ou de um companheiro mais capaz.

A ZDR diz respeito aos conhecimentos já adquiridos e consolidados pelo indivíduo. São capacidades que permitem a realização de atividades sem o auxílio de outro indivíduo. Por outro lado, a Zona de Desenvolvimento Potencial, refere-se às tarefas e atividades que são realizadas por imitação ou com o auxílio de um professor (ou outro mediador). A Figura 4 ilustra os níveis de aprendizagem, segundo Vygotsky.

Na concepção sociointeracionista, o professor tem seu papel alterado, deixando de apenas transmitir o conhecimento e passando a gerenciar o entendimento. O professor deve elaborar estratégias pedagógicas para que o estudante consiga superar a ZDP e possa evoluir em seu aprendizado

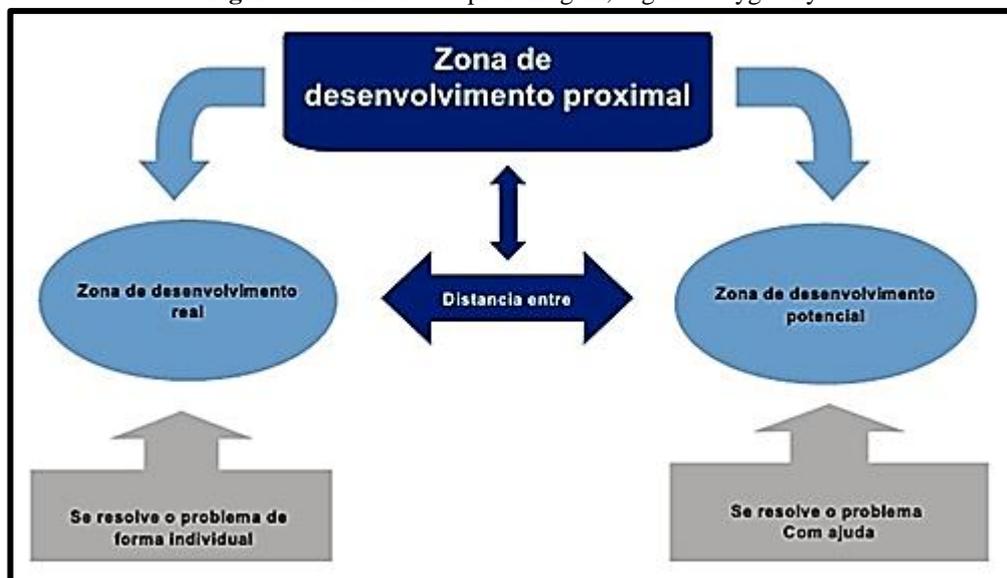
Essa é a concepção fundamental da IpC, ou seja, promover a interação entre os estudantes, possibilitando que aqueles indivíduos com conhecimento superior auxiliem aqueles que possuem menor compreensão. Portanto, a interação entre os estudantes permite que sejam produzidas novas potencialidades, criando “situações que ativam esquemas processuais cognitivos ou comportamentais em um processo dialético contínuo” (WANIS, 2015, p. 13).

David Paul Ausubel nasceu em Nova Iorque em 1918. Filho de pais judeus, imigrantes da Europa Central, graduou-se em Psicologia e Medicina. Na infância, sofreu discriminação e preconceitos. Cresceu insatisfeito com escolarização que recebera, que não propiciava o aprender. Ausubel revela:

Escandalizou-se (um professor) com um palavrão que eu, patife de seis anos, empreguei certo dia. Com sabão de lixívia lavou-me a boca. Submeti-me. Fiquei de

pé num canto o dia inteiro, para servir de escarmento a uma classe de cinquenta meninos assustados. (...) A escola é um cárcere para meninos. O crime de todos é a pouca idade e por isso os carcereiros lhes dão castigos (AUSUBEL, 1980, p. 31).

Figura 4: Os níveis de aprendizagem, segundo Vygotsky.



Fonte: Pinho, 2015.

2.5. A aprendizagem significativa de Ausubel e o EsM

Ausubel buscou sistematizar, alicerçado em sua experiência pessoal e profissional, os princípios que permitem atribuir significados à realidade em que o estudante se encontra (MASINI, 2012, p. 2). Ele formulou a chamada Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

A tirinha (Fig. 5) a seguir, da série de histórias em quadrinhos, intitulada Calvin e Haroldo, faz uma reflexão indireta sobre a aprendizagem significativa.

Em sua teoria, a aprendizagem somente pode ser considerada significativa a partir do momento em que o estudante consegue ancorar novos conhecimentos aos conhecimentos pré-existentes, aos quais Ausubel denomina de *subsunçor*.³ Um *subsunçor* é “uma idéia mais ampla já existente na estrutura cognitiva e que dá à possibilidade de assimilação de novos conceitos” (BARROQUEIRO; AMARAL, 2012, p. 4).

Em sua teoria, a aprendizagem somente pode ser considerada significativa a partir do momento em que o estudante consegue ancorar novos conhecimentos aos conhecimentos pré-existentes, aos quais Ausubel denomina de *subsunçor*. Um *subsunçor* é “uma idéia mais ampla

³ Do inglês *subsumir*, que significa subordinador, em uma tradução literal.

já existente na estrutura cognitiva e que dá à possibilidade de assimilação de novos conceitos” (BARROQUEIRO; AMARAL, 2012, p. 4).

Figura 5: O personagem Calvin discute com seu pai sobre o que gosta de aprender.



Fonte: Trindade, 2013.

Uma estratégia pedagógica facilitadora da aprendizagem significativa, sugerida por Ausubel, é a utilização dos organizadores prévios. Tais organizadores são utilizados quando inexitem subsunçores ou quando apesar de existirem, não há relação desses com os novos conhecimentos. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si, e, os materiais devem ser potencialmente significativos. Um material potencialmente significativo é aquele que é relacionável a estrutura cognitiva do aprendiz de forma não arbitrária (Moreira, 2006).

Em oposição à aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica. Nesse caso, existe apenas a memorização e uma nova informação não amplia ou modifica conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo (ZÔMPERO; LABURÚ, 2010).

De acordo com Santos (2008), o estudante deve ser incentivado a participar, questionar, discutir, deixando de ser apenas um sujeito passivo e tornando-se protagonista no processo educativo. Para o autor:

Na medida em que nos preocupamos mais em dar respostas do que fazer perguntas, estaremos evitando que o aluno faça o necessário esforço para aprender. Eis o passaporte para a acomodação cognitiva. Dar a resposta é contar o final do filme. Poupa o sofrimento de vivenciar a angústia de imaginar diferentes e possíveis situações de exercitar o modelo de ensaio-e-erro, enfim, poupa o aluno do exercício da aprendizagem significativa. (Santos, 2008, p. 10)

Para que o aluno desempenhe um papel de protagonista, o professor deve se adequar a realidade, as características e habilidades de seus estudantes, e, nesse sentido, o EsM vai de

encontro. A verificação dos conhecimentos prévios, das dúvidas e das dificuldades dos estudantes permite ao professor um encaminhamento adequado das exposições orais e dos TC, destacando, assim, o princípio educativo mais importante, segundo Ausubel. Nas palavras do autor “Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL *apud* MOREIRA, 1999, p. 163).

2.6. As TDIC no ensino

Em seu relatório, elaborado em 1998, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) recomenda que a educação seja organizada em torno de quatro pilares, sendo estes:

[...] aprender a conhecer, isto é adquirir os instrumentos da compreensão; aprender a fazer, para poder agir sobre o meio envolvente; aprender a viver juntos, a fim de participar e cooperar com os outros em todas as atividades humanas; finalmente aprender a ser, via essencial que integra as três precedentes (DELORS, 1996, p. 90).

Nesse relatório, o uso das novas tecnologias é proposto para o desenvolvimento da colaboração entre quem ensina e quem aprende. Alguns pesquisadores utilizam o termo Novas Tecnologias para se referir às tecnologias digitais (KENSKI, 1998) ou Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) (BARANAUSKAS; VALENTE, 2013). Para Ramos (2008):

Chamamos Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) aos procedimentos, métodos e equipamentos para processar informação e comunicar que surgiram no contexto da Revolução Informática, Revolução Telemática ou Terceira Revolução Industrial, desenvolvidos gradualmente desde a segunda metade da década de 1970 e, principalmente, nos anos 90 do mesmo século. Estas tecnologias agilizaram e tornaram menos palpável o conteúdo da comunicação, por meio da digitalização e da comunicação em redes para a captação, transmissão e distribuição das informações, que podem assumir a forma de texto, imagem estática, vídeo ou som. Considera-se que o advento destas novas tecnologias e a forma como foram utilizadas por governos, empresas, indivíduos e sectores sociais possibilitaram o surgimento da Sociedade da Informação (Ramos, 2008, p.5).

A “chamada sociedade da informação” inaugurou uma novo paradigma técnico-econômico e representa uma mudança em nossa sociedade. Nas palavras de Eichler e Del Pino (2002):

Nesse contexto, as expressões “sociedade da informação”, “sociedade da informática” e “sociedade do conhecimento” têm sido utilizadas para caracterizar, entre outros, o conjunto dessas relações, a inexorabilidade de suas cristalizações e a anunciação de um novo horizonte da humanidade (EICHLER; PINO, 2002, p.24).

A educação, dentre os vários setores da sociedade, também é influenciada pelas novas tecnologias (Ferreira, 1998). Atualmente, as instituições estão passando por um processo de mudança pragmática e em especial a educação e o ensino em diversos níveis (BEHRENS, 2005). Pontuam Saccol, Schlemmer e Barbosa (2011):

Viver e conviver em um mundo cada vez mais ‘tecnologizado’, conectado, ou seja, em uma ‘sociedade em rede’, traz consequências importantes, representando significativos desafios para os processos de ensinar e de aprender, tanto nos contextos formais quanto nos contextos não formais de educação (Saccol; Schlemmer; Barbosa, 2011, p. 811).

Vários são os motivos da inserção de tecnologias no ensino, como aponta Silva e Rizzi (2013, p.9):

Dentre as muitas razões da inserção das tecnologias no processo ensino e aprendizagem destacam-se; tornar a aula mais atrativa, interação e trabalho colaborativo. Estas ferramentas estimulam novas experiências e favorecem a construção da aprendizagem colaborativa.

O uso das TDIC pode tornar o ensino mais atrativo, proporcionando uma maior participação ativa e efetiva do aluno no processo ensino-aprendizagem. Pietrocola e Brockinton (2003) sugerem a utilização de simulações e animações computacionais para que conceitos abstratos sejam melhor compreendidos. Porém, as TDIC ainda são pouco utilizado em sala de aula (NETO; MENDES, 2017; BERNARDO, 2015).

Porém, deve-se ressaltar que os usos das TDIC devem ser utilizados de forma adequada. Como afirma Anjos (2008):

Esse contexto de ocorrências suscita o estabelecimento de uma nova relação entre o professor e o aluno; uma relação não mais centrada no professor e no seu saber, como ocorre na pedagogia tradicional. Por outro lado, a simples existência dessas novas tecnologias num processo didático-pedagógico, não o torna mais rico, estimulante, desafiador e significativo para o aprendiz. Não saber adequar o uso pedagógico das novas tecnologias, significa permanecer tradicional usando novos e emergentes recursos (2008, p.5)

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O ensino de Física de Partículas Elementares

Espera-se que a abordagem da Física seja conectada a realidade e vivência do estudante. O ensino de Física não pode ser realizado de forma que o conteúdo aparece descontextualizado e desconexo. Como aponta Oliveira (2006, p. 6):

O déficit de conteúdos mais atuais apresentados pelo currículo de Física na escola média, com parado as transformações científicas e tecnológicas ocorridas nas últimas décadas, tem estabelecido em sala de aula uma relação onde o aluno se questiona constantemente do por quê estudar física, já que não consegue associá-la ao seu dia a dia, e o professor, cada vez mais impotente e distante de uma ação pedagógica eficaz.

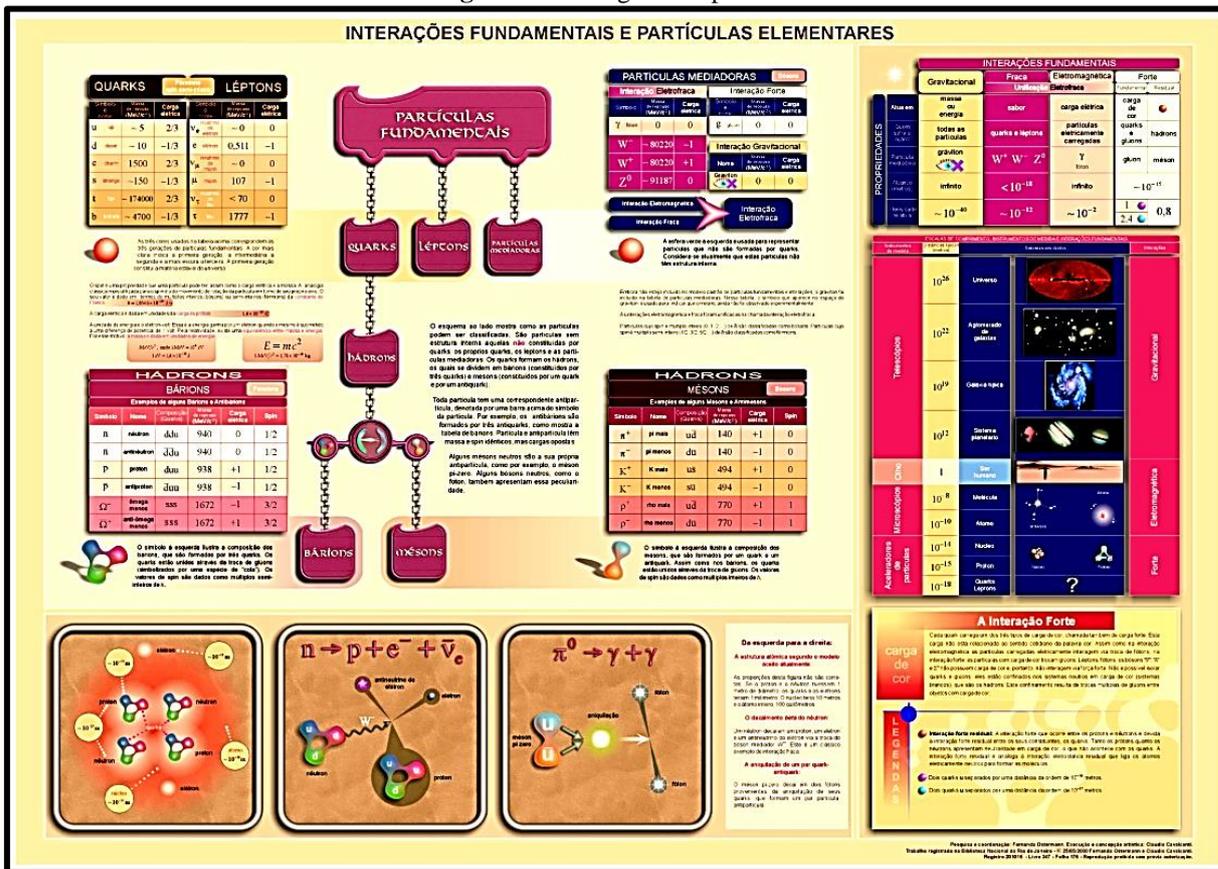
Ostermann (2001, p. 3) também revela “Embora estejamos em pleno século XXI, os tópicos de Física abordados no ensino médio, em geral, não vão além do século XIX. Estamos com uma defasagem de pelo menos um século entre a Física Contemporânea e a Física que se ensina”. Por isso, abordar aspectos importantes da FMC de forma atraente e simples, porém sem perder de vista o rigor científico, característicos de todo processo científico é essencial.

No que concerne ao ensino de Física de Partículas Elementares, os trabalhos pioneiros escritos por Ostermann (1999) e Ostermann e Cavalcanti (2001) sobre o ensino de Física de Partículas no Ensino Médio são de extrema relevância. O primeiro, tem por título “Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares” e foi publicado pela Revista Brasileira de Ensino de Física. Nela, a autora faz um levantamento histórico do conceito de átomo, conceito este introduzido por Leucipo (século V a. C.) e elaborado por Demócrito (século V a. C.) até o Modelo Padrão (conjunto aceito de equações que descrevem as partículas elementares conhecidas).

O outro trabalho foi publicado pela revista Física na Escola e tem por título “Um pôster para ensinar Física de Partículas”. Neste, os autores trazem um pôster (Fig. 6), com tabelas que relacionam as interações e a classificação das partículas além de orientar os professores com relação a utilização do pôster. Os autores justificam o seu trabalho dizendo que:

O objetivo deste trabalho foi divulgar um material didático, em forma de pôster, que possa contribuir para a atualização do currículo de física em escolas brasileiras, através da inserção de um tópico contemporâneo: partículas elementares e interações fundamentais. Trata-se de uma área do ensino médio de física que ainda apresenta pouca tradição didática em nosso país (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2001, p. 6).

Figura 6: Visão geral do pôster.



Fonte: Ostermann e Cavalcanti, 2001.

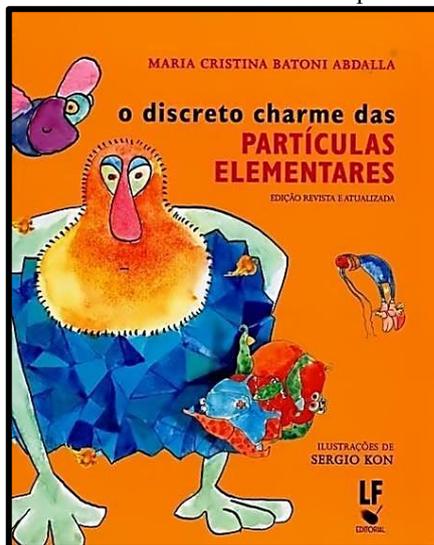
De autoria de Pinto, Silva e Leite (2002), o PEC (Projeto Escola e Cidadania), trata-se de um Módulo de Física que engloba um material didático para alunos do EM. Com caráter interdisciplinar, constitui-se de vários módulos de diversos conteúdos, com destaque para o ensino de Física de Partículas, por meio dos módulos “A matéria prima da matéria”, “O nascimento da física quântica” e “Física nuclear: da alquimia à bomba atômica”.

Em seu trabalho, intitulado “Sequência Didática: Física de Partículas para o Ensino Médio”, a autora Juliana Loch propõe uma sequência didática de estudo de Física de Partículas para ser aplicada em salas de aula do 3º ano de Ensino Médio. Nas palavras da autora

A escolha pela temática de Física de Partículas se justifica pelo fato da temática se classificar na Física Contemporânea, fazer parte da pesquisa atual e estar presente nos grandes laboratórios de pesquisa de Física. Segundo, por estar entre os que menos têm recebido atenção dos pesquisadores em Ensino de Física, especialmente no que tange à elaboração de propostas de ensino voltadas para o Ensino Médio (LOCH, 2014, p. 3)

Outro material que merece destaque é o da autora Maria Cristina Batoni Abdalla, escrito em 2006 e intitulado “O discreto charme das partículas elementares” (Fig. 7).

Figura 7: Capa do livro “O discreto charme das partículas elementares”.



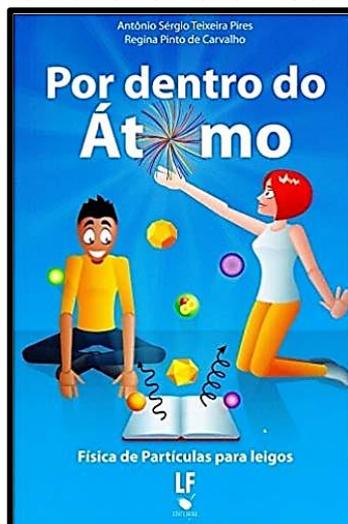
Fonte: Abdalla, 2006.

Nele a autora apresenta as partículas elementares representadas através de imagens pictóricas, com identidade e caráter únicos e nos apresenta a ciência através de uma organização histórico cronológica como destaca Nedel:

Nesse livro, o conhecimento científico é apresentado de uma forma histórica, em que os cientistas cometem erros, ideias equivocadas são apresentadas e derrubadas, descobertas são feitas ao acaso (como a radiação cósmica de fundo), grandes investimentos e colaborações internacionais são feitos e, como resultado, não apenas respostas a questões de ciência básica são obtidas, mas também se produz a tecnologia presente em nosso cotidiano (2006, p. 2).

No livro “Por Dentro Do Átomo - Física De Partículas Para Leigos” (Fig. 8), dos autores Antônio Sergio Teixeira Pires e Regina Pinto De Carvalho, é descrita, de forma agradável, conceitos de física de partículas da época dos gregos antigos até as teorias mais modernas, incluindo o modelo padrão. Os autores apresentam e descrevem a equação de Schrödinger, a famosa equação de Einstein, a teoria da relatividade, partículas e antipartículas, os *quarks* e *glúons* e alguns conceitos matemáticos, tais como simetrias de calibre. Os autores dedicam um apêndice ao Prof. César Lattes e afirmam, no prefácio que o livro, que o mesmo é dedicado a todas as pessoas curiosas sobre a essência da matéria e, em especial, aos professores de Física do Ensino Médio e a seus alunos.

Figura 8: Capa do livro “Por Dentro Do Átomo - Física De Partículas Para Leigos”.



Fonte: Pires e Carvalho, 2014.

Lozada e Araújo (2007) sugerem livros, como “O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos” de Robert Gilmore (2002) (Fig. 9) e o já citado “O discreto charme das partículas elementares”, da autora Maria Cristina Batoni Abdalla. No livro escrito por Gilmore, este utiliza os personagens de “O mágico de Oz” para explicar de forma descontraída conceitos de Física de Partículas.

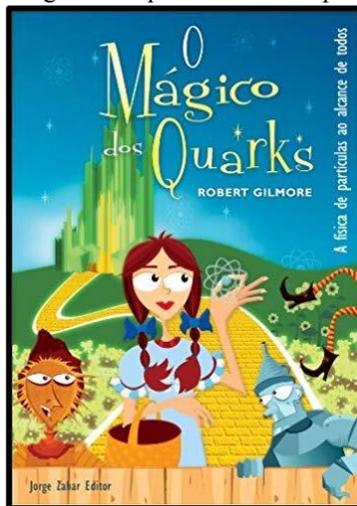
Dentro deste trabalho, os autores também apresentam o resultado de uma pesquisa sobre as perspectivas dos professores de Física em relação a introdução do conteúdo de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio. Nela eles revelam algumas das dificuldades de inserção do tema:

Apresentar o conteúdo Física de Partículas Elementares no Ensino Médio constitui, sem dúvida, um desafio, uma vez que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea não foram inseridos efetivamente nos currículos e o número de aulas semanais de Física na maior parte das escolas ainda é muito reduzido, sendo que em alguns casos há escolas com apenas uma aula semanal de Física, o que em muito interfere na realização de um trabalho significativo. De outra parte, cita-se a formação dos professores, defasada em relação à Física Moderna e Contemporânea, bem como o fato de muitos docentes que estão lecionando Física no Ensino Médio não serem graduados na área. (LOZADA; ARAÚJO, 2007, p.3)

Quando temas relacionados à Ciência, mais especificamente à Física são apresentados pelos professores no Ensino Médio, surgem muitos obstáculos, por isso o professor deve buscar diferentes formas de pensar e repletar os desafios epistemológicos que os estudantes enfrentam. Nas palavras de Bachelard (1996, p. 31)

Acho surpreendente que os professores de Ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. [...] Não levem em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos; não se trata, portanto de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana.

Figura 9: Capa do livro “O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos”.



Fonte: Gilmore, 2002.

Além disso, sabe-se que os métodos utilizados no ensino de Física sofreram poucas mudanças nas últimas décadas (MAZUR, 1997). O ensino através do chamado “método tradicional” coloca o aluno como em uma posição de mero espectador no processo de aprendizagem e a sala de aula como um ambiente em que somente o professor tem voz. De acordo com Oliveira:

Raros são os momentos de debates ou discussões a respeito de qualquer assunto. Os alunos não se posicionam frente a uma informação ou a um fenômeno ou evento físico, não expõem suas ideias e, como consequência, o professor não sabe “o que” faz sentido para os alunos de tudo o que ele explica. O estudo de Física, como consequência, torna-se penoso, porque em sala de aula os alunos apenas copiam a matéria do quadro e aprendem muito pouco (OLIVEIRA, 2012, p. 8).

Isso faz com que os alunos se sintam frustrados, na maioria das vezes, aumentando o número de reprovação e abandono na disciplina. Por isso, as chamadas metodologias ativas de ensino-aprendizagem apresentam-se como uma alternativa valiosa.

3.2. A Educação de Jovens e Adultos

3.2.1. Um pouco de história

A Educação Jovens e Adultos (EJA) é uma modalidade de ensino que inclui os níveis da Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio). Destinada às pessoas que não tiveram acesso à escola na idade convencional, caracteriza-se por proporcionar práticas educativas mais adequadas à realidade sociocultural e a diversidade do público da educação de jovens e adultos. Nesta modalidade de ensino, o perfil dos alunos deve ser levado em consideração. Segundo as Diretrizes Curriculares Estaduais da EJA, os alunos:

[...] trazem consigo um legado cultural–conhecimentos construídos a partir do senso comum e um saber popular, não-científico, constituído no cotidiano, em suas relações com o outro e com o meio – os quais devem ser considerados na dialogicidade das práticas educativas. Portanto, o trabalho dos educadores na EJA é buscar de modo contínuo o conhecimento que dialogue com o singular e o universal, o mediato e o imediato, de forma dinâmica e histórica (PARANÁ, 2006, P. 38).

Os conteúdos estruturantes da EJA e do ensino regular são os mesmos, nos níveis Fundamental e Médio, mas o encaminhamento metodológico é diferente. Por isso, devem ser consideradas as especificidades dos(as) educandos(as) da EJA, ou seja, a bagagem cultural e os conhecimentos adquiridos durante suas vivências. Deve-se levar em consideração também que a maioria dos estudantes dessa modalidade sentem a “fadiga e falta de tempo devido a sua jornada no trabalho e na família, cuidando dos filhos (PINTO, 2009, p. 15).

Portanto, um mesmo conteúdo pode ser tratado de diferentes formas e tempos, levando em consideração a experiência de vida dos alunos da EJA.

A elaboração e implementação da Proposta Pedagógico-Curricular é dinâmica requer esforço e comprometimento coletivo com a formulação de uma educação de qualidade, adequada às demandas socioeducativas do público da EJA. Tal proposta não deve acontecer apenas em cumprimento a uma exigência legal, mas como garantia de oferta de qualidade nos processos educativos (PARANÁ, 2006, P. 26).

Essa modalidade tem sua efetivação no Brasil a partir da década de 1934, quando foi criado pelo governo federal o Plano Nacional de Educação (PNE) que colocou o ensino primário integral, gratuito, de frequência obrigatória e extensiva para jovens e adultos como direito constitucional (FRIEDRICH et.al, 2010). Na década de 1947 o Serviço de Educação de Adultos (SEA) foi implementado tendo como objetivo principal “... a orientação e coordenação geral dos trabalhos dos planos anuais de ensino supletivo para adolescentes e adultos analfabetos” (BEISIEGEL, 1974, p.88). Funcionando regularmente até o início da década de

1970, o SEA permitiu que os trabalhos de alfabetização continuassem até que o Movimento Brasileiro de Alfabetização (MOBRAL) iniciasse suas atividades.

Em 1971 é criado o ensino supletivo, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (n. 5.692/71) (BRASIL, 1971). Na década de 1980 é implantada a Fundação Nacional para Educação de Jovens e Adultos (Fundação Educar), que fornecia apoio às aos programas de alfabetização existentes (VIEIRA, 2004). Com o surgimento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (n. 9.394/96), em 1996, fica estabelecida as responsabilidades dos órgãos federados em garantir o acesso e a permanência da demanda.

O adulto analfabeto defronta-se com a sociedade letrada e necessita de no mínimo, saber enfrentar a tecnologia da comunicação para que, como cidadão, saiba lutar por seus direitos, pois ao contrário, torna-se vítima de um sistema excludente e pensado para poucos (FRIEDRICH et.al, 2010, p.17).

Atualmente o jovem e o adulto analfabeto são vistos como problema e com preocupação. Sendo a EJA, relegada à políticas públicas insuficientes para cumprir os direitos e dar conta da demanda, como prevê a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1996).

3.2.2. O ensino de física na EJA

As Diretrizes Curriculares da EJA do Paraná enfatizam a preocupação em promover para esses alunos um processo de ensino levando em consideração as suas histórias e experiências (PARANÁ, 2006). Segundo as Diretrizes:

Compreender o perfil do educando da Educação de Jovens e Adultos (EJA) requer conhecer a sua história, cultura e costumes, entendendo-o como um sujeito com diferentes experiências de vida e que em algum momento afastou-se da escola devido a fatores sociais, econômicos, políticos e/ou culturais.

O currículo para EJA deve dialogar com a pessoa jovem, adulta ou idosa, permitindo que sejam incorporadas suas individualidades e diversidades (MAGALHÃES, 2015) e dar ênfase na interação entre saberes docentes e discentes, na busca de conteúdos significativos.

Ensinar física na EJA requer estratégias diferenciadas do ensino regular. Deve-se considerar “as características dos estudantes dessa modalidade, além do período de tempo

demasiadamente reduzido, e também a necessidade de revisar conceitos básicos” (BOCH, 2018, p. 26).

Muitas pesquisas têm sido feitas na tentativa de atender essas considerações (VILANOVA; MARTINS, 2008), mas número de trabalhos sobre o Ensino de FMC na EJA ainda é muito reduzido (MOREIRA, 2006). Citam-se, a seguir, alguns destes trabalhos:

O trabalho de Ferreira (2005) apresenta a elaboração e aplicação de um curso de Física das radiações para alunos jovens e adultos. Nesse trabalho, a autora faz um levantamento prévio sobre do conhecimento dos alunos cultura primeira dos alunos sobre radiação e posteriormente realiza um levantamento, utilizando revistas de divulgação científica, sobre trabalhos relacionados à radiação. Os resultados obtidos pela autora revelam grandes ganhos conceituais obtidos por esses alunos sobre o tema.

Shiino *et al.* (2013) que busca, por meio de um conjunto de atividades planejadas articular aspectos da física com questões sociais, econômicas, políticas e culturais. Os resultados revelaram que, apesar de os alunos construírem suas opiniões baseadas nos discursos científicos abordados, os alunos ainda não possuem uma postura mais crítica em relação à tomada de decisões.

Silva (2015), por meio de jogos didáticos, conteúdos de física moderna, mais especificamente na área de física nuclear. O autor realiza uma breve investigação com o intuito de levantar as concepções prévias dos estudantes sobre os conteúdos. A análise dos resultados apontou que as aulas diversificadas, medidas pelos métodos corretos, trouxeram resultados satisfatórios.

Em trabalho mais recente, Boch (2018), valeu-se de um método com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para o ensino de Física Nuclear. Uma atividade experimental foi desenvolvida utilizando-se um eletroscópio de folhas, um instrumento de grande importância na história da radioatividade. A autora relata que o trabalho permitiu a realização de diversos debates relacionados as tecnologias da radiação, permitindo contribuir para o ensino de Física Nuclear e auxiliando na formação de cidadãos críticos e conscientes em relação à ciência e à tecnologia.

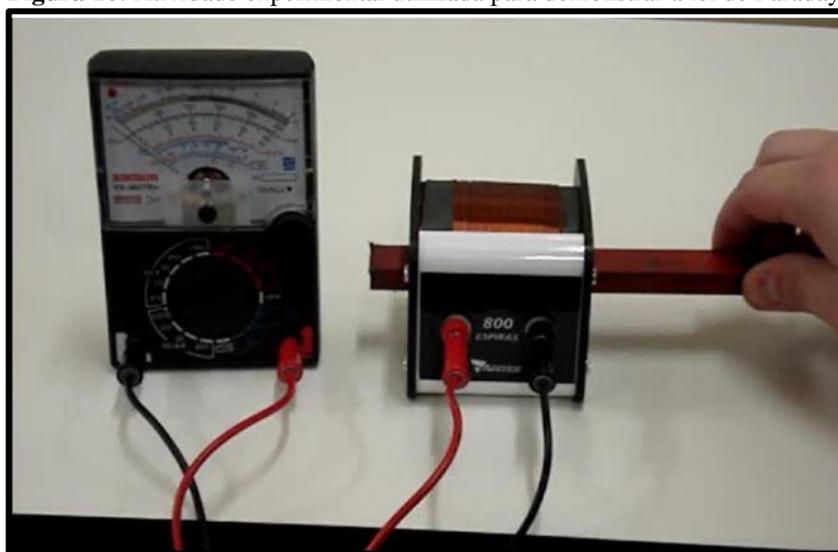
3.2.3. A utilização das metodologias IpC e EsM para o ensino de física

As metodologias EsM e IpC são pouco utilizadas no Brasil, e, em sua maioria, aplicadas no ensino superior (ARAÚJO; MAZUR, 2013). Destacam-se aqui alguns trabalhos que se utilizam dessas metodologias para o ensino de física no EM.

Oliveira (2012) apresenta os resultados da aplicação de uma unidade didática sobre Eletromagnetismo para alunos do EM de uma escola pública de Pelotas/RS. O autor desenvolveu um texto de apoio na forma de *hipertexto*, dividido em seis capítulos, para abordar os conteúdos, além de experimentos clássicos sobre o tema (Figura 10).

Os resultados indicaram que a turma foi receptiva às metodologias de ensino e obtiveram um ganho de aprendizagem significativo. A combinação conduziu a um ganho de Hake⁴ de 0,55, caracterizando a turma como uma turma de ganho médio (HAKE, 1998). O autor revela “desenvolveu-se nos alunos uma motivação relacionada à aprendizagem colaborativa, além de incentivar o envolvimento ativo no processo de ensino-aprendizagem, antes, durante e depois da aula.” (OLIVEIRA, 2012, p.89), destacando o fato de que seria mais difícil de se obter o mesmo resultado utilizando-se do método tradicional de ensino.

Figura 10: Atividade experimental utilizada para demonstrar a lei de Faraday.



Fonte: Oliveira, 2012.

Porém, mudanças podem ser feitas, conforme aponta Oliveira :

Para o sucesso da aplicação dos métodos EsM e IpC é importante, antes de tudo, que o professor esteja convencido da importância das mudanças. Pode, o professor, por exemplo, planejar uma ou duas aulas do semestre com utilização desses métodos e

⁴ Esse parâmetro permite avaliar, quantitativamente, a evolução no desempenho de estudantes por um determinado método de ensino.

após verificar se os resultados obtidos foram satisfatórios, decidir se continua aplicando-os ou se retorna aos métodos tradicionais (OLIVEIRA, 2012, p.91).

O trabalho de Müller et. al (2013) teve por objetivo aplicar e avaliar a IpC e o uso dos computadores (Figura 11) do projeto UCA⁵ (Um Computador por Aluno) como sistema de votação dos TC.

A pesquisa se desenvolveu em duas partes. A primeira foi realizada com 34 alunos do terceiro ano do EM de uma escola pública federal, em que foi desenvolvida uma sequência didática sobre tópicos de Eletromagnetismo, e a segunda com 2 graduandos do curso de Licenciatura em Física, enquanto faziam regência no estágio de docência.

Figura 11: Notebook educacional UCA.



Fonte: Müller et. al, 2013.

Na primeira parte, o autor procurou avaliar a motivação e a receptividade dos alunos em relação à IpC, assim como a possibilidade da utilização dos computadores do projeto UCA para a prática da metodologia. A segunda parte, fez-se uma investigação da prática docente de dois alunos, em formação inicial, do curso Física Licenciatura, analisando as dificuldades e conflitos desses graduandos ao utilizarem o IpC.

⁵ Projeto do Ministério da Educação (MEC) com o objetivo de intensificar as Tecnologias da Informação e Comunicação nas escolas públicas do país.

Em relação à primeira etapa, os resultados foram positivos com a aplicação da metodologia e do uso dos *Notebooks* como sistema de votação. Os alunos tiveram participação ativa em sala de aula e teceram comentários positivos sobre o método.

A segunda etapa revelou algumas dificuldades que os graduandos tiveram em relação a escolha dos TC, a administração do comportamento dos estudantes durante as votações e ao aproveitamento das “direções” que o IpC pode fornecer para guiar as atividades de ensino. Segundo o autor:

Tais resultados apontam uma esperança de que o IpC seja adotado mais frequentemente nas disciplinas de estágio de docência e que novos professores formem-se tendo em sua “bagagem” profissional a experiência de já ter ministrado aulas com tal metodologia e, com isso, se instale um ambiente propício à mudança e à melhoria do ensino (MÜLLER et. al, 2013, p. 192).

Outro trabalho de destaque foi desenvolvido por Diniz e Teixeira (2015) com uma turma de primeiro ano do EM para o ensino sobre Leis de Newton, Energia e Quantidade de Movimento. A pesquisa foi aplicada com 3 turmas e um total de 67 alunos. Em uma turma foi utilizado a IpC (22 alunos) e nas outras duas (turmas-controle) o método não foi aplicado. Os resultados revelaram que a média de acertos na turma em que se aplicou a IpC foi maior, comparada com as turmas-controle. O ganho de Hake para a turma IpC foi de 0,10 e para a turma-controle foi de 0,02 e 0,03. Porém, a média de acertos relacionadas com o teste t-Student⁶, demonstraram que os acertos das 3 turmas não foram estaticamente distintos. O autor atribui esse resultado ao tempo curto da pesquisa e ao número reduzido de alunos.

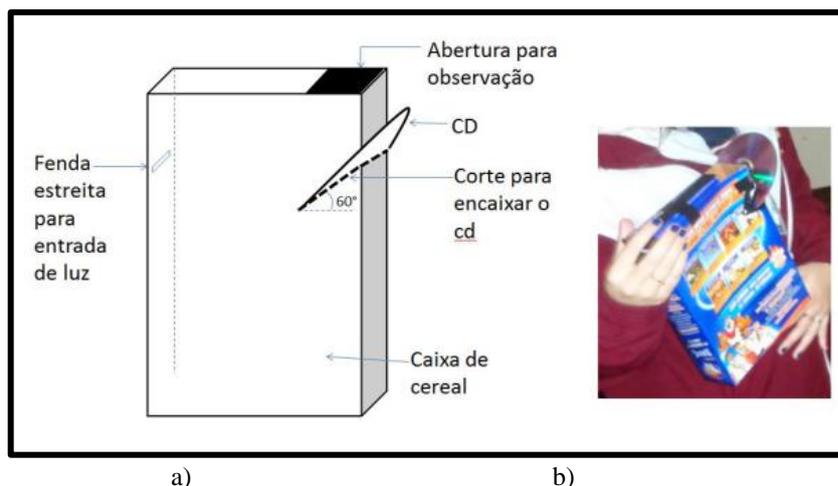
Santos (2016) desenvolveu e aplicou uma sequência didática para o ensino de ondulatória.

A sequência didática continha uma atividade experimental (montagem de um espectrógrafo de baixo custo) (Figura 12), atividades de resolução de problemas e debates, sendo aplicada com duas turmas de segundo ano do EM, de um colégio particular de ensino.

O autor procurou ensinar ondulatória por meio da combinação do EsM e da IpC.

Figura 12: (a) modelo do espectrógrafo, (b) um espectrógrafo construído em aula.

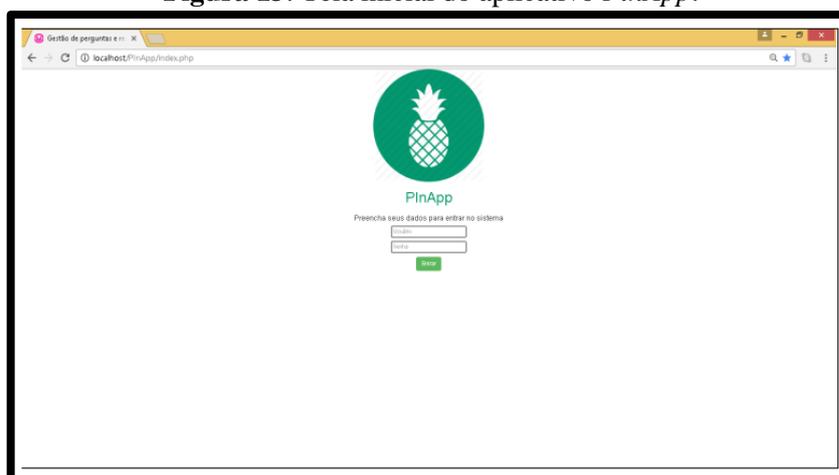
⁶ O teste t-Student permite avaliar se há diferença significativa entre as médias de duas amostras.



Fonte: Santos, 2016.

Apesar de algumas dificuldades (falta de estrutura e de condições de trabalho), Santos verificou resultados positivos em suas avaliações, obtendo melhora no desempenho dos alunos, em comparação com os resultados tradicionais, assim como a grande aceitação deles, haja vista que a maioria considerou a combinação das metodologias melhor para seus aprendizados do que os métodos tradicionais. Santos deixa claro a importância de “se variar os métodos utilizados na sala de aula (e também com atividades que os estudantes realizam fora dela)” (SANTOS, 2016, p.109).

Figura 13: Tela inicial do aplicativo *PinApp*.



Fonte: Kielt, 2017.

Com o objetivo de potencializar o ensino de Mecânica para estudantes trabalhadores do EM, Kielt (2017) integrou o IpC e EsM, mediados por um *app*, denominado *PinApp* e desenvolvido pelo autor, como ferramentas (Figura 13).

Os resultados demonstraram-se satisfatórios, pois estimularam os estudantes a buscar conhecimento de forma autônoma, a se concentrarem na resolução individual de problemas e a discutirem em grupos. Porém, o autor revela aquele que é um dos grandes problemas da EJA, a baixa frequência escolar da maioria dos estudantes.

4. A PROPOSTA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1. Temas a serem desenvolvidos em cada aula

Esta Sequência Didática foi desenvolvida para ensinar Física de Partículas Elementares, utilizando-se as metodologias EsM, IpC, mediadas pelo uso das TDIC. A mesma foi adequada a Educação de Jovens e Adultos.

Os temas a serem estudados encontram-se descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Temas desenvolvidos em cada aula.

Tema	Aula
✓ Apresentação das metodologias	1
	2
✓ Modelos Atômicos	3
	4
✓ Forças Fundamentais da Natureza.	5
	6
✓ Leis de Conservação	7
	8
✓ Aceleradores de Partículas.	9
	10
✓ As Antipartículas	11
	12
✓ O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares	11
	12

Fonte: Autor, 2018.

4.2 A organização das aulas

As aulas podem ser organizadas de acordo com os 3 Momentos Pedagógicos (MPs) de Angotti e Delizoicov (1994), que são: a Problematização Inicial (PrI), a Organização do Conhecimento (OC) e a Aplicação do Conhecimento (AC). No item “A organização do trabalho docente” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a), explicita-se:

Orientações ao professor: detalham indicações metodológicas para o desenvolvimento dos conteúdos a nível teórico e experimental. Essas indicações são pautadas por três

momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a, p. 28)

Segundo Muenchen e Delizoicov (2014, p. 620, destaque do autor), os 3 MPs estão assim estruturados:

- ✓ **Problematização Inicial:** apresentam-se questões ou situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas. Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa ir conhecendo o que eles pensam.
- ✓ **Organização do Conhecimento:** momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos [...] [científicos] necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados.
- ✓ **Aplicação do Conhecimento:** momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

4.3. Etapas/atividades de acordo com cada aula e situação correspondente

Em relação ao desenvolvimento da Sequência Didática, o Quadro 2 apresenta as etapas/atividades de acordo com cada aula e tema correspondente.

Quadro 2: Etapas/atividades de acordo com cada aula e situação correspondente.

Tema	Problematização Inicial (PrI):	Objetivo	Aula	Organização do Conhecimento (OC):	Aplicação do Conhecimento (AC):	Tarefas de Leitura (TL)
✓ Apresentação das Metodologias	✓ O que são Metodologias Ativas de Ensino-aprendizagem?	✓ Apresentar as metodologias que serão utilizados.	1	✓ Discutir sobre a pesquisa que será desenvolvida. ✓ Testar a aplicabilidade e a funcionalidade dos Apps.	✓ Resolução do Pré-teste.	TL1 (para as aulas 3 e 4)
		✓ Testar os Apps. ✓ Aplicar o Pré-teste.	2			

✓ Modelos Atômicos	✓ O que é o átomo?	✓ Compreender a evolução dos modelos atômicos ao longo da história.	3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correção e discussão da TL1. ✓ Estudar os diversos modelos atômicos. 	✓ Resolução do TC1.	TL2 (para as aulas 5 e 6)
		✓ Compreender o átomo como unidade fundamental da matéria.	4	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar a estabilidade do átomo. ✓ Aplicação do TC1. 		
✓ Forças Fundamentais da Natureza.	✓ Para que serve uma Força?	✓ Identificar as forças fundamentais da natureza (Força Gravitacional, Força Eletromagnética, Força Nuclear Forte e Força Nuclear Fraca).	5	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correção e discussão da TL2. ✓ Estudar o conceito físico de força fundamental. 	✓ Resolução do TC2.	TL3 (para as aulas 7 e 8)
		✓ Compreender onde essas forças fundamentais atuam e seus limites de atuação.	6	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar a Força Gravitacional, a Força Eletromagnética, a Força Nuclear e a Força Nuclear Forte e Força Nuclear Fraca. ✓ Aplicação do TC2 		

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Leis de Conservação 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A Natureza pode conservar algo? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as leis de conservação e o papel que desempenham na Física. ✓ Estudar as Leis de Conservação da Energia, do Momento Linear e da Carga Elétrica. 	7	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correção e discussão da TL3. ✓ Estudar as leis de conservação da energia, do momento linear e da carga elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução do TC3. 	TL4 (para as aulas 9 e 10)
			8	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicação do TC3 		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Os Aceleradores de Partículas. ✓ As antipartículas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ O que são Aceleradores de Partículas? ✓ O que são antipartículas? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar os Aceleradores de Partículas. ✓ Estudar os processos envolvendo partículas e antipartículas. 	9	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correção e discussão da TL4. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução do TC4. 	TL5 (para as aulas 11 e 12)
			10	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar funcionamento dos aceleradores de partículas. ✓ Compreender as aplicações dos aceleradores de partículas. ✓ Aplicação do TC4. 		
<ul style="list-style-type: none"> ✓ O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existe ordem nesse "caos" de partículas? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a classificação das partículas elementares. 	11	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correção e discussão da TL5. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução do TC5. 	

		✓ Apresentar o Modelo Padrão, seu alcance e suas limitações.		✓ Estudar a classificação das partículas elementares.	✓ Resolução do Pós-teste.
			12	✓ Estudar o Modelo Padrão, seu alcance e suas limitações. ✓ Aplicação do TC5.	

Fonte: Autor, 2018.

4.4. Os TA e as TL

Os TA (Apêndice A) disponibilizados, mas que não necessariamente devem ser seguidos pelo professor, contêm textos, *links* (disponível também em código QR) para *blogs*, vídeos, animações e simulações computacionais⁷. As TL (Apêndice A) contêm questões referentes aos textos, vídeos e aos materiais encaminhados. As questões referentes aos materiais encaminhados permitem ao professor conhecer as dificuldades dos alunos em relação aos textos, vídeos e simulações disponibilizados, assim como o assunto que gostariam que fosse revisto em sala de aula.

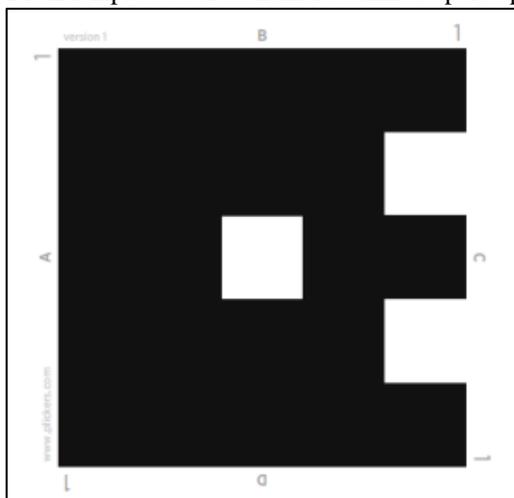
Os TC conceituais aqui apresentados contêm três questões para cada conceito, podendo o professor optar por aplicar, para um mesmo conceito, uma delas ou mais de uma, quando considerar necessário. O meio de votação sugerido para os TC (Apêndice B) é o aplicativo gratuito *Plickers*. O aplicativo permite escanear cartões (*cards*)⁸ com as respostas e obter, em tempo real, a porcentagem de acertos, criando gráficos e dados. Cada cartão possui quatro posições (A, B, C e D) e conforme a orientação, tem-se a resposta para cada um dos alunos, conforme a Figura 14. Uma das grandes vantagens do *Plickers* é que este permite fazer questionários na sala de aula sem a obrigação de usar dispositivos por parte dos estudantes.

⁷ As simulações computacionais utilizadas são do *software* de simulações PhET (sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física).

⁸ Os cartões podem ser obtidos no site do aplicativo: <https://www.plickers.com>

O aplicativo sugerido para a leitura dos códigos QR Code é o *QR Barcode scanner*, um aplicativo para a leitura de códigos QR. O código QR é um código de barras bidimensional e foi desenvolvido em 1994, no Japão, pela empresa Danso Wave.

Figura 14: Exemplo de cartão número utilizado pelo aplicativo *Plickers*.

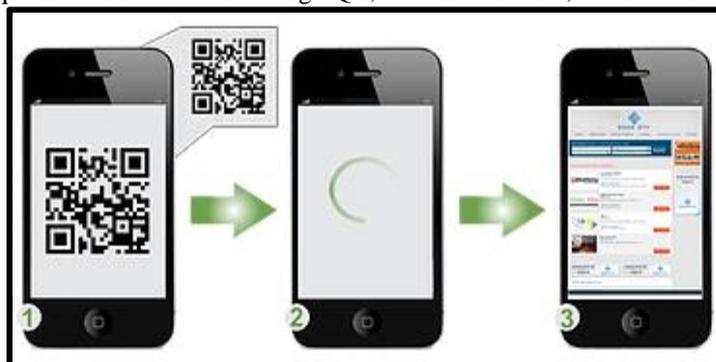


Fonte: CARDS. In: Plickers, 2016.

A Figura 15 mostra a leitura de um código QR, usando-se um *smartphone*.

Esse código pode ser convertido em um texto (interativo), um endereço eletrônico (*site*), um número de telefone ou um *e-mail*, por exemplo, podendo ser facilmente escaneado por telefones celulares equipados com câmera.

Figura 15: Esquema de leitura de um código QR, contendo um site, usando um *smartphone*.



Fonte: Lawrence, 2016.

4.5. Encaminhamento das Aulas – Conforme o Quadro 2

4.5.1. Aulas 1 e 2 – Apresentação das Metodologias

Na primeira aula, apresente as metodologias e os aplicativos que serão utilizados (caso opte pelas sugestões aqui apresentadas). As metodologias podem ser introduzidas por meio da questão *O que são Metodologias Ativas de Ensino-aprendizagem?*. Possibilite que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o assunto. Posteriormente, introduza as metodologias EsM e IpC, destacando as principais diferenças dessas em relação a chamado método tradicional de ensino. Após as discussões, revele os aplicativos que serão utilizados, podendo optar pelos aplicativos aqui sugeridos, auxiliando os alunos na instalação e utilização dos mesmos. Ao final, disponibilize o TA 1 e a TL 1 para as aulas 2 e 3.

4.5.2. Aulas 3 e 4 – Modelos Atômicos

Para essas aulas foi disponibilizado um texto de apoio (TA 1) como referência. No texto são apresentados *links* para dois vídeos, intitulados *Os Primeiros Modelos Atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr)* e *Experimento de Rutherford*. O primeiro vídeo apresenta uma breve descrição tais modelos atômicos ao longo da história e suas principais características. O segundo vídeo apresenta com mais detalhes o experimento realizado por Rutherford que culminou na descoberta do núcleo atômico.

Como etapa inicial, utilize a questão *O que é o átomo?*. Possibilite que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o assunto. Corrija os estudantes, quando necessário, apresentando a evolução dos modelos atômicos ao longo da história, realçando o fato da utilização da Mecânica Quântica para a descrição atual do átomo. Discuta sobre a TL 1, apontando os principais erros e acertos. Faça uma breve retomada do conteúdo, esclarecendo os conceitos que os alunos apresentaram maiores dificuldades. Posteriormente, aplique o TC 1 e ao final disponibilize o TA 2 e a TL 2 para as aulas 3 e 4.

4.5.3. Aulas 5 e 6 – Forças Fundamentais da Natureza

Nesta aula serão discutidas as Forças Fundamentais da Natureza (Força Gravitacional, Força Eletromagnética, Força Nuclear Forte e Força Nuclear Fraca), permitindo que os alunos compreendam onde essas forças atuam e seus limites de atuação. A pergunta *Para que serve uma Força?* deve ser lançada inicialmente para que os alunos pensem e discutam. Possibilite

que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o assunto. Corrija os estudantes, quando necessário, apresentando o conceito físico de força e sua unidade no Sistema Internacional de Unidades. Para essas aulas foi disponibilizado um texto de apoio (TA 2). O texto recomenda dois vídeos, dois textos *online* e duas simulações computacionais. O primeiro vídeo, intitulado *Forças fundamentais* está no idioma inglês com legendas em português e apresenta uma breve descrição, utilizando a cozinha de um restaurante como pano de fundo, das quatro forças fundamentais da natureza. O segundo vídeo, intitulado *Beta Decay*, apresenta a emissão de uma partícula beta por um núcleo atômico instável. O vídeo está no idioma inglês e sem legendas em português, o que pode dificultar o entendimento deste pelos alunos. Por isso, o professor pode optar por substituir o vídeo ou adicionar uma tradução/legenda para ele.

Os textos disponíveis são *Força magnética - corrente elétrica texto internet* e *Força Nuclear Forte, o que é?*. O primeiro descreve a relação entre a força magnética e a corrente elétrica, apresentando as descobertas dos físicos Hans Christian Oersted, Michael Faraday e Joseph Henry. No segundo texto, a força nuclear forte e sua importância para a estabilidade atômica são apresentadas. O autor destaca o fato de que na ausência dessa força, a matéria, tal qual a conhecemos, não existiria.

A primeira simulação computacional (*Gravidade e Órbitas*) permite que se altere o valor da força gravitacional entre o Sol, a Terra, a Lua e uma estação espacial, visualizando a trajetória desses corpos celestes devido a ação da gravidade. A segunda simulação computacional (*Balões e Eletricidade Estática*) possibilita, por meio de um balão de aniversário e um suéter, explorar conceitos de eletricidade estática, tais como transferência de carga e as forças de atração e repulsão eletrostáticas.

Discuta sobre a TL 2, destacando os principais erros e acertos. Faça uma breve retomada do conteúdo, esclarecendo os conceitos que os alunos apresentaram maiores dificuldades. Posteriormente, aplique o TC 2 e ao final disponibilize o TA 3 e a TL 3 para as aulas 5 e 6.

4.5.4. Aulas 7 e 8 – Leis de Conservação

As aulas 5 e 6 contam com o TA 4 como referência. A questão *A Natureza pode conservar algo?* deve ser lançada inicialmente para que os alunos pensem e discutam. Possibilite que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o

assunto, corrigindo-os, quando necessário. O texto de apoio aborda as Leis de Conservação e os papéis que as mesmas desempenham na Física. São apresentados *links* para o vídeo, intitulado *O calor como energia experiência de Joule* e para as simulações computacionais, intituladas *Laboratório de Colisões e Balões e Eletricidade Estática* (essa é a mesma simulação utilizada nas aulas 4 e 5). O vídeo apresenta uma breve descrição do experimento desenvolvido por Joule que culminou no princípio de conservação da energia, um dos pilares da Física. A simulação computacional relacionada a com colisões permite, por meio de uma mesa de disco (*hockey*), investigar colisões elásticas e inelásticas em uma e em duas dimensões. É possível alterar o número de discos, as massas, e as condições iniciais, verificando momentum e energia. A simulação computacional *Balões e Eletricidade Estática* será utilizada para demonstrar a conservação da carga elétrica.

Discuta sobre a TL 3, destacando os principais erros e acertos. Faça uma breve retomada do conteúdo, esclarecendo os conceitos que os alunos apresentaram maiores dificuldades. Destaque o fato de as leis de conservação permitirem fazer previsões dentro da Física, como a previsão do neutrino, por exemplo. Posteriormente, aplique o TC 3 e ao final disponibilize o TA 4 e a TL 4 para as aulas 7 e 8.

4.5.5. Aulas 9 e 10 – Os Aceleradores de Partículas e As antipartículas

Essas aulas contam com o texto de apoio TA 4 como referência. As perguntas *O que são Aceleradores de Partículas* e *O que são Antipartículas?* devem ser lançadas inicialmente para que os alunos pensem e discutam. Possibilite que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o assunto, corrigindo-os, quando necessário.

O texto de apoio apresenta *links* para três vídeos, intitulados *Acelerador de partículas - Fim do mundo ou Começo de tudo?*, *César Lattes* e *O que é Antimatéria*, respectivamente. O primeiro vídeo apresenta uma breve biografia e uma descrição das principais contribuições do físico brasileiro para a ciência, incluindo a sua importante participação na descoberta do *méson pi*, em 1947. O segundo vídeo apresenta uma breve descrição da antimatéria, sua aplicação na medicina, na chamada tomografia por emissão de pósitrons, e, como a sua ausência no universo é um dos maiores mistérios da física moderna.

Discuta sobre a TL 4, destacando os principais erros e acertos. Faça uma breve retomada do conteúdo, esclarecendo os conceitos que os alunos apresentaram maiores dificuldades. Posteriormente, aplique o TC 4 e ao final disponibilize o TA 5 e a TL 5 para as aulas 9 e 10.

4.5.6. Aulas 11 e 12– O Modelo Padrão da Física de Partículas Elementares

Essas aulas contam com o texto de apoio TA 5 como referência. A pergunta *Existe ordem nesse "caos" de partículas?* deve ser lançada inicialmente para que os alunos pensem e discutam. Possibilite que os alunos tenham um tempo para responder de acordo com o que sabem sobre o assunto, corrigindo-os, quando necessário.

O texto de apoio apresenta *links* para sete vídeos. O primeiro vídeo, intitulado *Prótons, nêutrons e quarks*, apresenta os componentes do átomo, o segundo *Partículas Fundamentais: O Fóton*, o terceiro *Partículas Fundamentais: O Glúon*, o quarto *Partículas Fundamentais: Os Bósons* e o quinto *Partículas Fundamentais: O Gravitão*. Cada vídeo apresenta uma descrição das referidas partículas intermediadoras. O sexto vídeo, intitulado *Padrão da Física de Partículas*, apresenta uma abordagem resumida ao Modelo Padrão da Física de Partículas. Por fim, o último vídeo, intitulado *O Bóson de Higgs Explicando*, apresenta o papel do bóson de Higgs no Modelo Padrão. A proposição dessa partícula foi feita em 1964, pelo físico britânico Peter Higgs, e, a suposta confirmação de sua existência em 2012.

Discuta sobre a TL 5, destacando os principais erros e acertos. Faça uma breve retomada do conteúdo, esclarecendo os conceitos que os alunos apresentaram maiores dificuldades. Ao final, aplique o TC 5.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse produto educacional tem o intuito de fornecer subsídios para o ensino de Física de Partículas Elementares, um tema tão pouco trabalhado no EM.

O processo desenvolvido integra os as metodologias IpC e EsM, mediadas pelas TDIC.

A IpC permite que os alunos discutam entre si, possibilitando que aprendam uns com os outros e se desenvolvam.

Por fazer com que os alunos estudem em casa, o EsM desenvolve no aluno uma autonomia de estudo, além de permitir que o professor obtenha informações antes de ir para a sala de aula, possibilitando que o mesmo adapte as suas atividades com o objetivo de obter melhores resultados.

O uso das TDIC pode tornar o ensino mais atrativo, proporcionando uma maior participação ativa e efetiva do aluno no processo ensino-aprendizagem. O emprego de aplicativos, facilita o compartilhamento dos materiais utilizados, a comunicação, entre os alunos e o professor, permitindo uma maior integração ao criar um cenário adequado a mediação do conhecimento. Programas como o *Plickers*, por exemplo, com seu sistema de escaneamento de respostas, oportuniza conhecer, em tempo real, o desempenho da turma em relação aos conceitos trabalhados.

Espera-se que o presente material possa servir de apoio aos professores que tenham como objetivo, ensinar, de forma atrativa, dinâmica e tecnológica, conteúdos de Física Moderna.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Unesp, 2006, 342 p.

ANJOS, A. J. S. As Novas Tecnologias e o Uso dos Recursos Telemáticos na Educação Científica: A Simulação Computacional na Educação em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n° 3: p. 569-600, dez. 2008.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-284, 2013.

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARANAUSKAS, M. CECILIA C.; VALENTE, J. A. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, v. 1, n. 1. Campinas, 2013. (Prefácio, Pós-facio/Apresentação).

BARROQUEIRO, C. H.; AMARAL, L. H. O uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no processo de ensino-aprendizagem dos alunos nativos digitais nas aulas de Física e Matemática do ensino médio integrado do IFSP. REI. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 7, p. 1-20, 2012.

BEHRENS, M. A. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. **Revista Brasileira de Estudos de Pedagogia**, Brasília, v. 80, n. 196, p. 383-403, 1999.

BEISIEGEL, C. R. **Estado e educação popular, um estudo sobre educação de adultos**. São Paulo: Pioneira, 1974.

BOCH, L. B. **Ensino de Física Nuclear com Enfoque CTS por meio da Experimentação**. 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, DF, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 5.692, de 11 de agosto de 1971. Brasília, 1971.

CARDS. **In: PLICKERS**, 2016. Disponível em:
<<https://help.plickers.com/hc/en-us/articles/360008948034-Get-Plickers-Cards>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

CARVALHO, S. H. M.; ZANETIC, J. **Ciência e arte, razão e imaginação: complementos necessários à compreensão da Física Moderna**. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 2004, Jaboticatubas.

CROUCH, C.H.; WATKINS, J.; FAGEN, A.P.; MAZUR, E. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. **Research-Based Reform of University Physics**, v. 1, p. 1-55. 2007.

CROUCH, C.H.; MAZUR, E. Peer Instruction: ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, College Park, v. 69, n. 9, p. 970-977, set. 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990a.

DELORS, J. Os quatro pilares da educação. **In: Educação: um tesouro a descobrir**. São Paulo: Cortez. p. 89-102, 1996.

DINIZ, A.C. **Implementação do Método Peer Instruction em Aulas de Física no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ensino de Física), 2015, Universidade Federal de Viçosa, 2015.

EICHLER, M; DEL PINO, J. C. Popularização da Ciência e Mídia Digital no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 24-27, 2002.

FERREIRA, A. A. Ensino de Física das Radiações na Modalidade EJA: Uma Proposta. Dissertação de mestrado, 2005. Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRIEDRICH, M.; BENITE, A. M. C.; BENITE, C. R. M.; PEREIRA, V. S. Trajetória da escolarização de jovens e adultos no Brasil: de plataformas de governo a propostas pedagógicas esvaziadas. Ensaio. **Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 18, p. 389-410, 2010.

GILMORE, R. **O mágico dos quarks**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2002.

HAKE, R. Interactive- engagement vs. traditional methods: A six thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, AAPT, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.

HENDERSON, C.; DANCY, M. Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, p. 020107-1–020107-9, 2009.

KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **In: A didática e a nova cultura da aprendizagem**, 2002, Curitiba. A didática e a nova cultura da aprendizagem. Curitiba: PUC-PR, 2002.

KIELT, E. D. **Utilização integrada do Just-In-Time Teaching e Peer Instruction como ferramentas de ensino de mecânica no ensino médio mediadas por APP**. 2017. 111 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

LAWRENCE, D. **O que é “QR CODE”?**, 2016. Disponível em:
< <http://ohardwero.blogspot.com/2016/04/o-que-e-qr-code.html>>. Acesso em: 23 jun. 2018

LOCH, J.; GARCIA, N. M .D. Sequência Didática: Física de Partículas para o Ensino Médio. 2014. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Produção Didático - Pedagógicas. **In:** Cadernos PDE).

LOZADA, C. O. ; ARAÚJO, M. S. T. . Ensino de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do Modelo Padrão. **In:** XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís – MA. Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007. v. 1. p. 1-10.

MAGALHÃES, R. S. Módulo didático para o ensino de Física na EJA a partir do tema gerador: O Eletromagnetismo e o problema das ligações clandestinas de energia elétrica. 2015. 177 f. **Dissertação** (Mestrado em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Instituto de Física, Universidade de Brasília, 2015.

MASINI, E.F.S. O PERCEBER: fenomenologia como caminho. **In:** MASINI, E.F.S. et. al. Perceber, Raiz do Conhecimento. São Paulo: Vetor, 2012.

MAZUR, E. **PeerInstruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User’s Manual**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. **Os Três Momentos Pedagógicos e o Contexto de Produção do Livro Física**. Ciência & Educação, v.20, n.3, p. 617-138, 2014.

MÜLLER, M. G. ; BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Implementação do método de ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto UCA em aulas de Física do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 491-524, 2012.

MÜLLER, M. G. **Metodologias interativas de ensino na Formação de professores de física: um estudo de caso com o Peer instruction**. 2013. 226f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

NEDEL, D. L. Resenha: o discreto charme das partículas elementares. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 291–300, ago. 2006.

NETO, A. S.; MENDES, G. M. L. Os Usos das Tecnologias Digitais na Escola: Discussões em torno da fluência digital e segurança docente. **e-Curriculum**, São. Paulo, v. 15, n. 2, p. 504-523, 2017.

Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76651641012>>. Acesso em: 12 Dez. 2018.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio**. Porto Alegre, 236 p., 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, F. F. **O Ensino de Física Moderna com Enfoque CTS: Uma proposta metodológica para o Ensino Médio usando o tópico Raios X**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p.23-48, 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs/public/ensino>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

OSTERMANN, F; CAVALCANTI, C. J. H. Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.21, n.3, 1999.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **Diretrizes Curriculares: Educação de Jovens e Adultos no Estado do Paraná**. Versão preliminar. Curitiba: 2005.

PINTO, A.C; SILVA, J.A; LEITE, C. PEC - **Projeto Escola e Cidadania** – Manual de Física. São Paulo: Editora do Brasil, 2002.

PIRES, A. S. T.; CARVALHO, R.P.de. **Por dentro do átomo: física de partículas para leigos**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

RAMOS, S. **Tecnologias da Informação e da Comunicação: Conceitos Básicos**. 2008. Disponível em:

<http://livre.fornece.info/media/download_gallery/recursos>. Acesso em: 23 abr. 2017.

RIBEIRO, L. D. M.; COELHO, R. L. F.; CARNEIRO, L. V. Vygotsky e o Desenvolvimento Infantil. **In:** Adriana Freitas Neves, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. (Org.). Estudos Interdisciplinares em Humanidade e Letras. 1ed.São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2016, v. 1, p. 393-409.

ROCHA, H. M.; LEMOS, W. M. Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento. In.: SIMPÓSIO PEDAGÓGICO E PESQUISA EM COMUNICAÇÃO, 9, 2014. **Anais...** Rio de Janeiro: SIMPED, 2014. Disponível em: <<http://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/41321569.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

SACCOL; A; SCHLEMMER E; BARBOSA, J. **m-Learning e u-Learning: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

SANTOS, M. B. **Uma sequência didática com os métodos Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) e Ensino sob Medida (Justi-in-Time Teaching) para o estudo de Ondulatória no Ensino Médio** 174 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2016.

SANTOS, J. C. F. O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **In:** Revista Científica UNIABEU, Belford roxo, RJ, n.1, p.09-14, jan/jun, 2008.

SHIINO, H. S.; WATANABE, G.; RIZZATTO, C. M. ; CARAMELLO, G.W. . Uma proposta de aulas para tratar física nuclear e física de partículas no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia. **Atas... IX ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** Águas de Lindóia, SP, 2013. v. IX. p. 1-1.

SILVA, H. B. **Uma Abordagem sobre Física de Partículas para Alunos do Ensino Médio.** 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2016.

SILVA, A. I.; RIZZI, R. L. O uso pedagógico das TDIC no processo de ensino e aprendizagem: caminhos, limites e possibilidades. **In:** Roseli do Rocio Gomes Ribeiro; Juliana Wolff; Jane Celia Volpato. (Org.). O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense: Produções Didático-pedagógicas, 2013. I ed. Curitiba, 2016, v. II, p. 32-51.

TRINDADE, A. A. 2013. **O papel do aluno no seu processo de aprendizagem e as implicações no trabalho pedagógico do professor.** Disponível em: <<https://inspiracoespedagogicas.wordpress.com/tag/aprendizagem-significativa/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

VIEIRA, M. C. **Fundamentos históricos, políticos e sociais da educação de jovens e adultos –Volume I:** aspectos históricos da educação de jovens e adultos no Brasil. Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

VYGOTSKY, L. S. **A formação sócia da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WANIS, R. **Aplicação da metodologia Peer Instruction em salas de aula da rede pública estadual do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal Fluminense, 2015.

WATKINS, J.; MAZUR, E. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. **In:** SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy Just-In-Time Teaching. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39-62.

Apêndice

Apêndice A
Textos de Apoio e Tarefas de Leitura

Estudante: _____

Data: _____

Obs.: A tarefa deve ser entregue na _____ (dia _____), ANTES da aula de Física.

A concepção de átomo



A história da física de partículas remonta à Grécia antiga. **Tales de Mileto** (624–546 a.C.) acreditava que toda a diversidade da natureza poderia ser reduzida a um único elemento: a *água*, “sobre a qual a Terra flutua e é o começo de todas as coisas”.

Figura 1.1: Para Tales de Mileto, a água era o princípio de tudo.

Posteriormente, as descrições sofreram modificações, se aperfeiçoaram e por volta do quinto século antes de Cristo, é proposto pelos Gregos a chamada *teoria atomista*. O conceito de átomo foi introduzido por **Leucipo** (500–370 a.C.) e elaborado por **Demócrito** (460–370 a.C.). A palavra átomo vem do grego *atomos*, que significa *indivisível*.



Figura 1.2: Para Leucipo e Demócrito, tudo que existe seria composto por elementos indivisíveis, os átomos.

A Evolução dos Modelos Atômicos

Tais ideias seriam retomadas cerca de dois mil anos depois com o físico Inglês **Jon Dalton** (1766–1844). No ano de 1808, ele propôs uma teoria na qual o átomo seria uma minúscula esfera maciça, impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga. Seu modelo atômico ficou conhecido como *modelo da bola de bilhar*.

Joseph John Thompson (1856–1940), após experimentos com **tubos de raios catódicos**⁷ foi o primeiro a indicar a divisibilidade do átomo e em 1897 propôs um modelo atômico que ficou conhecido como o *modelo de pudim de passas*.

⁷ Um tubo de raios catódicos contém em seu interior um canhão de elétrons, gás rarefeito e um ecrã fluorescente.

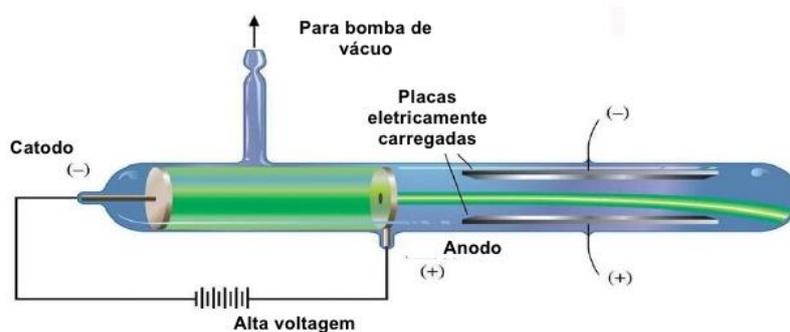
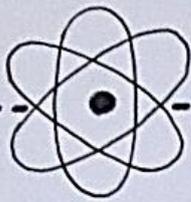


Figura 1.3: A representação de um tubo de raios catódicos.

Ernest Rutherford (1871–1937) em 1911 propôs que o átomo era neutro, massivo e que continha elétrons (localizados na eletrosfera), carregados negativamente e muito leves (cerca de duas mil vezes menor que a massa do próton) em torno do núcleo (carregado positivamente). Seu modelo ficou conhecido como **modelo planetário**.

Em 1913 o físico dinamarquês **Niels Bohr** (1885–1962) propôs um modelo atômico que descrevia o átomo como um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétron(s) em órbita(s) circular(es). Seu modelo ficou conhecido como **modelo atômico de Rutherford-Bohr**.



Modelos Atômicos

Demócrito e Leucipo

Átomo
Não divisível!

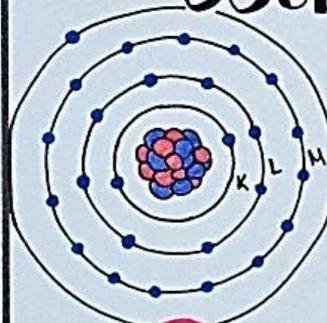
"A matéria é constituída por pequenas partículas indivisíveis chamadas átomos"

Dalton



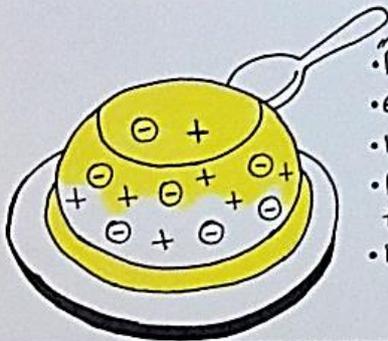
- "Bola de bilhar"
- esféricos
- Menor parte da matéria
- Indivisível
- Indestrutível
- Maciça

Bohr



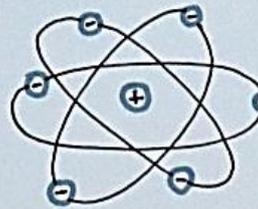
- Modelo das órbitas estacionárias
- O elétron gravita em órbitas circulares ao redor do núcleo
- Saltam de uma órbita para outra

Thomson



- "Pudim de passas"
- esférico
- Não-macizo
- Presença de elétrons
- Divisível

Rutherford



- Modelo sistema planetário
- A maior parte do átomo é de espaço vazio
- Na região central do átomo, temos uma região muito pequena, densa e de carga positiva (núcleo)

Figura 1.4: Os diferentes modelos atômicos.

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **Os Primeiros Modelos Atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr)**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=RMhwO2Fv9Lk>

✓ Vídeo: **Experimento de Rutherford**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=AHXD9pgmkPQ>



Tarefa de Leitura 1

TL 1.1

Qual o motivo de os gregos acreditarem que o átomo era indivisível?

TL 1.2

Assista ao vídeo, intitulado **Experimento de Rutherford**. Responda:

Por que no experimento realizado por Rutherford, a maior parte das partículas alfa lançadas contra uma fina folha de ouro emergem dela praticamente sem sofrer desvio, enquanto outras são rebatidas para atrás?

TL 1.3

Assista ao vídeo, intitulado **Os Primeiros Modelos Atômicos: Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr**.

Numere a segunda coluna de acordo com a primeira.

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| (1) Átomo de Dalton | () modelo de pudim de passas |
| (2) Átomo de Thompson | () modelo planetário |
| (3) Átomo de Rutherford | () modelo da bola de bilhar |
| (4) Átomo de Bohr | () modelo de Rutherford-Bohr |

TL 1.4

O **Texto de Apoio** é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não

Em caso de sim, aponte as dificuldades encontradas

TL 1.5

Você teve alguma dificuldade na utilização dos materiais *online* (vídeos, textos, simulações, etc.), disponibilizados através dos boxes **Complemente seus estudos**? () Sim () Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 1.6

Você gostaria que algum assunto que foi tratado nesse **Texto de Apoio** ou nessa **Tarefa de Leitura**, fosse revisto em sala de aula? () Sim () Não

Se sim, qual(is) assunto(s)?

Você pode responder à essa **Tarefa de Leitura** via **Google Forms** de forma rápida e prática!

Link: <https://encurtador.net/npDPS>



Estudante: _____

Data: _____

Obs.: A tarefa deve ser entregue na _____ (dia _____), ANTES da aula de Física.

✓ **Força**

O que é Força?

Força é um dos conceitos fundamentais da **física** e refere-se a um agente capaz de modificar o estado de repouso ou de movimento de um corpo.



Figura 2.1: Uma pessoa exerce uma força ao empurrar algo.

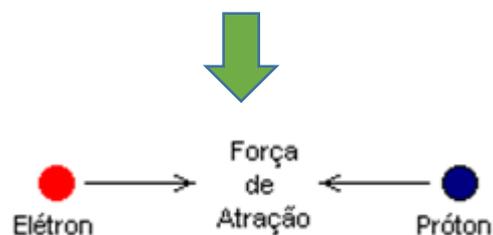
Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **Forças Fundamentais**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=uCGw-qzGp24>



Forças surgem da **interação** entre objetos e/ou partículas.



No **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, a unidade de força é **newton (N)**. Ela é definida como a força que comunica à massa de um quilograma (Kg) a aceleração de um metro por segundo ao quadrado (1 m/s^2)

Figura 2.2: Representação da força elétrica entre um elétron e um próton.

Quantos tipos de Força existem na Natureza?

Na natureza, conhecem-se apenas quatro **forças fundamentais**⁸; são elas que regem a organização da matéria.

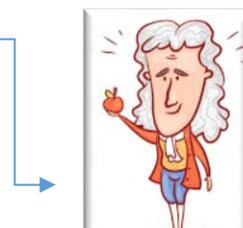


Figura 2.3: Uma imagem pictórica do físico inglês Isaac Newton.

	Descrição	Intensidade ⁹	Alcance
Força Gravitacional	A mais fraca das forças, paradoxalmente a mais óbvia para nós, a, que nos mantém em segurança na superfície terrestre, mas é impiedosa quando caímos de uma escada.	10^{-40}	Ilimitado
Força Eletromagnética	Rege as relações atômicas e moleculares, e em última instância todos os fenômenos da vida.	10^{-2}	Ilimitado
Força Nuclear Forte	Responsável pela aglutinação dos núcleos atômicos.	1	10^{-15} m
Força Nuclear Fraca	Associada à radioatividade dos elementos, entre outras ações, e que também regula o comportamento das estrelas, como o Sol.	10^{-5}	10^{-17} m

⁸ Uma força fundamental é um mecanismo pelo qual as partículas interagem mutuamente, e que não pode ser explicado por nenhuma força mais fundamental.

⁹ Os valores da intensidade são relativos à força nuclear forte.

✓ A Força Gravitacional

Na Antiguidade...

Desde a época de **Aristóteles** (384–322 a.C.), acreditava-se que o movimento dos corpos celestes era um **movimento circular**. Acreditava-se que as estrelas, os planetas e a **Lua** descreviam círculos divinos.

Aristóteles afirmava também que um objeto cai com uma velocidade que dependeria do seu peso. **Galileu** (1564–1642) teria demonstrado a falsidade da afirmativa de Aristóteles através de um experimento. Galileu demonstrou que objetos leves e pesados caíam da Torre Inclinada de Pisa com valores de rapidez aproximadamente iguais.



Figura 2.4: Representação do experimento realizado por Galileu na torre de Pisa.



Figura 2.5: Por que uma maçã cai?

Mas o que fazia com que os objetos caíssem?

Para **Isaac Newton**, uma **força** de algum tipo devia atuar sobre os planetas, cujas órbitas, ele já sabia, eram **elipses**. Para ele esta força era a mesma que puxava uma maçã do alto de uma árvore.

A Lei da gravitação Universal

De acordo com **Newton**, todo corpo atrai qualquer outro corpo com uma força, chamada de **força da gravidade**, que para dois corpos quaisquer, é diretamente proporcional ao produto das massas envolvidas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

$$\text{Força} \sim \frac{\text{massa}_1 \times \text{massa}_2}{\text{distância}^2}$$

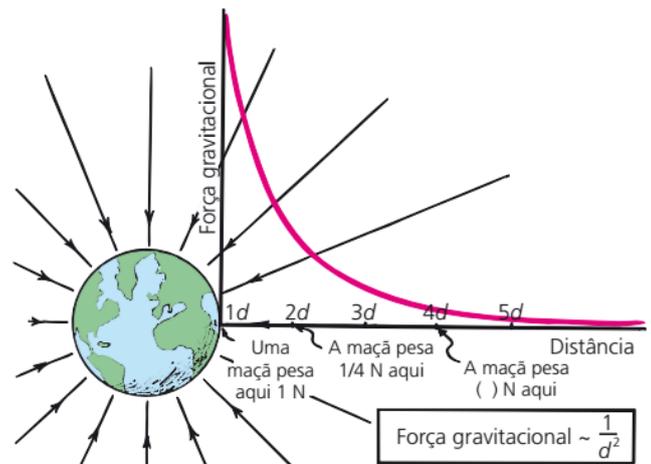


Figura 2.6: O peso de uma maçã varia conforme a sua distância em relação a superfície Terrestre.

A força gravitacional é sempre atrativa.

Campo Gravitacional

A **Terra** e a **Lua** atraem-se mutuamente por meio de uma **ação à distância**, pois a Terra e a Lua interagem mesmo quando não estão em contato. Esse fato se deve aos **campos gravitacionais** da Terra e da Lua.

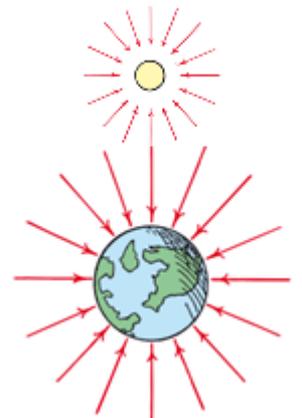


Figura 2.7: A Lua interage com a Terra por meio de um campo gravitacional.

Complemente seus estudos:

✓ **Simulação: Gravidade e Órbitas**

Link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gravity-and-orbits



✓ A Força Eletromagnética

A Carga Elétrica

Existe uma grandeza fundamental que rege os fenômenos elétricos: a **carga elétrica**¹².

Os termos **positiva** e **negativa** se referem ao tipo¹³ de carga. A unidade no **SI** para carga elétrica é **Coulomb (C)**.

A carga elétrica elementar (**e**) é a menor quantidade de carga encontrada na natureza.

A carga elétrica é dita **quantizada**¹⁴, sendo a carga elementar a carga do elétron (ou do próton).

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

No interior do átomo, as partículas positivamente carregadas são os **prótons**, e as partículas negativamente carregadas são os **elétrons**.

A Força Elétrica

No século XVIII o físico francês **Charles Coulomb** (1736–1806), descobriu uma relação que levaria o nome de **lei de Coulomb**.

Essa lei diz que a **força elétrica** diminui com o inverso do quadrado da distância entre os corpos interagentes.

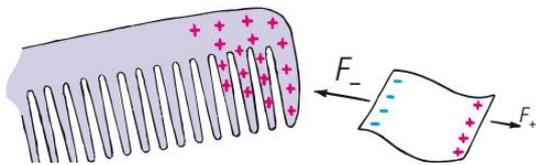


Figura 2.8: Um pente eletrizado atrai um

Complemente seus estudos:

✓ **Simulação: Balões e Eletricidade Estática**

Link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons-and-static-electricity

✓ **Texto: Força magnética - corrente elétrica**

Link: <https://bit.ly/2KGSUjI>

¹² Cada próton tem uma carga $+e$, igual a $+1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb. Cada elétron tem uma carga $-e$, igual a $-1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb.

O Eletromagnetismo

Posteriormente verificou-se que existia uma força devido ao movimento de partículas carregadas. Essa força é conhecida como **força magnética**. Ambas as forças (elétricas ou magnéticas) são manifestações diferentes do mesmo fenômeno: o **eletromagnetismo**.

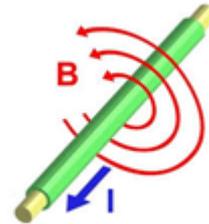


Figura 2.9: Campo magnético gerado pela movimentação de cargas elétricas (corrente elétrica).

Campo Eletromagnético

A força elétrica e a força magnética, atua entre corpos que não estão em contato mútuo. Dessa forma existe um **campo de força** que influencia a interação entre corpos carregados ou magnetizados.

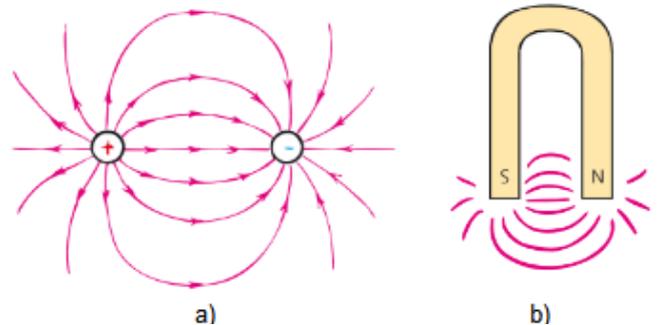


Figura 2.10: a) Exemplo de campo elétrico. b) e magnético.

As forças elétrica e magnética podem ser atrativas ou repulsivas.



¹³ Sabe-se que cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais contrários se atraem

¹⁴ Em Física uma grandeza é dita quantizada, ou discreta, quando apresenta valores inteiros.

✓ A Força Nuclear Forte

Uma Inquietação

O átomo era (e continua sendo) algo intrigante e uma das questões que atiçava os físicos estava relacionada à **estabilidade do núcleo atômico**:

Por que o núcleo (carregado positivamente) não "explode", já que a pequenas distâncias, a repulsão colombiana entre os prótons é enorme?

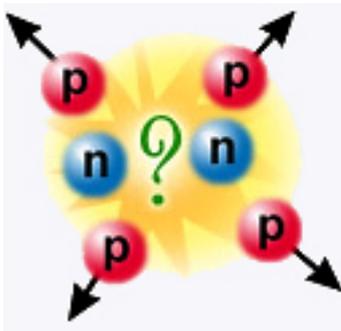


Figura 2.11: O que mantém a estabilidade do núcleo atômico?

A Proposta de Uma Nova força

O físico japonês Hideki Yukawa (1907–1981) trouxe à Física uma nova concepção de força a partir dos anos 1930.



Figura 2.12: O físico japonês Hideki Yukawa.

Yukawa sugeriu que haveria uma força nuclear (depois conhecida como **força nuclear forte**¹⁵ ou **força forte**) entre os **nucleons** (prótons e nêutrons que compõem o núcleo atômico).

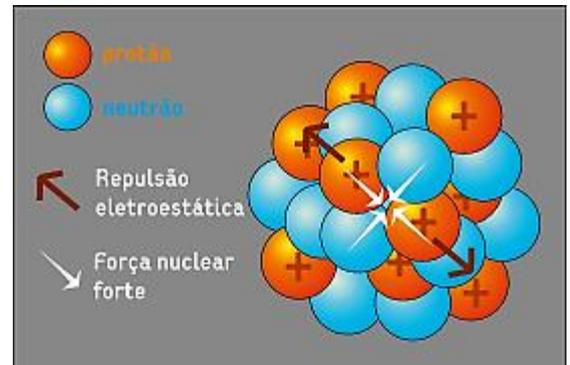


Figura 2.13: A força nuclear forte agindo entre no núcleo atômico.

Ela seria responsável pela coesão e estabilidade do núcleo atômico, mantendo prótons e nêutrons ligados.

Assim, a força nuclear forte é responsável pela estabilidade da matéria e a forma que a conhecemos.

A força forte é sempre atrativa.

Complemente seus estudos:

✓ Texto: **Força Nuclear Forte, o que é?**

Link: <https://flavioqimenes.wordpress.com/2015/10/25/fora-nuclear-forte-o-que/>



¹⁵ A força nuclear forte atua no nível subatômico. Ela é responsável pela atração entre prótons e nêutrons, prótons e prótons e nêutrons e nêutrons.

✓ A Força Nuclear Fraca

Por que esse Nome?

A **força fraca** é recebe esse nome porque é fraca em intensidade se comparada à força forte.

Onde ela atua?

Essa força atua no interior dos núcleos e é responsável pelo **decaimento beta** (β) ou **emissão beta** (β).

O que é decaimento Beta?

É o processo pelo qual um núcleo instável pode transformar-se em outro núcleo mediante a emissão de uma partícula β (**elétron**), mas este elétron não está localizado na eletrosfera do átomo. Sua origem está no próprio núcleo!

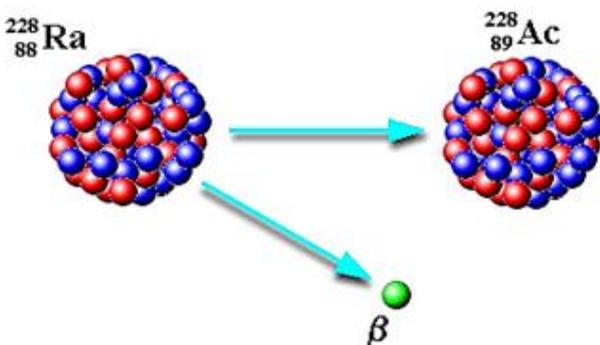


Figura 2.14: O decaimento beta.

Um problema com o decaimento beta

No decaimento beta, o núcleo ganha um próton e perde um nêutron. Nesse processo um **nêutron** decai em um **próton** e um **elétron**.



Figura 2.15: Um nêutron quando afastado de um próton é instável. Um nêutron instável decai em próton e emite um elétron.

A proposta de uma nova partícula

O estudo deste processo de decaimento β levou os físicos a proporem uma nova partícula. Essa partícula interage muito fracamente com a matéria, e por isso foi muito difícil de ser detectada.

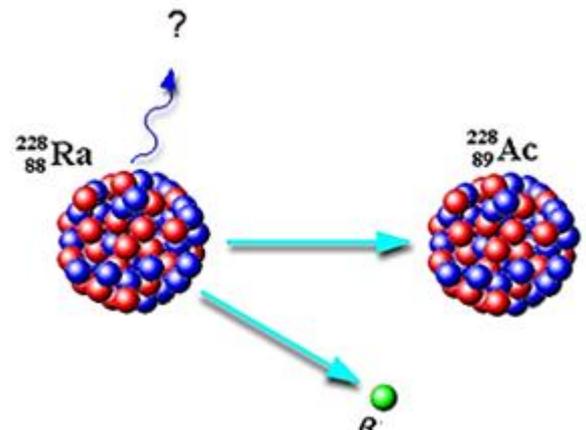


Figura 2.16: O decaimento beta envolvia a emissão de uma partícula desconhecida.

Ficou Curioso(a)?

Estudaremos mais adiante que partícula é essa!



Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **Beta Decay**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=MU0FGhEFC2E1>



Tarefa de Leitura 2

TL 2.1

Assista ao vídeo, intitulado **Forças Fundamentais**. Responda:

Na natureza, quais são as forças fundamentais conhecidas atualmente?

TL 2.2

Acesse o Simulador Interativo, intitulado **Gravidade e Órbitas**. Escolha a opção **Modelo** na Tela inicial. Posteriormente, marque as opções **Força gravítica** e **Caminho**. Responda:

a) O que acontece com a Força Gravitacional (Força Gravítica) quando a massa de um (ou dos dois) corpos (Sol/Terra) é aumentada?

b) O que acontece com a trajetória do planeta Terra se a força gravitacional for desligada?

TL 2.3

Acesse o Simulador Interativo, intitulado **Balões e Eletricidade Estática**.

a) Atrite o balão na camisa de lã. Observe, registre e explique o que acontece.

b) Após ter atritado o balão com a camisa de lã, aproxime o balão da parede. Observe, registre e explique o que acontece.

TL 2.4

Realize o estudo do texto, intitulado **Força magnética - corrente elétrica**. Responda:

- a) De acordo com o texto, o que o físico Hans Christian Öersted descobriu por meio de suas experiências?

- b) De acordo com o texto, o que Michael Faraday e Joseph Henry descobriram?

- c) A força elétrica e a força magnética atuam entre corpos que não estão em contato mútuo. Como essa interação à distância é explicada?

TL 2.5

Realize o estudo do texto, intitulado **Força Nuclear Forte, o que é?** Responda:

- a) De acordo com o texto, se a força nuclear forte não existisse, o que aconteceria com a matéria?

- b) Dois prótons de um núcleo atômico se repelem (devido à força elétrica), mas também se atraem. Por quê?

TL 2.6

O que ocorre com um nêutron quando ele se encontra isolado (distante de um ou mais prótons)?

TL 2.7

O **Texto de Apoio** é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 2.8

Você teve alguma dificuldade na utilização dos materiais *online* (vídeos, textos, simulações, etc.), disponibilizados através dos boxes **Complemente seus estudos**? ()Sim ()Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 2.9

Você gostaria que algum assunto que foi tratado nesse **Texto de Apoio** ou nessa **Tarefa de Leitura**, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não

Se sim, qual(is) assunto(s)?

Você pode responder à essa **Tarefa de Leitura** via **Google Forms** de forma rápida e prática!

Link: <https://encurtador.net/ajtJV>



Estudante: _____

Data: _____

Obs.: A tarefa deve ser entregue na _____ (dia _____), ANTES da aula de Física.

✓ As Leis de Conservação

As **Leis de Conservação** desempenham um **papel crucial** dentro da **Física**. Elas ajudam a compreender porque alguns fenômenos ocorrem e outros não. Não se tem conhecimento de algum processo físico que as tenha violado, admitindo-se assim que todos os processos físicos devem satisfazê-las.

Conservação da energia

Embora familiar, a **energia** é de difícil definição. Ela pode representar um processo ou “algo”. Esse “algo” que torna um objeto capaz de realizar **trabalho (W)** é o que os físicos chamam de **energia (E)**.

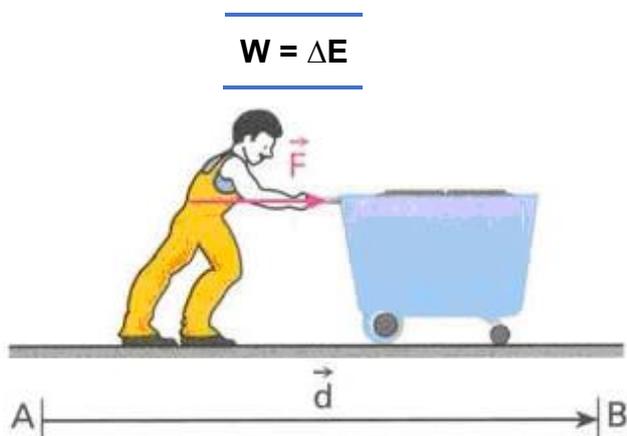


Figura 3.1: Uma pessoa realiza trabalho ao empurrar um carrinho.

A unidade no SI para energia é **Joule (J)**.

O experimento de Joule

Em meados do século XIX, **James Joule** (1818–1889), medindo a temperatura de um líquido antes e depois de **realizar trabalho** sobre ele, descobriu o que ele denominou “equivalente mecânico do calor”.

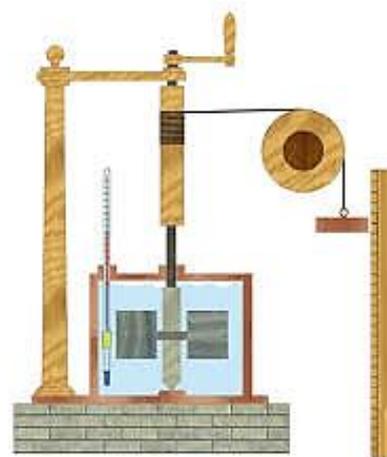


Figura 3.2: O experimento idealizado por Joule.

Essa descoberta levou ao **princípio de conservação da energia**. Esse princípio pode ser escrito como:

“A energia não pode ser criada ou destruída. Ela pode apenas ser transformada de uma forma em outra, mas a quantidade total de energia jamais muda.”

Complemente seus estudos:

✓ **Vídeo:** O calor como energia experiência de Joule

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=6rKxwuDFe88>



✓ Conservação do momento linear

Momento linear ou momentum

Em mecânica clássica, **momento linear** (\mathbf{p}) (também é chamado de *quantidade de movimento*) ou *momentum* é o produto da massa (m) pela velocidade (\mathbf{v}) de um objeto.

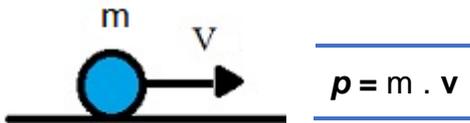


Figura 3.3: Uma esfera em movimento possui momento linear $\neq 0$.

Momentum pode ser definido como a inércia em movimento. A unidade no **SI** para o momentum é **kg·m/s**.

Conservação do momentum

No exemplo abaixo, antes do disparo, o sistema (canhão + bala) encontra-se em repouso e seu momentum é nulo ($\mathbf{p}_{total} = 0$). Após o disparo o momentum total ($\mathbf{p}_{total} = \mathbf{p}_{canhão} + \mathbf{p}_{bala} = 0$), ainda é nulo. Nenhum momentum total é ganho ou perdido.

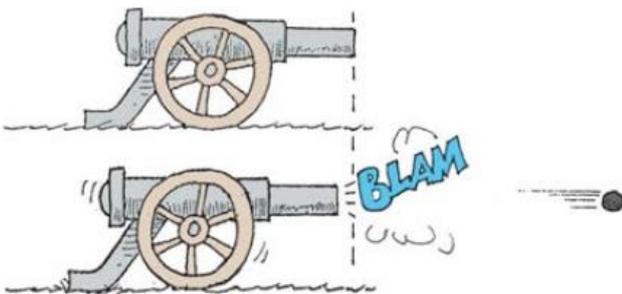


Figura 3.4: O momentum total antes do disparo e depois são nulos.

Essa é uma constatação do princípio da conservação do momentum. Este princípio diz que:

“Na ausência de uma força externa, o momentum de um sistema mantém-se inalterado.”

Colisões e conservação do momentum

O momentum total é conservado em qualquer **colisão** (**elástica** ou **inelástica**), não importa qual seja o ângulo entre as trajetórias dos objetos em colisão.

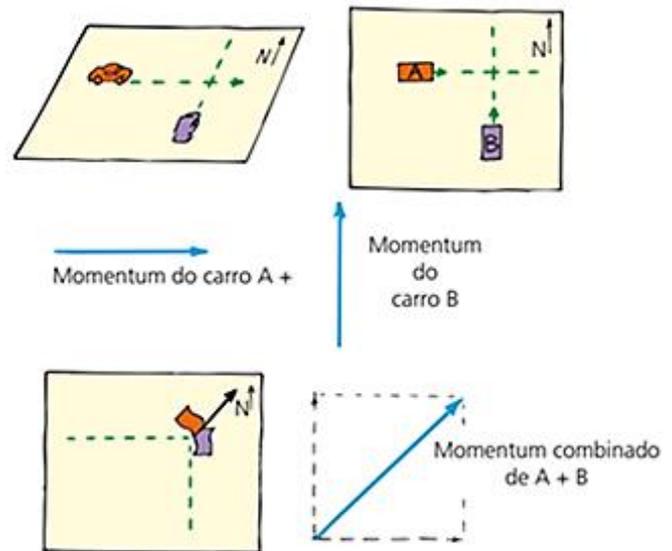


Figura 3.5: O momentum é uma grandeza vetorial.

O momentum é conservado para uma colisão de bolas de bilhar ou de partículas.

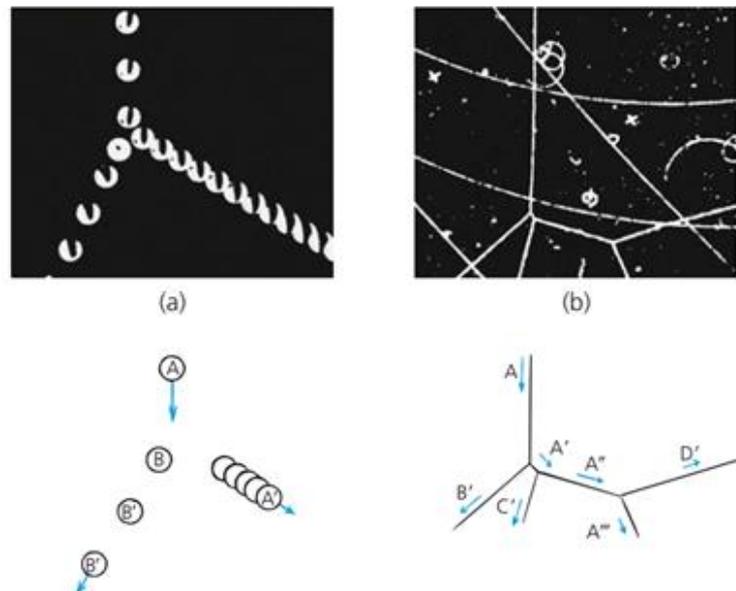


Figura 3.6: a) A bola de bilhar **A** atinge a bola de bilhar **B**, que estava inicialmente em repouso. b) Uma câmara de bolhas revela que o próton **A** colide sucessivamente com os prótons **B**, **C** e **D**. Em ambos os casos, o momentum é conservado.

Complemente seus estudos:

✓ Simulação: **Laboratório de Colisões**

Link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/collision-lab



✓ Conservação da carga elétrica

Princípio da conservação da carga elétrica

Sempre que um corpo é eletrizado, ocorre a transferência de elétrons, mas nenhum elétron é criado ou destruído.



F Iro.
A ia esta carregaa positivamente ou negativamente?

Essa é uma constatação do chamado **princípio da conservação da carga elétrica**. Esse princípio diz que:

“Em um sistema isolado, a soma algébrica, tanto das cargas positivas quanto das cargas negativas, irá permanecer constante.”

Isso significa que a quantidade total de cargas no Universo é sempre conservada.

$$\Sigma Q_{\text{antes}} = \Sigma Q_{\text{depois}}$$

Processos de eletrização

Uma forma de verificar o princípio da conservação da carga elétrica é através dos **processos de eletrização**.

Objetos podem ser eletrizados, transferindo-se elétrons de um lugar para outro. Isso pode ser feito por **contato** ou quando substâncias são friccionadas (**atrito**).

Complemente seus estudos:

✓ **Simulação: Balões e Eletricidade Estática**

Link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons-and-static-electricity



¹⁶ Na eletrização por contato, se os corpos forem idênticos, ficam eletrizados com cargas de mesmo sinal e mesma intensidade.

Outra forma de eletrização ocorre com a aproximação de um corpo eletrizado (indutor) a um corpo neutro (induzido). Esse processo é chamado de **indução**.

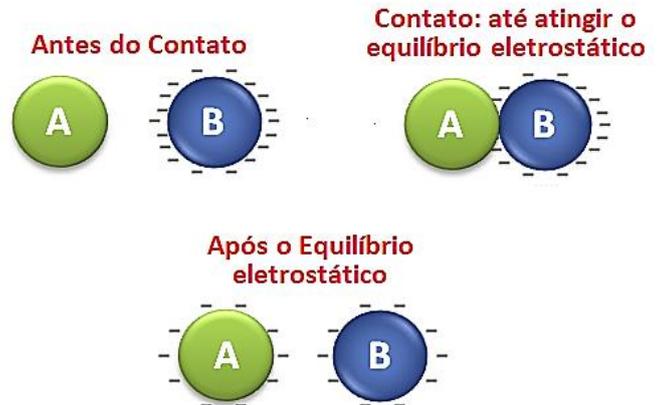


Figura 3.8: Um exemplo de eletrização por contato.

Um exemplo de eletrização por contato

Observe a figura abaixo.

Se os dois corpos forem idênticos¹⁶ e estiverem com cargas iniciais $Q_A = 0 \text{ C}$ e $Q_B = 20 \text{ C}$, temos que:

$$\Sigma Q_{\text{antes}} = Q_A + Q_B = 0 \text{ C} + 20 \text{ C}$$

$$\Sigma Q_{\text{antes}} = 20 \text{ C}$$

Após o contato, temos que:

$$Q_{\text{depois}}^A = (Q_A + Q_B)/2 = (0 \text{ C} + 20 \text{ C})/2 = 10 \text{ C}$$

$$Q_{\text{depois}}^B = (Q_B + Q_A)/2 = (20 \text{ C} + 0 \text{ C})/2 = 10 \text{ C}$$

Portanto

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{\text{depois}} &= Q_{\text{depois}}^A + Q_{\text{depois}}^B \\ \Sigma Q_{\text{depois}} &= 10 \text{ C} + 10 \text{ C} = 20 \text{ C} \\ \Sigma Q_{\text{depois}} &= 20 \text{ C} \end{aligned}$$

Pode-se concluir que:

$$\Sigma Q_{\text{antes}} = \Sigma Q_{\text{depois}}$$

A carga é conservada!

Tarefa de Leitura 3

TL 3.1

Qual é a importância das Leis de Conservação para os estudos em física?

TL 3.2

Assista ao vídeo, intitulado **O calor como energia experiência de Joule**. Responda:

a) O que o giro das pás fazia com a temperatura da água contida no recipiente?

b) O que se pode concluir, em relação ao calor, dos experimentos de Thompson e Joule?

TL 3.3

Qual a equação matemática para o momento linear? O que significa cada termo dessa equação?

TL 3.4

O que diz o princípio da conservação do momentum?

TL 3.5

A quantidade de total de cargas no Universo é sempre conservada? () Sim () Não

Em caso de sim, qual é o princípio que garante isso?

TL 3.6

O **Texto de Apoio** é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 3.7

Você teve alguma dificuldade na utilização dos materiais *online* (vídeos, textos, simulações, etc.), disponibilizados através dos boxes **Complemente seus estudos**? () Sim () Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 3.8

Você gostaria que algum assunto que foi tratado nesse **Texto de Apoio** ou nessa **Tarefa de Leitura**, fosse revisto em sala de aula? () Sim () Não

Se sim, qual(is) assunto(s)?

Você pode responder à essa **Tarefa de Leitura** via **Google Forms** de forma rápida e prática!

Link: <http://twixar.me/50G3>



Estudante: _____

Data: _____

Obs.: A tarefa deve ser entregue na _____ (dia _____), ANTES da aula de Física.

✓ **Os aceleradores de partículas**

O que é um acelerador de partículas?

Aceleradores de partículas são máquinas capazes de acelerar feixes de partículas carregadas, fazendo com que estes alcancem velocidades altíssimas (podendo chegar a 99% da velocidade da luz).

Para que serve um acelerador de partícula?

Os aceleradores de partículas servem para questionar a natureza, tentando obter assim uma resposta tanto a respeito das dimensões como da estrutura subatômica.

Primórdios...

Durante muitas décadas a única fonte de partículas eram os raios cósmicos, provenientes do universo primordial.



energéticas que chegam até nós.

Figura 4.1: Os raios cósmicos são partículas energéticas que chegam até nós.

O maior de todos

O LHC¹⁷ do CERN¹⁸ é o maior acelerador de partículas e o de maior energia existente no mundo (podendo chegar a 1 TeV ou 1.000.000 000.000 eV).

Ele está localizado num túnel de 27 km de comprimento e 3,7 m de largura, a cerca de 100 m de profundidade.

O LHC funciona fazendo colidir partículas. Normalmente as partículas em colisão são prótons, mas também podem ser realizadas colisões de núcleos mais pesados, como os de chumbo. Os físicos estudam o produto destas colisões, que **concentram energias altíssimas num espaço muito pequeno.**

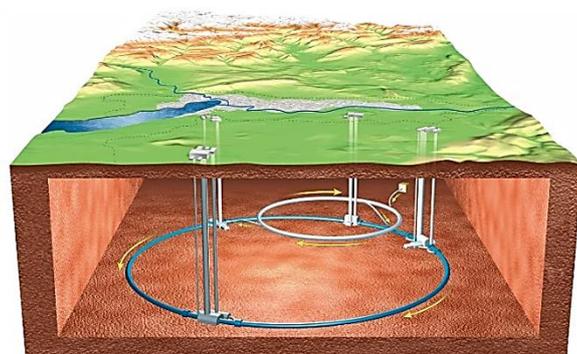


Figura 4.2: O LHC encontra-se a 100 m de profundidade.

Complemente seus estudos:

✓ **Vídeo:** **Acelerador de partículas - Fim do mundo ou Começo de tudo?**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=aPpWKy3F9Bw>



¹⁷ Sigla do inglês *Large Hadron Collider* (Grande Colisor de Hádrons).

¹⁸ Sigla do francês *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear).

✓ A descoberta de mais partículas

A concepção do átomo como partícula elementar (indivisível) desmoronou com o tempo.

A descoberta de partículas como o **elétron**, o **próton** e o **nêutron** deixou claro que o átomo era **divisível**.

Muitas outras partículas foram descobertas devido ao uso de **aceleradores de partículas**.

Vejamos algumas delas.

O neutrino

O estudo do **decaimento β** , apresentava algumas violações na conservação da energia e do momentum.

O físico alemão **Wolfgang Pauli** (1900–1958), em 1930, propôs que neste decaimento haveria a emissão de uma nova partícula, neutra e quase sem massa. Essa partícula interage muito fracamente com a matéria, e por isso foi muito difícil de ser detectado. Ela foi batizada de **neutrino** (ν)¹⁹.

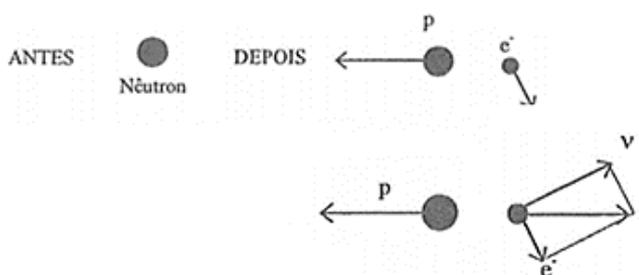


Figura 4.3: No decaimento β há a emissão de um neutrino. Isso garante a conservação da energia e do momento.

O pión ou méson π

Yukawa havia sugerido que a **força nuclear forte** seria intermediada por uma partícula. Essa partícula foi denominada de **pión** ou **méson π** . Um grupo de físicos esteve envolvido na detecção dessa partícula. Dentre eles estava o brasileiro **César Lattes**.



Figura 4.4: O físico brasileiro César Lattes.

O múon

A procura pelo pión fez com que os físicos encontrassem uma partícula com massa $1/9$ da massa do próton, o **múon**²⁰ (μ). O múon é uma partícula instável²¹ e seu decaimento sempre produz, pelo menos, três partículas.

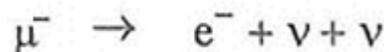


Figura 4.5: No decaimento do múon, um elétron tem a mesma carga que o múon e dois neutrinos. Observe que a carga elétrica é conservada.

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **César Lattes**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=EDzcEVs5pXc>



¹⁹ Tem origem italiana e significa "pequeno nêutron".

²⁰ O múon pode aparecer em dois tipos μ^+ e μ^- .

²¹ Quando uma partícula tem possibilidade de decair em partículas com massas menores.

✓ As antipartículas

Números quânticos

As partículas possuem o que os físicos chamam de **números quânticos**. A **carga elétrica** é um número quântico, assim como o **spin**.

O spin

Na mecânica quântica o termo **Spin** (em inglês "giro") associa-se às possíveis orientações que partículas subatômicas como o elétron possuem.

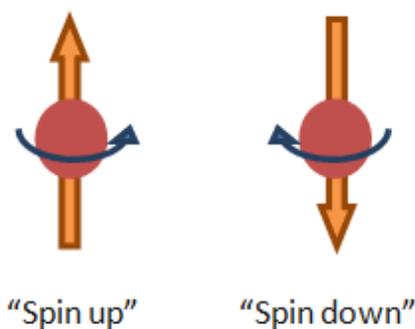


Figura 4.6: O Spin está associado às possíveis orientações que partículas subatômicas.

A descoberta do pósitron

A existência do **pósitron** ou **antielétron** (e^+), a **antipartícula**²² do elétron, foi postulada pela primeira vez em 1928 pelo físico britânico **Paul Dirac** (1902–1984).

Em 1932 o físico estadunidense **Carl David Anderson** (1905–1991) fez a observação do pósitron, o que lhe rendeu o prêmio Nobel de física de 1936.

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **O que é Antimatéria?**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=XWLVZiWon1YI>



²² Uma antipartícula é a designação dada à partícula com a mesma massa e o mesmo spin de uma outra partícula, mas com todos os outros números

Se existe uma...

O **antipróton** (\bar{p}) e o **antinêutron** (\bar{n}) foram descobertos (a partir de colisões de partículas de alta energia) por volta de 1955.

Essas descobertas levaram os físicos a crerem que todas as partículas deveriam ter suas antipartículas correspondentes e que deveria existir então, a **antimatéria**²³!

Processos envolvendo partículas e antipartículas

Quando uma par partícula/antipartícula se encontra em uma reação, ele pode aniquilar-se em forma de **radiação gama** (γ).

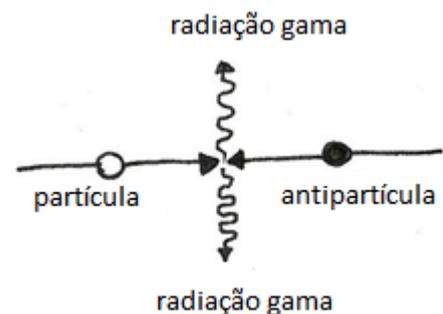


Figura 4.7: A liberação e energia (radiação gama) no encontro de uma partícula e sua antipartícula.

Pode haver a criação de um par de partícula e sua antipartícula a partir de radiação gama.

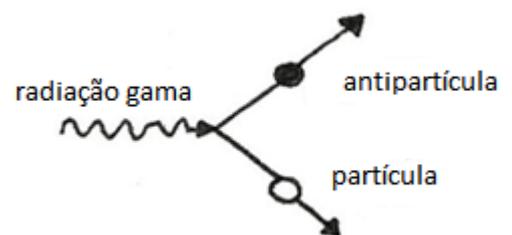


Figura 4.8: A criação de um par de partícula e sua antipartícula a partir de raios gama.

quânticos, tais como a carga elétrica, com valores opostos.

²³ Matéria cujos constituintes seriam átomos formados por antipartículas.

Tarefa de Leitura 4

TL 4.1

Assista ao vídeo, intitulado **Acelerador de partículas - Fim do mundo ou Começo de tudo?**
Responda:

a) O que são e para que servem os aceleradores de partículas.

b) Espera-se que o maior acelerador de partículas do mundo ajude os cientistas a responderem uma pergunta principal. Qual é essa pergunta?

TL 4.2

No decaimento β , há a emissão de uma partícula neutra e quase sem massa. Qual é essa partícula?

TL 4.3

Assista ao vídeo, intitulado **César Lattes**. Responda: Qual partícula prevista por Hideki Yukawa foi descoberta com a ajuda do físico brasileiro César Lattes?

TL 4.4

A procura pelo píon fez com que os físicos encontrassem uma partícula com massa $1/9$ da massa do próton? Qual é essa partícula?

TL 4.5

Ao que está associado o termo Spin na mecânica quântica?

TL 4.6

Assista ao vídeo, intitulado **O que é Antimatéria?** Responda: O que são antipartícula e antimatéria?

TL 4.7

O **Texto de Apoio** é confuso ou de difícil entendimento? () Sim () Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 4.8

Você teve alguma dificuldade na utilização dos materiais *online* (vídeos, textos, simulações, etc.), disponibilizados através dos boxes **Complemente seus estudos?** () Sim () Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 4.9

Você gostaria que algum assunto que foi tratado nesse **Texto de Apoio** ou nessa **Tarefa de Leitura**, fosse revisto em sala de aula? () Sim () Não

Se sim, qual (is) assunto(s)?

Você pode responder à essa **Tarefa de Leitura** via **Google Forms** de forma rápida e prática!

Link: <http://twixar.me/70G3>



Estudante: _____

Data: _____

Obs.: A tarefa deve ser entregue no dia _____, ANTES da aula de Física.

Os Quarks

No ano de 1964 o físico estadunidense **Murray Gell-Mann** (nasc. 1929) propôs que prótons e nêutrons seriam formados por três partículas fundamentais (e suas respectivas antipartículas).

Gell-Mann as denominou de **quarks**.

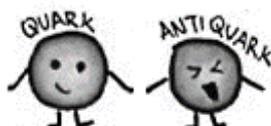


Figura 5.1: Cada quark tem uma antipartícula (antiquark) correspondente.

Os sabores de quarks

No modelo proposto por Gell-Mann os quarks apareceriam em três **sabores**²⁴: **up** (u), **down** (d) e **strange** (s).

Assim, prótons e nêutrons (além de outras partículas) seriam formadas por quarks.

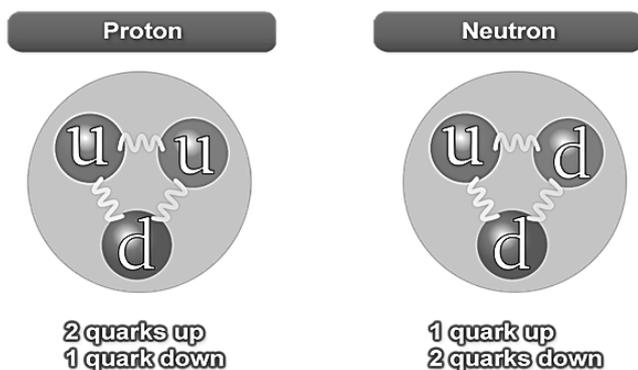


Figura 5.2: O próton e o nêutron são formados por 3 quarks.

As cores dos quarks

Em 1964 os físicos atribuíram uma propriedade nova aos quarks, chamada **cor**. A cor seria correspondente à carga elétrica²⁵, mas, exceto pelo fato de ela poder ocorrer em três variedades: **vermelho** (VM), **verde** (VD) e **azul** (AZ). E suas respectivas **anticores**: **ciano** (anticor do vermelho), **magenta** (anticor do verde) e **amarelo** (anticor do azul).

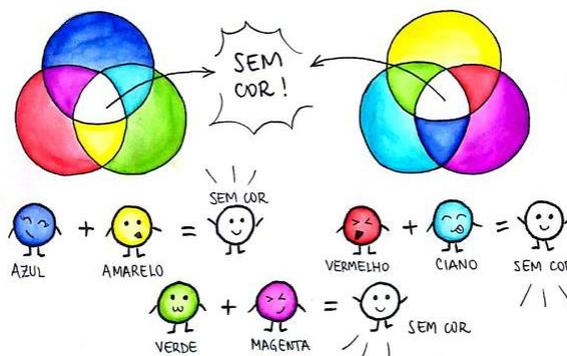


Figura 5.3: Só podem existir combinações de quarks que gerem partículas sem cor.

Estas cargas-cor são chamadas coletivamente de **cargas coloridas**.

A combinação das três cores (ou anticores) na formação de partículas, resulta em uma partícula sem cor. Por exemplo, o nêutron é formado por três quarks (up, down e down).

$$n = udd \rightarrow \text{branco}$$

Na década de 1970 surge a **Cromo Dinâmica Quântica** (CDQ) que procura

explicar a interação entre quarks no interior dos **hádrons**²⁶.



Complemente seus estudos:

✓ **Vídeo: Prótons, nêutrons e quarks**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=VQQ3gZuOUsI>

²⁴ Hoje sab-se que existem seis tipos (ou sabores) de quarks: up (u), down (d), strange (s), charm (c), bottom (b), e top (t).

²⁵ A analogia das cores com as cargas elétricas levou a uma conclusão imediata: cores iguais se repelem e cores opostas se atraem

²⁶ Do grego *hadrós*, e quer dizer forte, robusto. São partículas que interagem via força forte e os mais conhecidos são os prótons e os nêutrons.

✓ Uma nova visão das forças fundamentais

Com o passar do tempo a ideia de campo nas interações (forças) fundamentais foi sendo substituída pelo que os físicos chamam de **partículas intermediadoras**²⁷ (classificadas como **Bósons vetoriais**). Sendo assim para cada força fundamental existiria uma partícula intermediadora correspondente.

As partículas intermediadoras são: **fóton** (γ), **glúon** (g), **bósons W e Z** e **gráviton** (G),.

O fóton

Einstein, em 1905, propôs a luz como formada por partículas elementares, às quais hoje damos o nome de **fóton**²⁸(γ).

Posteriormente descobriu-se que o fóton é a partícula mediadora da **força eletromagnética**.



Figura 5.4: O fóton é a partícula mediadora da força eletromagnética.

O glúon

O glúons (ou **bósons de calibre**) são as partículas mediadoras da **força nuclear forte**.

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **Partículas Fundamentais: O Fóton**

Link: <http://twixar.me/6DG3>

✓ Vídeo: **Partículas Fundamentais: O Glúon**

Link: <http://twixar.me/CDG3>

✓ Vídeo: **Partículas Fundamentais: Os Bósons**

Link: <http://twixar.me/2DG3>

✓ Vídeo: **Partículas Fundamentais: O Gravitão**

Link: <http://twixar.me/HDG3>

²⁷ A massa de uma partícula mediadora e o alcance da força por ela mediada estão relacionadas. Quanto maior o alcance, menor é a massa da partícula mediadora.

Os bóson de calibre W e Z

A **força nuclear fraca**, responsável pelo decaimento beta, também possui partículas mediadoras da interação, que são os **bósons**²⁹ W^+ , W^- e Z^0 .

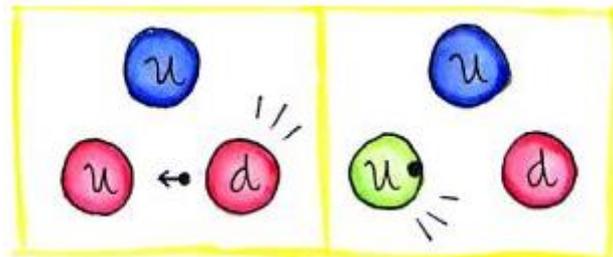


Figura 5.5: Alguns glúons podem fazer com que um quark mude sua cor.

O bóson W^+ pode alterar o sabor de um quark.

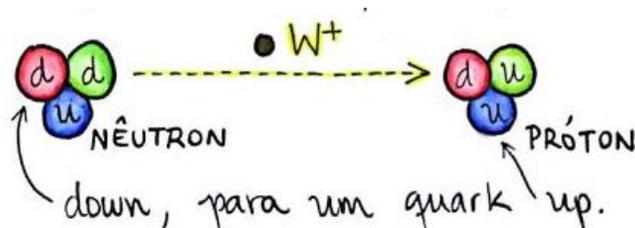


Figura 5.6: O bóson W^+ altera o sabor dos quarks.

O gráviton

A partícula mediadora da força gravitacional é chamada de **gráviton**, mas esta **nunca foi detectada** experimentalmente.



Figura 5.7: A detecção do gráviton ainda permanece um a incógnita.



²⁸ O fóton também é o *quantum* da radiação eletromagnética (incluindo a luz).

²⁹ Também são conhecidos como bósons vetoriais intermediários.

✓ O Modelo Padrão

O Modelo Padrão

O Modelo Padrão foi desenvolvido entre 1970 e 1973. Ele prevê a existência de três tipos de partículas elementares³⁰: **quarks**, **léptons** e **intermediadoras** e quatro forças ou interações fundamentais: **nuclear forte**, **nuclear fraca**, **eletromagnética** e **gravitacional**.

Os quarks

Os quarks são os constituintes dos **hádrons** e dependendo da quantidade de quarks que os hádrons são formados, eles se distinguem em **bárions** ou **mésons**.

Os **bárions** (três quarks) são partículas como os prótons e nêutrons do átomo.

Os **mésons** (um quark e um antiquark) são partículas como o **méson π** .

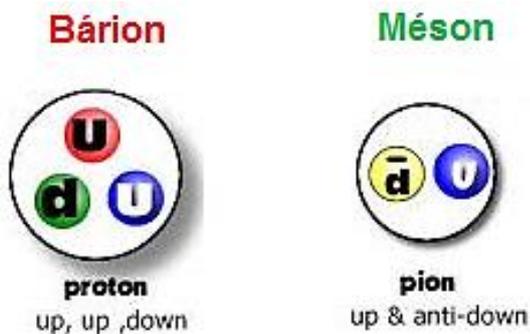


Figura 5.8: A composição de bárions e mésons.

Os bárions possuem spin fracionário ($1/2, 3/2, 5/2, \dots$). Os mésons possuem spin inteiro ($0, 1, 2, \dots$).

Os léptons

Os elétrons e neutrinos são exemplos de **léptons**³¹. Essas partículas possuem spin $1/2$.

Parecem ser partículas verdadeiramente elementares, pois nenhuma delas aparenta ter uma estrutura interna.

As partículas intermediadoras

As partículas intermediadoras das quatro forças fundamentais são chamadas de **Bósons**. Essas partículas possuem spin inteiro ($0, 1, 2, \dots$).

Entre os exemplos de bósons estão as partículas elementares, como o **fóton**, o **glúon**, o **bóson de Higgs**, e partículas compostas, como **mésons**.

Limitações

O Modelo Padrão possui ainda algumas perguntas sem respostas. Como aponta a física argentina Marcela Carena:

“O modelo explica tudo muito bem até os níveis de energias que conseguimos acessar. Mas há algumas coisas para as quais não fornece respostas satisfatórias. Ele não explica, por exemplo, a **matéria escura**³² [na verdade, o modelo fornece respostas para apenas 4% da composição do Universo conhecido e nada diz sobre a origem de seus 23% de matéria escura e 73% de **energia escura**³³. Também não dá conta da assimetria entre a quantidade de matéria e antimatéria observada no Universo.”

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **Modelo Padrão da Física de Partículas**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=Nqi-bM90vfg>



³⁰ Em Física de Partículas, uma partícula é dita elementar quando não possui estrutura interna.

³¹ Palavra de origem grega e que significa "leve".

³² É uma forma exótica da matéria, que não emite, não absorve, nem espalha luz.

³³ Uma forma hipotética de energia que estaria distribuída por todo espaço e tende a acelerar a expansão do Universo.

Modelo Padrão das PARTÍCULAS FUNDAMENTAIS E INTERAÇÕES

FÉRMIONS

constituintes da matéria
spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...

Léptons spin = 1/2		
Sabor	Massa GeV/c ²	Carga Elétrica
ν_e neutrino do elétron	$<1 \times 10^{-8}$	0
e^- elétron	0.000511	-1
ν_μ neutrino do múon	<0.0002	0
μ^- múon	0.106	-1
ν_τ neutrino do tau	<0.02	0
τ^- tau	1.7771	-1

Quarks spin = 1/2		
Sabor	Massa Aprox. GeV/c ²	Carga Elétrica
u up	0.003	2/3
d down	0.006	-1/3
c charm	1.3	2/3
s strange	0.1	-1/3
t top	175	2/3
b bottom	4.3	-1/3

Bárions qq_q e Anti-Bárions $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$

Bárions são hádrons fermiônicos. Existem cerca de 120 tipos de bárions.

Símbolo	Nome	Conteúdo do Quark	Carga Elétrica	Massa GeV/c ²	Spin
p	próton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-próton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	nêutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2



BÓSONS

transmissores de força
spin = 0, 1, 2, ...

Eletrofraca Unificada spin = 1		
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Elétrica
γ fóton	0	0
W^-	80.4	-1
W^+	80.4	+1
Z^0	91.187	0

Forte (cor) spin = 1		
Nome	Massa GeV/c ²	Carga Elétrica
g glúon	0	0

Mésons qq

Mésons são hádrons bósonicos. Existem cerca de 140 tipos de mésons.

Símbolo	Nome	Conteúdo do Quark	Carga Elétrica	Massa GeV/c ²	Spin
π^+	píon	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

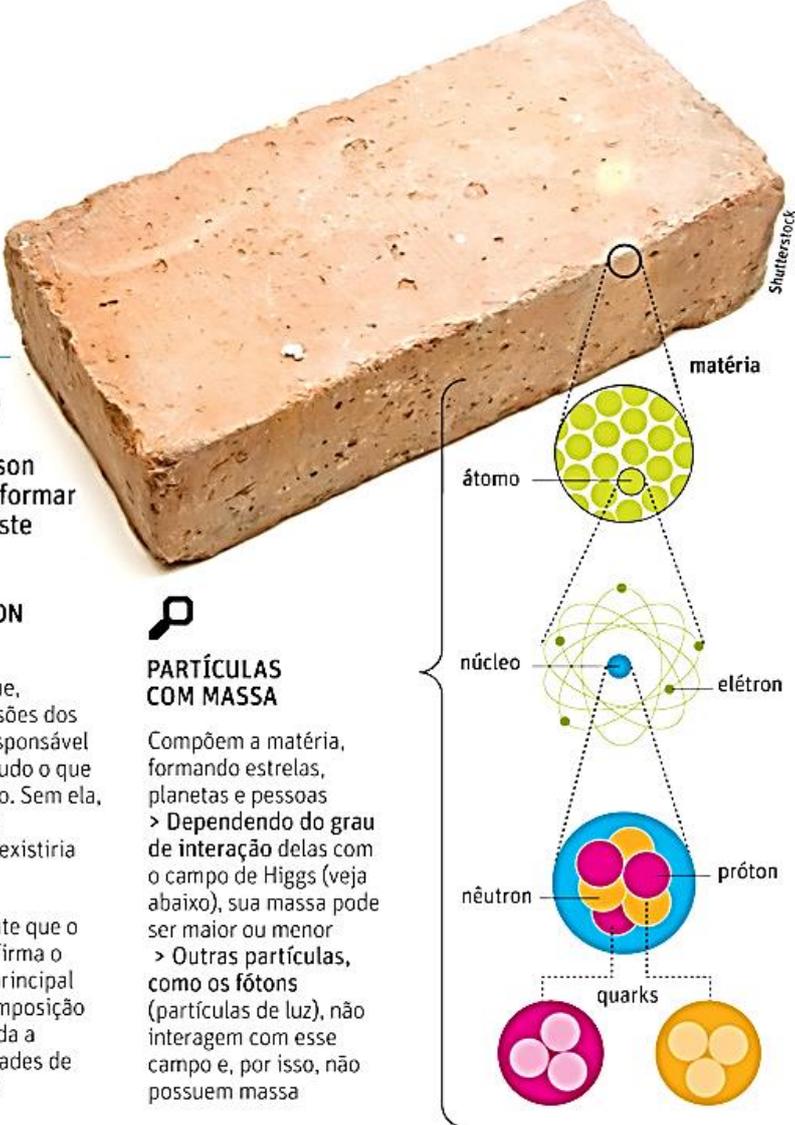
PROPRIEDADES DAS INTERAÇÕES

Propriedade \ Interação	Gravitacional	Fraca (Eletrofraca)	Eletromagnética	Forte	
				Fundamental	Residual
Age sobre:	Massa - Energia	Sabor	Carga elétrica	Carga de cor	Vez a nota sobre Interação Forte
Partículas sensíveis:	Todas	Quarks, Léptons	Eletricamente carregada	Quarks, Glúons	Hádrons
Partículas mediadoras:	Gráviton (ainda não observado)	$W^+ W^- Z^0$	γ	Glúons	Mésons
Força em relação a eletro para dois quarks a:	10^{-41}	0.8	1	25	Não aplicável a quarks
para dois prótons no núcleo	10^{-41}	10^{-4}	1	60	
	10^{-36}	10^{-7}	1	Não aplicável a hádrons	20

Figura 5.9: O Modelo Padrão.

O bóson de Higgs ou partícula de Deus

O **bóson de Higgs** foi predito inicialmente em 1964 pelo físico britânico **Peter Higgs** (nasc. 1929). Ela seria uma partícula subatômica e é responsável por “dar massa” às demais. A comprovação da existência dessa partícula durou décadas, até que, em 2012, um experimento no LHC atestou (com 99% de certeza) sua existência. O apelido “partícula de Deus” foi dado pelo Nobel de Física **Leon Lederman**.



NO CORAÇÃO DA MATÉRIA
O papel do bóson de Higgs para formar tudo o que existe

O QUE É O BÓSON DE HIGGS
É A PARTÍCULA que, segundo as previsões dos físicos, seria a responsável por dar massa a tudo o que existe no Universo. Sem ela, a matéria como a conhecemos não existiria

VERIFICAR
experimentalmente que o bóson existe confirma o Modelo Padrão, principal teoria sobre a composição do Cosmos, e ajuda a explicar propriedades de outras partículas

PARTÍCULAS COM MASSA
Compõem a matéria, formando estrelas, planetas e pessoas
> Dependendo do grau de interação delas com o campo de Higgs (veja abaixo), sua massa pode ser maior ou menor
> Outras partículas, como os fótons (partículas de luz), não interagem com esse campo e, por isso, não possuem massa

COMO FUNCIONA
Apesar de sua provável descoberta no LHC, ainda é preciso caracterizar melhor o Higgs. Pode ser que existam vários tipos dele

Partícula sem massa
Com massa
Areia (Campo de Higgs)

Partículas são como bicicletas que não possuem massa se estão em alta velocidade
Quando atravessam um campo de areia, perdem velocidade e como resultado, ganham massa

Figura 5.10: Sem o bóson de Higgs, a matéria não seria formada.

Complemente seus estudos:

✓ Vídeo: **O Bóson de Higgs Explicando**

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=gYWGd1RWHdW>



Tarefa de Leitura 5

TL 5.1

Assista ao vídeo, intitulado **Prótons , nêutrons e quarks**. Responda:

Na década de 1960 descobriu-se que prótons e nêutrons são formados por partículas ainda menores. Quais são essas partículas?

TL 5.2

Assista aos vídeos, intitulados **Partículas Fundamentais: O Fóton; Partículas Fundamentais: O Glúon; Partículas Fundamentais: Os Bósons e Partículas Fundamentais: O Gravitão**. Responda:

a) O que são partículas intermediadoras?

b) O fóton, O glúon, Os bóson W e Z e O gráviton são partículas intermediadoras de quais força?

TL 5.3

Assista aos vídeos, intitulados **Modelo Padrão da Física de Partículas**. Responda:

O que é o Modelo Padrão da Física de Partículas?

TL 5.4

Assista aos vídeos, intitulados **O Bóson de Higgs Explicando**. Responda:

O que é o Bóson de Higgs e qual a sua importância para a Física de Partículas?

TL 5.5

O **Texto de Apoio** é confuso ou de difícil entendimento? ()Sim ()Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 5.6

Você teve alguma dificuldade na utilização dos materiais *online* (vídeos, textos, simulações, etc.), disponibilizados através dos boxes **Complemente seus estudos**? ()Sim ()Não

Em caso de sim, aponte a(s) dificuldade(s) encontrada(s).

TL 5.7

Você gostaria que algum assunto que foi tratado nesse **Texto de Apoio** ou nessa **Tarefa de Leitura**, fosse revisto em sala de aula? ()Sim ()Não

Se sim, qual (is) assunto(s)?

Você pode responder à essa **Tarefa de Leitura** via **Google Forms** de forma rápida e prática!

Link: <http://twixar.me/rhG3>



Apêndice B
Teste Conceituais

Teste Conceitual 1

TC 1.1

Atualmente, sabe-se que a matéria é constituída de _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) partículas alfa
- (B) átomos
- (C) água, terra, fogo e ar
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 1.2

_____ é o nome dado à partícula formadora da(o) _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado.

- (A) elétron – átomo
- (B) átomo – vácuo
- (C) átomo – matéria
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 1.3

Molécula é a menor porção de uma substância que ainda conserva as propriedades dessa substância. A unidade estrutural de uma molécula é o(a) _____.

- (A) átomo
- (B) partícula alfa
- (C) célula
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 1.4

O átomo é a menor parte da matéria. Ele possui duas partes: uma delas é o núcleo, constituído por _____ e _____, e a outra é a região externa, por onde circulam os _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) nêutrons – elétrons – prótons
- (B) prótons – nêutrons – elétrons
- (C) elétrons – nêutrons – prótons
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 1.5

Coloque V para verdadeira e F para falsa nas afirmativas abaixo referentes à estrutura da matéria.

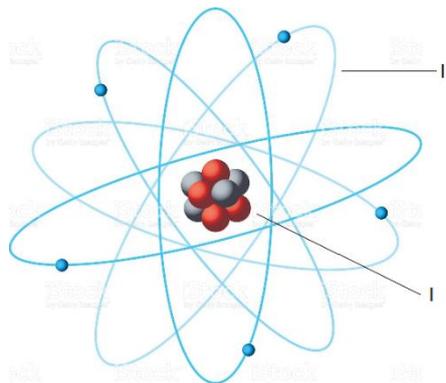
- () Prótons são partículas localizadas no núcleo atômico
- () Nêutrons são partículas localizadas na eletrosfera
- () Elétrons são partículas localizadas na eletrosfera

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA.

- (A) V, F, V
- (B) F, F, F
- (C) F, V, V
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 1.6

Em um átomo, a **região I** é denominada _____ e contém _____. A **região II** é denominada _____ e contém _____.

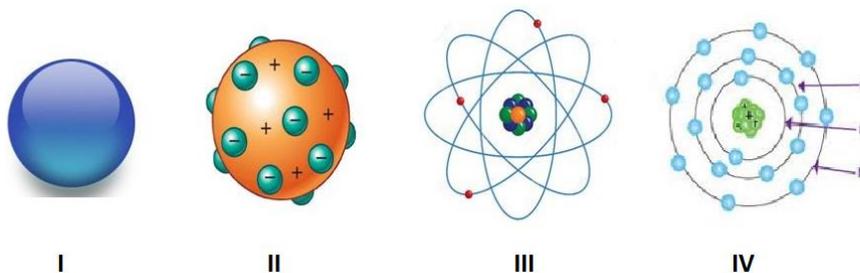


Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) eletrosfera – nêutrons e elétrons – eletrosfera – elétrons.
- (B) núcleo – prótons e elétrons – eletrosfera – nêutrons.
- (C) eletrosfera – nêutrons e elétrons – eletrosfera – elétrons.
- (D) núcleo – prótons e nêutrons – eletrosfera – elétrons.

TC 1.7

Observe a figura abaixo:



Associe cada modelo aos seus respectivos responsáveis:

- (A) I – Dalton, II – Rutherford, III – Thomson, IV – Bohr.
 (B) I – Thomson, II – Dalton, III – Rutherford, IV – Bohr.
 (C) I – Dalton, II – Thomson, III – Rutherford, IV – Bohr.
 (D) I – Bohr, II – Thomson, III – Dalton, IV – Rutherford.

TC 1.8

Numere a segunda coluna de acordo com a primeira.

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| (1) Átomo de Dalton | () modelo de pudim de passas |
| (2) Átomo de Thompson | () modelo planetário |
| (3) Átomo de Rutherford | () modelo da bola de bilhar |
| (4) Átomo de Bohr | () modelo de Rutherford-Bohr |

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA.

- (A) 1, 2, 3, 4
 (B) 4, 2, 3, 1
 (C) 2, 1, 3, 4
 (D) 2, 3, 1, 4

TC 1.9

(UFJF-MG/adaptada) Associe as afirmações a seus respectivos responsáveis:

- I – O átomo não é indivisível e a matéria possui propriedades elétricas.
 II – O átomo é uma esfera maciça.
 III – O átomo é formado por duas regiões denominadas núcleo e eletrosfera.

- (A) I – Dalton, II – Rutherford, III – Thomson.
 (B) I – Thomson, II – Dalton, III – Rutherford.
 (C) I – Dalton, II – Thomson, III – Rutherford.
 (D) I – Rutherford, II – Thomson, III – Dalton

Teste Conceitual 2

TC 2.1

Ao observar a queda de uma maçã, você atribui essa queda à:

- (A) força eletromagnética
- (B) força gravitacional
- (C) força nuclear fraca
- (D) força nuclear forte

TC 2.2

Quanto maior _____ do corpo _____ será a força de gravitacional.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) a massa – maior
- (B) a massa – menor
- (C) a carga elétrica – maior
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.3

Com relação à Força Gravitacional, é correto afirmar que ela está relacionada com _____ dos corpos e é _____.

- (A) a massa – sempre atrativa
- (B) a carga elétrica – sempre atrativa
- (C) decaimento beta – sempre repulsiva
- (D) a massa – sempre repulsiva

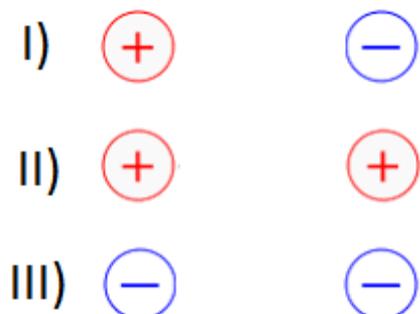
TC 2.4

Com relação à força elétrica, é correto afirmar que ela está relacionada com _____.

- (A) a massa
- (B) a carga elétrica
- (C) a estabilidade do átomo
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.5

As figuras abaixo representam prótons e elétrons.



As forças elétricas em cada situação são de:

- (A) I – Atração, II – Atração, III – Repulsão
- (B) I – Repulsão, II – Repulsão, III – Atração
- (C) I – Atração, II – Repulsão, III – Repulsão
- (D) I – Repulsão, II – Atração, III – Atração

TC 2.6

A força elétrica e a força magnética podem ser:

- (A) apenas atrativa
- (B) apenas repulsiva
- (C) atrativa ou repulsiva
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.7

Qual a grandeza fundamental por trás dos fenômenos elétricos e magnéticos?

- (A) Massa
- (B) Carga elétrica
- (C) Temperatura
- (D) Nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.8

A força elétrica e a força magnética, atuam entre corpos que não estão em contato mútuo. Dessa forma existe:

- (A) uma corda invisível que influencia essas interações

- (B) uma energia que influencia essas interações
- (C) um campo de força que influencia essas interações
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.9

A noção de _____, em física, surge como algo responsável pela _____ de interação entre os corpos.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) campo – mediação
- (B) força – mediação
- (C) campo – mediação
- (D) campo – mediação

TC 2.10

A Terra e a Lua atraem-se mutuamente por meio de uma _____. Esse fato se deve aos _____ da Terra e da Lua.

- (A) força de contato – campos elétrico
- (B) ação à distância – campos elétricos
- (C) força de contato – campos gravitacionais
- (D) ação à distância – campos gravitacionais

TC 2.11

A _____ atua no nível subatômico e é responsável pela _____ do núcleo atômico.

- (A) força nuclear forte – coesão
- (B) força nuclear fraca – coesão
- (C) força eletromagnética – coesão
- (D) força gravitacional – coesão

TC 2.12

Assinale a alternativa que apresenta a força que mantém o núcleo unido, evitando que os prótons que os constituem, por possuírem a mesma carga elétrica, simplesmente sofram uma intensa repulsão e destruam o próprio átomo.

- (A) força gravitacional
- (B) força nuclear forte
- (C) força nuclear fraca
- (D) força eletromagnética

TC 2.13

Por que o núcleo (carregado positivamente) não "explode", já que a pequenas distâncias, a repulsão colombiana entre os prótons é enorme?

- (A) Devido à força nuclear fraca
- (B) Devido à força nuclear forte
- (C) Devido à força eletromagnética
- (D) Nenhuma das alternativas anteriores

TC 2.14

Essa força é responsável pelo decaimento beta ou emissão beta:

- (A) força nuclear forte
- (B) força eletromagnética
- (C) força gravitacional
- (D) força nuclear fraca

TC 2.15

Essa força é responsável pelo processo de decaimento do nêutron em um próton.

- (A) força nuclear fraca
- (B) força nuclear forte
- (C) força eletromagnética
- (D) força gravitacional

TC 2.16

O decaimento beta envolve a emissão de um elétron. Mas este elétron não está na periferia do átomo. Sua origem está:

- (A) no núcleo atômico
- (B) na eletrosfera
- (C) fora do átomo
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

Teste Conceitual 3

TC 3.1

O princípio da conservação da energia afirma que:

- (A) a energia pode ser criada, mas não destruída.
- (B) a energia não pode ser criada, mas pode ser destruída.
- (C) a energia não pode ser criada e nem destruída.
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 3.2

A energia não pode ser _____ ou _____. Ela pode apenas ser _____ de uma forma em outra, mas a quantidade total de energia jamais muda.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) criada – destruída – transformada
- (B) transformada – destruída – criada
- (C) conservada – criada – destruída
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 3.3

Em física, o conceito de energia pode ser definido como a capacidade de se realizar:

- (A) força
- (B) atrito
- (C) trabalho
- (D) som

TC 3.4

O princípio da conservação da carga elétrica afirma que:

- (A) a carga elétrica não pode ser criada, mas pode ser destruída.
- (B) a carga elétrica não pode ser criada e nem destruída, mas pode ser transferida.
- (C) a carga elétrica não pode ser destruída e nem transferida.
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 3.5

Se você arranca elétrons do tapete para sua pele ao caminhar sobre o tapete, você está sendo eletrizado:

- (A) negativamente
- (B) positivamente

TC 3.6

Se atritarmos uma bexiga com uma blusa de lã, a bexiga irá retirar elétrons da blusa. Dessa forma, a blusa perde elétrons. Podemos dizer que a blusa de lã ficou eletrizada:

- (A) negativamente
- (B) positivamente

TC 3.7

Em qualquer colisão, o momentum:

- (A) não é conservado
- (B) sempre se conserva
- (C) só é conservado para partículas subatômicas
- (D) só se conserva se forem objetos grandes

TC 3.8

Qual tem o maior momentum: um caminhão pesado em repouso ou uma prancha de skate em movimento?

- (A) Caminhão
- (B) Prancha

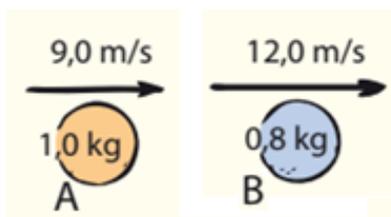
TC 3.9

Um objeto em repouso possui momentum?

- (A) Sim
- (B) Não

TC 3.10

As esferas abaixo possuem massas e velocidades diferentes.



Assinale a alternativa que apresenta, em ordem crescente, os momentums de cada bola.

- (A) B, A
- (B) A, B

Teste Conceitual 4

TC 4.1

Uma das finalidades dos aceleradores de partículas é:

- (A) gerar energia elétrica
- (B) a matéria no nível subatômico
- (C) servir como arma de guerra
- (D) destruir partículas indesejáveis

TC 4.2

Um acelerador de partículas faz colidir _____ e permite estudar o produto dessa _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) planetas – colisão
- (B) partículas – colisão
- (C) esferas de aço – colisão
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.3

Muitas partículas foram descobertas devido ao uso de:

- (A) raios ultravioleta
- (B) raios infravermelhos
- (C) bombas atômicas
- (D) aceleradores de partículas

TC 4.4

Um acelerador de partículas faz colidir partículas e permite estudar o produto da colisão, que concentra _____ num espaço _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

- (A) energias baixíssimas – muito pequeno
- (B) energias altíssimas – muito pequeno
- (C) energias baixíssimas – infinito
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.5

No decaimento β , há a emissão de uma partícula neutra e quase sem massa. Qual é essa partícula?

- (A) neutrino

- (B) pión
- (C) pósitron
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.6

O neutrino é uma partícula _____ e com _____ massa.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado.

- (A) neutra – muita
- (B) neutra – pouca
- (C) carregada – muita
- (D) carregada – pouca

TC 4.7

O neutrino é uma partícula associada:

- (A) ao decaimento beta
- (B) à força nuclear forte
- (C) à antimatéria
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

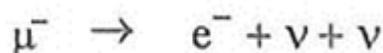
TC 4.8

O múon é uma:

- (A) partícula instável
- (B) antipartícula
- (C) partícula estável
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.9

Observe o decaimento abaixo:



Nesse processo o múon decai em um elétron e dois neutrinos. Qual é a carga elétrica desse múon?

- (A) A mesma dos neutrinos
- (B) A mesma do próton
- (C) A mesma do elétron
- (D) Nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.10

A procura pelo pión fez com que os físicos encontrassem uma partícula com massa 1/9 da massa do próton. Qual é essa partícula?

- (A) Neutrino
- (B) Méson pi
- (C) Múon
- (D) Nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.11

Na mecânica quântica, o termo Spin associa-se às possíveis _____ que partículas subatômicas possuem.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) vibrações
- (B) cargas elétricas
- (C) orientações
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.12

As partículas possuem o que os físicos chamam de números quânticos. A _____ é um número quântico, assim como o _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado.

- (A) carga elétrica – o spin
- (B) velocidade – o spin
- (C) carga elétrica – o momentum
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.13

O spin está associado às possíveis orientações que partículas subatômicas podem possuir. As possíveis orientações de spin podem ser para _____ ou para _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado.

- (A) direita – esquerda
- (B) frente – trás
- (C) cima – baixo
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.14

Uma antipartícula possui a mesma _____ de sua correspondente partícula.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) massa
- (B) carga elétrica
- (C) velocidade
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.15

Uma antipartícula possui o(a) mesmo(a) _____ de sua correspondente partícula.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado

- (A) carga elétrica
- (B) spin
- (C) velocidade
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.16

Se uma partícula possui carga elétrica negativa, a sua correspondente antipartícula possui carga elétrica:

- (A) negativa
- (B) positiva
- (C) neutra
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 4.17

A antimatéria é formada:

- (A) somente por nêutrons
- (B) somente por prótons
- (C) somente por elétrons
- (D) por antipartículas

TC 4.18

O pósitron é a antipartícula do:

- (A) nêutron
- (B) próton
- (C) elétron
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.1

No ano de 1964 foi proposto que prótons e nêutrons seriam formados por três partículas fundamentais. Quais seriam essas partículas?

- (A) marks
- (B) quarks
- (C) léptons
- (D) fótons

TC 5.2

O quark, na física de partículas, é uma

- (A) objeto sem massa
- (B) partícula elementar
- (C) radiação eletromagnética
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.3

Os quarks podem se apresentar sabores que os caracterizam. Assinale a alternativa que apresenta três sabores de quarks.

- (A) up (u), down (d), green(g)
- (B) pink(p), down (d), circle(c)
- (C) up (u), down (d), strange (s)
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.4

Assinale a alternativa que apresenta sabores de quarks.

- (A) up (u) e down (d)
- (B) green(g) e blue(b)
- (C) up (u) e green(g)
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.5

Uma das propriedades dos quarks, chama-se cor. A cor seria correspondente _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) à massa
- (B) à carga elétrica

- (C) ao spin
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.6

Assinale a alternativa que representa CORRETAMENTE as três variedades de cores que os quarks podem apresentar.

- (A) vermelho, verde e amarelo.
- (B) vermelho, roxo e azul
- (C) vermelho, verde e azul
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.7

A combinação das três _____ ou _____ na formação de partículas, resulta em uma partícula sem _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) cores – sabores – cor
- (B) cores – anticolors – cor
- (C) sabores – antisabores – sabor
- (D) sabores – sabores – cor

TC 5.8

Numere a segunda coluna de acordo com a primeira.

- | | |
|---------------------------|------------------|
| (1) força eletromagnética | () glúon |
| (2) força gravitacional | () bósons W e Z |
| (3) força nuclear forte | () fóton |
| (4) força nuclear fraca | () gráviton |

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA.

- (A) 3, 4, 1, 2
- (B) 1, 2, 3, 4
- (C) 2, 1, 3, 4
- (D) 2, 3, 1, 4

TC 5.9

O fóton é a partícula mediadora da força:

- (A) eletromagnética
- (B) nuclear fraca
- (C) nuclear forte
- (D) gravitacional

TC 5.10

O glúon é a partícula mediadoras da:

- (A) força eletromagnética
- (B) força nuclear fraca
- (C) força nuclear forte
- (D) força gravitacional

TC 5.11

Os bósons **W** e **Z** são partículas mediadoras da:

- (A) força eletromagnética
- (B) força nuclear fraca
- (C) força nuclear forte
- (D) força gravitacional

TC 5.12

A partícula mediadora da força gravitacional é chamada de:

- (A) fóton
- (B) gráviton
- (C) elétron
- (D) próton

TC 5.13

O que é o Modelo Padrão da física de partículas?

- (A) É uma teoria que todos devem seguir para poder estudar Física.
- (B) É um modelo atômico.
- (C) É uma teoria que descreve as forças fundamentais, assim como as partículas fundamentais que constituem toda a matéria.
- (D) É uma teoria que foi utilizada na Grécia Antiga para descrever a matéria.

TC 5.14

Assinale a alternativa que apresenta CORRETAMENTE os três tipos de partículas elementares previstas pelo Modelo Padrão de física de partículas?

- (A) quarks, prótons e nêutrons
- (B) quarks, léptons e intermediadoras
- (C) Léptons, fótons e antipartículas
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.15

Os elétrons e neutrinos são exemplos de

- (A) léptons
- (B) quarks
- (C) antipartículas
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.16

Os léptons são partículas

- (A) elementares
- (B) constituídas por quarks
- (C) constituídas por elétrons
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.17

Os hádrons são formados por

- (A) quarks
- (B) léptons
- (C) fótons
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.18

Os quarks são os constituintes dos _____ e dependendo da quantidade de quarks que os são formados, eles se distinguem em _____ ou _____.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE as lacunas do enunciado.

- (A) hádrons – bárions – léptons
- (B) fótons – bárions – mésons
- (C) hádrons – bárions – mésons
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

TC 5.19

O que é o bóson de Higgs?

- (A) Uma antipartícula subatômica.
- (B) Uma partícula que se localiza no interior do átomo.
- (C) Uma partícula subatômica responsável por “dar massa” às demais.
- (D) A antipartícula do elétron.

TC 5.20

O bóson de Higgs é uma partícula subatômica que os físicos acreditam ser responsável por dar _____ às demais.

Assinale a alternativa que preenche CORRETAMENTE a lacuna do enunciado.

- (A) massa
- (B) carga elétrica
- (C) spin
- (D) nenhuma das alternativas anteriores

FONTES DAS FIGURAS

✓ Texto de Apoio 1

Figura 1.1: Para Tales de Mileto, a água era o princípio de tudo.

Fonte: https://ofernandomartins.com/_files/system_preview_detail_200000218-94eb895e5d/teoria-dos-4-elementos.gif

Figura 1.2: Para Leucipo e Demócrito, tudo que existe seria composto por elementos indivisíveis, os átomos

Fonte: http://4.bp.blogspot.com/-6BApGQ_abgw/T9aOufgDVhI/AAAAAAAAACY/uRkHlpEwt0/s320/Democrito.png

Figura 1.3: A representação de um tubo de raios caóticos.

Fonte: <https://pt.slideshare.net/CentroApoio/wwwcentroapoiocom-qumica-nmero-atmico-vdeo-aula>

Figura 1.4: Os diferentes modelos atômicos.

Fonte: <https://i.pinimg.com/564x/d5/d3/fa/d5d3fadd44724e0c636719121a4a3631.jpg>

✓ Texto de Apoio 2

Figura 2.1: Uma pessoa exerce uma força ao empurrar algo.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.2: Representação da força elétrica entre um elétron e um próton.

Fonte: Adaptado de http://ajudaescolar.weebly.com/uploads/1/1/1/7/11173366/8329746_orig.gif

Figura 2.3: Uma imagem pictórica do físico inglês Isaac Newton.

Fonte: https://st2.depositphotos.com/7478564/10222/v/950/depositphotos_102229640-stock-illustration-scientist-physicist-isaac-newton-with.jpg

Figura 2.4: Experimento realizado por Galileu na torre de Pisa.

Fonte: <https://questcosmic.files.wordpress.com/2012/03/galileu.jpg>

Figura 2.5: Por que uma maçã cai?

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.6: O peso de uma maçã varia conforme a sua distância em relação a superfície Terrestre.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.7: A Lua interage com a Terra por meio de um campo gravitacional.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.8: Um pente eletrizado atrai um pequeno pedaço de papel.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.9: Campo magnético gerado pela movimentação de cargas elétricas (corrente elétrica).

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Campo_magn%C3%A9tico#/media/File:Electromagnetism.svg

Figura 2.10: a) Exemplo de campo elétrico. b) e magnético.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.11: O que mantém a estabilidade do núcleo atômico?

Fonte:

http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/mecanica/universitario/cap09/atom_explode.jpg

Figura 2.12: O físico japonês Hideki Yukawa.

Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7b/Yukawa.jpg/200px-Yukawa.jpg>

Figura 2.13: A força nuclear forte agindo entre no núcleo atômico.

Fonte: https://pm1.narvii.com/6870/ca67f9f4cb96f57cbe982d736130d7cfae7ee70r1-275-183v2_hq.jpg

Figura 2.14: O decaimento beta

Fonte: Adaptado de https://2.bp.blogspot.com/_lRjaoMlaRo/SN2Wcmbkfal/AAAAAAAAAPw/nnoyrO_pHPQ/s200/decay_Beta_menos.gif

Figura 2.15: Um nêutron quando afastado de um próton é instável. Um nêutron instável decai em próton e emite um elétron.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 2.16: O decaimento beta envolvia a emissão de uma partícula desconhecida

Fonte: Adaptado de https://2.bp.blogspot.com/_lRjaoMlaRo/SN2Wcmbkfal/AAAAAAAAAPw/nnoyrO_pHPQ/s200/decay_Beta_menos.gif

✓ Texto de Apoio 3

Figura 3.1: Uma pessoa realiza trabalho realizado ao empurrar um carrinho.

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-KJyq86Dva6s/UiUrYH9lhJI/AAAAAAAAAGg/zHxgIF2vZOM/s1600/trabalho+de+uma+forca+1.jpg>

Figura 3.2: O experimento idealizado por Joule.

Fonte: http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/joule_files/joule_pq.gif

Figura 3.3: Uma esfera em movimento possui momento linear ?

Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/colis%C3%A3o%20el%C3%A1stica.jpg>

Figura 3.4: O momentum total antes do disparo e depois são nulos.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 3.5: O momentum é uma grandeza vetorial.

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 3.6: a) A bola de bilhar A atinge a bola de bilhar B, que estava inicialmente em repouso.

b) O próton A colide sucessivamente com os prótons B, C e D

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 3.7: Transferência de elétrons da lã para o vidro. A lã está carregada positivamente ou negativamente?

Fonte: Hewitt, 2015.

Figura 3.8: Um exemplo de eletrização por contato.

Fonte: <http://fisimatica1.lwsite.com.br/eletrostatica-aula-02-eletrizacao-atrito-e-contato>

✓ Texto de Apoio 4

Figura 4.1: Os raios cósmicos são partículas energéticas que chegam até nós.

Fonte: https://www.misteriosdoespaco.blog.br/wp-content/uploads/2017/09/Screenshot_5-1.png

Figura 4.2: Acelerador de partículas criado por Cockcroft e Walton em 1932.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/3449844/>

Figura 4.3: No decaimento β há a emissão de um neutrino. Isso garante a conservação da energia e do momento.

Fonte: Ostermann, 2001.

Figura 4.4: O físico brasileiro César Lattes.

Fonte:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/pt/7/7d/Cesar_lattes_01.png

Figura 4.5: No decaimento do múon, um elétron tem a mesma carga que o múon e dois neutrinos.

Observe que a carga elétrica é conservada.

Fonte: Ostermann, 2001.

Figura 4.6: O Spin está associado às possíveis orientações que partículas subatômicas.

Fonte:

https://alunosonline.uol.com.br/upload/conteudo_legenda/7b68ce97617278a98e705ffaa0e14da5.jpg

Figura 4.7: A liberação e energia (radiação gama) no encontro de uma partícula e sua antipartícula.

Fonte: Adaptado de

<https://revise.im/content/02-physics/01-unit-1/01-matter-and-radiation/annihilation.jpg>

Figura 4.8: A criação de um par de partícula e sua antipartícula a partir de raios gama.

Fonte: Adaptado de https://revise.im/content/02-physics/01-unit-1/01-matter-and-radiation/pair_production.jpg

✓ Texto de Apoio 5

Figura 5.1: Cada quark tem uma antipartícula (antiquark) correspondente.

Fonte: Adaptado de Takeda, 2016.

Figura 5.2: O próton e o nêutron são formados por 3 quarks.

Fonte: Adaptado de <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-7c10a4452431944a921b95f99e6d25c1>

Figura 5.3: Só podem existir combinações de quarks que gerem partículas sem cor.

Fonte: Adaptado de Takeda, 2016

Figura 5.4: O fóton é a partícula mediadora da força eletromagnética.

Fonte:

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQH5o7CosfjA3fuxm8uQfLqN7dQcANOJ15RjHbWrEEP8xGtL5fz>

Figura 5.5: Alguns glúons podem fazer com que um quark mude sua cor.

Fonte: Adaptado de Takeda, 2016.

Figura 5.6: O bóson W^+ altera o sabor dos quarks

Fonte: Adaptado de Takeda, 2016.

Figura 5.7: A detecção do gráviton ainda permanece um a incógnita.

Fonte: Autor, 2018.

Figura 5.8: A composição de bárions e mésons

Fonte: Adaptado de <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT-3Y5RFH4b4SwfPoixKRRP7qRPj8P5LTBa5SonqF-QFEqx3-j3>

Figura 5.9: O Modelo Padrão.

Fonte: Adaptado de

<https://i0.wp.com/www.astropt.org/blog/wp-content/uploads/2015/05/particle.gif?resize=847.5%2C643>

Figura 5.10: Sem o bóson de Higgs, a matéria não seria formada

Fonte: Adaptada de <https://megaarquivo.files.wordpress.com/2012/12/bc3b3son-de-higgs-grc3a1fico.jpg>