



Relatividade Especial no Ensino Médio em um contexto de Aprendizagem Significativa

Anderson de Souza da Silva

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

Orientador:
José Abdalla Helayël-Neto

Rio de Janeiro
Março de 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - CCBS
*Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - PROFIS -
UNIRIO*

DISSERTAÇÃO DE Mestrado

Anderson de Souza da Silva

“Relatividade Especial no Ensino Médio em um contexto de Aprendizagem Significativa”

Aprovado(a) pela Banca Examinadora

Rio de Janeiro, 07 / 03 / 2019.

Prof. Dr. José Abdalla Helayël-Neto
(orientador)

Profa. Dra. Iramala Jorge Cabral de Paulo
(avaliador externo)

Profa. Dra. Rosana Bulos Santiago
(avaliador interno)

Prof. Dr. Alvaro Luis Martins de Almeida Nogueira
(avaliador interno)

Catálogo informatizada pelo(a) autor(a)

S586 Silva, Anderson de Souza da
Relatividade Especial no Ensino Médio em um
contexto de Aprendizagem Significativa / Anderson
de Souza da Silva. -- Rio de Janeiro, 2019.
105 f.

Orientador: José Abdalla Helayël-Neto.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física, 2019.

1. Ensino de Física. 2. Relatividade Restrita. 3.
Aprendizagem Significativa. I. Helayël-Neto, José
Abdalla, orient. II. Título.

Dedico esta dissertação a todos.

Agradecimentos

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

Relatividade Especial no Ensino Médio em um contexto de Aprendizagem Significativa

Anderson de Souza da Silva

Orientador:
José Abdalla Helayël-Neto

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

A Dissertação e o Produto educacional têm como ponto central gerar um material de auxílio ao professor, considerando a sua realidade e a exiguidade de seu tempo, a fim de que possa levar para a sala de aula conceitos e elementos da Relatividade Especial. Para cumprimento dessa proposta, o referencial teórico traz uma breve revisão geral sobre a teoria da Aprendizagem Significativa e a Taxonomia de Bloom, já que esta será adotada para fins de avaliação dos subsunçores, selecionados em associação à Relatividade Especial, e da aprendizagem dos conceitos desenvolvidos ao longo do ensino do tópico proposto.

O texto apresenta e justifica a seleção dos subsunçores escolhidos para a abordagem da Relatividade Especial no Ensino Médio. Além disso, desenvolve material para a apresentação de conceitos fundamentais da Relatividade em sala de aula. Nas Considerações Finais, são discutidos os resultados da avaliação sobre a eficácia do material para o Ensino da Relatividade no nível médio.

Palavras-chave: Ensino de Física, Relatividade, Aprendizagem Significativa.

Rio de Janeiro
Março de 2019

ABSTRACT

Special relativity in the Medium Teaching in a context of Meaningful Learning

Anderson de Souza da Silva

Supervisor(s):
José Abdalla Helayël-Neto

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da UNIRIO no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This Dissertation and its corresponding Educational Product set out to provide the High School Physics Teachers with material to implement introductory lectures on Special Relativity and fundamental concepts and ideas therein. This is motivated by considering the reality and the lack of time of High School Teachers in Brazil to go beyond Classical Physics. The theoretical framework consists of a general overview on the Meaningful learning. Bloom's Taxonomy is adopted to allow for an assessment of the anchor ideas (or, *subsunçores*) in the realm of Special Relativity and for the evaluation of the learning process of the concepts taught in connection with the topic of Special Relativity.

The Dissertation also presents and justifies the choice of the anchor ideas in approaching Special Relativity at this level of teaching and works out enough material for the presentation of the fundamental concepts of Relativity addressed to high school students. In the Final Considerations, the results on the evaluation of the efficacy of the material for this level of teaching are presented.

Keywords: Physics education, Relativity, Meaningful Learning.

Rio de Janeiro
March, 2019

Lista de Figuras

Figura 2.1. David Ausubel	03
Figura 2.2. Benjamin Bloom	04
Figura 2.3. Esquema formação do Subsunçor	06
Figura 2.4. Objetivos cognitivos estruturada em níveis	09
Figura 3.1. Exemplo de velocidade relativa em sentidos opostos	14
Figura 3.2. Exemplo de velocidade relativa no mesmo sentido	15
Figura 3.3. Representação do sistema de eixos	17
Figura 3.4. Representação dos referenciais S e S'	18
Figura 3.5. Representação do experimento	21
Figura 3.6. Representação das trajetórias para os dois observadores	22
Figura 5.1. Respostas do questionário de conhecimento prévio turma 1	30
Figura 5.2. Respostas do questionário de conhecimento prévio turma 2	34
Figura 5.3. Respostas do questionário sobre Relatividade turma 1	37
Figura 5.4. Acertos e erros do questionário sobre Relatividade turma 1	37
Figura 5.5. Respostas do questionário sobre Relatividade turma 2	39
Figura 5.6. Acertos e erros do questionário sobre Relatividade turma 2	39

Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Estrutura da Taxonomia de Bloom no domínio cognitivo	12
Tabela 3.1. Valores do fator de Lorentz	20
Tabela 4.1. Datas dos momentos	28

Sumário

Capítulo 1 Justificativas e objetivos	01
1.1 Justificativas	01
1.2 Objetivos	02
Capítulo 2 Referencial Teórico	03
2.1 Os teóricos	03
2.1.1 David Paul Ausubel	03
2.1.2 Benjamim Bloom	04
2.2 Aprendizagem Significativa	04
2.3 Taxonomia de Bloom	08
2.3.1 Taxonomia dos objetos cognitivos	09
Capítulo 3 Relatividade	13
3.1 Histórico	13
3.2 Movimento relativo	14
3.2.1 Referenciais inerciais	14
3.2.2 Analisando a velocidade relativa	14
3.3 Relatividade Galileana	16
3.3.1 Relativo e absoluto	17
3.3.2 Transformações de Galileu	18
3.4 Transformações de Lorentz	19
3.5 Contração do comprimento	20
3.6 Dilatação temporal	21
3.7 Energia	22
Capítulo 4 Metodologia e Produto Educacional	24
4.1 Metodologia	24
4.2 Produto Educacional	24
4.3 Cronograma da aplicação	27
Capítulo 5 Análise dos resultados	29
5.1 Questionário de conhecimento prévio	29
5.2 Questionário sobre Relatividade	37
Capítulo 6 Comentários e Considerações finais	41
Apêndice A Questionário de conhecimento prévio	43
Apêndice B Questionário sobre Relatividade	45
Apêndice C Exercícios suporte professor	48
Referências Bibliográficas	93

Capítulo 1

Justificativas e objetivos

1.1 Justificativas

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada em 14 de dezembro de 2018 [BNCC 2018], unifica disciplinas em grandes áreas do conhecimento. Com isso, na competência específica 3 da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, temos:

“Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)” (p.558)

A utilização de Tecnologias Digitais de Informações e Comunicação (TDIC) deve ser inserida no processo de aprendizagem. Sendo assim, recursos como sites educacionais, simuladores, aplicativos de celular e tablet serão ferramentas de grande valor no ambiente de aprendizado.

A Relatividade Restrita é proposta, pelo currículo mínimo, no terceiro bimestre das turmas de primeiro ano do Ensino Médio dos colégios estaduais do Rio de Janeiro. Para motivar a escolha desse tema, a fim de buscar melhorar o Ensino Médio público, as habilidades propostas no currículo mínimo de Física [CURRÍCULO 2012] são estas:

- Compreender o conhecimento científico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social;
- Compreender que a Teoria da Relatividade constitui um novo modelo explicativo para o universo e uma nova visão de mundo;
- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos;
- Reconhecer os modelos atuais do universo (evolução estelar, buracos negros, espaço curvo e Big Bang);
- Compreender que o tempo e o espaço são relativos devido à invariância da velocidade da luz;
- Reconhecer o tecido espaço-tempo, sendo o tempo a quarta dimensão;

- Construir conceito de energia;
- Identificar a relação entre massa e energia na relação $E = m.c^2$.

1.2 Objetivos

A produção de um site, para professores e alunos, com foco no ensino de Relatividade Restrita, tem a intenção de trazer a utilização de tecnologia para o ambiente educacional, visto que o processo de aprendizagem deve evoluir da mesma maneira que a informação.

O Produto Educacional facilita a atualização do professor, auxilia na aplicação da tecnologia, suporte didático e projeto educacional, por meio destas práticas:

- Atualizar o professor: através de videoaulas sobre o tema;
- Utilizar tecnologia: tutorial para montar seu próprio site de forma gratuita;
- Auxiliar na parte didática: material com exercícios comentados sobre o conteúdo;
- Apresentar Projeto educacional: simuladores, experiências e jogos.

O próximo capítulo direciona o referencial teórico utilizado na proposta do projeto.

Capítulo 2

Referencial Teórico

O embasamento teórico é proposto com a combinação entre a Aprendizagem Significativa de David Ausubel [Ausubel 1982] e o auxílio dos verbos da Taxonomia de Bloom [Bloom 2017]. A estratégia para a aglutinação vem pelo fato das teorias - Aprendizagem Significativa e Taxonomia de Bloom - abordarem, com grande enfoque, o processo cognitivo para a aprendizagem. Por sua vez, a utilização dos verbos nos questionários de conhecimento prévio e de conteúdo proposto possibilita uma análise mais fundamentada.

2.1 Os teóricos

2.1.1 *David Paul Ausubel*

David Paul Ausubel (nascido em 25/10/1918, Brooklin- New York) era imigrante judeu, formado em Psicologia (1939) e depois em medicina (1943). Posteriormente, fez doutorado em Psicologia do desenvolvimento, por causa da insatisfação com a educação. Segundo Pinheiro (2016), relatos de castigos e humilhações sofridos motivaram a aprofundar-se sobre o tema e desenvolver pesquisa na área.



Figura 2.1. David Ausubel

(Fonte: <https://elearningindustry.com/subsumption-theory>, acessado em junho de 2018)

2.1.2 Benjamin Bloom

Benjamin Samuel Bloom (nascido em 1913 nos Estados Unidos), pedagogo e psicólogo, lecionou na Universidade de Chicago. Teve influência decisiva na área da educação ao propor taxonomias educacionais (Bloom 2017).



Figura 2.2. Benjamin Bloom

(Fonte:

https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/49579/mod_scorm/content/0/teo01/03teo01a.htm
, acessado em junho de 2018)

2.2 Aprendizagem significativa

Em um ambiente educacional, o aprendiz deve ser o agente pelo qual se configura a estratégia didática, seja ela tradicional ou com tecnologia envolvida. Segundo Moreira (2010):

“O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.”

Com base na informação acima, antes de qualquer recurso educacional, saber o conhecimento prévio dos indivíduos envolvidos no processo é primordial para alcançar uma evolução da estrutura cognitiva.

O domínio cognitivo vai ser o mais explorado no decorrer do capítulo; com isso, a estrutura cognitiva deve ser detalhada para um melhor entendimento de como ocorre a aprendizagem. A estrutura cognitiva é o conjunto organizado de todos os conhecimentos, sejam eles específicos ou gerais. Para Moreira (2010),

“A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados, é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.”

“A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.”

“A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.”

Ainda de acordo com Moreira (2010), subsunçor é um conceito, uma ideia, proposição já existente na estrutura cognitiva do aprendiz que serve de ponto de ancoragem para uma nova informação, permitindo ao indivíduo atribuir-lhe significados ao novo conhecimento. É bom reforçar que um subsunçor é um conhecimento prévio, mas um conhecimento prévio pode não ser um subsunçor.

A figura 2.3 é um esquema simplificado de como o aluno pode criar o subsunçor devido às condições que o professor propicia no ambiente educacional.

Com isso, quando uma ideia ou conceito novo é totalmente novo para o aprendiz pode (e deve) ocorrer aprendizagem mecânica, pois a configuração do subsunçor que vai resultar em Aprendizagem Significativa, demanda tempo.

O fator mais importante para a aprendizagem e a retenção de conhecimento é a estrutura cognitiva prévia [Moreira, 2010]. O conhecimento prévio é o que mais influencia na aquisição significativa de novos conhecimentos, em um processo dinâmico no qual o novo ganha significados, se integra e se diferencia em relação ao já existente.

O processo de ancoragem de novos conhecimentos é uma metáfora, segundo Moreira 2010:

“Ancoragem é uma metáfora. Diz-se que certos conhecimentos prévios funcionam como ideias-âncora e se lhes dá o nome de subsunçores. Quer dizer, os novos conhecimentos se ancoram em conhecimentos preexistentes e assim adquirem significados. É importante, no entanto, não atribuir um caráter estático, de mero ancoradouro, aos subsunçores, pois o processo é interativo, dinâmico, e nele o subsunçor se modifica. Como foi dito, ancoragem é uma metáfora; portanto a subsunção não é uma ancoragem propriamente dita”.

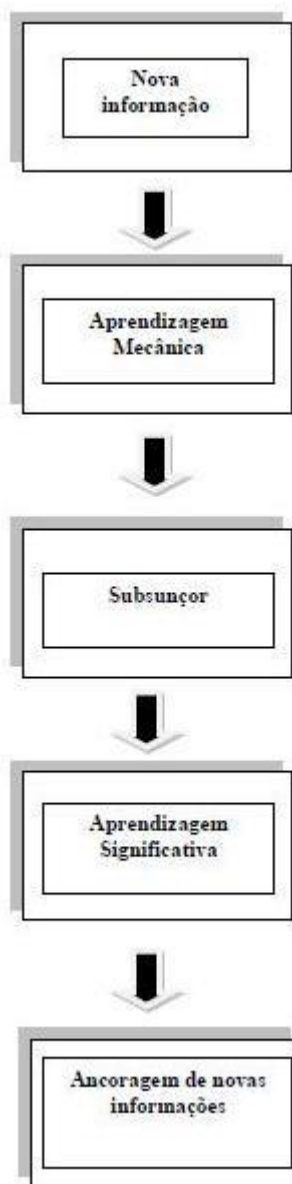


Figura 2.3. Esquema formação do Subsunçor
(Fonte: autoria própria)

Quando uma informação nova é levada à estrutura cognitiva, ainda sem conhecimento prévio, a aprendizagem ocorre de forma mecânica, sem relações a informação e na forma de memorização. Moreira (2010) diz que

“Aprendizagem mecânica é aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada, logo após. Em linguagem coloquial, a aprendizagem mecânica é a conhecida decoreba, tão utilizada pelos alunos e tão incentivada na escola.”

Vale apontar que a aprendizagem mecânica é uma forma de criar subsunçores para conhecimentos não encontrados em sua estrutura cognitiva, que serão importantes para a Aprendizagem Significativa. Segundo Moreira (2010),

“Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.”

Para Moreira (2010), existem duas condições primordiais para aprendizagem significativa: o material de aprendizagem ser potencialmente significativo e o aprendiz apresentar uma predisposição para aprender.

Em relação a primeira condição, deve ficar claro que o significativo está nas pessoas e não nos materiais. Independentemente se uma aula for tradicional, ou tiver recursos de vídeo, internet, simuladores ou experimentos, caso o aprendiz não atribuir significados ao material apresentado, não é potencialmente significativo.

Na segunda condição, motivação ou gostar da matéria não necessariamente traz predisposição ao aprendizado. Seu conhecimento prévio deve se predispor a relacionar o que é aprendido, ao aumentar e enriquecer a estrutura cognitiva.

O profissional de educação tem de tornar o ambiente mais propício ao aprendizado, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa. Alguns pontos são muito importantes, tais como: identificar o conhecimento prévio para diagnosticar o material potencialmente significativo a ser utilizado; identificar os subsunçores necessários para os recursos da aprendizagem; fazer o uso de técnicas facilitadoras na aquisição de conhecimento, como recursos tecnológicos, analogias e simulações que ativem a estrutura cognitiva do aprendiz [Moreira, 2010].

2.3 Taxonomia de Bloom

Taxonomia é o estudo científico responsável por determinar a classificação sistemática de diferentes coisas em categorias [TAXONOMIA, 2016].

A taxonomia dos objetivos educacionais, também popularizada como Taxonomia de Bloom, é uma estrutura de organização hierárquica de objetivos educacionais. Foi resultado do trabalho de uma comissão multidisciplinar de especialistas de várias universidades dos EUA, liderada por Benjamin S. Bloom, na década de 1950 [OS OBJETIVOS, 2015].

Segundo Ferraz (2010), a aprendizagem pode ser dividida nestes domínios: afetivo; cognitivo e psicomotor.

“O afetivo é relacionado a sentimentos e posturas. Envolve categorias ligadas ao desenvolvimento da área emocional e afetiva, que incluem comportamento, atitude, responsabilidade, respeito, emoção e valores. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores para serem aprimoradas. As categorias desse domínio são: Receptividade; Resposta; Valorização; Organização; e Caracterização;”

“O domínio cognitivo é relacionado ao aprender, dominar um conhecimento. Envolve a aquisição de um novo conhecimento, do desenvolvimento intelectual, de habilidade e de atitudes. Inclui reconhecimento de fatos específicos, procedimentos padrões e conceitos que estimulam o desenvolvimento intelectual constantemente. Nesse domínio, os objetivos foram agrupados em seis categorias e são apresentados numa hierarquia de complexidade e dependência, do mais simples ao mais complexo. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores. As categorias desse domínio são: Conhecimento; Compreensão; Aplicação; Análise; Síntese; e Avaliação;”

“O psicomotor é relacionado a habilidades físicas específicas. Bloom e sua equipe não chegaram a definir uma taxonomia para a área psicomotora, mas outros o fizeram e chegaram a seis categorias que incluem ideias ligadas a reflexos, percepção, habilidades físicas, movimentos aperfeiçoados e comunicação não verbal. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores. As categorias desse domínio são: Imitação; Manipulação; Articulação; e Naturalização.”

2.3.1. Taxonomia dos objetivos cognitivos

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, a estrutura cognitiva prévia é o fator mais importante, como já foi citado na página 5, a utilização da taxonomia dos objetivos cognitivos se encaixa de maneira mais pertinente para a aglutinação das duas teorias - Aprendizagem Significativa e Taxonomia de Bloom- porque aborda o domínio cognitivo de forma mais ampla do que a taxonomia dos objetivos afetivos e psicomotor.

A taxonomia dos objetivos cognitivos é estruturada em seis níveis, que são estas: conhecimento; compreensão; aplicação; análise; síntese e avaliação. Veja a figura 2.4, que será melhor entendida, a seguir:

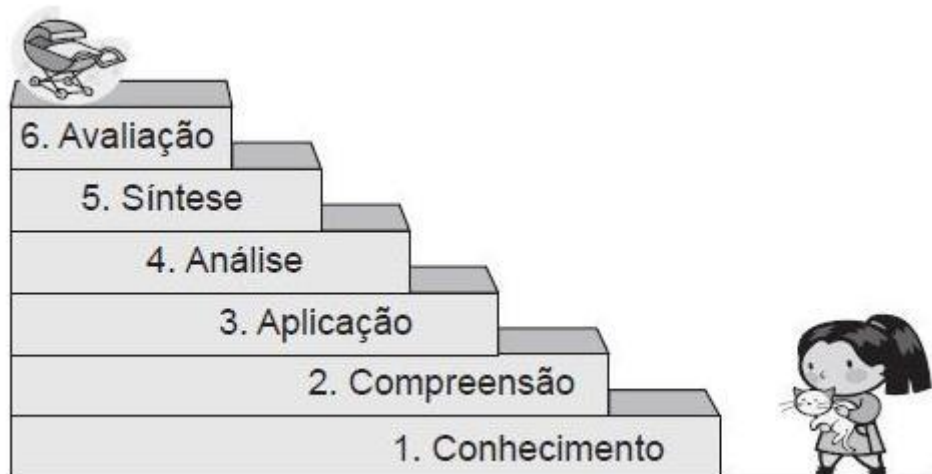


Figura 2.4. Objetivos cognitivos estruturada em níveis
(Fonte: FERRAZ, 2010)

Segundo SIMONETTI (2012), temos que:

“A Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo é estruturada em níveis de complexidade crescente – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior.

Só após conhecer um determinado assunto alguém poderá compreendê-lo e aplicá-lo. Nesse sentido, a taxonomia proposta não é apenas um esquema para classificação, mas uma possibilidade de organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado.

Os processos categorizados pela Taxonomia dos Objetivos Cognitivos de Bloom, além de representarem resultados de aprendizagem esperados, são cumulativos, o que caracteriza uma relação de dependência entre os níveis e são organizados em termos de complexidades dos processos mentais”.

Na tabela 2.1 [FERRAZ, 2010], temos uma breve descrição sobre as definições e verbos dos seis níveis da taxonomia dos objetivos cognitivos da Taxonomia de Bloom.

Categoria	Descrição
<p>1. Conhecimento</p>	<p>Definição: Habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos, etc. A habilidade pode envolver lembrar uma significativa quantidade de informação ou fatos específicos. O objetivo principal desta categoria nível é trazer à consciência esses conhecimentos.</p> <p>Subcategorias: 1.1 Conhecimento específico: Conhecimento de terminologia; Conhecimento de tendências e sequências. 1.2 Conhecimento de formas e significados relacionados às especificidades do conteúdo: Conhecimento de convenção; Conhecimento de tendência e sequência; Conhecimento de classificação e categoria; Conhecimento de critério; Conhecimento de metodologia. 1.3 Conhecimento universal e abstração relacionado a um determinado campo de conhecimento: Conhecimento de princípios e generalizações; Conhecimento de teorias e estruturas.</p> <p>Verbos: enumerar, definir, descrever, identificar, denominar, listar, nomear, combinar, realçar, apontar, relembrar, recordar, relacionar, reproduzir, solucionar, declarar, distinguir, rotular, memorizar, ordenar e reconhecer</p>
<p>2. Compreensão</p>	<p>Definição: Habilidade de compreender e dar significado ao conteúdo. Essa habilidade pode ser demonstrada por meio da tradução do conteúdo compreendido para uma nova forma (oral, escrita, diagramas etc.) ou contexto. Nessa categoria, encontra-se a capacidade de entender a informação ou fato, de captar seu significado e de utilizá-la em contextos diferentes.</p> <p>Subcategorias: 2.1 Translação; 2.2 Interpretação e 2.3 Extrapolação.</p> <p>Verbos: alterar, construir, converter, decodificar, defender, definir, descrever, distinguir, discriminar, estimar, explicar, generalizar, dar exemplos, ilustrar, inferir, reformular, prever,</p>

	reescrever, resolver, resumir, classificar, discutir, identificar, interpretar, reconhecer, redefinir, selecionar, situar e traduzir.
3. Aplicação	<p>Definição: Habilidade de usar informações, métodos e conteúdos aprendidos em novas situações concretas. Isso pode incluir aplicações de regras, métodos, modelos, conceitos, princípios, leis e teorias.</p> <p>Verbos: aplicar, alterar, programar, demonstrar, desenvolver, descobrir, dramatizar, empregar, ilustrar, interpretar, manipular, modificar, operacionalizar, organizar, prever, preparar, produzir, relatar, resolver, transferir, usar, construir, esboçar, escolher, escrever, operar e praticar.</p>
4. Análise	<p>Definição: Habilidade de subdividir o conteúdo em partes menores com a finalidade de entender a estrutura final. Essa habilidade pode incluir a identificação das partes, análise de relacionamento entre as partes e reconhecimento dos princípios organizacionais envolvidos. Identificar partes e suas inter-relações. Nesse ponto é necessário não apenas ter compreendido o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo.</p> <p>Subcategorias: Análise de elementos; Análise de relacionamentos; e Análise de princípios organizacionais.</p> <p>Verbos: analisar, reduzir, classificar, comparar, contrastar, determinar, deduzir, diagramar, distinguir, diferenciar, identificar, ilustrar, apontar, inferir, relacionar, selecionar, separar, subdividir, calcular, discriminar, examinar, experimentar, testar, esquematizar e questionar.</p>
5. Síntese	<p>Definição: Habilidade de agregar e juntar partes com a finalidade de criar um novo todo. Essa habilidade envolve a produção de uma comunicação única (tema ou discurso), um plano de operações (propostas de pesquisas) ou um conjunto de relações</p>

	<p>abstratas (esquema para classificar informações). Combinar partes não organizadas para formar um “todo”.</p> <p>Subcategorias: 5.1 Produção de uma comunicação original; 5.2 Produção de um plano ou propostas de um conjunto de operações; e 5.3 Derivação de um conjunto de relacionamentos abstratos.</p> <p>Verbos: categorizar, combinar, compilar, compor, conceber, construir, criar, desenhar, elaborar, estabelecer, explicar, formular, generalizar, inventar, modificar, organizar, originar, planejar, propor, reorganizar, relacionar, revisar, reescrever, resumir, sistematizar, escrever, desenvolver, estruturar, montar e projetar.</p>
<p>6. Avaliação</p>	<p>Definição: Habilidade de julgar o valor do material (proposta, pesquisa, projeto) para um propósito específico. O julgamento é baseado em critérios bem definidos que podem ser externos (relevância) ou internos (organização) e podem ser fornecidos ou conjuntamente identificados. Julgar o valor do conhecimento.</p> <p>Subcategorias: 6.1 Avaliação em termos de evidências internas; e 6.2 Julgamento em termos de critérios externos.</p> <p>Verbos: Avaliar, averiguar, escolher, comparar, concluir, contrastar, criticar, decidir, defender, discriminar, explicar, interpretar, justificar, relatar, resolver, resumir, apoiar, validar, escrever um review sobre, detectar, estimar, julgar e selecionar.</p>

Tabela 2.1. Estrutura da Taxonomia de Bloom no domínio cognitivo
(Fonte: FERRAZ, 2010)

Fechamos este capítulo com a apresentação dos verbos da Taxonomia de Bloom e uma breve revisão geral sobre Aprendizagem Significativa. No próximo, é apresentada uma abordagem sobre conceitos fundamentais da Relatividade Restrita tratada no Ensino Médio.

Capítulo 3

Relatividade

A teoria da Relatividade pode ser dividida em duas partes: a Relatividade Restrita e a Relatividade Geral.

A teoria da Relatividade Restrita - também conhecida como Relatividade Especial - foi proposta do Albert Einstein, em 1905 [Helayël 2017]. Trata do estudo da mecânica em referenciais inerciais, ou seja, referenciais que estão em repouso ou em movimento retilíneo uniforme em relação a um outro referencial.

A teoria da Relatividade Geral foi apresentada em 1915 e publicada em 1916 [PRASS 2000], também por Albert Einstein, e vale também para referenciais não inerciais, ou seja, referenciais que estão acelerados em relação a um outro referencial.

Estudaremos apenas a teoria da Relatividade Restrita, visto que é nosso objeto de estudo para ser aplicado nas aulas do Ensino Médio, como foi falado.

3.1 Histórico

Einstein, em 1905, mesmo ano em que explicou o Efeito Fotoelétrico [Hewitt 2002], estudo pelo qual ganhou o prêmio Nobel em 1921, publicou a teoria da Relatividade Restrita com os seguintes postulados:

a) As Leis da Física são as mesmas para todos os referenciais inerciais;

Como não existe um referencial absoluto, as Leis físicas são as mesmas para qualquer referencial e não importa se o observador está em repouso ou movimento em relação ao fenômeno.

b) A velocidade da luz é a mesma para qualquer referencial inercial.

Esse postulado é contrário ao senso comum, como vai ser observado na seção 3.2 sobre movimento relativo.

Se um feixe de luz se movimentar com velocidade próxima a velocidade da luz no vácuo que é $3 \cdot 10^8$ m/s, independente da velocidade do observador, este vai observar o feixe de luz com a velocidade de $3 \cdot 10^8$ m/s.

3.2 Movimento relativo

3.2.1 Referenciais inerciais: repouso ou velocidade de módulo constante

Os conceitos de movimento e repouso são relativos. Primeiro, é necessário sinalizar o referencial adotado, para caracterizá-los.

Imagine duas pessoas se deslocando em uma moto com velocidade de módulo constante:

1) Para um observador na moto: não tem variação de posição. Logo, indica repouso;

2) Para um observador em repouso fora da moto: tem variação de posição. Portanto, evidencia movimento;

3) Para um observador fora da moto e com velocidade de módulo igual da moto: não tem variação de posição. Por consequência, representa repouso;

4) Para um observador fora da moto e com velocidade de módulo diferente da moto: tem variação de posição. Por isso, denota movimento.

O exemplo acima tem como finalidade mostrar a importância de identificar o referencial, para evidenciar o tipo de movimento estudado.

3.2.2 Analisando a velocidade relativa

a) Para corpos em sentidos opostos



Figura 3.1. Exemplo de velocidade relativa em sentidos opostos.

(Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/velocidade-relativa.htm>, acessado em outubro de 2018)

$$V_r = V_1 + V_2 \quad (1)$$

Onde:

V_r é módulo da velocidade relativa entre os corpos 1 e 2;

V_1 é o módulo da velocidade do corpo 1;

V_2 é o módulo da velocidade do corpo 2.

Para exemplificar, idealize que dois automóveis 1 e 2, respectivamente, se deslocam com velocidade de módulos constantes de 30 m/s e 20 m/s, na devida ordem, na mesma direção e sentidos opostos.

Para um observador em um dos automóveis, a velocidade relativa será a soma dos módulos das velocidades. Com isso, percebemos que a velocidade relativa entre eles é 50 m/s.

b) Para corpos no mesmo sentido:



Figura 3.2. Exemplo de velocidade relativa no mesmo sentido

(Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/velocidade-relativa.htm>, acessado em outubro de 2018)

$$V_r = V_1 - V_2 \quad (2)$$

Onde:

V_r é o módulo da velocidade relativa entre os corpos 1 e 2;

V_1 é o módulo da velocidade do corpo 1;

V_2 é o módulo da velocidade do corpo 2.

Para ilustrar, em uma situação hipotética, dois automóveis 1 e 2 se deslocam com velocidade de módulos constantes de 30 m/s e 20 m/s, nessa ordem, na mesma direção e sentido.

Para um observador em um dos automóveis, a velocidade relativa será a subtração entre os módulos das velocidades. Portanto, notamos que a velocidade relativa entre eles é 10 m/s.

3.3 Relatividade Galileana

A Relatividade de Galileu está inserida no domínio da mecânica clássica. O objetivo do estudo da Mecânica Clássica é a descrição do movimento. Descrever o movimento significa ter informações da posição de um corpo e do tempo, marcado por um observador. Por observador, entendemos um sistema de referência em que podemos definir coordenadas. Não existe um observador melhor, ou seja, em condições de privilégio em relação aos demais. Infinitos observadores que podem ser propostos, e todos possibilitam o estudo.

Entretanto, observadores distintos realizam observações distintas, a não ser do tempo, que é absoluto nesse domínio. Nessas observações distintas, residem o conceito de Relatividade. Diversas entidades físicas são relativas. Um exemplo é a posição, o que significa que suas medidas não se conservam quando alteramos o observador. Apesar disso, as equações das Leis físicas valem para qualquer observador inercial: medições podem discrepar entre observadores, mas a relação entre as medições dentro de um sistema de referência são sempre as mesmas em referenciais inerciais, aqueles que não possuem nenhuma aceleração. Isso é o que se denomina Invariância de Galileu. Valemos desse conceito quando, mesmo após ocorrer uma transformação, ou seja, mudança de referencial, algo se conserva intacto. São as Leis da Física que regem a realidade.

Assim, enuncia-se o Princípio da Relatividade de Galileu ou Invariância de Galileu por meio desta definição:

“As Leis da Mecânica, expressas num dado referencial, são expressas de forma idênticas em qualquer um em movimento retilíneo e uniforme em relação ao outro.”

O enunciado se restringe a referenciais, mas podemos considerar também referenciais acelerados, como um sistema de rotação. Sistemas em movimento circular sempre possuem pelo menos uma aceleração que é a aceleração centrípeta que

constantemente altera a trajetória. Escolher um referencial com aceleração nos leva a perceber forças que não aparecem nos referenciais inerciais como a força centrífuga e a força de Coriolis [FORCA 2010], que são consequências do referencial acelerado.

3.3.1 Relativo e absoluto

Dois conceitos que precisam ser definidos são os conceitos de relativo e absoluto. Observe a figura abaixo:

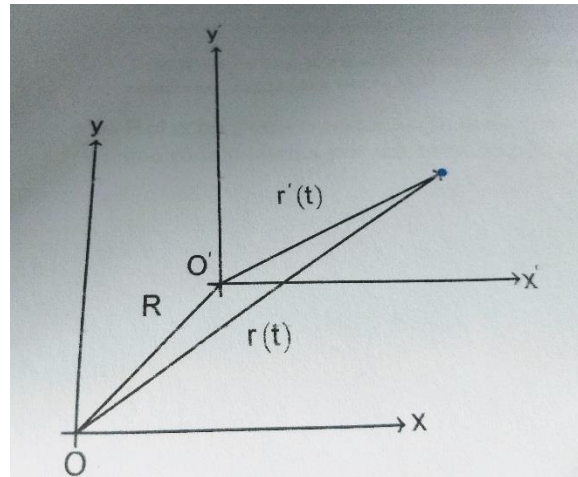


Figura 3.3. Representação do sistema de eixos
(Fonte: notas de aula José Abdalla Helayël-Neto)

Na figura temos dois sistemas de eixo. O sistema que chamaremos de O é o correspondente as coordenadas x e y , e o sistema O' que é correspondente a x' e y' . Esses sistemas representam observadores em posições distintas no plano que observam uma mesma partícula, na imagem representada pelo ponto azul, no mesmo instante t . Note que, pelo fato das origens dos sistemas de eixo estarem em posições diferentes no plano, os seus respectivos sistemas observam a partícula de maneira diferente. A posição em relação as suas origens são seus vetores posições. O vetor $r(t)$ representa a posição da partícula no instante de tempo t em relação ao referencial que está na origem do eixo O. O vetor $r'(t)$ representa a posição da partícula vista pelo referencial O' e o vetor R representa a posição relativa da origem O' no referencial O.

Com essas informações, percebe-se que a posição depende do referencial, ou seja, é uma grandeza relativa. O tempo, por outro lado, mantém-se o mesmo em ambos os referenciais. Na mecânica clássica, por postulado, o tempo é uma grandeza de caráter absoluto, isto é, se duas pessoas em dois lugares distintos do mundo iniciarem seus cronômetros exatamente no mesmo instante, eles medirão o mesmo intervalo temporal.

3.3.2 Transformações de Galileu

Considere um referencial S, em repouso, em relação ao solo e um referencial S' se movendo com velocidade constante no eixo x, e se afastando da origem O do referencial S. Observe a figura abaixo:

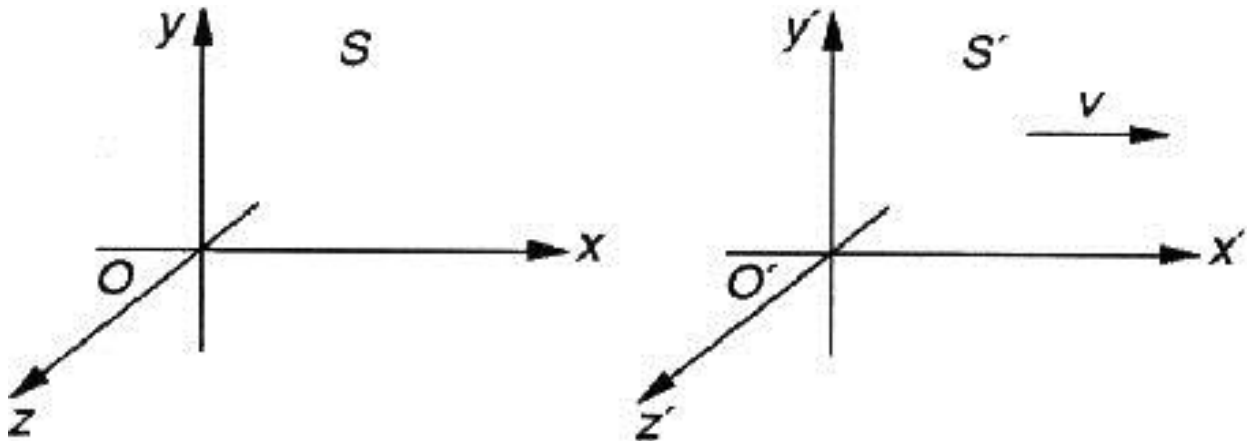


Figura 3.4. Representação dos referenciais S e S'

(Fonte: <http://plato.if.usp.br/~fma0374d/aula4/img78.jpg>, acessado em novembro de 2018)

Um ponto P está localizado em uma região do espaço e pode ser definido para o referencial S pelas coordenadas x, y e z. Para o referencial S', as coordenadas y' e z' são iguais, respectivamente, às coordenadas do referencial S.

Entretanto, no eixo x, o referencial S' se deslocou v.t em um intervalo de tempo de t.

Montando a equação horária da posição para o referencial S', podemos escrever que $x' = x - v.t$

Assim, as transformações de Galileu podem ser resumidas em:

$$x' = x - v.t \quad (3)$$

$$y' = y \quad (4)$$

$$z' = z \quad (5)$$

$$t' = t \quad (6)$$

Como já tinha sido relatado na seção 3.3, as Leis da Mecânica são as mesmas para os referenciais inerciais, portanto as Leis de Newton continuam válidas, senão teríamos uma lei para casa referencial. Logo, os referenciais são equivalentes.

Segundo Galileu, por causa da equivalência, não é possível realizar um experimento de dentro de um móvel para determinar se ele está em repouso ou em movimento.

3.4 Transformações de Lorentz

Para a Relatividade Restrita, as transformações de Galileu sofrem modificações, isso porque considera-se que as medidas de espaço e tempo de dois observadores mudam em cada sistema de referência. Considerando observadores se movendo com velocidades diferentes, medem valores diferentes de espaço e tempo. Substitui as transformações de Galileu que assumem o espaço e tempo como absolutos.

Dando assim, as transformações de Lorentz:

$$x' = \gamma \cdot (x - v \cdot t) \quad (7)$$

$$y' = y \quad (8)$$

$$z' = z \quad (9)$$

$$t' = \gamma \cdot (t - (v \cdot x)/c^2) \quad (10)$$

O fator de Lorentz é definido pela equação abaixo:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (11)$$

Onde:

v é a velocidade de propagação do móvel

c é a velocidade da luz no vácuo

Calculando o fator de Lorentz para diferentes valores de velocidades:

v (m/s)	γ
0	1
0.6c	1,25
0.8c	1,67
0.9c	2,29
0.99c	7,09
0.999c	22,37

Tabela 3.1. Valores do fator de Lorentz

(Fonte: autoria própria)

Como consequência dos valores do fator de Lorentz, é possível investigar a contração espacial e dilatação temporal, de acordo com a velocidade do sistema proposto.

Quando um objeto se encontra com velocidade próxima a da luz, efeitos relativísticos podem ser percebidos e medidos, embora sejam estranhos a nossa intuição.

3.5 Contração do comprimento

Considere um objeto com velocidade próxima à da luz. Um observador que se movimenta em um referencial com a mesma velocidade do objeto, vê o comprimento original do objeto ΔL .

Para um observador, em repouso, ele observa o objeto com um comprimento $\Delta L'$ menor que o comprimento original do objeto ΔL . Esse fenômeno é chamado de contração do comprimento e pode ser definido pela equação abaixo:

$$\Delta L' = \frac{\Delta L}{\gamma} \quad (12)$$

Onde:

$\Delta L'$ é o comprimento observado

ΔL é o comprimento original

γ é o fator de Lorentz

Imagine que você meça o comprimento de uma barra de cobre, em repouso, e encontre o comprimento de 1 metro. Em seguida, a mesma medida vai ser feita quando a

barra de cobre estiver viajando em uma nave com velocidade de $0.8c$, por exemplo, o valor da medida será menor que 1 metro. Utilizando a equação 12, o valor para o comprimento da barra de cobre, na nave, vai ser de 0,6 metro, em relação à um referencial em repouso na Terra.

3.6 Dilatação temporal

Considere o seguinte experimento: veja a figura 3.5, que ocorre dentro de um trem - em movimento retilíneo e uniforme de módulo v - visto por um observador B, em repouso dentro dele, e um observador A, em repouso, mas fora dele. Uma lâmpada - localizada no chão do trem - emite um feixe luminoso. Um raio de luz vertical sobe e é refletido por um espelho localizado no teto desse meio de transporte. O observador B observa uma trajetória retilínea e o observador A, porém, olha a trajetória como duas linhas retas na diagonal, como pode ser visto na figura 3.6.

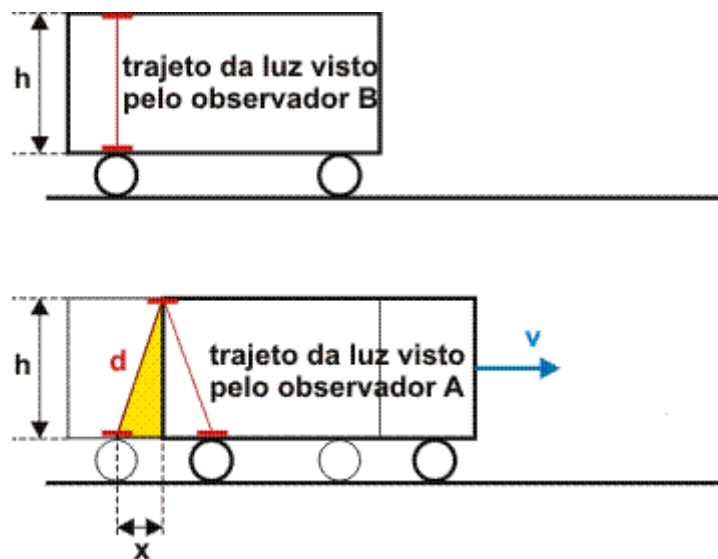


Figura 3.5. Representação do experimento

(Fonte: <https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/relatividade/relatividade-restrita/consequencias/>, acessado em novembro de 2018)

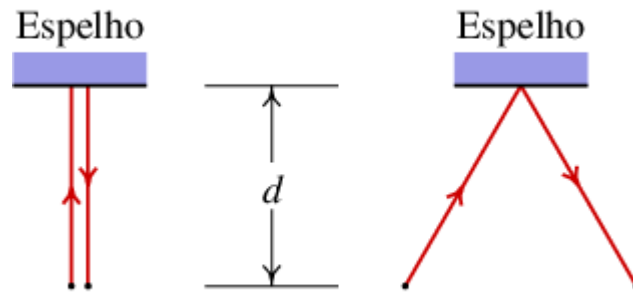


Figura 3.6. Representação das trajetórias para os dois observadores

(Fonte: <http://fisica.fe.up.pt/fisica12/parte2.html>, acessado em novembro de 2018)

Como a velocidade da luz é invariante, a distância maior ao longo da diagonal acarreta em um intervalo de tempo correspondente maior para garantir a invariância. Esse alongamento do tempo é chamado de dilatação temporal e pode ser definido pela equação abaixo:

$$t' = \gamma \cdot t \quad (13)$$

Onde:

t' é o tempo para o observador em movimento;

t é o tempo próprio;

γ é o fator de Lorentz.

Uma situação para elucidar a dilatação do tempo é o paradoxo dos gêmeos. Um dos gêmeos é astronauta e faz uma viagem pela galáxia em alta velocidade, enquanto o outro permanece na Terra. Quando o gêmeo viajante retorna, ele está mais jovem do que o gêmeo que ficou na Terra. A diferença das idades depende da velocidade relativa envolvida. Quanto mais próxima da velocidade da luz, maior será a diferença.

3.7 Energia

Einstein ligou não apenas o espaço e tempo, mas também massa com energia. Um pedaço de matéria, mesmo em estado de repouso e não ter interagido com qualquer coisa, possui uma energia de existência que é chamada de energia de repouso. Einstein concluiu que é necessário energia para haver massa, e ocorre liberação de energia, se desaparecer

massa. A quantidade de energia E está relacionada à quantidade de massa m pela mais famosa equação do século XX:

$$E = m \cdot c^2 \quad (14)$$

Onde:

E é energia;

m é massa;

c é velocidade da luz no vácuo.

Após uma breve revisão geral de conceitos importantes sobre Relatividade Restrita, o capítulo posterior traz a metodologia que foi atuante no trabalho e o produto educacional produzido.

Capítulo 4

Metodologia e Produto educacional

4.1 Metodologia

A Aprendizagem Significativa vai ser aplicada a partir de questionários a serem respondidos pelos alunos, antes e após as aulas com o produto educacional.

O primeiro teste de sondagem deseja verificar o conhecimento prévio do indivíduo, para assim, determinar a melhor estratégia didática.

Para o primeiro teste, os conteúdos para um melhor desenvolvimento sobre o tema são: espaço; tempo; massa; energia; terceira Lei de Newton; instantaneidade; causa; efeito; referenciais; velocidade de propagação de eventos; velocidade da luz; absoluto; relativo; invariante e relações entre física e matemática.

O segundo teste de sondagem pretende apurar se o aluno consegue relacionar os conceitos estudados sobre Relatividade Especial.

4.2 Produto Educacional

O Produto Educacional é um site com recursos e ideias para o professor ter a liberdade de expandir os repertórios didáticos em sala e criar um ambiente de facilitação da Aprendizagem Significativa. Para Arcenio,

“O advento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), resultante da junção entre informática e telecomunicações, gerou novos desafios e oportunidades para a incorporação de tecnologias na escola em relação a diferentes formas de representação e comunicação de ideias. A característica de propiciar a interação e a construção colaborativa de conhecimento da tecnologia de informação e comunicação evidenciou o potencial de incitar o desenvolvimento das habilidades de escrever, ler, interpretar textos e hipertexto.”

Com isso, Arcenio faz algumas propostas de usos e inclusão das TIC em atividades a serem desenvolvidas no âmbito educacional:

- Produção de vídeos pelos próprios alunos sobre um tema proposto num projeto. Uma mídia que pode ser utilizada para a realização dessa atividade é o próprio uso de aparelhos celulares cuja maioria possui câmera de vídeo;

- Exposição de fotografias produzidas pelos alunos num passeio, ou até mesmo de sua comunidade, dependendo do objetivo final do projeto. A escrita de legendas para as fotografias é uma atividade de escrita significativa e, sem dúvida, irá favorecer o desenvolvimento da escrita alfabética à medida que oferece um sentido claro à escrita convencional;

- Assistir filmes, ou trechos dele, vídeos selecionados e extraídos da internet e programas de televisão para discussão posterior, para contribuir com o desenvolvimento da oralidade, facilitar a construção e organização das ideias dos alunos e favorecer a posterior construção de textos escritos;

- Produção de blogs ou sites que possibilitem à turma a postagem de textos (escritos ou não) e produções próprias.

A utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no processo de aprendizagem, segundo a UNESCO,

“O Brasil precisa melhorar a competência dos professores em utilizar as tecnologias de comunicação e informação na educação. A forma como o sistema educacional incorpora as TIC afeta diretamente a diminuição da exclusão digital existente no país.”

Ainda podemos citar estas ideias como vantagens da utilização de TIC, por Universia (2018): motivação dos alunos; geração interesse; aumento de nível de cooperação; potenciação da criatividade; facilidade da comunicação; incentivo ao pensamento crítico e a multiculturalidade.

Vale a seguinte reflexão de Moran (2000), para reforçar a utilização de um produto educacional digital:

“Com as mudanças na sociedade, as formas de ensinar também sofreram alterações, tantos os professores como os alunos percebem que muitas aulas convencionais estão ultrapassadas. É inevitável a pergunta: Para onde mudar? Como ensinar e aprender em uma sociedade interconectada?

Mudanças na educação é importante para mudar a sociedade. As tecnologias estão cada vez mais em evidência e os investimentos visam ter cada classe conectada à Internet e cada aluno com um notebook; investe-se também em educação a distância, educação contínua, cursos de curta duração. Mas só tecnologia não basta. “Ensinar é um desafio constante”

O site **Relatividade no Ensino Médio** é dividido em algumas páginas: “Sites de curiosidades”; “vídeos Relatividade”; “Projeto Educacional”; “Relatividade para Professores”; “monte seu Google sites” e “exercícios comentados”. Pode ser acessado via celular ou computador em: <https://sites.google.com/view/relatividadenoensinomedio/>

Os “Sites de curiosidades” vêm com o intuito do professor aumentar seu arcabouço teórico e facilitar os exemplos em sala. Para o aprendiz, o recurso pretende estimular uma disposição para um novo conhecimento.

Os “vídeos Relatividade” foram colocados para que os aprendizes possam ter um panorama geral sobre a história de Albert Einstein e da Relatividade, além de criar um debate sobre o filme “Interestelar”.

O Projeto “A Física e o Cotidiano” Projeto Conteúdos Digitais do MEC foi desenvolvido a partir da contemplação do edital 001/2007, do MEC/MCT, pela Secretaria da Educação do Estado da Bahia, em parceria com a Universidade do Estado da Bahia. Foi concebido por um grupo de pesquisadores, listados a seguir em ordem alfabética: Alfredo Matta; Ana Verena Carvalho; Nalini Vasconcelos; Paulo Ramos; Pollyana Pereira; Sueli Cabalero; Vânia Valente e Yuri Wanderley.

Destaca-se ainda que a concepção e autoria de todo o conteúdo de Física do projeto coube ao Professor Paulo Ramos, da UNEB. O objetivo do projeto é disponibilizar conteúdos educacionais digitais na área de Física que possam ser utilizados em apoio e ampliação às práticas docentes no Ensino Médio, visando a atualização e melhoria da qualidade do ensino na área.

“Relatividade para professores” consta um conjunto de seis aulas da Geometria básica da Relatividade Especial, lecionada pelo professor Leonardo Ospedal nas atividades de Verão do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), em 2019, com foco nos alunos e professores do Ensino Médio. Além disso, temos uma sequência de 24 vídeos do professor José Sá, docente da Universidade Federal Fluminense. A motivação para utilizar os vídeos está ligada a muitos professores se formarem, mas não tiveram um curso de Relatividade na licenciatura, tendo em vista que os fluxogramas das três maiores universidades do estado do Rio de Janeiro (UFF, UFRJ e UERJ) não constam a disciplina como uma cadeira da graduação de forma obrigatória. Com isso, os vídeos sobre o tema proposto servem aos professores construírem um arcabouço teórico maior que o abordado em nível de Ensino Médio.

“Monte seu Google sites” é um tutorial para o professor montar seu próprio site. Assim, facilita a comunicação com os aprendizes e aumenta os recursos digitais didáticos no processo de aprendizagem.

“Exercícios comentados” é uma coletânea de 46 exercícios sobre Relatividade, com todos os graus de dificuldades, do mais básico até o mais avançado. Portanto, o docente vai ter a liberdade de utilizar de maneira conveniente de acordo com o público.

4.3 Cronograma da aplicação

As aulas foram ministradas em um colégio estadual, no município de São João de Meriti, em turmas do ensino regular noturno. Aproveitamos a sequência do calendário escolar para aplicarmos conceitos importantes da Física:

Informações referente à instituição de ensino:

Colégio conceito B

Funcionamento em três turnos: Manhã: 7h às 12h15; Tarde: 12h45 às 18h e Noturno: 19h às 21h30.

Total de alunos nos três turnos: 742

A escola possui quadra, laboratório de informática, um projetor e ventiladores.

A realidade da instituição é complexa, pois a quadra se encontra em péssimo estado de conservação; o laboratório de informática possui 37 computadores, mas somente 19 funcionam e o sistema operacional utilizado é o Linux; um projetor para toda instituição nos três turnos e sem ar-condicionado. O turno da noite; as aulas ocorrem em horário reduzido por causa da violência no município de São João de Meriti, cada tempo de aula é composto por 27 minutos de 30 segundos, com isso, os dois tempos semanais de física totalizam 55 minutos de aula. Uma diferença bem considerável com os outros dois turnos, manhã e tarde, onde cada aula tem duração de 50 minutos, totalizando 100 minutos de aulas semanais.

Os perfis das turmas estão descritos no capítulo 5.

Momento 1 - 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Aplicação do questionário de conhecimento prévio

Momento 2 – 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Revisão dos conceitos de cinemática, mecânica e ondas.

Devido ao rendimento dos alunos no primeiro questionário.

Recursos: quadro, pilot, computador e projetor

Momento 3 - 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Introdução ao conceito histórico de Relatividade e referenciais

Recursos: quadro, pilot, computador e projetor.

Momento 4 - 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Contração especial e dilatação temporal

Recursos: quadro, pilot, computador, projetor e o Projeto Educacional.

Momento 5 – 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Debate sobre o filme “Interestelar”. As partes mais relevantes ao tema da dissertação, foram passadas durante a aula.

Recursos: quadro, pilot, computador, projetor e vídeo.

Momento 6 – 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Introdução ao conceito de energia e resolução de exercícios

Recursos: quadro, pilot, computador e projetor.

Momento 7 – 2 tempos de aula totalizando 55 minutos

Aplicação do questionário sobre Relatividade seguindo os temas abordados no currículo mínimo dos colégios estaduais do Rio de Janeiro.

Momento	Aplicação
1	01/08/2018
2	08/08/2018
3	15/08/2018
4	22/08/2018
5	29/08/2018
6	05/09/2018
7	12/09/2018

Tabela 4.1. Datas dos momentos

(Fonte: autoria própria)

No próximo capítulo, temos as motivações das questões referente aos questionários aplicados e a análise dos resultados obtidos.

Capítulo 5

Análise dos resultados

O Produto Educacional vem com o intuito de ser um material potencialmente significativo. As curiosidades, vídeos de Relatividade e simuladores foram escolhidos de forma que os sujeitos da pesquisa dessem significados ao utilizar o site.

A sala de aula é um contínuo entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa, segundo Moreira (2010), a zona intermediária entre as duas aprendizagens citadas é chamada de zona cinza. Assim temos em [Moreira 2010]

“a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica pois ao final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica;”.

A falta de tempo e as condições adversas prejudicam muito na aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa porque o processo de assimilação requer tempo que não é disponível para o mesmo. Com isso, a aplicação do Produto Educacional fica atuando no contínuo na aprendizagem mecânica, zona cinza e aprendizagem significativa.

5.1 Questionário de conhecimento prévio

A questão número 1: verificar se o indivíduo tinha afinidade com a disciplina.

A questão número 2: identificar as defasagens e estruturar a melhor abordagem do tema.

A questão número 3: evidenciar situações que deixem o aprendiz mais propenso a uma interação durante a aula.

As questões 4 até 13: descobrir o conhecimento que o aluno tinha antes das aulas. Os verbos **explicar, relacionar, definir, enumerar, listar e resumir** dão o suporte aos questionamentos pela Taxonomia de Bloom.

A questão 14 e 15: apurar se o participante tinha algum contato com o tema que seria proposto nas aulas.

A questão 16: nortear a continuidade do cronograma.

Turma 1

Alunos matriculados: 34 alunos;

Sexo masculino: 20; **Sexo feminino:** 14

Alunos primeiro questionário: 22 alunos;

Sexo masculino: 12; **Sexo feminino:** 10

Alunos segundo questionário: 25 alunos;

Sexo masculino: 13; **Sexo feminino:** 12

Idade: Mínima: 16 anos; **Máxima:** 24 anos

Todos os alunos são oriundos do ensino fundamental de colégios municipais

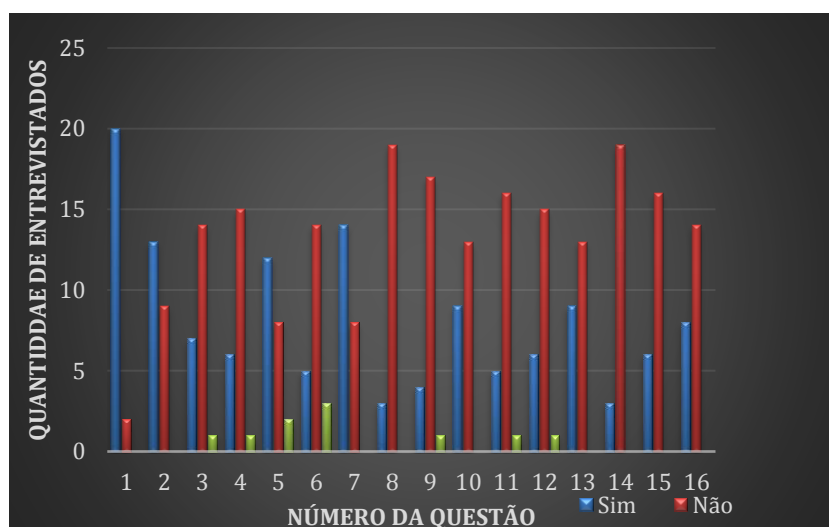


Figura 5.1. Respostas do questionário de conhecimento prévio turma 1.

Observação: a cor verde representa os alunos que deixaram perguntas sem respostas.

(Fonte: autoria própria)

O resultado do questionário de conhecimento prévio foi a base para a estrutura das aulas. Na turma 1, analisando a figura 5.1, percebemos que os indivíduos encontravam uma dificuldade com os conteúdos relacionados à cinemática e mecânica. Uma parcela

significativa não teve contato com Relatividade e Física Moderna. Os dados estão detalhados abaixo:

Questão 1 – 90,9% afirmam que gostam de Física, mas não utilizaria a questão em outros questionários de conhecimento prévio, porque, durante a aplicação, muitos perguntaram, caso a afirmação fosse negativa, se iam ser descontados ou sofrer retaliações em relação à bonificação que iriam ganhar no bimestre. Algumas justificativas a seguir foram dadas pelos alunos: (1) me faz entender sobre coisa que ocorrem no dia a dia; (2) gosto de fórmulas; (3) o professor sabe explicar muito bem.

Questão 2 – 59% afirmam ter alguma dificuldade no aprendizado dos conceitos físicos. Algumas justificativas a seguir foram dadas pelos alunos: (1) São muitos nomes e fórmulas; (2) demoro um pouco para raciocinar; (3) esqueço as coisas muito rápido; (4) não conheço nada sobre o tema.

Questão 3 – 63,6% não conseguem enumerar o que deve ter em uma aula de Física. Os alunos não sabiam o significado de enumerar, mesmo atuando como facilitador e ajudando com o significado durante a aplicação, nenhuma justificativa foi feita. Dos 36,4% que enumeraram, algumas justificativas foram estas: (1) deveria ter mais tempo de aula; (2) cálculos; (3) conteúdos bem elaborados.

Questão 4 – 72,7% não conseguem descrever situações cotidianas sobre deslocamento. Algumas justificativas, apresentadas a seguir, mostram essa dificuldade: (1) não sei o que é; (2) não lembro. Dos 27,3% que conseguem, algumas explicações foram estas: (1) trajeto para chegar ao trabalho; (2) carro; (3) andar; (4) trânsito.

Questão 5 – 54,5% afirmam conseguir explicar o que é tempo. Algumas justificativas apresentadas: (1) Intervalo que as coisas acontecem; (2) segundo, minuto e hora; (3) duração de algo ou fatos; (4) ideia de presente, passado e futuro.

Questão 6 – 77,3% não conseguem relacionar o conceito de espaço e tempo. Algumas justificativas apresentadas: (1) não sei o que é; (2) não lembro. Dos 22,7% que conseguem, algumas explicações a seguir foram ditas: (1) sistema de coordenadas usada como base para estudo; (2) um determinado lugar e seu tempo.

Questão 7 – 63,6% conseguem definir massa. Algumas justificativas a seguir: (1) tudo aquilo que ocupa um espaço; (2) quantidade de matéria sólida; (3) quantidade de peso de determinada coisa. Dos 36,4%, nenhuma justificativa.

Questão 8 – 86,4% não conseguem dar exemplos de referenciais inerciais. Algumas justificativas a seguir: (1) não sei o que é; (2) não lembro. Dos 13,6%, não justificaram.

Questão 9 – 81,8% não conseguem enumerar situações de causa e efeito, nenhuma justificativa. Dos 18,2%, algumas justificativas a seguir: (1) se eu pular, vou cair; (2) se eu fechar os olhos, não vou enxergar; (3) você atrai o que transmite; (4) se encostarmos o dedo molhado na tomada.

Questão 10 – 59% não conseguem resumir o que é velocidade da luz. Nenhuma justificativa. Dos 41%, algumas justificativas a seguir: (1) maior velocidade conhecida; (2) acendemos a luz em uma velocidade que possa ser questão de segundos; (3) muito rápido; (4) uma velocidade que é quase impossível se ver.

Questão 11 – 77,3% não conseguem descrever a diferença de absoluto e relativo. Algumas justificativas a seguir: (1) não sei o que é; (2) não lembro. Dos 22,7%, algumas explicações ditas: (1) absoluto é concreto e relativo é talvez; (2) absoluto é valor próprio e relativo é valor que varia; (3) absoluto é um tudo e relativo, um tipo em conjunto.

Questão 12 – 72,7% não conseguem listar relações entre Física e Geometria. Algumas justificativas a seguir: (1) não sei o que é; (2) não lembro. Dos 27,3%, algumas explicações ditas: (1) física é o que vemos hoje e vivemos e praticamos todos os dias e geometria é triângulo, quadrado; (2) figuras geométricas são usadas nas duas matérias; (3) as duas tem contas que se resolve com figuras geométricas.

Questão 13 – 59% não conseguem enumerar situações que envolvam o conceito de ação e reação. Algumas justificativas a seguir: (1) Não lembro; (2) Não deu tempo de estudar. Dos 41%, algumas explicações dadas: (1) se eu jogar a bola na parede, ela volta; (2) batida de carro; (3) acelerar e o veículo andar; (4) me bateu, vai apanhar.

Questão 14 – 86,4% não tiveram contato com Relatividade. Dos 13,6%, não justificaram o contato com a relatividade.

Questão 15 - 72,7% não tiveram contato com Física Moderna. Dos 27,3%, algumas justificativas a seguir: (1) ausência de aula; (2) não lembra

Questão 16 – 63,6% não gostariam de estudar algo específico sobre Física. Dos 36,4%, algumas justificativas a seguir: (1) física quântica; (2) refração; (3) experiências; (4) inércia; (5) ação e reação.

Turma 2

Alunos matriculados: 37 alunos;

Sexo masculino: 15; **Sexo feminino:** 22

Alunos primeiro questionário: 25 alunos;

Sexo masculino: 8; **Sexo feminino:** 17

Alunos segundo questionário: 23 alunos;

Sexo masculino: 7; **Sexo feminino:** 16

Idade: Mínima: 16 anos; **Máxima:** 25 anos

40% dos alunos são oriundos do ensino fundamental de colégios particulares e 60% do ensino fundamental de colégios municipais.

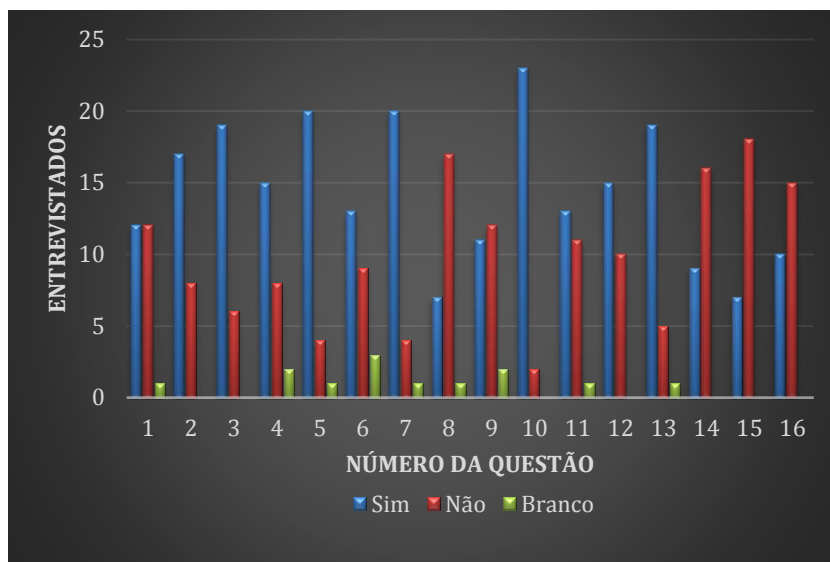


Figura 5.2. Respostas do questionário de conhecimento prévio turma 2
(Fonte: autoria própria)

O resultado do questionário de conhecimento prévio foi a base para a estrutura das aulas. Na turma 2, analisando a figura 5.2, percebemos que os indivíduos não encontravam dificuldades com os conteúdos relacionados à cinemática e mecânica. Poucos aprendizes tiveram contato com Relatividade e Física Moderna. As informações dos gráficos estão detalhadas abaixo:

Questão 1 – 48% afirmam que gostam de Física. Algumas justificativas dadas pelos alunos: (1) acho fácil; (2) tenho mais facilidades com cálculos; (3) ótima matéria para futuros concursos; (4) importante para sociedade. Dos 52%, algumas explicações a seguir: (1) chato; (2) muitos cálculos; (3) sou de humanas; (4) não consigo gravar fórmulas. A divisão do percentual foi mais coerente, em relação à turma 1, porque os discentes envolvidos não ficaram preocupados com a resposta ser positiva ou negativa.

Questão 2 – 68% afirmam ter alguma dificuldade no aprendizado dos conceitos físicos. Algumas justificativas dadas pelos alunos: (1) fórmulas difíceis; (2) muitos cálculos; (3) questões complicadas. Dos 32%, há alguma facilidade, como mostram algumas explicações a seguir: (1) os conceitos são fáceis de aprender; (2) quando estudo, eu entendo; (3) professor explica bem.

Questão 3 – 78% conseguem enumerar o que deve ter em uma aula de Física. Algumas justificativas a seguir: (1) pilot e quadro; (2) fórmulas e cálculos; (3) experiências; (4) professor disciplinado e esforço do aluno. Dos 22% que não enumeraram, algumas explicações foram (1) falta de criatividade; (2) não sei.

Questão 4 – 60% conseguem descrever situações cotidianas sobre deslocamento. Algumas justificativas a seguir: (1) ir ao banheiro fazer as obrigações; (2) deslocamento de átomos; (3) da minha casa até o mercado; (4) um carro em movimento. Dos 40% que não conseguem, algumas explicações foram estas: (1) não sei; (2) não entendo muito.

Questão 5 – 80% afirmam conseguir explicar o que é tempo. Algumas justificativas a seguir: (1) coisa que tem contagem; (2) hora, minuto e segundos; (3) enquanto uns nascem, outros envelhecem; (4) duração de algo. Dos 20%, algumas explicações como estas: (1) não lembro; (2) não sei.

Questão 6 – 52% conseguem relacionar o conceito de espaço e tempo. Algumas justificativas a seguir: (1) duração de tempo em um determinado local; (2) você compra um terreno e demora um determinado tempo para construir a casa; (3) a estrutura do espaço tempo está vinculada à distribuição de matéria. Dos 48% que não conseguem, algumas explicações dadas como estas: (1) não lembro; (2) não tenho conhecimento.

Questão 7 – 80% conseguem definir massa. Algumas justificativas a seguir: (1) volume da molécula; (2) quantidade de matéria isolada; (3) algo que tenha peso. Dos 20%, algumas explicações como estas: (1) não consigo; (2) não lembro.

Questão 8 – 72% não conseguem dar exemplos de referenciais inerciais. Algumas justificativas a seguir: (1) não sei o que é; (2) não entendo; (3) não lembro. Dos 28%, algumas explicações dadas como estas: (1) estou na mesma velocidade do sentido; (2) velocidade que puxa

Questão 9 – 56% não conseguem enumerar situações de causa e efeito, algumas justificativas a seguir: (1) não consigo; (2) não estudei. Dos 44%, algumas explicações como estas: (1) uma batida; (2) toda ação tem uma reação; (3) causa é coisa proporcionada e efeito é alguma mais natural; (4) se encostarmos o dedo molhado na tomada.

Questão 10 – 92% conseguem resumir o que é velocidade da luz. Algumas justificativas a seguir: (1) uma super velocidade tipo a do som; (2) a velocidade mais rápida que existe; (3) mais rápido que o piscar dos olhos; (4) a velocidade que a lâmpada se acende quando apertamos o interruptor. Dos 8%, algumas explicações como estas: (1) esqueci; (2) não lembro; (3) só praticando.

Questão 11 – 48% não conseguem descrever a diferença de absoluto e relativo. Algumas justificativas a seguir: (1) não consigo; (2) não lembro. Dos 52%, algumas explicações como estas: (1) um é concreto e o outro tem variáveis; (2) absoluto vale independente do outro e relativo vale levando de conta outros elementos; (3) absoluto algo majoritário e relativo algo a ser discutido.

Questão 12 – 40% não conseguem listar relações entre Física e Geometria. Algumas justificativas a seguir: (1) não tenho conhecimento; (2) não consigo. Dos 60%, algumas explicações como estas: (1) cálculos; (2) fórmulas; (3) os desenhos são os mesmos; (4) a geometria era considerada um ramo da mecânica.

Questão 13 – 24% não conseguem enumerar situações que envolvam o conceito de ação e reação. Algumas justificativas a seguir: (1) Não lembro; (2) Não consigo. Dos 76%, algumas justificativas a seguir: (1) puxar a porta; (2) lei de Newton; (3) propulsão de foguetes; (4) perguntas e respostas; (5) caminhada; (6) gentiliza.

Questão 14 – 64% não tiveram contato com Relatividade. Dos 36%, algumas justificativas a seguir: (1) The Big Bang Theory; (2) são teorias de interpretação

Questão 15 - 72% não tiveram contato com Física Moderna. Dos 28%, algumas justificativas a seguir: (1) feira de ciências; (2) foi mais difícil e ao mesmo tempo mais prática.

Questão 16 – 60% não gostariam de estudar algo específico sobre Física. Dos 40%, algumas justificativas a seguir: (1) física quântica; (2) magnetismo; (3) eletricidade; (4) energia nuclear; (5) astrofísica.

5.2 Questionário sobre relatividade

O segundo questionário aplicado após as aulas, devido ao andamento e à análise do primeiro questionário, foi feito com questões conceituais sobre Relatividade, deixando de lado a parte matemática, por uma questão de adaptação dos sujeitos participantes. No apêndice C, é disponibilizado um acervo de questões sobre Relatividade com um maior aprofundamento. Os temas escolhidos foram para contemplar os conteúdos do currículo mínimo estadual do Rio de Janeiro.

Turma 1

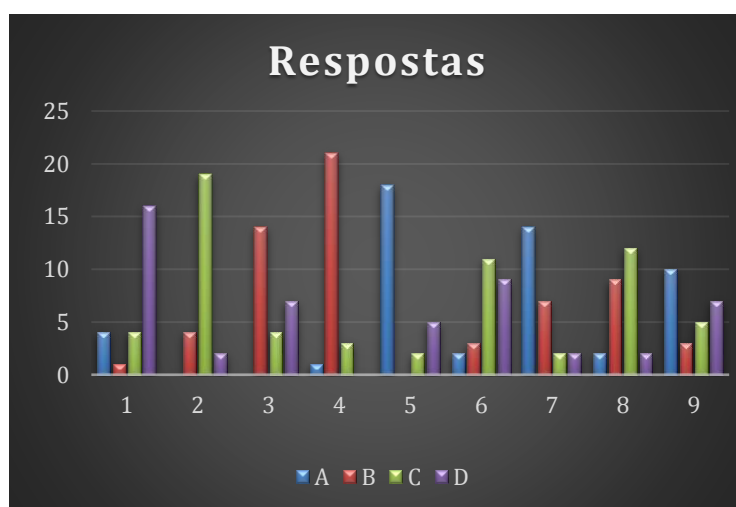


Figura 5.3. Respostas do questionário sobre Relatividade turma 1
(Fonte: autoria própria)



Figura 5.4. Acertos e erros do questionário sobre Relatividade turma 1
(Fonte: autoria própria)

Questão 1 – Acertos 16 Erros 9

64% identificaram a contração do espaço.

Questão 2 – Acertos 19 Erros 6

76% listaram conceitos novos visto em Relatividade.

Questão 3 – Acertos 0 Erros 25

0% julgaram a melhor definição de massa.

Questão 4 – Acertos 21 Erros 4

84% identificaram o paradoxo dos gêmeos.

Questão 5 – Acertos 2 Erros 23

8% identificaram a dependência das grandezas do Fator de Lorentz

Questão 6 – Acertos 11 Erros 14

44% julgaram corretamente a afirmação sobre a velocidade da luz.

Questão 7 – Acertos 14 Erros 11

56% julgaram com acerto a afirmação sobre uma viagem próxima à velocidade da luz.

Questão 8 – Acertos 12 Erros 13

48% identificaram as condições da Relatividade Restrita.

Questão 9 – Acertos 7 Erros 18

28% julgaram de modo correto o valor da velocidade da luz

Turma 2

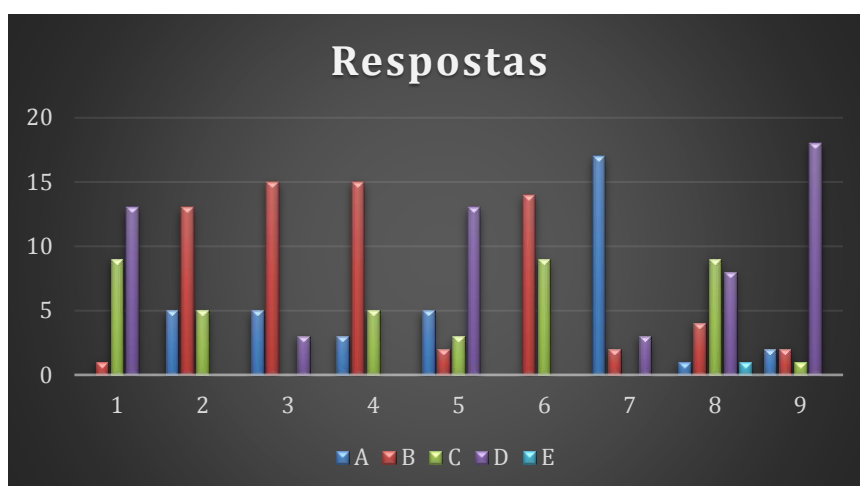


Figura 5.5. Respostas do questionário sobre Relatividade turma 2
(Fonte: autoria própria)



Figura 5.6. Acertos e erros do questionário sobre Relatividade turma 2
(Fonte: autoria própria)

Questão 1 – Acertos 13 Erros 10

56,5% identificaram a contração do espaço.

Questão 2 – Acertos 5 Erros 18

21,7% listaram conceitos novos visto em Relatividade.

Questão 3 – Acertos 5 Erros 18

21,7% julgaram acertadamente a melhor definição de massa.

Questão 4 – Acertos 15 Erros 8

65,2% identificaram o paradoxo dos gêmeos.

Questão 5 – Acertos 3 Erros 20

13% identificaram a dependência das grandezas do Fator de Lorentz

Questão 6 – Acertos 9 Erros 14

39,1% julgaram corretamente a afirmação sobre a velocidade da luz.

Questão 7 – Acertos 17 Erros 5

73,9% julgaram com acerto a afirmação sobre uma viagem próxima à velocidade da luz.

Questão 8 – Acertos 9 Erros 14

39,1% identificaram as condições da Relatividade Restrita.

Questão 9 – Acertos 18 Erros 5

78,3% julgaram de modo correto o valor da velocidade da luz

Dando sequência, são abordados os comentários finais sobre os pontos positivos e pontos negativos da pesquisa, realidade do sistema educacional estadual e perspectivas para o futuro do ensino.

Capítulo 6

Comentários e Considerações finais

São muitos os desafios da educação estadual do Rio de Janeiro, tendo em vista que, no último Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, o estado citado foi o único a não alcançar a meta e ainda piorar em relação a nota de 2015, que foi de 3.6, caindo a nota para 3.3. Os dados foram divulgados, em setembro de 2018, pelo Instituto Nacional de Estatísticas e Pesquisa (INEP) [IDEB 2018].

Atuante como professor de Física da rede estadual desde 2015, noto que a motivação dos alunos é baixa para as aulas tradicionais. A utilização do site como ferramenta de ensino foi uma boa opção para uma maior interação entre aprendizes e professor. Com o aprendiz mais motivado, aumenta sua predisposição para a aprendizagem. Assim, acarretando em uma aprendizagem significativa, pois ele consegue relacionar o seu conhecimento com o instrumento dado pelo Produto Educacional.

Um fato em destaque, durante o projeto, foi a melhora do rendimento das duas turmas, em relação aos bimestres anteriores, sendo que o projeto começou no terceiro bimestre. As médias da turma 1 durante os quatro bimestres foram 5.64, 4.93, 6.58 e 6.95, respectivamente. As médias da turma 2 durante os quatro bimestres foram 7.25, 6.60, 8.37 e 8.85, respectivamente. A melhora do rendimento das turmas foi devido ao processo de atuação nas deficiências do aprendiz. Verificar o conhecimento prévio para um diagnóstico da real situação dos envolvidos no processo, como é previsto na Aprendizagem Significativa, é um grande aliado para o educador.

Vale frisar, antes de qualquer aplicação de Produto Educacional na rede estadual de ensino, devido ao sucateamento do sistema e a falta de estrutura, verificar se a instituição conta com projetores, sala de informática e internet. Fatores que podem facilitar ou dificultar o andamento.

As aulas do ensino regular noturno são em tempo reduzido, o que dificulta o processo. A aplicação do produto em turmas de ensino médio regular diurno seriam mais produtivas, devido ao tempo maior para o desenvolvimento.

Outro ponto a salientar é a evasão escolar. Dados do Ministério da Educação de 2017 mostram que em todo o ensino médio chega ao percentual de 11,2%. A realidade do ensino médio noturno, instituição em que o produto foi aplicado, não fugiu da estatística. Muitos aprendizes desistiram de estudar por motivos diversos, dentre os

motivos, posso citar: ter que trabalhar para ajudar na renda familiar; gravidez e falta de motivação para os estudos.

A utilização da combinação da Aprendizagem Significativa com a Taxonomia de Bloom foi interessante porque são duas teorias com o foco na parte cognitiva, mas no segundo questionário faltou o requerimento das justificativas. As respostas objetivas podem induzir à aprendizagem mecânica, em que só a resposta vale. Devido a esse panorama desfavorável, acredito que, para ter mais benefícios nos questionários, a diminuição do número de questões e utilização de uma problematização sobre Relatividade traria mais eficácia.

O trabalho proposto tem o intuito de gerar a reflexão aos futuros professores. A educação do século XXI tem a tecnologia como sua aliada, como mostram estes exemplos: utilização de sites; aplicativos de celular; simulações e experimentos. O ambiente de aprendizagem com experiências agradáveis gera motivação e predisposição para uma melhor retenção do conhecimento.

O ensino de Relatividade se mostrou viável no ensino básico, mas restrições devem ser feitas de acordo com o panorama inicial diagnosticado. Se os aprendizes não têm subsunçores referentes aos tópicos, uma estratégia didática deve ser elaborada. Se eles não dominam muitos recursos matemáticos, uma abordagem muito matemática, vai levar ao desinteresse, pois não vão acompanhar o raciocínio.

A Base Nacional Comum Curricular traz uma perspectiva de mudança no ensino, como foi citado no capítulo 1, as tecnologias digitais de informação e comunicação ganham destaque no texto. Os educadores vão ter que repensar suas práticas e se atualizarem em relação à utilização de tecnologias digitais em ambientes educacionais. Assim, motiva os discentes e auxilia-os na diminuição da taxa de evasão escolar.

Apêndices A

Questionário de conhecimento prévio

1) Você gosta de Física? Justifique

() Sim () Não

2) Você tem dificuldades para aprender os conceitos físicos? Justifique

() Sim () Não

3) Você consegue enumerar o que deve ter uma aula de Física? Justifique

() Sim () Não

4) Você consegue descrever situações cotidianas para o conceito de deslocamento? Justifique

() Sim () Não

5) Você consegue explicar o que é tempo? Justifique

() Sim () Não

6) Você consegue relacionar o conceito de espaço e tempo? Justifique

() Sim () Não

7) Você consegue definir que é massa? Justifique

() Sim () Não

8) Você consegue dar exemplos de referenciais inerciais? Justifique

() Sim () Não

9) Você consegue enumerar situações de causa e efeito? Justifique

() Sim () Não

10) Você consegue resumir o que é velocidade da luz? Justifique

() Sim () Não

11) Você consegue descrever a diferença entre absoluto e relativo? Justifique

() Sim () Não

12) Você consegue listar relações entre Física e Geometria? Justifique

() Sim () Não

13) Você consegue enumerar situações que envolvam o conceito de ação e reação? Justifique

() Sim () Não

14) Você já teve contato com os conceitos de Relatividade? Conte sua experiência

() Sim () Não

15) Você já teve contato com Física Moderna? Conte a sua experiência

() Sim () Não

16) Você gostaria de estudar algo específico sobre Física? Dê exemplos

() Sim () Não

Apêndice B

Questionário sobre Relatividade

1. Identifique a contração do espaço.

- a) para baixas velocidades, corpos aumentam de tamanho.
- b) para baixas velocidades, corpos diminuem de tamanho.
- c) para velocidades próximas da luz, corpos aumentam de tamanho.
- c) para velocidades próximas da luz, corpos diminuem de tamanho.

2. Liste conceitos novos visto em Relatividade.

- a) deslocamento, velocidade e tempo.
- b) velocidade da luz, ondas e espaço.
- c) paradoxo dos gêmeos, contração do espaço e massa relativística.
- d) energia, dilatação do tempo e massa.

3) Julgue a melhor definição de massa.

- a) dificuldade de mudar de velocidade, quantidade de inércia do sistema.
- b) ocupa lugar no espaço.
- c) volume do sistema.
- d) quantidade de matéria.

4. Identifique o paradoxo dos gêmeos.

- a) Em uma viagem com velocidade próxima da luz, um gêmeo, ao voltar, encontra-se mais velho que o outro.
- b) Em uma viagem com velocidade próxima da luz, um gêmeo, ao voltar, encontra-se mais novo que o outro.
- c) Em uma viagem com velocidade próxima da luz, um gêmeo, ao voltar, encontra-se sem diferenciação do outro.
- d) Em uma viagem com velocidade baixas, um gêmeo, ao voltar, encontra-se mais novo que o outro.

5. Identifique as grandezas que depende o Fator de Lorentz, que utilizamos para as correções:

- a) espaço e tempo
- b) velocidade do sistema e tempo
- c) velocidade do sistema e velocidade da luz
- d) velocidade da luz e espaço

6. Julgue as afirmações e marque a correta.

- a) a velocidade da luz é variável no vácuo
- b) a velocidade da luz é constante no vácuo e maior em outros meios de propagação.
- c) a velocidade da luz no vácuo é uma grandeza absoluta e não depende do observador.
- d) dependendo da velocidade do observador, muda o valor da velocidade da luz no vácuo.

7. Julgue as afirmações e marque a incorreta.

Uma pessoa viajando com velocidade próxima à velocidade da luz, em comparação com outra em repouso.

- a) Envelhecerá mais rapidamente
- b) Terá um tamanho menor
- c) Terá uma massa maior
- d) Não fará nenhuma diferença.

8. Identifique a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

De acordo com a Relatividade Restrita, é _____ fazer um deslocamento de 10 anos-luz, em um intervalo de tempo bem menor que 10 anos. Isso pode ser explicado pelo fenômeno de _____ do comprimento, como visto pelo viajante, ou ainda pelo fenômeno de _____ temporal, como observado por quem está em repouso em relação ao deslocamento.

- a) impossível – contração – dilatação
- b) possível – dilatação – contração
- c) possível – contração – dilatação
- d) impossível – dilatação – contração

e) impossível – contração – contração

9. Julgue as alternativas e marque o valor da velocidade da luz

a) 300.000.000 km/h

b) 3.000.000 km/h

c) 30.000.000 m/s

d) 300.000.000 m/s

Apêndice C

Exercícios para suporte do professor

1. (Ufrgs 2018) Dilatação temporal e contração espacial são conceitos que decorrem da

- a) Teoria Especial da Relatividade.
- b) Termodinâmica.
- c) Mecânica Newtoniana.
- d) Teoria Atômica de Bohr.
- e) Mecânica Quântica.

2. (Fgv 2018) Os avanços tecnológicos que a ciência experimentou nos últimos tempos nos permitem pensar que, dentro em breve, seres humanos viajarão pelo espaço sideral a velocidades significativas, se comparadas com a velocidade da luz no vácuo.

Imagine um astronauta terráqueo que, do interior de uma nave que se desloca a uma velocidade igual a 60% da velocidade da luz, avista um planeta. Ao passar pelo planeta, ele consegue medir seu diâmetro, encontrando o valor $4,8 \cdot 10^6$ m. Se a nave parasse naquelas proximidades e o diâmetro do planeta fosse medido novamente, o valor encontrado, em 10^6 m, seria de

- a) 2,7.
- b) 3,6.
- c) 6,0.
- d) 7,5.
- e) 11,0.

3. (G1 - col. naval 2017) Com relação aos conceitos da Física, assinale a opção correta.

- a) Em qualquer meio de transparente, a propagação da luz ocorre sempre em linha reta.
- b) A patinação sobre o gelo acontece porque o aumento da pressão, exercida pelos patins, altera a temperatura de fusão do gelo.

- c) As garrafas e outros objetos jogados no mar chegam até as praias transportados pelas ondas.
- d) No processo de eletrização por contato, o corpo que recebe elétrons fica negativo e o que perde elétrons fica positivo.
- e) As bússolas magnéticas são muito importantes na navegação porque apontam precisamente para o norte geográfico.

4. (Udesc 2017) Os pesquisadores do projeto LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) anunciaram, no início deste ano, a primeira detecção das ondas gravitacionais.

Analise as proposições em relação à informação.

- I. Estas ondas se propagam com a mesma velocidade da luz.
- II. Estas ondas se propagam com velocidade superior à velocidade da luz.
- III. Estas ondas foram previstas por Albert Einstein em sua Teoria da Relatividade Geral.
- IV. Estas ondas foram previstas por Albert Einstein em sua Teoria do Efeito Fotoelétrico.

Assinale a alternativa **correta**.

- a) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa IV é verdadeira.
- e) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.

5. (Ufjf 2017) A velocidade é uma grandeza relativa, ou seja, a sua determinação depende do referencial a partir do qual está sendo medida. A Teoria da Relatividade Especial, elaborada em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein, afirma que o comprimento e a massa de um objeto são grandezas que também dependem da velocidade e, conseqüentemente, são relativas.

Sobre a Teoria da Relatividade Especial, julgue os itens abaixo e marque a

alternativa CORRETA.

- I. A massa de um objeto é independente da velocidade do mesmo, medida por qualquer referencial inercial.
 - II. A velocidade da luz é um limite superior para a velocidade de qualquer objeto.
 - III. Intervalos de tempo e de espaço são grandezas absolutas e independentes dos referenciais.
 - IV. As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inercial.
 - V. Massa e energia são quantidades que não possuem nenhuma relação
- a) somente II e III estão corretas.
 - b) somente I e II estão corretas.
 - c) somente I e V estão corretas.
 - d) somente I e III estão corretas.
 - e) somente II e IV estão corretas.

6. (Fgv 2017) A nave “New Horizons”, cuja foto é apresentada a seguir, partiu do Cabo Canaveral em janeiro de 2006 e chegou bem perto de Plutão em julho de 2015. Foram mais de 9 anos no espaço, voando a 21km/s. É uma velocidade muito alta para nossos padrões aqui na Terra, mas muito baixa se comparada aos 300.000 km/s da velocidade da luz no vácuo.



(<http://goo.gl/oeSWn>)

Considere uma nave que possa voar a uma velocidade igual a 80% da velocidade da luz e cuja viagem dure 9 anos para nós, observadores localizados na Terra.

Para um astronauta no interior dessa nave, tal viagem duraria cerca de

- a) 4,1 anos.

- b) 5,4 anos.
- c) 6,5 anos.
- d) 15 anos.
- e) 20,5 anos.

7. (Upf 2017) Em relação à teoria da relatividade restrita, formulada por Einstein, é **correto** afirmar:

- a) Estuda os fenômenos relativos a referenciais inerciais.
- b) As leis da Física são diferentes quando mudamos de um referencial inercial para outro.
- c) Em um sistema de referência inercial, a velocidade da luz, medida no vácuo, depende da velocidade com a qual se move o observador.
- d) O tempo é uma grandeza absoluta.
- e) Os referenciais inerciais são referenciais que se movem, uns em relação aos outros, com velocidade variável.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Leia o texto a seguir e responda à(s) questão(ões).

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

KANT, I. *Crítica da razão pura*. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburguer. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p. 47. Coleção Os Pensadores.

8. (Uel 2017) A questão do tempo sempre foi abordada por filósofos, como Kant. Na física, os resultados obtidos por Einstein sobre a ideia da “dilatação do tempo” explicam situações cotidianas, como, por exemplo, o uso de GPS.

Com base nos conhecimentos sobre a Teoria da Relatividade de Einstein, assinale a alternativa correta.

- a) O intervalo de tempo medido em um referencial em que se empregam dois cronômetros e dois observadores é menor do que o intervalo de tempo próprio no referencial em que a medida é feita por um único observador com um único cronômetro.
- b) Considerando uma nave que se movimenta próximo à velocidade da luz, o tripulante verifica que, chegando ao seu destino, o seu relógio está adiantado em relação ao relógio da estação espacial da qual ele partiu.
- c) As leis da Física são diferentes para dois observadores posicionados em sistemas de referência inerciais, que se deslocam com velocidade média constante.
- d) A dilatação do tempo é uma consequência direta do princípio da constância da velocidade da luz e da cinemática elementar.
- e) A velocidade da luz no vácuo tem valores diferentes para observadores em referenciais privilegiados.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Nas questões com respostas numéricas, considere o módulo da aceleração da gravidade como $g = 10,0 \text{ m/s}^2$, o módulo da carga do elétron como $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, o módulo da velocidade da luz como $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ e utilize $\pi = 3$.

9. (Upe-ssa 3 2017) A sonda caçadora de exoplanetas Kepler encontrou aquele que talvez seja o corpo celeste mais parecido com a Terra. A Nasa anunciou, nesta quinta-feira (23), a descoberta de Kepler-452b, um exoplaneta encontrado dentro de uma zona habitável de seu sistema solar, ou seja, uma região onde é possível que exista água no estado líquido. A semelhança com nosso planeta é tão grande que os pesquisadores chamaram o Kepler-452b de Terra 2.0. O Kepler-452b é cerca de 60% maior que a Terra e precisa de 385 dias para completar uma órbita ao redor de sua estrela, a Kepler 452. E essa estrela hospedeira é muito parecida com nosso Sol: tem quase o mesmo tamanho, temperatura e emite apenas 20% mais luz. Localizado na constelação Cygnus, o sistema solar da Terra 2.0 está a 1.400 anos-luz distante do nosso.

Fonte: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/terra-2-0-nasa-anuncia-descoberta-historica-de-planeta-quase-identico-ao-nosso>, acessado em: 14 de julho de 2016.

Supondo-se que, a fim de investigar mais de perto o Kepler-452b, uma sonda tenha sido enviada da Terra por uma equipe da Nasa, com uma velocidade igual a $(3)^{1/2}c/2$. Quando o relógio instalado na sonda marcar 28 anos de viagem, quanto tempo terá se passado para a equipe na Terra?

- a) 7 anos
- b) 14 anos
- c) 21 anos
- d) 42 anos
- e) 56 anos

10. (Udesc 2016) No contexto histórico da virada do século XIX para o século XX, Lord Kelvin proferiu uma palestra e afirmou que não havia mais muitos pontos obscuros para serem resolvidos pela Física. Destacou que existiam apenas dois problemas: o primeiro referente a não detecção do vento de éter (resultado nulo do experimento de Michelson-Morley), e o segundo, relacionado à partição de energia (emissão e absorção da radiação de corpo negro).

Em relação ao avanço na construção de conhecimento em Física, decorrente dos dois problemas apontados por Lord Kelvin, assinale a alternativa **correta**.

- a) Os pontos obscuros apontados por Lord Kelvin não se configuraram em problemas científicos, e foram ignorados pela Ciência.
- b) Os problemas sinalizados por Lord Kelvin foram solucionados pela mecânica newtoniana, sendo necessário apenas um refinamento experimental.
- c) A Ciência, em particular a Física, não avançou mediante a resolução de problemas e aos pontos obscuros apontados por Lord Kelvin, que retratavam apenas dúvidas pessoais dele próprio.

- d) Max Planck foi o único a solucionar os dois problemas apontados por Lord Kelvin e, por isso, Planck é considerado por muitos o “Pai da Mecânica Quântica”.
- e) Os pontos obscuros destacados por Lord Kelvin foram determinantes na condução de mudanças radicais na Física, culminando na construção das teorias quânticas e relativísticas.

11. (Uem 2016) Em 1905, Albert Einstein propôs mudanças no estudo do movimento relativo entre corpos. A proposta de Einstein ficou conhecida como a Teoria da Relatividade Especial. Sobre a Teoria da Relatividade Especial de Einstein é **correto** afirmar que:

- 01) As leis da física mudam quando se muda o referencial inercial.
- 02) A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais. Não depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
- 04) A massa de um corpo é constante, independente da velocidade desse corpo.
- 08) A energia total (E , em Joules) de um corpo de massa (m , em quilogramas) é o produto de sua massa pelo quadrado da velocidade da luz no vácuo (c , em metros por segundo), ou seja, $E = mc^2$.
- 16) Na natureza não podem ocorrer interações com velocidade menor do que a velocidade da luz.

12. (Fuvest 2016) O elétron e sua antipartícula, o pósitron, possuem massas iguais e cargas opostas. Em uma reação em que o elétron e o pósitron, em repouso, se aniquilam, dois fótons de mesma energia são emitidos em sentidos opostos.

A energia de cada fóton produzido é, em MeV, aproximadamente,

Note e adote:

Relação de Einstein entre energia (E) e massa (m): $E = mc^2$

Massa do elétron = 9×10^{-31} kg

Velocidade da luz $c = 3,0 \times 10^8$ m/s

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

No processo de aniquilação, toda a massa das partículas é transformada em energia dos fótons.

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 0,8
- d) 1,6
- e) 3,2

13. (Ufsc 2016) Em 6 de novembro de 2014, estreava no Brasil o filme de ficção científica *Interestelar*, que abordou, em sua trama, aspectos de Física Moderna. Um dos fenômenos mostrados no filme foi a dilatação temporal, já prevista na Teoria da Relatividade de Albert Einstein. Além da relatividade, Einstein explicou o Efeito Fotoelétrico, que lhe rendeu o prêmio Nobel de 1921.

Sobre os fenômenos referidos acima, é **CORRETO** afirmar que:

- 01) o Efeito Fotoelétrico foi explicado atribuindo-se à luz o comportamento corpuscular.
- 02) a alteração da potência de uma radiação que provoca o Efeito Fotoelétrico altera a energia cinética dos elétrons arrancados e não o número de elétrons.
- 04) de acordo com a Teoria da Relatividade, as leis da Física são as mesmas para qualquer referencial inercial.
- 08) de acordo com a Teoria da Relatividade, a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, é a mesma em todos os sistemas inerciais de referência e não depende do movimento da fonte de luz.

14. (Ufjf-pism 3 2016) Em um reator nuclear, átomos radioativos são quebrados pelo processo de fissão nuclear, liberando energia e átomos de menor massa atômica. Esta energia é convertida em energia elétrica com um aproveitamento de aproximadamente 30%. A teoria da relatividade de Einstein torna possível calcular a quantidade de energia liberada no processo de fissão nuclear. Nessa

teoria, a energia de uma partícula é calculada pela expressão $E = mc^2$, onde $m = m_0 / \sqrt{1 + (v/c)^2}$. Em uma residência comum, se consome, em média, 200 kWatt-hora por mês. Neste caso, **CALCULE** qual deveria ser a massa, em quilogramas, necessária para se manter essa residência por um ano, considerando que a transformação de massa em energia ocorra no repouso.

Dado: $c = 3 \times 10^8$ m/s.

- a) $3,6 \times 10^{-8}$ kg
- b) $6,3 \times 10^{-5}$ kg
- c) $3,2 \times 10^{-7}$ kg
- d) $9,6 \times 10^{-8}$ kg
- e) $5,3 \times 10^{-5}$ kg

15. (Ueg 2016) Recentemente, os noticiários divulgaram a descoberta de ondas gravitacionais, previstas teoricamente por Albert Einstein. Essa descoberta reforça a teoria

- a) da radiação de corpo negro.
- b) do efeito fotoelétrico.
- c) do efeito Compton.
- d) da relatividade.
- e) das cordas.

16. (Fgv 2016) Não está longe a época em que aviões poderão voar a velocidades da ordem de grandeza da velocidade da luz (c) no vácuo. Se um desses aviões, voando a uma velocidade de $0,6 \cdot c$, passar rente à pista de um aeroporto de 2,5 km, percorrendo-a em sua extensão, para o piloto desse avião a pista terá uma extensão, em km, de

- a) 1,6.
- b) 2,0.
- c) 2,3.
- d) 2,8.

e) 3,2.

17. (Ita 2016) Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a 600 nm. Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a 400 nm, ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

- a) $1/3$.
- b) $2/3$.
- c) $4/9$.
- d) $5/9$.
- e) $5/13$.

18. (Upf 2015) Analise as afirmações sobre tópicos de Física Moderna.

- I. Um dos postulados da teoria da relatividade especial é o de que as leis da Física são idênticas em relação a qualquer referencial inercial.
- II. Um segundo postulado da teoria da relatividade especial é o de que a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal que não depende do movimento da fonte de luz.
- III. Denomina-se de efeito fotoelétrico a emissão de fótons por um material metálico quando exposto a radiação eletromagnética.
- IV. A Física Moderna destaca que em algumas situações a luz se comporta como onda e em outras situações como partícula.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) I, II e III.
- d) II e IV.
- e) I, II e IV.

19. (Udesc 2015) De acordo com o paradoxo dos gêmeos, talvez o mais famoso

paradoxo da relatividade restrita, pode-se supor a seguinte situação: um amigo da sua idade viaja a uma velocidade de $0,999c$ para um planeta de uma estrela situado a 20 anos-luz de distância. Ele passa 5 anos neste planeta e retorna para casa a $0,999c$. Considerando que $\gamma = 22,4$, assinale a alternativa que representa **corretamente** quanto tempo seu amigo passou fora de casa do seu ponto de vista e do ponto de vista dele, respectivamente.

- a) 20,00 anos e 1,12 anos
- b) 45,04 anos e 1,79 anos
- c) 25,00 anos e 5,00 anos
- d) 45,04 anos e 6,79 anos
- e) 40,04 anos e 5,00 anos

20. (Udesc 2015) A proposição e a consolidação da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, componentes teóricos do que se caracteriza atualmente como Física Moderna, romperam com vários paradigmas da Física Clássica. Baseando-se especificamente em uma das teorias da Física Moderna, a Relatividade Restrita, analise as proposições.

- I. A massa de um corpo varia com a velocidade e tenderá ao infinito quando a sua velocidade se aproximar da velocidade da luz no vácuo.
- II. A Teoria da Relatividade Restrita é complexa e abrangente, pois, descreve tanto movimentos retilíneos e uniformes quanto movimentos acelerados.
- III. A Teoria da Relatividade Restrita superou a visão clássica da ocupação espacial dos corpos, ao provar que dois corpos, com massa pequena e velocidade igual à velocidade da luz no vácuo, podem ocupar o mesmo espaço ao mesmo tempo.

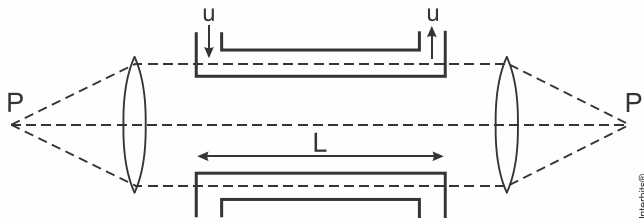
Assinale a alternativa **correta**.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- e) Todas afirmativas são verdadeiras.

21. (Unisc 2015) Em uma explosão de uma mina de carvão foram utilizadas 1.000 toneladas de explosivo trinitrotolueno (TNT), o que equivale a $1,0 \times 10^{12}$ calorias. Qual foi, aproximadamente, a quantidade de massa convertida em energia equivalente a essa explosão? (1 caloria = 4,18J e $c = 3,0 \times 10^8$ m/s)

- a) $4,6 \times 10^{-5}$ kg
- b) $4,6 \times 10^{-8}$ kg
- c) $1,1 \times 10^{-5}$ kg
- d) $1,1 \times 10^{-8}$ kg
- e) $1,1 \times 10^{-13}$ kg

22. (Ita 2015)



Luz de uma fonte de frequência f gerada no ponto P é conduzida através do sistema mostrado na figura. Se o tubo superior transporta um líquido com índice de refração n movendo-se com velocidade u , e o tubo inferior contém o mesmo líquido em repouso, qual o valor mínimo de u para causar uma interferência destrutiva no ponto P' ?

- a) $\frac{c^2}{2nLf}$
- b) $\frac{c^2}{2Lfn^2 - cn}$
- c) $\frac{c^2}{2Lfn^2 + cn}$

$$d) \frac{c^2}{2Lf(n^2 - 1) - cn}$$

$$e) \frac{c^2}{2Lf(n^2 - 1) + cn}$$

23. (Ita 2015) Um múon de meia-vida de $1,5\mu\text{s}$ é criado a uma altura de 1km da superfície da Terra devido à colisão de um raio cósmico com um núcleo e se desloca diretamente para o chão. Qual deve ser a magnitude mínima da velocidade do múon para que ele tenha 50% de probabilidade de chegar ao chão?

a) $6,7 \times 10^7 \text{m/s}$

b) $1,2 \times 10^8 \text{m/s}$

c) $1,8 \times 10^8 \text{m/s}$

d) $2,0 \times 10^8 \text{m/s}$

e) $2,7 \times 10^8 \text{m/s}$

24. (Cefet MG 2015) Um observador A está em uma espaçonave que passa perto da Terra afastando-se da mesma com uma velocidade relativa de $0,995c$. A espaçonave segue viagem até que o observador A constata que a mesma já dura $2,50$ anos. Nesse instante, a espaçonave inverte o sentido da sua trajetória e inicia o retorno à Terra, que dura igualmente $2,50$ anos, de acordo com o relógio de bordo. Um observador B, na superfície da Terra, envelhece, aproximadamente, entre a partida e o retorno da espaçonave,

a) 50 anos.

b) 25 anos.

c) 5,0 anos.

d) 2,5 anos.

e) 0,50 ano.

25. (Ufrgs 2014) Os múons cósmicos são partículas de altas energias, criadas na alta atmosfera terrestre. A velocidade de alguns desses múons (v) é próxima da velocidade da luz (c), tal que $v^2 = 0,998c^2$, e seu tempo de vida em um referencial em repouso é aproximadamente $t_0 = 2 \times 10^{-6} \text{s}$. Pelas leis da mecânica

clássica, com esse tempo de vida tão curto, nenhum múon poderia chegar ao solo, no entanto eles são detectados na Terra. Pelos postulados da relatividade restrita, o tempo de vida do múon em um referencial terrestre (t) e o tempo t_0 são relacionados pelo fator relativístico

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Para um observador terrestre a distância que o múon pode percorrer antes de se desintegrar é, aproximadamente,

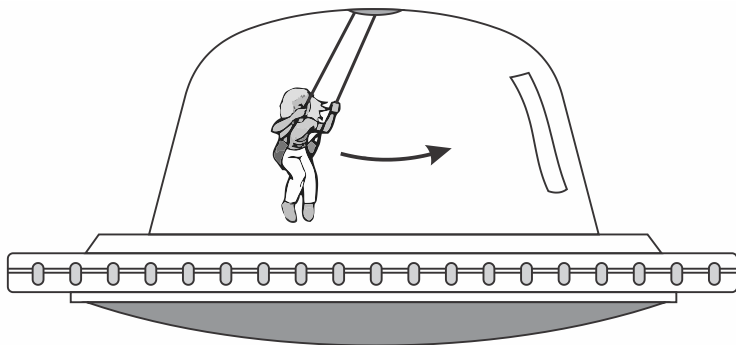
- a) $6,0 \times 10^2$ m.
- b) $6,0 \times 10^3$ m.
- c) $13,5 \times 10^3$ m.
- d) $17,5 \times 10^3$ m.
- e) $27,0 \times 10^3$ m.

26. (Ufg 2014) A teoria da relatividade elaborada por Albert Einstein (1879-1950), no início do século XX, abalou profundamente os alicerces da Física clássica, que já estava bem estabelecida e testada. Por questionar os conceitos canônicos da ciência e do senso comum até então, ela tornou-se uma das teorias científicas mais populares de todos os tempos.

Que situação física, prevista pela relatividade restrita de Einstein, também está em conformidade com a Física clássica?

- a) A invariância do tempo em referenciais inerciais.
- b) A contração do espaço.
- c) A invariância da velocidade da luz.
- d) A diferença entre massa inercial e gravitacional.
- e) A conservação da quantidade de movimento.

27. (Epcar (Afa) 2014) Uma garota de nome Julieta se encontra em uma nave espacial brincando em um balanço que oscila com período constante igual a T_0 , medido no interior da nave, como mostra a figura abaixo.



A nave de Julieta passa paralelamente com velocidade $0,5c$, em que c é a velocidade da luz, por uma plataforma espacial, em relação à qual, o astronauta Romeu se encontra parado. Durante essa passagem, Romeu mede o período de oscilação do balanço como sendo T e o comprimento da nave, na direção do movimento, como sendo L .

Nessas condições, o período T , medido por Romeu, e o comprimento da nave, medido por Julieta, são respectivamente

a) $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$ e $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$

b) $\frac{2}{3}T_0\sqrt{3}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

c) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{2}{3}L\sqrt{3}$

d) $\frac{T_0\sqrt{3}}{2}$ e $\frac{L\sqrt{3}}{2}$

28. (Unicamp 2013) O prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. A velocidade da luz é $c = 3 \times 10^8$ m/s.

a) Observações anteriores sobre a expansão do universo mostraram uma relação direta entre a velocidade v de afastamento de uma galáxia e a distância r em que ela se encontra da Terra, dada por $v = Hr$, em que $H = 2,3$

$\times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ é a constante de Hubble. Em muitos casos, a velocidade v da galáxia pode ser obtida pela expressão $v = \frac{c \Delta\lambda}{\lambda_0}$, em que λ_0 é o comprimento de onda da luz emitida e $\Delta\lambda$ é o deslocamento Doppler da luz. Considerando ambas as expressões acima, calcule a que distância da Terra se encontra uma galáxia, se $\Delta\lambda = 0,092 \lambda_0$.

- b) Uma supernova, ao explodir, libera para o espaço massa em forma de energia, de acordo com a expressão $E = mc^2$. Numa explosão de supernova foram liberados $3,24 \times 10^{48} \text{ J}$, de forma que sua massa foi reduzida para $m_{\text{final}} = 4,0 \times 10^{30} \text{ kg}$. Qual era a massa da estrela antes da explosão?

29. (Ufg 2013) Em 1964, o físico britânico Peter Higgs propôs a existência de um campo, o qual, ao interagir com uma partícula, conferia a ela a sua massa. A unidade básica desse campo foi chamada de bóson de Higgs. Em julho de 2012, os cientistas do CERN (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) anunciaram terem identificado o bóson de Higgs, com uma massa de 125 GeV (gigaelétronvolt). O valor dessa massa, em kg, é de:

Dados: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

- a) $4,50 \times 10^{+24}$
- b) $6,66 \times 10^{-18}$
- c) $2,22 \times 10^{-25}$
- d) $6,66 \times 10^{-27}$
- e) $2,22 \times 10^{-34}$

30. (Upe 2013) Uma régua cujo comprimento é de 50 cm está se movendo paralelamente à sua maior dimensão com velocidade $0,6 c$ em relação a certo observador. Sobre isso, é CORRETO afirmar que o comprimento da régua, em centímetros, para esse observador vale

- a) 35
- b) 40
- c) 62,5
- d) 50
- e) 100

31. (Ita 2013) Considere as seguintes relações fundamentais da dinâmica relativística de uma partícula: a massa relativística $m = m_0\gamma$, o momentum relativístico $p = m_0\gamma v$ e a energia relativística $E = m_0\gamma c^2$, em que m_0 é a massa de repouso da partícula e $\gamma = 1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ é o fator de Lorentz. Demonstre que $E^2 - p^2c^2 = (m_0c^2)^2$ e, com base nessa relação, discuta a afirmação: “Toda partícula com massa de repouso nula viaja com a velocidade da luz c ”.

32. (Ufes 2012) No interior de um veículo espacial, encontramos dois capacitores isolados de placas finas planas paralelas, com capacitância $C_1 = 10 \text{ F}$, $C_2 = 30 \text{ F}$ e cargas $Q_1 = 1 \text{ C}$, $Q_2 = 3 \text{ C}$, respectivamente. A distância entre as placas para cada um dos capacitores é $d = 1 \text{ mm}$. Após o lançamento, esse veículo apresenta um vetor velocidade constante de módulo 36.000 km/h e de direção paralela ao vetor distância \vec{d} entre as placas. Sabendo que as placas planas paralelas dos capacitores são perpendiculares ao vetor velocidade, determine

- a) a capacitância total do sistema antes do lançamento, quando se associam os capacitores em paralelo;
- b) a tensão entre as placas do capacitor com carga Q_1 antes do lançamento;
- c) a capacitância C_2 , após o lançamento, para um observador fixo na terra;
- d) a velocidade do foguete para que a capacitância de C_1 aumente em 2%.

33. (Ufmg 2012) Considere que, no ano de 2222, um trem expresso passa por uma estação à velocidade de $0,2 c$, em que c é a velocidade da luz. Henrique está dentro desse trem, em um vagão que mede 30 m de comprimento. Quando o trem está passando pela estação, Henrique liga um *laser* situado no fundo do vagão. Esse laser emite um pulso de luz, que é refletido por um espelho posicionado na frente do vagão, retorna e atinge um detector situado junto ao *laser*.

- a) No referencial de Henrique, calcule o intervalo de tempo entre o pulso sair do *laser* e atingir o detector.
- b) Enquanto isso, Alberto, parado na estação, vê o trem passar.
Considerando essa informação, responda: qual é a velocidade do pulso de luz do *laser* medida no referencial de Alberto? Justifique sua resposta.

34. (Ufpe 2012) Com relação à teoria da relatividade especial e aos modelos atômicos podemos afirmar que:

- () A velocidade da luz no vácuo independe da velocidade da fonte de luz.
- () As leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais. A única exceção ocorre em fenômenos físicos que ocorram sob gravidade nula.
- () É impossível determinar simultaneamente a velocidade e a posição do elétron no átomo de hidrogênio.
- () No modelo de Bohr do átomo de hidrogênio o elétron não irradia quando se encontra nas órbitas estacionárias, isto é, naquelas órbitas onde o momento linear do elétron é um múltiplo inteiro da constante de Planck.
- () Para ionizar o átomo de hidrogênio, no seu estado fundamental, isto é, separar completamente o elétron do núcleo, gasta-se uma energia menor do que 10 eV.

35. (Uem 2011) Analise as alternativas abaixo e assinale o que for correto.

- 01) O segundo postulado da teoria da Relatividade Restrita afirma que a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja seu movimento ou o movimento da fonte.
- 02) A energia total relativística de um corpo é o produto da massa relativística desse corpo pela velocidade da luz no vácuo ao quadrado.
- 04) O nêutron possui uma massa aproximadamente igual a do próton, mas não possui carga elétrica.
- 08) Nas reações nucleares de transmutação, a energia total e a quantidade de movimento não são conservadas.
- 16) Os nêutrons, os prótons e os elétrons são as únicas partículas elementares da natureza.

36. (Ufpb 2011) A Relatividade Especial é uma teoria muito bem consolidada experimentalmente, inclusive tendo aplicações dela no cotidiano. Um exemplo bastante expressivo é o aparelho de navegação GPS, o qual está baseado na Relatividade Especial, e é construído com a finalidade de proporcionar orientação espacial com precisão.

Com base nos conceitos da Relatividade Especial, identifique as afirmativas corretas:

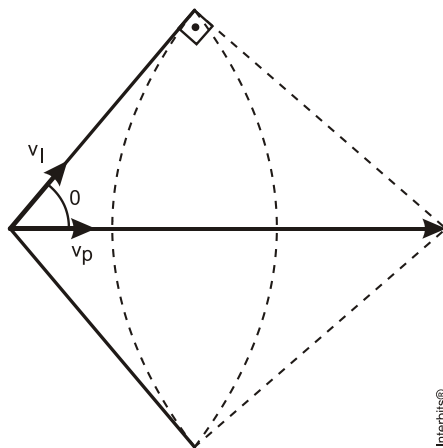
- () A velocidade da luz no vácuo é a mesma em todas as direções e em todos os referenciais inerciais e não depende do movimento da fonte ou do observador.
- () As leis da Física dependem do referencial inercial escolhido.
- () Dois observadores em movimento relativo não concordam, em geral, quanto à simultaneidade entre dois eventos.
- () O tempo próprio é o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no mesmo ponto em um determinado referencial inercial, medido nesse referencial.
- () O comprimento próprio de um objeto é aquele medido em um referencial no qual ele está em repouso.

37. (Unicamp 2011) A radiação Cerenkov ocorre quando uma partícula carregada atravessa um meio isolante com uma velocidade maior do que a velocidade da luz nesse meio. O estudo desse efeito rendeu a Pavel A. Cerenkov e colaboradores o prêmio Nobel de Física de 1958. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado na água usada para refrigerar reatores nucleares, em que ocorre a emissão de luz azul devido às partículas de alta energia que atravessam a água.

- a) Sabendo-se que o índice de refração da água é $n = 1,3$, calcule a velocidade máxima das partículas na água para que não ocorra a radiação Cerenkov. A velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

b) A radiação Cerenkov emitida por uma partícula tem a forma de um cone, como ilustrado na figura abaixo, pois a sua velocidade, v_p , é maior do que a velocidade da luz no meio, v_l . Sabendo que o cone formado tem um ângulo $\theta = 50^\circ$ e que a radiação emitida percorreu uma distância $d = 1,6$ m em $t = 12$ ns, calcule v_p .

Dados: $\cos 50^\circ = 0,64$ e $\sin 50^\circ = 0,76$.



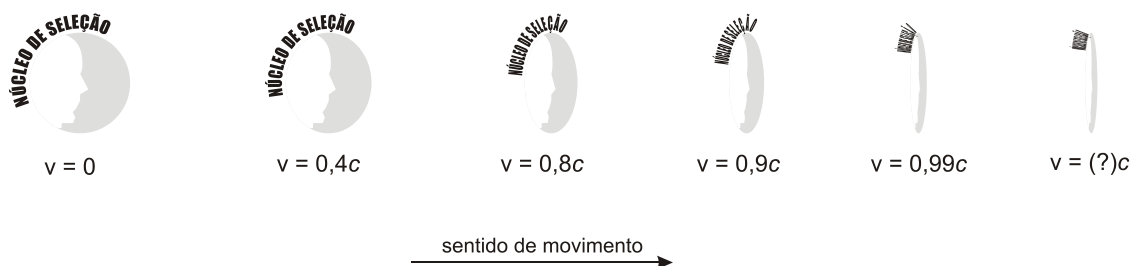
38. (Ufrgs 2011) De acordo com a Teoria da Relatividade quando objetos se movem através do espaço-tempo com velocidades da ordem da velocidade da luz, as medidas de espaço e tempo sofrem alterações. A expressão da contração espacial é dada por $L = L_0 \left(1 - v^2 / c^2\right)^{\frac{1}{2}}$, onde v é a velocidade relativa entre o objeto observado e o observador, c é a velocidade de propagação da luz no vácuo, L é o comprimento medido para o objeto em movimento, e L_0 é o comprimento medido para o objeto em repouso.

A distância Sol-Terra para um observador fixo na Terra é $L_0 = 1,5 \times 10^{11}$ m. Para um nêutron com velocidade $v = 0,6 c$, essa distância é de

- a) $1,2 \times 10^{10}$ m.
- b) $7,5 \times 10^{10}$ m.
- c) $1,0 \times 10^{11}$ m.
- d) $1,2 \times 10^{11}$ m.

e) $1,5 \times 10^{11}$ m.

39. (Ueg 2010) Observe a seguinte sequência de figuras:



Na sequência indicada, estão representadas várias imagens do logo do Núcleo de Seleção da Universidade Estadual de Goiás, cada uma viajando com uma fração da velocidade da luz (c). O fenômeno físico exposto nessa sequência de figuras é explicado

- a) pela ilusão de ótica com lentes.
- b) pela lei de proporções múltiplas.
- c) pelo efeito Compton da translação.
- d) pela teoria da relatividade especial.

40. (Ueg 2010) Qual das afirmações a seguir é correta para a teoria da relatividade de Einstein?

- a) No vácuo, a velocidade da luz depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
- b) Elétrons são expulsos de uma superfície quando ocorre a incidência de uma radiação eletromagnética (luz).
- c) Em determinados fenômenos, a luz apresenta natureza de partícula e, em outros, natureza ondulatória.
- d) Na natureza, não podem ocorrer interações de velocidades superiores à velocidade da luz c .

41. (Unicamp 2010) O GPS (*Global Positioning System*) consiste em um conjunto de satélites que orbitam a Terra, cada um deles carregando a bordo um relógio atômico. A Teoria da Relatividade Geral prevê que, por conta da gravidade, os

relógios atômicos do GPS adiantam com relação a relógios similares na Terra. Enquanto na Terra transcorre o tempo de um dia ($t_{\text{Terra}} = 1,0 \text{ dia} = 86400 \text{ s}$), no satélite o tempo transcorrido é $t_{\text{satélite}} = t_{\text{Terra}} + \Delta t$, maior que um dia, e a diferença de tempo Δt tem que ser corrigida. A diferença de tempo causada pela gravidade é dada por $(\Delta t / t_{\text{Terra}}) = (\Delta U / mc^2)$, sendo ΔU a diferença de energia potencial gravitacional de uma massa m entre a altitude considerada e a superfície da Terra, e $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, a velocidade da luz no vácuo.

a) Para o satélite podemos escrever $\Delta U = mgR_T(1 - R_T / r)$, sendo $r \approx 4R_T$ o raio da órbita, $R_T = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ o raio da Terra e g a aceleração da gravidade na superfície terrestre. Quanto tempo o relógio do satélite adianta em $t_{\text{Terra}} = 1,0$ dia em razão do efeito gravitacional?

b) Relógios atômicos em fase de desenvolvimento serão capazes de medir o tempo com precisão maior que uma parte em 10^{16} , ou seja, terão erro menor que 10^{-16} s a cada segundo. Qual é a altura h que produziria uma diferença de tempo $\Delta t = 10^{-16} \text{ s}$ a cada $T_{\text{terra}} = 1,0 \text{ s}$? Essa altura é a menor diferença de altitude que poderia ser percebida comparando medidas de tempo desses relógios. Use, nesse caso, a energia potencial gravitacional de um corpo na vizinhança da superfície terrestre.

42. (Unicamp 2009) A evolução da sociedade tem aumentado a demanda por energia limpa e renovável. Tipicamente, uma roda d'água de moinho produz cerca de 40 kWh (ou $1,4 \cdot 10^8 \text{ J}$) diários. Por outro lado, usinas nucleares fornecem em torno de 20% da eletricidade do mundo e funcionam através de processos controlados de fissão nuclear em cadeia.

a) Um sitiante pretende instalar em sua propriedade uma roda d'água e a ela acoplar um gerador elétrico. A partir do fluxo de água disponível e do tipo de roda d'água, ele avalia que a velocidade linear de um ponto da borda externa da roda deve ser $v = 2,4 \text{ m/s}$. Além disso, para que o gerador funcione

adequadamente, a frequência de rotação da roda d'água deve ser igual a 0,20 Hz. Qual é o raio da roda d'água a ser instalada? Use $\pi = 3$.

b) Numa usina nuclear, a diferença de massa Δm entre os reagentes e os produtos da reação de fissão é convertida em energia, segundo a equação de Einstein $E = \Delta mc^2$, onde $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Uma das reações de fissão que podem ocorrer em uma usina nuclear é expressa de forma aproximada por:

(1000 g de U_{235}) + (4 g de nêutrons) \rightarrow (612 g de Ba_{144}) + (378 g de Kr_{89}) + (13 g de nêutrons) + energia.

Calcule a quantidade de energia liberada na reação de fissão descrita acima.

43. (Ueg 2009) Os cientistas do mundo todo se uniram para construir o maior acelerador de partículas do mundo, o Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider). Supondo que dois prótons provenientes deste acelerador de partículas se aproximem frontalmente, cada um com velocidade $0,9c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo, encontre:

- o módulo da velocidade relativa de aproximação dos dois prótons;
- a massa relativística dos prótons acelerados em termos da sua massa de repouso.

44. (Ueg 2007) 2007: ANO HÉLIO-FÍSICO

O ano de 2007 foi o Ano Internacional Hélio-Físico e foi dedicado a eventos e estudos sobre o astro-rei. O Sol fica a 150 milhões de km da Terra. Todo o dia o sol perde 380 milhões de toneladas transformadas em energia. Seu poder de atração enfraquece gradativamente e, por isso, a Terra se afasta dele 3 mm ao ano. A temperatura da "superfície" solar é de 5,5 mil graus Celsius. A massa do Sol equivale a 330 mil vezes à da Terra e corresponde a 99% da massa do Sistema Solar. Estima-se que daqui a cerca de 5 bilhões de anos o hidrogênio solar, seu principal combustível, vai se esgotar. O Sol se converterá em outro tipo de estrela, modificando as condições físicas no Sistema Solar.

GALILEU, São Paulo, abr. 2007, p. 21. [Adaptado].

Com base no texto acima, é incorreto afirmar:

- a) O sol usa a fusão de átomos de hidrogênio para obter outro composto químico: o hélio.
- b) A energia diária transformada no Sol por causa da sua perda de massa seria suficiente para manter acesas 100 mil lâmpadas de 100 W por no máximo 300 séculos.
- c) A luz emitida pelo Sol demora cerca de 8 minutos para chegar à Terra.
- d) Sabendo-se que os pontos de ebulição da água e o ponto de fusão do gelo na escala Réaumur são, respectivamente, $80\text{ }^{\circ}\text{R}$ e $0\text{ }^{\circ}\text{R}$, a temperatura da "superfície" solar é de 4,4 mil graus Réaumur.

45. (Ueg 2005) Antes mesmo de ter uma ideia mais correta do que é a luz, o homem percebeu que ela era capaz de percorrer muito depressa enormes distâncias. Tão depressa que levou Aristóteles - famoso pensador grego que viveu no século IV a.C. e cujas obras influenciaram todo o mundo ocidental até a Renascença - a admitir que a velocidade da luz seria infinita.

GUIMARÃES, L. A.; BOA, M. F. *Termologia e óptica*. São Paulo: Harbra, 1997. p. 177

Hoje sabe-se que a luz tem velocidade de aproximadamente 300000 km/s, que é uma velocidade muito grande, porém finita. A teoria moderna que admite a velocidade da luz constante em qualquer referencial e, portanto, torna elásticas as dimensões do espaço e do tempo é:

- a) a teoria da relatividade.
- b) a teoria da dualidade onda - partícula.
- c) a teoria atômica de Bohr.
- d) o princípio de Heisenberg.
- e) a lei da entropia.

46. (Ufpe 2004) Um astronauta é colocado a bordo de uma espaçonave e enviado para uma estação espacial a uma velocidade constante $v = 0,8 c$, onde c é a velocidade da luz no vácuo. No referencial da espaçonave,

o tempo transcorrido entre o lançamento e a chegada na estação espacial foi de 12 meses. Qual o tempo transcorrido no referencial da Terra, em meses?

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[A]

A dilatação do tempo e a contração do espaço são conceitos decorrentes da Relatividade, portanto a resposta correta é da letra [A].

Resposta da questão 2:

[C]

Comparando os diâmetros através da Teoria da Relatividade, temos:

$$d = d_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$$4,8 \cdot 10^6 = d_0 \sqrt{1 - (0,6)^2}$$

$$4,8 \cdot 10^6 = d_0 \cdot 0,8$$

$$\therefore d_0 = 6 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Resposta da questão 3:

[B]

[A] Incorreta. A relatividade de Einstein provou que a luz pode se curvar ao passar próxima de um corpo celestial muito massivo como o Sol.

[B] Correta. Os patins possuem uma área de contato com o solo muito pequena, resultando em aumento de pressão no local do contato, derretendo o gelo e solidificando em seguida devido à temperatura do gelo estar abaixo do ponto de congelamento para o local.

[C] Incorreta. As ondas não transportam matéria e sim energia.

[D] Incorreta. Na eletrização por contato os dois corpos ficam com o mesmo sinal de carga, podendo ficar negativo e ceder elétrons ou ainda ficar

positivo recebendo elétrons, para os casos de corpo negativo com neutro e corpo positivo com neutro respectivamente.

[E] Incorreta. As bússolas não apontam com precisão para o norte geográfico e sim aproximadamente.

Resposta da questão 4:

[C]

[I] Verdadeira. As ondas gravitacionais se propagam com a velocidade da luz.

[II] Falsa. Nenhuma velocidade do universo supera a velocidade da luz no vácuo.

[III] Verdadeira. Tal detecção confirmou o que já estava previsto na Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

[IV] Falsa. A teoria correta foi enunciada na resposta do item acima.

Resposta da questão 5:

[E]

[I] Incorreta. A massa é relativa e depende da velocidade. Sendo m_0 a massa de repouso do objeto, v a sua velocidade e c a velocidade da luz no vácuo, a massa m do objeto é:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

[II] Correta.

[III] Incorreta. Tempo e espaço são grandezas relativas dadas, respectivamente, pelas expressões:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ e } L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

[IV] Correta.

[V] Incorreta. Massa e energia estão relacionadas pela equação de Einstein:

$$E = mc^2.$$

Resposta da questão 6:

[B]

Para calcular o tempo próprio para o astronauta dentro da nave, consideramos a Teoria da Relatividade em que trata de um tema muito pitoresco que é o paradoxo dos gêmeos. Este paradoxo fala que ao se separar os gêmeos, fazendo um viajar numa espaçonave a velocidades próximas a da luz enquanto o outro fica na Terra, quando encerrar a viagem e eles se encontrarem novamente, o tempo para quem ficou na Terra sofreu uma dilatação sentida pela idade aparente dos dois gêmeos. Esse paradoxo é conhecido como a Dilatação do Tempo.

O cálculo baseia-se na equação:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Onde,

Δt = é o intervalo de tempo no referencial da Terra

$\Delta t'$ = é o intervalo de tempo para o astronauta

v = é a velocidade da nave em relação a velocidade da luz

c = é a velocidade da luz

Então substituindo os valores fornecidos no problema, temos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow 9 = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - (0,8c)^2/c^2}} \therefore \Delta t' = 9\sqrt{0,36} = 5,4 \text{ anos}$$

Resposta da questão 7:

[A]

O termo teoria da relatividade restrita, significa que a teoria se aplica apenas a referenciais inerciais, que são aqueles em que a Primeira Lei de Newton (Princípio da Inércia) é válida.

Resposta da questão 8:

[D]

Análise das alternativas:

[A] **Falsa:** Na relatividade de Einstein, o intervalo de tempo medido em um móvel que se move a grandes velocidades é menor em relação a um observador em um referencial inercial. Logo, é necessário ter movimento relativo entre os dois observadores para haver diferenças significativas nos cronômetros.

[B] **Falsa:** Neste caso, o relógio do tripulante estaria atrasado em relação ao relógio da estação espacial.

[C] **Falsa:** As leis da Física são imutáveis para dois observadores localizados em referenciais inerciais que se movem com velocidades médias constantes.

[D] **Verdadeira.**

[E] **Falsa:** A velocidade da luz é constante no vácuo e independe dos referenciais pela qual é observada.

Resposta da questão 9:

[E]

Usando a Teoria da Relatividade para o tempo, podemos determinar a dilatação no tempo com a equação:

$\Delta t_{\text{relativ}} = \gamma \cdot \Delta t_{\text{próprio}}$, onde $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$, a constante de Lorentz.

Cálculo da constante γ de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,75}} \therefore \gamma = 2$$

Com isso o tempo relativístico passado na Terra será o dobro que o tempo próprio:

$$\Delta t_{\text{relativ}} = 2 \cdot 28 \text{ anos} \therefore \Delta t_{\text{relativ}} = 56 \text{ anos}$$

Resposta da questão 10:

[E]

Michelson-Morley tentando provar a existência do éter, depois de uma vida inteira dedicada a isso, a comunidade científica viu que o éter não existia, o que abriu grandes questionamentos que junto do problema da partição de energia, esses problemas culminaram na construção das teóricas quânticas e relativísticas.

Resposta da questão 11:

$$02 + 08 = 10.$$

[01] Falso. As leis da física não mudam quando se muda o referencial inercial.

[02] Verdadeiro. A velocidade da luz será sempre igual, essa grande descoberta foi feita por Michel e Morley, onde ambos passaram a vida tentando provar que a teoria do Éter estava certa, quando na verdade, só conseguiram mais argumentos provando que o Éter não existe.

[04] Falso. Lorentz provou o oposto disso.

[08] Verdadeiro.

[16] Falso. Na natureza ocorre o tempo todo interações com velocidade inferior a da luz.

Resposta da questão 12:

[B]

Substituindo os dados na expressão dada:

$$E = m c^2 = 9 \times 10^{-31} (3 \times 10^8)^2 = 8,1 \times 10^{-14} \text{ J.}$$

Convertendo para elétron-volt:

$$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ eV} \rightarrow 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E \rightarrow 8,1 \times 10^{-14} \text{ J} \end{array} \right\} \Rightarrow E = 5,0625 \times 10^5 \text{ eV} \cong 0,5 \times 10^6 \text{ eV} \Rightarrow \boxed{E = 0,5 \text{ MeV.}}$$

Resposta da questão 13:

$$01 + 04 + 08 = 13.$$

[01] Verdadeira. Einstein recuperou uma teoria defendida por Newton e depois colocada de lado depois do experimento de Young, de que a luz era composta de unidades fundamentais corpusculares chamadas de fótons, e que cada um transporta uma quantidade de energia equivalente ao produto da sua frequência pela constante de Planck, sendo capaz de transferir essa energia na colisão com os elétrons do material metálico.

[02] Falsa. A potência é diretamente proporcional à quantidade de elétrons arrancados do material e a frequência da onda incidente está relacionada à Energia Cinética dos elétrons ejetados do material metálico.

[04] Verdadeira. A afirmativa compreende o primeiro postulado da relatividade, em que as leis da Física são as mesmas em todos os sistemas referenciais inerciais, isto é, não existe nenhum sistema referencial inercial preponderante sobre os demais.

[08] Verdadeira. O segundo postulado da relatividade de Einstein propõe a invariância da velocidade da luz em qualquer sistema referencial inercial. Isto quer dizer que a velocidade da luz no vácuo ($c \approx 300.000 \text{ km/s}$), não depende do observador e nem da velocidade da fonte emissora de luz.

Resposta da questão 14:

[C]

A energia útil consumida pela residência em 1 ano (12 meses) é:

$$E_U = 200 \text{ kW} \cdot h \times 12 = 2400 \text{ kW} \cdot h = (2400 \times 10^3 \text{ W}) \times (3,6 \times 10^3 \text{ s}) = 8,64 \times 10^9 \text{ W} \cdot \text{s} \Rightarrow$$

$$E_U = 8,64 \times 10^9 \text{ J.}$$

Considerando o rendimento de 30%, a energia total produzida pela fissão é:

$$\eta = \frac{E_U}{E_T} \Rightarrow E_T = \frac{E_U}{\eta} = \frac{8,64 \times 10^9}{0,3} \Rightarrow \underline{E_T = 2,88 \times 10^{10} \text{ J.}}$$

Usando a relação massa-energia:

$$E_T = m_0 c^2 \Rightarrow m_0 = \frac{E_T}{c^2} = \frac{2,88 \times 10^{10}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow \boxed{m_0 = 3,2 \times 10^{-7} \text{ kg.}}$$

Resposta da questão 15:

[D]

Segundo Paul Tipler, em seu livro *Física Moderna*, 3ª edição, LTC: "Implícita na teoria da relatividade geral está a possibilidade de que uma massa acelerada emita ondas gravitacionais, da mesma forma como uma carga elétrica acelerada emite ondas eletromagnéticas."

Resposta da questão 16:

[B]

A expressão da relatividade que relaciona a contração das distâncias é também chamada de contração de Lorentz-Fitzgerald:

$$L = L_p \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde:

L = comprimento da pista no referencial do avião;

L_p = comprimento próprio da pista;

v = velocidade do avião em relação à velocidade da luz;

c = velocidade da luz.

Então,

$$L = 2,5 \text{ km} \sqrt{1 - \frac{(0,6c)^2}{c^2}} \Rightarrow L = 2,5 \text{ km} \sqrt{1 - \frac{0,36c^2}{c^2}} \Rightarrow L = 2,5 \text{ km} \sqrt{1 - 0,36}$$

$$L = 2,5 \text{ km} \sqrt{0,64} \Rightarrow L = 2,5 \text{ km} \cdot 0,8 \therefore L = 2,0 \text{ km}$$

Resposta da questão 17:

[E]

$$\frac{\lambda_{\text{aparente}}}{\lambda_{\text{real}}} = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \Rightarrow \left(\frac{400}{600}\right)^2 = \frac{c-v}{c+v} \Rightarrow$$
$$\left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{c-v}{c+v} \Rightarrow \frac{4}{9} = \frac{c-v}{c+v} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{5}{13}$$

Resposta da questão 18:

[E]

[I] Verdadeira.

[II] Verdadeira.

[III] Falsa. O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons de um metal causado pela incidência de luz ou fótons de uma determinada energia mínima equivalente à função trabalho (energia mínima para retirar os elétrons do material).

[IV] Verdadeira.

Resposta da questão 19:

[D]

O tempo total Δt para o referencial da Terra é:

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} + t_{\text{planeta}} \Rightarrow \Delta t = \frac{2 \cdot 20 \text{ al}}{0,999 c} + 5 \text{ a} \therefore \Delta t = 45,04 \text{ a}$$

A equação abaixo expressa a dilatação dos tempos da relatividade:

$$\Delta t = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \cdot \Delta t' \Rightarrow \Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$$

Então, o tempo total na visão do viajante, é dado por:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\gamma} + t_{\text{planeta}} \Rightarrow \Delta t' = \frac{40}{22,4} + 5 \therefore \Delta t' = 6,79 \text{ a}$$

Resposta da questão 20:

[A]

[I] CORRETA. Pela teoria da massa relativística, tem-se que:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Se a velocidade do corpo (v) aproximar-se da velocidade da luz (c), pode-se observar que a massa relativística tenderá ao infinito.

[II] INCORRETA. A Teoria da Relatividade Restrita não é abrangente, pois quando a velocidade do corpo é muito menor que a velocidade da luz, as equações da mecânica newtoniana são suficientes para representar os movimentos.

[III] INCORRETA. O Princípio da Impenetrabilidade diz que dois corpos distintos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo.

Resposta da questão 21:

[A]

Esta questão nos traz uma consequência da teoria da relatividade, que implica na mais famosa equação da Física de todos os tempos, a relação universal entre massa e energia de Albert Einstein.

$$E = m \cdot c^2$$

Essa equação nos diz que a massa também é uma forma de energia e vice-versa. Neste caso, uma parte da massa do explosivo utilizado deve ser responsável pela energia da explosão.

Isolando a massa, substituindo os valores e transformando calorias para joule, temos:

$$m = \frac{E}{c^2} \Rightarrow m = \frac{1 \cdot 10^{12} \text{ cal} \cdot 4,18 \frac{\text{J}}{\text{cal}}}{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} = \frac{4,18 \cdot 10^{12} \text{ J}}{9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$m = 4,64 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$$

Resposta da questão 22:

[D]

Da definição de índice de refração, obtemos a velocidade (v) de propagação da luz no tubo inferior.

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n}.$$

A velocidade da luz (v') no tubo superior é obtida relativisticamente.

$$v' = \frac{v+u}{1+\frac{uv}{c^2}} \Rightarrow v' = \frac{\frac{c}{n}+u}{1+\frac{u \frac{c}{n}}{c^2}} = \frac{\frac{c+un}{n}}{\frac{c^2+\frac{c}{n}u}{c^2}} = \frac{c+nu}{n} \times \frac{c^2}{c^2+uv} \Rightarrow v' = \frac{c+nu}{nc+u}.$$

A interferência destrutiva no ponto P' ocorre devido a diferença de velocidades de propagação da luz nos dois tubos ($v'-v$) que acarreta diferença nos tempos de propagação ($t-t'$). O menor valor de u é aquele que faz com essa diferença de tempos seja igual a meio período.

$$\left\{ \begin{array}{l} t-t' = \frac{T}{2} \Rightarrow t-t' = \frac{1/f}{2} \Rightarrow t-t' = \frac{1}{2f}. \quad (\text{I}) \\ t = \frac{L}{v} = \frac{L}{c/n} \Rightarrow t = \frac{nL}{c}. \quad (\text{II}) \\ t' = \frac{L}{v'} = \frac{L}{\frac{c+nu}{cn+u}} \Rightarrow t' = \frac{L(cn+u)}{c+nu}. \quad (\text{III}) \end{array} \right. \Rightarrow (\text{II}) \text{ e } (\text{III}) \text{ em } (\text{I}) \Rightarrow \frac{nL}{c} - \frac{L(cn+u)}{c+nu} = \frac{1}{2f} \Rightarrow$$

$$u = \frac{c^2}{2Lf(n^2-1) - cn}.$$

Resposta da questão 23:

[E]

Dados: $t = 1,5 \mu\text{s} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ s}$; $L_0 = 1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

No tempo de meia vida, o múon deve percorrer a distância relativística L .

$$\left\{ \begin{array}{l} L = v t \\ L = L_0 \sqrt{\frac{c^2 - v^2}{c^2}} \end{array} \right\} \Rightarrow L_0 \sqrt{\frac{c^2 - v^2}{c^2}} = v t \Rightarrow \frac{L_0^2}{c^2} (c^2 - v^2) = v^2 t^2 \Rightarrow$$

$$c^2 = v^2 = v^2 \left(1 + t^2 \frac{c^2}{L_0^2} \right) \Rightarrow 9 \times 10^{16} = v^2 \left(1 + 2,25 \times 10^{-12} \times \frac{9 \times 10^{16}}{10^6} \right) \Rightarrow v^2 = \sqrt{\frac{9 \times 10^{16}}{1,2025}} \Rightarrow$$

$$v = 2,7 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Resposta da questão 24:

[A]

Trata-se de uma questão sobre a Teoria da Relatividade, mais especificamente sobre a dilatação do tempo. Para isto, temos que:

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde,

$\Delta t_1 \rightarrow$ Tempo decorrido para o observador em repouso;

$\Delta t_2 \rightarrow$ Tempo decorrido dentro da aeronave;

$v \rightarrow$ Velocidade da aeronave.

Assim,

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta t_2}{\sqrt{1 - \frac{(0,995 \cdot c)^2}{c^2}}} = \frac{5}{0,01}$$

$$\Delta t_1 = 50 \text{ anos}$$

Resposta da questão 25:

[C]

Dados: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$; $t_0 = 2 \times 10^{-6}$ s; $v^2 = 0,998 c^2$.

Fazendo a correção para o tempo:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow t = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{1 - \frac{0,998 c^2}{c^2}}} = \frac{2 \times 10^{-6}}{\sqrt{20 \times 10^{-4}}} = \frac{2 \times 10^{-6}}{2\sqrt{5} \times 10^{-2}} = \frac{\sqrt{5} \times 10^{-4}}{5} \Rightarrow$$

$$t = 4,5 \times 10^{-5} \text{ s.}$$

A distância (**D**) percorrida pelo múon é:

$$D = v t \cong 3 \times 10^8 \times 4,5 \times 10^{-5} \Rightarrow \boxed{D = 13,5 \times 10^3 \text{ m.}}$$

Resposta da questão 26:

[E]

A conservação da Quantidade de Movimento ou do Momento Linear é considerada um dos alicerces fundamentais da Física pois se aplica tanto a Física Clássica quanto à Física Moderna.

Resposta da questão 27:

[A]

A dilatação do espaço-tempo é dada por:

$$T = T_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Para $v = 0,5c$, temos que:

$$T = T_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,5c}{c}\right)^2}} \Rightarrow T = T_0 \frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}}} \Rightarrow T = T_0 \frac{2}{\sqrt{3}} \therefore T = T_0 \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

Já, a contração do comprimento é dada pela equação:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Para $v = 0,5c$, temos que:

$$L = L_0 \sqrt{\frac{3}{4}} \Rightarrow L = L_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \therefore L_0 = 2L \frac{\sqrt{3}}{3}$$

Resposta da questão 28:

a) Dados: $c = 3 \times 10^8$ m/s; $H = 2,3 \times 10^{-18}$ s⁻¹; $\Delta\lambda = 0,092 \lambda_0$.

Combinando as duas expressões dadas:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = H r \\ v = \frac{c \Delta\lambda}{\lambda_0} \end{array} \right\} \Rightarrow H r = \frac{c \Delta\lambda}{\lambda_0} \Rightarrow r = \frac{c \Delta\lambda}{H \lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \cdot 0,092 \lambda_0}{2,3 \times 10^{-18} \cdot \lambda_0} \Rightarrow$$

$$r = 1,2 \times 10^{25} \text{ m.}$$

b) Dados: $E = 3,24 \times 10^{48}$ J; $m_{\text{final}} = 4 \times 10^{30}$ kg.

Calculando a massa consumida para produzir essa energia:

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{3,24 \times 10^{48}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow m = 3,6 \times 10^{31} \text{ kg.}$$

$$m_{\text{inicial}} = m_{\text{final}} + m \Rightarrow m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{30} + 3,6 \times 10^{31} = 4 \times 10^{30} + 36 \times 10^{30} \Rightarrow$$

$$m_{\text{inicial}} = 4 \times 10^{31} \text{ kg.}$$

Resposta da questão 29:

[C]

Transformando a energia do bóson de Higgs para joule:

$$E = 125 \text{ GeV} = 125 \times 10^9 \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow E = 2 \times 10^{-8} \text{ J.}$$

Da relação massa-energia de Einstein:

$$E = m c^2 \Rightarrow m = \frac{E}{c^2} = \frac{2 \times 10^{-8}}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{2 \times 10^{-8}}{9 \times 10^{16}} \Rightarrow$$

$$m = 2,22 \times 10^{-25} \text{ kg.}$$

Resposta da questão 30:

[B]

Pela Teoria da relatividade, sabemos que

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \rightarrow L = 50 \sqrt{1 - \left(\frac{0,6c}{c}\right)^2}$$

$$L = 50 \sqrt{1 - \left(\frac{0,6c}{c}\right)^2} = 50 \sqrt{1 - 0,36} = 50 \times 0,8 = 40 \text{ cm}$$

Resposta da questão 31:

Analisando o fator de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \rightarrow \gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \rightarrow \gamma^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2} \text{ (o que será utilizado em toda a resolução)}$$

Da energia relativística:

$$E = m_0 \cdot \gamma \cdot c^2 \rightarrow E^2 = m_0^2 \cdot \gamma^2 \cdot c^4 \rightarrow E^2 = m_0^2 \cdot \frac{c^2}{c^2 - v^2} \cdot c^4 \rightarrow E^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^6}{c^2 - v^2} \text{ (eq.1)}$$

Do momentum relativístico:

$$p = m_0 \cdot \gamma \cdot v \rightarrow p^2 = m_0^2 \cdot \gamma^2 \cdot v^2 \rightarrow p^2 = m_0^2 \cdot \frac{c^2}{c^2 - v^2} \cdot v^2 \rightarrow p^2 \cdot c^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^4 \cdot v^2}{c^2 - v^2} \text{ (eq.2)}$$

Subtraindo a **eq.1** da **eq.2**:

$$E^2 - p^2 \cdot c^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^6}{c^2 - v^2} - \frac{m_0^2 \cdot c^4 \cdot v^2}{c^2 - v^2} \rightarrow E^2 - p^2 \cdot c^2 = \frac{m_0^2 \cdot c^4}{c^2 - v^2} \cdot (c^2 - v^2) \rightarrow E^2 - p^2 \cdot c^2 = m_0^2 \cdot c^4$$

$$E^2 - p^2 \cdot c^2 = (m_0 \cdot c^2)^2$$

Prova da afirmação: “Toda partícula com massa de repouso nula viaja com a velocidade da luz c ”.

$$E^2 - p^2 \cdot c^2 = (m_0 \cdot c^2)^2$$

$$m_0 = 0 \rightarrow E^2 - p^2 \cdot c^2 = 0 \rightarrow E^2 = p^2 \cdot c^2 \rightarrow E = p \cdot c$$

$$E = m_0 \cdot \gamma \cdot c^2$$

$$p = m_0 \cdot \gamma \cdot V$$

$$E = p \cdot c \rightarrow m_0 \cdot \gamma \cdot c^2 = m_0 \cdot \gamma \cdot V \cdot c$$

$$V = c$$

Resposta da questão 32:

a) Dados: $C_1 = 10 \text{ F}$ e $C_2 = 30 \text{ F}$.

Como os capacitores estão em paralelo, a capacitância total é a soma das capacitâncias:

$$C_T = C_1 + C_2 = 10 + 30 \Rightarrow C_T = 40 \text{ F.}$$

b) Dados: $C_1 = 1 \text{ F}$ e $Q_1 = 1 \text{ C}$.

$$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1}{1} \Rightarrow U_1 = 1 \text{ V.}$$

c) Dados: $d = 1 \text{ mm}$; $v = 36.000 \text{ km/h} = 10^4 \text{ m/s}$. Como não foi fornecida a velocidade da luz, vamos considerá-la $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Calculemos a razão v/c :

$$\frac{v}{c} = \frac{10^4}{3 \times 10^8} = 3,3 \times 10^{-5}.$$

Essa razão mostra que a velocidade da nave é desprezível em relação à velocidade da luz, sendo, então, também desprezíveis os efeitos relativísticos. A distância relativística (d') entre as placas é praticamente igual à distância de repouso (d).

$$\left\{ \begin{array}{l} C_2 = \frac{\epsilon A}{d} \\ C'_2 = \frac{\epsilon A}{d'} \end{array} \right\} d' \cong d \Rightarrow C'_2 \cong C_2 = 30 \text{ F.}$$

d) Dados: $d = 1$ mm. Como não foi fornecida a velocidade da luz, vamos considerá-la

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Sendo d' a distância relativística para um observador na Terra (considerando o mesmo referencial do item anterior), para um aumento de 2% na capacitância de C_1 , temos:

$$C'_1 = C_1 + 2\%C_1 \Rightarrow C'_1 = \frac{102}{100}C_1 \Rightarrow C'_1 = 1,02 C_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = \frac{\varepsilon A}{d} \\ C'_1 = \frac{\varepsilon A}{d'} \end{array} \right\} \frac{\varepsilon A}{d'} = 1,02 \frac{\varepsilon A}{d} \Rightarrow \frac{d}{d'} = 1,02.$$

Da expressão de Einstein para o comprimento relativístico:

$$d' = d \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \Rightarrow d = \frac{d'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow \frac{d}{d'} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Para a variação pretendida na distância, a velocidade da nave é muito menor que a velocidade da luz, portanto:

$$\left(\frac{v}{c}\right)^2 \ll 1.$$

Podemos, então, usar a aproximação sugerida no enunciado:

$$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \approx 1 + \frac{1}{2}x^2.$$

Assim:

$$\frac{d}{d'} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \Rightarrow 1,02 = 1 + \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow 0,02 = \frac{1}{2}\left(\frac{v}{c}\right)^2 \Rightarrow 0,04 = \frac{v^2}{c^2} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{0,04 c^2} \Rightarrow v = 0,2 c = 0,2(3 \times 10^8) \Rightarrow$$

$$v = 6 \times 10^7 \text{ m/s.}$$

Resposta da questão 33:

a) Dados: $c = 3 \times 10^8$ m/s; $L = 30$ m.

De acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade da luz é a mesma em qualquer sistema de referência.

Assim:

$$L = c t \Rightarrow t = \frac{L}{c} = \frac{30}{3 \times 10^8} \Rightarrow t = 1 \times 10^{-7} \text{ s.}$$

b) Novamente, de acordo com o 2º postulado de Einstein, a velocidade do pulso de *laser*, medida no referencial de Alberto, é $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Resposta da questão 34:

V - F - V - F - F.

[V] - De acordo com o segundo postulado da teoria da relatividade restrita, a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, qualquer que seja o seu movimento ou o movimento da fonte.

[F] - De acordo com o primeiro postulado da teoria da relatividade restrita, as leis da física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referência inerciais e isso não tem exceção.

[V] - A afirmação está de acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg.

[F] - De acordo com o modelo de Bohr, as órbitas estacionárias se caracterizam por terem o momento angular, e, não, o momento linear, como citado no exercício, como múltiplo da constante de Planck.

[F] - Para separar completamente o elétron do núcleo do átomo de hidrogênio, no seu estado fundamental, é necessária uma energia maior que 13,6 eV.

Resposta da questão 35:

01 + 02 + 04 = 07.

- 01) Correto. É um postulado.
 02) Correto. $E = mC^2$.
 04) Correto. Conclusão experimental.
 08) Errado. Estas reações são feitas em sistemas isolados e conservativos.
 16) Errado. Temos ainda quarks, bósons, neutrino, pósitron, etc.

Resposta da questão 36:

V F V V V

Justificando a(s) falsa(s);

(F) As leis da Física dependem do referencial inercial escolhido.

Essa afirmativa contraria exatamente o que afirma o primeiro postulado de Einstein:

“As leis da física são as mesmas para todos os observadores em quaisquer sistemas de referência inerciais.

Resposta da questão 37:

a) Dados: $n = 1,3$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

A velocidade máxima das partículas deve ser igual à velocidade da luz na água. Da expressão do índice de refração:

$$n = \frac{c}{v_{\text{máx}}} \Rightarrow v_{\text{máx}} = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1,3} \Rightarrow v_{\text{máx}} = 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

b) Dados: $d = 1,6 \text{ m}$; $t = 12 \text{ ns} = 12 \cdot 10^{-9} \text{ s}$; $\cos 50^\circ = 0,64$.

A radiação emitida pela partícula tem a velocidade da luz no meio (v_1).

$$v_1 = \frac{d}{t} = \frac{1,6}{12 \times 10^{-9}} \Rightarrow v_1 \cong 1,33 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

Da figura dada:

$$\cos 50^\circ = \frac{v_1}{v_p} \Rightarrow v_p = \frac{1,33 \times 10^8}{0,64} \Rightarrow v_p \cong 2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Resposta da questão 38:

[D]

Aplicação direta da fórmula:

$$L = 1,5 \times 10^{11} \sqrt{1 - \frac{0,36C^2}{C^2}} = 1,5 \times 10^{11} \times 0,8 = 1,2 \times 10^{11} \text{m}.$$

Resposta da questão 39:

[D]

Como a velocidade é variável, o fenômeno é explicado pela teoria da relatividade especial.

Resposta da questão 40:

[D]

A única que tem a ver com Einstein é a letra D.

Resposta da questão 41:

a) Dados: $R_T = 6,4 \cdot 10^6 \text{m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$; $t_{\text{Terra}} = 1 \text{ dia} = 86.400 \text{ s}$.

Considerando as expressões dadas:

$$\frac{\Delta t}{t_{\text{Terra}}} = \frac{\Delta U}{m c^2} \quad \text{(I)}$$

$$\Delta U = m g R_T \left(1 - \frac{R_T}{r}\right) \quad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I), vem:

$$\frac{\Delta t}{t_{\text{Terra}}} = \frac{m g R_T}{m c^2} \left(1 - \frac{R_T}{r}\right). \text{ Como } r \cong 4 R_T, \text{ temos:}$$

$$\frac{\Delta t}{t_{\text{Terra}}} = \frac{m g R_T}{m c^2} \left(1 - \frac{R_T}{4R_T} \right) \Rightarrow \Delta t = (t_{\text{Terra}}) \frac{g R_T}{c^2} \left(\frac{3}{4} \right). \text{ Substituindo os dados:}$$

$$\Delta t = 86.400 \frac{10 \times 6,4 \times 10^6}{(3 \times 10^8)^2} \frac{3}{4} = 28.800 \times 16 \times 10^6 \times 10^{-16} \Rightarrow$$

$$\Delta t = 4,6 \times 10^{-5} \text{ s}$$

b) Dado: $\frac{\Delta t}{t_{\text{Terra}}} = 10^{-16} \text{ s}$

Usando novamente as expressões dadas:

$$\frac{\Delta t}{t_{\text{Terra}}} = \frac{\Delta U}{m c^2}.$$

Considerando que na vizinhança da Terra é: $\Delta U = m g h$, temos:

$$10^{-16} = \frac{gh}{c^2} \Rightarrow h = \frac{10^{-16} c^2}{g} \Rightarrow h = \frac{10^{-16} \times 9 \times 10^{16}}{10} \Rightarrow h = 0,9 \text{ m}$$

Resposta da questão 42:

Como a velocidade linear é constante (visto que existe uma frequência) é verdadeiro escrever:

$$v = \Delta S / \Delta t = (2 \pi r) / T = 2 \pi r f$$

$$v = 2 \pi r f$$

$$2,4 = 2 \cdot 3,14 \cdot r \cdot 0,2$$

$$2,4 = 1,2 \cdot r$$

$$r = 2,4 / 1,2 = 2 \text{ m}$$

A massa dos reagentes é $1000 + 4 = 1004 \text{ g}$

A massa dos produtos é $612 + 378 + 13 = 1003 \text{ g}$

Existe uma variação de massa igual a $1004 - 1003 = 1 \text{ g}$

Esta massa foi convertida em energia, segundo Einstein $\rightarrow E = \Delta m \cdot c^2$.

$$E = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{13} \text{ J}.$$

Resposta da questão 43:

a) De acordo com a transformada de Lorentz, quando duas partículas se deslocam em certo sistema de referência com velocidades \underline{u} e \underline{v} , não

desprezíveis em relação à velocidade da luz (c), a velocidade relativa entre

elas é v' dada por: $v' = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}}$. Nesse caso: $u = v = 0,9 c$. Assim:

$$v' = \frac{0,9c + 0,9c}{1 + \frac{(0,9c)(0,9c)}{c^2}} = \frac{1,8c}{1 + 0,81} = \frac{1,8c}{1,81} \Rightarrow$$

$$v' = 0,994c$$

b) De acordo com a equação de Einstein para massa relativística (m), sendo m_0 a massa de repouso:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(0,9c)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0,81}} = \frac{m_0}{\sqrt{0,19}} = \frac{m_0}{0,44} \Rightarrow m \cong 2,3 m_0.$$

Resposta da questão 44:

[B]

Resposta da questão 45:

[A]

Resposta da questão 46:

Como sabemos:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{C^2}}} \text{ onde: } \begin{cases} \Delta t_0 \rightarrow \text{tempo medido na nave} \\ \Delta t \rightarrow \text{tempo medido na Terra} \\ v \rightarrow \text{velocidade da nave} \\ C \rightarrow \text{velocidade da luz} \end{cases}$$

$$\Delta t = \frac{12}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{C^2}}} = \frac{12}{0,6} = 20 \text{ meses}$$

Referências Bibliográficas

[Arcenio] Arcenio, Claudia Rodrigues do Carmo. *A inclusão das tecnologias de informação e comunicação para propor uma prática significativa no ciclo de alfabetização*. Disponível em <<https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/educacao/a-inclusao-das-tecnologias-informacao-comunicacao-para-propor-pratica-significativa-ciclo-alfabetizacao.htm>> Acesso em: 10 dezembro de 2018

[Ausubel 1982] AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

[Bloom 2017] *Benjamin Bloom* in Artigos de apoio Infopédia. Porto: Porto Editora, 2003-2017. Disponível na Internet: <[https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$benjamin-bloom](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$benjamin-bloom)>. Acesso em: 05 abril de 2018.

[BNCC 2018] *Base Nacional Comum Curricular*. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf>. Acesso em 05 janeiro de 2019.

[CURRÍCULO 2012] CURRÍCULO Mínimo Física. 2012. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=c761439a-d32b-477e-b3e1-861469254f5d&groupId=91317>. Acesso em: 25 jan. 2017.

[Ferraz 2010] FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. *Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais*. 2. ed. São Carlos: Gestão e Produção, 2010. 17 v.

[FORÇA 2010] FORÇA de Coriolis. 2010.

Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap7/cap7-3.html>>. Acesso em: 25 fev. 2018.

[Halliday 2009] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física* vol. 4 - Rio de Janeiro LTC, 2009.

[Helayël 2017] HELAYËL-NETO, Jose Abadalla. *Notas de Aula de Relatividade Especial para Estudantes do PROVOC*, CBPF, Rio de Janeiro. 2017

[Hewitt 2002] HEWITT, Paul G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 685 p.

[IDEB 2018] IDEB. 2018.

Disponível em:

<http://inep.gov.br/artigo//asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/id/1511536>.

Acesso em: 21 dez. 2018

[Moran 2000] MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas: Papirus, 2000.

[Moreira 2010] MOREIRA, Marco Antonio. *O que é afinal aprendizagem significativa?* Porto Alegre: Qurrriculum, 2010. 27 p

[Nussenzveig 2011] NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica – vol 4*. São Paulo: Blucher, 2011.

[OS OBJETIVOS, 2015] OSOBJETIVOS educacionais e a taxonomia. 2015.

Disponível em: <<http://blog.brasilacademico.com/2014/04/os-objetivos-educacionais-e-taxonomia.html>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

[PCN Física] *Parâmetros Curriculares Nacional*. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 12 de agosto de 2017.

[Pelizzari 2002] PELIZZARI A.; KRIEGL M. L.; BARON M. P.; FINCK N. T. L.; DOROCINSKI S. I. *Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel*. Revista PEC, bomjesus. BR, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2002.

[Pereira 1999] EINSTEIN, A. *A teoria da relatividade especial e geral* – Traduzido por: PEREIRA, C. A. Rio de Janeiro: Contaponto, 1999.

[Pinheiro 2016] VÍDEO Aula 1 - *Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel*. Realização de Cesar Pinheiro. 2016. (73 min.), son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Kaz5PTY0CF0>>. Acesso em: 05 março de 2018.

[PRASS 2000] PRASS, Alberto Ricardo. OS FUNDAMENTOS DA TEORIADA RELATIVIDADE GERAL. 2000.

Disponível em:

<https://www.fisica.net/relatividade/teoria_de_relatividade_geral_27022000.pdf>.

Acesso em: 24 jan. 2018.

[SIMONETTI, 2012] SIMONETTI, Célia. A Taxonomia de Bloom, verbos e os processos cognitivos. 2012.

Disponível em: <<https://www.biblioteconomiadigital.com.br/2012/08/a-taxonomia-de-bloom-verbos-e-os.html>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

[TAXONOMIA, 2016] TAXONOMIA. 2016. Disponível em:

<<https://www.significados.com.br/taxonomia/>>. Acesso em: 24 jul. 2018

[Tipler 2001] TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. *Física moderna*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

[Unesco] Portal da UNESCO. *TIC na educação do Brasil*. Disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education/>> Acesso em: 12 de dezembro de 2018.

[Universia] Notícias Universia. *Vantagens e desvantagens das TIC*. Disponível em <<http://noticias.universia.com.br/educacao/noticia/2018/11/22/1162749/vantagens-desvantagens-tic.html>> Acesso em: 12 de dezembro de 2018.