



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
CRISTIANO FELISBINO PEIXOTO
MICHELLE BELMIRO ILIBIO

**OS MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA FERRAMENTA PARA
TRABALHAR OS CONCEITOS DE RELATIVIDADE ESPECIAL COM
TERCEIROS ANOS DO ENSINO MÉDIO**

TUBARÃO
2017

**CRISTIANO FELISBINO PEIXOTO
MICHELLE BELMIRO ILIBIO**

**OS MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA FERRAMENTA PARA
TRABALHAR OS CONCEITOS DE RELATIVIDADE ESPECIAL COM
TERCEIROS ANOS DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física Licenciatura da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Prof. Ms. Lizandra Botton Marion Morini.

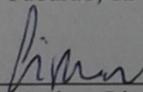
Tubarão
2017

CRISTIANO FELISBINO PEIXOTO
MICHELLE BELMIRO ILIBIO

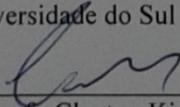
OS MAPAS CONCEITUAIS NO ENSINO DE FÍSICA: UMA FERRAMENTA PARA
TRABALHAR OS CONCEITOS DE RELATIVIDADE ESPECIAL COM
TERCEIRAS SÉRIES DO ENSINO MÉDIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Licenciado em Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Física Licenciatura da Universidade do Sul de Santa Catarina.

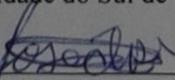
Tubarão, 12 de julho de 2017.



Professora e orientadora Lisandra Botton Marion Morini, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Clayton Kindermann, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. José dos Passos Fernandes, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos este trabalho para nossos familiares que estão presentes nos diversos momentos de nossa vida, dando-nos apoio e incentivo durante esse período de conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer obstáculos.

Aos nossos pais, pela orientação, dedicação e incentivo no decorrer do nosso curso de graduação e durante toda nossa vida.

A Ms. Marilane Mendes Cascaes da Rosa, professora da disciplina de monografia, que contribuiu para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores do curso de Física Licenciatura da Universidade do Sul de Santa Catarina que nos deram atenção e orientação e que, com certeza, contribuíram para a nossa formação pessoal e profissional nessa caminhada.

Em especial, à professora e orientadora Ms. Lizandra Botton Marion Morini pela dedicação, amizade, troca de experiências e, principalmente, pela motivação durante a elaboração deste trabalho, nossa eterna gratidão.

“Mesmo desacreditado e ignorado por todos, não posso desistir, pois para mim, vencer é nunca desistir”. (Albert Einstein).

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo verificar os mapas conceituais como ferramenta de ensino, utilizados em sala de aula para aplicação do conteúdo da relatividade especial. Para desenvolver a pesquisa, buscou-se auxílio especialmente na teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel (2005), nas técnicas de utilização dos mapas conceituais proposto por Joseph Novak (1984). São diversas as ferramentas metodológicas atuando no ensino atualmente, assim, acredita-se que a introdução da metodologia dos mapas conceituais no ensino de física como ferramenta do processo de construção de significados, aliado ao estudo da relatividade especial, podem favorecer uma organização mais ampla do conhecimento em questão e, desta forma, estimular a aprendizagem dos alunos dos terceiros anos da rede pública estadual. Portanto, este trabalho coloca-se como uma contribuição importante.

Palavras-chave: Mapas conceituais. Relatividade especial. Ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

This work aims to verify the conceptual maps as a teaching tool, used in the classroom to apply the content of special relativity. In order to develop the research, we sought help especially in the learning theory of David Ausubel (2005), in the techniques of using the concept maps proposed by Joseph Novak (1984). There are several methodological tools in teaching today, so it is believed that the introduction of the methodology of conceptual maps in the teaching of physics as a tool of the process of construction of meanings, combined with the study of special relativity, can favor a broader organization of the Knowledge and, in this way, stimulate the learning of the students of the third years of the state public network. Therefore, this work stands as an important contribution.

Keywords: Conceptual maps. Special relativity. Teaching-learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de mapa conceitual	21
Figura 2 - Constituição das proposições.....	22
Figura 3 - Sistema de referencial em S e em S'	30
Figura 4 - O experimento de Oersted	33
Figura 5 - Transformação de Lorentz	36
Figura 6 - Massa e energia do ponto de vista clássico e do ponto de vista relativístico	38

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAS	12
1.1	TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA.....	14
1.4	OBJETIVOS.....	15
1.4.1	Geral	15
1.4.2	Específicos	15
2	OS MAPAS CONCEITUAIS	16
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS.....	16
2.2	DA CONSTRUÇÃO À ESTRUTURA BÁSICA DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	20
2.3	MODOS DE APLICAÇÕES DOS MAPAS CONCEITUAIS.....	24
3	O ESTUDO DA RELATIVIDADE NA FÍSICA	28
3.1	A RELATIVIDADE NA FÍSICA CLÁSSICA: GALILEU, NEWTON E O MOVIMENTO RELATIVO DOS CORPOS.....	28
3.1.1	A eletricidade e o eletromagnetismo	32
3.2	TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NA FÍSICA MODERNA.....	35
3.3	A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO COM FUNDAMENTO NA BASE CURRICULAR COMUM (BCCN) E OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN).....	38
4	PROPOSTA DE PLANO DE AULA PARA TRABALHAR A RELATIVIDADE ESPECIAL UTILIZANDO OS MAPAS CONCEITUAIS COM AS TERCEIRAS SÉRIES DO ENSINO MÉDIO	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44
	ANEXOS	47
	ANEXO A – PRÉ-TESTE	48
	ANEXO B – MAPAS CONCEITUAIS	56

1 CONSIDERAÇÕES INICIAS

A disciplina de física, nas últimas décadas, vem recebendo a denotação de uma disciplina complicada e que não desperta interesse, de acordo com relatos de alunos, como afirma Silva (2017). A linguagem matemática aplicada pelos docentes no ensino, somada a métodos ultrapassados que, raramente, valorizam a ideia de associar o objeto de estudo à realidade, faz com que o aprendizado seja ao mesmo tempo difícil e desprazeroso, e não estimule o aluno da maneira esperada (SILVA, loc. cit.).

Sendo assim, novas abordagens vêm se fazendo necessárias para tentar mudar esse panorama, no sentido de simplificar e tornar o aprendizado de física o mais lúdico e prático possível. Ainda que seja considerada complexa por grande parte dos alunos, a física é de fundamental importância para a sociedade como um todo. Tal relevância torna a questão pertinente, principalmente no âmbito escolar, onde a maioria das pessoas tem o primeiro e, muitas vezes, único contato com a física.

A fim de contribuir com novas propostas para melhorar este cenário, a presente pesquisa tratará da possibilidade de utilização de mapas conceituais como uma abordagem alternativa a métodos antigos. Os mapas conceituais consistem em “diagramas que indicam relações entre conceitos [...] que procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou de parte dele. Ou seja, sua existência deriva da estrutura conceitual de um conhecimento”. (MOREIRA, 2016, p. 9). As possibilidades de utilização são as mais diversas e podem tratar de conceitos gerais aos mais específicos possíveis, cujas seções podem apresentar relações não exclusivamente lineares. Ainda, é possível que os mapas sofram alterações quando feitos por pessoas diferentes, o que evidencia que o resultado do mapa reflete a interpretação de quem o construiu. (Ibid., p. 10).

A construção de esquemas facilita a visão geral de um determinado assunto, que vai ficando cada vez mais específico. Seja através do uso de mapas prontos, da construção de um mapa em conjunto com os alunos ou da construção de um mapa como exercício, eles auxiliam a sumarizar muitas informações em um espaço pequeno, o que economiza trabalho para o cérebro e facilita a compreensão/reorganização de informações. Através de mapas conceituais, é possível explorar relações entre todos os conceitos, já que a leitura pode ser feita de cima para baixo e vice-versa. Essas relações ocorrem na estrutura cognitiva do aluno, e quem acaba por definir a hierarquização refletida no mapa é ele próprio (TENFEN, 2011, p. 37), o que vai de encontro às abordagens pedagógicas mais modernas, no que diz sentido à construção (e não transmissão) do conhecimento (DELVAL, 2017).

Um dos conteúdos de física trabalhados no ensino médio, mais especificamente no terceiro ano (na maioria das escolas), é a teoria da relatividade, que tem como base a ideia de que os universos não são absolutos, mas sim relativos. Essa teoria foi elaborada por Albert Einstein e é considerada uma das descobertas mais importantes do século XX. Ainda, serviu de base para outras inúmeras teorias que englobam conceitos de tempo, massa, energia, etc., e revolucionou a ciência.

De acordo com pesquisas, muitas vezes, a falta de interesse dos alunos em disciplinas como a física não ocorre pela pura falta de interesse em si, mas pela forma como é abordada em sala de aula (COELHO, 2017). Constatou-se que sim, há interesse pela parte dos alunos, já que os professores – ao menos no que diz respeito à teoria da relatividade – ouvem muitos questionamentos em relação ao tema, como cita Castilho (2005). Ainda segundo a autora, deve-se ressaltar que este é um tema recorrente em obras de ficção, que, como o próprio nome diz, são ficção, o que não os obriga a retratar a realidade, mas apenas a criar uma história lógica. Ou seja, se os alunos tomam tais obras como base para a realidade, hão de abstrair conceitos bastante equivocados. O professor, então, como mediador do conhecimento, deve ter cautela ao abordar tal assunto em sala de aula, já que uma abordagem errada pode anular os esforços em vista da realização de seu trabalho.

Tendo em vista a complexidade da teoria da relatividade e suas derivadas, é necessário cuidado ao abordá-las – assim como outras matérias de estudo dentro da física – em sala de aula, e o uso de mapas conceituais pode ser uma excelente ferramenta para tal abordagem, o que é reiterado por Moreira (2016), que cita os mapas como uma maneira de organizar ideias e explicar as inter-relações entre os itens presentes no esquema. Hipoteticamente, os novos conhecimentos explanados e sumarizados em mapas podem ser uma alternativa para facilitar a compreensão de um assunto considerado, pela maior parte dos alunos, tão complexo.

Este trabalho tratará sobre a definição de mapas conceituais e o seu uso no ensino de física, focando, especificamente, no ensino de relatividade especial no ensino médio. Para tanto, serão usados como referencial teórico, principalmente: Moreira (2016), que traz uma definição sobre mapas conceituais e as possibilidades de seu uso no âmbito didático e Castilho (2005), que trata da relatividade especial no ensino médio.

1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO DO TEMA

Os mapas conceituais no ensino de física: uma ferramenta para trabalhar os conceitos de relatividade especial com terceiros anos do ensino médio.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Como utilizar os mapas conceituais no ensino de física para trabalhar os conceitos de relatividade especial com terceiros anos do ensino médio?

1.3 JUSTIFICATIVA

Este projeto parte das constantes preocupações de como se trabalhar com a disciplina de física moderna, em particular com a matéria de relatividade especial, a qual faz parte do currículo do ensino médio da rede pública estadual.

Em primeiro plano, pode-se afirmar que distintos fatores dificultam o trabalho com a matéria de relatividade especial no ensino médio público estadual. O escasso tempo dedicado para a disciplina de física (duas aulas semanais) é um dos entraves e a ele se soma a resistência por parte dos professores “mais tradicionais” de preparar materiais e aulas que abordem este assunto de maneira mais lúdica e didática. Assim, ao tratar o tema sem uma abordagem significativa para os estudantes, os mesmos acabam apresentando dificuldades de compreensão frente aos conceitos da disciplina de física e, neste caso de estudo, ao conteúdo de relatividade especial. Objetiva-se, então, analisar, na disciplina de física, como os mapas conceituais podem contribuir como ferramenta para trabalhar os conceitos de relatividade especial com terceiras séries do ensino médio.

A matéria de relatividade especial é pouco abordada no ensino médio público, porém a experiência em sala de aula demonstra que um bom número de alunos apresenta grande curiosidade sobre o assunto. Assim, são comuns algumas perguntas: É possível viajar no tempo? O que significam os buracos de minhoca? Eles existem? Por que se diz que a Teoria da Relatividade substitui a teoria da Gravitação Universal de Newton? Isso é verdade? Como é possível que o tempo seja relativo, ou seja, que não transcorra da mesma maneira em todas as partes do Universo? Estas são algumas das indagações feitas pelos alunos ao abordar o tema da relatividade especial.

A par destas questões, acredita-se que a introdução da metodologia dos mapas conceituais no ensino de física como ferramenta do processo de construção de significados, aliado ao estudo da relatividade especial, podem favorecer uma organização mais ampla do conhecimento em questão e, desta forma, estimular a aprendizagem dos alunos dos terceiros anos da rede pública estadual. Portanto, este trabalho coloca-se como uma contribuição importante.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Geral

Analisar, na disciplina de física, como os mapas conceituais podem contribuir como ferramenta para trabalhar os conceitos de relatividade especial com terceiros anos do ensino médio.

1.4.2 Específicos

- ✓ Pesquisar sobre os mapas conceituais desde sua fundamentação e desenvolvimento teórico, seus objetivos, o processo de construção até sua estrutura básica, além dos métodos de aplicação;
- ✓ Estudar a Teoria da Relatividade na Física Clássica e a Relatividade Especial na Física Moderna;
- ✓ Elaborar abordagens sobre Relatividade Especial no Ensino Médio conforme a Base Comum Curricular Nacional (BCCN) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN);
- ✓ Propor um plano de aula para trabalhar a relatividade especial utilizando os mapas conceituais com os terceiros anos do Ensino Médio.

2 OS MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais têm sido largamente difundidos como uma ferramenta de aquisição de conhecimento (CAÑAS; CARVALHO, 2005, p.11). Segundo Lima (2004, p.135), os mapas conceituais representam uma ferramenta de organização do conhecimento, que proporcionam a representação de ideias ou conceitos sob a forma de um diagrama hierárquico, podendo ser escrito ou gráfico, com a capacidade de “indicar as relações entre os conceitos, procurando refletir a organização da estrutura cognitiva sobre um determinado assunto”.

Desde já, pergunta-se qual a importância dos mapas conceituais como ferramenta de organização de conhecimento? Encontra-se tal resposta em Peña et al. (2005, p.17-18) que resgata os ensinamentos de Ausubel, ao mencionar que o processo de ensino-aprendizagem se preocupa em como ocorrerá à incorporação da aprendizagem dos novos conhecimentos à estrutura cognitiva de uma pessoa, pois esta estrutura “é o fator que decide a respeito da significação do novo material e de sua aquisição e sua retenção. (2005, p.17).

Para Lima (2004, p.137), “uma das principais funções da mente é interpretar o significado das informações adquiridas e transformá-las em conhecimento, o que se torna mais fácil quando são apresentadas em formato gráfico”. E por que se torna mais fácil?

Ainda com Lima (2004, p.137), aprende-se que “todo conhecimento é processado e organizado pela interação da memória de curta duração com a memória de longa duração”. Ocorre que existe um determinado limite para o processamento da memória de curta duração, pois esta nos “permite processar de cinco a nove unidades de informação por vez, sendo que cada conceito pode combinar duas ou três unidades de informação”, por isso, conclui Lima (2004, p.137), por processarmos apenas a relação entre dois ou três conceitos de cada vez, o mapa conceitual “com sua característica gráfica, é um instrumento poderoso para permitir a compreensão das relações entre os conceitos e do conhecimento no todo”.

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS

De acordo com Moreira (2016, p.4), os mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são diagramas que indicam as relações entre conceitos, ou entre palavras que se usa para representar conceitos.

Embora normalmente tenham uma organização hierárquica e, muitas vezes, incluam setas, tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas

de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. [...] Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los. (MOREIRA, 2016, p.4).

A fundamentação teórica dos mapas conceituais tem como alicerce a teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel, porém este nunca falou sobre mapas conceituais. Os mapas conceituais serão utilizados como técnica em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos (MOREIRA, 2016, p.8).

Ao comentar a teoria de Ausubel (PEÑA et al., 2005, p.18), ressalta-se que este, ao analisar a realidade, verificou que os novos conhecimentos são incorporados à estrutura cognitiva das pessoas mediante duas formas: pela aprendizagem mecânica ou pela aprendizagem significativa.

Na aprendizagem mecânica não teria o aluno a intenção de associar novos conhecimentos à estrutura de conceitos pré-existentes em sua estrutura cognitiva, o que resulta em mera memorização mecânica e repetição de fatos e conceitos (PEÑA et al., 2005, p.18).

Em outras palavras, a aprendizagem mecânica é aquela na qual o sujeito memoriza conhecimentos novos como se fossem informações desnecessárias, que não lhe significam nada, mas que podem reproduzir-se em curto prazo e aplicada automaticamente em determinadas situações. Moreira (2013, p.10) acrescenta que, no decorrer desse processo, há “pouca ou nenhuma interação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios. Trata-se de uma memorização sem significado, mas que serve para ser reproduzida literalmente nas próximas horas ou, talvez, nos próximos dias. Quer dizer, a retenção é bastante baixa”.

No ambiente escolar, essa aprendizagem é conhecida como “decoreba” e é muito comum nesse ambiente. Embora sempre defenda a aprendizagem significativa, a escola, na prática, estimula a aprendizagem mecânica. O professor “dá a matéria”, os alunos decoram essa matéria, a reproduzem nas provas e a esquecem logo depois (matéria passada, matéria esquecida!) [...] Na Física e na Matemática, por exemplo, se os problemas propostos nas provas forem réplicas daqueles trabalhados em aula, não há queixas. Mas se forem variações dos problemas resolvidos em aula, os alunos têm dificuldades em resolvê-los nas provas e é comum dizerem que “a matéria não foi dada”. (MOREIRA, 2013, p.10).

Por outro lado, na aprendizagem significativa, oportuniza-se estabelecer relações entre os novos conceitos e conhecimentos já existentes no aluno, com experiências anteriores (PEÑA et al., 2005, p.19).

Na aprendizagem significativa ocorre, segundo Moreira (2013, p.11), “a incorporação de novos conhecimentos à estrutura cognitiva com significado, compreensão, capacidade de explicar, transferir, enfrentar situações novas”. Moreira nos diz que grande parte do que ocorre em sala de aula (processo ensino-aprendizagem) “situa-se na zona cinza, na zona da progressividade, da aprendizagem pelo erro, da captação de significados”. Por isso, se o ensino for “potencialmente significativo, ou seja, procurando facilitar, promover a aprendizagem significativa, o aluno, se apresentar a necessária intencionalidade, poderá progredir na direção dela”. (MOREIRA, 2013, p.11).

De forma sucinta, Pena et al. (2005, p.23) descreve que a teoria da aprendizagem significativa considera três fatores que influenciam na aprendizagem significativa: o primeiro diz respeito aos novos materiais ou informações a aprender, pois estes devem ser potencialmente significativos, para que possam ser relacionados com as ideias relevantes pré-existentes nos alunos. O segundo fator é uma observação de que a “estrutura cognitiva prévia do aluno deve possuir as ideias relevantes necessárias, para que possam relaciona-se com os novos conhecimentos”. O último fator menciona que “o aluno deve ter uma disposição significativa para a aprendizagem, o que exige uma atitude ativa”.

Na aprendizagem significativa o novo conhecimento nunca é internalizado de maneira literal, porque no momento em que passa a ter significado para o aprendiz entra em cena o componente idiossincrático da significação. Aprender significativamente implica atribuir significados e estes têm sempre componentes pessoais. Aprendizagem sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não significativa. Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. O que não significa que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, não adquire significados. Durante um certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ela. (MOREIRA, 2016, p.8).

Ausubel, ainda, distingue três tipos de aprendizagem significativa: aprendizagem de representações, aprendizagem de conceitos e aprendizagem de proposições. As duas primeiras tratam de “representações ou conceitos unitários, já na aprendizagem de proposições operam vários conceitos que se relacionam entre si e com a estrutura cognitiva do aluno para produzir um novo significado composto”. (PEÑA et al., 2005, p. 25).

A aquisição da informação nova depende em alto grau das ideias correspondentes que já existem na estrutura cognitiva, e a aprendizagem significativa dos seres humanos ocorre por meio de uma interação da nova informação com as ideias correspondentes que existem na estrutura cognitiva. (PEÑA et al., 2005, p.27).

Dessa interação irá se constituir uma assimilação de significados novos e antigos, o que possibilitará formar uma nova estrutura cognitiva diferenciada (PEÑA et al., 2005, p. 27).

A reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva são dois processos relacionados que ocorrem no curso da aprendizagem significativa. Toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará também em diferenciação progressiva adicional de conceitos e proposições. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva. É um processo cujo resultado é o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas. (MOREIRA, 2016, p.9).

De maneira geral, mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa.

A análise do currículo e o ensino sob uma abordagem ausubeliana, em termos de significados, implicam: 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino; 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino; 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz; 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos; 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem. (MOREIRA, 2016, p.9).

A técnica de elaborar mapas conceituais foi criada por Joseph D. Novak, como forma de projeção prática da teoria de aprendizagem de Ausubel. De acordo com Peña et al., Novak compreendia os mapas conceituais como recursos esquemáticos que representam um conjunto de significados conceituais incluídos em uma estrutura de proposições, ordenado de maneira hierárquica (2005, p. 39-42).

Os mapas conceituais representam as relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Já uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras, de modo a formar uma unidade semântica. “Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição”. (NOVAK; GOWIN, 1984, p.31).

Os mapas conceituais servem para tornar claro, tanto para professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica (NOVAK; GOWIN, 1984, p.31).

Na elaboração de planos de aula e organização de currículos, os mapas conceituais podem servir como uma ferramenta “para separar a informação mais significativa da trivial e para escolher os exemplos”, além disso, os mapas conceituais contribuem para um ambiente de aprendizagem de respeito mútuo, pois os estudantes são levados a entenderem o seu papel como aprendizes, o que possibilita um bom desempenho do papel do próprio professor. (NOVAK; GOWIN, 1984, p.38).

Ainda, consideram-se os mapas conceituais como meios de negociação, pois são instrumentos para negociar significados, onde para “aprender o significado de qualquer conhecimento é preciso dialogar, intercambiar, compartilhar e, às vezes, chegar a um acordo”. (PEÑA, et al., 2005, p. 43).

Nesse contexto, o professor exerce um importante papel, visto que é ele o mediador entre a estrutura conceitual da disciplina e a estrutura cognitiva do estudante, podendo, dessa forma, ser um facilitador de aprendizagem do aluno (PEÑA, et al., 2005, p. 64).

Por fim, Brum e Schuhmacher (2012, p.45) esclarecem que, na medida em que a aprendizagem significativa ocorre, os conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações, portanto, o professor deve levar em conta, ao programar o conteúdo, que as ideias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, somente então, serem progressivamente diferenciadas, em termos de detalhe e especificidade.

2.2 DA CONSTRUÇÃO À ESTRUTURA BÁSICA DOS MAPAS CONCEITUAIS

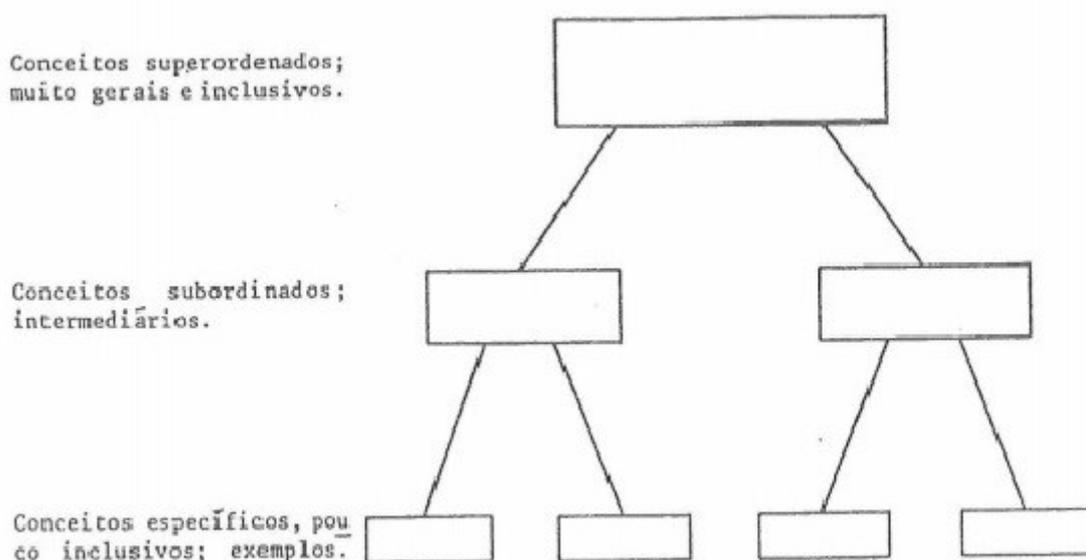
Para Moreira (2013, p.35) não existe um modelo de mapa conceitual correto para ser seguido, pois “cada mapa é um mapa, uma representação externa de quem o fez”. Por isso, “usar o ‘mapa do professor’ ou o ‘mapa do livro’ como o ‘mapa correto’ e induzir o aluno a aproximar-se dele é um mau uso do mapeamento conceitual” (MOREIRA, 2013, p.35).

No mesmo sentido, considera Tavares (2007, p.78) que “não existe um mapa certo ou mapa errado”.

Existem mapas com uma demonstração de grande conhecimento sobre as possíveis relações entre os conceitos mostrados. Dois grandes especialistas sobre um assunto dificilmente construirão mapas iguais. Talvez eles concordem em linhas gerais sobre quais são os conceitos mais importantes, mas dificilmente eles escolherão as mesmas relações entre esses conceitos. Dois especialistas não contestarão os respectivos mapas, visto que esses trabalhos serão expressões pessoais que cada um tem sobre o tema. (TAVARES, 2007, p.78).

Diversas características dos mapas conceituais são apresentadas por Maffra (2011, p.23), mas, de modo geral, a autora ressalta a presença de uma hierarquia durante sua organização, de modo a facilitar o aprendizado. Para Moreira (1992, p.3), conceitos mais gerais e inclusivos aparecem na parte superior do mapa, e, de cima para baixo, no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de generalidade, até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos, conforme se verifica na figura nº 1.

Figura 1 - Modelo de mapa conceitual



Fonte: Moreira (1992, p.3).

Ressalta Maffra (2011, p.23) que tal hierarquização promove maior assimilação de um conteúdo novo por meio da “associação com a estrutura cognitiva pré-existente do estudante”. Identificados os conceitos-chave, deve-se separá-los em mais abrangentes e menos inclusivos para, em seguida, hierarquizá-los, “organizando-os dos mais gerais aos mais específicos de modo a integrá-los numa rede de relações através de linhas acrescidas de significados enquanto associamos sua construção aos conhecimentos prévios do aluno”. (MAFFRA, 2011, p.23).

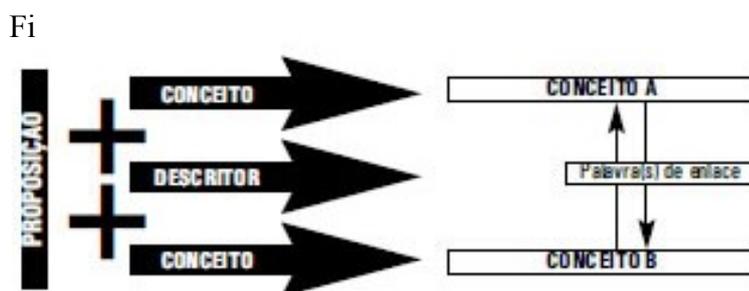
Lembra Moreira que esse é apenas um modelo e isso não quer dizer que precisam necessariamente ter este tipo de hierarquia. Porém, reforça a ideia que “sempre deve ficar claro no mapa quais os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários ou específicos”. (MOREIRA, 2016, p.5).

Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas de conceitos. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos. (MOREIRA, 2016, p.5).

É importante lembrar, segundo Maffra (2011, p.23), que nos mapas conceituais são usadas às frases de ligação, que são representadas por linhas que conectam os conceitos, e devem demonstrar as relações estabelecidas entre eles. Para Moreira (2016, p.5), uma ou duas palavras-chave escritas sobre essa linha podem ser suficientes para explicitar a natureza dessa relação e, por esta razão, o uso de palavras-chave na frase de ligação conectando conceitos é fundamental e deve ser incentivada na confecção de mapas conceituais.

Ainda com Moreira (1997, p.2), esse nos diz que “esta representação conceito + frase de ligação + conceitos, é denominada proposição”. “A proposição é composta por dois ou mais conceitos unidos pela(s) “palavra(s) de enlace”, formando uma unidade semântica altamente reveladora das conexões e das inter-relações estabelecidas”. (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p.201).

Figura 2 - Constituição das proposições



Fonte: Souza e Boruchovitch (2010, p.201).

Contribuindo com a temática, Peña et al. ressalta três características que diferenciam os mapas conceituais de outros recursos gráficos e outras técnicas cognitivas.

A primeira diz respeito à “hierarquização”, pois nos mapas conceituais, os conceitos estão dispostos por importância, sendo que os mais inclusivos ocupam os lugares superiores da estrutura gráfica. A segunda característica é a da “seleção”, pois o mapa representa uma síntese que contém o mais importante e significativo de uma mensagem, de um tema ou de um texto. A última característica refere-se ao “impacto visual”, sendo aconselhável não considerar o primeiro mapa que traçamos como definitivo, mas tomá-lo como esboço e repeti-lo para melhorar sua apresentação. (PEÑA et al., 2005, p. 46).

Lima (2004, p.10) relaciona o processo de construção do mapa conceitual com as etapas semelhantes às da análise facetada. Segundo a autora, o processo de construção dos mapas englobaria cinco etapas, a saber:

(a) seleção: escolha do assunto e identificação das palavras-chave ou frases relacionadas; (b) ordenação: organização de conceitos do mais abstrato para o mais concreto; (c) agrupamento: reunir conceitos em um mesmo nível de abstração e com forte interrelacionamento; (d) arranjo: organização de conceitos na forma de um diagrama; (e) link e preposição: conexão de conceitos com linhas e nomeação de cada linha com uma proposição. (LIMA, 2004, p.140).

Como já ressaltado anteriormente, cada estrutura de um mapa conceitual depende do seu contexto e, sendo assim, “mesmo mapas construídos com conceitos similares podem apresentar grandes variações em função do contexto a que se referem”, como consequência, aponta Cañas e Carvalho (2005, p.10), mapas conceituais construídos por pessoas “diferentes sobre um mesmo tópico são necessariamente diferentes, pois cada mapa representa o conhecimento pessoal de seus autores”.

Em particular, mapas conceituais, no estilo Novakiano, têm certas características que os tornam atraentes.

Para Cañas e Carvalho (2005, p.12):

1. MCs têm estrutura: por definição, conceitos mais gerais são apresentados ao alto, na parte superior dos mapas e conceitos mais específicos na parte inferior. Outras informações estruturais, tais como o número de conexões entrando e partindo de um conceito, podem ser usados como um indicativo do nível de importância de um determinado conceito em relação ao mapa.
2. MCs são baseados em proposições: cada par de conceitos unidos por uma frase de conexão forma uma “unidade de conhecimento”. Esta estrutura baseada em proposições distingue o MC de outras ferramentas [...], além de estabelecer um relacionamento semântico entre os conceitos.
3. MCs têm um contexto: um MC é uma representação do conhecimento de uma pessoa sobre um determinado assunto. De tal modo que, todos os conceitos e frases de conexão devem ser interpretados dentro desse contexto.
Ainda, em mapas conceituais bem construídos:
4. Os conceitos e as frases de conexão são os mais curtos possíveis, preferencialmente compostos por uma única palavra.
5. Cada par de conceitos ligados por uma frase de conexão forma uma proposição autônoma, isto é, a proposição pode ser lida independente do mapa e ainda “fazer sentido”.

6. A estrutura é hierárquica e o conceito usado como raiz do mapa é um bom indicativo do tópico do mapa.

Algumas vantagens de utilizar os mapas conceituais são ressaltadas por Lima (2004, p.140), como “a definição de uma ideia central, através do posicionamento do assunto no centro do diagrama”; “a clara indicação da importância relativa de cada ideia”; “a facilidade para acessar a informação em diferentes formatos e diferentes pontos de vista”; “a facilidade de compreensão da complexidade de relações entre as ideias”; “a facilidade para se verificar contradições, paradoxos e falhas no material organizado”.

Por fim, ressalta-se que os mapas conceituais podem ser utilizados de diversos modos, e isso será objeto de análise do próximo tópico deste trabalho.

2.3 MODOS DE APLICAÇÕES DOS MAPAS CONCEITUAIS

Mapas conceituais podem ser usados de distintas formas, a saber: como instrumentos de recurso didático; como instrumentos de avaliação ou, ainda, como recurso para análise e planejamento do currículo/conteúdo (MOREIRA, 1992, p.9).

Além das utilidades citadas acima, Lima (2004, p.140) acrescenta outras diferentes finalidades de uso para os mapas conceituais:

- (a) para gerar ideias por meio do processo de brain storming (tempestade de idéias), a partir do qual são feitas uma compilação e análise das informações e o estabelecimento de relacionamentos para formação de outros conceitos;
- (b) para desenhar uma estrutura complexa de maneira mais amigável, facilitando a estruturação de textos, documentos, hipertextos/hipermídia e sites da Web;
- (c) para estruturar e comunicar ideias, com a apresentação de informações na forma gráfica;
- (d) para auxiliar no processo de aprendizagem, explicitando graficamente a integração de conhecimentos novos e antigos, por meio de comparação de conhecimentos já existentes com novos conhecimentos que vão sendo agregados a um determinado domínio do conhecimento;
- (e) para auxiliar o entendimento ou diagnosticar uma má compreensão: através da forma gráfica é possível detectar e comparar idéias antagônicas.

Mapas conceituais como instrumentos didáticos servem para o professor como estratégias de ensino e avaliação ao possibilitar maior interesse e participação dos alunos nas atividades didáticas propostas (MÜLLER; MOREIRA, 2013, p.8).

Acrescenta Moreira (1992, p.9) que os mapas demonstram as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em sala de aula, “em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro”, os mapas explicitam as relações de “subordinação e superordenação que possivelmente afetarão a aprendizagem de conceitos”.

São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitarão aprendizagem dessas estruturas. [...] Além disso, apesar de que os mapas podem ser empregados para dar uma visão geral prévia do que vai ser estudado, eles devem ser usados preferentemente quando os alunos já têm uma certa noção do assunto. Neste caso, podem ser utilizados para integrar e reconciliar relações entre conceitos e promover a diferenciação conceitual. Os conceitos e as linhas que ligam conceitos em um mapa conceitual não terão significado para os alunos a menos que sejam explicados pelo professor e que os estudantes tenham pelo menos alguma familiaridade com a matéria de ensino. (MOREIRA, 1992, p.9).

De toda forma, o uso de mapas conceituais como instrumento didático apresenta vantagens e desvantagens, que são apresentadas por Moreira (1992, p.10). Como vantagens, o autor elenca três:

1. enfatizar a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento;
2. mostrar que os conceitos de uma certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentar esses conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilite sua aprendizagem e retenção;
3. proporcionar uma visão integrada do assunto e uma espécie de "listagem conceitual" daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais. (MOREIRA, 1992, p.10).

Dentre as possíveis desvantagens, o autor cita que se os mapas não têm significado para os alunos, “eles podem encará-lo como algo mais a ser memorizado”; outra característica é que elaborar mapas complexos ou confusos, pode dificultar a aprendizagem e retenção; uma última desvantagem é que receber mapas prontos dos professores, pode inibir a habilidade dos alunos em construir suas próprias hierarquias conceituais. (MOREIRA, 1992, p.10).

Na prática, essas desvantagens podem ser minimizadas explicando os mapas e sua finalidade, introduzindo-os quando os estudantes já têm alguma familiaridade com o assunto, chamando atenção que um mapa conceitual pode ser traçado de várias maneiras e estimulando os alunos a traçar seus próprios mapas. Além disso, o professor, ao elaborar mapas conceituais para usá-los como recurso instrucional, deve ter sempre em mente um compromisso entre clareza e completeza. Ou seja, nem todas as possíveis linhas que indicam relações entre conceitos devem ser traçadas a fim de manter a clareza do mapa. (MOREIRA, 1992, p.11).

Souza e Boruchovitch (2010, p.205) comentam que os mapas conceituais, ainda como estratégia didática, apresentam particularidades relevantes:

- (a) reduzem as preocupações referentes ao ensinar face ao compromisso com a promoção de condições e oportunidades para que os alunos aprendam;
- (b) possibilitam o rompimento com a "pedagogia magistral" (PERRENOUD, 1999, p. 58) e a assunção de uma pedagogia disposta a respeitar a lógica do educando e a favorecer o desenvolvimento de sua autonomia;
- (c) predispõem para o trabalho coletivo e colaborativo, no decorrer do qual é fundamental negociar compreensões e significados;
- (d) valorizam os conhecimentos prévios enquanto fundamento para a

apropriação e/ou ampliação de conceitos; (e) evidenciam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa processadas pelo aprendente; (f) ampliam a possibilidade de os estudantes se valerem de recursos pessoais favoráveis para refletir e compreender seus percursos de aprendizagem; (g) favorecem a consecução de aprendizagem autorregulada. (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p.205).

Seguindo, outra possibilidade de utilizar os mapas conceituais é como instrumento de avaliação. Ressalta Moreira (1992, p.12) que essa avaliação não tem o objetivo de mensurar conhecimento ou atribuir nota ao aluno, a avaliação que o autor comenta é no sentido “de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos. Para isso, se pode solicitar ao aluno que construa o mapa ou este pode ser obtido indiretamente através de suas respostas a testes escritos ou entrevistas orais”. (MOREIRA, 1992, p.12).

Nesse sentido, ao falar-se de avaliação através de mapas conceituais, a ideia é avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, “isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.” (MOREIRA, 1992, p.12).

Ao corrigir avaliações de aprendizagem mecânica, o professor identifica as respostas, certas ou erradas, e dá uma nota a partir do número de acertos. Já com o esquema conceitual é diferente, pois o professor não seleciona entre o certo e o errado, até porque não existe, mas através do esquema ele ou ela tem condições de verificar a evolução da estrutura cognitiva do aprendiz e avaliar se o aluno aprendeu significativamente, isso é, avaliar através do esquema conceitual. (MÜLLER; MOREIRA, 2013, p.8).

Ainda, conforme Souza e Boruchovitch (2010, p.213), os mapas conceituais, utilizados na qualidade de ferramenta avaliativa e observando os propósitos formativos, apresentam como características:

(a) promover feedback frequente e de alta qualidade que ative os processos cognitivos e metacognitivos dos educandos; (b) possibilitar a regulação do ensino e a conseqüente promoção de variabilidade didática; (c) favorecer a autorregulação da aprendizagem, gerando condições para os alunos responsabilizarem-se progressivamente pelas suas aprendizagens; (d) situar o erro como etapa do processo de aprendizagem, rompendo com a dicotomia saber- não saber e favorecendo a edificação de pontes entre o que se considera importante ensinar e o que é possível aprender; (e) alargar o envolvimento do educando com a gestão de seus percursos de aprendizagem, melhorando sua autoestima e ampliando sua motivação; (f) não segmentar o processo de ensino do processo avaliativo [...]. (SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010, p.213).

Por fim, Moreira aponta o uso dos mapas conceituais como recurso para análise do conteúdo, isto porque, os mapas conceituais “podem ser construídos para o conteúdo de

uma aula, de uma disciplina, de um conjunto de disciplinas ou de um programa educacional inteiro que conduza à obtenção de um diploma profissional”. (MOREIRA, 1992, p.20).

Para fazer uso dos mapas como recurso de análise dos conteúdos, tudo irá depender da “generalidade ou da especificidade dos conceitos e do nível de inclusividade dos conceitos que estão no mapa”. (MOREIRA, 1992, p.20).

Conceitos abrangentes, integradores, podem servir de base para o planejamento curricular de um determinado curso, enquanto conceitos mais específicos, pouco inclusivos, podem orientar a seleção de materiais e atividades instrucionais específicos. Mapas conceituais podem ser uma ferramenta importante para focalizar a atenção do planejador de currículo para o ensino de conceitos e para distinção entre conteúdo curricular e conteúdo instrumental. (MOREIRA, 1992, p.20).

“Um bom planejamento de currículo implica uma cuidadosa análise de quais são os conceitos centrais para o entendimento da disciplina, ou parte da disciplina, que sendo considerada, mapas conceituais podem ser extremamente úteis nessa tarefa”. (MOREIRA, 1992, p.20).

Como visto neste capítulo, sobre a importância dos mapas conceituais como instrumento de possibilidade/aplicação da teoria de aprendizagem significativa, e, tendo em vista a inserção do estudo da física moderna no currículo do Ensino Médio, o próximo capítulo irá tratar de tal assunto.

3 O ESTUDO DA RELATIVIDADE NA FÍSICA

Vive-se um período de grandes transformações científicas e tecnológicas em um curto espaço de tempo, e não raro, os adolescentes que cursam o ensino médio, de forma curiosa, demonstram interesse pelos temas que são tratados pela disciplina de física relacionada a esses avanços. Especificamente, aqueles (os alunos) estão falando da física moderna (no que se refere à mecânica quântica e a teoria da relatividade) que foram pesquisadas e desenvolvidas por cientistas a partir do início do século XX.

Estudar de maneira significativa a teoria da relatividade ligada à física moderna, nesse contexto, é responder aos próprios anseios dos alunos, e, além disso, é contribuir para democratização do próprio conhecimento.

Portanto, o presente capítulo tem por objeto debruçar-se sobre a teoria da relatividade, desde um contexto da física clássica às formulações propostas pelos cientistas da física moderna.

3.1 A RELATIVIDADE NA FÍSICA CLÁSSICA: GALILEU, NEWTON E O MOVIMENTO RELATIVO DOS CORPOS

Na física clássica, o espaço é encarado como sendo de natureza totalmente diversa do tempo. No século XVI, Galileu Galilei trata justamente da descrição dos movimentos dos corpos como descrito por uma classe especial de observadores chamados de ‘observadores inerciais’ (RICCI, 2000, p.1). Isto é, diferentes observadores, independentemente de seus movimentos relativos, concordam todos, sobre o valor (único) que atribuem à quantidade de matéria de um corpo. (PEDUZZI, 2015, p.42). Considerando-se os problemas do referencial absoluto newtoniano como um referencial privilegiado na física, é na perspectiva do movimento e do repouso relativo que se deve abordar a mecânica.

Ricci (2000, p.3), em seu texto, menciona que o princípio da Relatividade de Galileu estabelece essencialmente que as descrições do movimento feitas se utilizando referenciais inerciais são todas fisicamente equivalentes.

Assim,

no estudo de um movimento, deve-se falar desse movimento em relação a um corpo de referência, ou sistema de coordenadas, ou sistema de referência. “Chamamos de sistema de coordenadas galileano um sistema de coordenadas cujo estado de movimento é tal que, relativamente a ele, a lei da inércia é válida”. Se um sistema de coordenadas efetua um movimento uniforme e sem rotação em relação a um sistema

galileano (inercial), então esse sistema também será um sistema galileano. Em outras palavras, todos os sistemas de referência que se movem em translação relativa uniforme oferecem perspectivas equivalentes para o estudo de um sistema mecânico. (PEDUZZI, 2015, p.36).

Nesse contexto, faz-se necessário explicitar como se dá a passagem de coordenadas de um referencial inercial a outro, para, a partir daí, estabelecer as conexões existentes entre as velocidades e as acelerações que os diferentes observadores desses sistemas atribuem a um mesmo sistema físico (PEDUZZI, 2015, p.36).

O autor resgata que, para Galileu, o principal responsável pelo conceito de inércia, o qual é fundamental para a formulação das leis de Newton, não existe distinção entre o estado de repouso e o de movimento retilíneo e uniforme, assim, um corpo livre da ação de forças está ou em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, dependendo do referencial (KARAN; CRUZ; COIMBRA, 2007, p. 106).

Um exemplo é discutido no livro de Galileu, denominado “Diálogos sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo”.

A queda de uma pedra do alto do mastro de um barco que se desloca com velocidade constante, situação parafraseada da obra de Giordano Bruno, seria explicada por Simplicio, personagem que representa as ideias aristotélicas, como uma linha reta para um observador parado em relação à Terra. Logo, para ele, quando a bola atingisse o soalho do barco, sua posição seria distante da base do mastro. Porém, Sagredo, personagem representante das ideias galileanas, argumentaria que não seria possível determinar se o barco está em movimento uniforme, por qualquer alteração nas leis da física em seu interior, assim, sendo desprezada a resistência do ar, a pedra deveria cair na base do mastro independente da velocidade do barco. Esta impossibilidade de se detectar o movimento uniforme, ou seja, a não existência de um referencial privilegiado para distinguir os estados de movimento e repouso, ficou conhecida na época como princípio da relatividade do movimento ou princípio da independência dos movimentos e, atualmente, como princípio da relatividade ou lei de composição de velocidades de Galileu. (KARAN; CRUZ; COIMBRA, 2007, p. 106).

Peduzzi (2015, p.36) demonstra que na física clássica as transformações de coordenadas entre observadores inerciais podem ser obtidas com as conclusões galileanas, que sejam S e S' dois sistemas de referência inerciais que no instante $t_0 = t'_0 = 0$ possuem eixos e origens coincidentes. O sistema S' se movimenta com velocidade $\vec{v} = v \vec{i}$ em relação à S.

Para um observador O, situado na origem do referencial S, um ponto P, qualquer, tem coordenadas x, y e z. Esse mesmo ponto possui coordenadas x', y', e z' para um observador O', situado na origem de S'. Como o movimento relativo dos dois sistemas ocorre ao longo da direção X, as coordenadas de P nos dois sistemas estão relacionadas pelas equações (PEDUZZI, 2015, p. 36).

$$x' = x + vt, \quad (1)$$

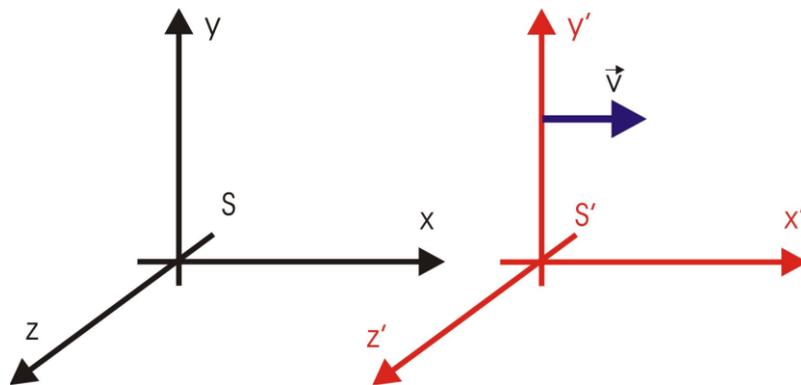
$$y' = y, \quad (2)$$

$$z' = z. \quad (3)$$

Além disso, tem-se, também:

$$t' = t, \quad (4)$$

Figura 3 - Sistema de referencial em S e em S'



Fonte: Wolff; Mors (2005, p. 14).

Constitui-se em um axioma da mecânica newtoniana a universalidade do tempo, isto é, seu caráter absoluto. Em outras palavras, a mensuração do tempo não depende do estado do observador (PEDUZZI, 2015, p. 36). Conseqüentemente, as equações mencionadas representam as transformações de Galileu do sistema S para o sistema S'. A transformação inversa pode ser obtida a partir de (1), (2), (3) e (4), substituindo v por $-v$ (já que para um observador em S' o sistema S se desloca no sentido oposto ao da orientação do semi-eixo positivo OX') e fazendo, respectivamente, a troca de x', y', z' e t' por x, y, z e t .

Assim, conforme Peduzzi (2015, p. 37):

$$x = x' + vt', \quad (5)$$

$$y = y', \quad (6)$$

$$z = z', \quad (7)$$

$$t' = t. \quad (8)$$

Segundo Wolff e Mors (2005, p.15):

Estamos fazendo $t = t'$ (os relógios estão sincronizados). Isto, porque para Galileu o tempo é absoluto, independente do referencial, o que chamamos de invariância do tempo. Isto está de acordo com o nosso senso comum, pois se não fosse assim, teríamos que sincronizar os nossos relógios constantemente. Uma consequência direta da invariância do tempo, segundo as transformações galileanas, é a invariância do comprimento. Explicitando melhor, pelas transformações de Galileu concluímos que o comprimento, assim como o tempo, é absoluto, independentemente do referencial em que for medido.

Então, para se descrever o movimento dos corpos quantitativamente, é necessário se adotar um referencial, como, por exemplo, as paredes da sala de aula, onde se pode considerar que existam três eixos imaginários que se cruzam ortogonalmente. Além do referencial, o observador necessita de um relógio para poder descrever quantitativamente o movimento. A relatividade galileana, termo utilizado por Einstein, trata da descrição de movimentos em relação a um referencial inercial, ou seja, um referencial em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (não acelerado) em relação a outro referencial (WOLFF; MORS, 2005, p. 13).

Isaac Newton desenvolveu sua obra utilizando conhecimentos deixados por outros grandes pensadores, como Galileu, Kepler, Descartes. O próprio Newton afirmou que “se enxergou mais longe era porque estava sobre ombros de gigantes”. (WOLFF; MORS, 2005, p. 16).

Em 1687 Newton publicou a sua maior obra, *Os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, contendo uma exposição da Cinemática de Galileu e do movimento dos planetas descrito por Kepler.

Podemos considerar que a essência dos *Principia* está no que hoje denominamos as três Leis de Newton: a primeira é a Lei da Inércia, segundo a qual um corpo deixado por si permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme; a segunda é a que relaciona a força resultante sobre uma partícula com sua aceleração, e é também conhecida como princípio fundamental da Dinâmica; a terceira é o conhecido princípio de ação-reação. (WOLFF; MORS, 2005, p. 16).

Para Wolff e Mors (2005, p.16), o que se pode concluir a respeito das Leis de Newton é que a massa e a aceleração de um corpo independem do sistema referencial inercial escolhido. Com isso, a força resultante, descrita pela segunda Lei de Newton, é independente do referencial em que for medida, nenhum sistema referencial inercial sendo preferencial a qualquer outro. Sendo assim, as Leis de Newton são iguais em qualquer sistema referencial inercial.

3.1.1 A eletricidade e o eletromagnetismo

Ainda fazendo parte do desenvolvimento da física clássica, a eletricidade e o magnetismo foram desenvolvidos de forma totalmente independente até o século XIX, quando Oersted verificou uma relação entre os efeitos elétricos e magnéticos (WOLFF; MORS, 2005, p.17).

Assim como a mecânica clássica, o eletromagnetismo foi uma teoria unificadora, já que Maxwell, em 1873, unificou não apenas a eletricidade ao magnetismo, mas também à óptica. Quando a Teoria Eletromagnética foi desenvolvida, existia um predomínio da mecânica newtoniana e acreditava-se que esta poderia descrever todos os fenômenos da natureza (WOLFF; MORS, 2005, p.17).

A eletricidade começou a ser estudada com os gregos. Eles observaram que alguns elementos tinham propriedades de atração e repulsão, mas não havia uma ideia entre a diferença de um fenômeno elétrico ou magnético. Foi somente no século XVI, com os trabalhos do matemático italiano G. Cardano que ficou estabelecida a diferença entre as propriedades elétricas e magnéticas (WOLFF; MORS, 2005, p.17).

Já em 1600, segundo Wolff e Mors:

William Gilbert, médico britânico, publicou o livro *De Magnete* que, além de também fazer a distinção entre os efeitos elétricos e magnéticos, diferenciou os elementos que se comportavam como o âmbar, denominando-os de elétricos e os que não se comportavam como o âmbar, o não elétrico. Também foi o precursor da ideia de campo elétrico, ao descrever como ocorria a atração ou repulsão dos corpos à distância. (WOLFF; MORS, 2005, p.18).

Ressalta-se, ainda, o cientista francês Charles du Fay (Dufay), que, segundo Wolff e Mors, em 1734,

descobriu a existência de duas espécies de eletricidade que hoje denominamos de positiva e negativa. Na época, foram denominadas de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa. Algum tempo depois, Dufay verificou que um mesmo material poderia possuir uma ou outra eletricidade, a depender da forma como era atritado. Com as contribuições de Dufay, começou-se a elaborar teorias de fluidos para a eletricidade, nas quais podemos destacar a de Benjamin Franklin ao postular a existência de um fluido único que um corpo poderia ter em excesso ou em falta. Ou a ideia de Robert Symmer, em 1759, em que a matéria teria dois tipos de fluidos e que em seu estado natural (corpo neutro) possui quantidades iguais desses dois fluidos. (WOLFF; MORS, 2005, p.18).

Para os autores (2005, p.18), essas foram algumas das contribuições relacionadas aos fenômenos elétricos que começaram a ter um grande avanço a partir do século XVIII,

pois, além de se verificar a existência de duas cargas distintas, também começaram os estudos relacionados com as cargas em movimento, o que hoje se conhece como corrente elétrica.

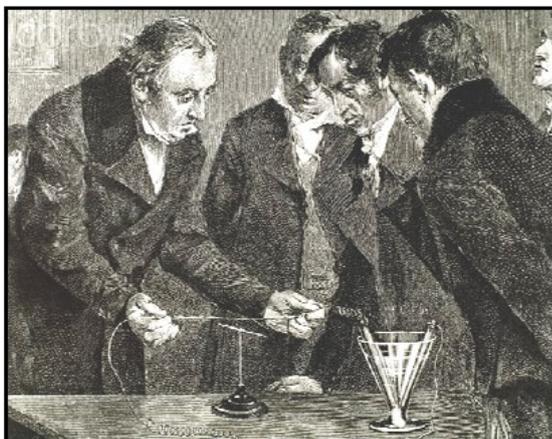
Assim como a eletricidade, o magnetismo teve suas primeiras observações na Grécia, porém, como já mencionado, aqueles não sabiam quais eram as diferenças entre os efeitos elétricos e os magnéticos. Os primeiros registros da utilização da bússola no ocidente foram realizados somente em 1180, no livro do inglês Alexander Neckan (WOLFF; MORS, 2005, p.19).

William Gilbert, em seu livro “*De Magnete*”,

descreve a relação entre atração mútua entre os ímãs e o ferro. Gilbert adotava a ideia de esfera de influência para descrever a atração nas proximidades do ímã, o que hoje conhecemos como campo magnético. Uma de suas maiores contribuições foi a observação de que a Terra se comporta como um grande ímã. Após as contribuições de Gilbert, por mais de 200 anos muito pouco se avançou no estudo do Magnetismo, diferentemente dos estudos envolvidos com a Eletricidade. (WOLFF; MORS, 2005, p.19).

Em 1819, Oersted apresentou uma conferência sobre os efeitos elétricos e magnéticos a um público que já possuía conhecimento a respeito dos fenômenos. Entre as apresentações realizadas, uma é vista como um marco no surgimento do eletromagnetismo. A experiência realizada por Oersted consistia em colocar uma bússola com seu ponteiro perpendicular a um fio por onde passava uma corrente elétrica. Com esta configuração, nada poderia ser observado de anormal. Ao colocar o ponteiro paralelamente ao fio, Oersted percebeu que, com a passagem de uma corrente, o ponteiro era desviado em noventa graus. Se o sentido da corrente fosse invertido, o ponteiro girava em sentido oposto (WOLFF; MORS, 2005, p.19).

Figura 4 - O experimento de Oersted



Fonte: Peduzzi (2015, p. 133).

Logo após seus experimentos, várias foram as descobertas que o sucederam. Wolff e Mors comentam que a primeira foi em 1820, com Ampère, ao publicar quinze artigos referentes aos fenômenos eletromagnéticos,

dentre os quais podemos destacar um instrumento para medir corrente elétrica a partir dos efeitos Eletromagnéticos e outro onde dois fios paralelos percorridos por correntes de sentidos opostos se repeliam. O estudioso também percebeu que, ao passar a corrente elétrica por espiras, estas interagem como se fossem ímãs. (WOLFF; MORS, 2005, p.20).

Em seguida, Michael Faraday, segundo Wolff e Mors (2005, p.20), já no ano de 1831, faz uma “importante descoberta que é a indução magnética”,

assim como a corrente elétrica produz campo magnético, um campo magnético variável também produz corrente elétrica em um condutor. Uma das consequências desta descoberta foi a possibilidade da construção de máquinas elétricas geradoras de corrente elétrica. Nos dias de hoje, a energia elétrica utilizada em nossas casas é gerada a partir deste princípio. (WOLFF; MORS, 2005, p.20).

Quase quarenta anos após Faraday, em 1873, citando Maxwell, a respeito de sua descoberta, diz que:

A velocidade das ondulações transversais no nosso meio hipotético, calculada a partir das experiências de Eletromagnetismo efetuadas pelo Srs. Kolhraush e Weber (311.000 km/s) tem um valor tão próximo do valor da velocidade calculado a partir de experiências de Óptica realizadas pelo Sr Fizeau que é difícil de evitar a inferência de que a luz consistirá em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos. (WOLFF; MORS, 2005, p.20).

Assim, os autores (WOLFF; MORS, 2005, p.21) concluem que Maxwell conseguiu unir três ramos do conhecimento científico da época em uma única teoria: Eletricidade, Magnetismo e Óptica. Como consequência disso, no final do século XIX, acreditava-se que pouco ou nada restava para ser adicionado ao conhecimento do eletromagnetismo e da mecânica newtoniana. Porém, ainda restavam alguns problemas, e dentre eles se pode destacar o fato de que se a luz é uma onda, necessita de um meio para se propagar, pois, segundo o conhecimento da época, todas as ondas (mecânicas) necessitavam de um meio para sua propagação.

Surgiram, então, problemas e novos questionamentos com o eletromagnetismo e a física clássica. Para Nasser (2010, p. 14):

Apesar dos avanços que a teoria de Maxwell proporcionou, algumas incompatibilidades como o fato da luz ser uma onda eletromagnética que pode se propagar no vácuo com uma velocidade invariante de $v = 3 \times 10^8$ m/s, ou seja,

independente do referencial. Esse fato contradiz a relatividade galileana, que mostra que a velocidade não pode ser a mesma medida por observadores em diferentes referenciais[...]

Ainda, ressalta Nasser (2010, p. 14) que, se aplicadas às transformações de Galileu nas equações de onda, obtidas pelas equações de Maxwell, para mudança de referencial, essas não se mantinham na forma original, ou seja, obtinham-se para referenciais distintos efeitos eletromagnéticos diferentes.

Ainda assim surgiram muitas ideias, e uma delas “foi de postular um referencial absoluto que foi chamado de éter” (NASSER, 2010, p. 18), este seria um “meio ideal com densidade zero e transparência perfeita”. “Assim, propagação da luz com uma velocidade invariante “c” seria em relação a este meio. Segundo o autor, Michelson e Morley foram dois dos cientistas que tentaram detectar esses meios, porém esse meio nunca foi detectado e sua hipótese caiu por terra”. (NASSER, 2010, p. 18).

Conclui o autor (NASSER, 2010, p. 18) que um dos cientistas que obtiveram certo sucesso foi o físico Hendrik Lorentz (1853-1928), pois, de maneira empírica, desenvolveu equações que são compatíveis com a teoria eletromagnética, que ficaram conhecidas por transformações de Lorentz. Por fim, Nasser (2010, p.18) assinala que apesar de essas equações encaixarem-se muito bem nas equações do eletromagnetismo para a mudança do referencial, Lorentz não sabia atribuir uma explicação física para elas. Essas dúvidas persistiram na comunidade científica da época, contudo só foram respondidas pelo cientista Albert Einstein (1879-1955), no início do século XX.

3.2 TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NA FÍSICA MODERNA

Para Peduzzi (2015, p.190), um dos motivos que conduz o homem ao templo da ciência, de acordo com Albert Einstein (1879-1955), é o desejo que têm de formar uma imagem simples e clara do mundo. Na visão de Einstein, ao se envolver na construção dessa imagem do mundo, o cientista que emerge da revolução newtoniana deve, inicialmente, engajar-se em uma tarefa para a qual não há qualquer método prescritivo ou caminho lógico a ser seguido: o da procura por leis e princípios gerais aplicáveis ao maior número possível de fenômenos (PEDUZZI, 2015, p. 190).

Em 1900, os cientistas achavam que as grandes descobertas da física já haviam ocorrido, e nada mais restava a ser feito. “Foi em 1905, Albert Einstein, físico alemão, publicou cinco grandes artigos, dentre os quais um deu origem à Teoria da Relatividade

Especial, sob o título *Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*". (WOLFF; MORS, 2005, p.22).

Nessas suas publicações, Einstein instituiu dois postulados:

- 1) As leis da Física são iguais em qualquer referencial inercial, ou seja, não existe referencial inercial preferencial.
- 2) A luz sempre se propaga no espaço vazio com uma velocidade definida, cujo módulo é independente do estado de movimento do corpo emissor. (WOLFF; MORS, 2005, p.22).

Sendo assim, utilizando “as condições da validade das Equações de Maxwell em qualquer referencial inercial levava à invariância da velocidade da luz, o que contradizia a Relatividade galileana”. (WOLFF; MORS, 2005, p.22).

Segundo Einstein, “a velocidade da luz é a mesma para qualquer referencial inercial, o que causou sérias modificações nas concepções de tempo e espaço aceitas até a época”. (WOLFF; MORS, 2005, p.22).

A publicação dos postulados de Einstein trouxe muitas controvérsias entre concepções aceitas até então na física clássica, fazendo uma análise nos postulados.

O primeiro postulado está associado diretamente às leis da Mecânica, Termodinâmica, Óptica e do Eletromagnetismo, ou seja, é uma generalização do princípio da Relatividade galileana e de Newton, que se aplicava apenas à Mecânica. Esta generalização de várias leis somente foi possível graças à modificação dos conceitos de espaço e tempo. (WOLFF; MORS, 2005, p.22-23).

O segundo postulado trouxe, entre algumas consequências, a de que nenhuma partícula pode se deslocar com velocidade superior à da luz (WOLFF; MORS, 2005, p.22-23).

Tomando por base esses dois postulados, passou Einstein a determinar as transformações lineares (essa hipótese foi admitida em virtude das propriedades de homogeneidade do espaço e do tempo) compatíveis com tais postulados. Einstein observou, então, que tais transformações haviam sido obtidas pelo físico holandês Hendrik Lorentz (1853-1928) em 1904, hoje conhecidas como transformações de Lorentz (BASSALO, 1997, p.184).

Figura 5 - Transformação de Lorentz

$$x' = \gamma(x + Vt); y' = y; z' = z; t' = \gamma \left(t + \frac{Vx}{c^2} \right);$$

$$\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}; \beta = \frac{V}{c} ,$$

Fonte: Bassalo (1997, p.184).

Ao explicar a imagem acima, Bassalo (1997, p.184) mostra que a transformação de Lorentz no caso do eixo dos x do sistema de referência O x y z , se deslocar com velocidade V paralelamente ao eixo dos x' do sistema de referência O' x' y' z' .

De posse dessas transformações, Einstein prosseguiu examinando o efeito que as mesmas provocam em corpos rígidos e em relógios em movimento, obtendo os seguintes resultados:

Contração do Espaço - $L = L_0 \gamma^{-1}$ significando que um bastão rígido de comprimento L_0 quando se desloca com uma velocidade V em relação a um observador em repouso, aparecera a este, ter um comprimento menor L , já que $\gamma > 1$; Dilatação do Tempo - $\tau = \gamma \tau_0$ significando que o intervalo de tempo τ entre dois eventos, medido numa serie de relógios sincronizados e em repouso, é maior que o intervalo de tempo τ_0 (chamado tempo próprio), entre esses mesmos eventos e medido por um observador solidário a um relógio que se desloca com velocidade V em relação ao conjunto de relógios referido anteriormente; Matéria Energia - $E=mc^2$, que significa dizer que a massa m de um corpo m e a medida de seu conteúdo de energia E . (BASSALO, 1997, p.184).

Após o exame das questões referentes aos referenciais inerciais, segundo Bassalo (1997, p.184), Einstein voltou sua tese central para tal teoria: “Nenhuma experiência física pode distinguir um sistema de referência inercial de outro”. Ainda, conforme o autor, influenciado por esses trabalhos,

Einstein começou a admitir que todos os sistemas de referência - e não somente os referenciais inerciais - são equivalentes para a formulação das leis da Física. Então, em 1907, teve a ideia (“a mais feliz de sua vida”, segundo armou depois) de que um observador que cai em queda livre não pode dizer, observando objetos ao seu redor, que ele esta em um campo de gravitação, e mais ainda, ele não sente seu próprio peso. Essa ideia foi formalizada por ele, em 1912, através do hoje famoso Princípio da Equivalência: - Um sistema inercial de referência S , no qual ha um campo de gravitação uniforme e no qual todas as partículas caem com uma aceleração constante - \vec{g} é equivalente a um sistema S' , não inercial, uniformemente acelerado com aceleração \vec{g} , sem campo de gravitação". Essa equivalência (que significa considerar que: $mI = mg$), “é válida para todos os fenômenos físicos”, postulou ainda Einstein. (BASSALO, 1997, p.184).

A teoria da relatividade especial modificou, também, as noções de energia, mas o que isso significa? Para Wolff e Mors (2005, p.41), “Einstein conseguiu demonstrar que a massa de um corpo pode ser considerada uma forma de energia, ou seja, massa pode ser convertida em energia e energia pode ser convertida em massa”. A figura abaixo demonstra

tal postulado da física clássica entre massa e energia, comparando com o ponto de vista relativístico.

Figura 6 - Massa e energia do ponto de vista clássico e do ponto de vista relativístico



Fonte: Caruso e Freitas (2009, p.43).

Peduzzi (2015, p.218) conclui que “a relatividade especial alterou conceitos básicos da física clássica, mas a preservou em um aspecto fundamental – as leis da natureza são válidas em sistemas de referência inerciais”. Acrescenta o autor que, para isso, o que assegura a covariância das leis são as transformações de Lorentz.

3.3 A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO COM FUNDAMENTO NA BASE CURRICULAR COMUM (BCCN) E OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN)

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017, p. 203):

Crianças, jovens e adultos são expostos cotidianamente a fenômenos complexos que podem ser tratados desde cedo na educação escolar, seja pela simples observação de uma porta que abre automaticamente, ao se interromper um feixe de luz, visível ou não, seja pela percepção de um controle remoto da TV que não funciona dentro do bolso.

Ainda, para a BNCC (BRASIL, 2017, p. 203), fenômenos aparentemente tão distintos como a colisão de veículos, a emissão de luz por átomos ou a variação das marés envolvem princípios físicos gerais, tais como a conservação da energia e da quantidade de movimento angular e linear.

Sobre o conhecimento conceitual, o documento da BNCC (BRASIL, 2017, p. 204) fala que assim que construído, pode ser “articulado com a química e a biologia - representa uma grande conquista da humanidade, cujo direito a aprendizagem de estar garantido ao longo do processo de escolarização de crianças, jovens e adultos”.

“As dimensões histórica e social nos ajudam a perceber a Física como conhecimento produzido em um contexto complexo de relações e demandas sociais, e uma via de mão dupla com o desenvolvimento tecnológico”. (BRASIL, 2017, p. 204).

Ainda, evidencia o documento da BNCC, que as “revoluções da virada do século XX trouxeram à tona limitações da física clássica, seja no que se refere aos fenômenos com velocidades próximas a da luz” (relatividade restrita/especial). (BRASIL, 2017, p. 204).

Pode-se concluir que “a física é uma construção humana e como tal deve ser apresentada. Isso implica considerar a história passada e presente, em suas diversas interpretações possíveis, como caminho para a compreensão da ciência como instituição social”. (BRASIL, 2017, p.205).

“Saber física e sobre física contribui para entender e posiciona-se criticamente frente às questões tecnocientíficas da atualidade que envolve diversos interesses e grupos sociais”. (BRASIL, 2017, p.205).

A BNCC tem como função organizar os conteúdos e saberes a serem ministrados de acordo com cada ano e segmento, para isso “procurando estabelecer um diálogo com as práticas curriculares e escolares já estabelecidas, mas percebendo a importância de se situarem os conhecimentos físicos a partir da própria natureza dos fenômenos que buscam explicar, para a organização do currículo de física propõem-se seis unidades de aprendizagem”. (BRASIL, 2017, p.207). As unidades do conhecimento de Física, segundo a BNCC (BRASIL, 2017, p.207), são movimentos em sistemas e processos naturais e tecnológicos; energia em sistemas e processos naturais e tecnológicos; eletromagnetismo em sistemas e processos naturais e tecnológicos; comunicação e informação em sistemas e processos naturais e tecnológicos; matéria e radiação em sistemas e processos naturais e tecnológicos; e terra universo e vida.

O PCN sugere um conjunto de competências a serem alcançadas para a área das ciências. Todas estão relacionadas às três grandes competências de representação e

comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural (BRASIL, 2017, p.52).

Então, porque ensinar física? Para quem ensinar física? O documento do PCN orienta que,

Quando o ensino é voltado à preparação para os exames vestibulares, é simples responder à primeira pergunta: porque é cobrado no vestibular! Outra possível resposta seria: porque estamos imersos em um mundo cercado de aparatos tecnológicos. Mas essa resposta também é limitada, uma vez que a Física atualmente ensinada na escola, via de regra, não daria condições para compreendermos as tecnologias. Seria então necessário ensinar física para entendermos as coisas que nos cercam? Pode ser que sim, mas ainda seriam coisas e não problemas. (BRASIL, 2017, p.52).

Há de se reconhecer, então, dois aspectos do ensino da Física na escola: a Física como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo (BRASIL, 2017, p.53).

O ensino de física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita (BRASIL, 2017, p.54).

O PCN (BRASIL, 2017, p.29) ainda como documento que norteia os conteúdos no ensino médio, também, estabelece competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de física, representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sócio-cultural.

Todos esses documentos são importantes para o desenvolvimento do ensino de física, “cujo pressuposto básico é tomar a aprendizagem como resultada da construção do conhecimento pelo aluno, processo em que se respeitam as ideias dos alunos prévias ao processo de aprendizagem”. (BRASIL, 2017, p. 48).

4 PROPOSTA DE PLANO DE AULA PARA TRABALHAR A RELATIVIDADE ESPECIAL UTILIZANDO OS MAPAS CONCEITUAIS COM OS TERCEIROS ANOS DO ENSINO MÉDIO

Sequência Didática

Dados de Identificação:

Unidade Escolar:

Professores: Michelle Belmiro Ilibio, Cristiano Felisbino Peixoto

Série: 3º ano

Tema: Teoria da relatividade restrita (especial)

Tempo: 4 horas-aula

Problematização inicial

Um piloto de uma nave interplanetária, deslocando-se com $v=0.9c$, muito próximo a velocidade da luz, tira uma soneca de dois minutos pelo seu relógio. Será que do ponto de vista de alguém no planeta Terra este tempo será o mesmo? E quanto ao deslocamento sofrido pelo piloto, será que é o mesmo para ele e para alguém posicionado na Terra observando o deslocamento?

Objetivo geral

Abordar, por meios de um pré-teste e de mapas conceituais, a teoria da relatividade restrita de Einstein e seus postulados.

Objetivos específicos:

- conceituar relatividade restrita;
- introduzir os postulados de Einstein sobre relatividade;
- diferenciar a mecânica clássica da mecânica Einsteiniana;
- conceituar espaço, tempo e velocidade da luz de acordo com a teoria da relatividade.

Metodologia de ensino

Iniciaremos a aula com um pré-teste sobre os conceitos de relatividade. Após o mesmo ser realizado pelos alunos, será recolhido. Na segunda aula, trabalharemos o conteúdo utilizando mapas conceituais para um melhor aproveitamento do tempo e entendimento do assunto. Após a explicação do conteúdo, será solicitado aos alunos que refaçam seus pré-testes e, logo em seguida, será feito um debate sobre as questões envolvidas no pré-teste.

Recursos e materiais:

- ✓ computador;
- ✓ data show;
- ✓ quadro branco, pincéis;
- ✓ pré-teste.

Conteúdo

O conteúdo será disponibilizado em data show (os mapas conceituais sobre teoria da relatividade estão em anexo neste documento).

Avaliação

O processo avaliativo deve ser contínuo, considerando os aspectos qualitativos e quantitativos da aprendizagem.

Instrumentos de avaliação

Participação efetiva dos alunos durante a realização do pré-teste e a explicação do conteúdo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como metodologia ao ensino de física, os mapas conceituais se mostram como uma importante ferramenta para o ensino-aprendizagem, então, para uma aprendizagem significativa, é um método bastante eficiente.

Hoje, o ensino tem um grande desafio, que é de tornar a aprendizagem uma novidade para o aluno, competindo com tecnologias cada vez mais atrativas, desta forma, entende-se que os professores precisam utilizar todas as ferramentas metodológicas para a introdução dos conteúdos. Assim, no ensino de física, também, não é diferente, é preciso inovar, diferenciar. Neste sentido, com a proposta de construção de mapas conceituais na aplicação de conteúdos, os alunos participam diretamente na elaboração, construção e conclusão desses.

Os mapas conceituais mostram-se como uma ferramenta de ensino eficiente para a otimização do tempo, visto que muitos professores não conseguem ministrar os conteúdos de física moderna durante o ano letivo, pelo fato de que são duas aulas semanais e a física moderna, geralmente, é contemplada na terceira série do ensino médio, exatamente no último bimestre.

É fato que assuntos abordados como espaço-tempo, velocidade da luz ou até mesmo a famosa frase em que o tempo é relativo. Muitas vezes, é difícil estabelecer uma conexão com o conhecimento prévio do aluno, porque são temas bastante complexos, que necessitam de uma boa abordagem do professor. Então, uma ferramenta metodológica eficiente que esse trabalho propõe são os mapas conceituais.

REFERÊNCIAS

BASSALO, José Maria Filardo. Aspectos Históricos das Bases Conceituais das Relatividades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol. 19, nº. 2, jun, 1997. Disponível em: <http://www.fisica.net/relatividade/aspectos_historicos_das_bases_conceituais_das_relatividades.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a base. Disponível em:<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em: 19 jun.2017.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**.

Disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BRUM, Wanderley Pivatto; SCHUHMACHER, Elcio. A utilização de mapas conceituais visando o ensino de história da geometria sob a luz da aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 2. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID36/v2_n3_a2012.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2017.

CAÑAS, Alberto J.; CARVALHO, Marco M. Mapas Conceituais e IA: Uma União Improvável?. **Brazilian Journal of Computers in Education**, [S.l.], v. 13, n. 1, abr. 2005. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/54>>. Acesso em: 19 mai. 2017.

CARUSO, F; FREITAS, N. Física Moderna no Ensino Médio: O Espaço-Tempo de Einstein em Tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 26, n. 2: p. 355-366, ago. 2009.

CASTILHO, Maria Inês. **Uma introdução conceitual à Relatividade Especial no ensino médio**. 2005. 143f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

COELHO, Rafael Otto. **O que leva o aluno a gostar (ou não) da aula de Física?**. Disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/coelho/artigo_espec.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2017.

DELVAL, Juan. **A escola dos nossos sonhos (entrevista)**. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/ens_a.php?t=03>. Acesso em: 19 mar. 2017.

HEINECK, Renato. O ensino de física na escola e a formação de professores: reflexões e alternativas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 226-241, ago. 1999.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior; CRUZ, Sonia Maria S.C. de Souza; COIMBRA, Débora. Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Rev. Bras. Ensino Fís.** vol.29, n.1. 2007, p.105-114.

LIMA, Gercina Ângela Borém de Oliveira. Mapa conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos. **Perspectivas em Ciência da Informação**. V. 9, nº. 2, Jul/Dez. 2004. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/355/164>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

MAFFRA, Stella Maria. **Mapas Conceituais Como Recurso Facilitador Da Aprendizagem Significativa: Uma Abordagem Prática**. 2011. 129 f. Trabalho de conclusão em Ensino de Ciências/Dissertação. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Mapas conceituais e Diagramas V: subsídios didáticos para o professor pesquisador em ensino de ciências**. 2. ed. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2016.

_____. Aprendizagem significativa em Mapas Conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, vol. 24, nº. 6. Porto Alegre: PPGEnFis/IF-UFRGS, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2017.

_____. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS. 1997.

_____. Mapas conceituais no ensino de física. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, n.3. Porto Alegre: Instituto de Física. UFRGS, 1992.

MOTTA, Alexandre de Medeiros. **O TCC e o fazer científico: da elaboração à defesa pública**. 2. ed. ver.ampl. e atual. Tubarão: Ed. Copiart, 2015.

MÜLLER, Angela Denise Eich; MOREIRA, Marco Antonio. O uso de mapas e esquemas conceituais em sala de aula. **Textos de apoio ao professor de física**. v.24, n.4. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. 53 p.

NASSER, Bruno B. **Uma introdução à relatividade especial utilizando materiais multimídias**. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

NOVAK, Joseph; GOWIN, Bob. **Aprender a aprender**. 1. ed. Lisboa: Plátano, 1984.

PEDUZZI, L. O. Q. **A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica**. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

PEÑA, Antonio, O. et al. **Mapas conceituais: uma técnica para aprender**. São Paulo: Loyola, 2005.

RICCI, Trieste F. Teoria da relatividade especial. **Textos de apoio ao professor de física**. n.11. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2000.

SILVA, Marco A. **O ensino de física para alunos do ensino médio.** Disponível em: <<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/o-ensino-fisica-para-alunos-ensino-medio.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

SOUZA, Nadia Aparecida de; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. **Educ. rev.**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 195-217, Dez. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-46982010000300010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 mai. 2017.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição.** vol 12: p.72-85. 2007. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

TENFEN, Danielle Nicolodelli. **Mapas conceituais como ferramentas para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da Física.** 2011. 206f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

WOLFF, Jeferson Fernando de Souza; MORS, Paulo Machado. Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein. **Textos de apoio ao professor de física.** v.16, n.5. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2005.

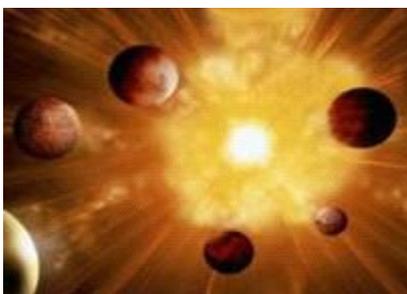
ANEXOS

ANEXO A – Pré-teste

TESTE SOBRE CONCEITOS ENVOLVIDOS NA RELATIVIDADE ESPECIAL

Em todas as questões deste teste deve-se levar em consideração os conceitos que você conhece sobre relatividade especial. Mesmo que esses conceitos não tenham sido trabalhados em sala de aula, você já deve ter, em algum momento, deparando-se com as teorias de Einstein quando se tratam do espaço, tempo, velocidade, energia e massa.

1) (CFT-CE) Em 2005, Ano Mundial da Física, comemora-se o centenário da Teoria da Relatividade de Albert Einstein. Entre outras consequências, esta teoria poria fim à ideia do éter, meio material necessário, semelhantemente ao som, através do qual a luz se propagava.



O jargão popular “tudo é relativo” certamente não se deve a ele, pois seus postulados estão fundamentados em algo absoluto: a velocidade da luz no vácuo – 300.000 km/s.

Hoje sabe-se que:

- I. O som propaga-se no vácuo.
- II. A luz propaga-se no vácuo.
- III. A velocidade da luz no vácuo é a velocidade limite do universo.

É (são) verdadeira(s):

- a) todas
- b) nenhuma
- c) somente II
- d) II e III
- e) somente III

2) João viaja em sua nave com velocidade de $0,7c$, em que c é a velocidade da luz. Ao aproximar-se de um planeta habitado, envia um pulso luminoso em direção ao planeta. Com base nessas informações, é correto afirmar que a velocidade do pulso medida por João é de:

- a) $0,7c$.

b) 1,0 c.

c) 0,3 c.

d) 1,7 c.

Qual a velocidade que o pulso chega ao planeta?

a) 0,7 c.

b) 1,0 c.

c) 0,3 c.

d) 1,7 c.

3) (UFRN-RN) A teoria da Relatividade Especial prediz que existem situações nas quais dois eventos que acontecem em instantes diferentes, para um observador em um dado referencial inercial, podem acontecer no mesmo instante, para outro observador que está em outro referencial inercial. Ou seja, a noção de simultaneidade é relativa e não absoluta.



A relatividade da simultaneidade é consequência do fato de que:

a) a teoria da Relatividade Especial só é válida para velocidades pequenas em comparação com a velocidade da luz.

b) a velocidade de propagação da luz no vácuo depende do sistema de referência inercial em relação ao qual ela é medida.

c) a teoria da Relatividade Especial não é válida para sistemas de referências inerciais.

d) a velocidade de propagação da luz no vácuo não depende do sistema de referência inercial em relação ao qual ela é medida.

4) (UFRN) Nos dias atuais, há um sistema de navegação de alta precisão que depende de satélites artificiais em órbita em torno da Terra. Para que não haja erros significativos nas posições fornecidas por esses satélites, é necessário corrigir relativisticamente o intervalo de tempo medido pelo relógio a bordo de cada um desses satélites. A Teoria da Relatividade Especial prevê que, se não for feito esse tipo de correção, um relógio a bordo não marcará o mesmo intervalo de tempo que outro relógio em repouso na superfície da Terra, mesmo

sabendo-se que ambos os relógios estão sempre em perfeitas condições de funcionamento e foram sincronizados antes do satélite se lançado.



Se não for feita a correção relativística para o tempo medido pelo relógio de bordo:

- a) ele se adiantará em relação ao relógio em Terra enquanto ele for acelerado em relação à Terra.
- b) ele ficará cada vez mais adiantado em relação ao relógio em Terra.
- c) ele atrasará em relação ao relógio em Terra durante metade de sua órbita e se adiantará durante a metade da outra órbita.
- d) ele ficará cada vez mais atrasado em relação ao relógio em Terra.

5) (UEPB-PB) A relatividade proposta por Galileu e Newton na Física Clássica é reinterpretada pela Teoria da Relatividade Restrita, proposta por Albert Einstein (1879-1955) em 1905, que é revolucionária porque mudou as ideias sobre o espaço e o tempo, uma vez que a anterior era aplicada somente a referenciais inerciais. Em 1915, Einstein propôs a Teoria Geral da Relatividade válida para todos os referenciais (inerciais e não inerciais).

Ainda acerca do assunto tratado no texto, resolva a seguinte situação-problema: Considere uma situação “fictícia”, que se configura como uma exemplificação da relatividade do tempo.

Um grupo de astronautas decide viajar numa nave espacial, ficando em missão durante seis anos, medidos no relógio da nave.

Quando retornam a Terra, verifica-se que aqui se passaram alguns anos.

Considerando que c é a velocidade da luz no vácuo e que a velocidade média da nave é $0,8c$, é correto afirmar que, ao retornarem a Terra, se passaram:

- a) 20 anos
- b) 10 anos
- c) 30 anos
- d) 12 anos
- e) 6 anos

6) O conceito de éter surgiu com Aristóteles, significando uma espécie de fluido sutil e rarefeito que preenchia o espaço e envolvia a Terra. Esse conceito evoluiu para representar um referencial privilegiado, a partir do qual se poderia descrever toda a Física, inclusive seria o meio material no qual se propagariam as ondas eletromagnéticas (a luz). No entanto, as experiências de Michaelson-Morley, realizadas em 1887, mostraram a inconsistência desse conceito, uma vez que seus resultados implicavam que ou a Terra estava sempre estacionária em relação ao éter ou a noção de que o éter representava um sistema de referência absoluto era errônea, devendo, portanto, ser rejeitada.

As inconsistências do conceito de éter levaram Einstein a elaborar a teoria de que a velocidade da luz:

- a) é constante para qualquer observador e dependente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- b) é constante para qualquer observador e independente de qualquer movimento da fonte ou do observador.
- c) é constante e dependente do observador, porém independente de qualquer movimento relativo da fonte.
- d) é constante e independente do observador, porém dependente de qualquer movimento relativo da fonte.

7) (UNISINOS-RS) Segundo a Teoria da Relatividade de Einstein, uma pessoa que viaja a uma velocidade próxima à da luz, vista por outra considerada em repouso.

I – envelhecerá menos rapidamente.

II – terá um tamanho menor.

III – terá uma massa maior.

Das afirmativas acima,

- a) apenas a I é correta
- b) apenas a II é correta
- c) apenas I e II são corretas
- d) apenas I e III são corretas
- e) I, II e III são corretas.

8) (UNIFOR-CE) Albert Einstein revolucionou o modo de pensar o espaço e o tempo ao lançar, no início do século XX, as bases da Teoria da Relatividade.

Analise as seguintes afirmações:

I. A Mecânica Clássica não impõe limite para o valor da velocidade que uma partícula pode adquirir, pois enquanto durar a ação de uma força sobre ela haverá aceleração e sua velocidade poderá aumentar indefinidamente.

II. Corpos em movimento, com velocidades próximas à da luz, sofrem contrações em suas três dimensões em relação às que possuem quando em repouso.

III. A velocidade de um objeto, em relação a qualquer referencial, não pode superar a velocidade da luz no vácuo.

É correto o que se afirma SOMENTE em

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) I e III

9) (UNIFOR-CE) Sobre a Teoria da Relatividade são feitas as afirmações abaixo.

I. Corpos em movimento sofrem contração na direção desse movimento em relação ao tamanho que possuem quando medidos em repouso.

II. Um relógio em movimento funciona mais lentamente que o relógio em repouso, para um observador em repouso.

III. A velocidade de qualquer objeto em relação a qualquer referencial não pode ser maior que a velocidade da luz no vácuo.

Está correto o que se afirma em

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

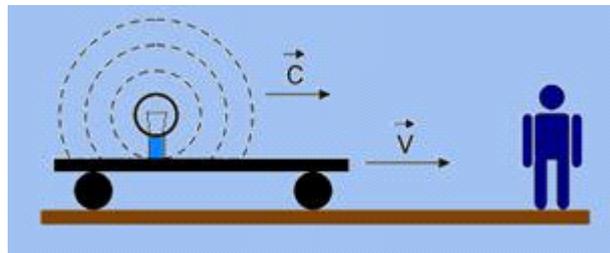
10) (UNIFOR-CE) Uma partícula, cuja massa de repouso é M , é acelerada a partir do repouso até atingir 60% da velocidade de propagação da luz no vácuo.

Na situação final, a massa da partícula será igual a

- a) $0,60M$
- b) $1,0M$

- c) $1,25M$
- d) $1,4M$
- e) $1,5M$

11) (UFV-MG) A figura a seguir mostra um vagão aberto que se move com velocidade de módulo V em relação a um sistema de referência fixo no solo. Dentro do vagão existe uma lâmpada que emite luz uniformemente em todas as direções. Em relação ao vagão, o módulo da velocidade de propagação da luz é c . Para uma pessoa parada em relação ao solo, na frente do vagão, o módulo da velocidade de propagação da luz emitida pela fonte será:



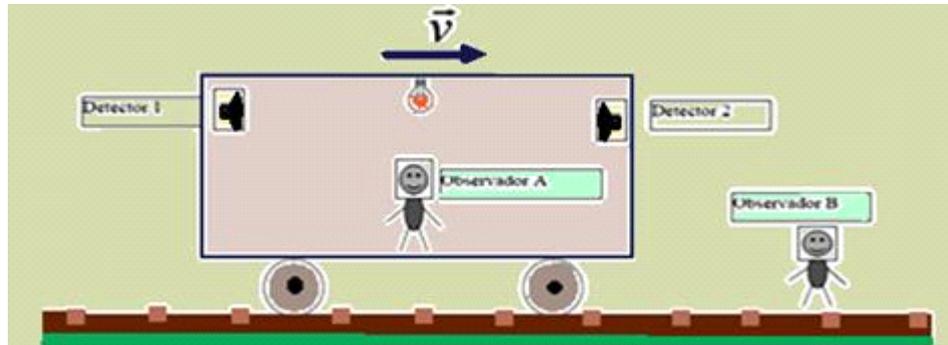
- a) c
- b) $c + V$
- c) $c - V$
- d) $(c + V) / (c - V)$

12) (UFC-CE) Em relação a um sistema de referência em repouso, dois elétrons movem-se em sentidos opostos, ao longo da mesma reta, com velocidades de módulos iguais a $c/2$. Determine a velocidade relativa de aproximação entre os elétrons. Em seguida, assinale a alternativa que apresenta corretamente essa velocidade.



- a) $c/2$
- b) $3c/4$
- c) $3c/5$
- d) $4c/5$
- e) c

13) (UFCG-PB) Um carro viajando com velocidade constante comparável à da luz possui uma fonte de luz no seu interior a igual distância dos detectores 1 e 2 localizados em suas extremidades como mostra a figura.



Num dado instante a fonte emite um pulso de luz. Os observadores inerciais A e B, encontram-se no carro e na superfície da Terra, respectivamente. De acordo com a Teoria Especial da Relatividade, pode-se afirmar, EXCETO, que

- para o observador A, a luz chega simultaneamente aos detectores.
- para o observador B, a luz não chega simultaneamente aos detectores.
- para o observador B, a luz chega primeiro ao detector 1.
- a simultaneidade é um conceito relativo, depende do observador.
- tanto para o observador A quanto para o observador B, a luz sempre chegará simultaneamente aos detectores.

14) (UEG-GO) Qual das afirmações a seguir é correta para a teoria da relatividade de Einstein?

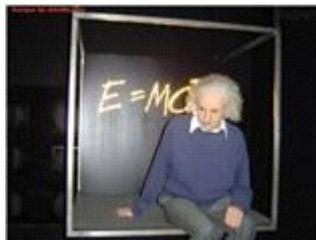
- No vácuo, a velocidade da luz depende do movimento da fonte de luz e tem igual valor em todas as direções.
- Elétrons são expulsos de uma superfície quando ocorre a incidência de uma radiação eletromagnética (luz).
- Em determinados fenômenos, a luz apresenta natureza de partícula e, em outros, natureza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

15) (UEPB-PB) Através da relação $E_c = \Delta m \cdot c^2$, fica claro que existe uma equivalência entre a variação de massa de um corpo e a energia cinética que ele ganha ou perde. Sendo assim, é correto afirmar que:

$$E_c = \Delta m \cdot c^2$$

- a) independente de ocorrer uma mudança na energia de um corpo, sua massa permanece a mesma.
- b) quando a energia cinética de um corpo diminui, há um correspondente acréscimo de massa deste corpo.
- c) quando um corpo adquire energia cinética sua massa não sofre um acréscimo.
- d) quando um corpo adquire energia cinética sua massa sofre uma diminuição.
- e) quando a energia cinética de um corpo diminui, há uma correspondente diminuição de massa deste corpo.

16) (UEPB-PB) Adotando-se que a velocidade da luz no vácuo vale $3 \cdot 10^8$ m/s, a energia contida em uma massa de 1 grama



vale:

- a) $9 \cdot 10^{13}$ J
- b) $4,5 \cdot 10^{13}$ J
- c) $9 \cdot 10^{16}$ J
- d) $4,5 \cdot 10^{16}$ J
- e) $4,5 \cdot 10^{19}$ J

ANEXO B – Mapas conceituais

