



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

JOSUÉ DUDA

**APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DE
CINEMÁTICA E TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO**

PONTA GROSSA
2020

JOSUÉ DUDA

**APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM
DE CINEMÁTICA E TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

**PONTA GROSSA
2020**

D844 Duda, Josué
Aplicação e análise de uma sequência didática para abordagem de
cinemática e teoria da relatividade restrita no ensino médio / Josué Duda.
Ponta Grossa, 2020.
323 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de
Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta
Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti.

1. Movimento clássico. 2. Movimento relativístico. 3. Mediação. 4.
Autonomia. 5. Aprendizagem significativa. I. Brinatti, André Maurício. II.
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

**TERMO
DE APROVAÇÃO**

JOSUÉ DUDA

“APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DE CINEMÁTICA E TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO.”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós Graduação Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Ponta Grossa, 21 de setembro de 2020.

Membros da Banca:

Dr. André Maurício Brinatti - (UEPG) – Presidente

Dr. Paulo Cesar Facin - (UEPG)

Dra. Shalimar Calegari Zanatta - (UNESPAR)



Documento assinado eletronicamente por **Shalimar Calegari Zanatta, Usuário Externo**, em 21/09/2020, às 16:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Cesar Facin, Professor(a)**, em 21/09/2020, às 16:45, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Mauricio Brinatti, Professor(a)**, em 21/09/2020, às 17:02, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador **0308731** e o código CRC **AB5945DD**.

Dedico esta dissertação a minha amada esposa, Silvane, e aos meus filhos Kauã, Kevin e Kenny, pelo apoio, companheirismo e paciência.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e sabedoria.

À minha família pelo apoio e incentivo constante na realização deste mestrado.

Ao professor Dr. André Maurício Brinatti, meu orientador, pela paciência, sabedoria e incentivo dado a cada momento para que este trabalho pudesse atingir seus objetivos, além da nossa amizade constantemente renovada.

A meus pais por todo apoio a mim dedicado em toda a minha trajetória acadêmica e em toda a minha vida.

À minha esposa, Silvane, pelo auxílio na formatação deste trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Às direções dos Colégios Estaduais Dr. Chafic Cury e Nossa Senhora Aparecida pela disponibilidade e abertura para a realização das atividades propostas.

Ao professor Laércio Soares da Silva pela arte da capa do Produto Educacional.

Aos meus colegas professores pelo apoio e incentivo à realização deste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

APLICAÇÃO E ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM DE CINEMÁTICA E TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO

Josué Duda

Orientador:

André Maurício Brinatti

Dissertação de Mestrado submetida ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, área de concentração Física na Educação Básica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

RESUMO

No presente trabalho são apresentados o desenvolvimento e análise da aplicação do Produto Educacional – O Movimento: do Clássico ao Relativístico. O produto constitui uma sequência didática para o estudo de Cinemática com inclusão da Teoria da Relatividade Restrita, tornando tal estudo mais completo, do ponto de vista da Mecânica, para alunos do Ensino Médio. O produto é constituído de vinte e cinco planos de aula divididos em oito etapas, que procuram abordar de maneira criativa, crítica e concreta os conceitos de Cinemática, levando o aluno à compreensão dos conceitos básicos da Física e propiciando, assim, a oportunidade de discutir e compreender a Teoria da Relatividade Restrita como algo real e presente em nosso cotidiano. As atividades foram desenvolvidas de maneira a dar autonomia para os alunos, numa perspectiva de Freire, através de aulas dinâmicas, feitas em duplas para a discussão e aprendizado por mediação aluno-aluno e aluno-professor, baseado na teoria de Vygotsky, assim como buscou desenvolver a aprendizagem significativa de Ausubel, fazendo com que o estudo se tornasse interessante, atrativo e, sobretudo, prazeroso. O trabalho buscou inovar na maneira em que é abordada a Cinemática no Ensino Médio de modo a dar suporte para que os alunos apresentassem uma evolução gradativa dos conhecimentos e conseguissem compreender a relatividade do movimento em seu sentido completo e, dessa forma, promover o entendimento da Teoria da Relatividade Restrita como um conceito que permitiu a sociedade se desenvolver tecnologicamente nas áreas de comunicação e informação. Foram realizadas várias atividades práticas, com o uso de imagens, filmagens e experimentos com materiais de baixo custo fazendo os alunos refletirem sobre o estudo do movimento e suas ideias. Ao final do trabalho, foi possível perceber um maior aproveitamento das horas-aula do professor, uma grande autonomia na busca pelos conhecimentos por parte dos alunos e a percepção de que o trabalho contribuiu para o processo de ensino e aprendizagem, demonstrando indícios de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Movimento Clássico, Movimento Relativístico, Mediação, Autonomia, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

USE AND ANALYSIS OF A TEACHING UNIT APPROACHING THE THEMES KINEMATICS AND THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY IN HIGH SCHOOL

Josué Duda

Supervisor:

André Maurício Brinatti

Abstract of master's thesis submitted to Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física of the Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, area of concentration Física na Educação Básica, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Ensino de Física.

ABSTRACT

This study presents the development and analysis of the use of an educational product – The Movement: from the Classical to the Relativistic. The product is a teaching unit for the study of Kinematics including the Special Theory of Relativity to complement that study from the Mechanics standpoint. The unit was used with high school students. The product comprises twenty-five lesson plans divided into eight phases, which seek to approach kinematics concepts creatively, critically and concretely. The material developed seeks to lead students to the understanding of basic Physics concepts and therefore provide them with opportunities to discuss and understand the Special Theory of Relativity as something real and present in our everyday lives. The activities were developed aiming to foster students' autonomy based on Freire's perspective, through dynamic lessons, in which the students worked in pairs to discuss and learn through student-student and student-teacher mediation, based on the Vygotsky's Theory. At the same time, it aimed to develop Ausubel's meaningful learning, by making the study more interesting, attractive and, mainly, enjoyable. The product sought to innovate the way Kinematics is approached in high school to support the students in their gradual evolution towards knowledge and to help them understand the motion relativity in its complete sense. Another objective was to promote the understanding of the Special Theory of Relativity as a concept that allowed society to develop technologically in areas such as communication and information. Several practical tasks were carried out using images, videos and experiments devised with low cost materials making the students reflect upon the study of motion and their own ideas. At the end of the work, an optimization of the teacher's class hours was noticed as well as the improvement of the students' autonomy when seeking knowledge. There was a general perception that the work contributed to the teaching and learning process, showing evidence of meaningful learning.

Keywords: Classical Motion, Relativistic Motion, Mediation, Autonomy, Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3. 1 - Situação onde uma pessoa em um trem não consegue ver o evento como simultâneo por causa do movimento.	28
Figura 3. 2 - Representação de um relógio de luz, onde as setas vermelhas representam o flash de luz sendo refletido nos espelhos acima e abaixo.	30
Figura 3. 3 - Representação do trajeto da luz do relógio visto na perspectiva de um observador externo à nave espacial. A seta amarela indica a distância percorrida pela nave espacial enquanto a luz sai de um espelho e toca no outro.	30
Quadro 5. 1 Sequência das etapas com os temas e assuntos das aulas.....	46
Figura 6. 1 - Sequência das etapas com os temas e assuntos das aulas	51
Figura 6. 2- Elaboração do varal do tempo.	54
Figura 6. 3– Momentos da aula sobre método científico.	55
Figura 6. 4- Momentos da 3ª etapa: relatividade do movimento e da velocidade com o uso de skate	62
Figura 6. 5- Momentos da 5ª etapa: movimento uniforme de bolha de ar na água e no óleo. .	65
Figura 6. 6– Modelo de trajetórias: imagem ilustrativa do instrumento	71
Figura 6. 7- Momentos da 6ª etapa: o uso de imagens e do software Tracker (BROWN,2017).	73
Figura 6. 8- Momentos da 7ª etapa: atividades com telefone com fio e skate.....	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 ENTENDENDO A MECÂNICA SOB A ÓTICA CLÁSSICA E RELATIVÍSTICA...14	
2.1 O ENSINO DE MECÂNICA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS.....	14
2.2 APARATOS EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO.....	15
2.3 O PROFESSOR QUE ATUA NO ENSINO DA FÍSICA.....	17
3 O MOVIMENTO: DO CLÁSSICO AO RELATIVÍSTICO.....23	
3.1 A CINEMÁTICA E A INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE FÍSICA	23
3.2 A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA.....	24
3.2.1 A Dilatação do Tempo	29
3.2.2 A Contração do Comprimento	32
4 A TEORIA POR DETRÁS DO PRODUTO.....36	
4.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	36
4.2 A TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY	38
4.3 A EDUCAÇÃO PARA A AUTONOMIA DE PAULO FREIRE.....	41
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....43	
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....79	
REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL - O MOVIMENTO: DO CLÁSSICO AO RELATIVÍSTICO.....87	

1 INTRODUÇÃO

Neste texto introdutório são apresentadas as ideias e justificativas que levaram ao desenvolvimento deste trabalho, assim como os objetivos que foram estabelecidos para o seu desenvolvimento, além de fazer uma breve descrição dos assuntos desenvolvidos nos capítulos subsequentes.

O ensino de Física no Ensino Médio encontra grande resistência por parte dos alunos por ser uma disciplina que está relacionada a cálculos e ferramentas matemáticas que assustam e impõem organização e interpretação de fenômenos de nosso cotidiano. A falta de compreensão da matemática como um apoio da Física, que nos leva a analisar dados assim como prever e interpretar resultados, leva a falsa interpretação desta como um conjunto de fórmulas e números sem muito sentido, produtora de verdades absolutas (REIS, 2016).

Ensinar Física Moderna, período considerado nesta dissertação a partir da Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica, no Ensino Médio, constitui um dos grandes desafios para os professores de Física, pois, apesar dos assuntos estarem relacionados ao cotidiano dos alunos, muitas vezes eles são bastante complexos e abstratos. Os colégios e escolas públicas dispõem de poucos recursos financeiros e, geralmente, possuem laboratórios com escassez de materiais, o que torna a prática e a experimentação bastante difíceis. A experimentação, simulação e diversificação de mídias nas aulas de Física são essenciais para que o processo de ensino e aprendizagem seja realmente significativo (AUSUBEL, 1980) e o aluno possa compreender aquilo que o professor procura ensinar em sua prática diária.

As atividades de experimentação, segundo Araújo e Abib (2003), podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, o que faz com que atinjam um nível de aprendizado que ajuda a reestruturar suas explicações sobre os fenômenos estudados.

Para Andrade e Massabni (2011), atividades práticas são tarefas educativas que requerem do estudante a experiência direta com o material presente fisicamente, com o fenômeno e com dados brutos obtidos do mundo natural ou social, sendo desenvolvida de maneira manual ou através da observação desde que o objeto da prática esteja presente na vida dos alunos. Essas atividades sempre chamam a atenção e possibilitam ao professor um trabalho

muito mais interessante e produtivo em sala de aula. Entretanto, a defasagem no que se refere à prática e à métodos mais visuais e diferenciados, torna o processo algo mais difícil de ser compreendido e aceitável por parte dos alunos. Porém em alguns conceitos da Física existe a necessidade de se considerar – experiências imaginárias. Esse termo vem do alemão “Gedanken Experiment” e foi inventado por Albert Einstein para designar uma experiência idealizada, cuja realização não viola nenhuma lei da Física, mas que eventualmente, por dificuldades práticas, não pode ser efetivamente executada.

A Física Moderna e a Relatividade no Ensino Médio são geralmente trabalhadas no terceiro ano do Ensino Médio, no último bimestre. Muitos professores acabam não tendo tempo suficiente para trabalhar esse assunto, que é deixado para os últimos meses por causa da pouca carga horária da disciplina ou ainda, em alguns casos, pela dificuldade em trabalhar com assuntos de uma complexidade maior. A formação deficiente de muitos profissionais da área de Física (MENDONÇA, 2011) e a escassez de profissionais Licenciados na área, fazendo com que a disciplina seja lecionada por professores com formação em Ciências, Matemática ou Química (SALDAÑA, 2017), torna o trabalho com o ensino de Física Moderna e Relatividade uma dificuldade tão grande que muitos acabam por deixá-la de lado, com uma desculpa de falta de tempo ou de menor importância. Porém sabemos que não é bem assim. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) alertam sobre a importância do trabalho com os conceitos da Física Moderna, que estão sendo omitidos, assim como a maneira como os conceitos tradicionais estão sendo tratados de maneira dedutiva e enciclopédica.

Dessa forma, o professor deve investigar interesses de seus alunos relacionados à sua disciplina e aproveitar as especificidades, talentos e habilidades para produzir materiais bem elaborados que vão de encontro as aspirações de seus alunos, tornando o processo de ensinar e aprender Física, algo que realmente seja prazeroso e eficiente.

A Física é uma disciplina que está presente praticamente em todas as situações do cotidiano das pessoas. Ainda podemos perceber que alguns professores deixam de lado a vivência do aluno e seus conhecimentos para trabalhar com a Física de maneira simples e puramente matemática, e, para Duarte (2012), existem dificuldades apresentadas pelos estudantes em assimilar as relações existentes entre o modelo matemático e os fenômenos observáveis, deixando uma lacuna no aprendizado, reduzindo esse aprendizado a dois mundos: dos conceitos físicos e dos exercícios quase matemáticos resolvido de maneira puramente mecânica.

Atualmente, o que se verifica, é que há uma grande atenção dos jovens e adolescentes para com as tecnologias de comunicação e informação. É justamente nesse ponto que o autor desta dissertação se propôs a realizar esse trabalho, incluindo a Física Moderna, em primeira mão, ou seja, no início do Primeiro Ano do Ensino Médio, seguindo as orientações das Diretrizes Curriculares para a Educação no Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), com a realização de um trabalho de inclusão da Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein, juntamente com o estudo da Mecânica, mais especificamente a Cinemática. Foi realizado, então, o estudo do movimento do clássico ao relativístico, para isso incluindo a Teoria da Relatividade Restrita, dando significado aos alunos de todo aquele estudo de movimentos, que grande parte dos alunos considera cansativo e monótono.

Com base no exposto, o presente trabalho foi proposto com o intuito de responder à seguinte questão: é possível a inserção da Teoria da Relatividade Restrita quando são abordados movimentos no primeiro ano do Ensino Médio?

A principal hipótese foi de que existe grande possibilidade de se desenvolver tal trabalho, desde que o estudo desenvolvido desde o início do estudo da Cinemática levasse ao entendimento das noções básicas de espaço e tempo por meio de atividades que fizessem os alunos serem protagonistas de seu próprio conhecimento e pudessem participar ativamente das mesmas. O trabalho em duplas auxiliaria nesta tarefa permitindo a discussão de conceitos e o aprendizado coletivo.

Assim, foi elaborado o Produto Educacional: O Movimento: do Clássico ao Relativístico (APÊNDICE) que será descrito mais adiante nesta dissertação.

E para permear a investigação do problema com a aplicação do produto educacional, foram propostos os seguintes objetivos:

Geral:

- Promover o entendimento da Teoria da Relatividade Restrita como um conceito que permitiu a sociedade se desenvolver tecnologicamente nas áreas de comunicação e informação em aulas do primeiro ano do ensino médio.

Específicos:

- Identificar os principais conceitos estudados na Mecânica do primeiro ano do Ensino Médio. Aplicar os conhecimentos da teoria clássica do movimento para interpretar fenômenos do cotidiano e seu limite de validade.

- Estudar a relatividade de Galileu Galilei, suas transformações e consequências.
- Utilizar a teoria clássica do estudo do movimento como conhecimento prévio para o estudo da teoria relativística do movimento.
- Desenvolver o estudo da Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein utilizando-se de trechos de filmes e simulações computacionais.
- Possibilitar, através de atividades teóricas e de experiências mentais, a interpretação dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita e suas consequências.
- Aplicar os conhecimentos da Teoria da Relatividade Restrita para interpretar situações do cotidiano que envolvem principalmente as tecnologias de comunicação e informação.
- Desenvolver material didático de apoio ao professor para tornar possível o entendimento da Cinemática, Teoria da Relatividade Restrita e aplicações.
- Aplicar métodos com o uso do material didático desenvolvido para o entendimento da Cinemática, Teoria da Relatividade Restrita e aplicações.
- Verificar se a inserção de da Teoria da Relatividade Restrita no estudo do movimento, de acordo com as orientações da Diretrizes Curriculares da Educação Básica, promove aprendizagem com a aplicação do produto.

A introdução que hora é lida, corresponde ao primeiro capítulo desta dissertação, onde estão contidas as bases para o desenvolvimento do produto educacional, como as ideias iniciais, objetivos e problema.

No segundo capítulo desta dissertação serão apresentados os documentos oficiais que determinam o estudo da Mecânica e suas devidas abordagens para com os alunos no início do Ensino Médio, assim como as abordagens e aparatos experimentais para este estudo, concluindo com a postura de atuação do professor de Física no Ensino Médio.

No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica para o estudo de Mecânica, mais precisamente da etapa de Cinemática, de maneira resumida, assim como toda a fundamentação da Teoria da Relatividade Restrita, demonstrando cada etapa que constitui tal estudo.

No quarto capítulo são apresentados os aspectos mais relevantes baseados nas teorias de David Ausubel, Paulo Freire e Lev Semenovitch Vygotsky, que trouxeram os resultados

positivos do desenvolvimento deste trabalho e levaram ao desenvolvimento de novas práticas em sala de aula para este professor.

No quinto capítulo é apresentada uma descrição detalhada dos materiais utilizados no desenvolvimento do trabalho, descrevendo os temas das etapas e das aulas desenvolvidas, o método que foi desenvolvido e os processos de avaliação que foram utilizados para a verificação da aprendizagem.

No sexto capítulo são apresentados detalhadamente todos os procedimentos realizados em cada aula e quais foram os resultados obtidos diretamente com os alunos, proporcionando uma análise completa de todo o trabalho que gradativamente foi sendo modificado conforme o seu desenvolvimento e necessidade.

No sétimo e último capítulo são apresentadas as considerações finais que denotaram do presente trabalho, demonstrando os pontos positivos e negativos, além de apresentar uma proposta para futuros trabalhos.

2 ENTENDENDO A MECÂNICA SOB A ÓTICA CLÁSSICA E RELATIVÍSTICA

Este capítulo tem por objetivo apresentar o estudo da Mecânica nos documentos oficiais, as ideias sobre a utilização de aparatos experimentais no estudo da Física e a atuação e comportamento do professor de Física nas salas de aula do Ensino Médio.

2.1 O ENSINO DE MECÂNICA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS

O estudo da Mecânica faz parte do currículo de Física e se apresenta nos documentos oficiais sempre como a primeira etapa da aprendizagem desta disciplina, apesar de não existir uma exigência de trabalho sequencial dos conteúdos. Destaca-se destes documentos, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002), onde o tema é abordado no eixo estruturante “Movimentos: variações e conservações”. Neste documento é ressaltada a importância de se identificar, classificar e descrever adequadamente os vários tipos de movimentos reais, sejam de pequenos e simples objetos a qualquer outro corpo, inclusive corpos celestes. Também destaca-se que devem ser trabalhados aspectos da Física Moderna. O estudo dos movimentos encontra-se presente em toda a atividade humana, permitindo uma vasta extensão de abordagens no processo de ensino e aprendizagem que:

[...]inclui também acompanhar as conquistas do ser humano para locomover-se, desenvolvendo tecnologias que permitam seu deslocamento de forma cada vez mais rápida de um lugar a outro do planeta, e até mesmo fora dele e, para isso, concebendo continuamente materiais, projetos de veículos e potências de seus motores. (BRASIL, 2002, p. 72).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017) aborda o estudo do movimento como essencial para o desenvolvimento e entendimento da disciplina de Física na parte de competências específicas e habilidades relacionadas às Ciências da Natureza e suas tecnologias no Ensino Médio. Nela se destaca a necessidade da experimentação, discussão e elaboração de modelos para a descrição de um fenômeno.

Ao realizar previsões (relativas ao movimento da Terra no espaço, à herança genética ao longo das gerações, ao lançamento ou movimento de um satélite, à queda de um corpo no nosso planeta ou mesmo à avaliação das mudanças climáticas a médio e longo prazos, entre outras), a ideia de se conhecer um pouco do futuro próximo ou distante pode fornecer alguns elementos para pensar e repensar sobre o alcance dos conhecimentos científicos. (BRASIL, 2017, p. 556).

Outro documento importante são as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), que trazem o Movimento como um dos três conteúdos estruturantes para o Ensino de Física, destacando que o espaço e tempo devem ser compreendidos como um conceito básico a ser adquirido para a compreensão da relatividade do movimento e trajetória, destacando também a limitação do modelo clássico para estudo do movimento de partículas subatômicas.

Além destes, o Caderno de Expectativas de Aprendizagem (PARANÁ, 2012) traz, aproximadamente, um terço de suas expectativas de conteúdo que o estudante deve compreender, voltadas para o estudo dos movimentos e o limite de validade de suas leis. Deixa claro também que devem ser feitos apontamentos sobre a Física Relativística.

Ainda, no estudo da Física newtoniana, deve-se esclarecer as limitações quanto à sua validade e, ao mesmo tempo, apontar para a física relativística no que diz respeito, por exemplo, às questões relacionadas aos conceitos de espaço e tempo absolutos definidos por Newton e modificados por Einstein [...] (PARANÁ, 2012, p. 46).

Os documentos oficiais destacam a real necessidade do estudo dos movimentos dentro da disciplina de Física, sendo um dos temas com maior número de conteúdo a ser abordado no Ensino Médio. Destaca-se também a necessidade de se trabalhar não somente o movimento do ponto de vista clássico, baseado principalmente nas leis de Newton, mas o movimento de maneira geral e relativística, impondo a validade e o limite de validade de tais leis em estudos de partículas ou de corpos à altas velocidades. Tais estudos compõem uma base forte para o estudo totalitário da Física. Como exemplo, pode-se citar que os efeitos eletromagnéticos podem ser compreendidos em termos de movimentos de partículas em velocidades relativísticas.

Destacado a importância do estudo do movimento, busca-se alternativas para que tal estudo seja realmente eficaz e cumpra seus propósitos de construir uma base forte para o estudo da Física, por meio de estratégias e atividades diferenciadas, que levem o aluno à compreensão do conteúdo, motivado pelas suas próprias curiosidades que partem da atuação do professor em sala de aula, de maneira dinâmica e eficiente.

2.2 APARATOS EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO

Para a elaboração e desenvolvimento do presente trabalho de dissertação, foram feitas pesquisas bibliográficas de vários autores buscando identificar atividades práticas e aparatos experimentais que pudessem auxiliar o trabalho e desenvolvimento das atividades, na construção do produto e dando suporte para a elaboração das novas atividades que foram desenvolvidas.

Hewitt (2015) apresenta em seu livro um modelo de trajetórias de projéteis que permite verificar como acontecem os movimentos de lançamento oblíquo e horizontal, procurando desenvolver no aluno a curiosidade e a experimentação prática de algo que muitas vezes é difícil de visualizar. No mesmo livro, são apresentadas experiências de pensamento sobre situações difíceis de serem reproduzidas na prática, mas que permitem o bom entendimento e compreensão da Teoria da Relatividade Restrita, como o movimento de uma espaçonave transmitindo dados para o planeta Terra e a observação de um relógio a partir de um bonde em movimento muito rápido.

Um experimento muito importante para a compreensão de um movimento uniformemente variado é apresentado em Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) (GREF, 2003), onde um carrinho de brinquedo com uma adaptação de um copo furado contendo água é movimentado pela ação de uma força constante, peso de materiais suspensos presos a um barbante amarrado no carrinho, deixando as marcas dos pingos de água na trajetória realizada, permitindo a análise de tal movimento com maior detalhe.

Halliday, Resnick e Walker (1996) apresenta a experimentação de um movimento em queda livre de uma lata ao mesmo instante em que é atirado uma bola através do sopro por um canudo, fazendo com que ambos colidam no espaço logo abaixo da posição inicial. É interessante perceber que a trajetória da bola poderia ser em linha reta e não acertaria a lata que cairia no mesmo instante. Mas isso se torna possível por ação da aceleração gravitacional, permitindo amplas discussões e análises.

Existem muitas dificuldades para a realização de atividades experimentais: falta de carga horária, tempo para elaboração dos aparatos experimentais, falta de materiais e laboratórios para tais práticas. Entretanto, podem ser realizadas atividades experimentais em sala de aula, sendo importante oferecer segurança e materiais necessários para sua realização completa (BORGES, 2002). Os materiais utilizados podem ser de baixo custo, elaborados pelo professor separadamente ou junto com os alunos, utilizando o que se tem acesso, como recicláveis e sucatas. Borges (2002) afirma que “é um equívoco corriqueiro confundir

atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais”.

Além disso, a organização das aulas, do espaço de sala de aula e das atividades experimentais permitindo maior discussão entre os alunos, permite um desenvolvimento com maior qualidade das atividades práticas e de experimentação.

2.3 O PROFESSOR QUE ATUA NO ENSINO DA FÍSICA

Um dos grandes objetivos de todo professor, independentemente da disciplina a qual leciona, é realmente fazer com que o aluno perceba a importância do conteúdo que está aprendendo, tomando conhecimento, fazendo com que este perceba como este conceito novo está ou estará inserido em sua realidade durante sua vida (HEWITT, 2015); como este conhecimento poderá facilitar sua compreensão de mundo e efetivar ações que possam modificar seu cotidiano e sua sociedade de maneira a torná-la eficiente e produtiva sem agredir valores morais e éticos.

Para tanto, o professor deve estar disposto a integrar-se no movimento e no momento em que os alunos estão inseridos dentro de uma realidade que não é a mesma onde o próprio professor foi formado, isto é, o professor não pode achar que a maneira com que ele adquiriu os conhecimentos há muitos anos atrás, pode funcionar nos dias de hoje com a mesma eficiência. Isto não quer dizer que as metodologias empregadas em uma determinada época nas escolas não foram eficientes. O que é necessário levar em consideração é que a sociedade como um todo muda sempre e hoje essas mudanças nos parecem ser muito mais rápidas do que em determinadas épocas, há alguns anos (ILLERIS, 2013).

O professor precisa perceber que os alunos de todas as idades estão expostos a uma quantidade enorme de informações, sejam estas de grande ou nenhuma importância acadêmica, mas são informações que interagem com a pessoa e precisam de organização para que não se tornem um empecilho para o desenvolvimento cognitivo como um todo (MORAN, 2007). As informações que os alunos possuem e que apresentam ao entrarem em um determinado nível escolar, precisam ser tomadas como parâmetros para que os professores possam elaborar seu trabalho e empregar as metodologias que levem estes alunos ao conhecimento organizado, crítico e correto dentro de um todo de conhecimentos que fazem parte de sua vivência (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

O grande acesso às redes sociais traz, aos alunos que hoje frequentam algum nível de escolaridade, informações que por muitas vezes não condizem com uma realidade que é comprovada histórica e cientificamente. Um desses aspectos fica claro ao acessar mídias em canais da plataforma “Youtube” e se percebe o crescente número de adeptos ao conceito de que a Terra, nosso planeta, é plana. Mais do que o professor desmitificar e desmentir esses conceitos crescentes na sociedade, é papel fundamental fazer com que o próprio aluno perceba, pesquise, observe e faça experimentações orientadas e chegue às suas próprias conclusões (ARAÚJO; ABIB, 2003). Somente assim, será revertido esse estado em que a sociedade se encontra e sua crescente crítica à ciência. Apenas criticar e falar não serve: de acordo com a abordagem de Vygotsky (1984), se um conceito está socialmente estabelecido numa determinada pessoa, dentro de seus grupos de convivência social e familiares, dificilmente uma palavra irá reverter esse conceito que é intrínseco em sua vida.

Logo, o papel do professor é o de libertar o aluno (FREIRE, 1996) de suas relações com os conhecimentos não científicos e trazê-lo para a realidade que pode fazer com que sua vida venha a se modificar como um todo. Como é de se esperar, isso é uma missão muito árdua, difícil e cheia de empecilhos e que pode levar ao desânimo completo dos professores, que se diga de passagem, não possuem uma valorização coerente com todo esse esforço. A mudança ou adaptação dos conceitos que um aluno possui também é muito conflitante e penoso para este, que sabe que esta mudança o fará diferente e algumas vezes excluídos de grupos sociais que realmente gosta de frequentar. A ignorância, por vezes, é muito cômoda e une membros mais facilmente do que aqueles que pensam por si próprios e questionam tudo (FERNANDES, 2012).

Buscar o interesse e a participação dos alunos nunca foi e nunca será uma tarefa fácil. Entretanto, quando o professor busca conhecer seu aluno, sua realidade e os conhecimentos que possui, para então realizar o seu trabalho, impondo seu método, o seu trabalho pode ser muito mais eficiente e com resultados mais satisfatórios. Segundo Freire (1996), a compreensão do estado em que se encontra o seu aluno é o primeiro passo para o bom trabalho escolar. Tal etapa não deve ser menosprezada e muito menos efetivada de maneira mecânica, por exemplo, por meio de questionários monótonos que serão preenchidos sem nenhum entusiasmo e participação, resultando em uma investigação superficial e por vezes não correspondendo à realidade. Esse momento precisa ser dinâmico, natural para o aluno, fazendo com que este se sinta à vontade o suficiente para expor suas dúvidas, conhecimentos e expectativas em relação ao que está para aprender ou se apropriar durante o ano letivo. Essa etapa precisa valorizar a

voz do aluno, não importando como ele se apresente: falante, tímido, pouco interessado ou mesmo aquele que quer estar apenas presente. É necessário deixar o aluno se expressar, colocando em evidência o seu conhecimento para que todos da turma possam se conhecer e interagir. Risadas, conversas, enfim, interação é o que se espera. O grande cuidado que se deve ter, por parte do professor, é não deixar que nenhuma opinião ou conhecimento sobre o assunto seja desvalorizada ou ridicularizada. Objetivo nesse momento é apenas conhecer o aluno.

[...], o diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes. (FREIRE, 1996, p. 91).

Depois de conhecer o aluno, o professor precisa mostrar para este a necessidade de se apropriar do conhecimento que a escola, a disciplina, está a lhe oferecer. Qual professor que nunca ouviu a expressão: Onde eu vou usar isso, professor? Na verdade, a pergunta é pertinente, apesar que causar certa irritação ou desânimo por parte do profissional da educação. Mas pensando a fundo tal questionamento, o porquê de aprender é essencial para se adquirir o sucesso (LEMOS, 1997). Se se sabe qual é o objetivo do esforço, com certeza este será muito mais eficiente pois irá resultar num avanço significativo para o desenvolvimento pessoal e também profissional, por que não?

Deixar claro para os alunos quais são objetivos de se aprender e compreender os conhecimentos de uma disciplina, pode resultar em uma turma mais participativa e confiante em todo o processo de ensino e aprendizagem a ser desenvolvido (ILLERIS, 2013). Mais importante que isso e muito mais eficiente, é demonstrar para o aluno como os conhecimentos adquiridos na escola se relacionam com a sua realidade. Como o professor tem uma noção da realidade local e conhece seu aluno, este pode compreender e escolher práticas adequadas para que aluno se sinta à vontade durante todo o processo educacional desenvolvido, trazendo sempre a realidade para o contexto escolar (MOREIRA, 2011). Levando em consideração que para a Física este passo é muito menos complicado, pois esta disciplina representa a natureza e suas interações com o homem e as tecnologias, como um todo. Ou seja, a Física está presente em praticamente tudo que o aluno vê, usa, toca, sente, ouve, tornando acessível o conhecimento prático, observável e experimentável (HEWITT, 2015). Porém, este processo de incluir a realidade no desenvolvimento de conteúdo, exige muito do professor, que precisa pensar, planejar e modificar diversas vezes a sua prática e o método escolhido para não deixar que aluno se perca no desânimo e na mesmice que por vezes toma conta do ensino nas escolas.

Na concepção do autor desta dissertação, as aulas precisam ser dinâmicas e cheia de incrementos que a tornem assim. As atividades podem apresentar situações problemas para serem discutidas em duplas ou grupos maiores e compartilhadas com toda a turma. A plenária de compartilhamento de ideias e das discussões tornam-se essenciais para que todos os alunos percama a inibição de falar o que pensam perto dos demais, defendendo suas ideias e podendo modificá-las a partir de bons argumentos que sejam apresentados e que façam o professor interagir com os alunos, os alunos entre si e argumentar contra ou pró professor (FREIRE, 1996). Se a situação é passível de observação e experimentação, estas precisam ser realizadas, pois, como já descrito anteriormente, a manipulação por parte do próprio aluno é o que faz com que este realmente veja, perceba e conclua que o resultado é verdadeiro e comprovado, fixando-se como um conhecimento que ficará guardado em sua mente e não será mais esquecido (MOREIRA, 2011).

Aqui, então, se apresenta um outro modelo de atividade que pode ser trabalhado com o aluno: a prática que pode ser de observação e manipulação experimental (ARAÚJO; ABIB, 2003). Para se chegar a uma conclusão e entendimento sobre algo, não se pode esperar que o aluno aceite um conhecimento como verdade simplesmente porque está descrito em livros, explicado e defendido nas escolas. Se o objetivo é que o aluno se aproprie de um conhecimento de maneira integral e este faça parte de seu desenvolvimento pessoal, é preciso que ele realmente perceba a importância deste, note como esse conhecimento se apresenta em sua vida cotidiana e perceba que o domínio desse conhecimento o torna um ser avançado e preparado para utilizá-lo de maneira a favorecê-lo daquele momento em diante. Isso significa que as atividades em sala de aula precisam apresentar situações em que o aluno possa observar e manipular experimentos, equipamentos e produtos, construindo assim o seu próprio conhecimento sobre o conteúdo que está sendo desenvolvido.

Fazer com que os conteúdos e assuntos abordados em sala de aula façam parte do cotidiano dos estudantes é essencial para garantir uma participação ativa e eficaz dos alunos. Porém, nem todo assunto está presente diretamente na vida dos alunos. Nesses casos, é necessário que o professor mostre para o aluno que ele é importante e que pode alcançar aquilo que almeja (ARAÚJO; ABIB, 2003). Vê-se em várias escolas os alunos menosprezando o seu conhecimento e deixando que seus sonhos se esvaíam no desânimo de uma vida medíocre e sem expectativas. O ânimo do professor é essencial para mostrar que tudo que se quer, pode ser atingido com trabalho, organização e dedicação. Para abordar assuntos que não fazem parte do cotidiano de um determinado grupo de alunos, deve-se criar o ânimo e a expectativa de que

tudo é possível. A apresentação das situações problemas podem ser fictícias e não tão reais, mas com a utilização de trechos de filmes e imagens, fazendo com que a experimentação seja virtual, podendo ser recriadas situações que utilizem simuladores e gráficos em computadores, como, por exemplo, com a utilização do software Tracker (BROWN,2017). Como o produto em si não existe, pode-se fazer testes e previsões de sua utilização e de seus resultados. Pode ser usado o mesmo método para situações em que o problema apresentado não é passível de contato, como a análise de uma estrela ou de uma galáxia distante, ilustrando e demonstrando um pouco do trabalho dos astrônomos.

Qualquer olhar sobre a sociedade atual percebe a presença da tecnologia estendendo suas influências sobre quase todos os campos do agir humano e do saber social, do sistema como um todo ao indivíduo isoladamente. As relações interpessoais estão hoje fortemente intermediadas por instrumentos informáticos e telemáticos: a eletrônica de forma crescente permeia a comunicação entre os indivíduos. A consequência disso seria também a presença dessa mesma tecnologia nos procedimentos educacionais, nas atividades pedagógicas de uma sala de aula. Entretanto, parece que isto está acontecendo de forma muito lenta e diversificada. (COELHO, 2002, p. 9).

A Matemática como uma das formas de expressar da Física vai surgir inevitavelmente, pois ela permite a previsão e a realização de testes seguros, principalmente quando há referência às tecnologias que podem envolver a vida humana como, por exemplo, um novo modelo de avião. O importante, ao trabalhar a Matemática, é não deixar que ela se apresente com a disciplina de Física, mas como uma forma de expressar que permite o seu desenvolvimento e permite obter resultados significativos. O professor precisa valorizar o resultado de uma resolução de um problema matemático, procurando fazer o aluno interpretar o que aquele resultado significa na situação física e que conceitos se apresentam por trás daquele resultado (REIS, 2016). Física não se resume a resolução de meros problemas de matemática, mas não pode se desfazer dessa integralmente, para a formação completa do aluno. Fazer o aluno resolver diversos problemas que envolvem cálculos matemáticos, sem motivos ou motivações, apenas como forma de treinamento, fazem parte dos cursinhos pré-vestibular e escolas preparatórias para concursos.

A realidade apresenta-se de maneira cruel, pois estes testes: vestibular, Programa de Avaliação Continuada (PAC), Processo Seletivo Seriado (PSS), Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), entre outras designações, que permitem o acesso às instituições de Ensino Superior, por vezes apresentam a Física como cálculos puramente matemáticos e sem objetivos concretos a não ser selecionar os alunos mais treinados. Nessa perspectiva, para Reis (2016), temos que deixar claro aos alunos que ao adquirir o conhecimento por completo, não é

necessário fazer treinamentos exaustivos de resoluções de exercícios matemáticos, pois estes representam uma situação específica de um conceito geral que será adquirido durante o estudo real, neste caso, da Física. Ao se conhecer os conceitos e se saber o todo, situações específicas acabam se tornando meros problemas de ordem mínima de importância e fáceis de serem interpretados e resolvidos.

Tirar o aluno de sua situação de conforto, levá-lo a discutir com os colegas percebendo quais são os conhecimentos dos outros e como os seus podem ser modificados melhorados ou repassados para os outros, trazer o aluno para a participação de atividades fora de sala de aula, perceber a realidade presente nos conteúdos estudados e sua importância, foram passos e métodos utilizados neste trabalho para se atingir os objetivos de uma proposta inovadora e um tanto que ousada.

3 O MOVIMENTO: DO CLÁSSICO AO RELATIVÍSTICO

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica para o estudo de Mecânica, mais precisamente da etapa de Cinemática, de maneira resumida, assim como toda a fundamentação da Teoria da Relatividade Restrita, demonstrando cada etapa que constitui tal estudo.

3.1 A CINEMÁTICA E A INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE FÍSICA¹

Estudar Física é algo que pode ser muito animador e empolgante para qualquer um desde que se conheça sua importância e o seu funcionamento. Segundo HEWITT (2015), em sua apresentação ao estudante de Física:

Você sabe que não pode se divertir em um jogo a menos que conheça suas regras, seja ele um jogo de bola, um jogo de computador ou simplesmente um passatempo. Da mesma forma, você não pode apreciar plenamente o que o cerca até que tenha compreendido as leis da natureza. A Física é o estudo dessas leis, que lhe mostrará como tudo na natureza está maravilhosamente conectado. Assim, a principal razão para estudá-la é aperfeiçoar a maneira como você enxerga o mundo. Você verá a estrutura matemática da Física em várias equações, mas as verá como guias do pensamento, mais do que como receitas para realizar cálculos.

A introdução ao estudo da Física e da Mecânica através da Cinemática, traz grandes oportunidades para ter uma compreensão de todo universo da Física, dando um aparato muito bom para que se possa ter um ensino profundo durante todo o ensino médio. O estudo da Mecânica dos movimentos e juntamente com a Teoria da Relatividade Restrita permite compreender todos os fenômenos que envolvem movimentos, desde o movimento de pequenos objetos até satélites, planetas, assim como partículas subatômicas. Juntamente com a Relatividade e, apesar das dificuldades encontradas para descrever os movimentos de partículas subatômicas, a Mecânica Quântica ajuda a compreender isso.

Para que o estudo da Mecânica faça sentido é necessário colocar relações e práticas que levem à compreensão e percepção de que o ensino está dentro do cotidiano, dentro de ações

¹ Este item apresenta elementos que são abordados de forma mais extensiva no Capítulo 3, item 3.1, do Produto Educacional, que foram reproduzidos parcialmente e sucintamente aqui.

diárias e em tudo que se vê e toca. Tudo isso faz com que se perceba a importância de estudar a Física e esta não se tornará algo difícil de interpretar e compreender (GASPAR, 2014).

A Mecânica é a área da Física que estuda o movimento como um todo e o comportamento dos corpos em repouso e equilíbrio. Esta costuma ser dividida em Cinemática, Dinâmica e Estática (BONJORNIO, 2014). A Cinemática estuda os movimentos sem se preocupar com suas causas, analisando o comportamento dos corpos e suas propriedades em determinados instantes de tempo em que ocorre o movimento. A Dinâmica estuda as causas que dão origem a algum tipo de movimento, analisando forças, quantidade de movimento e energia entre outros aspectos. A Estática estuda as condições de equilíbrio dos corpos, analisando as forças e torques que proporcionam o equilíbrio (GASPAR, 2014).

O estudo deste trabalho está concentrado na Cinemática, buscando entender os conceitos básicos de medição e unidades de medidas, assim como a compreensão dos sistemas de unidades, das grandezas físicas escalares e vetoriais, a notação científica e ordem de grandeza. Também procura abordar o tratamento vetorial necessário à compreensão das grandezas vetoriais.

Na Cinemática, são abordados os conceitos de deslocamento, trajetória, referenciais e a relatividade do movimento. Apresentam-se, assim, os conceitos de velocidade, aceleração, movimento uniforme e uniformemente variado, buscando sua interpretação através de situações que envolvem o cotidiano e com grande utilização da linguagem e tratamentos matemáticos.

Não serão abordados os assuntos da Mecânica Clássica neste capítulo, por serem amplamente divulgados e abordados nas séries finais do Ensino Fundamental, na disciplina de Ciências, e no início do Ensino Médio. Entretanto, o trabalho foi desenvolvido partindo-se da Mecânica Clássica para se chegar à Mecânica Relativística, construindo-se uma interação entre ambas. Os assuntos da Mecânica Clássica estão descritos e são abordados no Produto Educacional.

3.2 A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA²

² Este item apresenta o assunto abordado constante no Capítulo 3, item 3.18, do Produto Educacional, reproduzido de forma integral com adaptação para o presente.

Em 1905, Albert Einstein publicou um artigo intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, onde apresentou dois postulados que mudaram a maneira como vemos o espaço e o tempo. A teoria se resume à “comparação das medições realizadas em diferentes sistemas referenciais inerciais, isto é, referenciais nas quais as leis de Newton são válidas” (TIPLER; MOSCA, 2006). Apesar de apresentar cálculos relativamente simples, a teoria revolucionou a compreensão sobre a natureza e auxiliou no desenvolvimento tecnológico.

Muito se fala na Mecânica Clássica sobre a relatividade do movimento, que depende de um referencial para sua análise. Os efeitos e fenômenos observados em um referencial em repouso ou em movimento uniforme são idênticos. Ou seja, é muito difícil descobrirmos se estamos em um referencial que se move com velocidade constante ou estamos num referencial em repouso.

Daí decorre o princípio da relatividade da Mecânica, devido a Galileu: é impossível detectar um movimento retilíneo uniforme de um referencial em relação a outro por qualquer efeito sobre as leis da dinâmica [...] (NUSENZVEIG, p. 176, 2002).

Geralmente, um observador se põe em repouso em relação a um referencial e assim analisa um movimento e suas características. Mas tudo o que se conhece e se vê está sempre em movimento: se utilizar o solo, não se pode esquecer que a Terra gira em relação a seu eixo; este, por sua vez, gira ao redor do Sol que orbita o centro da galáxia, a qual se move em relação à outras galáxias. Existe algo no Universo que esteja em repouso para utilizar como referencial?

No século XIX, acreditava-se em um meio que preenchia todo o espaço e por onde a luz do Sol e das estrelas se propagava até o nosso planeta. Esse meio foi chamado de éter e foi considerado o sistema de referência preferencial em repouso. Ou seja, qualquer movimento poderia ser analisado em relação ao éter que estava em repouso absoluto (HEWITT, 2015).

Entretanto, experimentos muito bem elaborados, principalmente como o interferômetro de Albert Michelson e Edward Morley, em 1887, com uma série de medidas cuidadosas, demonstraram que a velocidade da Terra em relação ao éter era nula. Outra questão importante foi a conclusão de que a velocidade da luz não se modificava conforme ela viajava no mesmo sentido do movimento da Terra ou perpendicular a este. Resumindo, o éter não pode ser detectado e a luz não precisa de um meio material para se propagar. Outro fator importante é que não existe um referencial absoluto: o movimento é relativo e só podemos medir a velocidade de um corpo em relação a outro (TIPLER; MOSCA, 2006).

Hewitt (2015), em um exemplo, explica que um astronauta só pode medir a velocidade de sua nave em relação à outra nave ou em relação à Terra ou outro objeto; não é possível medir a velocidade da nave em relação ao espaço. Em uma outra situação, se um observador estiver em um trem em movimento que passa ao lado de outro trem também em movimento, este só poderá saber a velocidade em relação ao outro. Se estiver em movimento uniforme em um avião ou nave espacial que não tem janelas, não poderá distinguir se está em movimento ou em repouso, pois todos os fenômenos e experiências que ali vivencia-se são os mesmos tanto na situação de repouso como de movimento uniforme.

Einstein apresentava muitos questionamentos sobre essas situações, principalmente no que se refere à constância da velocidade da luz. Perguntava-se sobre o que aconteceria se ficássemos ao lado de um feixe de luz, viajando na mesma velocidade deste, como um carro viajando ao lado de outro, ambos na mesma velocidade. Isso não fazia sentido, pois a luz era uma onda produzida pela variação constante de campos elétricos e magnéticos (EINSTEIN, 1999). Se estivéssemos ao lado de um feixe de luz e viajando com a mesma velocidade deste, veríamos estes campos estáticos e, por consequência, não haveria luz?

Outra questão importante refere-se a como utiliza-se referenciais rígidos e fixos para analisar os movimentos. Não é fácil estabelecer as três coordenadas espaciais utilizando-se pontos fixos. É muito mais coerente adotar o sistema de referencial com as três coordenadas espaciais colocadas em qualquer ponto de onde se queira analisar o movimento. São linhas imaginárias e que permitem a nossa compreensão do movimento a partir delas. Se um destes referenciais está em movimento uniforme ou em repouso, só se pode afirmar isso observando outros referenciais que também estejam em movimento uniforme ou em repouso. Ou seja, se um referencial se encontra em movimento uniforme em relação a outro referencial, este também está em movimento uniforme ou em repouso em relação ao primeiro (NUSSENZVEIG, 2002).

Fatores que também fazem refletir e que levaram a Einstein elaborar suas ideias, referem-se à simultaneidade de um mesmo evento observado de dois referenciais diferentes. Um dos exemplos clássicos corresponde a uma pessoa viajando em um trem e abandona uma pedra pela janela deste. A pessoa que abandonou a pedra verá essa caindo em linha reta até o chão, desconsiderando a resistência do ar, enquanto que outra pessoa que está ao lado da ferrovia, fora do trem, veria essa mesma pedra descrever uma trajetória parabólica em relação ao chão (EINSTEIN, 1999). Como um mesmo evento pode ser descrito de maneiras diferentes?

Como se faz para medir algo? Por exemplo, se um observador está dentro de um ônibus em movimento e quer medir o comprimento deste, pode pegar uma trena ou uma régua e ir colocando essa sobre o chão do ônibus e verificar o seu comprimento. Mas para alguém que está ao lado da estrada e vê o mesmo ônibus e pretende medi-lo, deverá proceder da seguinte maneira: sabendo a velocidade, se for constante, do ônibus, multiplica-se pelo intervalo de tempo que o mesmo levou para passar por ele e terá o valor do comprimento deste. Ou seja, as medições podem ser realizadas de maneiras diferentes de acordo com o que podemos ter de fatores e equipamentos para realizar. Mas como medir o espaço? Essas dúvidas é que permeiam o estudo da relatividade.

De acordo com Hewitt (2015), pode-se descrever os postulados que levaram a Teoria da Relatividade restrita como:

Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movam com velocidade uniforme. (HEWITT, p. 661, 2015).

A velocidade de propagação da luz no espaço livre tem o mesmo valor para todos os observadores, não importando o movimento da fonte ou do observador; ou seja, a velocidade de propagação da luz é uma constante. (HEWITT, p. 662, 2015).

Para representar o valor da velocidade da luz, utiliza-se a letra c e é comum adotar o valor arredondado para a mesma (300 000 000 m/s).

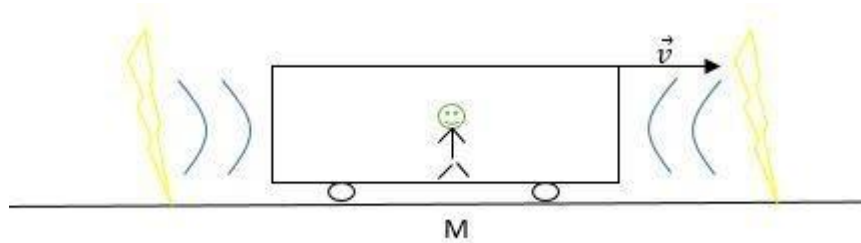
O primeiro postulado deixa claro que é impossível detectar o movimento absoluto, ou seja, somente se pode afirmar que o movimento existe em relação a algum referencial. Os movimentos acelerados podem ser detectados facilmente com uma série de experiências, mas o movimento uniforme não. As leis da natureza são as mesmas para um corpo em repouso e um corpo em movimento uniforme. Isso é o primeiro postulado (NUSSENZVEIG, 2002).

O segundo postulado deixa claro que a velocidade da luz é a mesma para todos os observadores, estejam eles em movimento ou em repouso. A velocidade da luz possui sempre o mesmo valor c , mesmo que a fonte emissora desta luz esteja em movimento. Parece não fazer sentido. Se um observador viaja a 1000 km/h e acende uma lanterna no mesmo sentido do movimento, a velocidade dessa luz deveria ser $1000 + c$. Entretanto, ela tem apenas o valor c , assim como qualquer observador que meça a velocidade dessa luz obterá o valor c . Esse é o segundo postulado (TIPLER; MOSCA, 2006).

Uma consequência do segundo postulado é a questão da simultaneidade de um evento. Em um exemplo, o próprio Einstein apresenta a situação onde dois raios caem ao mesmo tempo

em dois pontos de uma ferrovia retilínea por onde se move um trem. Como dizer se os eventos foram simultâneos? Bem, uma pessoa que estivesse no ponto médio do local onde os raios ocorreram e pudesse dispor de um dispositivo que determinasse o tempo em que a luz de cada raio atingiu aquele ponto, poderia afirmar que os dois raios ocorreram simultaneamente. De outra forma, uma pessoa que estivesse viajando no trem e dispusesse do mesmo dispositivo não poderia afirmar o mesmo. Como o trem se move em direção ao local onde um dos raios caiu, o dispositivo detectaria este primeiro e o outro em seguida, afirmando que ambos não ocorreram simultaneamente. Isso ocorre porque a luz dos raios percorreria distâncias diferentes até atingir o observador. Logo, a simultaneidade de eventos depende do referencial em que o observador se encontra.

Figura 3. 1 - Situação onde uma pessoa em um trem não consegue ver o evento como simultâneo por causa do movimento.



Fonte: o autor.

Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro. (HEWITT, p. 662, 2015).

A questão da simultaneidade de eventos em um sistema de referência e não simultaneidade em outro sistema de referência é um efeito puramente relativístico (HEWITT, 2015).

Para mostrar a situação em que a distância percorrida faz a diferença na detecção de um evento simultâneo, propõe-se a experimentação de um telefone com fio e copos, onde um destes tem pequeno comprimento e outro um grande comprimento. Uma pessoa falando nas extremidades dos dois telefones simultaneamente será percebida de maneira diferente pelas pessoas nas outras extremidades, por causa da distância a ser percorrida pelo som. Não é um evento relativístico, mas auxilia na compreensão da simultaneidade dos fenômenos relativísticos em situações abstratas.

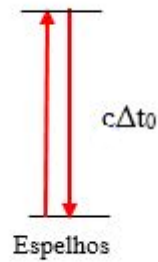
3.2.1 A Dilatação do Tempo

As coordenadas de um sistema de referência fornecem a localização de um objeto no espaço. Pode-se utilizar esse mesmo sistema de coordenadas para especificar o tamanho de um objeto, ou seja, o seu comprimento, sua largura e sua espessura. Porém, essa descrição parece um pouco falha, pois um objeto passou por várias transformações durante o tempo. Por exemplo: uma caixa de giz possui comprimento, largura e espessura que representam as três dimensões espaciais. Entretanto, essa caixa nem sempre foi uma caixa. Um dia ela foi uma árvore que sofreu transformações para se tornar a caixa de giz. Outra questão, é que ela provavelmente não será eternamente uma caixa de giz, podendo ser destruída, queimada, etc. Resumindo, a descrição do objeto necessita de uma quarta dimensão: o tempo. Assim, pode-se definir que aquela caixa possui estas dimensões espaciais neste determinado intervalo de tempo, podendo variar conforme este último varia. Tudo que existe pode ser descrito meio do espaço-tempo.

Se existir movimento entre duas pessoas que estão em referenciais diferentes, elas não concordarão nas medições de espaço e tempo. Isso não é perceptível em pequenas velocidades, mas quando as velocidades atingem valores próximos ao valor da velocidade da luz, velocidades relativísticas, essa distinção ocorre naturalmente. Isso é uma consequência do segundo postulado (TIPLER; MOSCA, 2006).

Para explicar melhor, imagine uma situação onde é possível observar um *flash* luminoso sendo refletido em um par de espelhos paralelos, relógio de luz, para cima e para baixo, como uma bola de tênis batendo no teto e no chão de uma casa. Esse relógio de luz encontra-se em uma nave espacial transparente que se move com uma velocidade muito alta (HEWITT, 2015). Dois observadores observam o *flash*: um dentro da nave espacial e outro fora da nave. Como cada observador vê a trajetória do *flash* de luz?

Figura 3. 2 - Representação de um relógio de luz, onde as setas vermelhas representam o flash de luz sendo refletido nos espelhos acima e abaixo.

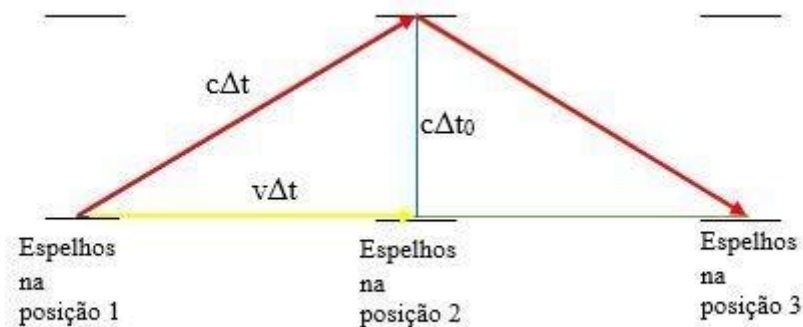


Fonte: o autor.

O observador que se encontra dentro da nave vê exatamente o que está representado na figura 3.2, pois ambos estão no mesmo referencial da nave espacial. Observador e relógio estão em repouso em relação à nave.

O observador que está fora da nave espacial, em um outro referencial, não verá a mesma coisa que o primeiro, principalmente se a velocidade da nave for muito próxima à da luz. Ele observará algo como representado na figura 3.3.

Figura 3.3 - Representação do trajeto da luz do relógio visto na perspectiva de um observador externo à nave espacial. A seta amarela indica a distância percorrida pela nave espacial enquanto a luz sai de um espelho e toca no outro.



Fonte: o autor.

Facilmente se percebe que a distância percorrida pela luz na figura 3.2 é menor do que a distância percorrida pela luz na figura 3.3. Ou seja, observadores diferentes viram a luz percorrer distâncias diferentes. Mas a velocidade da luz é a mesma para ambos observadores. Isso somente pode estar correto se o tempo passar de maneira mais lenta na situação da figura 3.3. Esse alongamento do tempo é chamado de dilatação do tempo ou dilatação temporal.

É possível estabelecer uma relação entre o tempo decorrido para o *flash* de luz percorrer os espelhos no referencial da nave, chamado tempo próprio (Δt_0), e o tempo decorrido para o *flash* percorrer os espelhos no referencial exterior à nave, chamado tempo relativo (Δt). O tempo próprio é, por definição, o intervalo de tempo medido no referencial em repouso em relação ao evento observado. Para isso, observando a figura 3.3, vemos que a primeira seta vermelha indica a distância percorrida, velocidade vezes o tempo, pela luz, de um espelho a outro, no referencial externo à nave. A seta amarela indica a distância percorrida pela nave neste intervalo de tempo, vista desse mesmo referencial. De outra forma, a linha azul da figura 3.3, representa a distância percorrida pela luz no referencial que está fixo em relação ao relógio de luz, ou seja, a nave espacial. Assim, utilizando o triângulo retângulo formado e o teorema de Pitágoras, temos:

$$(c\Delta t)^2 = (c\Delta t_0)^2 + (v\Delta t)^2$$

$$c^2\Delta t^2 = c^2\Delta t_0^2 + v^2\Delta t^2$$

$$c^2\Delta t^2 - v^2\Delta t^2 = c^2\Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2(c^2 - v^2) = c^2\Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 \left(\frac{c^2 - v^2}{c^2} \right) = \Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 \left[1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right) \right] = \Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}}$$

(Equação 3.1)

Onde pode-se representar o fator

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

como γ (gama), que é conhecido por fator de Lorentz, ou seja:

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

E assim:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

(Equação 3.2)

Pode-se notar que o fator γ será sempre maior que 1, indicando que o tempo relativo é maior que o tempo próprio, ou seja, o tempo passa mais lentamente para o observador externo. Isso é a dilatação do tempo. Para velocidades v cada vez maiores, maior será o fator γ e maior será a dilatação do tempo. Se a velocidade v for muito pequena, como no cotidiano das pessoas, tem-se que o fator γ se reduz a praticamente 1, fazendo com que Δt_0 seja igual a Δt . Ou seja, o tempo não passa diferente para alguém que está em um ônibus e alguém parado na rua. A dilatação temporal somente ocorre para velocidades muito altas, próximas à velocidade da luz.

3.2.2 A Contração do Comprimento

Da mesma maneira como o tempo é afetado pela Teoria da Relatividade Restrita, assim também o comprimento sofrerá variações durante a medição de objetos que se encontram em movimento relativo. O que ocorre é uma contração do comprimento na mesma direção do movimento (WOLFF; MORS, 2005). Essa é uma consequência do segundo postulado.

A contração do comprimento está intimamente ligada à dilatação do tempo. Como exemplo, tem-se uma barra de metal parada em relação ao chão e um trem muito rápido passando por ela. É possível fazer a dedução da contração do comprimento, imaginando um observador parado no chão e outro no trem. Para o observador no chão é fácil fazer a medição da barra utilizando uma régua ou trena, pois ambos se encontram em um mesmo referencial.

Supõe-se que o comprimento da barra obtido pelo observador no chão seja L_1 . Esse é o comprimento próprio obtido pelo observador. O observador que se encontra no trem apenas pode medir a barra por meio da relação:

$$x = v\Delta t$$

(Equação 3.3)

Onde pode-se substituir os valores conhecidos do tempo próprio e utilizar a medida L_2 como sendo o comprimento da barra obtido pelo observador do trem.

$$L_2 = v\Delta t_0$$

Mas sabe-se que:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

E assim:

$$L_2 = v \frac{\Delta t}{\gamma}$$

Onde:

$$v \Delta t = L_1$$

Então:

$$L_2 = \frac{L_1}{\gamma}$$

Que é mais comumente representada por:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

(Equação 3.4)

Onde pode-se substituir o fator γ e obter:

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

Essa contração foi proposta por George F. FitzGerald e expressa matematicamente por Hendrick A. Lorentz. A proposição era a de que os objetos diminuam o seu comprimento, mas

Einstein propõe a contração do próprio espaço (HEWITT, 2015). Uma questão interessante é que somente a direção do movimento é afetada pela contração, sendo que as demais permanecem constantes. Outro fator importante é que sempre são atribuídos os efeitos relativísticos ao outro sujeito: se estou em repouso vejo o objeto em movimento relativístico mais curto do que o comprimento observado; se estou em movimento, vejo o objeto parado mais curto.

Também pode-se apresentar, sem a dedução, a fórmula para a soma de duas velocidades relativísticas. A velocidade é uma grandeza relativa e depende do referencial adotado. Se um corpo se move com velocidade v_a em relação ao referencial A, e o referencial A se move com velocidade v_{ab} em relação a um outro referencial B, a velocidade v_b do corpo em relação a B é (TIPLER; MOSCA, 2006):

$$\vec{v}_b = \vec{v}_a + \vec{v}_{ab}$$

(Equação 3.5)

Uma das grandes surpresas dos físicos do século XX foi a descoberta de que a equação [...] é apenas uma aproximação. (TIPLER; MOSCA, p. 26, 2006).

Na verdade, a equação 3.5 é válida para velocidades muito pequenas, sendo que a Teoria da Relatividade Restrita muda totalmente esse conceito:

$$V = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

(Equação 3.6)

Dessa maneira, tudo o que é apresentado pela Teoria da Relatividade Restrita permite a unificação do estudo do movimento uniforme como um todo, não necessitando se apresentar de duas maneiras, como clássica e relativística. As demonstrações aqui apresentadas permitem o estudo de mecânica com a compreensão geral do movimento e não apenas de maneira clássica. É possível continuar a partir daqui com as leis de Newton, energia relativística e momento relativístico, dando um suporte pleno aos alunos de Física do Ensino Médio.

Os efeitos da Teoria da Relatividade Restrita não são simplesmente numéricos e matemáticos: eles são reais. Uma série de experimentos com partículas subatômicas provaram a veracidade da teoria. Em 1971, quatro relógios atômicos de césio foram colocados em aviões

comerciais viajando ao redor do mundo e demonstraram que houve diferenças de bilionésimos de segundo em relação aos mesmos relógios no Observatório Naval dos Estados Unidos, que estavam de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita. Hoje, são necessárias correções nos sistemas de posicionamento global (GPS) que possuem relógios atômicos orbitando em altas velocidades o nosso planeta para poder compensar os efeitos da dilatação temporal (HEWITT, 2015).

Um dos experimentos mais famosos da comprovação da Teoria da Relatividade Restrita é a detecção de múons na superfície terrestre. Raios cósmicos vindos do espaço entram em nossa atmosfera e interagem com os elementos desta produzindo partículas subatômicas que dão origem a milhares de partículas secundárias. Algumas dessas são píons neutros (π^0) e carregados (π^+ e π^-). Os píons carregados interagem com os átomos da atmosfera ou decaem em múons, positivos (μ^+) ou negativos (μ^-). O múon é uma partícula carregada instável que decai em um elétron (ou pósitron), um neutrino e um antineutrino, e tem uma vida média de 2,2 μ s. A maior parte dos múons é criada a uma altitude de 15 km, possuindo uma velocidade de 0,9998c (NUSSENZVEIG, 2002). Dessa forma, segundo a teoria clássica, praticamente nenhum múon produzido chegaria à superfície terrestre. Porém, são detectados em laboratórios muitos múons, trilhões de vezes mais do que previsto na teoria clássica. Entretanto, se adotarmos a dilatação temporal ou a contração do comprimento da Teoria da Relatividade Restrita, os resultados são compatíveis com as detecções.

A teoria da relatividade de Einstein levantou muitas questões filosóficas. O que exatamente é o tempo? Podemos dizer que ele é a forma com a qual a natureza “vê” que os eventos não acontecem todos de uma vez? E por que o tempo parece transcorrer em um sentido apenas? Ele sempre transcorreu *para frente*? Existiriam outras partes do universo onde o tempo transcorresse *para trás*? É provável que nossa percepção tridimensional de um mundo tetradimensional seja apenas um início? Poderia existir uma quinta dimensão? E uma sexta dimensão? Uma sétima? E seguindo adiante, quais seriam as naturezas dessas dimensões? Talvez essas questões sejam respondidas pelos físicos do futuro. Que empolgante! (HEWITT, p. 681, 2015).

4 A TEORIA POR DETRÁS DO PRODUTO

Este capítulo tem por objetivo apresentar a fundamentação teórica das práticas pedagógicas utilizadas na aplicação do produto educacional e que permitiu que o trabalho pudesse alcançar os resultados esperados.

4.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

O pesquisador norte-americano David Paul Ausubel (1918-2008), conhecido por desenvolver o conceito de aprendizagem significativa, em seu livro *Psicologia Educacional* era categórico ao afirmar que quanto mais se sabe, mais se aprende. Para Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980), "o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece".

Ausubel é um dos representantes do cognitivismo, mas sobretudo reconhece a importância da experiência afetiva. O ato de aprender está ligado com o interesse em aprender. O indivíduo procura aprender se algo lhe é interessante, claro e relevante. Aprender faz parte do cotidiano de todos: estamos sempre aprendendo. Mas o que facilita a aprendizagem é a importância que é dada ao conceito que se deseja aprender. Se algo nos fascina, este pode levar ao desenvolvimento de habilidades e técnicas individuais que podem facilitar a aquisição deste novo conhecimento. Entretanto, este novo conhecimento está atrelado, conectado ao conhecimento que possuímos em nossa estrutura cognitiva. Dessa forma, este conhecimento constitui um ponto de partida para a aquisição de novas estruturas cognitivas que nos permitem aprender. Para Moreira (2011), Ausubel acredita que conceitos novos podem ser aprendidos “na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo” e sirvam como ponto de partida para novas ideias e conceitos.

Com isso, fica claro que o professor precisa organizar seus materiais e suas ideias previamente para que possa, por meio da interação com o conteúdo e com o aluno, permitir a inter-relação do aluno com o conteúdo a ser aprendido. Mas isso somente será possível se o professor souber o que o aluno retém de conhecimento para dar continuidade ao processo. Assim, o aluno poderá organizar seus conhecimentos aprendidos anteriormente com os novos conhecimentos apresentados. Quando um novo conceito ou material é apresentado ao aluno,

este irá interagir com o mesmo, utilizando seus conhecimentos existentes como um ancoradouro que permitem a inclusão e modificação do novo conhecimento (MOREIRA, 2011).

[...] é essencial levar - se em consideração as complexidades provenientes da situação de classe de aula, estes por sua vez, incluem a presença de muitos alunos de motivação, prontidão e aptidões desiguais; as dificuldades de comunicação entre professor e aluno; as características particulares de cada disciplina que está sendo ensinada; e as características das idades dos alunos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 5).

O conceito principal da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, na qual uma nova informação relaciona-se com a estrutura cognitiva que o indivíduo possui, conhecida como conceito subsunçor. A aprendizagem significativa ocorre quando novas informações “prendem-se” à conceitos mais gerais previamente existentes na mente do aprendiz (PELIZZARI, Adriana, et. al., 2002). Esses conceitos gerais funcionam como pontos de suporte, de ancoragem, para facilitar a aprendizagem de conceitos específicos e, assim, transformar e modificar os conceitos gerais formando novos subsunçores. Estes novos subsunçores, agora mais elaborados, servem de ancoragem para novos conhecimentos, desde que a aprendizagem ocorra de maneira significativa.

Para Moreira (2011), a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos gerais é definida por Ausubel como aprendizagem mecânica ou automática e se opõe à aprendizagem significativa. A informação é armazenada de maneira arbitrária, como, por exemplo, memorização de fórmulas matemáticas. Porém, quando um indivíduo se depara com uma nova área do conhecimento, novas informações, pode ocorrer a aprendizagem mecânica, até que esta acabe sendo relevante para o aprendiz e torne-se significativa. Neste caso, se faz referência à interação do aluno com o material de maneira mecânica, mesmo que sem um conhecimento estabelecido de tal material e sua funcionalidade, para que este conceito se torne relevante e sirva de subsunçor, mesmo que pouco elaborado, e possa ser modificado com a aquisição de novos conceitos de maneira significativa.

Entretanto, Moreira (2011) afirma que Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são “materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si”, que facilitam a aprendizagem significativa. Assim, os organizadores prévios servem de âncora para novos conhecimentos e desenvolvimento de conhecimentos subsunçores. Estes organizadores prévios buscam formar uma “ponte cognitiva” entre aquilo que o indivíduo possui de conhecimento e aquilo que deve ser aprendido de maneira significativa.

Outra característica importante para ocorrer a aprendizagem significativa é a de que o aluno esteja disposto a aprender e assimilar os conhecimentos. Sem essa disposição, é possível que o aluno memorize de maneira literal e arbitrária os novos conceitos. Da mesma forma, se os materiais ou os conteúdos a serem aprendidos não forem potencialmente significativos, não importa a disposição e interesse do aluno em aprender, este não terá uma aprendizagem significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Resumindo, o aluno precisa estar interessado pela aprendizagem e pelo material e os materiais precisam ser interessantes e produtivos para a aprendizagem dos alunos.

Portanto, uma das condições para a ocorrência de aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não literal. Um material com esta característica é dito *potencialmente significativo*. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados. (MOREIRA, 2011, p. 156).

Pode-se perceber que trabalhar com conteúdo e conhecimentos relacionados a situações cotidianas, deixando o aluno se relacionar com os materiais concretos e construir seu próprio conhecimento é essencial para se adquirir o conhecimento.

Para se avaliar se um aluno apresenta indícios de aprendizagem significativa, pode-se propor avaliações em forma de resolução de problemas de maneira nova e não familiar e que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido (MOREIRA, 2011). Também é possível fazer a explanação oral, em forma de plenárias, para que o aluno busque demonstrar o que aprendeu durante a aula, dando condições ao professor de verificar indícios de novos subsunçores e de aprendizagem significativa.

Pode-se perceber que o principal elemento para a aprendizagem significativa ocorrer é descobrir o que o aluno já sabe e ensinar de acordo com este conhecimento.

4.2 A TEORIA DA MEDIAÇÃO DE VYGOTSKY

Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934) era formado em Direito, História e Filosofia. Entretanto desenvolveu teorias sobre a psicologia da formação humana. E aqui será abordado a teoria da mediação do autor.

Para Vygotsky (1984), o que faz o indivíduo aprender é a interação social. A troca de informações e experiências entre pais e filhos, irmãos e colegas, faz com que o conhecimento se amplie a cada dia, trazendo novas descobertas e aprendizado significativo, cognitivo e linguístico. Sendo assim, a aprendizagem é uma experiência social mediada pela interação entre ação e o diálogo.

A interação entre as pessoas e o ambiente em que se vive e convive é que permite a aquisição de novos conhecimentos. Cada indivíduo é específico em ambientes específicos. A interação entre colegas em uma sala de aula, permite a ampliação do desenvolvimento cognitivo pois permite a troca de informações entre aquele que sabe mais e aquele que ainda não compreendeu totalmente o novo conceito, além do professor que é o adulto e que interage e media o processo de aquisição de conhecimentos. O diálogo constitui um dos grandes meios para que a interação aconteça.

Vygotsky propõe a utilização de elementos mediadores para que a aprendizagem ocorra: os instrumentos e os signos. Os instrumentos se interpõem entre os seres humanos e a natureza possibilitando a transformação do meio em que se vive. Cria-se instrumentos novos, faz-se instruções para a utilização destes e modifica-se os mesmos para o melhor desenvolvimento e atuação sobre o mundo. Os signos são elementos mediadores exclusivamente humanos. Pode-se dizer que os signos são representações mentais de objetos concretos, permitindo sua análise, introspecção e interação de maneira abstrata (BECKER, 2003).. Por exemplo, se falarmos em um objeto livro, neste mesmo instante conseguimos imaginar um livro mesmo sem termos um livro a nossa disposição.

Um indivíduo desenvolve o seu conhecimento por meio da interação social, onde utiliza-se de instrumentos e signos para responder às suas necessidades intrapessoais e interpessoais. Quanto mais instrumentos o indivíduo aprende a utilizar, mais vai aumentando o seu conhecimento (BECKER, 2003).

Um conceito muito importante na teoria de Vygotsky para o processo de ensino e aprendizagem corresponde à internalização, que não seria apenas adquirir o conhecimento mas buscar o conhecimento, interagir com o ambiente, com o social e transformar para si os conhecimentos historicamente aceitos pela sociedade.

O conceito de mediação é muito importante para entender como as relações sociais permitem a aquisição de novos conceitos e conhecimentos. O professor como mediador, como um agente que propicia a formação do indivíduo não é o único meio de mediação. O contato

com a cultura, com a atividade didática e o meio em que um aluno se encontra são elementos essenciais e mediadores da motivação para a formação do aprendiz.

Outro conceito importante tratado na teoria da mediação de Vygotsky é a zona de desenvolvimento proximal (ZDP). A zona de desenvolvimento proximal é uma medida do potencial de aprendizagem e representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre. Pode-se considerar a ZDP como a distância que existe entre o que o indivíduo sabe previamente, seu conhecimento real, e aquilo que este possui potencialidade para aprender, seu conhecimento potencial (VYGOTSKY, 1984). Dessa forma, o papel do professor é identificar aonde o aluno já chegou e aonde poderá chegar no que se refere à aprendizagem.

Percebe-se que no intervalo da ZDP, o conhecimento real é aquele em que o indivíduo consegue aplicar sozinho e o conhecimento potencial é aquele em que o indivíduo necessita da interação e ajuda de outros indivíduos.

Na área educacional, o professor precisa possibilitar ao aluno a interação com os demais colegas, para que este possa se relacionar com o conhecimento e compartilhar suas ideias e concepções com outros. Trata-se de trabalho coletivo e cooperativo para que todos possam vencer os constantes desafios elaborados pelo professor para o desenvolvimento dos seus conteúdos. Essas estratégias fazem com que os alunos desenvolvam novas ZDPs a todo momento, tornando-o independente e motivado. Assim, o aluno aprende por meio da cooperação com os demais facilitando o processo de aprendizagem e ensina enquanto aprende.

A interação social é que permite a aquisição de conhecimento. A mediação do conhecimento ocorre com a participação daquele que detém o conhecimento aceito socialmente e apresenta ao indivíduo que procura interagir com este conhecimento e devolvê-lo da maneira que compreendeu. A maneira em que o conceito é devolvido demonstra se o indivíduo entendeu o conceito que é aceito socialmente. Essa descrição representa muito o trabalho do professor com o aluno em sala de aula, através da mediação professor-aluno.

Naturalmente, nesse processo o professor pode também aprender, na medida em que clarifica ou incorpora significados à sua organização cognitiva, mas, como professor, ele ou ela está em posição distinta do aluno no que se refere ao domínio de instrumentos, signos e sistemas de signos, contextualmente aceitos, que já internalizou e que o aluno deverá ainda internalizar. (MOREIRA, 2011, p. 120).

4.3 A EDUCAÇÃO PARA A AUTONOMIA DE PAULO FREIRE

Paulo Reglus Neves Freire (1921-1997) foi um educador, escritor e filósofo pernambucano. Ele acreditava na emancipação e autonomia das pessoas para possibilitar a libertação do indivíduo a partir da educação. Tornar o aluno capaz de ler o mundo para poder transformá-lo é o principal papel da educação na visão de Freire.

Freire (1997) afirma que não é possível fazer educação sem conhecer o estudante, sem partir de sua realidade, sem mapear científica e sistematicamente o que é e como é o universo em que vive o aluno. Dessa forma, a educação tem mais sentido para a pessoa que aprende, de maneira que se aprende com mais alegria, entendendo porque está aprendendo determinado conceito ou conteúdo.

Os próprios conteúdos e currículos são definidos a partir do movimento que Freire denomina de leitura do mundo. Ler o mundo é mapear profundamente a realidade, conhecendo-se as aspirações e desejos das pessoas, resgatando-se os sonhos. O mundo moderno, segundo Freire (1996), acaba destruindo os sonhos das pessoas de transformar a realidade transformando o mundo em um lugar mais justo para todos. A educação tradicional é vista como a formação de pessoas para suportar e viver em um mundo injusto, conformando-se com a opressão do mundo sobre a maioria.

Um conceito muito importante para Freire é a conscientização: para haverem mudanças, o indivíduo precisa se conscientizar da realidade. Mas conscientizar apenas não basta: é preciso ter uma ação transformadora por parte do indivíduo (FREIRE, 1997). A ação transformadora é um outro conceito fundamental para o entendimento do método de educação defendido e que ocorre quando existe o diálogo entre seres em um patamar horizontal, onde não existe superioridade entre os envolvidos neste, não há cultura que seja melhor que a outra. O diálogo exige dos envolvidos a questão da amorosidade, que significa respeitar o ser humano em sua natureza, em seu contexto, em sua vocação para ser mais.

[...], o diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes. (FREIRE, 1996, p. 91).

Um dos aspectos muito importante que se percebe nas ideias de Freire é o destaque que é dado para o ensinar e aprender. O aluno aprende com o professor e o professor aprende com o aluno durante sua prática, permanentemente. Enquanto aprende, o aluno ensina e enquanto ensina, aprende. Não existe ensinar sem o aprender (FREIRE, 1996).

Um dos conceitos utilizados por Freire em sua prática é o de tema gerador, que é o tema que faz brotar um conhecimento significativo para os estudantes. São temas que vão provocar a escolha do tipo de abordagem científica que será feita, quais ênfases serão dadas ao currículo e como acontecerá a aprendizagem. Questionar e problematizar a realidade faz com que se possa atuar de maneira a modificar a mesma, definindo-se temas que partem dos estudantes e fazem estes se sentirem importantes porque foram eles que escolheram o que se estudar.

O método defendido por Freire pode ser utilizado em várias etapas da aprendizagem pois parte do contexto e da realidade do aluno, defendendo a proposta deste em adquirir a autonomia e a transformação da realidade, questionando e problematizando, reconhecendo o mundo como seu produto de transformação. A busca da igualdade entre os cidadãos é o principal objetivo de Paulo Freire em sua atuação como educador, recuperando o sentido de ser professor do ato de estudar e aprender.

O trabalho é muito coletivo: tudo é feito com o diálogo e a discussão com os alunos, com o professor e todos entre si. Freire (1996) afirma que “ninguém educa ninguém, ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo”. A educação acontece a partir da reflexão sobre a prática. A partir da prática e de sua análise é que se consegue transformar a ação de ensinar e aprender, levando-se em conta que o ser humano é complexo em si e tudo isso deve ser levado em conta no processo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo tem por finalidade descrever os procedimentos adotados na elaboração e desenvolvimento do produto educacional destacando as ideias que levaram à elaboração das aulas e construção das atividades descritivas e práticas que compõem o processo de aprendizagem da Teoria da Relatividade Restrita como continuidade do estudo da Mecânica Clássica.

O trabalho proposto foi desenvolvido durante trinta e cinco aulas, durante um semestre letivo, onde foram estudados os conceitos de Mecânica Clássica, mais precisamente a Cinemática, e da Teoria da Relatividade Restrita, buscando levar o aluno a compreender o movimento do ponto de vista clássico ao relativístico da Física. Durante um semestre letivo, o número de aulas geralmente é superior, porém o número foi escolhido procurando prever possíveis atrasos, feriados ou qualquer outro tipo de imprevisto.

O referido produto consiste de uma unidade didática contendo oito etapas, distribuídas em vinte e cinco planos de aula com atividades, material de apoio e aparatos experimentais, estruturado na forma de: planejamento, conceitos físicos abordados em sala de aula, textos de apoio ao professor, manuais de montagem dos aparatos experimentais, além de vídeos, slides e mapas utilizados em sala de aula.

Cada uma das etapas apresenta um tema específico e um número de aulas variável de acordo com o tema, que buscam desenvolver gradativamente no aluno as concepções e ideias da Física desde o primeiro contato com a disciplina, que ocorre neste período, início do Ensino Médio, até o entendimento do estudo de Mecânica como um todo, abordando as ideias da Mecânica Clássica e Relativística.

Foram elaborados vinte e cinco planos de aula para o desenvolvimento do trabalho. Cada plano de aula desenvolvido pode ser aplicado isoladamente buscando-se atingir objetivos específicos para aquele tema, ou seja, é um todo que pode ser utilizado em partes menores de acordo com as necessidades dos profissionais que dele tiverem contato e conhecimento.

Os vinte e quatro planos de aula consistem em procurar desenvolver os conteúdos por trinta e cinco horas-aula, sendo que há planos para uma hora-aula e outros para duas horas-aula. Esse número de aulas escolhido corresponde a um número que representa basicamente um

semestre letivo, de acordo com a experiência em sala de aula, visto que existem dificuldades impostas pelo calendário escolar. Assim, o produto educacional procurou levar a experiência do professor em um nível de maior entendimento dos conteúdos, priorizando, aos alunos, o entendimento qualitativo do conteúdo em relação ao quantitativo e da resolução de problemas matemáticos. Não menosprezamos a Matemática, mas deixamos claro que esta é uma das formas de expressar e que permite ampliar o desenvolvimento das ideias da Física. Além disso, a inclusão da Teoria da Relatividade Restrita procura dar maior suporte e compreensão aos estudantes sobre o estudo do movimento nas perspectivas do mundo moderno.

O trabalho foi desenvolvido no município de Rio Azul, no estado do Paraná, em dois colégios pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Irati-PR: o Colégio Estadual Doutor Chafic Cury, na zona urbana, no terceiro ano do curso de Formação de docentes, período noturno, único ano que contempla a disciplina de Física, que contou com a participação de 21 (vinte e um) alunos; o Colégio Estadual Nossa Senhora Aparecida, escola do campo, ensino regular, primeiro ano do Ensino Médio, no período noturno, que contou com a participação de 32 (trinta e dois) alunos.

Cada aula foi desenvolvida por meio de diálogos/questionamentos (VYGOTSKY, 1984) ou até mesmo atividades práticas utilizadas como organizadores prévios para despertar nos alunos o senso natural de curiosidade que leva à busca do conhecimento. Tendo essa curiosidade, o único fim seria a libertação dessa angústia que se dá com a compreensão ou o conhecimento adquirido, sendo aqui identificado como a intersecção da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Dessa forma, o aprendizado acontecia de maneira natural, tendo o professor como um mero colaborador, mediador no desenvolvimento das atividades propostas. Não há menosprezo da atuação do professor neste contexto: o trabalho principal deste foi a elaboração das atividades que guiaram os alunos ao desenvolvimento próprio de seu conhecimento, de maneira autônoma e consciente.

Cada aula possui uma atividade de registro e direcionamento para os alunos. Esta atividade tem o intuito de fazer com que os alunos, em duplas ou grupos, discutam elementos essenciais que os direcionam e levam ao descobrimento do conhecimento por si próprios, de maneira natural, seguindo regras e debates que se adaptem à suas realidades e seja parte importante para o seu desenvolvimento cognitivo e também social, ou seja, por meio da mediação aluno-aluno. Naturalmente, de acordo com o desenvolvimento das atividades e a realidade de cada escola, o professor necessita fazer intervenções pontuais, uma mediação aluno-professor, para que o trabalho atinja os objetivos e não fuja do planejamento. É normal

ocorrerem situações de desmotivação e situações inusitadas que podem prejudicar o andamento das aulas. Neste momento, a figura do professor é essencial para evitar o desânimo da turma e de seu próprio trabalho. Precisa haver muito foco nos resultados que podem ser surpreendentes.

A avaliação do desempenho dos alunos deu-se de forma qualitativa, de acordo com as respostas apresentadas nas atividades de registro e direcionamento e da participação ativa nas discussões, plenárias e atividades práticas realizadas. Cada atividade proposta apresentava uma resposta esperada pelo professor que, assim, poderia compreender o desenvolvimento das ideias dos seus alunos e entender quais os passos a serem tomados para não haver defasagens e realmente os conceitos serem compreendidos. Ao final de cada aula, era necessário ser realizadas anotações referentes à participação para compreender cada aluno. Dessa forma, houve um mapeamento indicativo de ZDP e um mapeamento indicativo de subsunçores de cada aluno.

Todo o trabalho desenvolvido buscou mostrar aos alunos que é possível aprender de maneira dinâmica, divertida, compreendendo e atuando sobre a realidade, seja próxima ou distante de nossa vivência. Toda atividade buscou tirar o aluno de sua zona de conforto e procurou demonstrar que a escola é muito mais que copiar e responder atividades.

As atividades da proposta foram desenvolvidas em duplas, onde os alunos procuravam auxiliar uns aos outros conforme o seu nível de conhecimento. As plenárias e discussões eram constantes em sala de aula ou fora desta, fazendo com que todos participassem ativamente revelando seus conhecimentos e suas percepções acerca do assunto que estava sendo desenvolvido. Atividades eram desenvolvidas em diferentes ambientes, como quadra, pátio, refeitório, laboratório, entre outros, para que o aluno se sentisse sempre surpreso, em movimento e participante das atividades. Cada dupla possuía uma pasta onde arquivava as atividades desenvolvidas em cada aula. O processo e o progresso dos alunos eram avaliados após cada aula, permitindo ao professor adequar seu cronograma e métodos para que os resultados de uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011) mostrassem seus indícios.

O trabalho como um todo procurou fazer com que os alunos buscassem e descobrissem o conhecimento, com auxílio dos próprios colegas, de sua observação, experimentação e prática em todas as aulas, contando com o auxílio do professor que pouco interferia no processo. Este apenas procurava direcionar o trabalho para que os saberes fossem adquiridos processualmente por meio das atividades propostas, dando apoio e direcionando quando o rumo da atividade não permitia a aquisição do conhecimento ou quando este era compreendido de maneira errônea. É

importante ressaltar que as correções aos erros eram feitas de maneira que o aluno percebesse, com ajuda do professor e dos colegas, que algo não condizia com o conceito desenvolvido na aula. Eram apresentadas diversas situações para que a percepção fosse clara e definitiva, não deixando dúvidas ou espaço para não confiar no aprendizado adquirido. Em nenhuma situação o professor impôs sua opinião dizendo que isso ou aquilo é verdadeiro e acabou. Como comentado anteriormente, esse tipo de atitude pouco desenvolve o aluno, pelo contrário, o desmotiva a continuar questionando.

No Quadro 5.1 são apresentadas as etapas com seus respectivos temas, assim como os temas das aulas e o número de aulas necessários ao desenvolvimento das atividades propostas. O número de aulas para o desenvolvimento de cada conteúdo é variável de acordo com a necessidade de aprofundamento e possíveis adaptações de acordo com a região, o tipo de escola e o nível de conhecimentos prévios dos alunos.

Quadro 5. 1 Sequência das etapas com os temas e assuntos das aulas

Etapa	Tema da etapa	Temas das aulas	Número de horas-aula
1ª	Introdução ao estudo da Física.	Apresentação e introdução ao estudo da Física.	2
		Aspectos históricos da Física.	2
		O método da Ciência.	1
		Executando o método científico.	1
2ª	Medidas e conceitos essenciais para a Física.	O Sistema Internacional de Unidades.	1
		Notação científica e ordem de grandeza.	1
		Grandezas escalares e vetoriais.	1
		Localização, deslocamento e caminho percorrido.	1
		Componentes retangulares de um vetor e operações com vetores.	1
		Operações com vetores.	2
		Medida indireta de distâncias: o teodolito.	1
3ª	Referencial e a relatividade do movimento.	Ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial.	2

		A relatividade do movimento e referencial inercial.	1
4ª	Velocidade escalar média e velocidade vetorial média.	Posição escalar, velocidade escalar média e velocidade vetorial média.	2
5ª	Movimento Uniforme.	Movimento Uniforme.	2
6ª	Movimento Uniformemente Variado.	Movimento Uniformemente Variado: introdução.	1
		Queda livre e lançamento vertical para baixo.	2
		Lançamento vertical para cima.	1
		Rolamento horizontal.	1
		Lançamento oblíquo e horizontal.	2
		Pêndulo.	1
7ª	Teoria da Relatividade Restrita.	A teoria da relatividade restrita: introdução.	1
		A teoria da relatividade restrita: desenvolvimento de ideias gerais e sobre a dilatação temporal.	2
8ª	Comprovações da Teoria da Relatividade Restrita.	A teoria da relatividade restrita: a contração do comprimento e a comprovação da teoria.	2
		A teoria da relatividade restrita: seminários sobre a teoria	1

Fonte: o autor.

Na primeira etapa foram desenvolvidas atividades para que os alunos conhecessem a Física, uma vez que para alguns era algo novo, e fizessem suas apresentações para se conhecerem, conhecerem o professor e conhecerem a disciplina.

Por isso, o trabalho foi desenvolvido com o auxílio de imagens, com a formação de duplas para o trabalho e discussões. Também foram discutidas, através de imagens, as áreas da Física, seus objetos de estudo e sua relação com o cotidiano dos alunos. Essas imagens deram nomes às duplas de estudo. Por fim, imagens relacionadas apenas à Mecânica foram apresentadas para início das discussões do assunto principal a ser abordado nas aulas. Houve também a produção de material como o varal do tempo e atividades práticas para conhecer e aplicar o método científico. Dessa maneira, os alunos puderam entender o trabalho do cientista,

as áreas de conhecimento e atuação da Física e um pouco sobre os eventos que marcaram a sua história no desenvolvimento da humanidade.

Na segunda etapa foram desenvolvidas muitas atividades práticas com a utilização de instrumentos de medidas, imagens, mapas e atividades na quadra poliesportiva, desafiando os alunos a desenvolverem seu próprio conhecimento e colocando à prova os conhecimentos adquiridos previamente.

Foram desenvolvidos os conhecimentos essenciais para o trabalho com o estudo do movimento, além de cálculos relacionados às grandezas vetoriais e suas componentes. Dessa forma, constituiu uma base forte para o estudo a ser desenvolvido, não sendo necessário retornar com as bases do estudo de toda a Física. A conclusão deu-se com a utilização dos conhecimentos adquiridos para se utilizar um teodolito simplificado, que contava com uma base de madeira, dois transferidores e canudos de refrigerante (BARRETO FILHO; SILVA, 2016).

A terceira etapa iniciou propriamente o estudo do movimento, apresentando os conceitos principais para este estudo. Foram desenvolvidas atividades com filmagens de movimentos em diversas perspectivas para análise da relatividade do movimento e a compreensão de referenciais, principalmente referindo-se a referenciais inerciais e não-inerciais. Também foram desenvolvidas atividades utilizando-se o movimento em skate e lançamento de objetos de cima deste, em movimentos variados para a compreensão de como a velocidade e o movimento são relativos.

Na quarta etapa foram trabalhados os conceitos de velocidade escalar e vetorial, dando-se um sentido real para o conceito por meio do desenvolvimento de atividades práticas para o cálculo de suas próprias velocidades médias em diversas situações simuladas e reais na quadra poliesportiva, envolvendo-se discussões e cálculos e suas respectivas interpretações.

A quinta etapa foi desenvolvida por meio de uma prática simples utilizando-se uma bolha de ar presa em uma mangueira contendo água e outra contendo óleo (BARRETO FILHO; SILVA, 2016). Assim, através do movimento da bolha de ar dentro do fluido, era possível observar, determinar distâncias e intervalos de tempo relacionados ao movimento uniforme. Após isso, os dados puderam ser tratados pelos alunos que os analisaram construindo gráficos, tabelas e calculando-se as respectivas funções e velocidades. Tudo isso em um curto intervalo de tempo que pode ser muito bem aproveitado.

Na sexta etapa foram desenvolvidos os estudos do Movimento Uniformemente Variado por meio de experimentos e práticas demonstrando os respectivos tipos de movimento e suas características. Entretanto, o ponto principal desta etapa foi a realização de filmagens dos movimentos a serem estudados e sua análise no software Tracker (BROWN,2017), que dava uma perspectiva mais exata do movimento, com uma série de dados e gráficos importantes que facilitaram muito o estudo destes movimentos, que por vezes dificultam percepções de detalhes importantes. Assim, todas as aulas dessa etapa contavam com a análise das imagens do respectivo movimento tratada no software citado.

A sétima etapa procurou desenvolver as ideias da Teoria da Relatividade Restrita iniciando com análise de cenas do filme Contato (1997), baseado no romance de Carl Sagan sob o mesmo nome. Essa análise buscava despertar a atenção e o interesse para questões que não parecem tão próximas da realidade dos alunos. Na continuidade, foram desenvolvidas atividades práticas na quadra poliesportiva para a compreensão dos movimentos a serem analisados em situações de experiências de pensamento a serem consideradas e as discussões dos postulados de Einstein para a teoria, com abertura das ideias sobre os conceitos de espaço e tempo. A dedução matemática da dilatação temporal foi uma das atividades desenvolvidas com o intuito de demonstrar a simplicidade dos cálculos e a importância da Física teórica.

Na oitava e última etapa foram desenvolvidas as ideias complementares da Teoria da Relatividade Restrita, como a contração do comprimento e as provas reais de que realmente a teoria funciona e está mais próxima da realidade do que se pensa. Foram realizadas pesquisas na internet e textos fornecidos pelo professor, de acordo com a necessidade dos alunos e da escola. Além disso, cada dupla apresentou um seminário demonstrando quais os avanços tecnológicos e do conhecimento foram proporcionados pelo desenvolvimento de tal teoria.

As ações desenvolvidas em cada aula estão descritas mais especificamente nos resultados e discussões deste trabalho, deixando claro cada atitude e desenvolvimento aplicado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente Capítulo tem por finalidade apresentar os principais resultados e apontamentos relevantes que permitiram a análise da viabilidade da utilização do produto educacional. São apresentadas as análises qualitativas da aplicação, levando-se em consideração o trabalho do pesquisador atuante como professor de turma, as dificuldades encontradas por ele e pelos alunos durante as aulas, os principais apontamentos dos alunos, que permitiram reavaliar o desenvolvimento das atividades para atingirem os objetivos de maneira mais eficaz, além de imagens que demonstram a interação dos alunos durante as atividades desenvolvidas nas aulas.

O produto educacional foi desenvolvido para discussão dos conceitos de mecânica clássica e relativística por meio de atividades potencialmente significativas, com utilização de imagens, trechos de filmes, aulas práticas e experimentais, que procurou desenvolver e despertar nos alunos que iniciam sua jornada pelos estudos da Física no Ensino Médio, uma visão crítica da realidade, desenvolvendo o senso de percepção de como interagimos com a matéria e onde encontramos os conceitos e a Física estudados, em nossa ação cotidiana. O estudo da mecânica clássica foi desenvolvido de maneira a tornar o estudo da mecânica relativística facilitado e natural, uma vez que os conceitos de tempo, espaço e referenciais foram amplamente debatidos e desenvolvidos na prática diária das aulas. O desenvolvimento do trabalho procurou buscar o interesse dos alunos e seus conhecimentos adquiridos durante sua vida escolar, deixando de lado as aulas puramente expositivas e dando ênfase ao trabalho conjunto, de discussões, aplicações e debates. O conhecimento era construído a partir das diversas relações entre os alunos e suas observações e opiniões acerca de assuntos e atividades que procuravam justamente provocar essa reação. A aplicação das atividades foi por meio das aulas regulares do curso onde foi realizada a atuação e intervenção do professor.

O projeto de desenvolvimento do presente trabalho apresentou 8 etapas, descritas anteriormente no Capítulo 5, as quais foram cumpridas durante pouco menos de um semestre letivo.

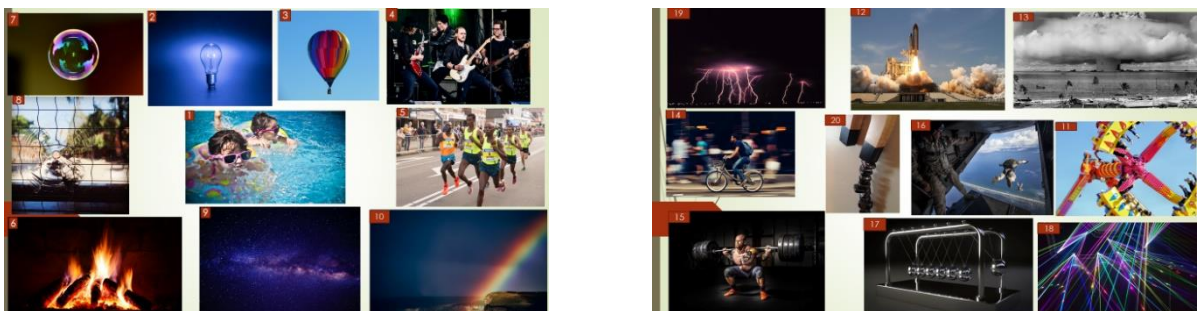
Os planos de aula foram desenvolvidos de acordo com o assunto e a assimilação do mesmo por parte dos alunos. Alguns planos de aula foram desenvolvidos em 2 (duas) aulas de 50 (cinquenta) minutos e outros em apenas uma aula de mesmo tempo. Os planos de aula eram

adaptados após cada aula aplicada, para que houvesse continuidade de acordo com as dificuldades ou interesses apresentados.

Nas aulas da primeira etapa, foram abordados a introdução ao estudo da Física, áreas de atuação, o desenvolvimento da Física, seus aspectos históricos e o método científico. Essa etapa foi desenvolvida com base em quatro planos de aula e tarefas a serem realizadas em seis horas-aula.

Nas duas primeiras aulas, foram apresentadas um conjunto de imagens em forma de mosaico, com fotos relacionadas a algum fenômeno de estudo da Física. Cada foto apresentava um botão de ação que levava a uma pergunta para que os alunos se apresentassem e escolhessem um (a) companheiro (a) para formar duplas que iriam trabalhar e estudar durante o desenvolvimento do produto educacional. O nome da dupla/equipe correspondia à imagem escolhida. Por exemplo, equipe – arco-íris. Foi uma etapa muito empolgante e divertida, onde os alunos participaram ativamente e conseguiram se expressar quebrando o gelo inicial do ano letivo. Aqui percebe-se que a interação social através da mediação do professor proporcionou um momento de descontração e aprendizado. As imagens funcionaram como organizadores prévios para esta atividade, fornecendo materiais para o início dos estudos. A participação foi maior e mais dinâmica no curso de Formação de Docentes, na zona urbana. Mesmo assim, os alunos da escola rural demonstraram grande interesse e participação. A figura 6.1 apresenta os mosaicos de imagens que foram utilizados.

Figura 6. 1 - Sequência das etapas com os temas e assuntos das aulas



- Fontes: 1.<https://www.pexels.com/photo/sunglasses-girl-swimming-pool-swimming-61129/>; 2.<https://www.pexels.com/photo/bright-bulb-clear-dark-414859/>; 3.<https://www.pexels.com/photo/blue-orange-and-yellow-hot-air-balloon-87744/>; 4.<https://www.pexels.com/photo/adult-artist-artists-band-210887/>; 5.<https://www.pexels.com/photo/jogger-jogging-sport-marathon-3629/>; 6.<https://www.pexels.com/photo/bonfire-burning-burnt-campfire-266604/>; 7.<https://www.pexels.com/photo/colorful-ball-float-soap-bubble-35828/>; 8.<https://www.twenty20.com/photos/cb25378f-e00c-43e9-b027-38ab828e48e9/>; 9.<https://www.pexels.com/photo/sky-space-milky-way-stars-110854/>; 10.<https://www.pexels.com/photo/rainbow-after-sunset-237250/>; 11.<https://www.pexels.com/photo/people-riding-a-swing-in-the-amusement-park-784727/>; 12.<https://www.pexels.com/photo/flight-sky-earth-space-2166/>; 13.<https://www.pexels.com/photo/grayscale-photo-of-explosion-on-the-beach-73909/>; 14.<https://www.pexels.com/photo/man-riding-bicycle-on-city-street-310983/>;

15.<https://www.pexels.com/photo/fitness-power-man-person-17840/>; 16.<https://www.pexels.com/photo/military-men-sky-diving-128880/>; 17.<https://www.pexels.com/photo/metal-ball-reflection-reflections-36710/>; 18.<https://www.pexels.com/photo/abstract-art-blur-bright-417458/>; 19.<https://www.pexels.com/photo/lights-night-weather-storm-66867/>; 20.<https://www.twenty20.com/photos/c5982051-2cfd-4f59-951c-64ef6edc292b>.

Em seguida, as imagens foram apresentadas em tamanho maior, em apresentação automática, onde as duplas, então, discutiram sobre a imagem escolhida e o fenômeno observado expondo suas conclusões para a turma, relacionando ao cotidiano. Essa discussão era orientada por uma folha de atividade, com auxílio do professor quando solicitado nas discussões. Também foram apresentadas pelo professor e discutidas as áreas de atuação e estudo da Física: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Houve a relação da imagem com a área de estudo.

Após o término das atividades, houve a explanação oral para que todos pudessem compreender os fenômenos e áreas de estudo relacionadas. Nesta etapa, foi muito empolgante ver a participação e discussão de todos tentando explicar o fenômeno das figuras e serem questionados ou auxiliados pelas outras duplas, como uma mediação aluno-aluno. A grande maioria queria entender e participar de todas as discussões das outras duplas. Não houve momentos tensos, mas a aula fica extremamente dinâmica e barulhenta, cabendo ao professor manter a ordem para não virar bagunça. Nenhuma dupla deixou de realizar as atividades propostas, mostrando que o desenvolvimento das aulas fora muito bem-sucedido.

Finalmente, foram apresentadas imagens relacionadas com o estudo da Mecânica e explicando que esta seria a área de concentração do estudo. Os alunos questionaram o porquê de não estudar algo mais interessante como eletricidade e a luz. Nisso foi necessário deixar claro que se trata da etapa inicial de um planejamento seguido pelas escolas do estado do Paraná, dentro das Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE's), explicando que a Mecânica pode ser muito mais interessante do que parece. Percebe-se aqui a ansiedade dos alunos e o imediatismo quando se trata em aprender algo novo, podendo esta ser limitada, mas não tirada do mesmo. A participação crítica demonstra a busca pela autonomia no ambiente escolar.

Na terceira e quarta aulas foram trabalhados alguns fatos históricos importantes para a Física, por meio da elaboração de uma linha do tempo construída em forma de varal que ficou afixado na parede da sala como sendo que foi chamado de – O varal do tempo”. Nessa prática, os alunos recebiam os fatos, no mínimo dois, escritos em uma tira de papel e deviam organizá-los de acordo com suas discussões, no tempo e nas áreas de estudo da Física. Em seguida, os fatos eram escritos pela dupla em folha de papel sulfite, lidos em voz alta e colocados em um

dos três fios pendurados na sala de aula, conforme a ordem cronológica do fato e a área da Física: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

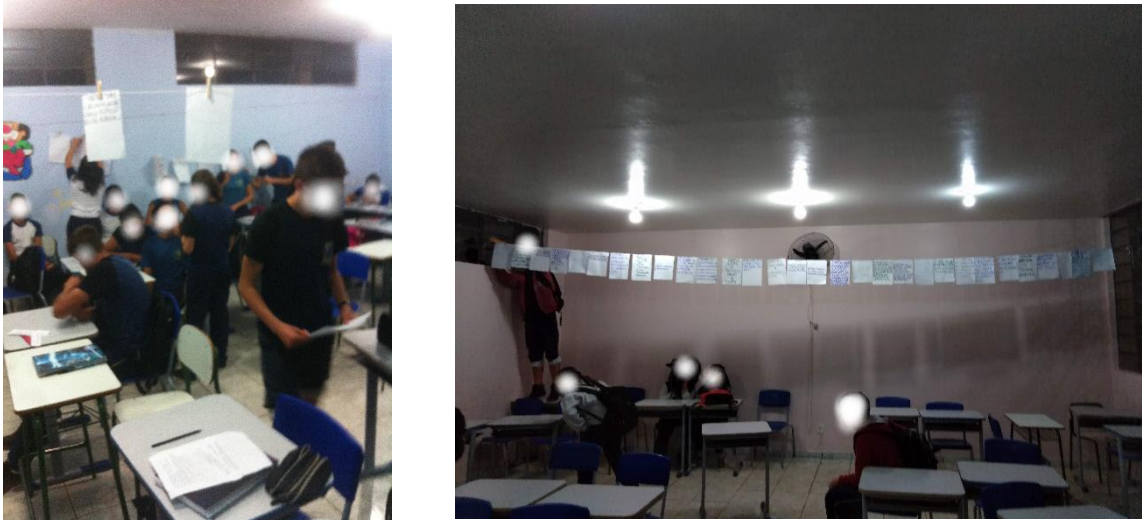
É importante ressaltar que esta atividade faz com que o aluno reflita e conheça alguns fatos históricos e importantes para o estudo da Física, fazendo uma relação entre o fato e os desenvolvimentos tecnológicos de cada época. Quando um fato era descrito e não era compreendido, cabia ao professor explicar e auxiliar os alunos na atividade.

A atividade iniciou empolgante, todos querendo conhecer mais sobre a história da Física, fazendo questionamentos e querendo descobrir a época em que o fato ocorreu. Entretanto, como a atividade era demorada, alguns alunos começaram a se dispersar e desanimar, principalmente na escola do campo. Muitos fatos faziam os alunos perguntarem o que significava e suas motivações, levando a uma grande desatenção dos demais. Foi necessária a intervenção constante do professor para que a atividade pudesse ser concluída. Em seguida, foram apresentadas as possíveis divisões de acordo com a área e a ordem cronológica para discussão de todos. Como os alunos dispersaram-se e desanimaram, a atividade acabou sendo pouco produtiva.

Salientamos que as principais dificuldades para o desenvolvimento destas aulas aconteceram por conta da grande quantidade de fatos históricos distribuídos para as duplas. Os alunos não conheciam muitos fatos e era necessária uma explicação para cada um, tornando a aula muito demorada e monótona. Como esta atividade era um organizador prévio, acredita-se que a escolha do mesmo foi muito além do que os alunos realmente conheciam e não funcionou. Do ponto de vista da ZDP, acredita-se que há indícios de que superestimamos a ZDP de cada aluno e por isso a escolha do organizador prévio foi falha.

Apesar de todas as dificuldades, com algumas adaptações simples em relação ao número de fatos históricos utilizados e a utilização de fatos mais conhecidos por cada tipo de classe pode tornar a aula muito mais dinâmica e eficiente quanto aos seus objetivos.

Figura 6. 2- Elaboração do varal do tempo.



Fonte: o autor

Na quinta aula da etapa, foram apresentadas imagens que demonstravam a atuação de pesquisadores para os alunos perceberem as etapas dos métodos da Ciência, apresentando suas ideias, escrevendo no quadro negro e deduzindo todos juntos e por plenárias em que consiste o método científico.

Os alunos olhavam fotos de pessoas fazendo experimentos, observando, coletando e analisando dados. Com estas informações, palavras que representavam as fotos foram escritas no quadro, sendo selecionadas aquelas que mais apareciam ou se repetiam. Com auxílio do professor, foram descritas as etapas dos métodos da Ciência e como estes são utilizados pelos cientistas.

Nesta atividade, todas as duplas discutiam com entusiasmo, mas demonstravam dificuldades em descrever com apenas uma palavra cada imagem. Percebeu-se que na escola do campo, as duplas começaram a discutir entre si para conseguir realizar as atividades, algo não percebido na escola da cidade. Houve uma grande influência das duplas mais ativas naquelas que estavam com dificuldades ou preguiça na realização das atividades. Uns auxiliavam os outros para entender melhor o processo dos métodos.

Para finalizar a etapa, durante a sexta aula, foram realizadas atividades práticas em que os alunos deveriam aplicar os métodos da Ciência e analisar uma situação problema e que foi baseada no trabalho de Silva e Cruz (2009). Em uma etapa da atividade os alunos não podem tocar nos sistemas de análise e na outra eles podem tocar, manusear da maneira que bem entenderem.

Durante a realização da prática em que os alunos não podiam tocar nos sistemas, houve grande dificuldade para a criação de hipóteses e meios de responder ao problema proposto. Os alunos ficavam empolgados e impacientes ao mesmo tempo. A ansiedade por não poder manipular o experimento e tentar responder ao problema fazia com que estes libertassem sua mente para a criatividade. Em ambas as escolas foi necessário chamar os alunos para perto da mesa onde se encontravam os sistemas a serem analisados. Havia um certo receio quanto ao que viria depois.

Quando os sistemas foram substituídos por outros que permitiam a manipulação, quase toda a turma se levantou e foi participar da atividade. A atividade que permite o toque e a manipulação liberta o aluno da ansiedade. O conhecimento sobre algo nos torna mais satisfeitos com nós mesmos.

A atividade é fantástica pois explora nos alunos as maneiras que o cientista utiliza em seus processos de descoberta. Ela permite que os alunos libertem a criatividade que há dentro de si e busquem soluções para os problemas que possam se apresentar, mesmo em seu cotidiano longe da escola.

Figura 6. 3– Momentos da aula sobre métodos da Ciência.



Na segunda etapa, foram abordados os temas: Sistema Internacional de Unidades, notação científica e ordem de grandeza, grandezas escalares e vetoriais, localização, deslocamento e caminho percorrido, vetores e componentes retangulares. A finalização da etapa foi concluída com a utilização de um teodolito simplificado (BARRETO FILHO; SILVA, 2016), fazendo com que os alunos utilizassem o conhecimento adquirido na etapa.

Iniciou-se a segunda etapa com a sétima aula do produto educacional, onde os alunos foram levados a pensar e refletir sobre as medidas de massa, espaço e tempo, realizando medidas sem equipamentos para depois realizarem a medida direta. Inicialmente, foi solicitado a explanação de medidas utilizadas no cotidiano dos alunos. Percebeu-se a grande diferença para os alunos da escola do campo para a escola da cidade, pois cada um possui um cotidiano e uma vivência diferente.

Após a explanação inicial, procedeu-se com as atividades de realização de medidas sem equipamentos. Dessa forma, buscou-se fazer o aluno entender o que é medida de tempo, o que é medida de espaço e o que é uma medida de massa. No instante em que os alunos começam a refletir como realizar as medidas sem o equipamento necessário, estes percebem a necessidade de padronização de unidades e a importância dos equipamentos para a realização de tais medidas, além da precisão dos mesmos. A criatividade foi muito grande, apresentando-se balanças em forma de gangorras com materiais escolares, barbantes e fios; medidas de tempo cantando-se músicas um batendo palmas de maneira rítmica, além da tradicional medida de comprimento em palmos, dedos e objetos pessoais. Todos participaram ativamente, demonstrando maior dificuldades nas medidas de intervalo de tempo.

Depois os alunos realizaram as mesmas medições utilizando trenas, cronômetros e balanças, percebendo-se o grande alívio geral para a situação simples como o ato de medir uma grandeza física. Após a atividade, foram apresentadas imagens demonstrando várias unidades de medidas, sua padronização e evolução pela história até a elaboração do Sistema Internacional de Unidades. Dessa maneira, estabeleceu-se o Sistema Internacional de Unidades como o padrão de estudos de Física, onde todos concordaram prontamente ser o mais interessante e completo, apesar de existirem outros sistemas de medidas.

Na oitava aula, por meio de questionamentos, os alunos foram instigados a pensar nas grandes distâncias que existem entre planetas e estrelas e nos pequenos tamanhos de vírus, bactérias e átomos. Em seguida, foram apresentadas imagens que remetem ao mundo muito

pequeno e muito grande e, também, de objetos em diferentes ordens de grandeza, para que os alunos pudessem discutir e analisar como podemos perceber o mesmo objeto nessas situações.

Utilizando essas imagens, foi realizada uma aula expositiva e foram desenvolvidas atividades sobre notação científica e ordem de grandeza, fazendo os alunos perceberem as diferenças entre a observação em várias distâncias para um mesmo objeto, concluindo com a realização de exercícios de transformações de números para notação científica com o reconhecimento da ordem de grandeza de cada um.

Nesta aula, os alunos ficaram um pouco decepcionados ao encontrar a Matemática no estudo da Física. Alguns alunos acabaram não realizando as atividades em sua totalidade. Percebeu-se que o aprendizado fluiu mais com atividades conceituais e que façam os alunos colocarem a mão na massa.

A nona aula foi muito dinâmica: cada dupla recebeu um mapa, planta baixa, da escola onde constava a localização da sala de aula da turma e um X onde os mesmos encontrariam uma lista de dados: medidas de comprimento, velocidade, intervalo de tempo, temperatura, etc. No mapa também havia setas indicando o caminho a ser percorrido com suas respectivas medidas de distância, além de uma seta indicando o deslocamento entre os dois pontos. Utilizando o mapa, os alunos realizaram uma caça ao tesouro, utilizando noções de localização e deslocamento, onde deveriam encontrar o registro de unidades de medidas para posterior discussão sobre grandezas escalares e vetoriais e suas aplicações. A atividade foi um organizador prévio para o desenvolvimento da aula.

Com os dados em mãos, os alunos discutiram as atividades propostas que os levaram a refletir sobre a importância das medidas e as diferenças entre medidas que ficam claras com apenas o valor e a unidade, escalares, e aquelas que necessitam de mais informações para ficarem claramente explanadas - vetoriais.

Alguns poucos alunos, de ambas as escolas, não conseguiam ver a importância de se estabelecer a direção e o sentido, sendo necessária a intervenção do professor com a aplicação de exemplos cotidianos e de fácil interpretação para a compreensão dos conceitos. Além disso, mais de metade dos alunos envolvidos entendia direção e sentido como sendo sinônimos. Dessa maneira, foi necessária uma explanação geral para toda a turma e discussões em conjunto para que as dúvidas pudessem ser sanadas.

O trabalho com localização, deslocamento e caminho percorrido, assuntos da décima aula, foi desenvolvido com o auxílio de uma parte do mapa da cidade de Rio Azul (GREF, 2003), onde os alunos deveriam estabelecer referenciais cartesianos, plano cartesiano e localizar, via coordenadas, alguns pontos determinados pela atividade. Utilizando as coordenadas e o mapa foram realizadas atividades que levaram os alunos a descobrir, por meio de cálculos, o deslocamento de um ponto a outro.

A folha de atividades fazia com que os alunos fossem desenvolvendo gradativamente a ideia de localização em um referencial, as coordenadas e sua relação com a Geografia e a Matemática ficando explícitas e perceptíveis. Os próprios alunos manifestavam-se várias vezes dizendo que já haviam utilizado o plano cartesiano em Matemática, mas não sabiam que havia uma utilidade relacionada com a vida, além de dizer que “é muito interessante estudar Física, Matemática e Geografia de uma vez só”.

A aula transcorreu com a participação ativa de todos os alunos, necessitando-se apenas intervir com uma explicação geral de como calcular a distância entre dois pontos utilizando-se as coordenadas do referencial cartesiano utilizado por cada dupla.

O maior sucesso desta aula foi perceber a surpresa dos alunos comparando os resultados entre as distâncias de dois pontos e vendo que a resposta era a mesma, apesar de cada um ter utilizado uma origem diferente para o referencial cartesiano. Uma das melhores aulas do produto, com certeza, pois vários conceitos foram abordados na prática e em pouco tempo, houve empenho dos alunos, interdisciplinaridade presente, surpresa e prazer ao atingir os resultados.

Para a comprovação dos dados levantados sobre deslocamento e localização a partir de coordenadas, a décima primeira aula buscou desenvolver atividades práticas na quadra poliesportiva, em menor escala, onde os alunos realizaram atividades sobre referencial, coordenadas, caminho percorrido e deslocamento, assim como operações com vetores e componentes retangulares de um vetor. A prática contribuiu muito para a assimilação dos conceitos e da matemática envolvida.

As atividades foram desenvolvidas pelos próprios alunos, utilizando trenas e giz, tendo como referencial as linhas da quadra de voleibol. Colocavam-se pontos aleatórios na quadra e os alunos determinavam as coordenadas retangulares dos vetores e seu módulo. Também foram calculadas as distâncias entre dois pontos, como no caso da aula em que foi utilizado o mapa da cidade. Por fim, com auxílio em relação à trigonometria, foi exposto pelo professor a maneira

de se obter as coordenadas retangulares a partir do módulo de um vetor, sendo comprovado todas as atividades com medições diretas na própria quadra poliesportiva.

Durante a realização da atividade, os alunos faziam anotações e cálculos desenvolvendo o raciocínio e habilidades matemáticas. Na escola do campo, houve um pouco de dispersão, sendo que cerca de dez alunos, cinco duplas, apenas faziam as anotações e não participavam ativamente das atividades. Mesmo assim, a grande maioria estava disposta e queria fazer as medições de coordenadas e módulos de vetores, seja por meio de cálculos, seja na medida direta.

É importante ressaltar que as dificuldades matemáticas principais, nesta atividade, referiam-se às noções de seno e cosseno, ou seja, relações trigonométricas que provavelmente não foram assimiladas pelos alunos durante sua vida escolar.

Na décima segunda e décima terceira aulas, com a utilização de trechos de vídeos de pousos de aviões, que apresentavam vento de través, foram discutidas as operações com vetores. Os assuntos trabalhados nas discussões iniciais da aula foram: como a velocidade do vento e do avião se combinam para formar a resultante e como é a relação da velocidade do avião em relação ao ar e em relação ao solo. Dessa forma, a atividade foi utilizada como um organizador prévio.

O professor, então, fez a descrição e explanação dos procedimentos para a realização de operações matemáticas com vetores, dando exemplos relacionados aos trechos de vídeos e situações adequadas ao cotidiano de cada escola e seus alunos. Após as explicações e exemplos de resoluções de exercícios, os alunos concluíram as aulas com a resolução de atividades em papel milimetrado, onde os vetores eram representados graficamente.

Mais uma vez, a matemática apresentou-se como um peso para os alunos, de maneira mais significativa na escola do campo. Muitas dúvidas na resolução de atividades simples, sendo necessária a intervenção constante do professor e o auxílio da calculadora. Ao final, em forma de plenária, foram apresentados os resultados com muitas discussões, pois pelo menos metade das turmas não conseguiram relacionar os cálculos matemáticos com as atividades que foram desenvolvidas. Foram necessárias novas apresentações de trechos de vídeos onde as operações vetoriais se manifestavam. Apesar da grande dificuldade com a matemática, a maioria dos alunos mostrou-se pronta e disposta a aprender e colocar em prática seus conhecimentos. Desta maneira, na escola do campo, os alunos acabaram se reunindo e aqueles que entenderam a atividade compartilharam seus conhecimentos com os demais. Momento

muito importante que mostrou o comprometimento dos alunos com a aprendizagem de si mesmo e dos colegas. Percebe-se aqui a mediação aluno-aluno e indícios da ampliação da zona de desenvolvimento proximal.

Para a conclusão da etapa com a décima quarta aula, foram elaborados teodolitos simplificados, pelo professor, utilizando canudos e transferidores, onde os alunos, com utilização destes, realizaram medidas indiretas de distância aplicando seus conhecimentos adquiridos, e fazendo o cálculo do erro correspondente. Foram demonstradas as técnicas para a realização das medidas e os alunos a fizeram no refeitório de cada respectiva escola.

Todos os alunos participaram ativamente desta atividade e faziam constantes perguntas sobre a utilização dos teodolitos nas medições de terrenos agrícolas, principalmente. As medidas eram pequenas, cerca de cinco metros, pois o instrumento apresentava grande erro na realização das medidas de longa distância.

Esta aula foi importante pois serviu como uma avaliação das duas etapas iniciais, onde os alunos precisavam demonstrar seus conhecimentos para utilização do teodolito. Assim, a maioria dos alunos pode demonstrar seus conhecimentos sem a necessidade de enfrentar uma prova escrita e torturante.

A terceira etapa teve como assuntos alguns conceitos importantes para o início do estudo do movimento: ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial, a relatividade do movimento e referencial inercial. Conceitos básicos para se compreender a Mecânica como um todo e entender os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita, tema central deste trabalho.

Utilizando imagens como organizador prévio, durante a décima quinta e décima sexta aulas, os alunos foram levados a discutirem sobre o que vem a ser ponto material, corpo extenso e trajetórias de um corpo em movimento. As imagens procuravam demonstrar situações em que os alunos pudessem perceber a influência do tamanho de um objeto para estudo de seu movimento, assim como procuravam deixar claro o que vem a ser a trajetória de um corpo em movimento.

Facilmente os alunos conseguiram estabelecer uma relação entre as imagens e os questionamentos realizados na folha de atividades e direcionamento do trabalho. Os conceitos foram facilmente entendidos e sua importância ficou clara para o estudo do movimento. Nenhum aluno expôs dúvidas que pudessem demonstrar falta de compreensão dos conceitos.

Para a análise de movimentos e interpretação da noção de referencial, os alunos realizaram filmagens com auxílio de seus celulares, de diferentes ângulos de um mesmo movimento. Duas duplas se reuniam para fazer este trabalho, para que houvesse maior diversificação de pontos de observação de um mesmo movimento. Movimentos de bolas sendo lançadas, gotas de água pingando em uma torneira, a perspectiva da bola em um movimento de lançamento oblíquo e muito mais. A criatividade dos alunos nesta hora foi fantástica. Apenas um grupo ficou encarregado de uma atividade direcionada pelo professor. Este grupo deveria fazer a filmagem de um X desenhado em uma cartolina, onde hora a cartolina se aproximava da câmera e hora a câmera se aproximava da cartolina, sendo que nada além da cartolina e do X poderiam aparecer nesta filmagem. Foi importante controlar o tempo em que os alunos se ausentaram da sala de aula para a realização das filmagens, evitando desperdício de tempo e distrações.

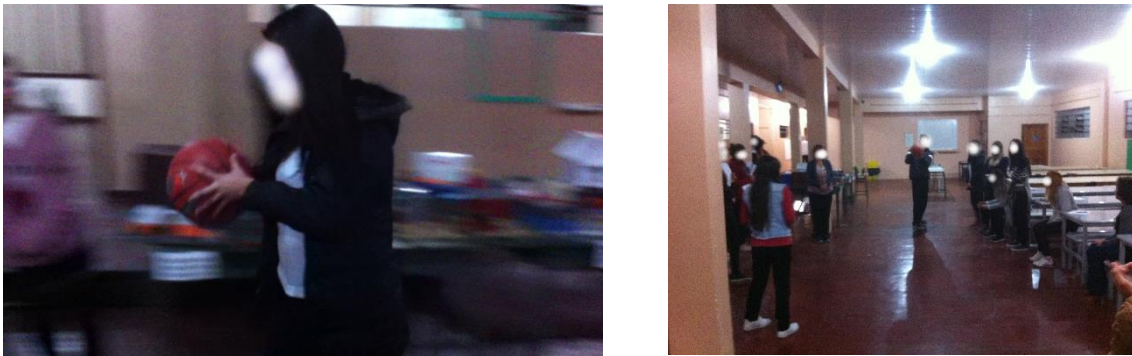
As filmagens foram depois expostas em projetor multimídia, analisadas e discutidas para mostrar como o movimento depende de um referencial e como a trajetória se apresenta em diferentes referenciais. Sendo o mesmo movimento filmado de diferentes pontos, percebia-se claramente que o movimento e a trajetória dependem do referencial adotado para a filmagem.

Na filmagem da cartolina contendo o X, apesar de simples e sem muitos recursos para fixar a câmera, não era possível perceber o que estava em movimento, a câmera ou a cartolina. Foi o que mais chamou a atenção dos alunos, o que era realmente esperado. O fato de não haver um referencial absoluto ou externo para análise do movimento, fazia com que os alunos apenas pudessem afirmar que havia uma letra X se aproximando ou se afastando, ou uma câmera se aproximando ou se afastando da letra. Muitas discussões surgiram durante esta análise, tanto que na escola da cidade foi necessário mais uma aula para que as discussões pudessem ser realizadas com toda a capacidade de compreender que o movimento é relativo. Como as discussões eram muito desenvolvidas, sobre todos os vídeos, os alunos colocaram suas ideias expondo a capacidade de percepção e auxiliando aqueles alunos que porventura apresentassem dúvidas sobre a relatividade do movimento. Muitos comentários elogiando as aulas de Física surgiram por causa destas duas aulas.

Para analisar a relatividade do movimento, da velocidade e interpretar o que são referenciais inerciais, na décima sétima aula os alunos realizaram várias atividades na quadra poliesportiva, na escola do campo, e no refeitório, na escola da cidade, utilizando skate e bola de basquete, com lançamentos da bola em movimento sobre o skate, a favor e contrário ao movimento, e parados. Mesmo quem não sabia andar de skate sentava neste e era empurrado.

Além das atividades descritas, outras atividades envolveram lançar uma bola para cima, passar água de um copo a outro, tudo sobre o skate em movimento, hora em movimento suave tentando-se manter a velocidade constante e hora em movimentos bruscos e acelerados. As conclusões foram discutidas e debatidas em forma de plenária. A figura 6.4 apresenta duas fotos que registram dois momentos da 3ª etapa.

Figura 6. 4- Momentos da 3ª etapa: relatividade do movimento e da velocidade com o uso de skate



Fonte: o autor

Fica claro que as atividades fizeram os alunos perceberem o que estava acontecendo: a velocidade depende do movimento de seu referencial, ou seja é relativa. A bola caía mais longe quando se estava sobre o skate em movimento a favor do lançamento, do que em movimento contrário ao sentido do lançamento. Além disso, movimentos bruscos e acelerados não permitiam a realização de situações simples como passar água de um copo para outro. Durante as discussões, o professor explicou então o que são referenciais inerciais e não-inerciais.

Nesta atividade, os alunos ficaram muito empolgados e elogiaram como nunca uma aula de Física. Um aluno da escola do campo, que havia repetido de ano na disciplina de Física, além de outras disciplinas, chegou a afirmar que - agora sim estava realmente entendendo e aprendendo Física. E realmente estava, pois participava ativamente das discussões nas plenárias realizadas, sendo o grande caso de sucesso deste trabalho.

Na quarta etapa, foram desenvolvidas atividades sobre os conceitos de velocidade escalar média e velocidade vetorial média. Para isso, a décima oitava e décima nona aulas iniciaram com questionamentos aos alunos para fazer estes refletirem sobre o que vem a ser velocidade, unidades de medidas da mesma e suas conclusões sobre as velocidades escalar

média e vetorial média. Com ajuda dos demais colegas, um aluno dirigiu-se ao quadro onde escreveu as unidades de medida de velocidade e, a partir destas, juntos desenvolveram a fórmula matemática para determinação da velocidade escalar média. Também, induzidos pelo professor, refletiram sobre a fórmula matemática a utilizando para fazer as transformações entre unidades de medidas diferentes. A partir desta fórmula, o professor teceu considerações sobre o caráter vetorial da velocidade e explicou o conceito de velocidade vetorial média.

Os alunos foram levados para a quadra poliesportiva onde desenvolveram atividades em que cada dupla teve que determinar suas velocidades escalares e vetoriais médias em diversas situações apresentadas: andando; correndo; andando um trecho, parando e depois correndo; percorrendo uma trajetória em que havia uma mudança de direção e sentido, entre outras propostas feitas pelos próprios alunos que gostaram de participar da atividade. Vemos aqui os primeiros indícios da autonomia e emancipação por parte dos alunos.

No desenvolvimento desta atividade, os alunos foram divididos em grupos grandes de quatro ou cinco duplas, facilitando o trabalho de cada grupo e permitindo a interação, colaboração e troca de experiências entre as duplas. Essa troca de experiências foi essencial para o bom desenvolvimento e otimização da aula pois na grande maioria dos grupos havia a colaboração para realizar as atividades. Aqui a mediação aluno-aluno mostrou indícios de ampliação da Zona de Desenvolvimento Proximal. Mais uma vez, houve um grupo de alunos na escola do campo que começou a realizar as atividades e perdeu o ânimo rapidamente, tendo que ser motivados à realização destas pelo professor.

É interessante notar que, como o aluno construiu a equação matemática, não sendo esta apenas uma imposição do professor, ele sabia exatamente o que fazer, quais as medições e características do trabalho que estava realizando. As conversões entre unidades de medidas metros por segundo (m/s) para quilômetros por hora (km/h) e vice-versa também se apresentavam com essa característica, ambas facilmente notadas nos diálogos entre os alunos durante a realização das atividades na quadra poliesportiva.

Finalizando a etapa, os alunos realizaram atividades de resolução de problemas sobre velocidade, tanto escalar média como vetorial média. Nesta atividade, percebia-se que quase todos faziam uma relação com as atividades práticas realizadas e o problema proposto. Uma parcela, que não passava de 20% dos alunos de cada turma e em cada escola, não conseguiu estabelecer relações entre a prática e os problemas e fixavam-se muito na utilização da fórmula matemática. Assim, ao final das duas aulas, os alunos fizeram a exposição, em forma de

plenária, dos conceitos e assuntos aprendidos, sendo que àqueles alunos que não conseguiam relacionar a prática realizada com os problemas escritos, tiveram problemas em interpretar os resultados, ou seja, não conseguiram explicitar claramente o que o resultado numérico significava na prática do cotidiano ou no entendimento do problema proposto. Dessa forma, o professor acabou convidando os alunos para comparecerem em contra turno na escola para que as dúvidas pudessem ser sanadas, mas nenhum aluno compareceu no dia e hora marcados.

A quinta etapa foi desenvolvida para realização do estudo do movimento uniforme. Para tanto, no desenvolvimento das aulas vinte e vinte e um, foram utilizados aparatos de madeira com mangueiras presas a essas. As mangueiras continham água ou óleo com uma bolha de ar dentro (BARRETO FILHO; SILVA, 2016). Os alunos inclinavam o aparato para que a bolha se movimentasse, realizando marcações na madeira com registro do tempo. Coletados os dados de distância e tempo, os alunos determinaram as velocidades das bolhas, elaboraram gráficos para posterior análise e discussão em forma de plenária.

Várias situações surgiram e promoveram debates valiosos sobre o movimento uniforme. A atividade foi muito interessante, pois prendeu a atenção dos alunos que foram muito participativos, sendo atingidos os objetivos em poucas aulas. Durante a plenária que finaliza a grande parte de todas as aulas, percebeu-se que os alunos haviam compreendido o conceito e as propriedades do movimento uniforme, haviam realizado medições, colocando dados em tabelas e interpretando dados em gráficos. Essa característica não era esperada pelo professor, pois acreditava-se que haveria a necessidade de explicações e um maior número de aulas, principalmente pela experiência do professor em trabalhos mais tradicionais realizados durante sua vida profissional. Normalmente, aulas expositivas trabalhando-se a teoria e cálculos, gráficos e tabelas, todos de modo separado, não produziam o mesmo aprendizado verificado nesta aula. Assim, o professor lançou um problema clássico sobre movimento uniforme e praticamente todos conseguiram resolvê-lo sem dificuldades. Apenas foram feitas considerações sobre o movimento de dois corpos e como determinar o ponto de encontro entre estes. A figura 6.5 apresenta duas fotos que registram dois momentos da 5ª etapa.

Figura 6. 5- Momentos da 5ª etapa: movimento uniforme de bolha de ar na água e no óleo.



Fonte: o autor

Na sexta etapa, foram realizados os estudos do movimento uniformemente variado: queda livre e lançamento vertical para baixo, lançamento vertical para cima, rolamento horizontal, lançamento oblíquo e horizontal concluindo com o movimento do pêndulo.

Inicialmente, na vigésima segunda aula, foram realizadas apresentações das várias formas em que se apresenta o movimento uniformemente variado, utilizando uma bola de tênis e um pêndulo com um molho de chaves e barbante, para análise e discussão dos alunos. Posteriormente, os alunos realizaram filmagens de pêndulos, lançamentos horizontais e oblíquos, lançamentos verticais para cima e para baixo, assim como rolamentos da horizontal.

O objetivo principal desta aula era fazer com que os alunos percebessem que havia uma grandeza diferente dos movimentos estudados anteriormente: a aceleração. Esta aceleração manifestava-se como uma variação da velocidade, que era perceptível na vertical como sendo resultado da ação da força gravitacional do planeta sobre o corpo e, na horizontal, como ação de uma força qualquer aplicada sobre o corpo. A participação dos alunos foi bastante ativa, com várias discussões nas duplas e das duplas entre si, chegando-se aos resultados esperados: o reconhecimento da aceleração como fator principal deste movimento.

As imagens, vídeos, foram tratadas no software Tracker (BROWN, 2017) e apresentadas aos alunos, na vigésima terceira e vigésima quarta aulas para discussão e análise

de dados (ORKIEL; SILVA, 2018), assim como realizar o estudo do movimento de queda livre e lançamento vertical para baixo. A partir da análise, os alunos conseguiram deduzir que os movimentos apresentavam aceleração, pois fica visível o aumento, ou diminuição, da distância do objeto em movimento a cada frame, quadro da filmagem. Também foi feita a dedução matemática da aceleração, considerando-a como a variação da velocidade em relação ao tempo. A parte mais difícil foi fazer os alunos deduzirem a unidade de aceleração e a compreenderem, ou seja, entender que por exemplo, uma aceleração de 2 m/s^2 , dois metros por segundo ao quadrado, corresponde a uma variação de dois metros por segundo na velocidade a cada segundo de intervalo de tempo.

A partir da apresentação dos gráficos das posições e velocidades em relação ao tempo, de cada vídeo, os alunos perceberam de que tipo de função se tratava, fazendo um paralelo fácil com a matemática: se a forma no gráfico era uma reta, a função era de primeiro grau; se a forma no gráfico fosse curva, a função seria de segundo grau. As equações foram apresentadas e descritas pelo professor no quadro: função horária da velocidade, função horária das posições e equação de Torricelli. Não foram realizadas deduções matemáticas das funções pois, apesar de ser um trabalho interessante, consome uma parcela importante de tempo das aulas e torna a aula muito monótona, de acordo com as experiências próprias vivenciadas pelo autor deste trabalho. Muitas deduções foram realizadas durante a vida escolar do autor e não apresentaram resultados significativos para o desenvolvimento da teoria a ser aprendida.

Houveram discussões importantes sobre a curva ideal e a curva real do gráfico, fazendo com que se chegasse ao entendimento da resistência do ar e a ação do atrito. Essa dedução foi facilmente percebida pelos alunos, pois é fácil perceber a diminuição da velocidade como fator preponderante para tornar a curva real menor do que a ideal.

Para finalizar, foram discutidas as variáveis que influenciam na queda livre ou lançamento vertical para baixo, destacando-se a não influência da massa do objeto e sim a resistência do ar. Nesta parte é muito interessante ver que a maioria dos alunos considera que a massa do objeto é que faz este cair com maior velocidade, chegando antes ao solo em uma situação de queda de dois objetos. Dessa forma, o professor propôs a realização de uma experimentação simples para demonstração: soltou um lápis e uma folha de papel ao mesmo tempo, de uma mesma altura, verificando-se que o lápis tocava o solo primeiro. Em seguida, amassou a mesma folha de papel e repetiu o experimento, notando-se a chegada simultânea dos objetos. Alguns alunos sugeriram a filmagem do experimento para comprovação, sendo esta

então realizada e apresentada a todos. Percebe-se aqui mais um indício de início da autonomia adquirida pelos estudantes durante as aulas.

Notou-se facilmente que não era a massa do lápis que fazia este chegar antes ao solo na primeira situação e sim, seu formato que conseguia amenizar a resistência do ar sobre ele. É uma etapa muito empolgante, pois uma grande parte dos alunos, a maioria, acaba adquirindo um conhecimento novo, em pouco tempo e ficando muito empolgado com isso. Percebe-se aqui o quanto a educação pode animar as pessoas a continuar buscando conhecimento pois é algo significativo e interessante.

Finalizou-se a aula com a resolução de exercícios sobre o lançamento vertical para baixo e queda livre, onde os alunos sentiram uma certa dificuldade principalmente sobre o estabelecimento do referencial a ser utilizado. Com isso, o professor precisou intervir e demonstrar como poderiam ser adotados os pontos iniciais e velocidades iniciais, sendo assim possível a continuação das resoluções, que posteriormente foram resolvidas pelos próprios alunos no quadro e as respostas discutidas por todos. Na resolução de exercícios é imprescindível fazer a análise dos resultados para a interpretação dos possíveis erros e entendimento da situação física real, o que ocorreu com muita tranquilidade.

Na vigésima quinta aula, foi abordado o estudo do lançamento vertical para cima, dando-se continuidade e se utilizando do lançamento vertical para baixo como uma das etapas deste movimento. O movimento de um objeto lançado verticalmente para cima é um movimento retardado que, após parar, se torna um movimento acelerado para baixo, etapa estudada nas últimas duas aulas.

Inicialmente, foram realizados questionamentos sobre este movimento para a discussão das duplas sobre os movimentos envolvidos: o movimento acelerado e o movimento retardado. A dedução dos conceitos destes tipos de movimento evidenciou-se facilmente nas observações das discussões das duplas e nas descrições escritas nas folhas de atividades, onde o próprio questionamento induzia os alunos a refletir e deduzir que o movimento para cima é um movimento onde a velocidade diminui com o passar do tempo e, para baixo, esta velocidade aumenta. Também foram notadas que as características do movimento como inversão de sentido e de tipo de movimento davam-se com o objeto parando na altura máxima, velocidade igual a zero, o que facilitou posteriormente na resolução de exercícios com a aplicação de funções matemáticas.

Poucos alunos apresentaram a dificuldade de entender que o objeto para no ponto mais alto da trajetória, sendo que, nestes casos, o professor mostrou novamente as imagens tratadas pelo software Tracker (BROWN,2017), onde era possível essa percepção clara do momento da parada, sanando assim as dúvidas apresentadas.

Finalizando a aula, foram realizados questionamentos sobre a possibilidade de se utilizar os conhecimentos de lançamento vertical para cima e para baixo, ou a queda livre, para se obter a altura de um objeto, uma torre, uma árvore, um edifício ou talvez a profundidade de um poço ou cânions, e também questionamentos para se compreender que a aceleração da gravidade varia conforme a altitude do objeto em relação ao centro da Terra. Neste momento, houve muitas discussões e relatos empolgantes sobre a percepção da aceleração gravitacional e das possibilidades da utilização dos conhecimentos em atividade práticas. Na plenária final, entretanto, alguns alunos acabaram deixando claro que existem as dificuldades relacionadas às propostas de medição de altura ou profundidade por conta da resistência do ar não considerada na maior parte dos estudos matemáticos aplicados durante a aula. Esta observação foi extremamente importante, pois fez com que os colegas percebessem as limitações de um determinado conceito ou teoria. Fez também o professor perceber o quanto alguns dos alunos estavam aprofundando seu conhecimento nos estudos do movimento, não mais dando respostas subjetivas, mas começando a interpretar cada fator envolvido em uma situação apresentada. Percebe-se aqui que existem indícios de aprendizagem significativa e indícios da formação de subsunçores.

Na aula seguinte, vigésima sexta aula, foram trabalhados os movimentos realizados na horizontal, como o rolamento de uma bola nesta direção. Alguns questionamentos realizados, utilizados como organizador prévio, fizeram com que os alunos discutissem os fatores que fazem com que um corpo, parado na horizontal, entre em movimento e depois de um certo tempo este movimento cesse. As discussões fizeram com que a maioria dos alunos percebessem novamente a influência do ar no movimento, além do atrito que faz com que o movimento diminua sua velocidade, na maioria das vezes chegando a parar se cessa a força que gera o movimento.

É interessante perceber que os alunos conseguiam deduzir os fatores que levavam a acontecer um movimento na horizontal, como a força que provoca uma aceleração. Muitas das respostas apresentadas não utilizavam estes termos, mas deixavam claro que houve o entendimento por parte dos alunos. Neste momento, foi necessária a intervenção e mediação do professor para a utilização dos termos corretos e a percepção de que a aceleração de um corpo

dependia da ação de uma força, assim como no movimento vertical a aceleração dependia da força gravitacional.

Apresentando exemplos simples, como empurrar um livro sobre a mesa ou uma cadeira no chão da sala de aula, o professor procurou demonstrar conceitos de força que provocam a aceleração, introduzindo algumas ideias simples sobre a quantidade de movimento e impulso, a serem estudados no segundo semestre do ano letivo, no estudo de Dinâmica. Também lembrou aos alunos as funções horárias do movimento uniformemente variado, destacando que na horizontal a aceleração não correspondia mais à gravidade do planeta.

Na resolução de exercícios, uma grande parte dos alunos da escola rural apresentou dificuldades em entender e lembrar o desenvolvimento das equações de segundo grau. Problema este corrigido com auxílio do professor de matemática que se dispôs a auxiliar os alunos e fazer uma revisão neste sentido, após conversa com o mesmo. Dessa forma, o professor de Matemática conseguiu desenvolver cálculos com aplicações em Física, tornando o trabalho educacional coletivo e interdisciplinar.

Mesmo com as dificuldades, a grande maioria dos alunos conseguiu realizar os cálculos sem muitos problemas e, o principal, é que conseguiram entender e interpretar o movimento como um todo, sendo a parte matemática considerada uma defasagem da área de Matemática que os alunos apresentavam e que foi sanada.

Os conceitos e características do lançamento oblíquo e horizontal foram trabalhados nas aulas vinte e sete e vinte e oito, iniciando-se com a apresentação de um exemplo prático destes tipos de movimento, que anteriormente haviam sido demonstrados nas imagens tratadas pelo software Tracker (BROWN,2017). Em seguida, com ajuda de alguns alunos, foram realizados dois movimentos simultâneos: uma bola de tênis em queda livre e outra lançada horizontalmente da mesma altura. O objetivo era demonstrar que ambas tocam o solo no mesmo instante, fazendo com que os alunos iniciassem suas reflexões sobre o lançamento oblíquo e horizontal.

Muitas discussões e hipóteses surgiram a respeito da situação apresentada, sendo que os alunos da escola urbana pediram para fazer a filmagem dos movimentos simultâneos e observá-los em câmera lenta. Foi muito interessante ver os próprios alunos tentando verificar o fenômeno e buscar as explicações que pudessem resolver suas curiosidades. Percebe-se aqui, mais uma vez a formação da autonomia do educando defendida por Freire (1997).

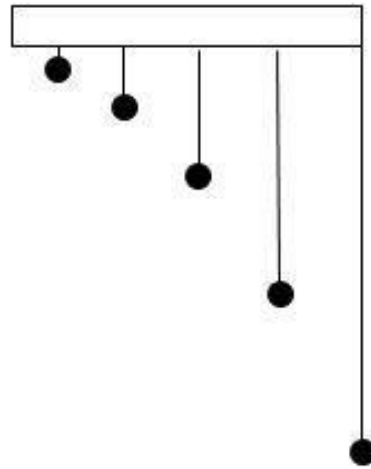
Na escola rural, os alunos repetiram várias vezes os movimentos, fazendo adaptações, como rolar a bola sobre a mesa e soltar outra da mesma altura da mesa. As discussões foram muito importantes para a percepção de que no movimento de lançamento horizontal havia uma componente do movimento de queda livre.

Para continuar a aula, foram feitos questionamentos para explicar o motivo dos lançamentos oblíquos e horizontais formarem uma trajetória parabólica. Muitas hipóteses surgiram, com discussões que fizeram as duplas debaterem entre si, tentando realizar etapas do movimento e buscar explicações. Mais uma vez fica clara a natureza curiosa do ser humano buscando a libertação de suas dúvidas por meio da aquisição do conhecimento e atitudes de autonomia. Dessa forma, o professor orientou aos alunos que se organizassem e fizessem uma demonstração: alguém puxava uma cadeira em linha reta e, enquanto isso, outra pessoa puxava a cadeira em outra direção, no caso, perpendicular, fazendo com que a trajetória da cadeira sobre o chão da sala se tornasse curva, explicando o movimento como uma composição de dois tipos diferentes de movimentos. Nas duas turmas, a demonstração facilitou muito o trabalho e o desenvolvimento do restante das aulas sobre o assunto. A mediação do professor facilitou a aprendizagem de um conceito demonstrando indícios de ampliação da Zona de Desenvolvimento Proximal.

Em seguida, foram apresentadas as imagens dos movimentos tratadas no software Tracker (BROWN,2017), onde os alunos conseguiram perceber as relações entre os dois movimentos e conseguiram identificar o tipo de movimento em cada direção. Isto foi possível pela visualização das posições do corpo em cada frame, percebendo-se o aumento da distância na vertical e a manutenção da mesma na horizontal. A maior dificuldade desse entendimento deu-se com os alunos da escola rural, mas a situação foi resolvida com um tempo maior de discussões e direcionamento dos alunos para a percepção do esperado pelo professor.

Na continuidade das aulas, o professor distribuiu algumas réguas, fitas adesivas e chumbos de pesca pequenos ligados nas extremidades de linhas ou barbantes pequenos, 30 cm cada, explicando que cada dupla deveria construir um modelo de trajetórias (HEWITT, 2015) que descrevesse os vários momentos de um lançamento horizontal ou oblíquo, seguindo-se as orientações. O modelo ficaria parecido com a Figura 6.6.

Figura 6. 6– Modelo de trajetórias: imagem ilustrativa do instrumento



Fonte: o autor, adaptado de Hewitt (2015)

Depois de pronto, os alunos puderam brincar com seus modelos verificando o que acontecia quando se aumentava ou diminuía o ângulo inicial de lançamento, representado pela régua e uma carteira, por exemplo. Em seguida, apresentaram seus resultados em forma de plenária. As discussões demonstraram que houve um grande entendimento do movimento de lançamento horizontal e oblíquo e que realmente os alunos conseguiram aproveitar bastante o modelo de trajetórias para perceber o quanto o ângulo de lançamento influencia no alcance e na altura atingida pelo objeto. Pode-se perceber que a utilização de instrumentos auxilia na compreensão de fenômenos que, na maioria das vezes, é apresentada de maneira abstrata ou com a utilização de exemplos imaginários, não que estes não produzam bons resultados.

Para analisar as componentes de posição e velocidade em cada um dos movimentos que compõem o lançamento vertical e oblíquo, foram retomadas as ideias e o trabalho desenvolvido na aula 11: como obter as componentes retangulares de um vetor. Como essa aula foi bastante difícil para os alunos, o professor auxiliou muito identificando as maneiras de utilizar as funções horárias e as relações trigonométricas para cada componente do movimento. Percebeu-se nitidamente que os alunos perderam o ânimo ao necessitarem atuar com a matemática de maneira que não estavam construindo o conhecimento sozinhos, mas com as ordens do professor. Mesmo assim, insistiu-se neste caminho e os alunos acabaram reproduzindo as ideias apresentadas, mas a compreensão real do significado demorou muito mais para ocorrer.

Aqui, percebe-se um grande erro: a insistência no método tradicional como suporte para facilitar um trabalho que demanda muito mais preparo e empenho por parte do professor. O problema solucionou-se de maneira lenta, durante as resoluções de exercícios que ocorreram posteriormente, mas poderiam ser facilmente contornadas com uma preparação de trabalhos que levassem aos alunos a obter suas próprias conclusões criando, assim, o entendimento real da Física presente neste tipo de movimento. As dúvidas e dificuldades que persistiram para alguns alunos foram debatidas durante a correção dos exercícios realizadas no quadro, procurando-se identificar as defasagens que poderiam prejudicar a continuidade do aprendizado.

Na vigésima nona aula, foi desenvolvido o estudo do pêndulo para a conclusão dos estudos do movimento uniformemente variado. Como as últimas duas aulas tratavam de um movimento composto, em que foram necessárias análises de componentes horizontais e verticais, o estudo do pêndulo ficou facilitado.

Inicialmente, foi construído um pêndulo na sala de aula, utilizando-se a proteção do ventilador como suporte, em ambas as escolas, um molho de chaves e um barbante. Os alunos puderam fazer a análise do movimento do pêndulo oscilando em diferentes amplitudes. As duplas receberam suas folhas de registro e direcionamento, fazendo o desenho do movimento do pêndulo e indicando os pontos de máxima e mínima velocidades. Dessa forma, conseguia-se notar onde o movimento alterava seu sentido, onde o movimento era acelerado ou retardado e quais os fatores que levavam a essas mudanças.

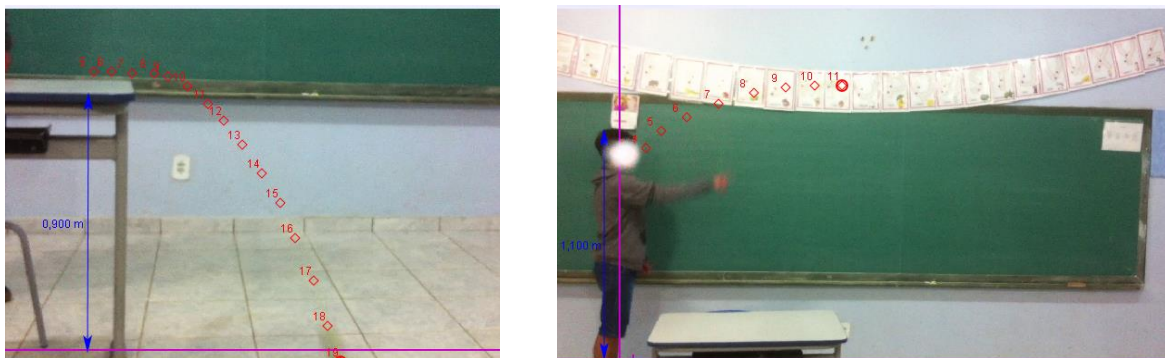
Depois os alunos receberam barbantes e construíram pêndulos utilizando seus materiais, fazendo o estudo do mesmo, variando-se o comprimento do barbante e analisando as variações. Todos fizeram ótimas observações, procurando verificar se a velocidade ou o período modificavam-se conforme eram realizadas as mudanças no comprimento do barbante. Em seguida, o professor distribuiu cronômetros às duplas, explicou como determinar o período de um pêndulo e pediu para que fossem realizadas as medições de períodos para dois diferentes comprimentos de um pêndulo.

Na escola urbana, as atividades foram desenvolvidas sem problemas, onde os alunos apenas necessitaram de auxílio para fazer a média utilizando-se mais períodos e facilitar as medições. Como houve muitas dificuldades na execução da atividade na escola rural, o professor pediu para que todos realizassem a atividade utilizando o pêndulo do ventilador e, ao invés de medir apenas um período, eram feitas as medições de um intervalo maior, com vários

períodos e a realização da média. Percebeu-se que quando a amplitude da oscilação era grande, os valores apresentavam variações consideráveis. Foram também alteradas as massas dos pêndulos dos alunos e do pêndulo principal fazendo-se as medições de período e frequência. Novamente, muitas dificuldades surgiram na hora de realizar a atividade de maneira eficiente, com foco no trabalho. Entretanto, as discussões eram muito valiosas e boas, auxiliando na construção programada do conhecimento coletivo. Mas o principal fator foi percebido por todos os alunos das duas escolas: o período de um pêndulo depende apenas de seu comprimento. As conclusões durante a plenária final foram suficientes para a compreensão de que houve um grande aprendizado e que realmente os alunos entenderam os conceitos básicos relacionados ao estudo dos pêndulos.

Cada forma, mencionada anteriormente, do movimento uniformemente variado, foi apresentada e desenvolvida separadamente com o auxílio do software Tracker (BROWN,2017), discussões de dados reais e situações ideais, análise da composição de movimentos, realização de exercícios com apresentação de equações matemáticas e realização de atividades práticas. Todas as atividades eram bastante ativas com discussões diversas sobre os resultados por cada dupla e que levaram os alunos a conclusões interessantes sobre os assuntos abordados. A Figura 6.7 apresenta duas fotos que registram dois momentos da 6ª etapa.

Figura 6. 7- Momentos da 6ª etapa: o uso de imagens e do software Tracker (BROWN,2017).



Fonte: o autor

Com a sétima etapa, iniciou-se o estudo da Teoria da Relatividade Restrita, apresentando-se os postulados da teoria e as consequências diretas para o estudo do movimento, assim como as relações matemáticas presentes em tal teoria.

Primeiramente, na trigésima aula, foram apresentadas algumas curtas cenas do filme Contato (1997), baseado no romance de Carl Sagan sob o mesmo nome, com direção de Robert Zemeckis, para discussão e introdução da Teoria da Relatividade Restrita proposta por Albert Einstein em 1905. Os alunos discutiam as situações apresentadas procurando identificar conceitos e a veracidade de algumas informações, assim como procuravam entender a possibilidade de algum dos fatos serem passíveis de realização na vida real. Cada cena era apresentada e repetida para que as duplas pudessem discutir e entender a situação pois ninguém havia visto o filme anteriormente, possivelmente por ser um filme muito antigo.

As situações remetiam aos alunos pensarem sobre a velocidade de transmissão de dados, a questão de o tempo poder ser diferente para dois observadores em diferentes referenciais e a retomada da aula sete onde foi trabalhado o conceito de tempo. As discussões foram muito interessantes e instigaram muito a curiosidade dos alunos que se perguntavam constantemente sobre a possibilidade da cena apresentada ser possível na realidade. Questionavam o professor constantemente para buscar uma resposta e foi muito interessante perceber a grande curiosidade e o interesse em entender a situação. Os alunos saíram da aula com muito mais dúvidas do que conclusões, o que realmente foi o objetivo desta com a utilização deste organizador prévio.

Em um segundo momento, na trigésima primeira e trigésima segunda aulas, foram discutidas e retomadas as questões sobre a relatividade do movimento e da velocidade. Depois os alunos foram conduzidos à quadra poliesportiva. Na quadra poliesportiva, foram desenvolvidas atividades para os alunos conversarem entre si utilizando o telefone com fio de nylon e copos. O comprimento do fio precisou ser de tamanho consideravelmente grande, pelo menos um com 50 m e outro com 15 m. Inicialmente, os alunos brincaram e conversaram utilizando os aparatos, se acostumando a utilizar o mesmo com muita tração no fio. Em seguida, colocaram as extremidades dos dois telefones com fio para um mesmo aluno ouvir e nas outras extremidades, alunos falando uma palavra curta ao mesmo tempo. As palavras foram ouvidas em tempos diferentes, de modo que o telefone com o fio mais curto transferia a mensagem em menor tempo.

Continuando, duas pessoas lançaram uma bola de basquete uma para outra enquanto ficam paradas. Em seguida, as duas pessoas se movimentavam realizando a mesma atividade. O movimento foi realizado várias vezes com velocidades diferentes. Os demais alunos faziam a observação dos movimentos realizados pela bola. Repetiu-se a atividade com o professor e

alunos jogando a bola para cima, estando parado e, em seguida, em movimento sobre um skate, tentando ser o mais uniforme possível. Observou-se a trajetória da bola durante os movimentos.

O professor incentivou os alunos a relatarem suas ideias sobre a trajetória da bola sendo lançada pelas pessoas em movimento e a questão da mensagem transmitida pelo telefone com fio. Muitas discussões importantes surgiram e puderam sinalizar para os alunos o que seria estudado mais adiante. Ficou claro nas explicações dos alunos que a trajetória da bola era diferente sendo lançada por uma pessoa em repouso e por esta em movimento, observada pelos alunos em repouso em relação ao chão. Também ficava claro que a mensagem no telefone com fio mais curto chegava antes no receptor em relação ao fio mais longo. Práticas simples que fizeram toda a diferença na continuidade dos estudos da Teoria da Relatividade Restrita que continuou com a condução dos alunos novamente para a sala de aula.

Na sala foram propostas atividades, como organizador prévio, em forma de perguntas relacionadas à relatividade do movimento e aos postulados da Teoria da Relatividade Restrita propostos por Albert Einstein em 1905. Após a discussão de cada pergunta pela dupla, foram feitas plenárias para que todos expusessem suas conclusões e ideias. Cada pergunta foi elaborada com o intuito de levar o aluno a interpretar os conceitos da teoria da relatividade restrita, portanto as discussões não podiam deixar passar conceitos interpretados erroneamente. Dessa forma, fazendo-se uma aula sem muita pressa e com muita discussão, os alunos foram se aprofundando gradativamente nas ideias da teoria, tentando fazer com que as suas conclusões fossem óbvias como devem ter sido para Einstein.

As primeiras questões remetiam aos alunos perceberem que o movimento é relativo e que não é possível perceber o movimento uniforme absoluto ou o repouso. Também faziam os alunos discutirem a percepção de um movimento acelerado como sendo algo distinguível facilmente em relação ao movimento uniforme. As discussões foram muito importantes e os alunos recordaram das aulas sobre a relatividade do movimento realizadas no início do ano letivo. Ficou muito claro durante as discussões que todos entenderam os conceitos principais.

Em seguida, foram apresentados os postulados de Einstein para a teoria, onde os alunos discutiram as principais características e consequências destes postulados. Foi muito importante perceber que os alunos discutiam os postulados, mas não conseguiam perceber algumas consequências importantes, sendo necessário o professor direcionar as discussões e fazer os alunos perceberem a importância dos postulados para a continuidade dos estudos.

A grande maioria dos alunos conseguiu entender que existiam consequências importantes e que afetam a percepção do movimento como o conhecemos no cotidiano. Quem não percebeu, tirou suas dúvidas durante a plenária de discussões, com a intervenção do professor em alguns casos para não deixar lacunas no entendimento das ideias. Houve dificuldades em perceber uma velocidade limite para a luz, principalmente, pela dificuldade de se conceber tal ideia.

As últimas quatro questões das atividades de registro e direcionamento para os alunos, necessitaram de explicações detalhadas para que os alunos pudessem compreender e relacionar as atividades práticas realizadas e as experiências de pensamento a serem feitas. Por isso, as atividades foram feitas com toda a turma auxiliando e discutindo juntos com o professor para juntos deduzirem a quarta dimensão, tempo) o fator de Lorentz e a compreensão da dilatação temporal, onde foram apresentadas as situações necessárias para isso, como a questão do relógio de luz. Os alunos aplicaram a equação e verificaram os dados da dilatação temporal em situações e problemas apresentados. Também realizaram atividades percebendo que uma das consequências diretas da relatividade é a contração do comprimento.

Muitos alunos notaram e relataram que se trata de cálculos simples, sem muita complexidade, contrariando a visão que se tinha desta teoria quando lhes era falado e discutido em redes sociais. A teoria pode ser compreendida e os alunos aplicaram tranquilamente as ideias em situações problemas. Houve um pouco de confusão no momento de entender quais eram os referenciais a serem adotados e considerados nas equações. O que mais chamou a atenção foi o fascínio dos alunos pela teoria e pela ideia de o tempo não ser algo absoluto. Muitos alunos recordaram das situações que eles viram nos trechos do filme Contato (1997) apresentado na última aula. Começaram a discutir muito entre si sobre possíveis situações de se verificar como isso ocorre na prática e, principalmente, em seres vivos. Discutiu-se muito sobre as possibilidades de realização de experimentos com pessoas e as possíveis consequências. Realmente, foi o ponto mais empolgante e emocionante da aplicação do produto. Ver alunos querendo discutir, elaborar hipóteses, querer aprender e entender situações é algo que nem sempre notado em escolas nos dias atuais.

A finalização da etapa também foi com a apresentação, por parte do professor, da soma de velocidades relativística e resolução de atividades. A apresentação expositiva deu-se com o intuito de evitar deduções desnecessárias, visto que a compreensão das ideias da teoria realmente ocorreu. A Figura 6.8 apresenta duas fotos que registram dois momentos da 7ª etapa.

Figura 6. 8- Momentos da 7ª etapa: atividades com telefone com fio e skate.



Fonte: o autor

Na oitava e última etapa do desenvolvimento do produto educacional, foram apresentadas as relações matemáticas de contração do comprimento e comprovações de que a Teoria da Relatividade Restrita é realidade e faz parte da vida.

Inicialmente, na trigésima terceira e trigésima quarta aulas, foram retomadas as ideias trabalhadas na última aula, principalmente sobre a dilatação temporal. Algumas perguntas fizeram os alunos refletirem novamente sobre situações que envolvem grandes velocidades e a dilatação temporal, funcionando como organizador prévio e dando suporte para a continuidade dos estudos e verificando a compreensão real dos conceitos estudados anteriormente.

Após as discussões das questões relacionadas à dilatação temporal, os alunos da escola urbana foram convidados a realizar uma pesquisa sobre mésons, ou múons, e a dilatação temporal comprovando a Teoria da Relatividade Restrita, utilizando o laboratório de informática e seus smartphones. No caso da escola rural, como o acesso à internet era muito restrito, foi distribuído para as duplas o texto “A vida do múon” (s. d.) da Unicamp, sem autor identificado, mas de grande qualidade e de fácil entendimento e interpretação.

Após a realização da pesquisa ou da leitura, os alunos expuseram em plenária o que compreenderam e o professor atuou mediando e corrigindo possíveis distorções de interpretação. Foi muito importante e empolgante, pois havia alunos que duvidavam das ideias apresentadas pela teoria e puderam ver que estas foram comprovadas cientificamente a um bom tempo atrás.

Na escola rural houve algumas dificuldades em se aceitar provas da teoria com algo tão abstrato como demonstrado no texto. Assim, o professor interferiu nas discussões explicando que a teoria se complementava com a teoria da relatividade geral e era possível perceber as aplicações em aceleradores de partículas, da longa vida dos múons, a simultaneidade nas transmissões via satélite, a televisão de tubo, GPS, etc. Ou seja, muita coisa muito mais próxima da realidade e que fez com que a humanidade evoluísse radicalmente nos últimos anos.

Em seguida, o professor auxiliou os alunos na dedução matemática da contração do comprimento e na resolução de exercício relacionado a este. Como havia uma compreensão da dilatação temporal, as deduções foram facilitadas e o trabalho foi muito tranquilo. Percebe-se aqui que existia indícios de subsunçores da dilatação temporal que facilitou o trabalho para uma possível aprendizagem significativa. A matemática em momento algum chegou a incomodar os alunos, demonstrando que pode e deve ser uma ferramenta utilizada pela Física desde que os conceitos sejam realmente compreendidos previamente.

Todas as atividades procuraram mostrar que a relatividade não é algo apenas relacionado à cálculos ou equações matemáticas, mas que realmente ocorre, que existem provas experimentais da teoria e que realmente ela é válida.

Para finalização da etapa, foram apresentados trechos do filme sobre relatividade, da coletânea *The Mechanical Universe and Beyond* (1985) (Para além do universo mecânico) produzido por California Institute of Technology em 1985, para análise e síntese dos alunos. Os alunos foram solicitados a realizarem pesquisas sobre como a teoria da relatividade restrita proporcionou mudanças significativas no desenvolvimento de tecnologias de comunicação e informação, para apresentação na sala de aula em forma de seminário.

Assim, na trigésima quinta aula, os alunos fizeram suas apresentações de como a relatividade revolucionou a maneira de se pensar o tempo e o movimento, assim como a evolução das tecnologias a partir destas teorias. A aula foi muito importante para concluir os estudos e verificar a aprendizagem e a construção dos conhecimentos da teoria como um todo. Explicando, os alunos tinham que demonstrar muita confiança e conhecimento para não ficarem perdidos nas ideias, que foi o que realmente aconteceu demonstrando o sucesso da aplicação do produto.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento do presente trabalho demonstrou que as atividades foram totalmente diferentes daquelas em que os alunos estão acostumados a ter em suas aulas e, por isso, houve estranhezas por parte destes. A maioria está condicionada a receber os conhecimentos de maneira sistematizada e pronta, não se utilizando de estratégias de buscar o seu próprio conhecimento e ser despertado para o mesmo a partir da curiosidade.

As atividades desenvolvidas conseguiram, em sua maioria, atingir os resultados esperados no que se refere a aprendizagem de cada conceito específico. O trabalho desenvolvido com a utilização de imagens e trechos de filmes facilitou muito a compreensão e conseguiu dar suporte para as discussões dos alunos. As atividades práticas e experimentais realizadas dentro de sala de aula e em ambientes diferenciados tornaram as aulas mais dinâmicas e atrativas: os alunos já esperavam algo diferente em cada aula de Física. O trabalho em duplas, propiciando a troca de informações, ideias, discussões e diálogo foram excelentes para a aprendizagem, demonstrando várias ações de mediação aluno-aluno e dando indícios de mudanças e ampliação da zona de desenvolvimento proximal dos alunos. Avaliações práticas e mesmo escritas organizadas para deixar o aluno mais à vontade foram excelentes para mostrar como a aprendizagem pode ser avaliada de maneira mais qualitativa do que quantitativa. A utilização de software para entender movimentos mais complexos levou à compreensão facilitada de equações matemáticas que descrevem o movimento. Além disso, as aulas propiciaram a aprendizagem de Física interdisciplinar com as disciplinas de Matemática, quando se tratava de equações, Geografia, quando tratavam de localização e deslocamento, além de revelar a importância da História nos fatos relevantes da História da Física. Tudo isso contribuiu não só para a valorização da disciplina de Física, mas de todas as disciplinas nas escolas onde o trabalho foi desenvolvido.

Algumas poucas atividades precisaram ser repensadas devido à realidade de cada local e ao nível de conhecimento dos alunos envolvidos. Destas, podemos destacar a aula com os fatos históricos que possuía muitos fatos e não houve motivação e tempo hábil para o desenvolvimento de todos os fatos apresentados. Outra atividade foi sobre a resolução de exercícios dos movimentos oblíquos e lançamento horizontal, onde a insistência no método tradicional de resolução de exercícios demonstrou uma aprendizagem mecânica com pura reprodução de resultados.

As escolas e profissionais envolvidos se mostraram extremamente interessados em fazer parte de novas propostas visando o desenvolvimento de atividades diferenciadas e o aprendizado dos alunos. Quando houve dificuldades com a Matemática, os professores da área se mostraram preocupados em ajudar e fortalecer a interdisciplinaridade e o trabalho de aprendizagem como um todo. A direção das escolas acabava acompanhando algumas aulas procurando entender o que estava sendo feito. Muitos elogios foram recebidos pelos alunos e professor da parte das direções escolares.

Cada atividade desenvolvida trazia o aluno para mais perto dos conceitos da Física e atraindo para novas perspectivas educacionais, como relatado pelos diretores e equipe pedagógicas das escolas onde foram desenvolvidos os trabalhos. Todos se animam quando há algo novo sendo desenvolvido e que leva aos alunos sentirem mais interesse em aprender. Nas atividades práticas, com utilização de imagens e trechos de filmes que levavam a questionamentos e discussões, pode-se perceber que foram estas utilizadas como organizadores prévios e que foram importantes para o desenvolvimento da aprendizagem. O trabalho mostrou indícios de criação de subsunçores, como, por exemplo, na atividade de dedução da contração do comprimento que foi facilitada pela compreensão da dilatação temporal. Além disso, em vários momentos pode-se perceber a mediação professor-aluno e aluno-aluno, pois todo o trabalho baseou-se em procedimentos que levassem os alunos a questionarem, discutirem e construíssem seu próprio conhecimento. Em várias situações onde os alunos sugerem a realização de atividades para a comprovação de determinado conceito, vemos a emancipação dos alunos e a busca por autonomia diante de novas situações apresentadas.

Um fator muito importante foi o ganho de tempo que se obteve com a realização das atividades propostas: muitas das atividades que eram realizadas pelo professor, em anos anteriores, consumiam muitas aulas. Através do método utilizado melhores resultados se apresentaram e com menos tempo de aula. Além disso, quando alunos repentinos manifestam que realmente estão aprendendo mais e melhor do que no ano anterior, existem muitos indícios de que houve aprendizagem significativa.

Ficou claro que é possível desenvolver atividades diferenciadas, priorizando-se a prática e o entendimento de conceitos de Física ao tratamento matemático geralmente visto nas escolas em geral de nosso país. O tratamento matemático foi trabalhado sim, porém após a compreensão do conceito e de sua importância. No que se refere ao estudo do movimento, acredita-se ser algo totalmente diferenciado e com excelentes perspectivas para este contexto.

Quanto à inclusão da Teoria da Relatividade Restrita no estudo de Mecânica para o primeiro ano do Ensino Médio, fazendo com que este estudo seja compreendido em sua totalidade, não apenas a parte clássica, os resultados demonstram que foi totalmente possível e o aprendizado se mostrou muito promissor. A Teoria da Relatividade Restrita é, geralmente, abordada no Ensino Médio após o estudo do Eletromagnetismo, seguindo um contexto histórico. Entretanto, este trabalho demonstra que faz mais sentido a sua abordagem juntamente com o estudo da Mecânica, pois faz parte dessa área e os alunos têm uma compreensão mais completa de seus conceitos. É algo que está presente nos documentos oficiais e que acaba sendo muito negligenciado pelos profissionais da área de Física ou abordados no último ano do Ensino Médio, de maneira muito descontextualizada.

Dessa forma, percebe-se que é possível desenvolver uma aprendizagem com significado para os estudantes e que é possível fazer uma educação diferenciada para as novas gerações, que possuem um acesso enorme a informações, mas que esta muitas vezes não remete ao conhecimento necessário para seu desenvolvimento como cidadão.

Para trabalhos futuros, acredita-se na necessidade da continuidade da Teoria da Relatividade, que tanto chama a atenção e desperta a curiosidade de qualquer um que dela ouviu falar. Assim, sugerimos uma abordagem mais completa da Teoria, incluindo a Relatividade Geral, principalmente na sua concepção e nos seus conceitos teóricos, mostrando a influência da gravidade e da aceleração nos corpos modificando-se as dimensões de espaço e tempo. Tais concepções e conceitos podem ser trabalhados juntamente com o estudo da Dinâmica no Ensino Médio.

Além disso, neste trabalho as aulas podem ser desmembradas de acordo com a necessidade de cada professor que queira atuar da mesma maneira, podendo desenvolver atividades como complemento do trabalho já realizado em suas aulas.

REFERÊNCIAS

A VIDA do múon. Unicamp, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html>>. Acesso em 28 de out. 2017.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências.** Ciência & Educação, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

ARAÚJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional.** Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano.** São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BECKER, F. **Vygotsky versus Piaget - ou sociointeracionismo e educação.** In: R. L. L. BARBOSA (org.), Formação de Educadores. Desafios e Perspectivas. São Paulo, Editora UNESP, n.7:69-81, 2003.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos.** São Paulo, FTD, 2014.

BORGES, A.T. **Novos rumos para o laboratório de Ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, SC, v.19, n.3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília: MEC. 2017. Disponível em: < http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf > Acesso em: 20 de set. 2017.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional:** Lei número 9394, 20 dez. de 1996, Brasília: Senado Federal, 1996.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais de Educação Básica.** Brasília, 2013. 565p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 28 de ago. 2017.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

CONTATO. Direção de Robert Zemeckis. Estados Unidos da América: Warner Bros. Entertainment., 1997. 1 DVD (149 min.).

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool.** Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 15 de maio 2017.

COELHO, Rafael Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio.** 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DUARTE, Sergio Eduardo. **Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, p. 525-542, ago. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p525/22934>>. Acesso em: 30 de ago. 2017.

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica. Átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

FERNANDES, Fátima. **Ignorância: a maior doença da Humanidade.** 2012. Disponível em <<https://www.algarveprimeiro.com/d/ignorancia-a-maior-doenca-da-humanidade/11899-45>>. Acesso em: 05 de maio 2018.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

_____. **Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ªed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

GUERRA, A., BRAGAL, M., REIS, J. C. **Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n4/a16v29n4.pdf>. Acesso em: 10 de maio 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física 1: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 4ª ed., 1996.

HELPS, Ju. **Pousos inacreditáveis/vento de través**. 2018. (7m16s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nu2CTdsS3t8>>. Acesso em: 28 de fev. 2018.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

ILLERIS, K. **Teorias contemporâneas da Aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2013.

LEMOS, M.A. **A motivação em sala de aula: objetivos dos alunos e dos Professores**. Évora : Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, 1997.

LIMA, L. C. **História da Física**. Apostila de História da Física. CBPF, 1999. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/~alex/Ensino/cursos/historia_da_ciencia/artigos/Historia_da_Fisica_30.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2017.

MECHANICAL UNIVERSE AND BEYOND. (Para além do universo mecânico). Direção de Mark Rothschild e Peter F. Buffa. Estados Unidos da América: California Institute of Technology (Caltech), 1985. (Arquivo pessoal).

MORAN, J. M. **A Educação que desejamos. Novos desafios e como chegar lá**. Campinas: Papirus Editora, 2007.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U. 2ª ed. ampl. 242 p., 2011.

MENDONÇA, Cláudio Pires de. **A Formação de professores de Física na visão de formandos e recém formados: um estudo na Universidade Federal de Juiz de Fora.** Dissertação de mestrado, Presidente Prudente, 2011. Disponível em: <<http://www2.fct.unesp.br/pos/educacao/teses/2011/claudio.pdf>>. Acesso em: 30 de ago. 2017.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica.** São Paulo: E. Blücher, 2002.

ORKIEL, Edenilson; SILVA, Silvio Luiz Rutz. **O uso do software Tracker no ensino de física dos movimentos.** Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 15). Disponível em: < <https://drive.google.com/file/d/1TTHhO65-cpFlifjLbwuxIikTxd1Wb9p/view>>. Acesso em: 20 de ago. 2017.

OSTERMANN, F., MOREIRA, A.M. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio".** Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48.

PARANÁ. **Caderno de expectativas de aprendizagem.** 2012. 104 p. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/caderno_expectativas.pdf>. Acesso em: 27 de ago.2017.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física.** 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 de ago. 2017.

PELIZZARI, Adriana, et. al. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel.** Rev. PEC, Curitiba, vol. 2, n.1, 5p. 2002. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>>. Acesso em: 27 de ago. 2017.

REIS, Ueslei Vieira dos; REIS, José Claudio. **Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 744-778, dez. 2016. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p744/33011>>. Acesso em: 30 de ago. 2017.

ROONEY, Anne. **A História da Física: da Filosofia ao enigma da matéria negra.** São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2013.

SALDAÑA, Paulo. **Quase 50% dos professores não tem formação na matéria que ensinam.** Folha de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/2017/01/1852259-quase-50-dos-professores-nao-tem-formacao-na-materia-que-ensinam.shtml>>. Acesso em: 28 de ago. 2017.

SILVA, S. L. R. e CRUZ, G. K. **Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

_____. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média.** São Paulo: Curso de Pós Graduação em Educação - USP, 1994. Tese.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1.** 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

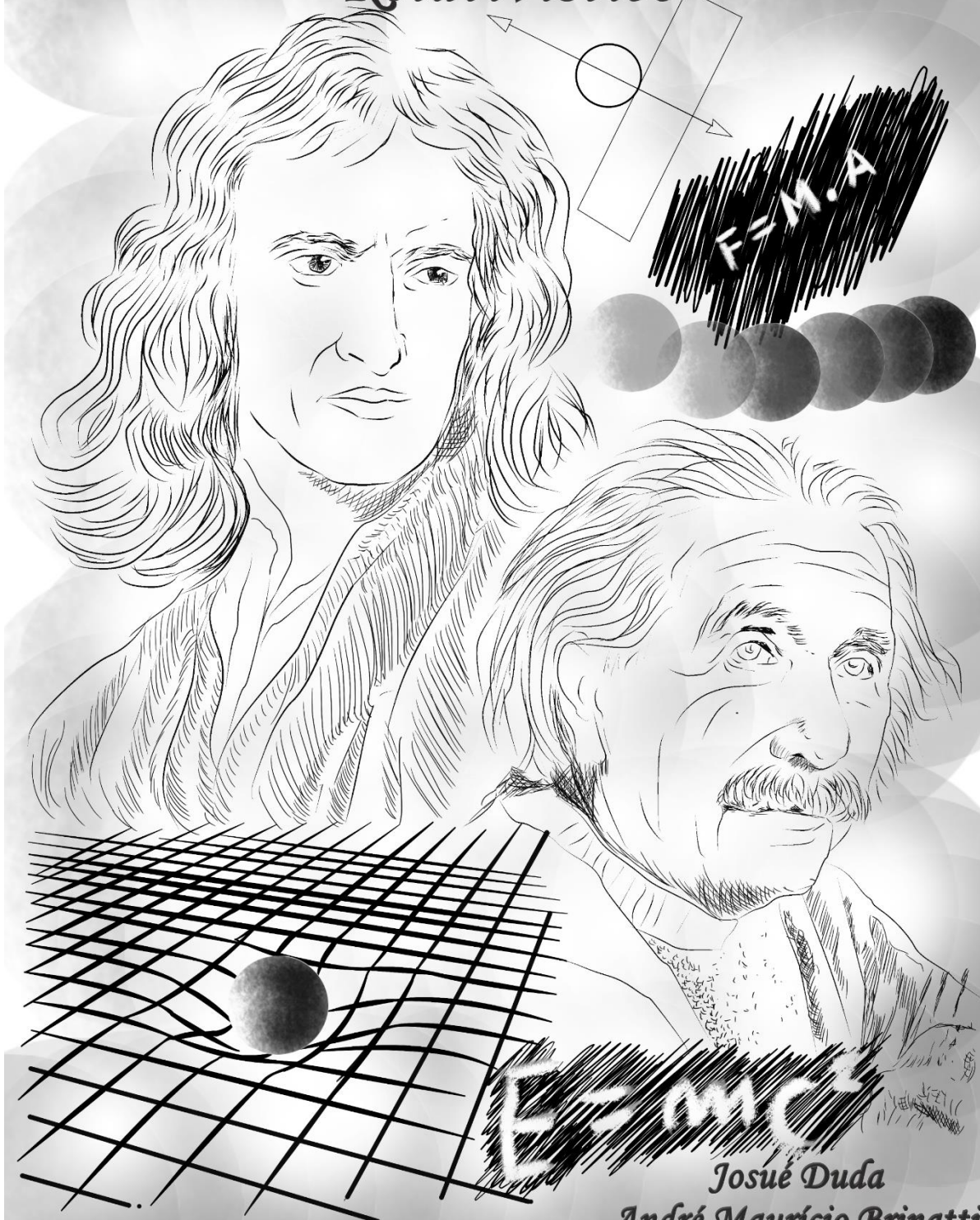
VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WOLFF, J. F.S., MORS, P. M. **Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na história.** Experiências em Ensino de Ciências, V1(1), pp. 14-22, 2006. Disponível em: < http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID15/pdf/2006_1_1_15.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2017.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **Física IV – Ótica e Física Moderna.** 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

**APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL - O MOVIMENTO: DO CLÁSSICO AO
RELATIVÍSTICO**

O Movimento: do Clássico ao Relativístico



Josué Duda
André Maurício Brinatti

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	91
1 INTRODUÇÃO	92
2 PLANOS DE AULA	95
PLANO DE AULA 1	95
PLANO DE AULA 2	99
PLANO DE AULA 3	108
PLANO DE AULA 4	112
PLANO DE AULA 5	116
PLANO DE AULA 6	120
PLANO DE AULA 7	125
PLANO DE AULA 8	133
PLANO DE AULA 9	139
PLANO DE AULA 10	144
PLANO DE AULA 11	149
PLANO DE AULA 12	155
PLANO DE AULA 13	160
PLANO DE AULA 14	165
PLANO DE AULA 15	172
PLANO DE AULA 16	178
PLANO DE AULA 17	182
PLANO DE AULA 18	191
PLANO DE AULA 19	197
PLANO DE AULA 20	202
PLANO DE AULA 21	212
PLANO DE AULA 22	217
PLANO DE AULA 23	221
PLANO DE AULA 24	231
PLANO DE AULA 25	238
3 TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR	240
3.1 O movimento: do clássico ao relativístico	240
3.2 A apresentação do professor e da disciplina	241
3.3 As áreas que compõem o estudo da Física	242
3.4 Aspectos históricos da Física	243
3.5 O método da Ciência	245

3.6 O Sistema Internacional de Unidades	246
3.7 Notação científica e Ordem de grandeza	247
3.8 Grandezas escalares e vetoriais.....	249
3.9 Localização, deslocamento e caminho percorrido	252
3.10 Componentes retangulares de um vetor	259
3.11 Operações com vetores	261
3.12 Ponto material e corpo extenso	265
3.13 Referenciais, trajetórias e a relatividade do movimento	266
3.14 Velocidade	270
3.15 Movimento Uniforme	276
3.16 Aceleração	278
3.17 Movimentos uniformemente variados	283
3.17.1 Queda livre e lançamento vertical para baixo	289
3.17.2 Lançamento vertical para cima	292
3.17.3 Rolamento ou movimento uniformemente variado na horizontal.....	294
3.17.4 Lançamento oblíquo e lançamento horizontal (movimento de projéteis).....	297
3.17.5 Pêndulo simples.....	304
3.18 A teoria da Relatividade Restrita	307
3.18.1 A dilatação do tempo.....	311
3.18.2 A contração do comprimento	314
4 SLIDES PRODUZIDOS	319
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	320
REFERÊNCIAS	321

APRESENTAÇÃO

O presente material de apoio ao professor aqui apresentado, denominado **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**³ foi idealizado com o objetivo de desenvolver o estudo da Mecânica, mais precisamente a Cinemática, de maneira a incluir os resultados da Teoria da Relatividade Restrita no início do estudo de Física no Ensino Médio, proporcionando aos alunos uma formação completa do estudo desta área.

O material é composto de 25 planos de aula completos, com a descrição das atividades a serem realizadas, assim como possui as atividades prontas para serem aplicadas aos alunos, apresentando também as possíveis respostas esperadas no desenvolvimento das mesmas. Essas atividades procuram desenvolver o senso crítico nos alunos, provocando uma formação contínua dos conceitos básicos da Física, tornando o desenvolvimento progressivo para atingir o objetivo principal de entender a Cinemática de maneira clássica e relativística como um todo.

Após a apresentação dos planos de aula, existe um material de apoio ao professor que contempla toda a fundamentação teórica dos conteúdos abordados, explicada de maneira simples, com exemplos do cotidiano e também com resolução de problemas. Nesta parte, o professor terá acesso aos conteúdos e aos autores que embasam a teoria aplicada no presente material, constituindo uma base forte de apoio para o desenvolvimento eficaz das atividades.

Apesar de se apresentar como um material único, cada plano de aula pode ser desenvolvido de maneira individual como forma de apoio ao professor, sem prejudicar o desenvolvimento de suas aulas. A própria apresentação dos planos de aula contempla a descrição completa da aula, com atividades, onde em algumas aulas apresentam também imagens em slides, tabelas de auxílio e dados a serem utilizados, assim como a descrição da elaboração e execução de experimentos.

Esperamos que este material possa servir para ampliar a formação de nossos estudantes do Ensino Médio, dando maior autonomia para a construção do conhecimento e da personalidade de cada aluno.

³ Este Produto Educacional foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, da Sociedade Brasileira de Física – SBF, polo 35. Sendo que sua aplicação e análise estão descritas na dissertação – Aplicação e Análise de uma Sequência Didática para Abordagem de Cinemática e Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio - por isso há elementos que são reproduzidos na mesma.

1 INTRODUÇÃO

Ao trabalharmos com o ensino das teorias e ideias da Física, nos damos conta das dificuldades enfrentadas por todo professor e aluno de Ensino Médio, que concebe a Física como uma disciplina que trabalha com cálculos matemáticos complexos e que exigem uma grande gama alta de conhecimentos para o entendimento da mesma.

Durante a carreira como professor de Física, procurava sempre desenvolver nos alunos a ideia de que a Física se faz presente em cada situação de nosso cotidiano, sendo possível sua contextualização diária e tendo a matemática como uma forma de auxiliar o entendimento das ideias que a Física tem para nos exprimir o funcionamento das coisas e da natureza.

Um dos problemas que se observa no Ensino Médio é a ideia de que devemos fazer o aluno ter contato com todo o conteúdo da Física. Entretanto, num trabalho tradicional, o aluno é sobrecarregado com resoluções de problemas que o treinam para a execução de vestibulares e o professor, por muitas vezes, não consegue trabalhar todo o conteúdo programático com a carga horária que lhe é disponível. Assim, por vezes, o professor acaba passando pelo conteúdo de maneira superficial, deixando de lado partes importantes da disciplina e que são consideradas mais difíceis para o entendimento dela. Uma dessas partes do conteúdo está relacionada com a Teoria da Relatividade Restrita, que geralmente é trabalhada após o estudo do Eletromagnetismo no terceiro ano do Ensino Médio. Esta é deixada de lado por ser complexa e muito abstrata. Mas a Teoria da Relatividade Restrita reflete a união da teoria clássica com a relatividade do movimento a altas velocidades e que pode ser estudada junto com o movimento no início do Ensino Médio.

Com esta ideia, procuramos desenvolver um material de apoio ao professor que faça com que o aluno do primeiro ano do Ensino Médio tenha uma formação contínua e crescente dos conhecimentos e conceitos básicos que o levem a compreensão da Cinemática incluindo as ideias clássicas e relativísticas do movimento.

Dessa forma, este material proporciona uma formação de conceitos que levam ao entendimento claro de como a Teoria da Relatividade Restrita foi desenvolvida, trabalhando-se com o conceito de espaço e tempo desde sua base e que faz com que o aluno reflita sobre cada ideia que faz parte da Física. O trabalho se torna mais participativo e ativo por parte do aluno e proporciona um ganho de tempo no que se refere ao trabalho com a disciplina em sala de aula.

Assim, todo o conteúdo pode ser abordado pelo professor, cumprindo sua obrigação e permitindo ao aluno o entendimento geral da disciplina e estudando o movimento de maneira completa e não separado por dois anos do Ensino Médio e após o estudo do Eletromagnetismo.

Este material está dividido em oito etapas que procuram desenvolver os conceitos de maneira progressiva para o entendimento geral. A Tabela 1 apresenta cada etapa e os temas a serem abordados assim como o número de horas-aula previsto para a realização de cada uma delas.

Tabela 1 – Etapas do produto educacional.

Etapa	Tema da etapa	Temas das aulas	Número de horas-aula
1 ^a	Introdução ao estudo da Física.	Apresentação e introdução ao estudo da Física.	2
		Aspectos históricos da Física.	2
		O método da Ciência.	1
		Executando o método científico.	1
2 ^a	Medidas e conceitos essenciais para a Física.	O Sistema Internacional de Unidades.	1
		Notação científica e ordem de grandeza.	1
		Grandezas escalares e vetoriais.	1
		Localização, deslocamento e caminho percorrido.	1
		Componentes retangulares de um vetor e operações com vetores.	1
		Operações com vetores.	2
		Medida indireta de distâncias: o teodolito.	1
3 ^a	Referencial e a relatividade do movimento.	Ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial.	2
		A relatividade do movimento e referencial inercial.	1
4 ^a	Velocidade escalar média e velocidade vetorial média.	Posição escalar, velocidade escalar média e velocidade vetorial média.	2

5 ^a	Movimento Uniforme.	Movimento Uniforme.	2
6 ^a	Movimento Uniformemente Variado.	Movimento Uniformemente Variado: introdução. Queda livre e lançamento vertical para baixo. Lançamento vertical para cima. Rolamento horizontal. Lançamento oblíquo e horizontal. Pêndulo.	1 2 1 1 2 1
7 ^a	Teoria da Relatividade Restrita.	A teoria da relatividade restrita: introdução. A teoria da relatividade restrita: desenvolvimento de ideias gerais e sobre a dilatação temporal.	1 2
8 ^a	Comprovações da Teoria da Relatividade Restrita.	A teoria da relatividade restrita: a contração do comprimento e a comprovação da teoria. A teoria da relatividade restrita: seminários sobre a teoria.	2 1

Fonte: o autor.

Cada etapa aqui apresentada pode ser desenvolvida de maneira individualizada. Entretanto, os conceitos da Teoria da Relatividade Restrita serão mais facilmente compreendidos se todas as etapas forem desenvolvidas de maneira progressiva conforme apresentado, pois cada conceito inicial irá firmar o próximo conceito até a formação da ideia de relatividade e necessidade das mudanças que a teoria nos apresenta.

2 PLANOS DE AULA

PLANO DE AULA 1

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano /

CARGA HORÁRIA: 100 minutos/2 horas-aula

ASSUNTO: Introdução ao estudo da Física.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.

Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

Habilidades:

Identificar objetos, sistemas e fenômenos que fazem parte do estudo da Física e de suas áreas, procurando relacionar a situações cotidianas.

OBJETIVOS:

- Identificar quais os conhecimentos do estudo da Física estão presentes no cotidiano e como percebemos tais conhecimentos.
- Expressar, de forma oral e escrita, os conhecimentos sobre as áreas da Física.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente o professor se apresenta aos alunos, indicando sua formação, seus objetivos durante o ano e suas expectativas em relação à turma e ao ano letivo que inicia.

Em seguida, são apresentados slides com fotos, em forma de mosaico, de situações relacionadas ao estudo da Física. Cada foto apresenta um botão de ação que leva a uma pergunta para que os alunos se apresentem e escolham e formem duplas que irão trabalhar e estudar durante o semestre letivo.

DESENVOLVIMENTO:

Os alunos são questionados sobre as diferentes formas de entender os conhecimentos da disciplina de Física, dando destaque para a leitura diária, a observação de fenômenos e a experimentação. São apresentadas as várias divisões da Física, dando ênfase aos estudos de Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Em seguida, uma outra série de slides é apresentada com as mesmas fotos que foram apresentadas, mas agora colocadas de maneira ampliada para serem apresentadas continuamente para a análise dos alunos. Para isso cada dupla recebe uma folha de atividades para guiar o processo. Cada dupla deve realizar a análise de sua foto escolhida e procurar encaixá-la em um ramo de estudo da Física e relacioná-la ao cotidiano.

Os resultados das divisões de cada foto em áreas são compartilhados no quadro, onde o professor apresenta algumas divisões mais utilizadas, colocando-as em colunas: Mecânica,

Termodinâmica, Eletromagnetismo, Ondulatória e Óptica. Cada dupla escreve o seu fenômeno estudado em uma ou mais colunas, de acordo com seu entendimento.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após o desenvolvimento da aula, os alunos são solicitados a apresentar oralmente e espontaneamente algumas das principais ideias que aparecem nas atividades desenvolvidas na folha que receberam.

No final, são apresentados alguns slides com fotos relacionadas ao estudo do movimento (Mecânica), indicando o trabalho a ser realizado durante o ano, para os alunos discutirem e se pronunciarem sobre o tema.

AVALIAÇÃO:

A partir da resposta dos alunos durante a síntese integradora e entrega da atividade, será verificado o nível dos estudantes no que se refere aos conhecimentos de Física, procurando direcionar o trabalho do professor.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Projetor multimídia e computador;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Sobre os slides ver item 4 deste produto educacional. Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 1: Introdução ao estudo da Física

Atividade A: Olhando para a foto que você escolheu juntamente com seu(sua) colega, conversem entre si e respondam os questionamentos:

a) Que fenômeno vocês estão observando?

b) Que detalhes chamam a atenção de vocês na figura?

c) Vocês conseguem explicar o que está acontecendo na imagem? Escrevam.

Atividade B: Voltando para a imagem escolhida pela dupla, respondam:

a) A qual área da Ciência (ou da Física) vocês entendem estar mais relacionadas a imagem da dupla?

b) Escrevam palavras ou situações que se relacionam com a imagem em seu cotidiano.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 1: Introdução ao estudo da Física

Atividade A:

- a) **Depende da figura ou foto observada; os alunos geralmente descreverão a imagem.**
- b) **Os detalhes se referem aos fenômenos, cores ou algo interessante para os alunos. O importante não é a resposta, mas fazer os alunos analisarem a imagem.**
- c) **Alguns fenômenos podem ser fáceis de explicar como, por exemplo, um balão voa, pois, o ar quente em seu interior possui densidade menor do que a densidade do ar de fora. Mais uma vez, o importante é fazer as duplas refletirem e discutirem sobre a situação apresentada.**

Atividade B:

- a) **Depende da figura ou foto observada. As possíveis divisões apresentam-se no quadro abaixo destas respostas.**
- b) **Novamente, depende da imagem de cada dupla. Podem surgir situações como nadar, fazer uma fogueira, levantar algum móvel, refletir a luz no espelho, andar de bicicleta, ver a dispersão da luz em uma caneta, entre outras situações.**

Possíveis divisões que podem aparecer no quadro durante o compartilhamento de informações sobre os fenômenos observados:

Mecânica	Termodinâmica	Óptica	Ondulatória	Eletromagnetismo
5. Corrida	3. Balão	7. Bolha de sabão	4. Instrumentos musicais, som	2. Lâmpada acesa
1. Crianças boiando	6. Fogo	6. Fogo	9. Galáxia	6. Fogo
3. Balão	12. ônibus espacial	8. Refração	13. Bomba	9. Galáxia
4. Bolha de sabão	13. Bomba	9. Galáxia	18. Lasers	18. Lasers
9. Galáxia		10. Arco-íris		19. Raios
11. Brinquedo do parque		18. Lasers		20. Imã
12. Ônibus espacial		19. Raios		
14. Andar de bicicleta				
15. Levantamento de peso				
16. Salto de Paraquedas				
17. Pêndulo				

PLANO DE AULA 2

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Aspectos históricos da Física

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.

Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas.

Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades.

Habilidades:

Ler e interpretar textos procurando relacionar os conceitos físicos com o cotidiano das pessoas e a evolução das tecnologias que fazem parte de nossas vidas.

Posicionar-se criticamente perante a evolução das tecnologias, apoiando o que considera útil e refutando o que considera banal ou prejudicial para o desenvolvimento da humanidade como um todo.

OBJETIVOS:

- Reconhecer os principais aspectos históricos da evolução da Ciência, destacando a Física como central.
- Expressar, de forma oral e prática, as ideias que se tem da ordem cronológica de alguns aspectos da história da Física.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente são retomadas as divisões da Física trabalhadas na última aula, mas dessa vez serão diminuídas essas divisões apenas para três que correspondem às divisões apresentadas nas Diretrizes Curriculares do Ensino de Física: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Em seguida, é explicado para os alunos que conhecer alguns fatos históricos da Física permite compreender o contexto em que algumas situações ocorreram e compreender como essas descobertas mudaram a maneira de entender o mundo.

DESENVOLVIMENTO:

Para dar continuidade, são distribuídos três (ou menos) fatos históricos impressos em papel para cada dupla formada na primeira aula, e esta deverá analisar o fato em questão e procurar encaixar em uma das áreas de estudo já mencionadas, podendo aparecer em mais de uma (Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo). Para guiar o procedimento, cada dupla

receberá uma folha com as atividades a serem desenvolvidas, assim cada dupla pode realizar a atividade a seu tempo.

Em seguida, os fatos serão escritos com letras grandes pelos alunos em folhas de papel sulfite usando canetas ou pincel atômico.

Toda a turma, então, elaborará um “varal do tempo” usando os fatos históricos por eles escritos, pregadores e barbante. Estica-se e prende-se três fios de barbante nos locais possíveis dentro de sala (amarrando em parafusos, portas, janelas e quadro negro). A atividade também pode ser desenvolvida em qualquer outro ambiente da escola. Cada barbante será utilizado para a construção do “varal do tempo” de uma das áreas: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Cada dupla fará a leitura dos fatos históricos (onde o professor pode facilitar o entendimento do devido fato, explicando-o, se necessário) dizendo em que área da Física podem estar sendo estudados e qual época a dupla considera que tal fato foi desenvolvido. Após isso, cada fato histórico escrito em sulfite é colocado no barbante utilizando pregadores de roupa.

A medida em que as duplas vão fazendo suas apresentações, os demais colegas devem participar e opinar sobre as possíveis respostas dos colegas e o professor precisa amparar todo este procedimento, organizando as falas de cada um. Espera-se muitas discussões sobre a ordem dos fatos, já que nenhum apresenta as referidas datas.

Caso haja tempo, pode-se fazer um varal único, com todos os fatos históricos.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após o desenvolvimento da aula, deve ser realizada a leitura de todos os fatos históricos, para que possa ser apreciado a integralidade do desenvolvimento das áreas da Física.

O professor apresenta, então, a divisão mais coerente e organizada cronologicamente dos fatos, utilizando o projetor multimídia. Caso existam diferenças no varal elaborado, estas devem ser corrigidas neste momento.

O varal ficará fixado (se possível) na sala de aula para futuras consultas durante os estudos.

AVALIAÇÃO:

Serão avaliados a realização e participação dos alunos nas atividades propostas e seu entendimento sobre os aspectos históricos da Física, observados durante a aula.

RECURSOS FÍSICOS

- Computador e projetor multimídia.
- Papel sulfite;
- Pincel atômico;
- Barbante e pregadores;
- Atividades e fatos históricos impressos.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam os fatos históricos a serem utilizados, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos**, a possível divisão dos fatos históricos para ser apresentada aos alunos e as possíveis respostas.

Fatos históricos da Física (em ordem cronológica) a serem distribuídos para os alunos HEWITT, 2015):

Leucipo, de Mileto, e seu aluno Demócrito, de Abdera, formulam as primeiras hipóteses sobre os componentes essenciais da matéria: o Universo é formado de átomos e vácuo.

Aristóteles descreve o movimento natural em termos de tendências naturais.

Arquimedes descreve o princípio do empuxo.

Heron de Alexandria cria um dispositivo que produz movimento a partir da ebulição da água.

Ptolomeu aperfeiçoa o sistema geocêntrico.

Copérnico publica seu sistema heliocêntrico.

Brahe mede com precisão as posições dos planetas no céu.

Galileu usa o telescópio pela primeira vez como um instrumento astronômico.

Kepler publica as três leis do movimento planetário.

Galileu avança na compreensão do movimento acelerado e cria o conceito de inércia.

Boyle relaciona a pressão e o volume dos gases mantidos a uma temperatura constante.

Huygens desenvolve a teoria ondulatória da luz.

Newton apresenta a teoria da mecânica em seu livro chamado *Princípios*.

O carvão vegetal começa a ser substituído pelo carvão mineral nas fábricas da Europa.

Thomas Savery cria a máquina a vapor ou máquina de fogo que produzia vácuo por meio da condensação do vapor a alta pressão.

Thomas Newcomen cria a máquina a vapor a baixa pressão, mais tarde aperfeiçoada pelo escocês James Watt, a partir de uma máquina concebida para retirar a água que inundava as minas de carvão.

Bernoulli explica o comportamento dos gases em termos de movimentos moleculares.

Franklin propõe a conservação do “fogo” (carga) elétrico.

Galvani descobre a “eletricidade animal”.

Coulomb determina precisamente a lei da força elétrica.

Lavoisier cria a teoria do calórico que era uma substância que escoava de um corpo a outro por causa da diferença de temperatura.

Cavendish mede a constante gravitacional G.

Rumford defende que o calor é uma forma de movimento.

Volta inventa a pilha seca.

Young usa a teoria ondulatória para explicar a interferência.

John Dalton começa a apresentar sua teoria de que a cada elemento químico corresponde um tipo de átomo.

Avogadro sugere que nas mesmas temperatura e pressão, todos os gases possuem o mesmo número de moléculas por unidade de volume.

Young e outros apresentam evidência em favor da natureza ondulatória da luz.

Oersted descobre o efeito magnético de uma corrente elétrica.

Ampère estabelece a lei de força entre fios percorridos por correntes elétricas.

Fraunhofer inventa a rede de difração.

Carnot estabelece que o calor não pode ser totalmente transformado em trabalho.

Faraday e Henry descobrem a indução eletromagnética.

Mayer e Joule sugerem uma lei geral da conservação da energia.

As máquinas a vapor passam a ser compreendidas em termos de fluxo de energia entre fontes térmicas de temperaturas diferentes.

Maxwell formula a teoria eletromagnética da luz.

Hertz gera e detecta ondas de rádio.

Roentgen descobre os raios X.

Bequerel descobre a radioatividade.

Thomson identifica os raios catódicos como corpúsculos negativamente carregados (elétrons).

Planck introduz a ideia de *quantum* a partir do problema da radiação de corpo negro.

Einstein introduz o conceito de corpúsculo de luz (fóton).

Einstein apresenta a teoria especial da Relatividade.

Einstein apresenta a teoria geral da Relatividade.

Schrödinger desenvolve a teoria ondulatória da mecânica quântica.

Hubble descobre a expansão do Universo.

Fermi constrói e opera o primeiro reator nuclear.

Oppenheimer e sua equipe em Los Alamos realizam uma explosão nuclear.

Bardeen, Brattain e Shockley desenvolvem o transistor.

Pogge e Martini apresentam evidência da existência de buracos negros supermassivos em outras galáxias.

O laboratório CERN anuncia o descobrimento do bóson de Higgs.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 2: Aspectos históricos da Física

Atividade A: Vocês receberão três fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da Física. Dividam-nos de acordo com as áreas de estudo da Física: Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Lembrem-se que os fatos podem ser de apenas uma ou duas áreas.

Atividade B: Utilizando folhas de papel sulfite e pincel atômico, escrevam cada fato histórico em uma folha.

Atividade C: Juntamente com os seus colegas de turma, montem a linha do tempo para cada área da Física utilizando os pregadores e o barbante.

Atividade D: Observando a linha do tempo das diferentes áreas de estudo da Física, juntamente com seus colegas de turma, montem uma linha do tempo de todos os fatos históricos da Física.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 2: Aspectos históricos da Física**

Atividade A

As respostas dependerão dos fatos recebidos pelos alunos, mas podem ser seguidas as divisões apresentadas no quadro que consta em seguida destas respostas.

Atividade B

A situação é apenas para transcrever o fato em uma folha maior para facilitar a visualização.

Atividade C

O professor questiona aos alunos sobre quais tecnologias ou fatos aconteceram antes e auxilia na montagem da linha do tempo para cada área seguindo o quadro que consta em seguida destas respostas. O importante é fazer os alunos discutirem que algo não pode ter surgido antes de outro e quais os motivos.

Atividade D

Caso seja possível, por conta do tempo de aula, pode ser elaborado uma linha do tempo única com todos os fatos históricos, seguindo a sequência apresentada na descrição dos fatos históricos, que se apresenta logo acima da atividade de registro e direcionamento para os alunos neste plano de aula.

Possível divisão dos fatos históricos em ordem cronológica

Mecânica	Termodinâmica	Eletromagnetismo e Física Moderna
Leucipo, de Mileto, e seu aluno Demócrito, de Abdera, formulam as primeiras hipóteses sobre os componentes essenciais da matéria: o Universo é formado de átomos e vácuo.	Heron de Alexandria cria um dispositivo que produz movimento a partir da ebulição da água.	Huygens desenvolve a teoria ondulatória da luz.
Aristóteles descreve o movimento natural em termos de tendências naturais.	Boyle relaciona a pressão e o volume dos gases mantidos a uma temperatura constante.	Franklin propõe a conservação do “fogo” (carga) elétrico.
Arquimedes descreve o princípio do empuxo.	O carvão vegetal começa a ser substituído pelo carvão mineral nas fábricas da Europa.	Galvani descobre a “eletricidade animal”.
Ptolomeu aperfeiçoa o sistema geocêntrico.	Thomas Savery cria a máquina a vapor ou máquina de fogo que produzia vácuo por meio da condensação do vapor a alta pressão.	Coulomb determina precisamente a lei da força elétrica.
Copérnico publica seu sistema heliocêntrico.	Daniel Gabriel Fahrenheit constrói o termômetro de mercúrio.	Volta inventa a pilha seca.
Brahe mede com precisão as posições dos planetas no céu.	Thomas Newcomen cria a máquina a vapor a baixa pressão, mais tarde aperfeiçoada pelo escocês James Watt., a partir de uma máquina concebida para retirar a água que inundava as minas de carvão.	Young usa a teoria ondulatória para explicar a interferência.
Galileu usa o telescópio pela primeira vez como um instrumento astronômico.	Bernoulli explica o comportamento dos gases em termos de movimentos moleculares.	John Dalton começa a apresentar sua teoria de que a cada elemento químico corresponde um tipo de átomo.
Kepler publica as três leis do movimento planetário.	Lavoisier cria a teoria do calórico que era uma substância que escoava de um corpo a outro por causa da diferença de temperatura.	Young e outros apresentam evidência em favor da natureza ondulatória da luz.
Galileu avança na compreensão do movimento acelerado e cria o conceito de inércia.	Rumford defende que o calor é uma forma de movimento.	Oersted descobre o efeito magnético de uma corrente elétrica.

Newton apresenta a teoria da mecânica em seu livro chamado Princípios.	John Dalton começa a apresentar sua teoria de que a cada elemento químico corresponde um tipo de átomo.*	Ampère estabelece a lei de força entre fios percorridos por correntes elétricas.
Cavendish mede a constante gravitacional G.	Avogadro sugere que nas mesmas temperatura e pressão, todos os gases possuem o mesmo número de moléculas por unidade de volume.	Fraunhofer inventa a rede de difração.
Mayer e Joule sugerem uma lei geral da conservação da energia.	Carnot estabelece que o calor não pode ser totalmente transformado em trabalho.	Faraday e Henry descobrem a indução eletromagnética.
Einstein apresenta a teoria especial da Relatividade.	Mayer e Joule sugerem uma lei geral da conservação da energia.	Maxwell formula a teoria eletromagnética da luz.
Einstein apresenta a teoria geral da Relatividade.	As máquinas a vapor passam a ser compreendidas em termos de fluxo de energia entre fontes térmicas de temperaturas diferentes.	Hertz gera e detecta ondas de rádio.
Schrödinger desenvolve a teoria ondulatória da mecânica quântica.	Planck introduz a ideia de quantum a partir do problema da radiação de corpo negro.*	Roentgen descobre os raios X.
Hubble descobre a expansão do Universo.	Fermi constrói e opera o primeiro reator nuclear.*	Bequerel descobre a radioatividade.
Pogge e Martini apresentam evidência da existência de buracos negros supermassivos em outras galáxias.	Oppenheimer e sua equipe em Los Alamos realizam uma explosão nuclear.*	Thomson identifica os raios catódicos como corpúsculos negativamente carregados (elétrons).
O laboratório CERN anuncia o descobrimento do bóson de Higgs.		Einstein introduz o conceito de corpúsculo de luz (fóton).
		Bardeen, Brattain e Shockley desenvolvem o transistor.

*Os fatos aqui apresentados podem aparecer em outras áreas também, mas foram aqui colocados como uma maneira do aluno perceber que a forma de energia utilizada é o calor e que a teoria dos átomos e moléculas permitiu o desenvolvimento da Termodinâmica.

PLANO DE AULA 3**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: O método da Ciência I

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas.

Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.

Habilidades:

Interpretar o processo dinâmico de construção dos modelos científicos.

Reconhecer o papel das comunidades científicas na validação.

Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.

OBJETIVOS:

- Reconhecer os principais aspectos do método da Ciência e suas aplicações na Física.
- Diferenciar os processos de experimentação e observação na construção de conceitos físicos.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente, são apresentadas em um projetor multimídia várias imagens que remetem à metodologia científica, para que os alunos possam observar atentamente e discutir sobre o que se trata.

DESENVOLVIMENTO:

Distribui-se uma atividade com um pequeno direcionamento para que as duplas possam fazer a análise das imagens e fazer o registro das discussões realizadas. Após as discussões e registros das duplas, os alunos são convidados a registrar no quadro negro o que representam as imagens, utilizando uma ou duas palavras.

Em seguida, todos os alunos são convidados a fazer uma análise geral das palavras que estão descritas no quadro, procurando separá-las ou agrupá-las de acordo com critérios que todos concordem. Começa-se separando as palavras iguais ou sinônimos para facilitar. A separação pode ser feita em tabelas, organogramas, etc. Para fazer o registro desta separação no quadro negro, convida-se um(a) aluno(a).

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após o desenvolvimento da aula, o professor faz a síntese da atividade, mostrando que todas as imagens remetem ao trabalho do pesquisador através do método da Ciência. Explica

também que as palavras selecionadas representam as etapas do método da Ciência: observação, elaboração do problema, hipóteses, experimentação, análise de resultados e conclusão.

AVALIAÇÃO:

A participação ativa dos alunos e os registros realizados durante as discussões permitirão verificar o que realmente os alunos conseguiram assimilar.

RECURSOS FÍSICOS

- Computador e projetor multimídia;
- Atividades impressas;
- Quadro negro e giz.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

DIAS, Diogo Lopes. **Método científico; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>. Acesso em 05 de janeiro de 2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GREF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

RIBAS, S. A. **Metodologia científica aplicada**. Rio de Janeiro, EDUERJ, 2004. 110p.

OBSERVAÇÃO

Sobre os slides ver item 4 deste produto educacional. Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 3: Método da Ciência I

Atividade A: Façam a análise das fotos que estão sendo apresentadas no projetor e escrevam o que vocês estão observando. Que ação está sendo realizada? Qual o motivo que leva as pessoas das fotos a realizarem a ação demonstrada?

Atividade B: Cada dupla deverá escrever no quadro as ações observadas nas fotos utilizando uma ou duas palavras para descrição de cada uma.

Atividade C: Discuta com seus colegas: quais são as palavras que mais aparecem no quadro? Podemos agrupá-las de alguma maneira? Elas representam algo para o mundo científico? Organize as palavras de acordo com a discussão, utilizando seus critérios. (Exemplo: vocês podem agrupar em caixinhas, tabelas, organograma, numeradas...)

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 3: O método da Ciência I**

Atividade A

São possíveis várias respostas dependendo dos alunos. As mais comuns são: observação para descobrir algo, escrita de dados para análise e busca do conhecimento, localizando algo para sanar a curiosidade, anotação de dados, analisando coisas pequenas e grandes, fazendo experiências para responder questionamentos, etc.

Atividade B

Todas as duplas escrevem uma ou duas palavras que descrevem cada fotografia observada.

Atividade C

Com o auxílio e orientação do professor, são organizadas, circuladas, as palavras que mais se repetem. Em seguida, procura-se organizar estas palavras de acordo com uma sequência. Essas palavras representam o trabalho científico.

Em seguida, o professor pode passar a sequência do método da Ciência:

- 1º Observação;
- 2º Elaboração de um problema;
- 3º Levantamento de hipóteses;
- 4º Experimentação;
- 5º Coleta e análise dos dados;
- 6º Conclusão.

PLANO DE AULA 4**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: O método da Ciência II

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época.

Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.

Habilidades:

Interpretar o processo dinâmico de construção dos modelos científicos

Reconhecer o papel das comunidades científicas na sua validação.

OBJETIVOS:

- Reconhecer os principais aspectos do método científico e suas aplicações na Física.
- Formular hipóteses sobre um fenômeno susceptível de ser observado em laboratório.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente, é feita uma revisão dos fundamentos conceituais relacionados ao método da Ciência. Em seguida, é explicado que será realizado na prática uma demonstração do método da Ciência.

DESENVOLVIMENTO:

São apresentados dois potes, um opaco e outro transparente, com um objeto dentro (cubo com faces numeradas, não um dado), representados pelas letras A e B. Entrega-se aos alunos a atividade com as perguntas que são feitas durante a prática, para que os mesmos possam fazer seus registros, em duplas. Pedem-se aos alunos que escrevam as hipóteses sobre o que acontece se os potes forem girados 180°, tentando descobrir métodos de verificar suas hipóteses e analisar os resultados. Ninguém, além do professor pode tocar nos potes.

Em seguida, o professor substitui os potes por outros dois aparentemente idênticos, representados pelas letras B e C, e permite aos alunos manipularem para verificar suas hipóteses e chegarem a uma conclusão.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Será realizada pela apresentação oral das propostas e que envolvem a formulação de problemas, hipóteses, análises e conclusões, para cada modelo proposto e muitas hipóteses podem ser analisadas (velocidade de rotação, formato do pote plástico, formato do objeto, etc.).

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas.

RECURSOS FÍSICOS

- Um conjunto de quatro potes plásticos transparentes e opacos, com um objeto em seu interior (cada), no caso apresentado, um cubo com as faces numeradas;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

ALVES-MAZZOTTI, A.J e GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. Reimpr. 2.ed. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2004. 203p.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BORTONI-RICARDO, S. M. **O professor pesquisador: introdução à pesquisa qualitativa**. São Paulo, Parábola Editorial, 2008. 135p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

DIAS, Diogo Lopes. **Método científico; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>. Acesso em 05 de janeiro de 2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GREF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

RIBAS, S. A. **Metodologia científica aplicada**. Rio de Janeiro, EDUERJ, 2004. 110p.

SILVA, S. L. R. e CRUZ, G. K. **Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009.

OBSERVAÇÃO

A atividade foi desenvolvida com base em Silva e Cruz (2009). Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 4: Método da Ciência II

Atividade A: Observando o sistema A (representado pelo pote A), o qual não podemos tocar, responda as questões:

Como ficará o objeto se girarmos o pote em um ângulo de 180° com a horizontal?

Que tipo de objeto existe dentro do pote?

Atividade B: Observando o sistema B (representado pelo pote B), o qual não podemos tocar, responda as questões:

a) Como ficará o objeto se girarmos o pote em um ângulo de 180° com a horizontal?

b) Que tipo de objeto existe dentro do pote? Como poderíamos saber?

Atividade C: Observando o sistema C que é análogo ao sistema A, ao qual podemos manipular, responda as questões:

a) Como ficará o objeto se girarmos o pote em um ângulo de 180° com a horizontal?

b) Que tipo de objeto existe dentro do pote?

Atividade D: Observando o sistema D que é análogo ao sistema B, ao qual podemos manipular, responda as questões:

a) Como ficará o objeto se girarmos o pote em um ângulo de 180° com a horizontal?

b) Que tipo de objeto existe dentro do pote? Como poderíamos saber?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 4: Método da Ciência II**

Atividade A

- a) Os alunos expõem suas hipóteses: o cubo irá cair, irá fazer barulho, o cubo está grudado, aparecerá outro número na face oculta, etc. O importante é despertar as ideias dos alunos.
- b) A maioria dos alunos provavelmente falará que é um dado. Mas na verdade trata-se de um cubo com faces numeradas, pois não segue a mesma lógica de construção do dado.

Atividade B

- a) As respostas podem ser as mesmas da atividade A item (a), entretanto surge a discussão da possibilidade de não existir objeto algum dentro do pote.
- b) Essa é a parte mais importante da aula, pois o aluno precisa ser criativo e soltar a imaginação para tentar prever que objeto está dentro do pote. O professor precisa atuar muito, mas não deve dar as respostas. Podem surgir repostas como: utilizar um raio x, utilizar ímãs, tomógrafos ou ressonância magnética, com o intuito de descobrir o tipo de estrutura ou formato do material. Importante fazer o aluno perceber que o cientista não sabia o que havia em muitas estrelas ou dentro dos átomos, mas pôde tentar descobrir através de equipamentos.

Atividade C

- a) Neste momento o aluno poderá manipular o pote e verificar o que acontece. O importante é permitir a participação de todos no desenvolvimento da atividade. Cada dupla escreverá o que está observando.
- b) Aqui o professor pode deixar um dado para os alunos observarem e compararem com o cubo no interior do pote, para que os próprios alunos cheguem a conclusão de que não se trata de um dado.

Atividade D

- a) Assim como na atividade C, os alunos manipulam o pote, mas não podem abri-lo, tendo que chegar às conclusões somente com a manipulação externa. Caso questionado, o professor pode afirmar que existem muitas partículas na natureza que podemos manipular, mas não conseguimos observar o que há dentro.
- b) Aqui os alunos podem tentar fazer experimentações, como chacoalhar o pote, utilizar ímãs e discutir com os colegas as possibilidades.

PLANO DE AULA 5**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: O Sistema Internacional de Unidades

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Habilidades:

Reconhecer a importância das unidades de medidas e saber utilizar os instrumentos para a realização de tais medidas.

Reconhecer a importância de um sistema de unidades padrão para facilitar as trocas de informações entre pessoas ou estados e países.

OBJETIVOS:

- Realizar medidas de tempo, comprimento e massa, utilizando cronômetros, trenas e balanças.
- Conhecer as unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades e seus respectivos múltiplos e submúltiplos.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Através de questionamentos, é solicitado aos alunos que indiquem as grandezas e as medidas que utilizam em seu cotidiano e qual a dificuldade encontrada quando as medidas utilizadas pelos colegas não são iguais (medidas de terrenos, como alqueires, litros, hectares, medidas de massa, etc.).

DESENVOLVIMENTO:

É feita a distribuição da folha com a atividade que direciona e auxilia o desenvolvimento e registro das discussões dos alunos. Em seguida pede-se aos alunos para que realizem medidas de comprimento e largura de suas carteiras utilizando palmos, canetas, borrachas ou qualquer outro objeto disponível como unidades de medidas e comparem os resultados. Depois pede-se para que um dos membros da dupla percorra o comprimento da sala de aula enquanto o outro registra o tempo necessário para realizar o trajeto, sem utilizar relógios, celulares ou cronômetros, apenas com muita criatividade. Finalmente, os alunos devem realizar a medida da massa de um objeto sem utilizar balanças.

Em seguida, disponibiliza-se aos alunos algumas trenas, cronômetros e balanças para que as mesmas atividades sejam repetidas com o uso destes equipamentos e realizada a discussão e comparativo dos resultados.

Após a realização dessas medidas, pede-se que estas sejam transformadas para algum múltiplo ou submúltiplo conhecido, à escolha dos alunos.

Logo após, apresenta-se o Sistema Internacional de Unidades, utilizando o projetor multimídia, com suas unidades padrões e respectivas transformações das unidades utilizadas no estudo do movimento, e a evolução histórica das mesmas, explicando cada uma delas assim como sua importância para as trocas de informações e o comércio entre países.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Os alunos apresentam os resultados das medições e transformações oralmente, assim como os casos das atividades propostas discutindo a importância das unidades de medidas, os métodos de medição, a repetição das medições para se conseguir melhores resultados.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou descritivas no caderno.

RECURSOS FÍSICOS

- Trens;
- Cronômetros digitais;
- Balanças digitais;
- Atividades impressas;
- Computador e projetor multimídia.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Sobre os slides ver item 4 deste produto educacional. Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 5: O Sistema Internacional de Unidades

Atividade A: Escrevam, utilizando exemplos, quais são as unidades de medidas mais utilizadas em seu cotidiano. (Podem ser medidas do tamanho de um terreno, medidas de massa, de tempo, etc.).

Atividade B: Façam a medida do comprimento e da largura de sua carteira, sem utilizar réguas ou trenas. (Vocês podem utilizar qualquer material que tenham consigo). Registrem os resultados de pelo menos duas medidas realizadas com materiais diferentes.

Atividade C: Um dos componentes da dupla percorre o comprimento da sala andando enquanto o outro registra o tempo necessário para esse trajeto ser percorrido, de alguma maneira. Não pode utilizar o relógio, cronômetro ou celular. Sejam criativos.

Atividade D: Façam a medida de massa de um objeto sem utilizar balanças e registrem. Mais uma vez, é necessária muita criatividade.

Atividade E: Agora repitam as atividades B, C e D utilizando trenas, cronômetros e balanças disponibilizados. Façam os devidos registros.

Atividade F: De acordo com os resultados de suas medições, que unidades de medidas vocês consideram melhores para medir comprimentos, tempo e massa? Aproveitem para escrever múltiplos ou submúltiplos das medidas, caso vocês conheçam.

Comprimentos:

Tempo:

Massa:

Atividade G: Até 1960 havia em todo mundo diversos sistemas de medidas com suas derivadas. Qual a dificuldade encontrada em se realizar comércio, trocas de informações científicas ou tecnológicas nessa época? O que vocês acham que foi necessário fazer?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 5: O Sistema Internacional de Unidades**

Atividade A

As mais comuns que podem surgir são: quilogramas, gramas, miligramas, toneladas, dias, meses, anos, segundos, minutos, horas, alqueires, hectares, metros, metros quadrados, quilômetros, entre outras.

Atividade B

Nesta atividade os alunos podem utilizar dedos, palmas, cadernos, borrachas, canetas, etc. O resultado precisa especificar a unidade de medida utilizada. Exemplo: 5 canetas de comprimento por 3 canetas de largura.

Atividade C

Aqui podem ser utilizados os batimentos cardíacos, a contagem utilizando uma palavra (o tempo foi de 5 palavras “aluno” repetidas), a contagem natural utilizando números, o trecho de uma música (o tempo foi da música Atirei o pau no gato, até o ponto “não morreu”). O importante é a criatividade.

Atividade D

Para medir a massa, geralmente os alunos colocam uma régua em seu centro de massa e, assim, tentam equilibrar dois objetos nas extremidades. Existem casos em que os alunos amarram objetos nas extremidades de um fio e tentam equilibrar em uma caneta ou lápis. Novamente, não esquecer das unidades de medidas: um lápis tem a massa de 2 canetas, por exemplo.

Atividade E

Na realização de medições utilizando os equipamentos corretos, os alunos se sentem aliviados por não precisarem do esforço da criatividade.

Atividade F

Espera-se que os alunos percebam as unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidades que, para a Mecânica, são o metro, quilograma e segundo. Caso isso não ocorra, o professor procura descobrir o porquê das respostas apresentadas pelos alunos.

Atividade G

A dificuldade era a confusão causada pelas unidades de medidas que não obedeciam a algum tipo de padrão. Assim, não se sabia ao certo a quantidade de algo que se estava negociando ou sendo analisado cientificamente. Para isso, foi necessário criar um sistema de medidas padronizado, criando uma unidade nas trocas de informações e comércio. Foi criado o Sistema Internacional de Unidades.

PLANO DE AULA 6**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Josué Duda

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Notação científica e ordem de grandeza

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Habilidades:

Reconhecer a importância das unidades de medidas e saber utilizar e representar os números em forma de potências de dez.

Utilizar a notação científica na representação de grandezas físicas que assumem valores muito altos ou muito baixos.

OBJETIVOS:

- Observar a representação de diferentes ordens de grandezas de um mesmo objeto e representado em forma de medidas de potências de dez, através de imagens.
- Conhecer a representação de números decimais através de notação científica.
- Representar números ou grandezas em forma de notação científica.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Através de questionamentos, os alunos são instigados a pensar nas grandes distâncias que existem entre planetas e estrelas e nos pequenos tamanhos de vírus, bactérias e átomos.

Em seguida, são apresentadas imagens que remetem ao mundo muito pequeno e muito grande e também de objetos em diferentes ordens de grandeza, para que os alunos possam discutir e analisar como podemos perceber o mesmo objeto nessas situações.

DESENVOLVIMENTO:

Dando continuidade, os alunos são questionados: “como podemos representar a distância de nosso planeta até o sol em metros? Qual a distância percorrida pela luz das estrelas até chegar aos nossos olhos durante a noite? Olhando para o mundo microscópico, como representar o tamanho de um vírus, uma bactéria, um átomo? Existem maneiras de facilitar esse registro? Como vimos nos slides, existem sim”.

Após a apresentação e discussão, o professor faz uma sistematização no quadro negro, de como representamos grandezas ou qualquer número, utilizando potências de dez. Depois pede aos alunos para representar algumas grandezas sugeridas por ele em forma de potências de dez no quadro para todos acompanharem.

Em seguida, distribui-se uma tabela com os prefixos do Sistema Internacional de Unidades e mostra-se como estes são utilizados. A tabela fica com os alunos para ser utilizada durante todo o estudo da Física.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Os alunos recebem uma lista de atividades para praticarem, em duplas, o uso da notação científica e da ordem de grandeza. Os resultados das atividades são corrigidos no quadro (serão selecionados alguns alunos) e comenta-se os casos demonstrando a importância da representação de grandezas através de notação científica.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas.

RECURSOS FÍSICOS

- Projetor multimídia e computador;
- Atividades e tabelas impressas;
- Quadro negro e giz.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GREF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

OBSERVAÇÃO

Sobre os slides ver item 4 deste produto educacional. Na sequência constam a tabela com os prefixos do Sistema Internacional de Unidades, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Prefixos do Sistema Internacional de Unidades

Prefixo	Símbolo	Potência de Base 10	Equivalente Decimal
yotta	Y	10^{24}	1000000000000000000000000
zetta	Z	10^{21}	100000000000000000000000
exa	E	10^{18}	10000000000000000000000
peta	P	10^{15}	1000000000000000000000
tera	T	10^{12}	100000000000000000000
giga	G	10^9	1000000000
mega	M	10^6	1000000
quilo	k	10^3	1000
hecto	h	10^2	100
deca	da	10^1	10
Nenhum	Nenhum	10^0	1
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
mili	m	10^{-3}	0,001
micro	μ	10^{-6}	0,000001
nano	n	10^{-9}	0,00000001
pico	p	10^{-12}	0,000000000001
femto	f	10^{-15}	0,000000000000001
atto	a	10^{-18}	0,000000000000000001
zepto	z	10^{-21}	0,000000000000000000001
yocto	y	10^{-24}	0,00000000000000000000001

Fonte: TIPLER e MOSCA (2006).

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 6: Notação Científica e Ordem de Grandeza

Atividade A: Como vocês já perceberam, muitas vezes precisamos representar grandezas físicas utilizando valores muito pequenos ou muito grandes. Para facilitar utilizamos a notação científica. Acompanhe as explicações do professor e em seguida responda as questões:

- a) Cite duas vantagens de escrever os números na notação científica.

- b) Dados os valores de massa $3 \cdot 10^{-6}$ kg e $7 \cdot 10^{-6}$ kg, qual deles é o maior?

- c) Coloque as medidas de comprimento $4 \cdot 10^{-5}$ m, $2 \cdot 10^{-2}$ m e $8 \cdot 10^{-7}$ m em ordem crescente de seus valores.

- d) Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o produto interno bruto (PIB) brasileiro correspondeu a R\$ 5,521 trilhões em 2014. Quase 2% do PIB é investido em pesquisa, especialmente em Ciências.

- Escreva esse número usando notação científica.

- Qual a ordem de grandeza do valor do PIB brasileiro nesse ano?

- e) Vocês realizaram a medição do tempo que uma partícula levou para percorrer a distância de 1 000 m e obtiveram o valor de 0,00005 s. Representem essas duas medidas em notação científica.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 6: Notação Científica e Ordem de Grandeza

Atividade A

- a) Fica mais fácil de representar números muito grandes ou muito pequenos, além de facilitar a realização de operações matemáticas com os mesmos.
- b) $7 \cdot 10^{-6}$ kg.
- c) $8 \cdot 10^{-7}$ m, $4 \cdot 10^{-5}$ m e $2 \cdot 10^{-2}$ m.
- d) Em notação científica: $5,521 \cdot 10^{12}$, onde a ordem de grandeza é 10^{12} .
- e) 10^3 e $5 \cdot 10^{-5}$.

PLANO DE AULA 7

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Grandezas escalares e vetoriais

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Habilidades:

Reconhecer e diferenciar as representações de grandezas físicas em escalares e vetoriais.

Utilizar os conhecimentos sobre grandezas escalares e vetoriais durante todo o curso de Física no Ensino Médio.

OBJETIVOS:

- Diferenciar as grandezas escalares e vetoriais possibilitando aplicar corretamente as grandezas no estudo da Física.
- Representar grandezas físicas escalares e vetoriais de maneira adequada.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente, os alunos são questionados sobre o uso de mapas: se alguém já utilizou o mapa para se localizar e se é fácil utilizar um mapa. Em seguida, cada dupla recebe uma folha de atividades para direcionamento e registro da aula e também um mapa simplificado do colégio. A primeira atividade consiste em utilizar o mapa e localizar um pequeno bilhete contendo alguns dados (grandezas físicas), que foram previamente fixados em locais do colégio e que estão indicados no mapa. É interessante ter pelo menos três mapas com locais diferentes, para que os alunos não acabem seguindo uns aos outros.

Cada mapa deve ser identificado com uma cor assim como os dados, para que se possa conferir se os dados são originários do mesmo local que o mapa indica. No local onde ficam os dados, podem ser colocadas balas coladas aos dados, como uma forma de recompensar aos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

Os alunos trazem os dados e começam a realizar as atividades, que fazem com estes reflitam sobre o mapa e os procedimentos adotados pela dupla para encontrar os dados. É necessário que os alunos percebam a diferença entre o caminho percorrido e o deslocamento realizado.

Em uma das atividades, os alunos precisam separar os dados conforme a precisão da informação: se a informação é clara com apenas o número e a unidade de medida (grandezas escalares) ou se ela necessita de mais informações para ficar bem definida (grandezas vetoriais). Nesse momento, talvez seja necessária a intervenção do professor com questionamentos que os façam compreender as grandezas escalares e vetoriais. O professor pode incentivar os alunos a pensarem e falarem o que é necessário dizer sobre a velocidade de um carro que passou em frente à escola a 60 km/h, pois somente a informação numérica e a unidade de medida não são suficientes. Faz questionamentos sobre as medidas: se eu digo que estou a 2 metros da porta, isso fica claro para vocês? Não podemos ter outras maneiras de observar a minha posição? Se eu digo que eu bebo 2 litros de água por dia, isso está claro para vocês? Precisa-se de mais informações para que fique claro o que eu disse? Em seguida espera os alunos se manifestarem e exporem suas hipóteses.

Caso os alunos apresentem dificuldades em demonstrar que são necessários representar a direção e o sentido dessa grandeza, o professor faz pequenas interferências procurando levar os alunos ao resultado esperado. Em seguida apresenta outras situações para que os alunos se manifestem se são necessárias mais informações ou se está claro apenas com o número e a unidade de medida.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após a realização das atividades, pede-se para as duplas apresentarem suas atividades oralmente para toda a turma. Em seguida, o professor faz a sistematização do conhecimento explicando que as grandezas definidas com apenas um número e uma unidade de medida são denominadas escalares e as grandezas que necessitam de mais informações (módulo, direção e sentido) são denominadas vetoriais.

AVALIAÇÃO:

As atividades realizadas em duplas e a apresentação das mesmas constituirá a avaliação realizada pelo professor, que poderá verificar se os conteúdos foram realmente assimilados.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Atividades e mapas impressos;
- Dados (grandezas físicas) impressos em pequenos bilhetes.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam os dados a serem utilizados em pequenos bilhetes para serem encontrados pelos alunos com auxílio do mapa, assim como três modelos de mapa simples que precisam ser adaptados para cada escola, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Dados a serem utilizados em forma de bilhetes:

Dados:

5 kg de farinha, 100 km/h de velocidade, 20 m de distância, 2 L de refrigerante, 25 °C de temperatura, 10 N de força.

Dados:

1 kg de farinha, 10 km/h de velocidade, 2 m de distância, 3 L de refrigerante, 20 °C de temperatura, 11 N de força.

Dados:

2 kg de farinha, 20 km/h de velocidade, 3 m de distância, 2,5 L de refrigerante, 21 °C de temperatura, 12 N de força.

Dados:

3 kg de farinha, 30 km/h de velocidade, 4 m de distância, 4 L de refrigerante, 22 °C de temperatura, 13 N de força.

Dados:

4 kg de farinha, 40 km/h de velocidade, 5 m de distância, 5 L de refrigerante, 23 °C de temperatura, 14 N de força.

Dados:

6 kg de farinha, 50 km/h de velocidade, 6 m de distância, 6 L de refrigerante, 24 °C de temperatura, 15 N de força.

Dados:

7 kg de farinha, 60 km/h de velocidade, 7 m de distância, 7 L de refrigerante, 26 °C de temperatura, 16 N de força.

Dados:

8 kg de farinha, 70 km/h de velocidade, 8 m de distância, 8 L de refrigerante, 27 °C de temperatura, 17 N de força.

Dados:

9 kg de farinha, 80 km/h de velocidade, 9 m de distância, 9 L de refrigerante, 28 °C de temperatura, 18 N de força.

Dados:

10 kg de farinha, 90 km/h de velocidade, 10 m de distância, 10 L de refrigerante, 29 °C de temperatura, 19 N de força.

Dados:

11 kg de farinha, 110 km/h de velocidade, 11 m de distância, 11 L de refrigerante, 30 °C de temperatura, 20 N de força.

Dados:

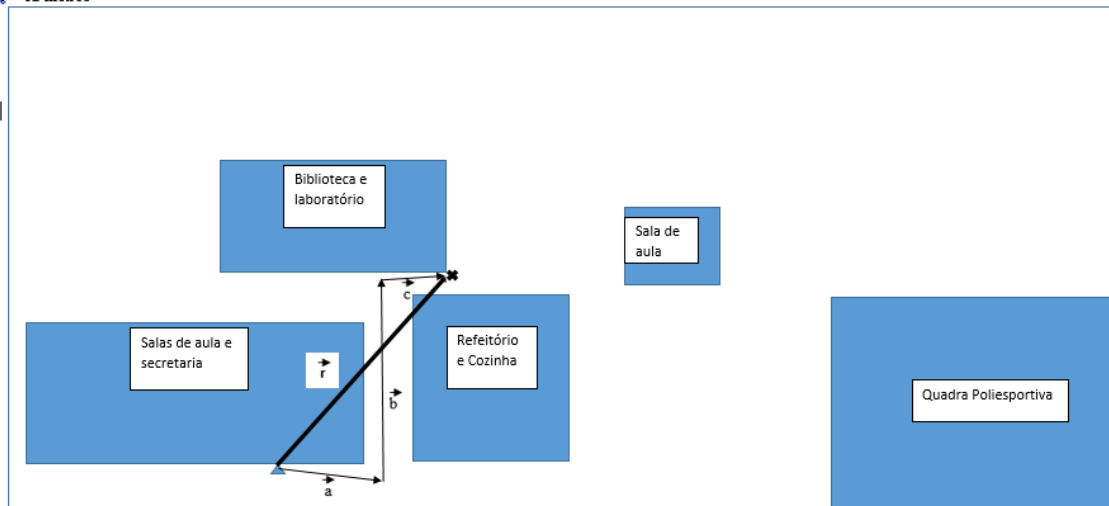
12 kg de farinha, 120 km/h de velocidade, 12 m de distância, 12 L de refrigerante, 31 °C de temperatura, 21 N de força.

Modelos de mapas utilizados em um colégio:

Mapa1

Mapa da escola e localização dos dados

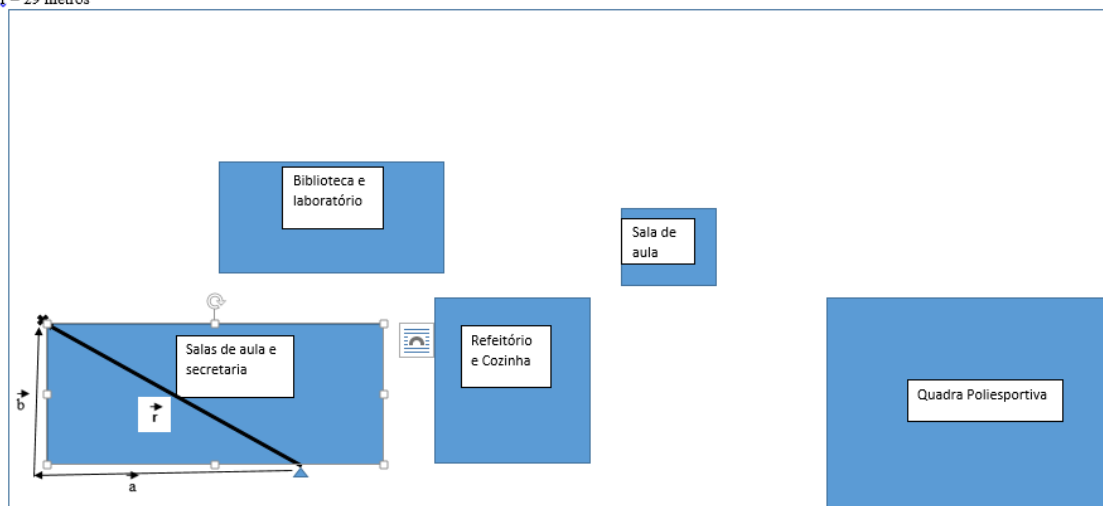
Valores:
 $a = 5$ metros
 $b = 10$ metros
 $c = 3$ metros
 $r = 12$ metros



Mapa2

Mapa da escola e localização dos dados

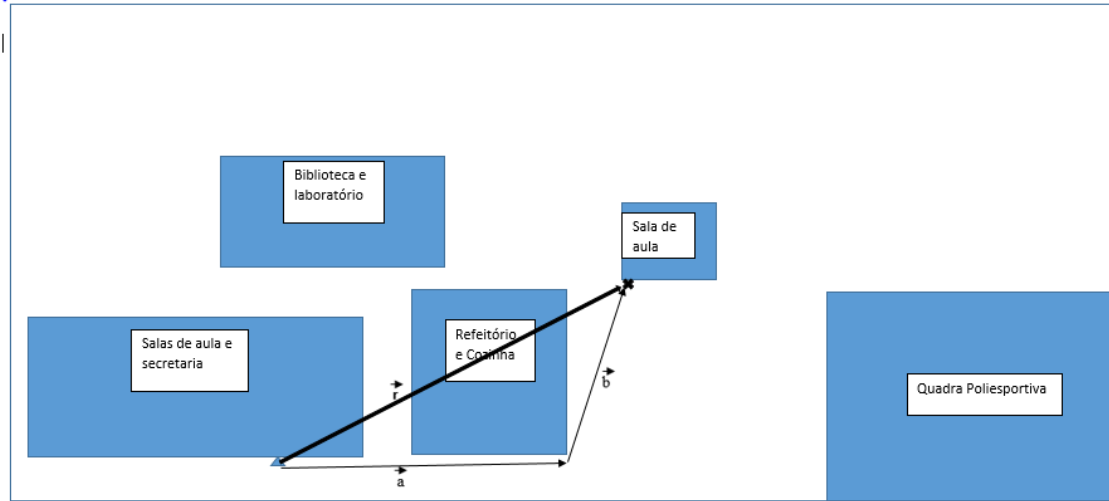
Valores:
 $a = 28$ metros
 $b = 7$ metros
 $r = 29$ metros



Mapa 3

Mapa da escola e localização dos dados

Valores:
 $a = 21$ metros
 $b = 15$ metros
 $r = 32$ metros



Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 7: Grandezas escalares e vetoriais

Atividade A: Utilizando o mapa onde consta a nossa localização (triângulo) e um local da escola (letra x) onde se encontram dados (medidas de grandezas) para resolver a atividade E, tragam esses dados até a sala de aula para poderem ser utilizados.

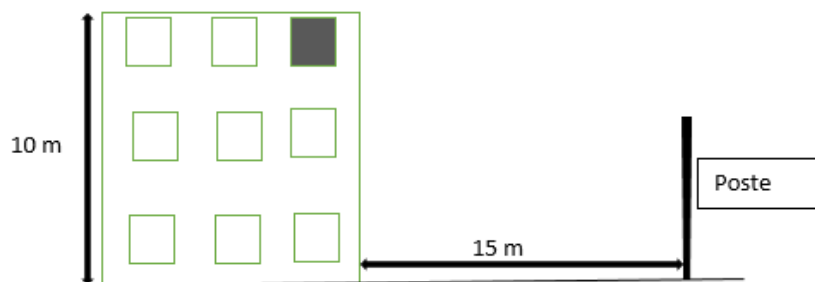
Atividade B: Vocês seriam capazes de encontrar o local dos dados apenas com os valores de distância disponíveis no mapa? Por quê?

Atividade C: O que representam os valores de a e b (e c para alguns) no mapa? E o valor de r, o que representa?

Atividade D: Olhem para a posição do livro na mesa do professor. Como poderíamos dizer para alguém vendado e parado no meio da sala, qual é a posição desse livro?

Atividade E: Separem os valores de medidas que vocês obtiveram na atividade A, em duas colunas, de acordo com a precisão ou imprecisão das informações que eles contêm.

Atividade F: Qual é a posição do apartamento destacado? Como vocês descreveriam para alguém?



Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 7: Grandezas escalares e vetoriais**

Atividade A

Nesta atividade é necessário que o professor coloque antecipadamente os dados em locais representados pelo mapa. Além disso, é necessário avisar a direção e equipe pedagógica do colégio para evitar transtornos. Por fim, estabelecer um tempo para a realização da atividade, para evitar dispersão dos alunos.

Atividade B

Possivelmente não seria possível encontrar os dados sem a orientação das direções e sentidos (e sem a marca do x, é claro). Apenas a informação de distância não fornece dados suficientes para descobrir a posição de algo.

Atividade C

Os valores de a, b e c representam o caminho a ser percorrido até chegar aos dados a serem obtidos. O valor de r representa o deslocamento de um ponto a outro, em linha reta.

Atividade D

É necessário haver um livro sobre a mesa. Para informar a alguém vendado, deveríamos dar informações de localização e quantidades de deslocamento. Por exemplo: ande 3 passos, vire à direita, ande 1 passo, vire à esquerda, erga ou abaixe os braços a uma determinada altura, etc.

Atividade E

Espera-se que os alunos percebam que algumas grandezas são precisas apenas com um número e uma unidade de medida (escalares) e outras necessitam de mais informações, como a direção e o sentido, para ficarem caracterizadas (vetoriais). Tomando um dos dados como exemplo, teríamos 5 kg de farinha, 2 L de refrigerante e 25 °C de temperatura, como precisas ou escalares e 100 km/h de velocidade, 20 m de distância e 10 N de força como imprecisas ou vetoriais.

Atividade F:

Existem várias possibilidades. Uma delas pode ser: localize o poste e olhando para a esquerda, o apartamento fica a 15 m à esquerda do poste, no terceiro andar, o primeiro apartamento da direita.

PLANO DE AULA 8

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Localização, deslocamento e caminho percorrido

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Habilidades:

Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas.

Utilizar os conhecimentos prévios para construir a ideia de vetor posição, vetor deslocamento e coordenadas

OBJETIVOS:

- Entender os conceitos de localização, caminho percorrido e deslocamento.
- Descobrir o processo de determinar as coordenadas de um vetor posição e como calcular o seu módulo.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente, cada dupla recebe um mapa de parte da cidade onde moram e são convidados a analisar este e verificar se conseguem se localizar usando os pontos de referência em destaque. Deixar os alunos se manifestarem sobre os lugares e questionar se são frequentadores de algum local que aparece no mapa.

DESENVOLVIMENTO:

Prosseguindo, cada dupla recebe uma folha de atividades e direcionamento para realizar os procedimentos da aula. Primeiramente, os alunos precisam criar um referencial no mapa, utilizando o plano cartesiano de duas dimensões. Este deve ser livre: cada dupla estabelece o ponto central no local em que quiser do mapa, sendo que em seguida, constroem os eixos x e y , indicando os valores em centímetros.

Em seguida, utilizando o seu referencial, as duplas localizam um hospital, a prefeitura e um supermercado no mapa, indicando os valores das localizações (coordenadas) na forma (x, y) dados em centímetros. Logo em seguida, o professor demonstra que os valores em x e y podem ser representados pelos vetores unitários \hat{i} e \hat{j} , que buscam facilitar o entendimento sobre a direção e sentido dos eixos x e y . Logo após a rápida explicação, os alunos precisam representar as mesmas coordenadas dos mesmos locais nas formas $x\hat{i} + y\hat{j}$.

Como continuação, os alunos devem traçar o vetor posição dos três locais solicitados, partindo da origem (0, 0). Em seguida, precisam traçar um vetor deslocamento de um mercado até a prefeitura e pintar o caminho que eles percorreriam pelas ruas para chegar deste supermercado à prefeitura.

Os alunos, então, precisam ser levados a refletir como conseguiriam representar o deslocamento a partir das coordenadas, ou seja, matematicamente. O professor precisa auxiliar, mas não dar a resposta. Por fim, os alunos determinam o deslocamento, matematicamente e comparam os resultados com os membros de outras duplas que tenham escolhido o mesmo mercado.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se a aula pedindo para os alunos diferenciarem caminho percorrido e deslocamento. Faz-se um resumo sobre localização a partir de vetores unitários e o cálculo de deslocamento entre dois pontos.

AValiação:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Atividades e mapas impressos;
- Réguas para os alunos que não possuem.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam o mapa que pode ser utilizado (neste caso o mapa é uma parte da cidade de Rio Azul, Paraná, obtido através do Google Maps), as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Mapa de uma parte da cidade que pode ser utilizado (escala de 1:10000):



Fonte: Google Maps.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 8: Localização, deslocamento e caminho percorrido

Atividade A: Vocês receberão um mapa de uma parte da cidade. Desenhem no mapa uma régua indicando os centímetros na horizontal e vertical (plano cartesiano). Localizem no mapa os locais solicitados, indicando os valores na horizontal e na vertical em centímetros.

a) Hospital:

b) Prefeitura:

c) Supermercado:

Atividade B: Localizem no mapa os locais solicitados, indicando os valores na horizontal com apoio do vetor unitário \mathbf{i} e na vertical com apoio do vetor unitário \mathbf{j} :

d) Hospital:

e) Prefeitura:

f) Supermercado:

Atividade C: Indiquem as posições dos locais acima solicitados traçando um vetor \mathbf{P}_1 , \mathbf{P}_2 e \mathbf{P}_3 que vocês deverão traçar a partir da origem (ponto 0,0).

Atividade D: Imaginem que vocês precisam ir do supermercado até a prefeitura. Desenhem no mapa apenas um vetor \mathbf{d} que representa esse deslocamento.

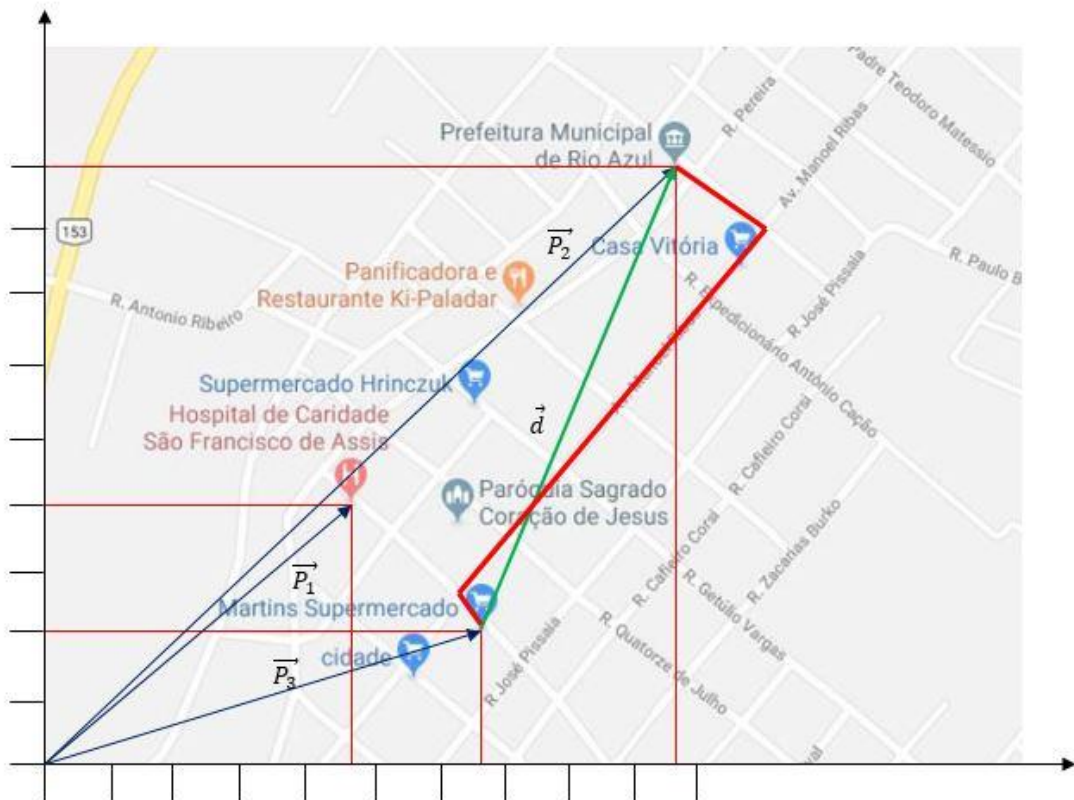
Atividade E: Agora, desenhem no mapa quais ruas vocês utilizariam para fazer a trajetória sugerida na atividade D. Utilizem lápis de cor para destacar o caminho a ser percorrido.

Atividade F: Como poderíamos representar matematicamente a atividade D? Será que vocês conseguem determinar o deslocamento entre esses dois pontos? Façam suas anotações de como seria e compare com as respostas dos colegas.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 8: Localização, deslocamento e caminho percorrido

Existem várias maneiras de se estabelecer as coordenadas e o plano cartesiano. Uma das maneiras possíveis é apresentada aqui, mas não precisa ser assim exatamente. Cada dupla deve ter autonomia na hora de executar a tarefa.



Atividade A

- a) 4,7 cm na horizontal e 4 cm na vertical.
- b) 9,6 cm na horizontal e 9 cm na vertical.
- c) 6,6 cm na horizontal e 2 cm na vertical.

Atividade B

- a) $4,7\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$.
- b) $9,6\mathbf{i} + 9\mathbf{j}$.
- c) $6,6\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$.

Atividade C

São as setas azuis representadas no mapa.

Atividade D

A seta verde no mapa.

Atividade E

Uma das possibilidades é a linha vermelha no mapa.

Atividade F

Para descobrirmos o deslocamento, fazemos a diferença entre a posição final e a inicial, ou seja, utilizamos as coordenadas da prefeitura menos as coordenadas do supermercado:

$$\mathbf{d} = \mathbf{P}_3 - \mathbf{P}_2$$

$$\mathbf{d} = (6,6\mathbf{i} + 2\mathbf{j}) - (9,6\mathbf{i} + 9\mathbf{j})$$

$$\mathbf{d} = (-3\mathbf{i} - 7\mathbf{j})$$

Em seguida, determinamos o módulo do vetor deslocamento:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$R = \sqrt{3^2 + 7^2}$$

$$R = \sqrt{58}$$

$$R = 7,61 \text{ cm}$$

Como, no mapa, cada centímetro equivale a 100 metros, temos que a distância entre esses dois pontos é de 761 metros. Indiferentemente de como cada dupla elaborou seu plano de coordenadas, a resposta será a mesma ou muito próxima.

PLANO DE AULA 9

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Componentes retangulares de um vetor e operações com vetores

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Desenvolver o processo de resolução de operações matemáticas, operações com vetores e interpretar os resultados obtidos.

Utilizar vetores para representar grandezas físicas vetoriais e interpretar sua importância.

OBJETIVOS:

- Determinar o módulo de um vetor, teoricamente, e comprovar a sua validade na prática.
- Determinar o deslocamento entre dois pontos, teoricamente, e comprovar a sua validade na prática.
- Entender como determinar as coordenadas retangulares de um vetor.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente os alunos são levados para a quadra poliesportiva da escola ou em outro local amplo onde possam ser realizadas as atividades propostas. Cada dupla recebe uma folha de atividades para direcionamento e registro.

DESENVOLVIMENTO:

Utilizando as linhas da quadra de voleibol (ou qualquer outra existente) como referencial, os alunos precisam determinar as coordenadas de um ponto que é marcado em qualquer local dentro deste referencial. É aconselhável utilizar distâncias menores de 10 metros para facilitar e agilizar a atividade.

Primeiro, os alunos precisam determinar a origem das coordenadas e determinar os eixos x e y . Depois, marcam nos eixos x e y os valores em metros, utilizando trenas e giz. A partir deste momento, os alunos utilizam o referencial e as trenas para determinar as coordenadas do ponto marcado, na forma $x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$, desenham o vetor posição para este ponto, fazem sua medição com a trena e determinam seu módulo, matematicamente, a partir de suas coordenadas, comparando os resultados da medida direta e do cálculo realizado.

Em seguida, os alunos localizam neste referencial um ponto com as coordenadas $4\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$, desenham o vetor posição, fazem sua medição com a trena e determinam seu módulo, matematicamente, a partir de suas coordenadas, comparando os resultados da medida direta e do cálculo realizado.

Tendo dois vetores posição no referencial, os alunos determinam o deslocamento entre os dois pontos, matematicamente, utilizando as coordenadas. Depois fazem a medida direta, com a trena, e comparam os resultados.

Logo após, os alunos são instigados a pensar e discutir entre si, como eles poderiam determinar as coordenadas de um vetor a partir de seu módulo e de um ângulo com o eixo x do referencial. Utilizando um transferidor, os alunos medem os ângulos dos vetores desenhados com o eixo x do referencial e o professor explica como as coordenadas retangulares de um vetor podem ser determinadas.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor finaliza a aula fazendo uma retomada do conteúdo, demonstrando que a matemática auxilia no estudo da Física e seus resultados podem ser comprovados na prática.

AVALIAÇÃO:

Serão avaliados os registros das atividades propostas e a participação durante a realização das atividades.

RECURSOS FÍSICOS

- Atividades impressas;
- 2 a 5 trenas ou fitas métricas;
- Giz;
- Transferidor.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GREF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 9: Componentes retangulares de um vetor e operações com vetores

Atividade A: Foi marcado um ponto na quadra e adotado um referencial a partir das linhas da quadra de voleibol. Utilizando trenas e o referencial, determine as coordenadas (em metros) desse vetor utilizando os vetores unitários \mathbf{i} e \mathbf{j} .

Atividade B: Alguns alunos vão desenhar no chão o vetor posição do ponto em questão e fazer sua medição. Vocês conseguem determinar, matematicamente, o módulo (valor) desse vetor utilizando as coordenadas da atividade A? Tentem. Depois comparem o resultado da medição com o resultado do cálculo realizado.

Atividade C: Agora tomem as coordenadas dadas em metros de um ponto da quadra: $4\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$. Qual o valor do módulo desse vetor posição? Façam as medições e o cálculo, verificando se o cálculo corresponde à medida real.

Atividade D: Calculem o deslocamento entre os dois pontos representados na quadra, utilizando a matemática que já aprendemos para isso, e confirmem a resposta através da medição direta.

Atividade E: Existe uma maneira de determinar as componentes (ou coordenadas) de um vetor a partir de seu módulo e do ângulo deste vetor com o eixo x , utilizando regras matemáticas. Como vocês acham que isto pode ser feito? Meçam os ângulos dos vetores desenhados e acompanhem as explicações. Determinem as coordenadas dos vetores posição das atividades B e C, a partir dessas regras.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 9: Componentes retangulares de um vetor e operações com vetores

Atividade A

Depende do local onde foi marcado o ponto. A atividade corresponde à prática da atividade B da tarefa 8, para a comprovação dos resultados. Por isso é similar.

Atividade B

Os alunos desenham o vetor posição no chão e medem com a trena. Os demais fazem o cálculo do módulo (tamanho) do vetor utilizando a equação:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Os resultados obtidos devem ser iguais. Essa atividade é similar às atividades C e F da tarefa 8.

Atividade C

Os alunos calculam o módulo:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2}$$

$$R = \sqrt{25}$$

$$R = 5 \text{ metros}$$

Os alunos desenham o vetor no chão com as coordenadas e devem encontrar esse valor do módulo (tamanho) do vetor.

Atividade D

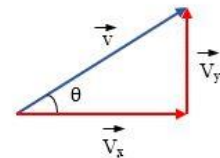
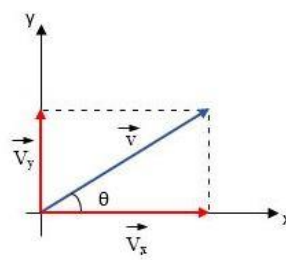
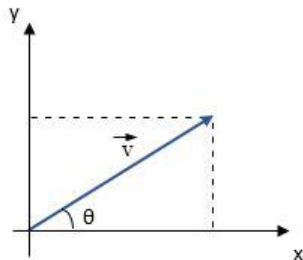
Essa atividade é similar à atividade F da tarefa 8. Traça-se o vetor deslocamento entre os dois pontos e, utilizando-se das coordenadas, calcula-se o módulo do deslocamento:

$$\mathbf{d} = \mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1$$

Medindo-se o vetor deslocamento, este deve ter o mesmo valor obtido na resolução matemática.

Atividade E

Devemos determinar as componentes do vetor a partir do módulo. Então, fazemos:



$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \theta = \frac{V_y}{V}$$

$$V_y = V \text{ sen } \theta$$

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{cos } \theta = \frac{V_x}{V}$$

$$V_x = V \text{ cos } \theta$$

Em seguida, utilizamos os valores dos ângulos e dos módulos dos vetores e determinamos suas componentes, que devem ser iguais aos resultados já obtidos na atividade A e os valores de 4 e 3 para o vetor da atividade C.

PLANO DE AULA 10**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Operações com vetores

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Desenvolver o processo de resolução de operações matemáticas, operações com vetores e interpretar os resultados obtidos.

Utilizar vetores para representar grandezas físicas vetoriais e interpretar sua importância.

OBJETIVOS:

- Visualizar, em situações da vida real, como as operações com vetores estão presentes.
- Realizar operações com vetores e interpretar seus resultados.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente é feita a apresentação de um vídeo de pousos de aviões. Pede-se aos alunos para observarem atentamente para os detalhes.

DESENVOLVIMENTO:

Discute-se com os alunos o porquê das dificuldades encontradas pelos aviões para os pousos realizados. O que acontece nas imagens? Por que o avião não está alinhado com a pista? Existem outras situações em nosso cotidiano que percebemos um movimento parecido com os vistos no vídeo?

Em seguida, são entregues as folhas de atividades para os alunos realizarem os registros das discussões. É feita a explicação no quadro negro, de como realizamos a adição e a subtração de vetores, matematicamente e graficamente. Também se explica como é feito o produto de um escalar por um vetor. Demonstra-se as equações e as representações geométricas de cada caso, utilizando-se vários exemplos.

São distribuídas folhas de papel milimetrado, para que cada aluno resolva atividades de operações com vetores (graficamente e matematicamente), propostas na folha de atividades.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor finaliza a aula fazendo uma retomada do conteúdo e retornando à situação do vídeo para demonstrar as operações com vetores naqueles casos.

AValiação:

Serão consideradas a participação na aula e a resolução das atividades propostas, assim como a correção das atividades realizadas em papel milimetrado.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Projetor multimídia;
- Papel milimetrado;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HELPS, Ju. Pousos inacreditáveis/vento de través. 2018. (7m16s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nu2CTdsS3t8>>. Acesso em: 28 de fev. 2018.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam o link do vídeo a ser apresentado, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Link do vídeo a ser apresentado:

<https://www.youtube.com/watch?v=nu2CTdsS3t8>

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 10: Operações com vetores

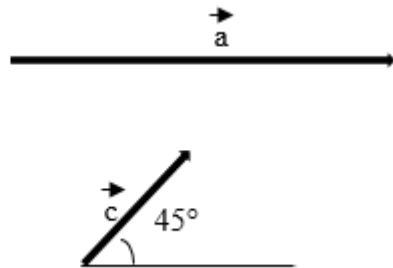
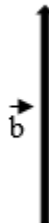
Atividade A: Após assistir ao vídeo com pouso de aviões, responda:

- a) O que de diferente vocês perceberam nas imagens apresentadas?
- b) Por que os aviões não ficam alinhados com a pista de pouso?

Atividade B: Vocês poderiam dar exemplos de outras situações em que percebemos a soma vetorial como no caso dos pousos de aviões?

Atividade C: Resolvam as seguintes operações com vetores utilizando o papel milimetrado, representando matematicamente e geometricamente cada situação. Não se esqueçam de conferir se os resultados dos cálculos correspondem ao verdadeiro valor do vetor resultante (utilize uma régua e meça o vetor resultante).

- a) $\mathbf{R} = \mathbf{a} + \mathbf{b}$
 b) $\mathbf{R} = \mathbf{a} + \mathbf{c}$
 c) $\mathbf{R} = \mathbf{b} - \mathbf{a}$
 d) $\mathbf{R} = \mathbf{b} + 2\mathbf{c}$
 e) $\mathbf{R} = 3\mathbf{c} - \mathbf{b}$



Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 10: Operações com vetores

Atividade A

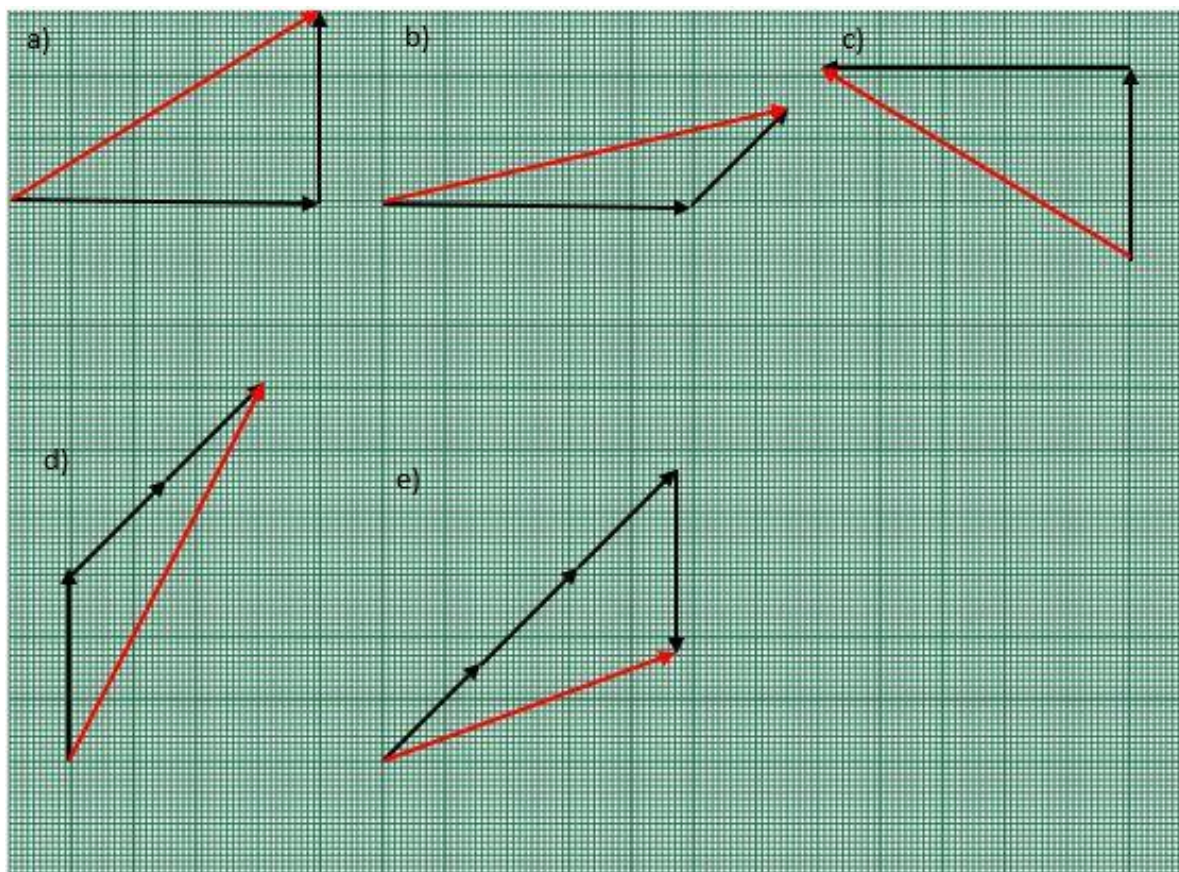
- A percepção principal é a de que existe muito vento e a dificuldade do avião em aterrissar alinhado com a pista, tendo que fazer um movimento lateral.
- Os aviões não ficam alinhados porque precisam compensar a velocidade do vento transversal e, por isso, acabam fazendo um movimento com um determinado ângulo com o vento para que a soma das velocidades resulte em uma velocidade que faça o avião chegar até a pista corretamente.

Atividade B

No movimento de um barco ao atravessar, subir ou descer um rio, o movimento de uma bola no ar estando ventando, qualquer movimento composto por dois tipos de movimentos (um do objeto e outro do referencial).

Atividade C

Abaixo uma representação das respostas da atividade. (Papel milimetrado de 1 cm x 1cm. Vetores com módulos: $a = 5$ cm; $b = 3$ cm e $c = 2$ cm).



Fonte: o autor.

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{5^2 + 3^2 + 2 \cdot 5 \cdot 3 \cos 90^\circ}$$

a)

$$R = 5,83 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{5^2 + 2^2 + 2 \cdot 5 \cdot 2 \cos 45^\circ}$$

b)

$$R = 6,56 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{5^2 + 3^2 + 2 \cdot 5 \cdot 3 \cos 90^\circ}$$

c)

$$R = 5,83 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{3^2 + 4^2 + 2 \cdot 3 \cdot 4 \cos 315^\circ}$$

d)

$$R = 6,48 \text{ cm}$$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{6^2 + 3^2 + 2 \cdot 6 \cdot 3 \cos 225^\circ}$$

e)

$$R = 4,42 \text{ cm}$$

PLANO DE AULA 11**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Medida indireta de distâncias: o teodolito

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Habilidades:

Desenvolver o processo de resolução de operações matemáticas, operações com vetores e interpretar os resultados obtidos.

Utilizar os conhecimentos adquiridos para manipular um teodolito simplificado e fazer medidas indiretas de distância.

OBJETIVOS:

- Realizar medidas indiretas de distância utilizando um teodolito simplificado elaborado pelo professor.
- Utilizar os conhecimentos de Física adquiridos previamente, de maneira prática.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Os alunos são levados até o refeitório do colégio (ou outro local apropriado para a realização das atividades) e fazem grupos de 4 ou 6 componentes cada (depende do número de alunos e do número de teodolitos feitos pelo professor). Cada grupo recebe uma folha de papel sulfite, uma folha de direcionamento e registro das atividades, transferidores, uma trena e um teodolito simplificado previamente elaborado. Explica-se como operar e realizar medições com este teodolito.

DESENVOLVIMENTO:

Utilizando fita crepe, o professor marca pontos na parede do refeitório e pede para que os alunos realizem a medida da distância das mesas do refeitório aos pontos na parede. Cada equipe realiza a medida da distância de um determinado ponto utilizando o teodolito e os cálculos necessários, que deverão ficar registrados na folha de papel sulfite.

Em seguida, pede para que os alunos realizem a medida direta do ponto onde o teodolito se encontra até o ponto fixado na parede e determinem o erro percentual, registrando em sua folha. O professor auxilia todo o processo evitando dispersão.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor finaliza a aula pedindo para que cada equipe exponha os resultados obtidos e o erro percentual. Então questiona os alunos: ao que se deve o erro obtido? Há alguma relação entre a distância a ser medida e esse erro? Caso não haja discussões, o professor pede para que os alunos pensem e respondam na próxima aula.

AVALIAÇÃO:

Os registros da prática realizada serão entregues ao professor que avaliará como cada equipe desenvolveu o trabalho. Além disso, será avaliada a participação das equipes nas atividades propostas.

RECURSOS FÍSICOS

- Teodolitos simplificados construídos pelo professor;
- Papel sulfite;
- Atividades impressas;
- Trens;
- Fita crepe;
- Transferidores.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as instruções para construção do teodolito simplificado, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Instruções para construção do teodolito simplificado:

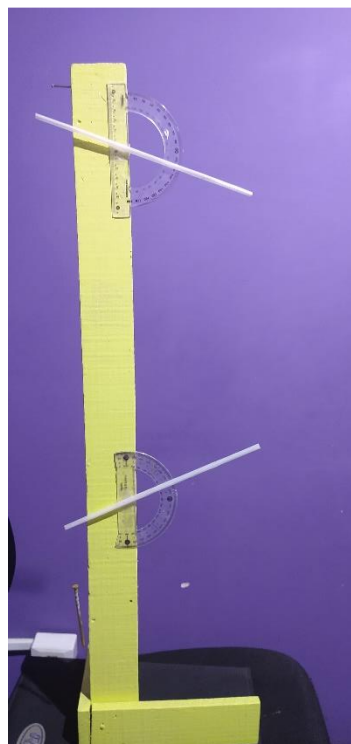
Para construir o teodolito precisamos dos seguintes materiais:

- Uma régua de madeira de 50 cm ou uma ripa;
- Dois transferidores;
- Dois canudos de refresco;
- Um peso para fazer o fio de prumo (pode ser um prego ou um chumbo de pesca);
- Linha de costura ou de anzol;
- Percevejos;
- Alfinetes;
- Cola quente;
- Ponteiro laser (opcional).

Os transferidores precisam ser fixados na régua com o auxílio de percevejos ou cola quente. Os canudos devem ser presos aos centros dos transferidores com o auxílio de alfinetes, de maneira que possam girar sem folga. Utilizar um percevejo e prender uma pequena linha de prumo com um peso na ponta, para garantir que o teodolito estará na posição vertical, quando for realizada a medida.

Para utilizar, mantemos a régua na vertical com o auxílio do prumo e visualizamos através dos canudos um determinado ponto. Caso a visualização seja difícil, pode ser utilizado um ponteiro laser para medir o ângulo entre o canudo e o ponto na parede. Medimos os ângulos formados pelos canudos e através de trigonometria básica, determinamos a distância indiretamente até o ponto visualizado. Caso existam dificuldades matemáticas, podem ser realizados os desenhos das medições e ângulos proporcionais em folha (em centímetros) e feita a medição direta com a régua e posterior conversão de unidades.

Teodolito Simplificado



Fonte: o autor.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 11: Medida indireta de distâncias: o teodolito

Atividade A: Após as explicações sobre o funcionamento do teodolito simplificado, utilize-o para fazer a medida de distância solicitada pelo professor. Deixe anotado aqui todos os procedimentos que vocês realizaram assim como os cálculos realizados.

Atividade B: Façam a medida direta da distância que vocês mediram com o teodolito, agora utilizando uma trena. Anotem o resultado e calculem o erro percentual de medida utilizando a relação:

$$\text{Erro} = \left| \frac{V_t - V_e}{V_t} \right| \cdot 100$$

onde V_t é o valor medido com a trena e V_e é o valor experimental medido com o teodolito.

Atividade C: A que se deve o erro obtido? Há alguma relação entre a distância a ser medida e esse erro? Expliquem.

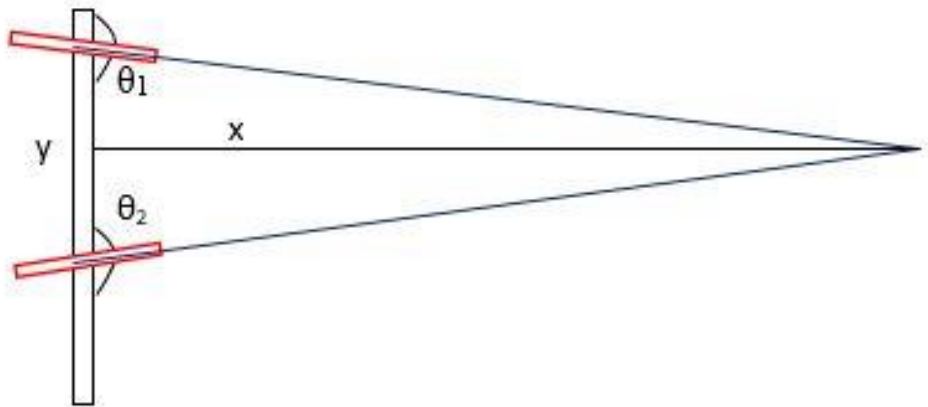
Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 11: Medida indireta de distâncias: o teodolito

Atividade A

Olhando-se pelos canudos, identifica-se o ponto a ser medido e estes darão o valor dos ângulos. A distância entre o teodolito e o ponto a ser medido é x , a distância entre os transferidores é y e os ângulos θ_1 e θ_2 são aqueles produzidos pelo raio de luz que vem do ponto a ser medido, atravessa os canudos e atinge o olho do observador.

Existem inúmeras maneiras de se obter o valor da distância x . Apresentamos duas.



A maneira mais fácil, é fazer com que um dos ângulos seja 90° , erguendo ou abaixando o aparato. Assim, aplicando-se a tangente, obtemos o valor de x . Por exemplo, digamos que θ_2 seja 90° . Observamos o ângulo θ_1 e fazemos:

$$\tan \theta_1 = \frac{x}{y}$$

Outra maneira é fazer um desenho proporcional, utilizando-se transferidor e os ângulos obtidos. O valor obtido no desenho é proporcional ao tamanho real. Numa escala em centímetros, se a medida de x feita com a régua no desenho for 3,4 centímetros, temos 3,4 metros no real.

Atividade B

Utilizando a relação:

$$\text{Erro} = \left| \frac{V_t - V_e}{V_t} \right| \cdot 100$$

obtemos o percentual do erro da medida, que ajuda a entender as dificuldades da medição em Física.

Atividade C

O aparato é simples e exige um olhar muito atento pelos canudos. Se o canudo for largo, os erros podem ser maiores. Se a distância for muito grande, o erro também será grande pois

permite a observação de uma área maior através do canudo que faz com que qualquer desvio resulte em uma mudança de ângulo.

Uma maneira mais prática seria utilizando um ponteiro laser para atingir o ponto e verificar-se o ângulo. A luz do laser pode ir por dentro dos canudos ou substituir os próprios canudos.

PLANO DE AULA 12

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Habilidades:

Identificar movimentos e suas propriedades num determinado instante ou em determinado intervalo de tempo.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Analisar os conceitos básicos para iniciar o estudo dos movimentos, como o referencial.
- Diferenciar ponto material de corpo extenso.
- Identificar e utilizar os conceitos de trajetória e referencial para o estudo do movimento.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente são feitos questionamentos aos alunos: o que é movimento? Como podemos saber se algo está em movimento ou repouso? Em seguida aguarda que os alunos se manifestem. Em seguida, são apresentadas uma série de imagens para análise dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

Durante toda a apresentação das imagens, os alunos serão instigados a discutir e participar ativamente apresentando suas ideias sobre as imagens, procurando criar os conceitos.

Em seguida, são distribuídas as atividades de direcionamento e registro para que as duplas possam fazer suas anotações sobre os conceitos de corpo extenso, ponto material, trajetória e referencial. É importante que ocorram muitas discussões entre as duplas para se chegar aos resultados esperados.

Após o registro das atividades, os alunos fazem imagens de movimentos de objetos (bolas sendo lançadas, pedras em queda, etc.) ou pessoas em diferentes posições (referenciais) utilizando as câmeras de seus celulares. O importante é que a câmera fique parada ou fixa, não acompanhando o movimento. Em outras situações, a câmera pode mostrar a “visão” do objeto em movimento. Podem ser realizadas filmagens em diversas partes da escola, deixando os alunos livres para produzirem.

Uma dupla deverá ser escolhida para realizar uma atividade em especial: faz-se um “X” em uma cartolina branca e procede-se a filmagem da cartolina se aproximando e afastando da câmera e, em seguida, da câmera se aproximando e afastando da cartolina. Para fazer esta filmagem, nada além da cartolina com o “X” deve aparecer, mostrando que não é possível identificar o que está em movimento: a câmera ou o “X”.

Por fim, os vídeos são transferidos para um computador e apresentados para toda a turma em projetor multimídia. Os movimentos devem ser analisados levando em consideração as diferentes trajetórias e referenciais, mostrando que o movimento depende do referencial adotado e a trajetória pode ser diferente quando observada em diferentes referenciais.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Os alunos apresentam as suas conclusões sobre os estudos das imagens e dos vídeos em forma de plenária, sendo que, ao final, o professor sintetiza todos os conceitos estudados durante as duas aulas.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas de discussão e participação durante as solicitações.

RECURSOS FÍSICOS

- Computador e projetor multimídia;
- Atividades impressas;
- Celulares e respectivos cabos (dos alunos e professor);
- Cartolina.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

É interessante solicitar, com antecedência, que os alunos tragam seus celulares e cabos para transferência dos vídeos.

Sobre os slides ver item 4 deste produto educacional. Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 12: Ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial

Atividade A: Observando as imagens que representam ponto material, corpo extenso e trajetórias, vocês conseguem definir o que são esses conceitos para a Física? Tentem.

a) Ponto material:

b) Corpo extenso:

c) Trajetórias:

Atividade B: Podemos saber se os objetos das imagens apresentadas estão em movimento ou em repouso? Expliquem.

Atividade C: Como podemos saber se um corpo está em repouso ou em movimento? Expliquem utilizando exemplos para facilitar.

Atividade D: Utilizando a câmera de seus celulares, reúnam-se em equipes de 4 pessoas e façam filmagens de movimentos observados de várias perspectivas. Se necessitarem de ajuda, solicitem ao professor.

Atividade E: Analisem os vídeos produzidos por vocês e pelos seus colegas e escrevam o que vocês perceberam sobre o movimento e o referencial adotado na observação deste. Coloquem todas as observações pertinentes para discussão posterior com seus colegas da turma.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 12: Ponto material, corpo extenso, trajetórias e referencial**

Atividade A

- a) A expressão ponto material é utilizada para representar um corpo cujas dimensões podem ser consideradas desprezíveis em relação ao local e às dimensões em que todo o processo do movimento ocorre.
- b) Corpo extenso é um corpo cujas dimensões não podem ser desprezadas em relação ao local em que o fenômeno ou movimento é estudado e analisado.
- c) A trajetória representa as várias posições de um corpo em movimento em relação a um referencial e o seu caminho percorrido.

Atividade B

É muito difícil afirmar apenas com uma imagem se um objeto está em repouso ou em movimento. Para isso, deveríamos analisar se o corpo se aproxima ou se afasta de um ponto de referência. Nas imagens em que aparecem as trajetórias descritas pelas várias posições de um corpo, poderíamos afirmar que houve movimento até o instante em que a fotografia foi tirada.

Atividade C

Para que um corpo seja considerado como algo em movimento, precisamos ter um referencial, um ponto de referência para observarmos. Se o corpo se aproximar ou se afastar deste ponto, podemos afirmar que este encontra-se em movimento. Como exemplo, podemos imaginar a situação onde olhamos para um poste ao lado da rua e um carro se afasta deste poste num determinado intervalo de tempo.

Atividade D

Incentivar os alunos para fazerem filmagens de diversas perspectivas de um mesmo movimento, como por exemplo: dois alunos ficam lançando uma bola para outro e, enquanto isso, alguém filma de lado, outro filma atrás de um dos componentes e, por fim, pode-se passar o celular fazendo a trajetória da bola, como se este fosse a bola sendo lançada. Em outra situação, uma pessoa pode andar com um celular na sua testa e outro em sua nuca, mostrando os dois pontos de vista de um mesmo movimento. Por fim, uma dupla realiza a filmagem descrita neste plano, onde se aproxima e se afasta a câmera de um “X” escrito em uma cartolina, sem mostrar outras partes do local, somente a cartolina com o “X”.

Atividade E

O importante aqui é que os alunos percebam que pessoas diferentes percebem a trajetória de maneira diferente dependendo de sua posição e de seu referencial adotado. Mostrar nos vídeos que as trajetórias descritas são diferentes apesar de serem filmados ao mesmo tempo e o mesmo evento. Na questão da filmagem do “X”, demonstrar que é impossível perceber se foi a câmera ou a cartolina que estava em movimento, pois não existem pontos fixos para se identificar tal situação. Trabalhar aqui uma introdução da ideia de referencial inercial e do movimento relativo.

PLANO DE AULA 13**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: A relatividade do movimento e referencial inercial.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Habilidades:

Identificar referenciais inerciais e reconhecer que o movimento é relativo e depende do referencial.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Diferenciar referencial inercial de não inercial.
- Concluir que o movimento é relativo pois depende do referencial em que o corpo se encontra.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente os alunos são levados à quadra poliesportiva da escola ou qualquer outro ambiente em que possam ser realizadas as atividades. Os alunos são questionados sobre o movimento: quando estamos em movimento dentro de um carro, um ônibus ou até mesmo em um avião, conseguimos beber água usando um copo? Nesses casos estamos em repouso ou em movimento? Deixar os alunos se manifestarem.

DESENVOLVIMENTO:

Alunos que sabem andar de skate realizam as atividades em pé e alunos que não sabem andar de skate realizam as atividades sentados.

Um componente de cada dupla se posiciona na linha central da quadra ou em outro local determinado, e faz o lançamento de uma bola de basquete, procurando fazer este lançamento na horizontal. O outro componente faz a marcação, com giz, no local onde a bola tocou o chão na primeira vez. Em seguida, é feito o mesmo procedimento sobre um skate em movimento: ao chegar na linha central, a bola é lançada na horizontal e o colega marca o local onde a bola tocou o chão. Finalmente, o procedimento é repetido com os alunos em movimento no skate, mas em sentido contrário ao lançamento, ou seja, o skate deve vir em movimento sobre as marcas já realizadas, com o aluno de costas para o movimento e lançando a bola para as marcas ao chegar na linha central da quadra.

Após a realização das atividades, os alunos devem observar as marcas no chão e, se acharem necessário, fazer medidas utilizando trenas, e discutirem o motivo das marcas ocuparem locais diferentes em cada lançamento.

Pede-se para que um dos componentes da dupla lance a bola de basquete para cima e pegue novamente repetindo várias vezes o procedimento. Depois faz o mesmo processo andando e em cima do skate em movimento (movimento o mais uniforme possível). Repete-se os procedimentos que foram feitos com a bola, mas agora passando água de um copo para outro: parado, andando e sobre o skate em movimento. Então questiona-se os alunos: como é possível jogar e pegar uma bola estando em movimento? Por que a bola não fica para trás? Por que a água não derrama quando passamos de um copo para outro em movimento? Deixar os alunos manifestarem suas opiniões.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor reúne os alunos no centro da quadra e pede para que façam suas deduções em forma de plenária. Em seguida, fala sobre a relatividade do movimento e sobre referenciais inerciais e não inerciais, utilizando exemplos utilizados na aula e dando exemplos do movimento dentro de um ônibus.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas, de discussão e participação durante as solicitações do professor.

RECURSOS FÍSICOS

- Trens;
- Giz;
- Bola de basquete;
- Skate;
- 2 copos com água.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 13: A relatividade do movimento e referencial inercial.

(Observação: quem sabe andar de skate realiza as atividades em pé).

Atividade A: Na quadra poliesportiva, um dos membros da dupla senta no chão na linha central e lança uma bola de basquete com o máximo de força possível, na horizontal, enquanto o outro marca o local onde a bola tocou o chão na primeira vez. Se acharem necessário, façam a medida da distância usando uma trena. Façam anotações que considerem necessárias.

Atividade B: Agora a mesma pessoa que lançou a bola sentada no chão, senta no skate e é movimentada com auxílio dos colegas. Ao chegar na linha central da quadra, lança a bola para frente. O colega registra o local onde a bola toca o chão. Façam as anotações necessárias.

Atividade C: Agora, utilizando o skate, joguem a bola em sentido contrário ao movimento, repetindo várias vezes com diferentes velocidades. Façam suas anotações.

Atividade D: Joguem uma bola de basquete para cima e peguem novamente, repetindo o processo. Repitam o procedimento andando. Repitam novamente o procedimento utilizando o skate, com os colegas empurrando. Se preciso for, façam a filmagem dos movimentos para facilitar a análise e interpretação. Façam suas anotações.

Atividade E: Utilizando um copo com água, transfira seu conteúdo para outro copo, ficando parado. Repita o procedimento andando. Repita o procedimento sentado no skate e empurrado pelos seus colegas. (Tentem manter uma velocidade constante, sem movimentos bruscos). Façam as anotações de suas observações.

Atividade F: Discutam os resultados obtidos e as situações realizadas, procurando responder aos questionamentos: o que acontece com o movimento da bola nas várias situações? O que percebemos de diferente? Conseguimos transferir a água de um copo para outro em movimento? O que acontece com a bola lançada em sentido contrário ao movimento?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 13: A relatividade do movimento e referencial inercial**

Atividade A

Podem ser marcadas as posições onde a bola toca o chão pela primeira vez. Aqui é somente para identificar onde a bola chega com um impulso de alguém em repouso em relação ao chão.

Atividade B

Ao lançar a bola estando em movimento no mesmo sentido do lançamento, esta irá atingir uma distância maior do que marcada na atividade A. Marca-se, então, a posição onde a bola toca o chão pela primeira vez, para se comparar com a posição da atividade anterior.

Atividade C

Ao lançar a bola estando em sentido contrário ao movimento, esta irá atingir uma distância menor do que marcada nas atividades anteriores. Marca-se a posição onde a bola toca o chão pela primeira vez, para fazer as comparações necessárias.

Atividade D

Nesta atividade o importante é notar que a trajetória da bola muda conforme o lançador entra em movimento. Parado, a bola faz uma trajetória vertical; andando a trajetória é um pouco oblíqua; em movimento sobre o skate a trajetória é bastante oblíqua.

Atividade E

Aqui a intenção é fazer com que os alunos percebam que o fenômeno de transferir água de um copo a outro ocorre de maneira igual, estando parado ou em movimento uniforme (pelo menos uma tentativa disso). Pode-se fazer com que o skate seja acelerado e pedir para o aluno fazer o procedimento: possivelmente a água cairá, demonstrando que os fenômenos em referenciais acelerados são diferentes dos observados em referenciais em movimento uniforme.

Atividade F

Após as discussões nas duplas, espera-se que os alunos percebam a composição e soma vetorial de velocidades: no momento em que a bola é lançada no mesmo sentido do movimento, a velocidade do skate soma-se à velocidade da bola e, por isso, atinge uma distância maior do que aquela em que o skate estava parado; no lançamento em sentido contrário ao movimento, a velocidade da bola é diminuída pela velocidade do skate e, portanto, atinge uma distância menor. No caso da transferência de água de um copo a outro, espera-se que os alunos percebam a diferença entre referenciais em movimento uniforme ou repouso (referenciais inerciais) e referenciais acelerados (não inerciais).

PLANO DE AULA 14**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Posição escalar, velocidade escalar média e velocidade vetorial média

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Habilidades:

Determinar a velocidade escalar média através da análise de um corpo em movimento.

Determinar a velocidade vetorial média através da análise de um corpo em movimento.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar, na prática, os conceitos de velocidade escalar e vetorial média, assim como interpretar o conceito de velocidade instantânea.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para determinar as velocidades escalar média e vetorial.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente faz-se o seguinte questionamento aos alunos: como podemos determinar a rapidez com que um corpo se movimenta? (Lembrando que já realizamos esse tipo de atividade em outras aulas). Qual a unidade de medida que utilizamos para medir velocidade? Existem outras que vocês conhecem?

Aguarda-se a manifestação dos alunos sobre os questionamentos. São entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

Utilizando o quadro negro, com o auxílio dos colegas, um dos alunos é convidado a escrever as unidades de medida de velocidade e, utilizando estas, descrevem juntos a equação matemática da velocidade escalar média.

Logo após, o professor lembra aos alunos que a velocidade é uma grandeza vetorial e por isso necessita de uma intensidade, uma direção e um sentido para ficar determinada. Apresenta em seguida a formulação matemática que descreve a velocidade vetorial média, dando exemplos. Finaliza-se esta etapa, com a discussão de como converter km/h para m/s e vice-versa, através de direcionamento para que os alunos possam chegar à conclusão por eles

mesmos. Por exemplo: uma velocidade de 1 km/h significa que um corpo se desloca 1km de distância em 1 hora. Se convertermos a medida de distância para metros e a medida de tempo para segundos, teremos $1\ 000\text{ m}/3\ 600\text{ s}$, ou seja, é só dividir os valores que encontramos a sua transformação.

Para continuar as atividades, todos se dirigem para a quadra poliesportiva ou outro local da escola onde as atividades possam ser realizadas. Pede-se para formarem equipes de 6 a 8 integrantes e distribui-se um cronômetro, um giz e uma trena para cada equipe. Em seguida, pede-se para que cada equipe estabeleça um referencial e um dos membros se coloque em qualquer local no eixo x deste. Mede-se a posição inicial da pessoa. Em seguida, a pessoa se desloca do local onde estava para outro local do referencial, ainda no eixo x deste, enquanto a equipe marca o tempo do deslocamento. Marca-se e mede-se a posição final da pessoa. Dessa maneira, a equipe determina o caminho percorrido pela pessoa a partir da posição inicial e final.

A partir da origem das posições do referencial, um dos membros da equipe anda 10 metros, vira 90° e anda mais 5 metros enquanto os demais registram o tempo gasto no percurso total (deve ser feita a medição e marcados os pontos 10 m e 5m antes do procedimento). Utilizando os dados, os alunos determinam o caminho percorrido, o deslocamento, a velocidade escalar média e a velocidade vetorial média da pessoa durante o percurso.

Em seguida, pede-se para que sejam marcados no chão dois pontos com uma distância de 15 metros (deixar as marcas de 5 em 5 metros). Depois, cada membro da equipe irá percorrer o trajeto marcado andando e depois correndo, enquanto outro membro irá cronometrar o tempo de duração do percurso nas duas situações. Cada membro da equipe deverá repetir o processo três vezes, sendo descartados os tempos máximo e mínimo obtidos. Todos os dados deverão ser registrados pelas equipes e, a partir destes, devem ser determinadas as velocidades médias de cada membro (andando e correndo).

Por fim, utilizando a trajetória da atividade anterior, um dos membros da equipe percorre 5 m andando, para 3 segundos e, em seguida, corre os 10 m restantes. O tempo de cada etapa é marcado pelos demais membros da equipe. Então é calculada a velocidade escalar média do percurso total, nos primeiros 5 metros, nos 3 segundos parados e nos últimos 10 metros.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula, com a plenária de todos os resultados obtidos e o professor retomando todos os conceitos estudados, deixando claro as duas definições.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro;
- Giz;
- Trens;
- Cronômetros.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 14: Posição escalar, velocidade escalar e vetorial média

Atividade A: Como podemos determinar a rapidez com que um corpo se movimenta? Qual a unidade de medida que utilizamos para medir velocidade? Existem outras que vocês conhecem?

Atividade B: A velocidade é uma grandeza escalar ou vetorial? Expliquem.

Após as explicações do professor sobre velocidade escalar e vetorial média, suas transformações, façam as atividades a seguir na quadra poliesportiva:

Atividade C: Marquem uma posição na quadra onde será a origem das posições e o referencial adotado para o estudo do movimento. Em seguida, um dos colegas se posiciona em qualquer ponto do referencial, no eixo x deste. Os demais fazem a medição da posição inicial (x_0) onde o colega está parado em relação ao referencial. Em seguida, o colega se movimenta e para em outra posição (x). Os demais fazem a medição do tempo de deslocamento dessa posição e em seguida determinam o caminho percorrido (Δx). Demonstrem as operações utilizadas:

Atividade D: Partindo da posição inicial, um dos colegas percorre 10 m, vira 90° , percorre mais 5 m e para. Qual o caminho percorrido (Δx) pelo colega? Qual o deslocamento ($\Delta \mathbf{r}$)? Qual o tempo gasto no trajeto?

Atividade E: Com os dados da questão anterior, determinem a velocidade escalar média e a velocidade vetorial média do colega.

Atividade F: Marquem uma distância de 15 metros na quadra. Agora determinem a velocidade escalar média de cada componente da dupla nesse percurso, nas seguintes situações (Repitam as medições de tempo pelo menos três vezes para o resultado ser uma média mais próxima da realidade. Descartar os tempos máximo e mínimo obtidos):

a) Andando:

b) Correndo:

Atividade G: Um dos colegas percorre 5 m andando, para 3s, depois corre por 10 m. Determinem a velocidade média:

a) Total:

b) Nos primeiros 5 metros:

c) Nos 3 segundos parado:

d) Nos últimos 10 metros:

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 14: Posição escalar, velocidade escalar e vetorial média

Atividade A

Para sabermos a rapidez ou velocidade com que um corpo se movimenta, geralmente comparamos a distância percorrida em um determinado intervalo de tempo. Caso isso não seja facilmente perceptível pelos alunos, pede-se que estes apresentem as unidades de medida utilizadas para medir velocidade, tais como: quilômetros por hora, metros por segundo, milhas por hora, etc. Em seguida o professor pode auxiliar aos alunos pedindo que escrevam as unidades de medida no quadro e percebam que quilômetros por hora corresponde a uma distância dividida pelo tempo. Escreve-se a fórmula matemática da velocidade média no quadro.

A velocidade faz variar a posição com o passar do tempo. Utilizando-se o Δ como símbolo de variação, temos a dedução de que:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Como a posição é medida em m e o tempo em segundos, temos:

$$v = \frac{m}{s}$$

Atividade B

A velocidade é uma grandeza vetorial, pois necessita de uma intensidade, uma direção e um sentido para ficar definida. Dessa maneira, se tratarmos da distância (medida da trajetória) total percorrida por um móvel, estaremos nos referindo a uma velocidade escalar média. Mas se levarmos em consideração o deslocamento no espaço, com sua direção e sentido, estaremos nos referindo a uma velocidade vetorial média. Escrever ambas as fórmulas matemáticas no quadro.

Atividade C

Nesta atividade pode-se utilizar as linhas da quadra poliesportiva como referencial. Alguém se posiciona em qualquer local dessa linha e é medido sua posição inicial. Depois a pessoa se movimenta sobre a linha e é medido sua posição final. Assim, podemos descobrir qual foi o seu caminho percorrido, com base nos dados de posição inicial e final, com uma simples subtração.

Atividade D

Observando a situação, temos que o caminho percorrido foi de 15 metros (10 + 5). O deslocamento, obtemos através da reta que liga a posição inicial com a posição final do movimento. Assim, utilizamos o teorema de Pitágoras, tendo como catetos os valores 5 m e 10 m e a hipotenusa sendo o deslocamento em linha reta.

$$\Delta r^2 = 10^2 + 5^2$$

$$\Delta r^2 = 100 + 25$$

$$\Delta r = \sqrt{125}$$

$$\Delta r = 11,18 \text{ metros}$$

O tempo decorrido depende da pessoa que o percorreu.

Atividade E

Velocidade escalar média:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v_m = \frac{10}{\Delta t}$$

A equação não foi concluída pois depende do tempo determinado no trajeto.

Velocidade vetorial média:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$\vec{v} = \frac{11,18}{\Delta t}$$

A equação não foi concluída pois depende do tempo determinado no trajeto.

Atividade F

Neste caso, cada um irá marcar o tempo necessário para andar e correr a distância de 15 m e aplicar a equação nas letras (a) e (b) da atividade:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Como complemento, é possível demonstrar como transformar de metros por segundo para quilômetros por hora e pedir que cada um determine sua velocidade nessa unidade de medida.

Atividade G

Aqui é importante medir o tempo separadamente para cada trecho do percurso. Assim, facilita na execução das atividades.

- Calcula-se a velocidade escalar média utilizando a distância como sendo 15 m e o tempo que se levou para percorrer o percurso total, considerando-se os 3 segundos parado, ou seja, soma-se o tempo que se levou para andar os 5 metros, mais os 3 segundos parado e mais o tempo que se levou para correr os últimos 10 metros.
- Calcula-se a velocidade escalar média utilizando a distância como sendo 5 m e o tempo que se levou para percorrer essa distância.
- Como a pessoa ficou parada, a velocidade é nula (zero).
- Calcula-se a velocidade escalar média utilizando a distância como sendo 10 m e o tempo que se levou para percorrer essa distância.

PLANO DE AULA 15**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniforme

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Habilidades:

Reconhecer um movimento uniforme como aquele em que um corpo percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar, na prática, os conceitos de velocidade constante e movimento uniforme.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para determinar a velocidade constante em um movimento uniforme.
- Elaborar e interpretar gráficos que descrevem o movimento uniforme.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente faz-se o seguinte questionamento aos alunos: é possível produzir movimentos em que a velocidade do corpo não muda? Isso é fácil ou difícil? Citem algumas situações em que podemos perceber esse tipo de movimento.

Aguarda-se a manifestação dos alunos sobre os questionamentos. São entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

Os alunos são reunidos em equipes de 6 a 8 alunos, dependendo da quantidade de material disponibilizado pelo professor. Cada equipe recebe duas mangueiras transparentes fixadas em madeira, uma contendo óleo de soja e outra água, ambas contendo uma bolha de ar presa no interior do fluido. As equipes medem a distância de 10 cm de uma das extremidades e marcam a madeira utilizando lápis ou caneta. Esta será a posição inicial do movimento.

Em seguida, inclina-se a mangueira com um ângulo entre para que a bolha fique na extremidade em que foi feita a marcação da posição inicial. Um dos membros da equipe fica posicionado com um cronômetro e outro membro com um lápis. Inclina-se a mangueira para que a bolha comece a se movimentar dentro do fluido (num ângulo entre 30° e 60°). Quando a

bolha atinge a posição inicial, o cronômetro é ligado e o aluno responsável pelo mesmo avisa em voz alta os valores múltiplos de 3 enquanto outro aluno vai registrando na madeira a posição em que a bolha se encontra no instante informado. Os resultados de instante e posição são registrados em uma tabela. Os procedimentos adotados deverão ser realizados utilizando as duas mangueiras, aquela contendo água e a outra contendo óleo. Caso haja necessidade, os procedimentos podem ser repetidos

Após a coleta de dados dos experimentos com a mangueira, os alunos constroem gráficos da posição (x) versus o instante (t) referente ao movimento da bolha de ar para cada caso, determinando, por fim, as velocidades da bolha nos dois meios.

Em seguida, todos os procedimentos de medição da posição, instante de tempo e cálculo das velocidades devem ser repetidos, colocando-se, agora, as mangueiras na posição vertical.

Ao final, os alunos precisam responder às perguntas da folha de atividades, que os levam a refletir sobre os resultados obtidos e, possivelmente, deduzir o conceito de movimento uniforme.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula, com a plenária de todos os resultados obtidos, com discussões e o professor retomando todos os conceitos estudados, deixando claro as duas definições.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Mangueira transparente contendo água e uma bolha de ar pequena presa em seu interior;
- Mangueira transparente contendo óleo de soja e uma bolha de ar pequena presa em seu interior;
- Lápis e canetas;
- Trenas e régua;
- Cronômetros;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRES- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Bons resultados foram obtidos utilizando mangueira transparente para nível, utilizadas na construção civil, sendo que as extremidades foram aquecidas e fechadas com giz de cera, pois o mesmo se adapta facilmente na mangueira.

Os intervalos de tempo sugeridos neste plano podem ser alterados sem nenhum prejuízo aos resultados finais.

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 15: Movimento Uniforme

Atividade A: Utilizando a mangueira presa na madeira, com água e uma bolha de ar, façam a inclinação da mesma e marquem a posição da bolha de ar a cada 3 segundos, montando uma tabela do instante (t) e da posição (x) da bolha durante o percurso. Iniciem a medição na posição 10 cm.

Instante (t) em segundos	Posição (x) em centímetros
0	10
3	
6	
9	
12	
15	
18	

Atividade B: Utilizando a mangueira presa na madeira, com óleo e uma bolha de ar, façam a inclinação da mesma e marquem a posição da bolha de ar a cada 3 segundos, montando uma tabela do instante (t) e da posição (x) da bolha durante o percurso. Iniciem a medição na posição 10 cm.

Instante (t) em segundos	Posição (x) em centímetros
0	10
3	
6	
9	
12	
15	
18	

Atividade C: Com os dados obtidos, em uma folha à parte, construam um gráfico **Posição (x) x Instante de tempo (t)** para cada um dos movimentos analisados. Em seguida, determinem a velocidade da bolha para cada caso.

Atividade D: Deixem as mangueiras na posição vertical e realizem os mesmos procedimentos das atividades A e B, no caderno. Em seguida calculem as velocidades para cada caso.

Atividade E: O que percebemos durante a análise dos movimentos da bolha de ar? O que acontece com a velocidade quando a mangueira está inclinada? E quando está na vertical? Por que vocês acham que isso acontece com a bolha dentro da água e do óleo? Vocês já ouviram falar em movimento uniforme? Expliquem.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 15: Movimento uniforme

Atividade A

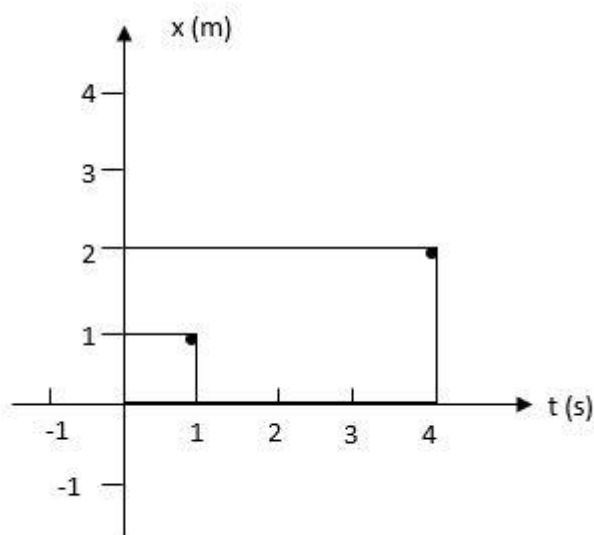
As respostas dependem do tamanho da bolha e da inclinação feita. Os 10 cm iniciais são desprezados por se tratar de uma aceleração do movimento.

Atividade B

As respostas dependem do tamanho da bolha e da inclinação feita. Os 10 cm iniciais são desprezados por se tratar de uma aceleração do movimento.

Atividade C

A construção dos gráficos no plano cartesiano é simples, ligando-se os valores x e t para cada caso, tendo uma reta como resultado da ligação destes pontos (pode ser que a reta não seja perfeita). A velocidade é determinada através da tangente da inclinação da reta, ou seja, utiliza-se Δx dividido por Δt (esses valores podem ser quaisquer que sejam do gráfico). Um exemplo de gráfico:



Atividade D

Ao realizar esta atividade, os valores obtidos não correspondem a um movimento uniforme, dando resultados diferentes para que os alunos possam refletir e discutir sobre a situação.

Atividade E

Percebemos que a bolha de ar se move acelerando no início, mas, devido à viscosidade dos fluidos, a velocidade acaba se estabilizando e ficando constante. Esse é o movimento uniforme, onde temos um movimento com velocidade constante e diferente de zero. No caso da mangueira na vertical, a estabilização da velocidade da bolha demora mais para acontecer, fazendo com que o movimento não seja uniforme.

Observação:

Ao finalizar as atividades, o professor pode demonstrar que, se considerarmos a velocidade constante, podemos escrever uma função do espaço em relação ao tempo para o movimento uniforme. A função é de 1º grau pois o gráfico é dado por uma reta.

$$x = x_0 + vt$$

PLANO DE AULA 16

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado: introdução

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Habilidades:

Reconhecer um movimento uniformemente variado como aquele em que um corpo modifica sua velocidade com o passar do tempo.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar as características do movimento uniformemente variado através da observação de vários movimentos realizados com a utilização de uma bola de tênis.
- Reconhecer a variação de velocidade (aceleração) como uma das principais características do movimento uniformemente variado.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente são entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos. Em seguida é explicado que serão feitas demonstrações de movimentos utilizando-se uma bola de tênis para análise da dupla.

DESENVOLVIMENTO:

O professor realiza a demonstração de movimentos uniformemente variados utilizando uma bola de tênis e explicando como é chamado cada tipo de movimento. Os movimentos realizados pela bola deverão ser: queda livre e lançamento vertical para baixo, lançamento vertical para cima, rolamento na horizontal, lançamento oblíquo, lançamento horizontal e o movimento de pêndulo.

Os movimentos devem ser repetidos várias vezes para análise dos alunos e descrição das principais características destes. A principal característica que precisa ser notada corresponde à variação de velocidade (aceleração).

Após a realização das análises as duplas expõem suas anotações em forma de plenária para discussão entre todos. Caso a característica da aceleração não apareça nas discussões, o professor precisa direcionar as discussões para se chegar a ela.

Em seguida, os alunos fazem os movimentos realizados no início da atividade e realizam filmagens dos mesmos utilizando-se de seus celulares ou smartphones, repassando estas para o

professor fazer o tratamento das imagens no software Tracker (BROWN,2017), para a próxima aula.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula com o professor retomando todos os conceitos estudados, deixando claro as duas definições.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Bola de tênis ou uma pequena bola de borracha;
- Smartphone ou celular com câmera de vídeo;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos e as possíveis respostas**.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 16: Movimento Uniformemente Variado

Atividade A: Serão apresentados alguns movimentos utilizando uma bola de tênis, para análise da dupla. Procurem verificar o que acontece em cada caso com a posição, a velocidade, o tempo, etc. Atentem para detalhes e descrevam cada movimento.

a) Queda livre e lançamento vertical para baixo:

b) Lançamento vertical para cima:

c) Rolamento na horizontal:

d) Lançamento oblíquo:

e) Lançamento horizontal:

f) Pêndulo:

Atividade B: Após a discussão com todos os colegas, registrem que grandeza física notamos surgir nesses movimentos, e que ainda não havíamos estudado, e quais são as características dessa grandeza.

Atividade C: Façam vídeos, utilizando o celular, de cada movimento descrito na atividade A. Esses vídeos serão utilizados para análise de cada movimento.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 16: Movimento uniformemente variado**

Atividade A

- a) Nestes movimentos, há um aumento progressivo da velocidade por conta da ação da gravidade sobre o corpo. A velocidade aumenta a cada instante que está em queda.
- b) Percebemos que a velocidade diminui e retarda a cada instante até parar na altura máxima. Neste instante, o movimento se torna acelerado e o objeto retorna ao solo.
- c) Na horizontal percebemos um aumento de velocidade e até um valor máximo e, depois, uma diminuição até parar, devido ao atrito com o solo ou sobre o local onde ocorreu o movimento.
- d) Percebemos que o objeto realiza uma curva, atingindo uma altura e um alcance máximo de acordo com a velocidade inicial e o ângulo de lançamento.
- e) No lançamento horizontal, o objeto descreve um movimento parabólico, partindo da horizontal em direção ao solo por conta da ação da gravidade.
- f) No movimento de pêndulo, a massa parte do repouso, atinge uma velocidade máxima no ponto mais baixo da trajetória até atingir uma altura máxima em outra extremidade, onde para e retorna à sua posição inicial.

Atividade B

Notamos o aparecimento de uma aceleração que faz com que a velocidade aumente ou diminua no decorrer do tempo, de acordo com o tipo de movimento. Muitos podem relatar a influência da gravidade sobre os movimentos.

Atividade C

Os movimentos descritos na atividade A devem ser filmados pelos alunos e tratados no software Tracker (BROWN,2017) para análise nas aulas posteriores. Todos podem realizar as filmagens e o professor utiliza as que melhor representam o movimento com qualidade.

PLANO DE AULA 17

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado: Queda livre e lançamento vertical para baixo

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Reconhecer as características da queda livre e do lançamento vertical para baixo e utilizar os conhecimentos na resolução de problemas sobre os mesmos.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar as características do movimento uniformemente variado em queda livre e lançamento vertical para baixo e utilizar equações matemáticas no desenvolvimento de problemas
- Realizar cálculos relacionados à aceleração dos corpos em queda livre.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente são apresentadas em projetor multimídia as imagens feitas pelos alunos na última aula, tratadas no programa Tracker (BROWN,2017), mostrando as características dos movimentos estudados e os respectivos gráficos que representam as posições e velocidades em relação ao tempo, para cada movimento. Mostrar as imagens e instigar os alunos a se manifestarem e discutirem sobre as características dos movimentos. Dar ênfase, nas imagens, para o aumento da distância da bola de tênis entre um frame e outro, descobrindo-se, assim, a aceleração.

São entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

As duas primeiras perguntas da folha de atividades precisam ser desenvolvidas de maneira que a dupla discuta e perceba a gravidade como responsável pela aceleração de um corpo em queda livre ou movimento vertical.

Depois, a dupla discute o que vem a ser aceleração. Neste momento, toda a turma pode participar da discussão e determinarem juntos uma maneira matemática de representar a

aceleração, sendo que um dos alunos pode ir ao quadro e representando as ideias da turma. O principal nesta atividade é que os alunos percebam que aceleração corresponde à variação de velocidade com o passar do tempo e que sua unidade de medida (m/s^2 ou km/h^2) é resultado direto da substituição das unidades de medida de velocidade e do tempo na equação matemática. Caso a equação não surja naturalmente, o professor precisa fazer perguntas para que os alunos sejam incitados a perceberem como representar a mesma, podendo intervir para que aula não se torne monótona e demorada.

Em seguida, são apresentados novamente os gráficos da posição em relação ao tempo para que as duplas discutam e percebam tratar-se de uma equação de segundo grau àquela que se remete ao estudo da posição de um corpo em movimento uniformemente variado. Também é necessário discutir com os alunos que a situação real da imagem não é a mesma da parábola ideal que pode ser demonstrada com o Tracker (BROWN,2017), pois temos a influência do ar no movimento.

Sem necessidade de deduções, o professor escreve as equações que tratam do movimento uniformemente variado e que serão utilizadas em todas as situações do estudo deste, podendo fazer pequenas considerações de como estas surgem, além, é claro, de mostrar que a equação da velocidade corresponde a uma manipulação matemática simples para se obter a velocidade em função do tempo, ou seja:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Onde:

$\Delta v = v_2 - v_1$ (Variação de velocidade escalar);

$\Delta t = t_2 - t_1$ (Intervalo de tempo).

Multiplicando-se meios pelos extremos temos:

$$v = v_0 + at(1)$$

Temos a equação da posição:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 (2)$$

E a equação de Torricelli, onde o tempo é isolado na (1) e substituído na (2), ficando:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x (3)$$

Apesar de ser muito interessante, a experiência mostra que a dedução das equações é cansativa e muitas vezes sem utilidade para o interesse e envolvimento dos alunos, ficando isto à critério de cada professor.

Para deixar claro que a gravidade é a única responsável pelo movimento dos corpos em queda livre, cada dupla discute e realiza pequenos experimentos soltando-se objetos de diferentes massas de uma mesma altura e verificando quem chega ao solo primeiro. Nas discussões podem surgir ideias de que a massa do objeto influencia a queda, mas o professor pode demonstrar um experimento simples: solta-se um lápis e uma folha de papel e verifica-se que o lápis chega primeiro. Em seguida, o professor amassa a mesma folha de papel e repete o

experimento, fazendo com que haja a percepção da influência do ar no formato do corpo e não influência da massa neste. Após o experimento apresenta-se o valor da aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^2$) e que poderá ser demonstrado em outras aulas.

Em seguida, são propostos exercícios para aplicação das equações matemáticas e resolução pelas duplas.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula retomando todos os conceitos estudados, pedindo para alguns alunos resolverem as questões de cálculo no quadro com discussão dos resultados obtidos, deixando claro a importância de avaliar e entender cada resposta matemática como parte de uma realidade estudada.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão, sendo verificado se houve compreensão e entendimento dos conceitos necessários. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Computador;
- Projetor multimídia;
- Smartphone ou celular com câmera de vídeo;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 17: Movimento Uniformemente Variado – Queda livre e lançamento vertical para baixo

Atividade A: Analisando o movimento da queda livre ou lançamento vertical para baixo nos vídeos produzidos, percebemos que a velocidade aumenta devido a uma grandeza Física denominada aceleração. Quem é o ente responsável pela aceleração de um corpo nesse caso?

Atividade B: Tentem definir matematicamente o que é aceleração e a sua unidade de medida. Discutam com os colegas.

Atividade C: Observando os dados coletados na análise do vídeo, percebemos que na queda livre, o gráfico da posição (y) em relação ao tempo (t) é dado por uma parábola. Analisem esses dados e a equação que descreve o movimento tentando identificar cada componente físico envolvido.

Atividade D: A parábola ideal não se encaixa perfeitamente nos dados coletados. Ao que isso se deve?

Atividade E: Se deixarmos dois corpos caírem em queda livre, qual deles chega primeiro ao solo? Expliquem suas conclusões, as variáveis e as possíveis variações de resultados. Caso achem necessário, realizem essa experiência usando objetos que estão ao seu alcance, podendo até mesmo filmar a ação.

Atividade F: Para um movimento retilíneo, como o velocímetro de um carro indica se existe aceleração ou não?

Atividade G: Um carro pode sair do repouso e atingir 90 km/h em 10s. Qual é a sua aceleração?

Atividade H: Qual é a velocidade e a distância de queda para um objeto em queda livre 2s após ser solto a partir do repouso? E 4s depois? Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Atividade I: Um objeto é lançado de uma altura de 180 m, verticalmente para baixo, com velocidade inicial de 2 m/s. Qual é sua velocidade e sua posição em 3 s? Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 17: Movimento uniformemente variado- Queda livre e lançamento vertical para baixo

Atividade A

A ação da gravidade sobre os corpos faz com que estes acelerem, ou seja, a força gravitacional produz uma aceleração gravitacional.

Atividade B

A aceleração faz variar a velocidade com o passar do tempo. Utilizando-se o Δ como símbolo de variação, temos a dedução de que:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

Como a velocidade é medida em m/s e o tempo em segundos, temos:

$$a = \frac{m}{s \cdot s}$$

Ou seja, a unidade de medida é m/s², ou qualquer medida de comprimento dividido pela medida de tempo ao quadrado. Isso significa que a velocidade aumenta ou diminui um determinado valor em m/s em cada segundo que se passa.

Atividade C

A parábola representa que a função da posição em relação ao tempo é de segundo grau, ou seja, podemos deduzir a posição de um corpo em movimento vertical ou qualquer outro que inclua aceleração, utilizando uma equação de segundo grau. Nesse momento, pode-se apresentar a equação (neste caso a aceleração é a aceleração da gravidade):

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Atividade D

Porque o movimento ideal não apresenta a resistência do ar e o movimento real apresenta esta e outras variáveis que desconsideramos no estudo de Cinemática.

Atividade E

As respostas mais comuns envolvem o formato e a massa do objeto, ou seja, objetos com maior massa e formato aerodinâmico caem mais rápido. Para mostrar que a massa não influencia na queda livre, pedir para os alunos soltarem um lápis e uma folha de papel e ver qual chega ao chão primeiro. Depois, pedir para que amassem a folha de papel e repitam a operação, demonstrando que a massa não mudou, mas apenas o formato do objeto (folha de papel).

Atividade F

O ponteiro do velocímetro muda de posição para mais ou para menos durante o movimento.

Atividade G

Primeiro, dividimos a velocidade de 90 km/h por 3,6 e obtemos o valor de 25 m/s. Fazemos isso pois as unidades de medida precisam ser iguais (no caso, os segundos). Em seguida, deduzimos que como o carro saiu do repouso ($v = 0$) e atingiu a velocidade de 25 m/s, sua variação de velocidade foi de 25 m/s em 10 segundos. Logo:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{25}{10}$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Atividade H

Para 2 s, utilizando a aceleração da gravidade como sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, temos a velocidade:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 0 + 10 \cdot 2$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

E a distância:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = 0 + 0 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2$$

$$y = 20 \text{ m de queda}$$

Para 4 s, utilizando a aceleração da gravidade como sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, temos a velocidade:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 0 + 10 \cdot 4$$

$$v = 40 \text{ m/s}$$

E a distância:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = 0 + 0 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2$$

$$y = 80 \text{ m de queda}$$

Podemos perceber que a velocidade em queda livre nem é preciso de cálculo, pois a velocidade aumenta 10 m/s em cada segundo.

Atividade I

Para 3 s, com velocidade inicial de 2 m/s e utilizando a aceleração da gravidade como sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$, temos a velocidade:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 2 + 10 \cdot 3$$

$$v = 32 \text{ m/s}$$

E a distância percorrida na queda:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = 0 + 2 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2$$

$$y = 6 + 45$$

$$y = 51 \text{ m de queda}$$

A posição depende do referencial que se deseja informar: o objeto está na posição 51 m em relação à sua posição inicial ou 129 m do solo ($180 - 51$).

PLANO DE AULA 18**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado: Lançamento vertical para cima

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Reconhecer as características do lançamento vertical para cima e utilizar os conhecimentos na resolução de problemas sobre os mesmos.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar as características do movimento uniformemente variado em lançamento vertical para cima e utilizar equações matemáticas no desenvolvimento de problemas
- Realizar cálculos relacionados à aceleração dos corpos em movimento vertical para cima.
- Identificar as diferenças entre movimento acelerado e retardado.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente são retomadas as ideias do estudo do lançamento vertical para baixo e queda livre, lembrando da influência da gravidade neste movimento.

São entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

As atividades procuram dar continuidade ao estudo do movimento uniformemente variado, com a apresentação de questionamentos sobre o lançamento vertical para cima, fazendo os alunos refletirem sobre o que vem a ser o movimento acelerado e o movimento retardado. É importante fazer os alunos refletirem e estabelecerem relações com a última aula que tiveram, percebendo que no lançamento vertical para cima o objeto realiza dois tipos de movimentos: retardado para cima e acelerado para baixo. Ou seja, esta aula corresponde a uma continuação da última.

Em seguida, são propostos exercícios para aplicação das equações matemáticas e resolução pelas duplas. Também são propostas algumas questões sobre a possibilidade de se

utilizar o movimento de um objeto na vertical para se calcular a altura de um objeto, prédio, torre, árvore...; além disso é proposta a discussão da variação da aceleração gravitacional com a variação da altitude nos vários locais do planeta.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula retomando todos os conceitos estudados, pedindo para alguns alunos resolverem as questões de cálculo no quadro com discussão dos resultados obtidos, deixando claro a importância de avaliar e entender cada resposta matemática como parte de uma realidade estudada.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão, sendo verificado se houve compreensão e entendimento dos conceitos necessários. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Atividades impressas;
- Quadro negro e giz.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GREF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 18: Movimento Uniformemente Variado – Lançamento vertical para cima

Atividade A: Por que quando jogamos um objeto para o alto, depois de um certo tempo ele retorna para o solo? Explique.

Atividade B: O movimento que um corpo faz quando é lançado para cima é acelerado (aumenta o módulo da velocidade) ou retardado (diminui o módulo da velocidade)? Explique.

Atividade C: Discutam entre si, imaginando as situações apresentadas abaixo e utilizando os conhecimentos sobre movimentos adquiridos até agora:

1. Um corpo é lançado do solo verticalmente para cima com velocidade inicial de 40m/s. Desprezando a resistência do ar e sabendo que a aceleração da gravidade é $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:
 - a) O tempo gasto pelo corpo para atingir a altura máxima.
 - b) O tempo total que o corpo permanece no ar até retornar ao solo.
 - c) A altura máxima atingida pelo corpo.
 - d) A velocidade do corpo ao tocar novamente o solo (na queda).

2. Abandona-se um corpo do alto de uma montanha de 180 m de altura. Desprezando a resistência do ar e adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, determine:
 - a) O tempo gasto pelo corpo para atingir o solo.
 - b) A velocidade do corpo ao tocar o solo.
 - c) A velocidade do corpo em 3s.

Atividade D: Se observarmos um objeto caindo do alto de um edifício, poderíamos determinar a altura desse edifício? Se sim, expliquem como. Em caso negativo, expliquem o porquê.

Atividade E: Vocês acham que a aceleração da gravidade é a mesma em todos os locais de nosso planeta? Expliquem.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 18: Movimento Uniformemente Variado – Lançamento vertical para cima

Atividade A

Porque durante o movimento de subida sua velocidade diminui por causa da aceleração da gravidade, fazendo o corpo parar em uma determinada altura, inverter o sentido e retornar ao solo.

Atividade B

Durante o movimento de subida ele executa um movimento retardado por causa da aceleração da gravidade, ou seja, a gravidade acelera o corpo para baixo enquanto este sobe. Dessa forma, a velocidade do corpo diminui até parar e então inverte o sentido e o movimento se torna acelerado, aumentando a velocidade e voltando a posição de origem.

Atividade C

1. Precisamos inicialmente estabelecer um referencial. Podemos tomar o solo como referencial, sendo nossa origem das posições: para cima temos os valores positivos e para baixo os valores negativos. Dessa forma, $v_0 = 40 \text{ m/s}$ e $g = -10 \text{ m/s}^2$.

- a) Quando o corpo atinge a altura máxima ele para, ou seja, $v = 0$. Logo:

$$v = v_0 + gt$$

$$0 = 40 - 10t$$

$$10t = 40$$

$$t = 4 \text{ segundos}$$

- b) Se demorou 4 segundos para subir, leva mais 4 segundos para descer. Ou seja, o corpo permanece no ar por 8 segundos. Entretanto, se o corpo for lançado para cima do alto de um edifício e cair no solo, o tempo muda. Por isso, é importante saber como se realiza o cálculo. A posição inicial $y_0 = 0$ (solo) e a posição final $y = 0$. Dessa forma, fazemos:

$$y = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$0 = 0 + 40t + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$0 = 40t - 5t^2$$

(Equação de segundo grau)

$$t_1 = 0 \text{ e } t_2 = 8 \text{ s}$$

Os tempos encontrados representam o instante em que o corpo se encontra na posição zero do solo. Ou seja, no instante 0 s ele estava no solo e no instante 8 s ele voltou para o solo. A resposta sempre será aquela diferente de zero e de número negativo (não faz sentido tempo negativo).

- c) A altura máxima aconteceu no instante 4 segundos. Então:

$$y = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = 0 + 40 \cdot 4 + \frac{1}{2}(-10) \cdot 4^2$$

$$y = 160 - 80$$

$$y = 80 \text{ metros}$$

- d) A velocidade do retorno é a mesma do início, com sinal trocado, ou seja, o corpo toca o solo na volta com velocidade de -40 m/s . O tempo que o corpo permanece no ar são 8 segundos e o cálculo é dado por:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 40 - 10.8$$

$$v = -40 \text{ m/s}$$

2. Agora podemos estabelecer como referência o ponto de lançamento e o sentido para baixo como sendo positivo. Dessa forma, todos os valores serão positivos. Temos que $y = 180 \text{ m}$, $y_0 = 0$, $v_0 = 0$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) Utilizamos a equação das posições:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$180 = 0 + 0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$180 = 5t^2$$

$$t^2 = \frac{180}{5}$$

$$t^2 = \frac{180}{5}$$

$$t^2 = \frac{180}{5}$$

$$t = \sqrt{36}$$

$$t = 6 \text{ segundos}$$

- b) Para a velocidade, temos:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 0 + 10.6$$

$$v = 60 \text{ m/s}$$

- c) Em 3 s, a velocidade é:

$$v = v_0 + gt$$

$$v = 0 + 10.3$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

Atividade D

Podemos se o objeto tiver uma massa e um formato que a resistência do ar não influencie muito. Se tivermos uma maneira de cronometrar o tempo de queda, podemos ter uma estimativa da altura utilizando a equação:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

O valor não será o real por causa da resistência do ar.

Atividade E

Não, pois percebemos que quanto maior é a altitude, menor será a aceleração da gravidade. Essa percepção se dá pelo ar rarefeito nas grandes altitudes e na visão de astronautas em flutuação no espaço.

PLANO DE AULA 19**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado: Rolamento horizontal

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Reconhecer as características do rolamento ou movimento na horizontal de um corpo e utilizar os conhecimentos na resolução de problemas sobre os mesmos.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar as características do movimento uniformemente variado na horizontal e utilizar equações matemáticas no desenvolvimento de problemas.
- Realizar cálculos relacionados ao movimento uniformemente variado na horizontal.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente são retomadas as ideias do estudo do movimento uniformemente variado, lembrando das equações utilizadas para calcular a posição e a velocidade. Em seguida são entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos, questionando os mesmos sobre como ocorre o movimento uniformemente variado na horizontal e como podemos provocar uma aceleração em um corpo em movimento na horizontal. Deixar as duplas discutirem.

DESENVOLVIMENTO:

Após as discussões, as duplas apresentam, em forma de plenária, suas ideias a respeito do movimento uniformemente variado na horizontal. Faz-se necessário discutir e instigar os alunos a perceberem que toda aceleração em um movimento horizontal (e não somente neste caso, é claro) é produzida por uma força aplicada sobre o corpo. Este tipo de discussão facilita o entendimento das Leis de Newton nas aulas sobre Dinâmica.

Em seguida, o professor demonstra alguns exemplos simples de rolamento ou movimento na horizontal, como empurrar um livro sobre a mesa, ou uma bola pelo chão e até mesmo dar um forte empurrão em uma cadeira dos alunos. Com isso, os alunos necessitam

perceber que sempre que aplicamos uma força em um corpo, temos aceleração. Explica-se que quando o movimento aumenta o módulo da velocidade, o movimento é acelerado e quando o módulo da velocidade diminui, este é chamado retardado (sempre relembrando a aula passada e as discussões feitas, para maior fixação e entendimento dos alunos).

Em seguida, são propostos dois exercícios para aplicação das equações matemáticas e resolução pelas duplas.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula retomando todos os conceitos estudados, pedindo para alguns alunos resolverem as questões de cálculo no quadro com discussão dos resultados obtidos, deixando claro a importância de avaliar e entender cada resposta matemática como parte de uma realidade estudada.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão, sendo verificado se houve compreensão e entendimento dos conceitos necessários. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Atividades impressas;
- Quadro negro e giz.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 19: Movimento Uniformemente Variado – Rolamento horizontal.

Atividade A: Quando chutamos uma bola que está parada, esta rola por alguns metros até parar. Explique toda essa situação de movimento, ou seja, por que isso acontece.

Atividade B: Um dos grandes problemas no movimento de objetos na horizontal é a resistência do ar e o atrito com a superfície. Caso não tivéssemos esses fatores, o que aconteceria ao chutarmos uma bola?

Atividade C: A função horária da velocidade para o movimento uniformemente variado é $v = v_0 + at$ e a função horária das posições é $S = S_0 + v_0t + 0,5at^2$ ou:

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

Com base nessas equações, realize as atividades abaixo:

1. Um carro movimenta-se segundo a função horária $v = 10 + 2t$ (no SI). Determine:
 - a) a velocidade inicial e a aceleração do carro.
 - b) a velocidade do carro em 25 s.
 - c) o instante em que o carro adquire velocidade de 100 m/s.

2. Um móvel desloca-se sobre uma trajetória retilínea obedecendo à função horária $S = 6 - 5t + t^2$ (no SI). Determine:
 - a) a posição do móvel no instante 5s.
 - b) o caminho percorrido pelo móvel entre os instantes 4s e 6s.
 - c) o instante em que o móvel passa pela posição 56m.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 19: Movimento Uniformemente Variado – Rolamento horizontal

Atividade A

A bola para por conta da atração gravitacional que provoca o atrito com o solo, além de ser influenciada pela resistência do ar.

Atividade B

Ela iria se movimentar indefinidamente, em linha reta, até encontrar com algum obstáculo que modificasse a direção e o sentido da mesma.

Atividade C

1. Utilizamos a função dada pelo problema e substituímos os valores:

$$v = v_0 + at$$

$$v = 10 + 2t$$

- a) Podemos perceber que a velocidade inicial é $v_0 = 10$ m/s e a aceleração é $a = 2$ m/s².
b) Substituímos o instante t por 25 s:

$$v = 10 + 2t$$

$$v = 10 + 2 \cdot 25$$

$$v = 60 \text{ m/s}$$

- c) Substituímos a velocidade v por 100 m/s:

$$v = 10 + 2t$$

$$100 = 10 + 2t$$

$$100 - 10 = 2t$$

$$t = \frac{90}{2}$$

$$t = 45 \text{ s}$$

2. Utilizamos a função dada pelo problema e substituímos os valores:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

$$x = 6 - 5t + t^2$$

- a) Substituímos o instante t por 5 s:

$$x = 6 - 5t + t^2$$

$$x = 6 - 5 \cdot 5 + 5^2$$

$$x = 6 \text{ m}$$

- b) Fazemos duas vezes a função substituindo os instantes t por 4 s e 6 s:

$$x = 6 - 5t + t^2$$

$$x_1 = 6 - 5 \cdot 4 + 4^2$$

$$x_1 = 2 \text{ m}$$

E

$$x_2 = 6 - 5 \cdot 6 + 6^2$$

$$x_2 = 6 - 5 \cdot 6 + 6^2$$

$$x_2 = 12 \text{ m}$$

Para descobrir o caminho percorrido, fazemos:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta x = 12 - 2$$

$$\Delta x = 10 \text{ m}$$

- c) Para sabermos o instante que passa pela posição 56 m, substituímos 56 no lugar do x:

$$x = 6 - 5t + t^2$$

$$56 = 6 - 5t + t^2$$

$$0 = -56 + 6 - 5t + t^2$$

$$0 = -50 - 5t + t^2$$

Equação de 2º grau. Resolvemos utilizando a fórmula de Bhaskara e obtemos:

$$t_1 = 10 \text{ s (Resposta)}$$

$$t_2 = -5 \text{ (não faz sentido instante de tempo negativo)}$$

PLANO DE AULA 20**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado: Lançamento oblíquo e horizontal

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas.

Habilidades:

Reconhecer as características dos lançamentos oblíquo e horizontal de um corpo e utilizar os conhecimentos na resolução de problemas sobre os mesmos.

Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para utilizar de maneira adequada a linguagem na descrição de determinado movimento.

OBJETIVOS:

- Identificar as características e propriedades dos lançamentos horizontal e oblíquo e utilizar equações matemáticas no desenvolvimento de problemas.
- Realizar cálculos e interpretar resultados relacionados aos lançamentos horizontal e oblíquo.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente é apresentado um questionamento utilizando-se de um exemplo prático: em qual das situações a bola chega em menor tempo ao chão? Então, solta-se uma bola de tênis (ou qualquer outro objeto) de uma determinada altura e espera tocar o chão. Em seguida, da mesma altura, lança-se a bola num movimento horizontal e espera a mesma tocar o chão. A situação pode ser modificada, para evitar questionamentos sobre a altura, soltando-se a bola da altura de uma carteira ou mesa e depois fazendo-se a bola rolar sobre a mesa e cair no chão. Se for possível, pode também ser realizada uma experiência utilizando-se a filmagem em câmera lenta.

DESENVOLVIMENTO:

Após as discussões, são distribuídas as atividades de registro e direcionamento para ampliar as discussões sobre os movimentos. A primeira pergunta é parecida com a situação inicial apresentada, para que os alunos possam fazer o registro de suas discussões. A segunda questão procura fazer com que os alunos percebam que o movimento em curva nas situações apresentadas deve-se a uma composição de dois movimentos diferentes: um na vertical

(uniformemente variado) e outro na horizontal (uniforme). Se for necessário, os alunos podem desenhar o movimento ou tentar representar com ajuda, em forma de encenação. Por exemplo: uma pessoa arrasta uma cadeira em linha reta. Para que esta faça uma curva, seria necessária outra pessoa fazendo um movimento em outra direção. Dependendo da força aplicada por cada pessoa, o movimento se desenvolve de maneiras diferentes, mas produzindo, ao fim, um movimento em parábola.

Apresenta-se as imagens relacionadas ao movimento oblíquo e lançamento horizontal tratadas no Tracker (BROWN, 2017). Analisando as imagens, espera-se que os alunos percebam que existe um movimento uniforme na horizontal e um movimento uniformemente variado na vertical. Isso é possível pela distância apresentada pelo corpo em cada frame. Deve-se instigar os alunos a pensarem e verificarem aquilo que eles já haviam aprendido: a gravidade é uma aceleração que age na vertical. Porém, nunca entregar a resposta pronta para os alunos. Então pode-se questionar os alunos sobre o movimento de um corpo lançado na horizontal caso não houvesse gravidade.

Em seguida, distribui-se para os alunos algumas réguas e chumbos pequenos (de pesca) ligados nas extremidades de linhas ou barbantes pequenos (30 cm cada). O professor explica que cada dupla deverá construir um modelo de trajetórias (HEWITT, 2015) que descrevem os vários momentos de um lançamento horizontal ou oblíquo. Para isso seguem as instruções no anexo deste plano. Depois de pronto, os alunos podem brincar com seus modelos verificando o que acontece quando se aumenta ou diminui o ângulo inicial, representado pela régua e uma carteira, por exemplo. Em seguida, apresentam seus resultados em forma de plenária. Com este modelo podem ser estudados os dois movimentos que são o tema deste plano.

Para analisar as componentes da velocidade e posição, os alunos são levados a relembrar sobre as componentes retangulares de um vetor (estudo feito através do plano de aula 9) e verificarem como ficariam as equações para se determinar as componentes e de que maneira as utilizar. O professor pode fazer um esquema no quadro e com a ajuda dos alunos, desenhar as componentes da velocidade e indicar as funções horárias para se obter tais componentes para serem utilizadas nas equações de movimento uniforme e uniformemente variado que compõem os movimentos estudados, além de indicar as funções horárias da posição do objeto em cada tipo de movimento (as coordenadas em cada instante).

Em seguida, são propostos exercícios para aplicação das equações matemáticas e resolução pelas duplas.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Finaliza-se na sala de aula retomando todos os conceitos estudados, pedindo para alguns alunos resolverem as questões de cálculo no quadro com discussão dos resultados obtidos, deixando claro a importância de avaliar e entender cada resposta matemática como parte de uma realidade estudada.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sendo verificado se houve compreensão e entendimento dos conceitos necessários. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Atividades impressas;
- Quadro negro e giz;
- Bola de tênis (ou outro objeto que possa ser lançado ao solo);
- Computador e projetor multimídia;
- Chumbos de pesca pequenos;

- Linha de pesca (ou barbante fino);
- Fita adesiva;
- Réguas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as instruções para construção do modelo de trajetórias, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Instruções para construção do Modelo de Trajetórias para lançamento horizontal e oblíquo

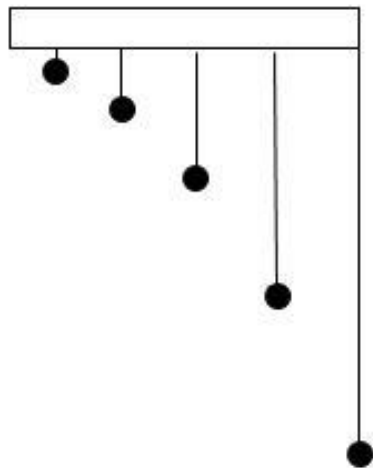
Materiais:

- Chumbos de pesca pequenos;
- Linha de pesca (ou barbante fino);
- Fita adesiva;
- Réguas.

Procedimentos:

Marque cinco segmentos iguais em uma régua ou haste (cinco centímetros, por exemplo). Na posição 1, pendure um chumbo por um barbante ou linha de 1 cm de comprimento, usando fita adesiva, como ilustrado na figura abaixo. Na posição 2, pendure um chumbo por um barbante de 4 cm de comprimento. Na posição 3, faça a mesma coisa usando um barbante de comprimento igual a 9 cm. Na posição 4, use um barbante de 16 cm, e na posição 5, um barbante de 25 cm. Para otimizar e agilizar o trabalho, os barbantes podem ser previamente conectados aos chumbos, deixando-se um comprimento de 30 cm em todos.

Se você segurar a régua na posição horizontal, terá a versão das várias posições de um corpo em lançamento horizontal; segurando de modo a formar um pequeno ângulo acima da horizontal, o modelo mostrará as várias posições de um corpo em um lançamento oblíquo.



Fonte: Adaptado de HEWITT, 2015.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 20: Movimento Uniformemente Variado – Lançamento oblíquo e horizontal

Atividade A: De acordo com os vídeos analisados no Tracker e tudo o que você já sabe sobre os movimentos, analise e responda a questão a seguir:

No exato instante em que um canhão dispara uma bala na direção horizontal a partir de uma torre, outra bala de canhão é solta da torre e cai em direção ao solo. Qual das balas chegará primeiro ao solo: a que foi disparada ou a que foi solta a partir do repouso?

Atividade B: Como podemos explicar o movimento em curva descrito por um objeto lançado na horizontal ou lançado segundo um ângulo com a horizontal? (Se necessário for, façam desenhos que ajudem a representação de suas ideias).

Atividades C: Em um movimento oblíquo ou em um lançamento horizontal, por que a componente vertical da velocidade varia com o tempo e a componente horizontal permanece constante?

Atividade D: Um objeto lançado horizontalmente, teria qual trajetória se não existisse gravidade? Escreva e desenhe um esquema representando.

Atividade E: Construa um modelo de trajetórias de projéteis segundo as orientações do professor. Faça experimentos e observações de movimentos de projéteis utilizando seu modelo. Verifique o que acontece quando aumentamos ou diminuimos o ângulo de lançamento de um projétil. Apresente suas conclusões para a turma.

Atividade F: Como descobrimos as componentes de cada movimento (a velocidade de cada movimento, a posição em determinado instante para cada movimento)? Acompanhe as explicações e façam as anotações necessárias.

Atividade G: Um atirador ajusta a mira de sua arma para o centro de um alvo distante 200 m. Ao sair da boca da arma, a bala move-se horizontalmente com velocidade de 400 m/s. Que distância vertical a bala terá caído em relação a uma trajetória horizontal, no momento em que atingir o alvo?

Atividade H: Um projétil é lançado do solo para cima segundo um ângulo de 30° com a horizontal, com velocidade de 80 m/s. Dado $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- a) O tempo que o corpo leva para atingir a altura máxima.
- b) A altura máxima.
- c) As coordenadas do projétil no instante 1s.
- d) O tempo gasto para atingir o solo.
- e) O alcance do projétil.

Atividade I: Um projétil é atirado horizontalmente do alto de uma torre de 180 m de altura em relação ao solo, com velocidade inicial de 40 m/s. Dado $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

- a) O tempo que o projétil leva para atingir o solo.
- b) As coordenadas no instante 3 s.
- c) Sua velocidade no instante 2 s.
- d) O alcance do projétil.

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 20: Movimento Uniformemente Variado – Lançamento oblíquo e horizontal

Atividade A

Ambas tocam o solo ao mesmo tempo, pois o movimento na vertical depende apenas da aceleração gravitacional.

Atividade B

A curva se deve à composição de dois tipos de movimento: um movimento na horizontal, uniforme, e outro na vertical, uniformemente variado devido à aceleração da gravidade. Esses dois movimentos agindo sobre o corpo em movimento provocam a trajetória curvilínea.

Atividade C

A componente vertical da velocidade varia porque existe a aceleração da gravidade atuando sobre o corpo: na subida o movimento é retardado e na descida é acelerado. A componente horizontal da velocidade permanece constante porque nesta direção não há aceleração atuando sobre o corpo.

Atividade D

Ele continuaria em movimento retilíneo e uniforme até encontrar um obstáculo que modificasse sua direção e sentido. Pode-se desenhar uma linha reta.

Atividade E

Ao aumentarmos ou diminuirmos o ângulo de lançamento de um projétil, modificamos a altura máxima e o alcance máximo de um projétil. O maior alcance é obtido aos 45° de inclinação.

Atividade F

Inicialmente determinamos as componentes horizontal e vertical da velocidade através das relações:

$$v_y = v \operatorname{sen}\theta$$

$$v_x = v \operatorname{cos}\theta$$

Na horizontal temos um movimento uniforme. Logo, a velocidade v_x é constante em todo o movimento e determinamos a posição do corpo através da função horária:

$$x = x_0 + v_x t$$

Na vertical temos um movimento uniformemente variado, onde determinamos a velocidade v_y em cada instante através da função:

$$v_y = v_{0y} + gt$$

A posição do corpo na vertical é dada por:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

Se precisarmos saber a velocidade em um determinado instante, fazemos a soma vetorial das componentes da velocidade naquele instante:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Atividade G

A velocidade na horizontal é constante, logo, temos que $v_x = 400$ m/s e $x = 200$ m. Na vertical, a velocidade inicial $v_{0y} = 0$ e aumenta conforme a aceleração da gravidade. Podemos utilizar $g = 10$ m/s² e desprezarmos a resistência do ar. Assim, determinamos o instante em que a bala atinge o alvo:

$$\begin{aligned}x &= x_0 + v_x t \\200 &= 0 + 400 \cdot t \\t &= \frac{200}{400} \\t &= 0,5 \text{ s}\end{aligned}$$

Agora, sabemos que a bala terá 0,5 segundos para cair durante o movimento. Assim, determinamos o quanto ela cai na vertical, adotando como posição inicial zero o local de onde a bala partiu da arma e usando a função:

$$\begin{aligned}y &= y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2 \\y &= 0 + 0,5 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,5^2 \\y &= 1,25 \text{ m}\end{aligned}$$

Ou seja, o atirador irá errar o centro do alvo por 1,25 metros que é o que a bala cairá durante o percurso.

Atividade H

Inicialmente determinamos as componentes horizontal e vertical da velocidade através das relações:

$$\begin{aligned}v_y &= v \operatorname{sen}\theta & v_x &= v \operatorname{cos}\theta \\v_y &= 80 \operatorname{sen}30^\circ & v_x &= 80 \operatorname{cos}30^\circ \\v_y &= 80 \cdot 0,5 & v_x &= 80 \cdot 0,86 \\v_y &= 40 \text{ m/s} & v_x &= 68,8 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Essas são as velocidades iniciais do movimento.

- a) Ao atingir a altura máxima, a velocidade na vertical v_y é nula. Como o movimento é para cima, a aceleração da gravidade é negativa. Então:

$$\begin{aligned}v_y &= v_{0y} + gt \\0 &= 40 - 10t \\t &= 4 \text{ s}\end{aligned}$$

- b) Para determinarmos a altura máxima, utilizamos a relação:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = 0 + 40 \cdot 4 + \frac{1}{2}(-10)4^2$$

$$y = 160 - 80$$

$$y = 80 \text{ m}$$

- c) Para determinarmos as coordenadas, precisamos saber as posições x e y no projétil no instante 1 s:

$$x = x_0 + v_x t \qquad y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$x = 0 + 68,8 \cdot 1 \qquad y = 0 + 40 \cdot 1 + \frac{1}{2}(-10) 1^2$$

$$x = 68,8 \text{ m} \qquad y = 35 \text{ m}$$

As coordenadas do projétil em 1 s são (68,8m, 35 m). Podemos também representar utilizando vetores unitários: $68,8 \mathbf{i} + 35 \mathbf{j}$.

- d) O corpo sai da posição zero e volta para a posição zero, na vertical:

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = 0 + 40t + \frac{1}{2}(-10)t^2$$

$$0 = 40t - 5t^2$$

Resolvendo a equação de 2º grau:

$$t_1 = 8 \text{ s} \quad e \quad t_2 = 0$$

Logo, o tempo gasto para atingir o solo é de 8 segundos.

- e) A alcance é dado na horizontal. Como demorou 8 segundos para tocar o solo, o alcance foi:

$$x = x_0 + v_x t$$

$$x = 0 + 68,8 \cdot 8$$

$$x = 540,4 \text{ m}$$

O alcance foi de 540,4 metros.

Atividade I

Podemos adotar como posição inicial zero o ponto de lançamento. Dessa forma, todos os valores serão positivos. Temos que $y = 180 \text{ m}$, $y_0 = 0$, $v_{y0} = 0$, $x_0 = 0$, $v_x = 40 \text{ m/s}$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) Para atingir o solo, analisamos a componente vertical do movimento:

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$180 = 0 + 0t + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$$

$$180 = 5t^2$$

$$t^2 = \frac{180}{5}$$

$$t = \sqrt{36}$$

$$t = 6 \text{ s}$$

- b) Para determinarmos as coordenadas, precisamos saber as posições x e y no projétil no instante 3 s:

$$x = x_0 + v_x t \qquad y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$x = 0 + 40.3$$

$$x = 120 \text{ m}$$

$$y = 0 + 0.3 + \frac{1}{2}(10) 3^2$$

$$y = 45 \text{ m}$$

As coordenadas do projétil em 3 s são (120 m, 45 m). Podemos também representar utilizando vetores unitários: $120 \mathbf{i} + 45 \mathbf{j}$.

- c) Precisamos fazer a soma vetorial das componentes da velocidade no instante 2 s. Na horizontal a velocidade é constante $v_x = 40 \text{ m/s}$. Na vertical precisamos determinar:

$$v_y = v_{0y} + gt$$

$$v_y = 0 + 10.2$$

$$v_y = 20 \text{ m/s}$$

Agora fazemos a soma vetorial das componentes da velocidade:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v = \sqrt{40^2 + 20^2}$$

$$v = \sqrt{1600 + 400}$$

$$v = \sqrt{2000}$$

$$v = 44,72 \text{ m/s}$$

A velocidade no instante 2 s é 44,72 m/s.

- d) O alcance é dado por x no tempo que levou para atingir o solo:

$$x = x_0 + v_x t$$

$$x = 0 + 40.6$$

$$x = 240 \text{ m}$$

Ou seja, o alcance foi de 240 metros.

PLANO DE AULA 21**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: Movimento Uniformemente Variado – Pêndulo

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Habilidades:

Analisar dados coletados da observação e elaborar hipóteses com estes.

Utilizar os conhecimentos sobre os movimentos para observar fenômenos e realizar medições com instrumentos adequados.

OBJETIVOS:

- Identificar, na prática, os movimentos que se apresentam em um pêndulo.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para determinar o período e a frequência de um pêndulo.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente é feito um pêndulo na sala de aula para os alunos observarem novamente o movimento deste. Os alunos são questionados sobre os tipos de movimentos que ali se apresentam.

DESENVOLVIMENTO:

São entregues as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos. Inicialmente, os alunos precisam identificar, através de um desenho, os locais onde acontecem as velocidades máximas e mínimas do pêndulo em movimento.

Utilizando-se de barbantes e materiais próprios, as duplas constroem um pêndulo e o fazem oscilar modificando seu comprimento, verificando e registrando as variações obtidas. Fazem, então, o cálculo do período de oscilação em diferentes comprimentos utilizando-se de cronômetros.

Em seguida, serão realizadas variações no pêndulo, como a variação da massa e do comprimento do fio para a verificação das características dessas variações.

Por fim, o professor discute com os alunos o que vem a ser a frequência de oscilação e qual a unidade de medida desta, permitindo a dedução da frequência como o inverso do período. Os períodos obtidos nas atividades anteriores são utilizados para a determinação das respectivas frequências de oscilação.

Conclui-se a atividade com discussões e registros das duplas sobre as características do movimento de um pêndulo.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor retoma as questões das atividades para que os alunos possam expor suas conclusões sobre o movimento de um pêndulo. Apresenta também a equação para a determinação do período de um pêndulo.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas ou de discussão. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Atividades impressas;
- Barbante;
- Cronômetros.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>, acesso em 15/05/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos e as possíveis respostas**.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 21: Movimento Uniformemente Variado – Pêndulo

Atividade A: Analisando o movimento de um pêndulo, percebemos que sua velocidade aumenta até um valor máximo para em seguida diminuir até parar. Desenhe esquematicamente o movimento de um pêndulo indicando os locais onde a velocidade é máxima e os locais onde ele encontra-se em repouso.

Atividade B: Utilizando barbante e materiais que você possui, construa um pequeno pêndulo e faça-o oscilar. Diminua e aumente o comprimento do barbante e observe o que acontece. Descreva suas observações.

Atividade C: O período de um pêndulo corresponde ao tempo que ele leva para realizar uma oscilação completa. Utilizando o pêndulo da atividade anterior, realize a medida de dois períodos do pêndulo em dois comprimentos diferentes com auxílio de um cronômetro. Procure medir o período de uma oscilação e depois repita o processo com mais oscilações dividindo o tempo total pelo número de oscilações. Registre os resultados obtidos.

Atividade D: Mude a massa do pêndulo para uma massa maior e repita a atividade C. Registre os resultados.

Atividade E: Sabendo que a frequência corresponde ao inverso do período, determine as frequências de oscilação do pêndulo de vocês.

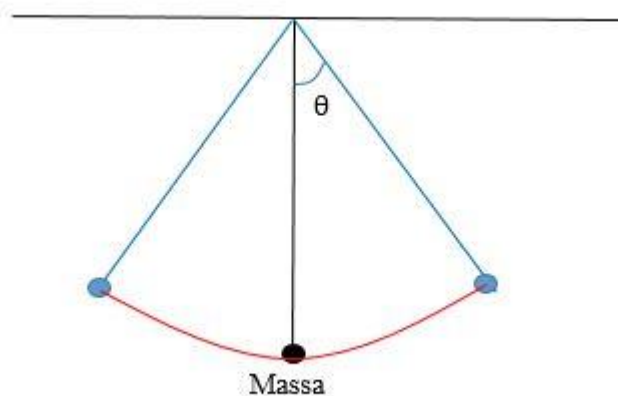
Atividade F: De acordo com os experimentos realizados, o que podemos concluir sobre o estudo do pêndulo, sua velocidade, tipos de movimentos envolvido e período?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 21: Movimento Uniformemente Variado – Pêndulo

Atividade A

Os pontos onde a massa está em azul representam a velocidade mínima (parado) e onde a massa está em preto é onde a velocidade é máxima.



Fonte: o autor.

Atividade B

Observamos que quanto maior o comprimento do pêndulo, menor é sua velocidade de oscilação. Se o comprimento diminuir, aumenta a velocidade de oscilação.

Atividade C

Aqui depende dos resultados obtidos por cada dupla. O período corresponde ao tempo necessário para uma oscilação completa.

Atividade D

Através da experiência é possível verificar e concluir que não há alteração no período de um pêndulo com a alteração da massa. Ou seja, o período de um pêndulo somente depende de seu comprimento.

Atividade E

A frequência corresponde ao número de oscilações por segundo, ou seja, é o inverso do período. Logo, depende do resultado obtido pelas duplas. Pode-se fazer:

$$f = \frac{1}{T}$$

Atividade F

Podemos concluir que a massa não interfere no período e frequência de oscilação de um pêndulo, mas apenas seu comprimento. O estudo do pêndulo auxilia a compreensão de movimentos harmônicos simples.

É interessante acrescentar ao aluno a equação do pêndulo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

E como atividade opcional e complementar, pode-se calcular a aceleração da gravidade no local utilizando-se um pêndulo.

PLANO DE AULA 22**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: A teoria da relatividade restrita: introdução

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Habilidades:

Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes.

Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física.

OBJETIVOS:

- Levantar hipóteses sobre situações apresentadas em um filme de ficção.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento para interpretar situações de um filme de ficção.
- Relacionar os conhecimentos já adquiridos sobre o estudo dos movimentos com as situações em que se apresentam anormais a tais conhecimentos em um filme de ficção.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente é explicado que serão apresentadas cenas de um filme de ficção científica para que os alunos possam relacionar seus conhecimentos com os conhecimentos apresentados no filme.

DESENVOLVIMENTO:

São distribuídas as atividades de registro e direcionamento para os alunos realizarem as discussões.

Em seguida, são apresentadas algumas curtas cenas do filme Contato (1997), baseado no romance de Carl Sagan sob o mesmo nome, com direção de Robert Zemeckis, para discussão e introdução da Teoria da Relatividade Restrita proposta por Albert Einstein em 1905.

A cada cena apresentada, os alunos discutem uma pergunta apresentada na folha de atividades e registram suas conclusões.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após a resolução de todas as atividades, os alunos expõem suas conclusões em forma de plenária, enquanto o professor procura aumentar o interesse e a curiosidade destes.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas e apresentação dos resultados. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Mídia com trechos do filme Contato (1997) com direção de Robert Zemeckis;
- Projetor multimídia ou TV;
- Computador;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: < http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf >. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

CONTATO. Direção de Robert Zemeckis. Estados Unidos da América: Warner Bros. Entertainment., 1997. 1 DVD (149 min.).

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

OBSERVAÇÃO

O filme Contato (1997) pode ser obtido na internet para compra em DVD e BlueRay ou pode ser alugado no Youtube.

É importante o professor assistir ao filme todo para sanar possíveis dúvidas que possam surgir durante o desenvolvimento das atividades.

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 22: A teoria da Relatividade Restrita

Atividade A: Analisando os trechos do filme Contato (1997), baseado no livro de Carl Sagan, responda as questões apresentadas abaixo de maneira crítica, porém lembrando que se trata de um filme de ficção:

- a) Primeira cena (00:52:00 a 00:53:15): por que o cientista que dá a entrevista diz que a imagem transmitida por uma rede de televisão levou 26 anos para chegar à vizinhança da estrela Vega? Como é transmitida uma imagem de TV?

- b) Segunda cena (01:20:22 a 01:22:30): o que vocês compreendem sobre o que o ator fala: sobre a teoria da Relatividade? O tempo pode passar de maneira diferente em lugares diferentes?

- c) Terceira cena (01:53:00 a 02:08:46): como explicar o fato que acontece na cena, em que a cientista viaja pelo espaço por muito tempo e os demais a veem apenas atravessando a máquina extraterrestre? Como você entende essa situação? Se a imagem de TV levou 26 anos para chegar a Vega, como a cientista conseguiu realizar o mesmo trajeto em menos tempo?

- d) Quarta cena (02:18:17 a 02:19:05): os cientistas conversam sobre a situação ocorrida na terceira cena apresentada e trazem um dado importante sobre a gravação realizada pela viajante espacial. Diante da situação da terceira cena, era possível haver 18 horas de gravação? O que vocês acham que pode ter ocorrido?

Atividade B: Analisando todas as questões apresentadas anteriormente sobre o filme, vocês acham que é possível que a noção de espaço e tempo que temos pode estar equivocada?

Atividade C: Lembrem-se da tarefa 5 realizada este ano sobre a medida de tempo que vocês tiveram que realizar sem usar relógios. O que é o tempo para vocês?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Tarefa 22: A teoria da Relatividade Restrita

Atividade A

- a) Uma imagem de TV é transmitida através de ondas eletromagnéticas que, no vácuo, possuem a velocidade constante de aproximadamente 300 000 000 m/s. Mesmo assim, a imagem levou 26 anos para chegar até à vizinhança da estrela Vega e, por isso, conclui-se que a distância até tal estrela é de 26 anos-luz.
- b) Aqui espera-se uma discussão com alunos concordando e discordando sobre a medição do tempo possuir valores diferentes. Talvez surja a ideia de relatividade, relacionando com Albert Einstein e a relatividade do movimento já estudada. O mais importante é a discussão. Lembrar os alunos sobre a atividade, realizada por eles, de medir um intervalo de tempo de um fato ocorrendo sem utilizar relógios. O que é o tempo?
- c) Novamente, o principal é a discussão sobre a possibilidade de o tempo passar de maneira diferente para observadores que se encontram em referenciais que se movem com velocidades diferentes, proporcionando a oportunidade deste tipo de viagem.
- d) A gravação traz a prova de que a teoria da relatividade foi demonstrada na situação do filme. Mesmo sendo ficção, é possível refletir sobre as possíveis consequências de algo que possa fazer o tempo passar de maneira diferente em dois locais diferentes.

Atividade B

As discussões são mais importantes do que respostas corretas. Deixar os alunos discutirem e se expressarem sobre suas conclusões.

Atividade C

O que medimos na realidade é o intervalo de tempo de um fenômeno, comparando com outro fenômeno ocorrendo, como o tic-tac do relógio. A comparação do intervalo de tempo em que ocorreu um evento com outro evento que ocorre de maneira uniforme e constante. O tempo é algo que nos auxilia a entender a sequência em que fatos ocorrem, nos dando a ideia de passado, presente e futuro. O que é o agora, o que foi e o que será sobre um evento observado.

PLANO DE AULA 23

IDENTIFICAÇÃO

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: A teoria da relatividade restrita: desenvolvimento de ideias gerais sobre a dilatação temporal

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

Competências:

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Habilidades:

Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes.

Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física.

OBJETIVOS:

- Possibilitar, através de atividades teóricas e de experiências mentais, a interpretação dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita e suas consequências.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento e os postulados de Einstein para determinar matematicamente o fator de Lorentz.

MOMENTOS DA AULA

INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:

Inicialmente são retomados os conceitos já aprendidos sobre relatividade do movimento e composição de velocidades através de questionamentos simples como por exemplo: se estivermos em um skate com velocidade de 10 km/h e lançarmos uma bola no mesmo sentido do movimento a uma velocidade de 8 km/h, qual será a velocidade observada por alguém que está em repouso no referencial solo? E se jogarmos a bola em sentido contrário ao movimento? Nesse momento estamos em movimento ou em repouso? Se uma pessoa diz que viu um objeto em movimento retilíneo e outra pessoa afirma que viu o mesmo objeto em movimento curvilíneo, quem está correto?

Em seguida, todos recebem as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos e se dirigem para a quadra poliesportiva onde são desenvolvidas outras atividades.

DESENVOLVIMENTO:

Na quadra poliesportiva, são desenvolvidas atividades para os alunos conversarem entre si utilizando o telefone com fio de nylon e copos. O comprimento do fio precisa ser de tamanho consideravelmente grande (pelo menos um com 50 m e outro com 15 m). Inicialmente, deixar os alunos brincarem e conversarem utilizando os aparatos, se acostumando a utilizar o mesmo com muita tração no fio. Em seguida, colocar as extremidades dos dois telefones com fio para um mesmo aluno ouvir e nas outras extremidades, alunos falando uma palavra curta ao mesmo tempo. Espera-se que as palavras sejam ouvidas em tempos diferentes, de modo que o telefone com o fio mais curto transfira a mensagem em menor tempo.

Continuando, duas pessoas lançam uma bola de basquete uma para outra enquanto ficam paradas. Em seguida, as duas pessoas se movimentam realizando a mesma atividade. O movimento deve ser realizado várias vezes com velocidades diferentes. Os demais alunos fazem a observação dos movimentos realizados pela bola. Repete-se a atividade com um aluno jogando a bola para cima parado sobre um skate e em seguida em movimento suave tentando ser o mais uniforme possível (atividade idêntica à do plano de aula 13). O aluno do skate pode ser empurrado pelos colegas para facilitar. Observa-se a trajetória da bola durante os movimentos.

Em seguida, todos retornam para a sala de aula e respondem a perguntas relacionadas à relatividade do movimento e aos postulados da Teoria da Relatividade Restrita propostos por Albert Einstein em 1905. Após a discussão de cada pergunta pela dupla, é feita a plenária para que todos exponham suas conclusões e ideias. Cada pergunta foi elaborada com o intuito de levar o aluno a interpretar os conceitos da teoria da relatividade restrita, portanto as discussões não podem deixar passar conceitos interpretados erroneamente.

As últimas quatro questões das atividades de registro e direcionamento para os alunos, necessitam de explicações detalhadas para que os alunos possam compreender e relacionar as atividades práticas realizadas e as experiências de pensamento a serem feitas. Por isso, podem ser feitas com toda a turma auxiliando e discutindo juntos com o professor para juntos deduzirem a quarta dimensão (tempo), o fator de Lorentz e a compreensão da dilatação temporal.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Após a resolução de todas as atividades, os alunos expõem suas conclusões de forma oral, destacando as consequências dos postulados de Albert Einstein.

O professor, então, explana como a referida teoria mudou a maneira de pensar e vermos o Universo e qual a validade desta teoria, quando percebemos realmente suas consequências.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas, sejam elas práticas, de discussão e apresentação dos resultados. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Copos descartáveis, linha de nylon;
- Bola de basquete;
- Skate;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução do original alemão Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: E. Blücher, 2002.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **Física IV – Ótica e Física Moderna**. 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

OBSERVAÇÃO

Na sequência constam as instruções para construção do telefone de copos e linha de nylon, as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Como fazer o telefone de copos e linha de nylon

Materiais:

- Linha de nylon (de pesca) com 0,30 mm de diâmetro;
- Copos ou potes de sobremesa descartáveis;
- Agulha.

Procedimentos:

Utilizando a agulha, perfure o centro do fundo do copo. Em seguida, passe a linha de nylon por este furo e faça vários nós para a mesma não escapar. Faça o mesmo com a outra extremidade da linha. Caso a linha não pare fixa no copo, podem ser utilizadas cola quente ou alfinetes para segurar.

Para as atividades sugeridas neste plano, sugerimos a construção de dois telefones: um com uma linha de 50 m e outro com uma linha de 15 m.

Ao utilizar o seu telefone, procure tracionar (esticar) com bastante força a linha e assegure-se de que ela não toque em nada durante a utilização.

Para elaboração do telefone com fio e copos, sugerimos a utilização de copos bastante resistentes ou recipientes plásticos utilizados para sobremesas e sorvetes. A linha de nylon precisa ser forte para ser tracionada com bastante força e produzir bons resultados.

O recipiente utilizado foi um pote de sobremesa conforme apresentado na foto abaixo.



Fonte: o autor.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 23: A teoria da Relatividade Restrita

Atividade A: Vamos brincar de telefone com fio e copos! Converse com seu (sua) colega utilizando o aparato. Em seguida realizem as atividades propostas pelo professor com a propagação do som em dois caminhos de tamanhos diferentes.

Atividade B: Utilizando uma bola, duas pessoas lançarão uma para outra enquanto ficam paradas. Em seguida, as duas se movimentam realizando a mesma atividade. O movimento deve ser realizado várias vezes com velocidades diferentes. Os demais fazem a observação dos movimentos realizados.

Atividade C: Agora repetiremos uma atividade já realizada: jogar uma bola para cima e pegar novamente sobre um skate parado e depois em movimento suave, tentando manter a velocidade constante. Um colega realiza e os demais fazem as devidas observações.

Atividade D: O que significa dizer que todo movimento é relativo? Para ajudar nessa questão, pense que você está em uma nave espacial e, pela janela desta, observa outra nave espacial passando por você. Quem está em movimento?

Atividade E: Se você estivesse em um ônibus sem janelas, onde não se ouve o barulho do motor, que se move suavemente, poderia sentir a diferença entre o movimento uniforme e o repouso? E entre o movimento acelerado e o repouso? Explique como você poderia fazer isso usando uma bacia com água.

Atividade F: Em 1905, Albert Einstein publicou um artigo sobre sua teoria da relatividade restrita ou especial, onde estabeleceu dois postulados. Analisem cada um deles, explicando o que vocês entenderam e suas possíveis consequências:

- a) Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movam com velocidade constante.

- b) A velocidade de propagação da luz (300 000 km/s ou c) no espaço livre tem o mesmo valor para todos os observadores, não importando o movimento da fonte de luz ou do observador; ou seja, a velocidade de propagação da luz é uma constante.

Atividade G: Para especificar o tamanho dos objetos utilizamos três dimensões espaciais. Quais são elas? Elas dão uma descrição precisa de um objeto? Expliquem.

Atividade H: Analisem uma situação onde conseguimos observar um *flash* luminoso sendo refletido em um par de espelhos paralelos (relógio de luz). Esse relógio de luz encontra-se em uma nave espacial transparente que se move com uma velocidade muito alta. Dois observadores observam o *flash*: um dentro da nave espacial e outro fora da nave. Como cada observador vê a trajetória do *flash* de luz? Faça um desenho esquemático para representar as trajetórias observadas por cada um. Como é possível a luz viajar na mesma velocidade e percorrer distâncias diferentes?

Atividade I: Utilizando o desenho da atividade anterior, e sabendo que $\Delta x = v\Delta t$, vamos desenvolver juntos uma equação para relacionar o tempo dentro da nave espacial (Δt_0) e fora dela (Δt).

Atividade J: O que podemos concluir sobre o espaço e o tempo através da equação anterior e de todas as atividades desenvolvidas hoje?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 23: A teoria da Relatividade Restrita**

Atividade A

O objetivo principal é demonstrar a situação de transmissão de dados e informações através de ondas. Os caminhos diferentes são para fazer os alunos perceberem que a informação se propaga mais rapidamente em caminhos menores (noção básica).

Atividade B

O objetivo é verificar que a trajetória da bola muda para os observadores que estão parados, aumentando conforme aumenta a velocidade dos que estão jogando a mesma. Assim, facilita-se a compreensão do que vem a ser um relógio de luz.

Atividade C

O objetivo é o mesmo da atividade B, apenas um reforço com apenas uma pessoa.

Atividade D

Não há como saber quem está em movimento ou quem está em repouso na situação apresentada, pois não há um referencial absoluto. Dizer que o movimento é relativo significa que ele depende de como o observamos, do referencial adotado para esta observação. Dependendo do referencial, podemos afirmar que estamos em movimento ou que estamos em repouso em relação a este.

Atividade E

É impossível distinguir o movimento uniforme do repouso, pois, segundo a relatividade galileana, as leis da Física são as mesmas para referenciais inerciais (esta forma de relatividade do movimento também se apresenta no primeiro postulado de Einstein). Assim, tudo o que ocorrer em uma bacia com água no repouso, ocorrerá com a mesma no movimento uniforme. Já no movimento com aceleração, a situação muda e poderíamos perceber a água da bacia de acumulando em uma direção ou chacoalhando devido ao movimento acelerado ou retardado.

Atividade F

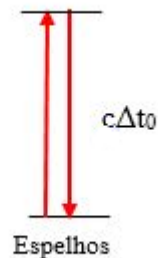
- a) O primeiro postulado é uma retomada da relatividade galileana, afirmando que para um corpo em repouso ou em movimento uniforme, os fenômenos observados são idênticos. Não há mudanças que façam as leis da Física mudarem em um movimento dessa espécie.
- b) O segundo postulado exige um pouco mais de aceitação por parte do aluno: como é possível que a velocidade da luz não mude se a fonte ou o observador estiverem em movimento? A velocidade da luz é constante e considerada a mais alta velocidade possível em nosso universo. Dessa maneira, nossa visão de espaço e tempo precisa mudar para que este postulado seja verdadeiro. É possível refletir com os alunos que a luz é produzida pela variação de campos elétricos e magnéticos e não haveria sentido em se observar um feixe de luz viajando-se com a mesma velocidade que este, pois dessa forma os campos não estariam variando em nossa visão e não haveria luz. Deixar os alunos discutirem à vontade.

Atividade G

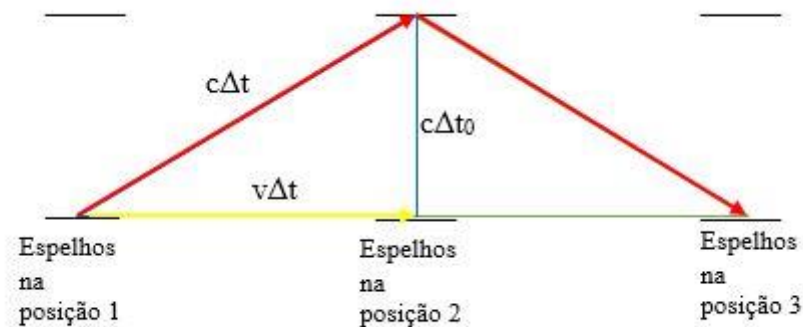
As dimensões espaciais são comprimento, largura e profundidade. Elas não conseguem descrever claramente um objeto pois este objeto nem sempre foi o que ele é e não será eternamente este objeto. É necessária a inclusão de uma quarta dimensão: o tempo. Uma caixa pode ser descrita por suas dimensões espaciais, mas nem sempre ela foi uma caixa e não será uma caixa eternamente. Sua descrição demonstra seu comprimento, sua largura e sua profundidade neste momento de tempo que estamos vivendo. Mais adiante ou no passado, não podemos afirmar as mesmas dimensões com certeza.

Atividade H

Dentro da nave observa-se:



Fora da nave, observa-se:



Somente é possível a luz ter a mesma velocidade e percorrer distâncias diferentes se o espaço ou o tempo forem modificados de maneira a compensar tais diferenças.

Atividade I

Desenvolver os cálculos e o pensamento junto com os alunos, pausadamente e pedindo para que eles digam qual o próximo passo. Ao entenderem uma vez, tudo ficará mais claro para os alunos.

Observando o primeiro triângulo do desenho, utilizamos o teorema de Pitágoras e desenvolvemos os cálculos:

$$(c\Delta t)^2 = (c\Delta t_0)^2 + (v\Delta t)^2$$

$$\begin{aligned}
 c^2 \Delta t^2 &= c^2 \Delta t_0^2 + v^2 \Delta t^2 \\
 c^2 \Delta t^2 - v^2 \Delta t^2 &= c^2 \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 (c^2 - v^2) &= c^2 \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 \left(\frac{c^2 - v^2}{c^2} \right) &= \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 \left[1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right) \right] &= \Delta t_0^2 \\
 \Delta t^2 &= \frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}
 \end{aligned}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}}$$

Onde podemos representar o fator

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

como γ (gama), que é conhecido por fator de Lorentz, ou seja:

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

E assim temos:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

Podemos perceber que o tempo não é absoluto e pode dilatar. A equação é conhecida como equação da dilatação temporal e demonstra que a noção de tempo absoluto está equivocada. Mas isso somente é perceptível a grandes velocidades, comparadas à velocidade da luz.

Atividade J

A teoria da relatividade restrita nos mostra uma nova maneira de pensarmos o espaço e o tempo, como não sendo absolutos. Vemos a quarta dimensão necessária para a descrição completa de um corpo. Percebemos que à grandes velocidades, próximas à velocidade da luz, o espaço e o tempo podem ser modificados e medidos de maneira diferente para observadores em referenciais diferentes (referenciais inerciais).

PLANO DE AULA 24**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 100 minutos

ASSUNTO: A teoria da relatividade restrita: a contração do comprimento e a comprovação da teoria

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Habilidades:

Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes.

Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física.

OBJETIVOS:

- Possibilitar, através de atividades teóricas e de experiências mentais, a interpretação dos postulados da Teoria da Relatividade Restrita e suas consequências.
- Utilizar os conhecimentos sobre o movimento relativístico e os postulados de Einstein para deduzir a contração do comprimento.
- Verificar a comprovação da Teoria da Relatividade Restrita através da pesquisa de experimentos realizados com os múons.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente são retomados os conceitos já aprendidos sobre relatividade do movimento e a Teoria da Relatividade Restrita, dando ênfase à dilatação temporal.

Em seguida, são distribuídas as folhas de atividades para registro e direcionamento dos alunos.

DESENVOLVIMENTO:

As atividades propõem aos alunos a continuação das discussões da relatividade iniciadas na última aula. Após a discussão de cada pergunta pela dupla, é feita a plenária para que todos exponham suas conclusões e ideias. Cada pergunta foi elaborada com o intuito de levar o aluno a interpretar os conceitos da teoria da relatividade restrita, portanto as discussões não podem deixar passar conceitos interpretados erroneamente.

Após as discussões das questões relacionadas à dilatação temporal, os alunos são convidados a realizar uma pesquisa sobre mésons μ (ou múons) e a dilatação temporal comprovando a Teoria da Relatividade Restrita, utilizando o laboratório de informática ou seus smartphones. Caso a escola não disponibilize de acesso à internet, deixamos um link do texto “A vida do múon” (s. d.) da Unicamp, de fácil entendimento e interpretação para ser impresso e utilizado pelo professor.

Após a realização da pesquisa, os alunos expõem em plenária o que compreenderam e o professor atua mediando e corrigindo possíveis distorções.

Em seguida, o professor auxilia aos alunos na dedução matemática da contração do comprimento e na resolução de exercício relacionado a este.

Após a resolução de todas as atividades, os alunos expõem suas conclusões de forma oral e apresentam suas dúvidas para que colegas e professor auxiliem em sanar qualquer dificuldade.

SÍNTESE INTEGRADORA:

Para conclusão foram apresentados trechos do filme sobre relatividade, da coletânea The Mechanical Universe and Beyond (Para além do universo mecânico) (1985) produzido por California Institute of Technology em 1985, para análise e síntese dos alunos.

AVALIAÇÃO:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas e apresentação dos resultados. Os registros devem ser realizados em duplas, na folha de atividades de registro e direcionamento.

Os alunos foram solicitados a realizarem pesquisas sobre como a teoria da relatividade restrita proporcionou mudanças significativas no desenvolvimento de tecnologias de comunicação e informação, para apresentação na sala de aula em forma de seminário.

RECURSOS FÍSICOS

- Quadro negro e giz;
- Laboratório de informática com acesso à internet ou textos impressos;
- Atividades impressas.

BIBLIOGRAFIA

A VIDA do múon. Unicamp, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html>>. Acesso em 28 de out. 2017.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução do original alemão Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: E. Blücher, 2002.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **Física IV – Ótica e Física Moderna**. 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

MECHANICAL UNIVERSE AND BEYOND. (Para além do universo mecânico). Direção de Mark Rothchild e Peter F. Buffa. Estados Unidos da América: California Institute of Technology (Caltech), 1985. (Arquivo pessoal).

OBSERVAÇÃO

Os trechos do filme sobre relatividade, da coletânea *The Mechanical Universe and Beyond* (Para além do universo mecânico) (1985) estão disponíveis na internet e no Youtube.

Na sequência constam as **atividades de registro e direcionamento para os alunos** e as possíveis respostas.

Atividade de registro e direcionamento para os alunos:

Colégio _____

Alunos (as): _____

Equipe: _____ Data: _____

Tarefa 24: A Teoria da Relatividade Restrita

Atividade A: Se você estivesse se movendo em uma nave espacial em alta velocidade em relação à Terra, você notaria alguma diferença em sua pulsação? E em seu volume? (HEWITT, 2015).

Atividade B: Dois observadores, A e B, concordariam em suas medições de tempo se A se movesse em relação a B com a metade da velocidade da luz? E se ambos se movessem juntos com a metade da velocidade da luz em relação à Terra? (HEWITT, 2015).

Atividade C: A dilatação temporal significa que o tempo de fato passa mais lentamente em sistemas que estão em movimento, ou o tempo apenas parece passar mais lentamente? Expliquem (HEWITT, 2015).

Atividade D: Pesquisem sobre as partículas denominadas mésons μ (ou múons) e como elas provam a dilatação temporal. Apresente os resultados de sua pesquisa para a turma.

Atividade E: A contração do comprimento está intimamente ligada à dilatação do tempo. Imagine uma barra de metal parada em relação ao chão e um trem muito rápido passando por ela. Escreva a dedução matemática da contração do comprimento, imaginando um observador no chão e outro no trem.

Atividade F: Um passageiro de uma nave interplanetária, deslocando-se com $v = 0,99c$, tira uma soneca de cinco minutos, pelo seu relógio. Quanto tempo durou a soneca do ponto de vista de um planeta β parado em relação à nave? Sabendo que a nave interplanetária tem 21 m de acordo com os seus passageiros, qual o comprimento observado do ponto de vista do planeta β ?

Possíveis respostas da atividade de registro e direcionamento para os alunos:**Tarefa 24: A teoria da Relatividade Restrita**

Atividade A

Se estivesse em uma nave extremamente veloz (ou parada), você não notaria mudança alguma em sua pulsação ou em seu volume. Isso porque a velocidade entre o observado, ou seja, você mesmo, e o observador é nula. Não ocorre qualquer efeito relativístico quando ambos estão parados em um mesmo sistema de referência (HEWITT, 2015).

Atividade B

Quando A e B estão se movendo um em relação ao outro, cada um observa uma diminuição no ritmo do tempo no sistema de referência do outro. Portanto, eles não concordam em suas medições de tempo. Quando estão se movendo juntos, eles compartilham do mesmo sistema de referência e concordam em suas medições de tempo. Cada um vê o tempo do outro transcorrer normalmente e cada um vê os eventos na Terra acontecerem com o mesmo ritmo mais lento. (HEWITT, 2015).

Atividade C

A diminuição no ritmo de passagem do tempo de sistemas em movimento não é meramente uma ilusão resultante do próprio movimento. O tempo de fato passa mais lentamente em um sistema que se move em relação a outro em repouso relativo (HEWITT, 2015).

Atividade D

O importante é que os alunos entendam que a detecção de tais partículas prova com firmeza a teoria da relatividade restrita. Deixar a discussão fluir entre os alunos na apresentação dos resultados da pesquisa.

Atividade E

Para o observador no chão é fácil fazer a medição da barra utilizando uma régua ou trena, pois ambos se encontram em um mesmo referencial. Vamos dizer que o comprimento da barra obtido pelo observador no chão seja L_1 . Esse é o comprimento próprio obtido pelo observador. O observador que se encontra no trem apenas pode medir a barra por meio da relação:

$$x = v\Delta t$$

Onde podemos substituir os valores já conhecidos do tempo próprio e utilizar a medida L_2 como sendo o comprimento da barra obtido pelo observador do trem.

$$L_2 = v\Delta t_0$$

Mas sabemos que:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

E assim temos:

$$L_2 = v \frac{\Delta t}{\gamma}$$

Onde:

$$v \Delta t = L_1$$

Então temos:

$$L_2 = \frac{L_1}{\gamma}$$

Que é mais comumente representada por:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

Onde podemos substituir o fator γ e obter:

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

Atividade F

Primeiro determinamos o fator γ :

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}} \\ \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{(0,99c)^2}{c^2}\right)}} \\ \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - (0,9801)}} \\ \gamma &= \frac{1}{\sqrt{0,0199}} \\ \gamma &= \frac{1}{0,141} \\ \gamma &= 7,092 \end{aligned}$$

Agora, utilizamos as equações da dilatação do tempo e contração do comprimento, lembrando que o tempo de 5 minutos e o tamanho de 21 metros são, respectivamente, o tempo próprio (Δt_0) e o comprimento próprio (L_0), pois são medidos pelo passageiro em seu referencial.

Para o tempo:

$$\begin{aligned} \Delta t &= \gamma \Delta t_0 \\ \Delta t &= 7,092 \cdot 5 \\ \Delta t &= 35,46 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Para o comprimento:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

$$L = \frac{21}{7,092}$$

$$L = 2,96 \text{ metros}$$

PLANO DE AULA 25**IDENTIFICAÇÃO**

ESCOLA/COLÉGIO:

CURSO: Ensino Médio

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR:

SÉRIE/ANO LETIVO: 1º Ano

CARGA HORÁRIA: 50 minutos

ASSUNTO: A teoria da relatividade restrita: seminários sobre a teoria

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:**Competências:**

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Habilidades:

Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes.

Frente a uma situação ou problema concreto, reconhecer a natureza dos fenômenos envolvidos, situando-os dentro do conjunto de fenômenos da Física.

OBJETIVOS:

- Apresentar, em forma de seminário, as revoluções causadas pela Teoria da Relatividade Restrita no desenvolvimento de tecnologias e da Física como um todo.

MOMENTOS DA AULA**INTRODUÇÃO/INCENTIVAÇÃO:**

Inicialmente são retomadas as ideias da Teoria da Relatividade Restrita. É feito um sorteio para saber a ordem das apresentações da pesquisa, em forma de seminário.

DESENVOLVIMENTO:

Os alunos fazem suas apresentações de como a relatividade revolucionou a maneira de se pensar o tempo e o movimento, assim como a evolução das tecnologias a partir desta teoria.

Após cada dupla ou equipe se apresentar, são abertas discussões para debate rápido.

SÍNTESE INTEGRADORA:

O professor conclui a aula destacando a importância do estudo da Teoria da Relatividade Restrita para o desenvolvimento da humanidade e dos conhecimentos do Universo.

AValiação:

Será considerada a participação do aluno frente as atividades propostas e apresentação dos resultados.

RECURSOS FÍSICOS

- Computador e projetor multimídia.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso 20 set. 2017

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução do original alemão Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: E. Blücher, 2002.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **Física IV – Ótica e Física Moderna**. 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

OBSERVAÇÃO

3 TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR

3.1 O movimento: do clássico ao relativístico

Para introduzir o ensino de física para os alunos do ensino médio é necessário deixar claro o que se pretende aprender e qual a importância da Física para sua vida e para seu cotidiano. A introdução à mecânica traz grandes oportunidades para que o aluno possa ter uma compreensão de todo universo da Física, dando um aparato muito bom para que ele possa ter um ensino profundo durante todo o Ensino Médio.

O estudo da Mecânica (movimentos) juntamente com a Teoria da Relatividade Restrita permite compreender todos os fenômenos que envolvem movimentos, desde o movimento de pequenos objetos até satélites, planetas, assim como partículas subatômicas. Juntamente com a Relatividade e, apesar das dificuldades encontradas para descrever os movimentos de partículas subatômicas, a Mecânica Quântica ajuda a compreender isso. Portanto, a base fundamental no estudo da Mecânica deve ficar clara para o aluno do Ensino Médio que irá compreender e aplicar seus conhecimentos durante todos os três anos de seus estudos de Física.

Para que o estudo da Mecânica faça sentido para o aluno é necessário colocar relações e práticas que o levem a compreender e perceber que o ensino está inserido em seu cotidiano, dentro de suas ações diárias e em tudo que ele vê e toca. Tudo isso faz com que ele perceba a importância de estudar e consegue relacionar com os conteúdos a serem estudados. Assim a Física não se tornará algo difícil de interpretar e compreender.

3.2 A apresentação do professor e da disciplina

Ao apresentar a disciplina de Física, o professor deve deixar claro para seus alunos a importância de tal para suas vidas e para a compreensão de toda a natureza que o cerca. É importante destacar questões que estão próximas ao aluno, fazendo com que as percepções da realidade dos estudos teóricos sejam facilmente percebidas com a prática e a percepção do cotidiano. Destaca-se esta parte porque realmente acredita-se que sem esse pensamento, os resultados com a aplicação do referido produto não serão promissores.

Segundo HEWITT (2015), em sua apresentação ao estudante de Física:

Você sabe que não pode se divertir em um jogo a menos que conheça suas regras, seja ele um jogo de bola, um jogo de computador ou simplesmente um passatempo. Da mesma forma, você não pode apreciar plenamente o que o cerca até que tenha compreendido as leis da natureza. A Física é o estudo dessas leis, que lhe mostrará como tudo na natureza está maravilhosamente conectado. Assim, a principal razão para estudá-la é aperfeiçoar a maneira como você enxerga o mundo. Você verá a estrutura matemática da Física em várias equações, mas as verá como guias do pensamento, mais do que como receitas para realizar cálculos.

Dessa forma, o aluno se divertirá ao aprender pois compreende a Física como um todo. Com a compreensão surge o prazer em aprender e buscar o conhecimento, que é o principal objetivo da educação, segundo a nossa concepção.

Para que o professor tenha o primeiro contato com a turma, é necessário fazer uma apresentação mostrando a sua formação, mas também deixar claro a importância de sua disciplina. Sugere-se, então, trabalhar com fotos e imagens de situações físicas relacionadas ao cotidiano e que levem os alunos a escolherem os colegas de trabalho que irão atuar com eles durante o período letivo. A apresentação de fatos, fotos, fenômenos da natureza, elementos, máquinas que estejam relacionados aos conteúdos estudados na Física fazem o aluno perceber os conhecimentos que ele terá contato durante todo o desenvolvimento da Física no ensino médio longo. Torna-se importante apresentar tais elementos que fazem parte dos conteúdos da Física para que o aluno possa perceber e ver que não é algo que está distante da sua realidade, mas que está inserido em seu cotidiano e muitas vezes não é percebido, que está dentro de cada ação, de cada tecnologia, de cada fenômeno da natureza que está diante de seus olhos e de sua vida.

Abaixo, nas figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, encontram-se algumas imagens relacionadas aos conteúdos que serão trabalhados durante todo o ensino médio na disciplina de Física.

Figura 3.1 – Crianças nadando



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/sunglasses-girl-swimming-pool-swimming-61129/>

Figura 3.2 – Balão em voo



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/blue-orange-and-yellow-hot-air-balloon-87744/>

Figura 3.4 – Raios durante uma tempestade



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/lights-night-weather-storm-66867/>

Figura 3.4 – Ônibus espacial em decolagem



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/flight-sky-earth-space-2166/>

3.3 As áreas que compõem o estudo da Física

Num segundo momento é necessário destacar quais são as áreas da Física que fazem parte desses estudos. Faz-se necessário compreender o que cada uma das áreas estuda, para que se possa trabalhar de maneira mais completa. Desse modo, apresenta-se como grandes áreas: a Mecânica, a Termodinâmica e o Eletromagnetismo.

Entretanto, é comum notar que em alguns livros didáticos ou artigos fazem a apresentação de outras áreas, como a divisão da Mecânica em Cinemática, Dinâmica e Estática. Na Termodinâmica pode-se encontrar divisões como a Termometria e Calorimetria. No Eletromagnetismo, pode-se apresentar os conteúdos como Eletrostática, Eletrodinâmica e Magnetismo. Existem também a apresentação de Ondulatória, Óptica, Acústica e Física Moderna.

A Mecânica é a parte da Física que se preocupa em estudar os movimentos, suas causas, conservação de energia, entre outros. A Termodinâmica se preocupa com o estudo do calor como forma de energia e suas transformações; estuda-se também as questões de temperatura, transmissão de energia e máquinas térmicas. O Eletromagnetismo compreende os estudos do movimento de cargas elétricas, campo elétrico, campo magnético e eletromagnético, forças eletromagnéticas e o comportamento da luz e suas propriedades (ROCHA et al., 2002).

3.4 Aspectos históricos da Física

Outra questão muito importante, é saber e compreender quais fatos históricos estão relacionados com cada área da Física, para compreender como que tudo está relacionado.

Compreender um pouco da história, faz parte dessa introdução ao ensino de Física: destacar questões históricas e toda a compreensão da Física e suas leis, suas construções, fazem com que o aluno seja motivado e levado a participar ativamente das atividades que serão propostas durante todo o ensino médio.

Para ROCHA et al. (2002):

O primeiro passo para uma investigação histórica sobre qualquer assunto é saber bem o seu significado, bem como a etimologia do termo.

Assim, para introduzir o estudo da Física, é necessário que se faça uma apresentação formal da Física, seu conceito e suas conquistas históricas mais relevantes. Sugere-se, então, fazer um trabalho com fatos históricos juntamente com os alunos, para que eles possam perceber grandes fatos que fizeram a Física ser o que é hoje e sua importância dentro da sociedade atual. Ao selecionar conquistas e fatos históricos da Física e apresentar aos alunos, estes poderão perceber como esta é desenvolvida dentro de situações históricas e necessidades que surgiram e fizeram com que houvessem tais desenvolvimentos. Logo na primeira parte, deve-se trabalhar com o histórico da Física de maneira a levar os alunos a perceberem a importância desta. Sugere-se um artigo para aprofundamento da história da Física, do professor Luiz Carlos de Lima (1999) ou então o livro História da Física: da Filosofia ao Enigma da Matéria Negra, de Anne Rooney (2013).

Na Tabela 3.1, encontram-se alguns fatos históricos importantíssimos que podem ser destacados para introdução do ensino da Física. Lembrando que são apenas alguns e podem ser substituídos por outros conforme a compreensão do professor.

Tabela 3.1 – Apresentação de alguns fatos históricos e suas divisões nas áreas da Física

Mecânica	Termodinâmica	Eletromagnetismo e Física Moderna
Leucipo, de Mileto, e seu aluno Demócrito, de Abdera, formulam as primeiras hipóteses sobre os componentes essenciais da matéria: o Universo é formado de átomos e vácuo.	Heron de Alexandria cria um dispositivo que produz movimento a partir da ebulição da água.	Huygens desenvolve a teoria ondulatória da luz.
Aristóteles descreve o movimento natural em termos de tendências naturais.	Boyle relaciona a pressão e o volume dos gases mantidos a uma temperatura constante.	Franklin propõe a conservação do “fogo” (carga) elétrico.

Arquimedes descreve o princípio do empuxo.	O carvão vegetal começa a ser substituído pelo carvão mineral nas fábricas da Europa.	Galvani descobre a “eletricidade animal”.
Ptolomeu aperfeiçoa o sistema geocêntrico.	Thomas Savery cria a máquina a vapor ou máquina de fogo que produzia vácuo por meio da condensação do vapor a alta pressão.	Coulomb determina precisamente a lei da força elétrica.
Copérnico publica seu sistema heliocêntrico.	Daniel Gabriel Fahrenheit constrói o termômetro de mercúrio.	Volta inventa a pilha seca.
Brahe mede com precisão as posições dos planetas no céu.	Thomas Newcomen cria a máquina a vapor a baixa pressão, mais tarde aperfeiçoada pelo escocês James Watt., a partir de uma máquina concebida para retirar a água que inundava as minas de carvão.	Young usa a teoria ondulatória para explicar a interferência.
Galileu usa o telescópio pela primeira vez como um instrumento astronômico.	Bernoulli explica o comportamento dos gases em termos de movimentos moleculares.	John Dalton começa a apresentar sua teoria de que a cada elemento químico corresponde um tipo de átomo.
Kepler publica as três leis do movimento planetário.	Lavoisier cria a teoria do calórico que era uma substância que escoava de um corpo a outro por causa da diferença de temperatura.	Young e outros apresentam evidência em favor da natureza ondulatória da luz.
Galileu avança na compreensão do movimento acelerado e cria o conceito de inércia.	Rumford defende que o calor é uma forma de movimento.	Oersted descobre o efeito magnético de uma corrente elétrica.
Newton apresenta a teoria da mecânica em seu livro chamado Princípios.	John Dalton começa a apresentar sua teoria de que a cada elemento químico corresponde um tipo de átomo.*	Ampère estabelece a lei de força entre fios percorridos por correntes elétricas.
Cavendish mede a constante gravitacional G.	Avogadro sugere que nas mesmas temperatura e pressão, todos os gases possuem o mesmo número de moléculas por unidade de volume.	Fraunhofer inventa a rede de difração.
Mayer e Joule sugerem uma lei geral da conservação da energia.	Carnot estabelece que o calor não pode ser totalmente transformado em trabalho.	Faraday e Henry descobrem a indução eletromagnética.
Einstein apresenta a teoria especial da Relatividade.	Mayer e Joule sugerem uma lei geral da conservação da energia.	Maxwell formula a teoria eletromagnética da luz.
Einstein apresenta a teoria geral da Relatividade.	As máquinas a vapor passam a ser compreendidas em termos de fluxo de energia entre fontes	Hertz gera e detecta ondas de rádio.

	térmicas de temperaturas diferentes.	
Schrödinger desenvolve a teoria ondulatória da mecânica quântica.	Planck introduz a ideia de quantum a partir do problema da radiação de corpo negro.*	Roentgen descobre os raios X.
Hubble descobre a expansão do Universo.	Fermi constrói e opera o primeiro reator nuclear.*	Bequerel descobre a radioatividade.
Pogge e Martini apresentam evidência da existência de buracos negros supermassivos em outras galáxias.	Oppenheimer e sua equipe em Los Alamos realizam uma explosão nuclear.*	Thomson identifica os raios catódicos como corpúsculos negativamente carregados (elétrons).
O laboratório CERN anuncia o descobrimento do bóson de Higgs.		Einstein introduz o conceito de corpúsculo de luz (fóton).
		Bardeen, Brattain e Shockley desenvolvem o transistor.

Fonte: Hewitt (2015).

*Os fatos aqui apresentados podem aparecer em outras áreas também, mas foram aqui colocados como uma maneira do aluno perceber que a forma de energia utilizada é o calor e que a teoria dos átomos e moléculas permitiu o desenvolvimento da Termodinâmica.

3.5 O método da Ciência

Importante também, ao apresentar a disciplina de Física, é o trabalho com o método da Ciência. O método da Ciência constitui-se na metodologia e nos requisitos que são utilizados pelos cientistas para obter informações acerca de um fenômeno ou algo que a natureza nos revela. O método da Ciência consiste em fazer análises de fenômenos seguindo uma determinada linha e organização que levam o cientista a compreender como tudo acontece, descobrindo e criando teorias sobre o nosso Universo.

O método da Ciência pode ser definido como um conjunto de procedimentos por meio dos quais um cientista consegue propor um conjunto de explicações para fenômenos, constituição e formação de materiais, etc. De forma geral, as etapas do método da Ciência são: observação, elaboração do problema, levantamento de hipóteses, experimentação, análise de dados e conclusão dos resultados.

Segundo Tipler e Mosca (2006):

O processo da ciência é baseado em construir, testar e conectar modelos ainda não estabelecidos, num esforço para descrever, explicar e prever a realidade. O processo envolve hipóteses, repetição de experiências e observações, e novas hipóteses.

É necessário dar oportunidade ao aluno de participar e sentir a sensação de ser um cientista fazendo utilizar o processo e o método da Ciência. Para isso, sugere-se a aplicação de um procedimento baseado no artigo: “Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física”, de Silva e Cruz (2009).

3.6 O Sistema Internacional de Unidades

O Sistema Internacional de Unidades é um conjunto de unidades medidas que foi criado para facilitar as trocas de informações, coleta de dados e até mesmo comércio pelas grandes dificuldades encontradas nessas situações que se apresentavam até o ano de 1960. Até meados deste ano, o mundo tinha diversos sistemas de medidas, com suas derivadas, o que dificultava muito as trocas de informações científicas e tecnológicas e até mesmo comércio. Com a implantação do Sistema Internacional de Unidades (SI), em 1971, durante a 14ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, tudo isso se tornou mais fácil e prático (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

O Sistema Internacional de Unidades estabelecido na Conferência sete unidades fundamentais, medidas a partir das quais são derivadas todas as demais. As unidades fundamentais do Sistema Internacional de Unidades estão apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Unidades Fundamentais do SI

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Temperatura	kelvin	K
Corrente elétrica	ampère	A
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade Luminosa	candela	cd

Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996.

Para o estudo da Mecânica, utiliza-se basicamente as três primeiras. Para isso é necessário saber suas definições atuais. Halliday, Resnick e Walker (1996) apresentam as definições mais atualizadas, que podem ser descritas de forma geral, da seguinte maneira:

- Metro: corresponde ao comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299.792.458$ de um segundo.
- Quilograma: a unidade padrão de massa é um bloco construído a partir de platina iridiada, com massa próxima de 1 litro de água destilada a uma temperatura de 4°C e fica guardada no Escritório Internacional de Pesos e Medidas, localizado na França.
- Segundo: é definido como tempo correspondente a 9.192.631.770 ciclos de radiação emitida entre dois níveis de energia do átomo de césio-133.

3.7 Notação científica e Ordem de grandeza

Para expressar grandezas muito grandes e muito pequenas que geralmente aparecem no estudo da Física, usa-se a chamada notação científica. A notação científica utiliza-se de potências de dez para representar qualquer valor que se apresenta em uma grandeza muito grande ou muito pequena. Segundo Tipler e Mosca (2006) “nessa notação, o número é escrito como um produto de um número entre 1 e 10 e uma potência de 10, tal como 10^2 (=100) ou 10^3 (=1000) ”.

É comum expressar números muito grandes ou muito pequenos utilizando notações simplificadas, utilizando-se potências de dez, como $3,2 \times 10^9$. Alguns exemplos:

- Distância da Terra ao Sol: $149\,600\,000\text{ km} = 1,49 \times 10^8\text{ km}$;
- Massa da Terra: $5\,980\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\text{ kg} = 5,98 \times 10^{24}\text{ kg}$;
- Raio atômico: $0,000\,000\,000\,1\text{ m} = 10^{-10}\text{ m}$;
- Massa do elétron: $0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,91\text{ kg} = 9,1 \times 10^{-31}\text{ kg}$.

Existem também prefixos para facilitar o trabalho de quem lida muito com números grandes e pequenos os prefixos mais conhecidos apresentam-se na Tabela 3.3 e cada um representa um múltiplo e submúltiplo de uma grandeza considerada padrão no sistema internacional.

Tabela 3.3 - Prefixos do Sistema Internacional de Unidades

Fator	Nome	Símbolo		Fator	Nome	Símbolo
10^1	deca	da		10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h		10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k		10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M		10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G		10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T		10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P		10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E		10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z		10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y		10^{-24}	yocto	y

Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996.

Assim, pode-se representar um número utilizando um desses prefixos. Exemplos:

- 5.000 m ou 5 km;
- 0,000 002 m ou 2 μ m.

A ordem de grandeza corresponde a valores aproximados de medidas que muitas vezes não conseguimos obter de maneira exata ou que buscamos aproximações para facilitar análises. Geralmente, define-se como ordem de grandeza a potência de dez mais próxima do número que representa uma grandeza com valores não exatos. É comum arredondar a medida para baixo quando o número representado em notação científica é menor que 5,5, ou seja, ele é considerado apenas 1. Se for maior que 5,5, aumenta-se uma potência de dez.

Em cálculos ou comparações grosseiras, às vezes arredonda-se um número para a potência de 10 mais próxima. Tal número indica uma **ordem de grandeza**. (TIPLER; MOSCA, 2006, p. 12).

Exemplos:

- O número 23.456 m pode ser representado por $2,3456 \times 10^4$ m. Como o número 2,3456 é mais próximo de 1, a ordem de grandeza é 10^4 m.
- O número 9.600.234 kg pode ser representado por $9,6000234 \times 10^6$ kg. Como o número 9,6000234 é maior que 5,5, a ordem de grandeza é ampliada para 10^7 kg.

3.8 Grandezas escalares e vetoriais

Outro grande conceito importantíssimo para introdução de ensino da Física corresponde às grandezas relacionadas com essa. As grandezas físicas estão relacionadas com as medidas que podem ser realizadas: toda medida quantitativa pode ser chamada de grandeza (HEWITT, 2015).

As grandezas podem ser divididas em grandezas escalares e grandezas vetoriais. Grandezas escalares são aquelas que são definidas com apenas um número e uma unidade de medida correspondendo então ao valor quantitativo de uma determinada medição realizada.

De outro modo, as grandezas vetoriais são um pouco mais complexas, mas que facilitam a interpretação e compreensão do fenômeno por completo. Grandezas vetoriais são aquelas que ficam definidas a partir de um vetor, que apresenta as características: valor numérico acompanhado de uma unidade de medida, denominada módulo ou intensidade; uma direção e um sentido (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996). Somente com esses três elementos é que ficam caracterizadas as grandezas vetoriais. Para representar uma grandeza Física vetorial, utilizamos a notação da letra que representa a grandeza em negrito ou com uma seta sobre a letra (GREF, 2003).

Exemplos:

Vetor velocidade: \mathbf{v} ou \vec{v} .

O vetor é representado graficamente por uma seta que possui o tamanho proporcional ao seu módulo, onde a reta representa a direção e a seta o sentido do vetor.

Figura 3.5 – Representação gráfica de um vetor



Fonte: o autor.

A seguir são apresentados alguns exemplos de grandezas escalares e grandezas vetoriais.

Grandezas escalares são apresentadas na Figura 3.6.

Figura 3.6 – Grandezas escalares: (a) uma tomada de tensão 127V; (b) 1 kg de farinha de trigo; (c) 1L de suco.



Fonte: o autor

Grandezas vetoriais são apresentadas nas Figuras 3.7, 3.8 e 3.9.

Figura 3.7 - O carro está se movimentando com velocidade de intensidade 20 km/h, direção horizontal e sentido da direita para a esquerda.



Fonte: o autor

Figura 3.8 - O menino encontra-se na posição 1 m, direção horizontal e sentido da direita para a esquerda do pé-direito da construção.



Fonte: o autor

Figura 3.9 - O menino exerce uma força de 5 N sobre a mesa, na direção vertical, sentido de cima para baixo.



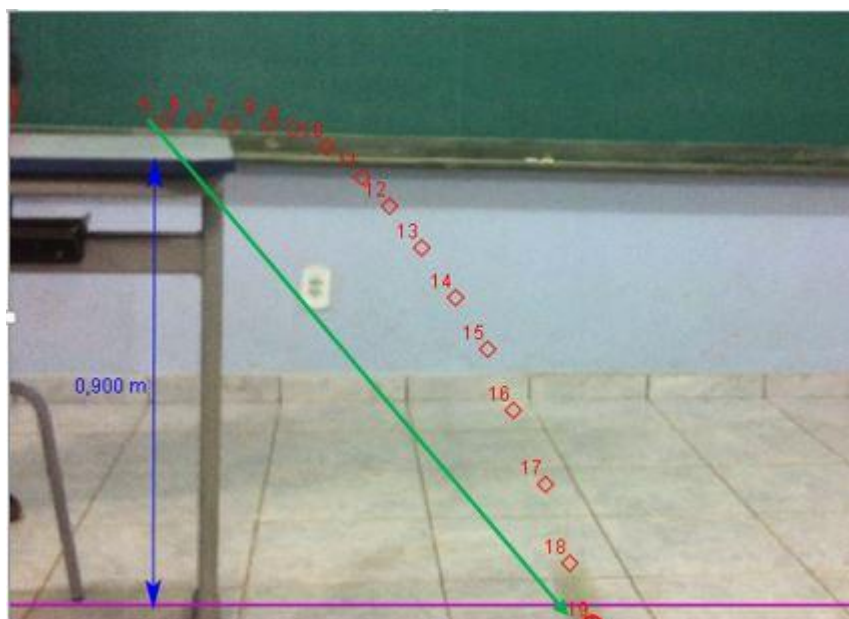
Fonte: o autor

3.9 Localização, deslocamento e caminho percorrido

Há também uma grande diferença, apresentada para Física, do que é o deslocamento e o caminho percorrido. O caminho percorrido é também chamado de trajetória e correspondem às diversas posições que um corpo ocupa quando está em movimento. O caminho percorrido corresponde, então, à medida quantificada da trajetória. De outra forma, deslocamento é uma outra grandeza física e ela corresponde, então, à distância do ponto inicial ao ponto final de uma trajetória, ou seja, o segmento de reta que liga o ponto inicial ao ponto final de um dado movimento realizado por um corpo (GREF, 2003).

Exemplo: na figura 3.10, uma bola de tênis rolou da mesa e caiu no chão. As marcas vermelhas representam as diversas posições ocupadas pelo corpo durante o movimento, ou seja, representam a trajetória e o caminho percorrido pelo corpo. A seta verde indica o deslocamento do corpo no espaço, ou seja, indica o ponto inicial e final do movimento.

Figura 3.10 – Caminho percorrido e deslocamento de uma bola de tênis ao rolar por uma mesa e cair no chão.



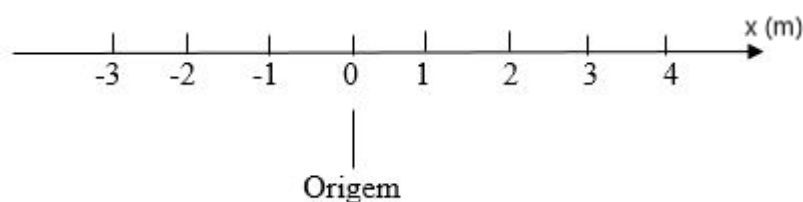
Fonte: o autor

O caminho percorrido é comumente chamado de deslocamento escalar e é representado por ΔS ou Δx . O deslocamento pode ser chamado de deslocamento vetorial e é representado por $\Delta \mathbf{r}$ ou, menos comumente, $\Delta \mathbf{P}$. Num movimento em linha reta, o deslocamento vetorial coincide com o deslocamento escalar.

O símbolo Δ , que representa a variação de uma grandeza, significa que o valor inicial da grandeza deve ser subtraído do valor final. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, p. 14, 1996).

Uma maneira fácil de analisar o deslocamento escalar de um corpo em movimento, é utilizando um eixo graduado em unidades de comprimento, onde o ponto 0 (zero) corresponde à origem e é um ponto de referência do movimento. O sentido para a direita é positivo e para a esquerda negativo.

Figura 3.11 – Eixo graduado em unidades de comprimento (metros) mostrando a origem das posições.



Fonte: o autor

Portanto, como exemplo, um corpo pode estar na posição $x_1 = -1$ m e ir para a posição $x_2 = 3$ m. Nesse caso, o deslocamento escalar é dado pela Equação 3.1:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (\text{Equação 3.1})$$

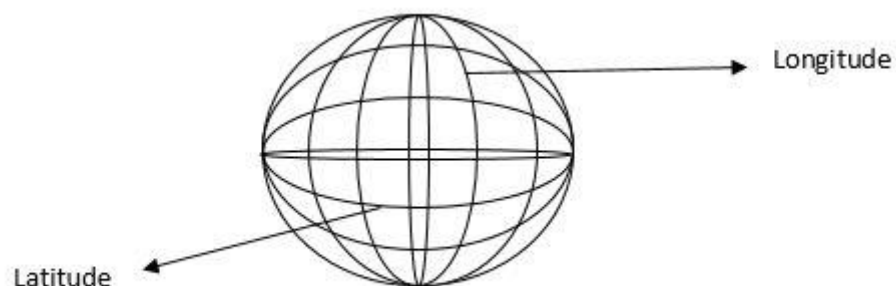
$$\Delta x = 3 - (-1)$$

$$\Delta x = 4 \text{ m}$$

Assim, o deslocamento escalar entre as posições x_1 e x_2 seria de 4 m. Caso o sentido fosse contrário, o resultado seria negativo.

A localização de um lugar sobre o globo terrestre é dada por duas informações principais: latitude e longitude. Por isso, o globo terrestre foi dividido em meridianos e paralelos, utilizando-se um sistema universal para facilitar a localização. Como a Terra possui formato esférico, os valores de latitude e longitude são ângulos tomados em relação a duas referências: os planos do Equador e do Meridiano de Greenwich, seguidos dos seus respectivos pontos cardeais (GREF, 2003).

Figura 3.12 - Latitude e longitude: um exemplo de coordenada polar esférica no globo terrestre.



Fonte: adaptado de GREF (2003).

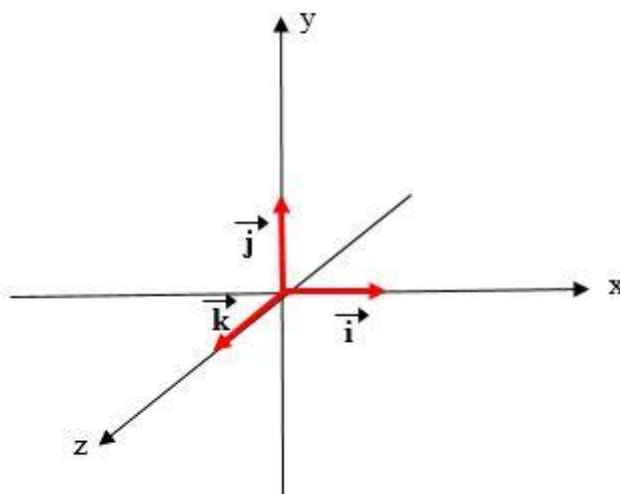
As navegações marítimas e aéreas utilizam-se desse sistema que é denominado Sistema de Coordenadas Polar Esférica, sendo que na aérea é necessária a adição da altitude.

Nos locais onde vivemos, temos também as nossas maneiras de nos localizarmos, como um ponto específico conhecido, uma praça, uma igreja, ruas principais, avenidas, pontos turísticos, a partir dos quais podemos localizar outros endereços utilizando-se pontos cardeais e coordenadas. Nesse caso, a localização de determinado corpo ou endereço é dada pelas coordenadas, geralmente cartesianas.

No estudo do movimento de um objeto pode-se utilizar o sistema em duas dimensões com as coordenadas x e y , ou sistema com três dimensões utilizando x , y e z . Para a representação de um determinado vetor posição utiliza-se os vetores unitários \mathbf{i} , \mathbf{j} e \mathbf{k} (que podem ser descritos em negrito, com acento circunflexo acima do vetor ou com uma seta sobre estes⁴) que representam vetores de módulo igual a 1 e respectivamente as posições de um objeto nas direções e sentidos x , y e z (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

⁴ A notação dos vetores unitários e outras grandezas vetoriais será representada com a seta nos esquemas e desenhos e em negrito nos textos, fazendo com que haja a naturalidade com os dois tipos de representação.

Figura 3.13 – Vetores unitários \mathbf{i} , \mathbf{j} e \mathbf{k} que definem um sistema de coordenadas retangulares.



Fonte: o autor, adaptado de HALLIDAY; RESNICK; WALKER (1996).

Assim, para representar a posição de um objeto ou de um lugar e fazer o estudo de um movimento, por exemplo, pode-se utilizar um mapa da cidade ou de um bairro e fazer uso das coordenadas cartesianas em duas dimensões, o que é mais comum e facilitado para alunos do Ensino Médio. Como exemplo, observe o mapa do centro do município de Rio Azul, estado do Paraná, com alguns pontos de referência bem conhecidos na cidade. Colocando-se as coordenadas cartesianas em qualquer ponto desse mapa, se estabelece um referencial e, com este, pode-se fazer a análise da posição de um corpo, seu caminho percorrido e deslocamento em relação a outros lugares.

Figura 3.14 - Sistema de coordenadas, com os vetores unitário e a localização de um ponto no mapa do município de Rio Azul.



Fonte: o autor, Google Maps, adaptado de GREF (2003).

Dessa maneira podemos perceber que a localização, ou posição, da Paróquia Sagrado Coração de Jesus, neste sistema de coordenadas e com este referencial adotado, é dada matematicamente por: $4 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}$. O vetor posição pode ser representado por $\mathbf{P}_1 = a \mathbf{i} + b \mathbf{j}$.

Pode-se, então, adotar a escala do mapa e descobrir o módulo do vetor posição \mathbf{P}_1 em relação ao referencial adotado.

$$\mathbf{P}_1 = 4 \mathbf{i} + 3 \mathbf{j}$$

Lembrando que o módulo de um vetor em duas coordenadas é dado pela Equação 3.2.

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

(Equação 3.2)

Onde R é o módulo do vetor resultante e a e b são respectivamente as unidades ou o módulo em relação aos eixos x e y .

Assim, substituindo na Equação 3.2 os valores obtidos na Figura 3.14, temos:

$$R = \sqrt{4^2 + 3^2}$$

$$R = \sqrt{16 + 9}$$

$$R = \sqrt{25}$$

$$R = 5 \text{ unidades}$$

Se, por exemplo, no mapa a escala seja de 1 cm: 100 m, teremos que a posição da Paróquia Sagrado Coração de Jesus é de 500 m em relação ao referencial adotado.

Vamos agora tomar as coordenadas da Prefeitura Municipal como \mathbf{P}_2 juntamente com a \mathbf{P}_1 no mapa para descobrir o vetor deslocamento e trabalhar com o caminho a ser percorrido de um ponto a outro.

Figura 3.15 – Representação dos vetores posição \mathbf{P}_1 e \mathbf{P}_2 no sistema de coordenadas adotado para o centro do município de Rio Azul.



Fonte: o autor, Google Maps, adaptado de GREF (2003).

Percebe-se que as coordenadas da Prefeitura Municipal podem ser representadas por $\mathbf{P}_2 = 6 \mathbf{i} + 7 \mathbf{j}$. E assim pode-se determinar o deslocamento e o caminho percorrido entre estes dois pontos.

Para isso, precisa-se determinar a posição inicial e a posição final. Vamos supor \mathbf{P}_1 a posição inicial e \mathbf{P}_2 a posição final. Como o deslocamento representa a variação de posição,

vamos diminuir as coordenadas e encontrar o vetor deslocamento \mathbf{d} ou $\Delta\mathbf{r}$, através da Equação 3.3.

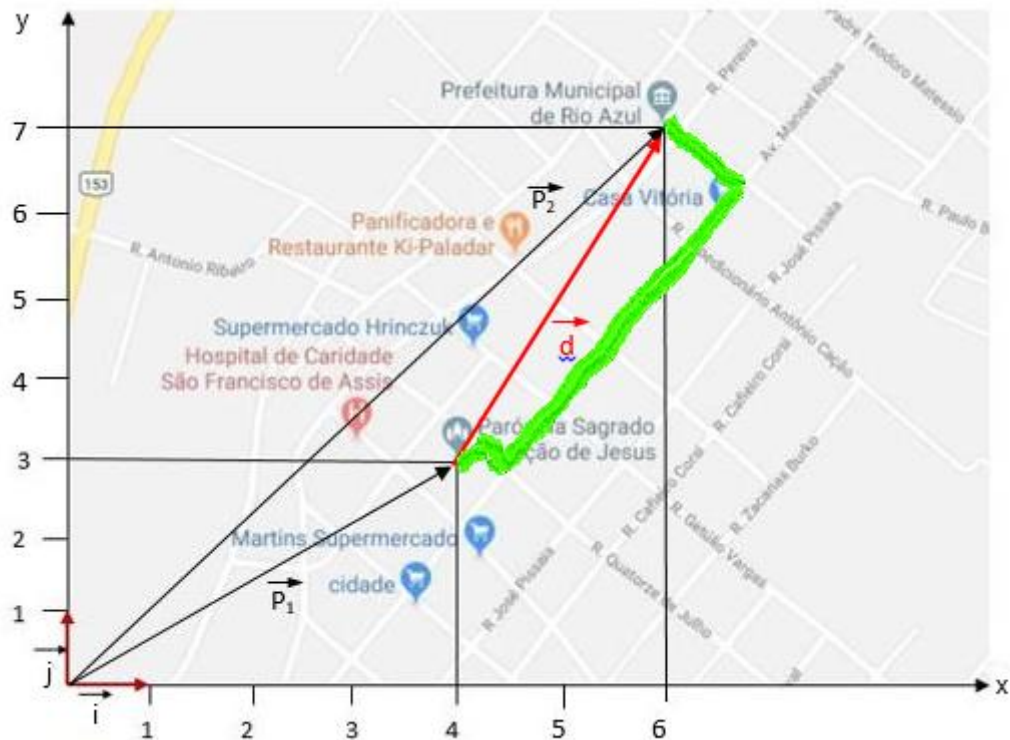
$$\mathbf{d} = \mathbf{P}_2 - \mathbf{P}_1 \quad (\text{Equação 3.3})$$

$$\mathbf{d} = (6\mathbf{i} + 7\mathbf{j}) - (4\mathbf{i} + 3\mathbf{j})$$

$$\mathbf{d} = 2\mathbf{i} + 4\mathbf{j}$$

Na figura 3.16, a seta vermelha representa o vetor deslocamento e o caminho verde representa o caminho percorrido, afinal, seria necessário percorrer tal distância pelas ruas da cidade e nem sempre pode-se movimentar em linha reta.

Figura 3.16 – Representação do caminho percorrido e do deslocamento entre as posições \mathbf{P}_1 e \mathbf{P}_2 .



Fonte: o autor, Google Maps, adaptado de GREF (2003).

Se for necessário determinar o caminho percorrido, utiliza-se a escala do mapa e mede-se a linha verde, utilizando uma régua, por exemplo. Se for necessário determinar o deslocamento, calcula-se o módulo do vetor deslocamento, como já descrito sobre o vetor \mathbf{P}_1 , utilizando a Equação 3.2.

$$R = \sqrt{2^2 + 4^2}$$

$$R = \sqrt{20}$$

$$R = 4,47 \text{ unidades}$$

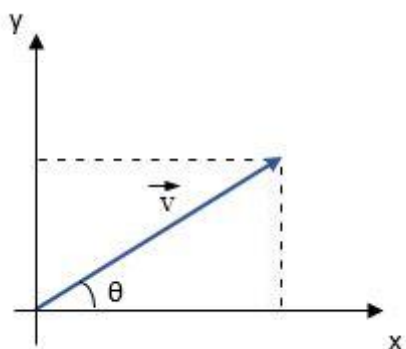
Novamente, se a escala for de 1 cm: 100 m, pode-se afirmar que o deslocamento foi de 447 metros entre P_1 e P_2 . E o mais interessante de tudo é que não importa onde foi estabelecido o referencial, o resultado obtido será sempre o mesmo. Isso permite ao aluno a autonomia de estabelecer seu referencial de sua maneira.

3.10 Componentes retangulares de um vetor

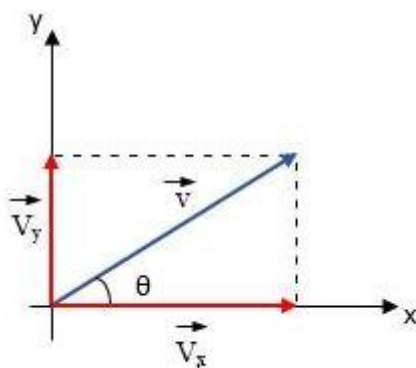
Analisando um vetor em duas dimensões, muitas vezes se torna mais prática a utilização de suas componentes num sistema de coordenadas retangulares. Para isso, traça-se perpendiculares aos eixos coordenados a partir da extremidade do vetor através do processo denominado decomposição de um vetor. Assim obtém-se as coordenadas retangulares (ou componentes) de um vetor \mathbf{v} , normalmente representadas por \mathbf{v}_x e \mathbf{v}_y (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996). Obviamente isso vale também para a terceira dimensão, que não será abordada neste trabalho.

Observe, na figura 3.17, como é feita a decomposição de um vetor \mathbf{v} que possui um ângulo θ em relação ao eixo x das coordenadas cartesianas.

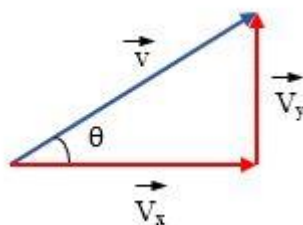
Figura 3.17 – Decomposição de um vetor \mathbf{v} em coordenadas (ou componentes) retangulares \mathbf{v}_x e \mathbf{v}_y : (a) O vetor \mathbf{v} no eixo coordenado; (b) as componentes do vetor; (c) as componentes deslocadas formando os catetos de um triângulo retângulo.



(a)



(b)



(c)

Fonte: o autor, adaptado de TIPLER e MOSCA (2006).

Pode-se perceber que é possível mover as componentes desde que o módulo, a direção e o sentido do vetor não se alterem. Assim fica fácil perceber que o valor das componentes pode ser obtido através das relações de seno e cosseno:

$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \theta = \frac{V_y}{V}$$

$$V_y = V \text{ sen } \theta$$

(Equação 3.4)

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{cos } \theta = \frac{V_x}{V}$$

$$V_x = V \text{ cos } \theta$$

(Equação 3.5)

Assim, sempre que for necessário decompor um vetor para analisar um movimento em duas dimensões, pode-se utilizar as relações demonstradas, ou seja, as Equações 3.4 e 3.5.

Deve-se lembrar também que se caso tivermos as componentes de um vetor, pode-se obter o módulo deste vetor através da Equação 3.6.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

(Equação 3.6)

E através da relação tangente, Equação 3.7, se consegue determinar o ângulo θ do vetor em relação ao eixo x:

$$\tan \theta = \frac{V_y}{V_x}$$

(Equação 3.7)

3.11 Operações com vetores

Ao realizar operações com vetores, precisa-se ter consciência que se trata de uma grandeza que possui módulo, direção e sentido e, por isso, não segue as mesmas regras das operações com escalares (GREF, 2003).

Normalmente, quando se realiza operações com vetores utiliza-se os métodos gráficos que, apesar de trabalhosos, demonstram perfeitamente os processos e a resultante das operações com sua direção e sentido claramente expostos.

Primeiramente, consideremos uma situação em que precisamos somar dois vetores, como, por exemplo, dois deslocamentos **a** e **b**, conforme demonstrados na Figura 3.18, a fim de obter a resultante da soma $\mathbf{R} = \mathbf{a} + \mathbf{b}$. Pode-se fazer esse processo através da regra do paralelogramo ou a regra do polígono. Em ambos o resultado obtido será o mesmo.

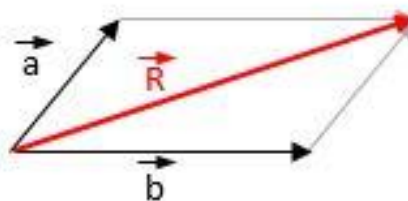
Figura 3.18 – Representação dos deslocamentos a e b de maneira gráfica.



Fonte: o autor.

Na regra do paralelogramo, unem-se as origens dos vetores e traça-se retas paralelas a esses vetores. O vetor traçado da origem até o ponto de encontro dessas paralelas corresponde ao vetor resultante \mathbf{R} (TIPLER; MOSCA, 2006).

Figura 3.19 – Soma dos vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} utilizando a regra do paralelogramo.



Fonte: o autor, adaptado de TIPLER e MOSCA (2006).

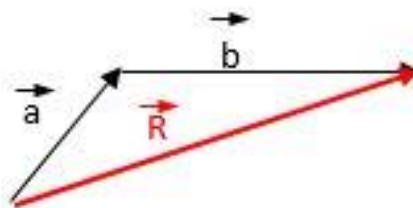
O módulo deste vetor é dado pela Equação 3.8.

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

(Equação 3.8)

Na regra do polígono, une-se a extremidade de um vetor à origem do outro e traça-se um vetor \mathbf{R} da origem do primeiro à extremidade do último (TIPLER; MOSCA, 2006).

Figura 3.20 – Soma dos vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} utilizando a regra do polígono.

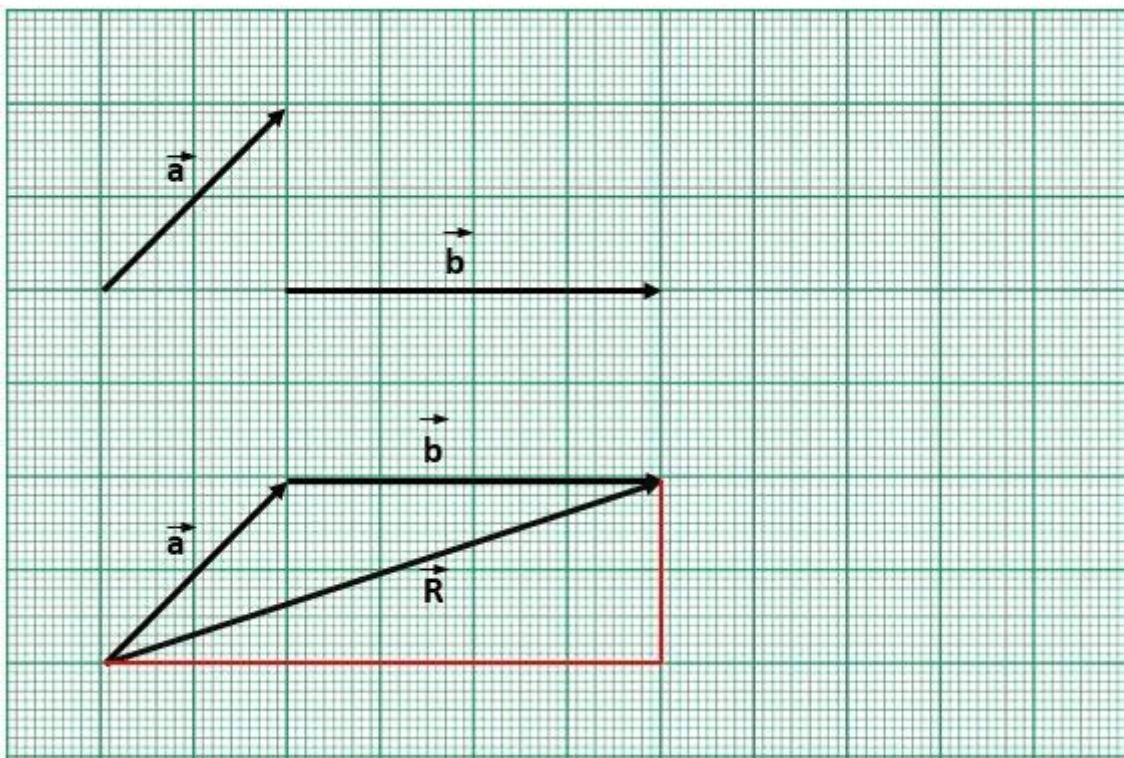


Fonte: o autor, adaptado de TIPLER e MOSCA (2006).

Para realizar este tipo de trabalho, geralmente utiliza-se folhas de papel milimetrado para que os alunos possam desenvolver suas habilidades geométricas e evitem distúrbios de tamanhos e ângulos, buscando também novas formas de obter o valor do módulo, como exemplificado na Figura 3.21.

Neste caso, o aluno pode determinar o módulo do vetor \mathbf{R} utilizando o teorema de Pitágoras, onde as linhas vermelhas representam os catetos e a hipotenusa corresponde ao vetor resultante \mathbf{R} .

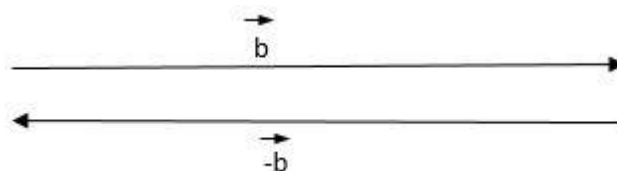
Figura 3.21 – Soma dos vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} utilizando a regra do polígono e o Teorema de Pitágoras no papel milimetrado.



Fonte: o autor.

Para realizar uma subtração de vetores, segue-se o mesmo procedimento da soma, pois subtrair um vetor \mathbf{b} é o mesmo que somar um vetor $-\mathbf{b}$. Esse vetor $-\mathbf{b}$ corresponde a um vetor oposto, com mesmo módulo, mesma direção e sentido contrário.

Figura 3.22 – Representação de um vetor \mathbf{b} e seu oposto $-\mathbf{b}$.



Fonte: o autor.

Consideremos os vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} da Figura 3.23, onde deve-se obter a subtração $\mathbf{R} = \mathbf{a} - \mathbf{b}$.

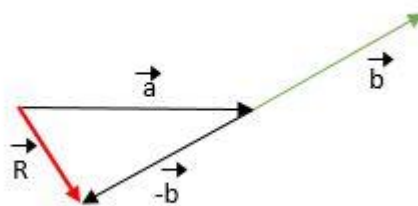
Figura 3.23 – Vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} a serem utilizados na subtração de vetores.



Fonte: o autor.

Para obter a subtração $\mathbf{R} = \mathbf{a} - \mathbf{b}$, pode-se escrever $\mathbf{R} = \mathbf{a} + (-\mathbf{b})$ e proceder conforme a Figura 3.24.

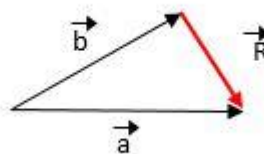
Figura 3.24 –Subtração de vetores utilizando o vetor oposto.



Fonte: o autor.

Outra maneira de subtrair vetores os vetores \mathbf{a} e \mathbf{b} é desenhá-los com as origens coincidentes. Assim nota-se que o vetor resultante \mathbf{R} é o vetor que deve ser adicionado a \mathbf{b} para se obter o vetor \mathbf{a} (TIPLER; MOSCA, 2006).

Figura 3.25 –Subtração de vetores utilizando as origens coincidentes destes.



Fonte: adaptado de TIPLER e MOSCA (2006).

Para realizar multiplicação, vamos considerar apenas a situação de multiplicar um escalar por um vetor. Um vetor \mathbf{a} multiplicado 2 terá seu módulo multiplicado por 2, mantendo-se sua direção e seu sentido. Uma divisão por um escalar segue a mesma regra, pois dividir é o mesmo que multiplicar por um número decimal ou fracionário (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

Figura 3.26 – Representação de vetores multiplicados por um escalar.



Fonte: o autor.

3.12 Ponto material e corpo extenso

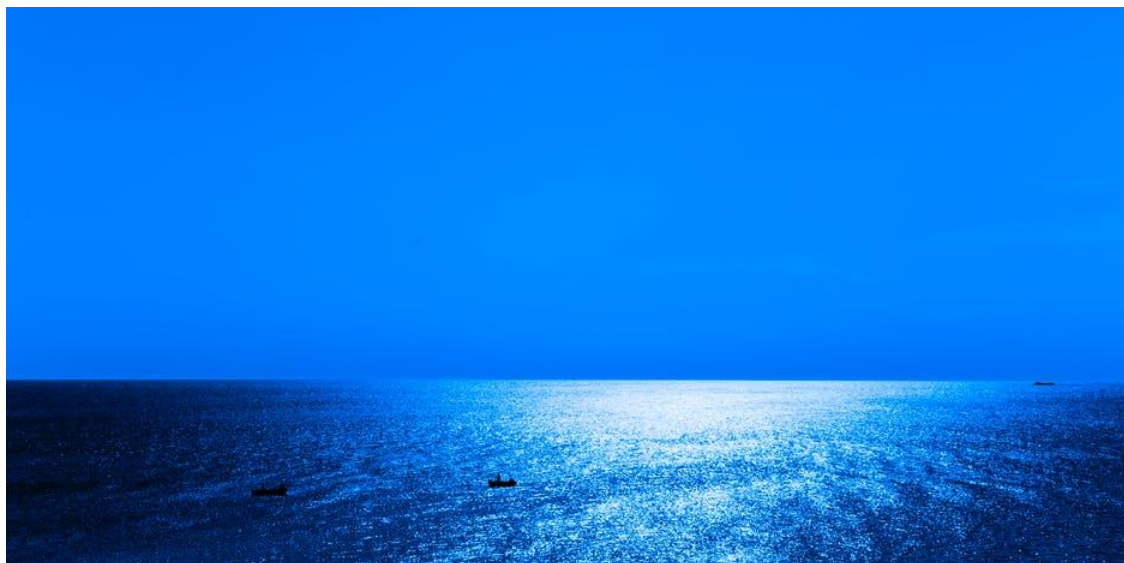
Ao estudar os movimentos, alguns conceitos básicos são importantes para a compreensão das situações que serão apresentadas durante este estudo. Assim, é necessário ter noção dos conceitos de ponto material e corpo extenso.

Quando, no estudo de um determinado movimento, menciona-se um corpo genérico sem especificar detalhes sobre o tamanho deste, pode-se denominar este corpo como ponto material. Dessa forma, a expressão ponto material é utilizada para “representar um corpo cujas dimensões podem ser consideradas desprezíveis em relação ao local e às dimensões em que todo o processo do movimento ocorre” (HEWITT, 2015).

Da mesma forma, pode-se pensar em um corpo cujas dimensões não podem ser desprezadas em relação ao local em que o fenômeno ou movimento é estudado e analisado. Portanto, existem situações em que é necessário considerar o tamanho do corpo envolvido no movimento e, neste caso, denomina-se corpo extenso (HEWITT, 2015).

Veja os exemplos apresentados nas Figuras 3.27 e 3.28:

Figura 3.27 - Um navio possui dimensões desprezíveis em relação ao oceano por onde navega. Logo pode ser considerado um ponto material nesta situação.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/view-of-sea-with-boats-802201>.

Figura 3.28 – Um navio atracando no porto possui dimensões consideráveis em relação a este e não podem ser desprezadas durante a análise deste movimento. Logo, é considerado um corpo extenso.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/white-cruise-ship-on-seashore-70370>.

3.13 Referenciais, trajetórias e a relatividade do movimento

Tudo se move. Mesmo as coisas que parecem estar em repouso. Elas se movem em relação ao Sol e às estrelas. Enquanto você está lendo isto, está se movendo [...] (HEWITT, p. 40, 2015).

Dizer que um corpo está em repouso ou em movimento não é uma tarefa tão simples para a Física. Como exemplo, pode-se imaginar uma pessoa viajando em um ônibus, de uma cidade para outra. Essa pessoa está sentada e observa o motorista à sua frente. Do lado de fora, uma outra pessoa sentada na varanda de sua casa, observa o ônibus passar pela rodovia. Perceba que, para afirmar que tem algo ou alguém em movimento, é necessário falar em relação à que ocorre este movimento. Poderia-se afirmar que o ônibus está em movimento em relação à pessoa que se encontra do lado de fora deste. Ou ainda, que a pessoa dentro do ônibus está em repouso em relação a este.

Para saber se um corpo se encontra em repouso ou em movimento, precisa-se de um ponto de referência, que são chamados de referenciais. Esse ponto pode ser um objeto, uma árvore, uma construção, um automóvel, uma estrada, uma pessoa, uma estrela, um planeta, entre outros. Dessa forma, um corpo pode estar em movimento em relação a um observador e em movimento em relação a outro (GASPAR, 2014).

Pode-se perceber e afirmar que o movimento é relativo, ou seja, depende do observador e do referencial em que este se encontra. Um corpo está em movimento quando, em um intervalo de tempo, sua posição muda em relação a um referencial adotado. Caso contrário, está em repouso (TIPLER; MOSCA, 2006).

Na Figura 3.29, pode-se perceber o movimento do trem em relação à pessoa e ao solo.

Figura 3.29 – O movimento de um trem tendo como referencial o solo e a pessoa sobre este.



Fonte: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/adulto-agil-borrao-casaco-com-capuz-298018>.

Veja na Figura 3.30 uma situação onde pode-se adotar a ideia de que o fotógrafo tentou tomar como referencial a bicicleta e a pessoa que está sobre ela. Existe a sensação de que o movimento está ocorrendo com todo o restante dos componentes da fotografia, menos com a bicicleta e a pessoa que a utiliza. E não está errado. Para esta pessoa, as posições dos demais componentes do meio mudam em relação a ela e, portanto, estão em movimento para seu referencial.

Figura 3.30 – O movimento de uma pessoa andando de bicicleta com uma representação do referencial como sendo a bicicleta.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/man-riding-bicycle-on-city-street-310983>.

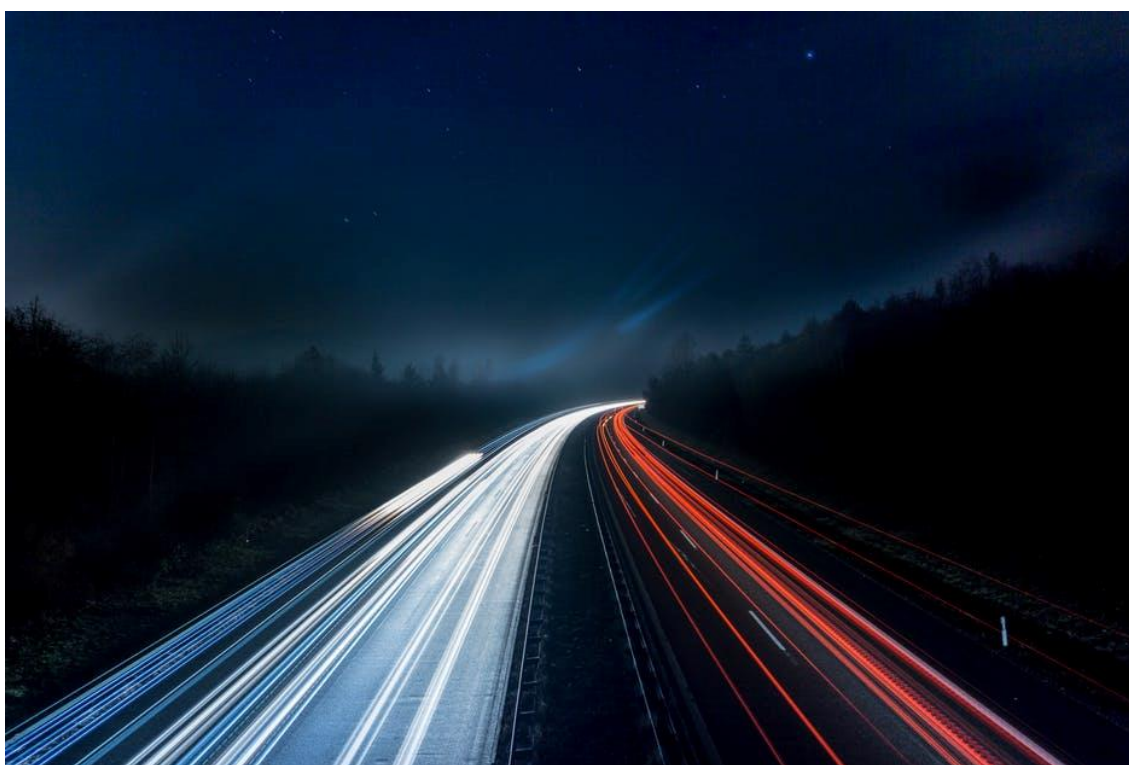
Os referenciais podem apresentar algumas diferenças importantes para um movimento. Se você estiver em repouso ou em movimento uniforme (velocidade constante) em um determinado referencial, os fenômenos observados são idênticos para ambos os casos. Imagine uma situação onde estamos em um avião movimentando-se em velocidade constante e segurando um copo de água na mão. Podemos segurar essa água, bebê-la, passá-la para outro copo como se o avião estivesse parado no aeroporto (referencial), ou seja, em repouso em relação ao aeroporto. Esses referenciais são denominados referenciais inerciais.

Se não existem forças atuantes sobre um corpo, qualquer referencial em relação ao qual a aceleração do corpo permanece nula, é um **referencial inercial**. (TIPLER; MOSCA, 2006).

Entretanto, quando estamos em um referencial que apresenta movimentos bruscos de mudança de velocidade (aceleração), os fenômenos não acontecem da mesma maneira que estamos acostumados. No mesmo exemplo do avião, caso o piloto estivesse parado em relação ao solo e começasse o movimento de decolagem, possivelmente as situações anteriormente apresentadas seriam diferentes. É provável que derramaríamos a água por causa do movimento brusco da aceleração do avião. Neste caso, dizemos que o nosso referencial (avião) é um referencial não inercial.

Agora, observe a Figura 3.31:

Figura 3.31 – Representação das várias posições dos faróis dos carros no movimento em relação à rodovia.

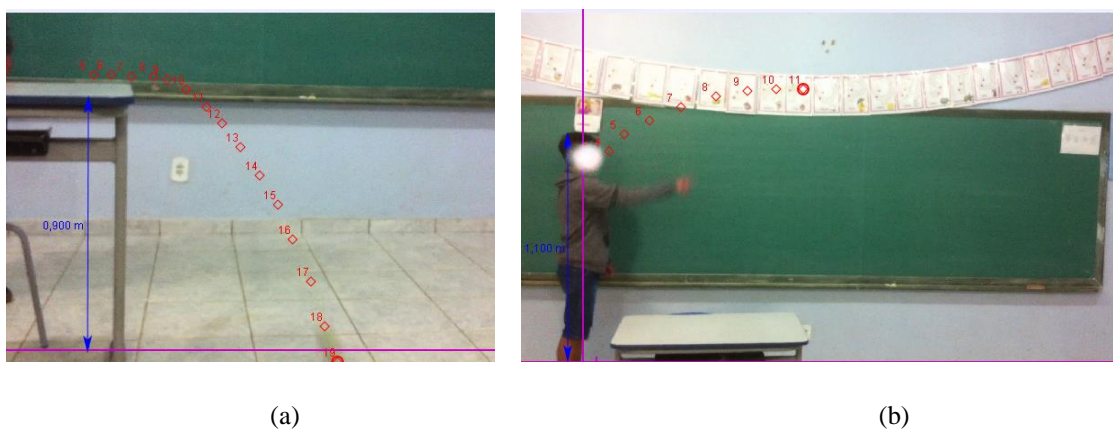


Fonte: <https://www.pexels.com/photo/light-trails-on-highway-at-night-315938>.

As várias posições dos carros, movimentando-se durante um determinado intervalo de tempo em relação à rodovia, foram registradas pelo fotógrafo. Essas várias posições descrevem a trajetória destes faróis presos aos carros.

Veja outro exemplo na Figura 3.32:

Figura 3.32 – Representação das várias posições de uma bola de tênis que: (a) rola sobre a mesa e cai no chão; (b) é lançada pelo jovem.



Fonte: o autor.

Como citado anteriormente, a trajetória representa as várias posições de um corpo em movimento em relação a um referencial e o seu caminho percorrido; este, por sua vez, corresponde à medida da trajetória. Dessa forma, se a trajetória for uma reta, o movimento será denominado retilíneo; se a trajetória for uma curva, o movimento será denominado curvilíneo.

3.14 Velocidade

É muito difícil imaginar que alguém não tenha ouvido falar em velocidade durante sua vida. Ou pelo menos o termo rapidez. Quando precisamos de agilidade em realizar algo, pensamos ou somos exigidos a sermos rápidos. Mas, para a Física, o significado é o mesmo?

Para entender melhor, vamos partir do estudo do movimento que estamos realizando. Imagine que estamos em um veículo em movimento e observamos o velocímetro identificando a velocidade de 60 km/h (quilômetros por hora). Analisando apenas a unidade de medida (km/h), pode-se identificar alguns fatores que estão relacionados com o conceito de velocidade. Quilômetros (km) corresponde a uma medida de distância e hora (h) corresponde a uma medida de tempo. Dessa forma, podemos deduzir que a velocidade corresponde a uma relação de espaço e tempo, aqui expressa somente em seu módulo.

$$v = \frac{\text{Distância}}{\text{tempo}}$$

A velocidade pode ser definida como a distância percorrida por unidade de tempo. O símbolo da barra (/) significa “dividido por” e lemos apenas “por”. Assim, qualquer combinação

entre unidades de distância e tempo é considerada válida para medir a velocidade (HEWITT, 2015). Exemplos: m/s (metros por segundo), cm/s (centímetros por segundo), mi/h (milhas por hora⁵), entre outros.

Caso haja necessidade de se transformar km/h para m/s, pode-se fazê-la seguindo as transformações individuais de cada unidade de medida. Para demonstrar, imagine um corpo movimentando-se com velocidade de 1 km/h. Isso significa que este corpo percorre 1 km (1000 m) de distância a cada 1 hora (3600 s). Mas qual a distância em metros percorrida em 1 segundo? Usa-se a definição de velocidade e troca-se as unidades de medidas:

$$v = \frac{\text{Distância}}{\text{tempo}} = \frac{1\text{km}}{1\text{h}} = \frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}} = \frac{1}{3,6}\text{ m/s}$$

Ou seja, para transformar a velocidade de km/h para m/s, divide-se o valor por 3,6. Em caso inverso, multiplica-se por 3,6.

Quando um corpo está em movimento, geralmente sofre variações de velocidade. Então, torna-se mais fácil e comum analisar a velocidade média durante um determinado percurso, pois nos dá um valor médio em meio a tantas variações ocorridas.

Vimos anteriormente que a velocidade corresponde a uma grandeza vetorial e, portanto, apresenta uma intensidade, uma direção e um sentido. Se analisarmos todas as características do vetor velocidade durante um determinado percurso em um intervalo de tempo, estaremos nos referindo à **velocidade vetorial média**. Mas se quisermos apenas analisar o módulo ou a intensidade da velocidade, sem levar em consideração sua direção e seu sentido, estaremos nos referindo à **velocidade escalar média**. Dessa forma, na velocidade vetorial média trabalhamos com a variação do vetor posição em um determinado intervalo de tempo; na velocidade escalar média, trabalhamos com a variação do deslocamento escalar (equação 3.1) ou distância total em um determinado intervalo de tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

Matematicamente pode-se representar a **velocidade escalar média** como:

$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ou

$$\Delta x = v_m \Delta t$$

⁵ A milha é muito utilizada nos Estados Unidos e corresponde a 1 609,344 metros.

(Equação 3.9)

Onde:

 $\Delta x = x_2 - x_1$ (Variação de espaço ou distância percorrida); $\Delta t = t_2 - t_1$ (Intervalo de tempo).E pode-se representar a **velocidade vetorial média** como:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

(Equação 3.10)

Onde:

 $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ (Variação do vetor posição); $\Delta t = t_2 - t_1$ (Intervalo de tempo).

Corpos em movimento sofrem constantes variações de velocidade. As velocidades médias nos dão uma noção do que ocorre com a velocidade em um determinado intervalo de tempo, mas não em um dado instante. Se você estiver em um carro e olhar a cada instante para o velocímetro, você poderá saber esta velocidade. Quanto menor for o intervalo de tempo utilizado, maior será sua precisão do que chamamos de **velocidade instantânea**. Para isso, pode-se utilizar a relação:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

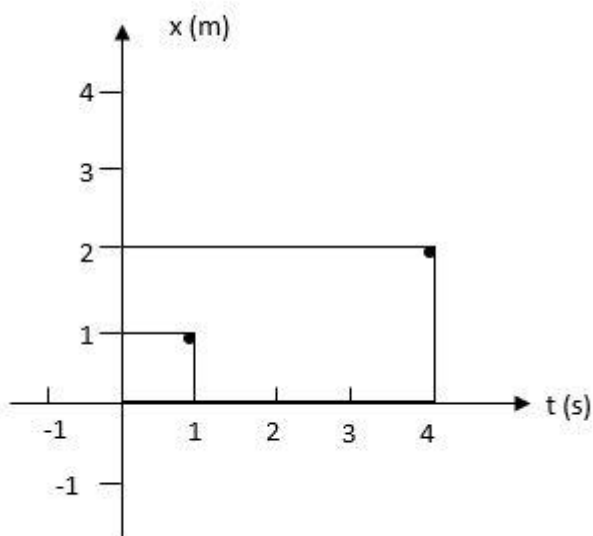
(Equação 3.11)

Dizemos que a velocidade instantânea é igual a velocidade média, quando o intervalo de tempo tende a zero.

À medida que Δt diminui, a velocidade média tende a um valor limite, que é a velocidade naquele instante [...] ((HALLIDAY; RESNICK; WALKER, p. 17, 1996).

Como já visto anteriormente, pode-se representar a posição de um corpo utilizando o plano cartesiano e, uma das formas mais comuns, consiste em representar a posição do corpo num determinado instante, de modo que a posição esteja em função do tempo ($x(t)$).

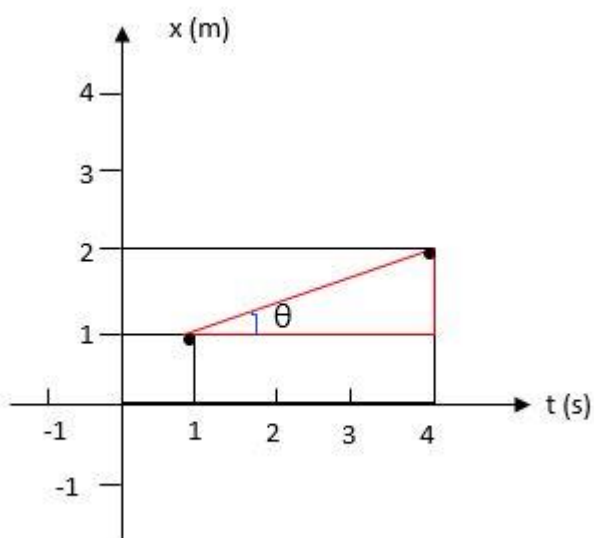
Figura 3. 33 – Posições de um corpo em dois intervalos de tempo representados no gráfico $x(t)$.



Fonte: o autor.

No caso da Figura 3.33, o corpo se encontrava na posição $x_1 = 1$ m no instante 1 s, e se encontrava na posição $x_2 = 2$ m no instante 4 s. Percebe-se aqui que é possível determinar a velocidade deste corpo utilizando a inclinação da reta e a função tangente, ou seja, $v = \text{tg } \theta$.

Figura 3.34 – Gráfico da posição versus tempo mostrando a inclinação da reta entre as duas posições e intervalo de tempo.



Fonte: o autor.

Como o cateto oposto a θ do triângulo da Figura 3.34 corresponde a Δx e o cateto adjacente corresponde a Δt , sabe-se que:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\textit{cateto oposto}}{\textit{cateto adjacente}}$$

(Equação 3.12)

Substituindo na Equação 3.12, obtemos a Equação 3.13.

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

(Equação 3.13)

Pode-se, então, perceber que a Equação 3.13 é numericamente igual a Equação 3.9, que é a equação da velocidade escalar média.

Outra questão importante sobre a velocidade vetorial, é que ela também depende de um referencial. Se você está em um carro que se movimenta a 60 km/h em relação à estrada, você também se movimenta a 60 km/h em relação à mesma, mas pode estar em repouso em relação ao carro. Um carro que viaja ao seu lado com a velocidade de 60 km/h, está com velocidade zero em relação ao seu carro.

Num avião a percepção disso é maior por existirem diferentes referenciais: o ar e o solo. Imagine a situação onde podemos dizer que a velocidade de um avião é 700 km/h em relação ao solo e 800 km/h em relação ao ar. Por que isso acontece? Nesse caso, é provável que haja um vento no sentido contrário ao avião, com velocidade de 100 km/h. Se dois aviões voam lado a lado, suas velocidades são iguais ao mesmo referencial e podem ser consideradas nulas de um em relação ao outro.

Figura 3.35 – Aviões voando lado a lado indicam a mesma velocidade entre eles.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/flying-display-smoke-stunt-51313>.

Como a velocidade é uma grandeza vetorial, é necessário utilizar a regra de soma vetorial (Equação 3.8), já vista anteriormente, para fazer esse tipo de cálculo.

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

(Equação 3.8)

Em uma situação mais simples, imagine que você está em um barco que se movimenta com velocidade de 5 m/s, em relação à água, em um rio que possui correnteza com velocidade de 2 m/s em relação à margem. Utilizando a equação 3.8, percebe-se que, se você descer o rio, paralelamente à correnteza, sua velocidade em relação à margem será de 7 m/s. Se fizer o sentido inverso, sua velocidade será de 3 m/s em relação à margem. Caso o movimento seja em qualquer outro tipo de angulação em relação à correnteza, utilizamos o valor de θ correspondente.

Num outro exemplo ainda, imagine-se andando com velocidade de 1 km/h no corredor de um ônibus, do fundo para a frente. Esta é sua velocidade em relação ao chão do ônibus. Imagine que o ônibus está se movimentando a 60 km/h em relação à estrada. Para alguém parado na beira da estrada, sua velocidade será de 61 km/h.

Dessa forma, pode-se resumir que a velocidade é uma grandeza relativa e depende do referencial adotado. Se um corpo se move com velocidade v_a em relação ao referencial A, e o referencial A se move com velocidade v_{ab} em relação a um outro referencial B, a velocidade v_b do corpo em relação a B é dada pela Equação 3.14 (TIPLER; MOSCA, 2006):

$$\vec{v}_b = \vec{v}_a + \vec{v}_{ab}$$

(Equação 3.14)

Uma das grandes surpresas dos físicos do século XX foi a descoberta de que a equação [...] é apenas uma aproximação. (TIPLER; MOSCA, p. 26, 2006).

Na verdade, a Equação 3.14 é válida para velocidades muito pequenas, sendo que a Teoria da Relatividade Restrita muda totalmente esse conceito de soma de velocidades, que será visto mais para frente.

3.15 Movimento Uniforme

O movimento uniforme constitui um movimento em que a velocidade se mantém constante, mas não nula, durante todo um determinado percurso e em um determinado intervalo de tempo. Neste caso, o corpo percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Para que isso ocorra, o movimento necessariamente precisa ser retilíneo, pois, ao efetuar uma curva, a orientação acaba mudando, ou seja, a direção e o sentido mudam, fazendo com que a velocidade mude também (HEWITT, 2015).

Como pode-se perceber, o movimento uniforme é um movimento muito difícil de ser visualizado, pois todo movimento apresenta pequenas variações em sua velocidade. Entretanto, é possível utilizar o estudo do movimento uniforme para pequenos intervalos de tempo ou pequenas distâncias, como no intervalo de tempo em que foi registrada a Figura 3.36. Também é possível estruturar situações ideais sem atrito em superfícies e sem a resistência do ar.

Figura 3.36 – Aviões em apresentação de manobras procuram manter a velocidade constante (movimento uniforme) durante um pequeno intervalo de tempo.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/four-jet-plane-on-sky-733254>.

Um exemplo clássico de movimento uniforme é aquele onde prende-se uma bolha de ar em uma mangueira com um fluido dentro. Quando a bolha começa a se movimentar sua velocidade aumenta. Porém depois de um certo intervalo de tempo, devido à resistência e à viscosidade do fluido, sua velocidade tende a ficar constante. Neste momento, percebe-se que a bolha percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais. Com a análise desses dados, pode-se elaborar gráficos e tabelas para identificar posições, velocidades e fazer previsões sobre as futuras posições do corpo. O gráfico é semelhante ao da Figura 3.33.

Como a velocidade permanece constante, pode-se utilizar a equação 3.9 e criar uma função da posição em relação ao tempo, facilitando a análise e compreensão deste movimento. Vamos apenas fazer algumas mudanças: a posição inicial (x_1) de um movimento será denominada x_0 e a posição em um determinado instante seguinte (x_2) vamos denominar simplesmente por x . O mesmo faremos com t_1 , que utilizaremos t_0 e t_2 que utilizaremos simplesmente t . Assim, a partir deste ponto, sempre que utilizarmos uma grandeza com 0 subscrito, teremos a grandeza inicial e quando utilizarmos apenas a letra representante da grandeza, esta será em função do tempo, também representado pela letra da grandeza e variável.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

Utilizando a propriedade fundamental da proporção, considerando que o instante inicial do movimento $t_0 = 0$ e isolando x , temos a Equação 3.15.

$$x = x_0 + vt$$

(Equação 3. 15)

Essa função de 1º grau, é comumente conhecida como função horária das posições para um movimento retilíneo e uniforme. Não se deve esquecer apenas que, se o corpo se movimentar em sentido contrário ao eixo positivo das posições, deve-se utilizar a velocidade com valor negativo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

Para cada corpo em movimento, utiliza-se uma função horária para descrevê-lo e podem-se adotar alguns critérios (ou dicas) para auxiliar na resolução de problemas com dois corpos em movimento:

- Se o problema pedir o instante do encontro de dois corpos A e B, temos que ter a posição do corpo A igual a posição do corpo B, ou seja:

$$x_A = x_B$$

- Se o problema pedir o instante em que a distância entre os dois corpos seja um valor h , devemos ter a posição de B menos a posição de A, ou seja:

$$x_B - x_A = h$$

3.16 Aceleração

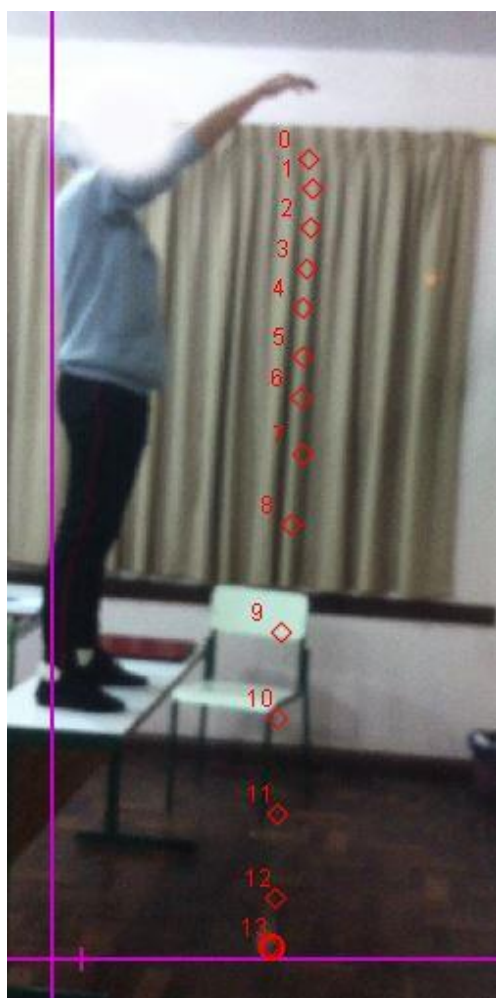
Como dito anteriormente, é muito difícil um movimento se manter com a velocidade constante. Sempre existem variações na velocidade, por menores que sejam. Essas variações na velocidade podem ser no seu valor (intensidade), na sua direção ou no seu sentido. Quando ocorrem variações na velocidade, se diz que o corpo possui aceleração (TIPLER; MOSCA, 2006).

Pode-se introduzir o conceito de aceleração para os alunos do Ensino Médio fazendo pequenas experiências simples para que haja essa noção de variação de velocidade num

movimento e a percepção dos alunos surja naturalmente e não simplesmente dada pelo professor.

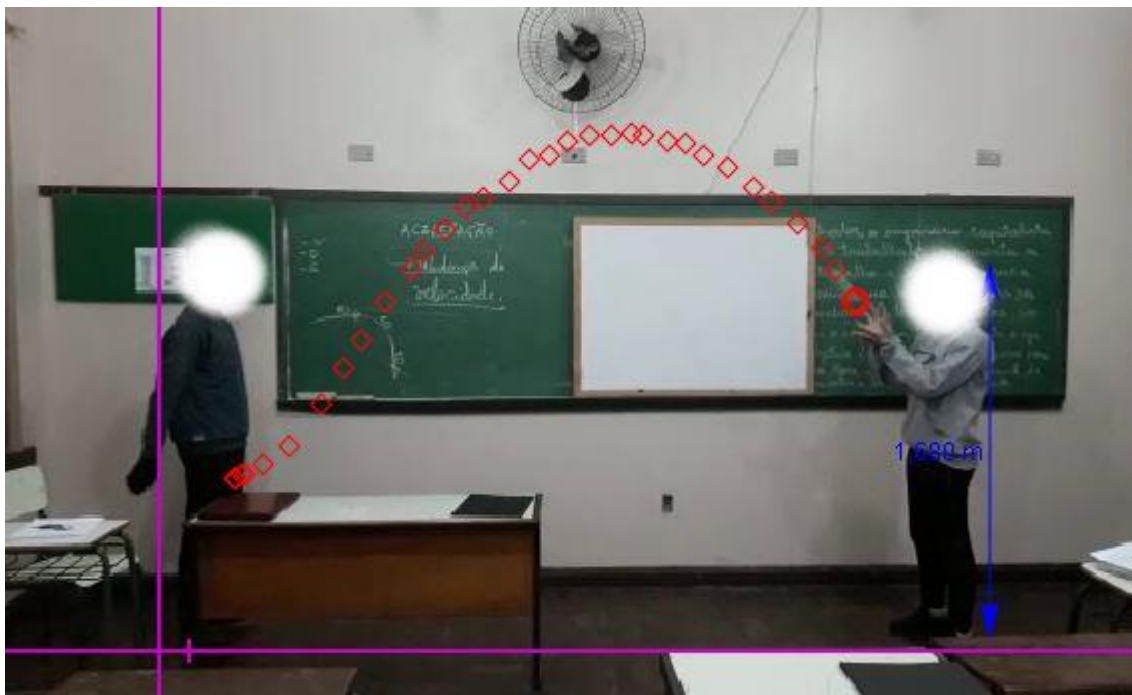
Como exemplo, utilizando-se de uma bola de tênis, os alunos fazem a filmagem da bola em queda de uma determinada altura, um lançamento oblíquo, um lançamento horizontal sobre uma mesa para a bola cair no chão, como demonstrado na figura 3.32 (a), e um movimento de um pêndulo, entre os principais. Em seguida, o professor faz o tratamento das imagens com auxílio de softwares, como o Tracker (BROWN,2017), apresentando os resultados para os alunos. As Figuras 3.37, 3.38 e 3.39 apresentam alguns resultados possíveis.

Figura 3.37 – Queda de uma bola de tênis tratada no software Tracker mostrando a posição da bola em cada frame.



Fonte: o autor.

Figura 3.38 – Lançamento oblíquo de uma bola de tênis tratada no software Tracker mostrando a posição da bola em cada frame.



Fonte: o autor.

Figura 3.39 – Movimento de um pêndulo tratada no software Tracker mostrando a posição da massa em cada frame.



Fonte: o autor.

Observando as imagens, fica fácil de perceber que, no movimento de queda, a posição do corpo aumenta em cada frame e, no movimento de subida, a posição do corpo diminui em

cada frame. Assim, fica claro que existe uma grandeza física atuando sobre o corpo e provocando neste uma variação de velocidade. Essa grandeza é a aceleração.

Quando a velocidade de uma partícula varia, dizemos que ela está sob uma **aceleração** (ou está acelerada) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

A aceleração corresponde à taxa de variação da velocidade, aqui expressa apenas em seu módulo, que pode ser representada por:

$$\vec{a} = \frac{\text{variação da velocidade}}{\text{intervalo de tempo}}$$

A aceleração é uma grandeza vetorial que possui intensidade, direção e sentido. Logo, quando um corpo sofre a influência de uma aceleração, este pode modificar o valor (módulo) da velocidade, sua direção ou seu sentido. Quando apenas o módulo da velocidade é alterado, dizemos que a aceleração apresenta uma componente **tangencial**. Neste caso, se o módulo da velocidade aumenta, se diz que o movimento é acelerado. Se o módulo da velocidade diminui, se diz que o movimento é retardado, ou seja, houve uma desaceleração, como no caso de um veículo freando.

Pode-se ter a situação onde um corpo em movimento não tem o módulo de sua velocidade alterado, mas apenas sua direção e sentido. Nesse caso, tem-se um movimento curvilíneo ou circular e a aceleração apresenta uma componente **centrípeta**.

Pode-se ter também a variação de todas as características da velocidade. Logo, a aceleração resultante corresponde à soma vetorial das componentes tangencial com a centrípeta.

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{tangencial}} + \vec{a}_{\text{centrípeta}}$$

(Equação 3.16)

A aceleração centrípeta é dada pela equação 3.17.

$$a = \frac{v^2}{R}$$

(Equação 3.17)

Onde:

v é a velocidade;

R é o raio da curva realizada pelo corpo.

A aceleração possui como unidade de medida o m/s^2 (metro por segundo ao quadrado), mas é comum encontrarmos outras unidades de medidas como o cm/s^2 (centímetro por segundo ao quadrado) e o km/h^2 (quilômetro por hora ao quadrado). Note que a unidade de tempo aparece duas vezes, pois indica a variação de velocidade (m/s) em cada unidade de tempo (s). Assim, um corpo com aceleração de 10 m/s^2 , tem sua velocidade escalar alterada em 10 m/s em cada segundo.

Do mesmo modo que tratamos a velocidade, podemos vamos fazer com a aceleração. Então, a **aceleração escalar média** é dada pela Equação 3.18.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

(Equação 3.18)

Onde:

$\Delta v = v_2 - v_1$ (Variação de velocidade escalar);

$\Delta t = t_2 - t_1$ (Intervalo de tempo).

A **aceleração instantânea** corresponde àquela que obtemos em um dado instante, de modo que:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

(Equação 3.19)

Ou seja, a aceleração instantânea é o limite para quando Δt tende a zero.

Em nossos estudos vamos considerar os movimentos dos corpos com aceleração constante. Assim, se um corpo possui aceleração constante a , a aceleração média para qualquer intervalo de tempo também será a .

O movimento de uma partícula com aceleração constante é bastante comum na natureza. Por exemplo, nas proximidades da superfície terrestre, todos os objetos livres caem verticalmente com aceleração constante (considerando-se desprezível a resistência do ar) (TIPLER; MOSCA, p. 29, 2006).

Assim, utilizaremos a notação a para a aceleração em um movimento na horizontal e g para a aceleração em um movimento na vertical, sendo o último a aceleração da gravidade

próxima à superfície terrestre que possui valor de $9,81\text{m/s}^2$ (mas por conveniência podemos adotar 10 m/s^2).

A aceleração de um corpo nas vizinhanças da superfície terrestre, em queda livre sob a influência da gravidade, é direcionada para baixo e possui o valor $g = 9,81\text{ m/s}^2$ [...] (TIPLER; MOSCA, p. 45, 2006).

Agora, analisando novamente as Figuras 3.37, 3.38 e 3.39, percebemos que o ente responsável pela aceleração dos corpos nos casos apresentados é a gravidade. Os movimentos apresentam algumas discrepâncias com situações ideais porque temos a influência do ar atuando sobre os corpos durante os movimentos demonstrados.

3.17 Movimentos uniformemente variados

O que é um movimento uniformemente variado?

A maioria dos movimentos que ocorrem em nosso cotidiano apresentam variações de velocidade em determinados intervalos de tempo. Por isso, estes movimentos são denominados variados. Quando se fala o termo uniforme, refere-se a algo que é constante, igual. Para este caso, tem-se a aceleração como constante que faz a velocidade variar de maneira uniforme.

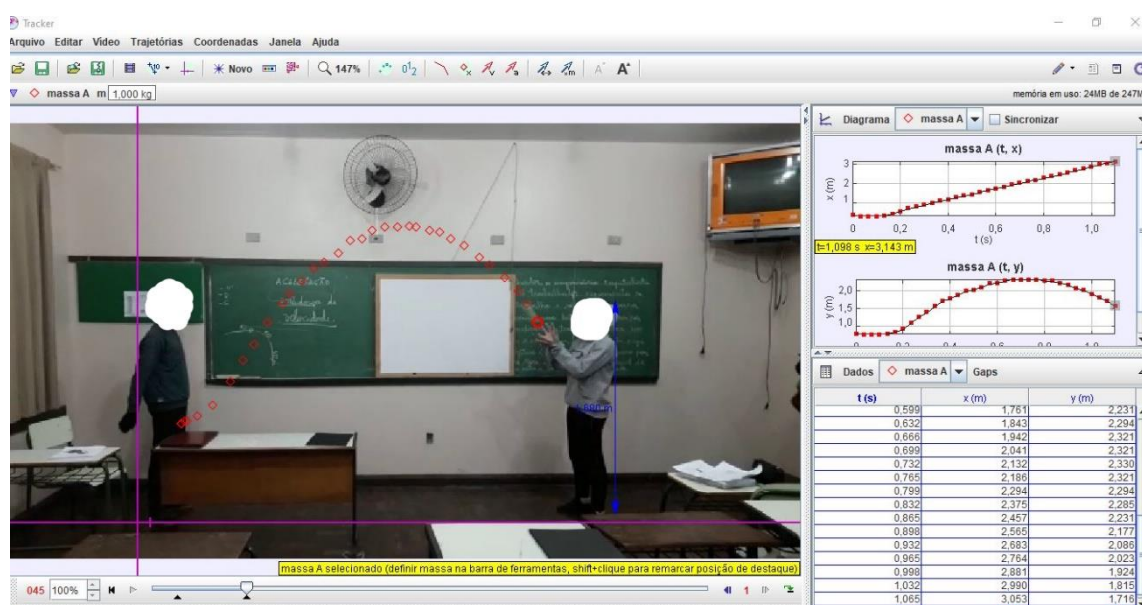
Agora vamos tratar de alguns movimentos que apresentam a situação ideal de possuir aceleração constante. Entretanto, ao trabalhar em sala de aula não se pode deixar de fazer os alunos refletirem sobre as discordâncias entre o ideal e o real, assim como suas causas e consequências.

A Matemática deve funcionar como uma ferramenta de auxílio dos estudos da Física e, por isso, não pode fazer com que o aluno pense que Física é o mesmo que Matemática. É preciso fazer o aluno refletir sobre a necessidade de utilizar a Matemática como um meio de fazer previsões e entender mais detalhadamente cada fenômeno estudado. Portanto, utilizar equações sem o entendimento é frustrante para o aluno.

Assim, analisando novamente as figuras 3.37, 3.38 e 3.39, pode-se mostrar para o aluno o tratamento que é dado para os movimentos utilizando o software Tracker (BROWN,2017), apresentando os gráficos produzidos e os dados para o aluno refletir. Espera-se que haja a percepção, com auxílio do professor, de que é possível entender as equações dos movimentos uniformemente variados (que são mais complexos de deduzir como os já apresentados) com

este auxílio. A Figura 3.40 mostra a análise do software Tracker (BROWN,2017) para o lançamento oblíquo, onde se pode ver os gráficos que ajudam a entender as equações a serem utilizadas.

Figura 3.40 – Gráficos das posições vertical e horizontal em função do tempo para aceleração constante em um movimento oblíquo.



Fonte: o autor.

O gráfico do tempo versus o eixo x, que representa a componente horizontal das posições do corpo no movimento é uma reta, indicando que a equação para essa direção é de 1º grau. Já o gráfico do tempo versus o eixo y, que representa a componente vertical das posições do corpo no movimento é uma parábola, indicando que a equação para essa direção é de 2º grau. Assim, os alunos podem entender como são os movimentos e de que maneira foram elaboradas as equações do movimento uniformemente variado.

Os movimentos uniformemente variados seguem as mesmas regras entre si, apenas apresentando detalhes que precisam ser discriminados para evitar confusões e dificuldades de interpretação. Os movimentos que abordaremos são:

- Queda livre e lançamento vertical para baixo;
- Lançamento vertical para cima;
- Rolamento ou movimento horizontal;
- Lançamento oblíquo e horizontal;
- Pêndulo simples.

Como a aceleração permanece constante nestes movimentos, podemos utilizar a Equação 3.18 e explicitarmos a velocidade em função do tempo, facilitando a análise e compreensão deste movimento. Novamente vamos fazer algumas mudanças: a velocidade inicial (v_1) de um movimento será denominada v_0 e a velocidade em um determinado instante seguinte (v_2) vamos denominar simplesmente por v . O mesmo faremos com t_1 , que utilizaremos t_0 e t_2 que utilizaremos simplesmente t . Assim, a partir deste ponto, sempre que utilizarmos uma grandeza com 0 subscrito, teremos a grandeza inicial e quando utilizarmos apenas a letra representante da grandeza, esta será em função do tempo, também representado pela letra da grandeza e variável.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

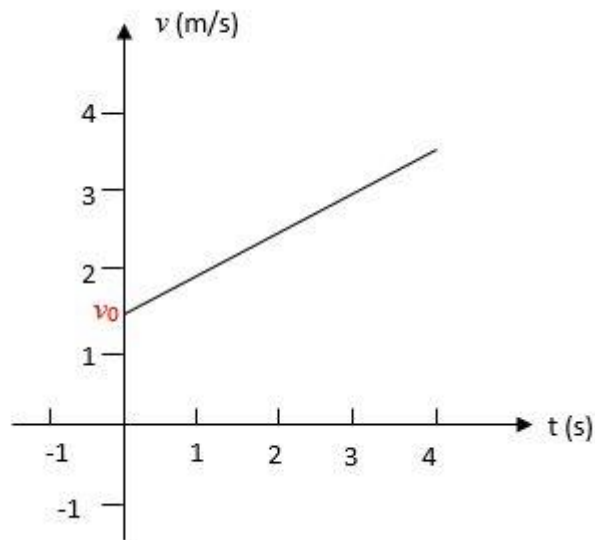
Utilizando a propriedade fundamental da proporção, considerando que o instante inicial do movimento $t_0 = 0$ e isolando v , temos a Equação 3.20.

$$v = v_0 + at$$

(Equação 3. 20)

Essa função de 1º grau, é comumente conhecida como função horária da velocidade para um movimento uniformemente variado. Novamente não se pode esquecer que, se o corpo se movimentar em sentido contrário ao eixo positivo das posições, deve-se utilizar a velocidade com valor negativo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

Representando graficamente a velocidade em função do tempo, obtém-se a Figura 3.41.



Fonte: o autor.

No gráfico, a inclinação da linha corresponde à aceleração e a intersecção com o eixo das velocidades corresponde à velocidade inicial v_0 . Como a velocidade varia uniformemente com o tempo, a velocidade média é considerada o valor médio entre a velocidade inicial e final (TIPLER; MOSCA, 2006).

$$v_m = \frac{1}{2} (v_0 + v)$$

(Equação 3. 21)

Dessa forma, substituindo a Equação 3.21 na Equação 3.9, e considerando que $t_0 = 0$, temos:

$$\Delta x = v_m \Delta t$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2} (v_0 + v) (t - t_0)$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2} (v_0 + v) t$$

Pode-se ainda substituir a velocidade conforme indicado na Equação 3.20:

$$x - x_0 = \frac{1}{2} (v_0 + v_0 + at) t$$

E assim obter a função horária das posições para o movimento uniformemente variado (Equação 3.22).

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

(Equação 3. 22)

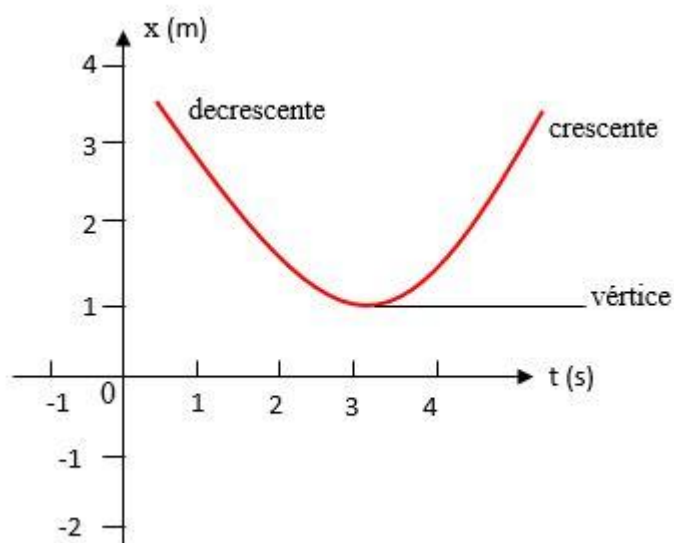
Onde:

$v_0 t$ é o deslocamento com aceleração nula;

$\frac{1}{2} a t^2$ é o deslocamento adicional por conta da aceleração.

Podemos perceber que a equação 3.22 é de 2º grau e, portanto, o gráfico da posição em função do tempo é uma parábola.

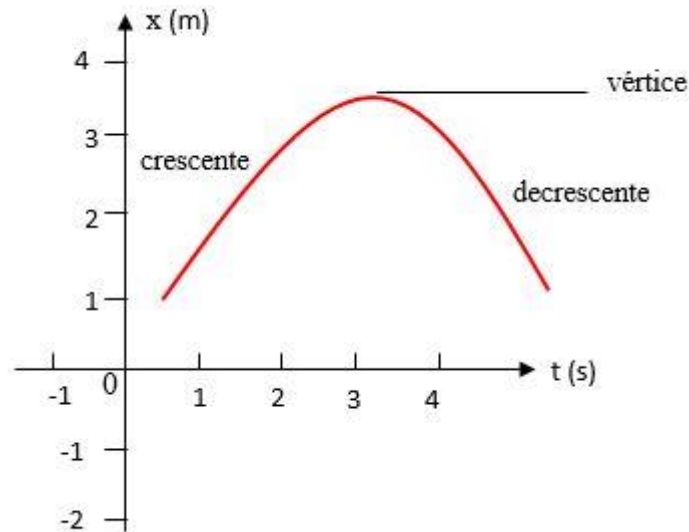
Figura 3.42 – Gráfico da posição em função do tempo para aceleração positiva constante.



Fonte: o autor.

No gráfico da Figura 3.42, a aceleração é positiva e a concavidade da parábola fica voltada para cima. Nos intervalos onde a função for crescente, a velocidade escalar é positiva e o movimento é acelerado. Nos intervalos em que a função for decrescente, a velocidade escalar é negativa e o movimento é retardado (HEWITT, 2015).

Figura 3.43 – Gráfico da posição em função do tempo para aceleração negativa constante.



Fonte: o autor.

No gráfico da Figura 3.43, a aceleração é negativa e a concavidade da parábola fica voltada para baixo. Nos intervalos onde a função for crescente, a velocidade escalar é positiva e o movimento é retardado. Nos intervalos em que a função for decrescente, a velocidade escalar é negativa e o movimento é acelerado (HEWITT, 2015).

Em ambos os casos, o vértice corresponde à posição e instante em que o corpo muda de sentido, ou seja, o instante em que a velocidade será nula.

Podemos ainda tratar do estudo do movimento uniformemente variado isolando o tempo t na Equação 3.20 e obtendo uma equação da velocidade em função da posição.

$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

Assim, substituindo na Equação 3.22, podemos eliminar o fator instante de tempo, facilitando-se a análise de movimentos onde não conseguimos registrar o tempo mas conhecemos o deslocamento do corpo.

$$x = x_0 + v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2$$

Teremos a velocidade em função da variação da posição:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

(Equação 3. 23)

3.17.1 Queda livre e lançamento vertical para baixo

Os corpos caem por influência da força da gravidade. Se considerarmos um corpo em queda sem enfrentar influências do atrito com o ar ou qualquer outro impedimento, com influência exclusiva da gravidade, dizemos que o corpo está em queda livre (HEWITT, 2015). Para nossos estudos, vamos utilizar esta situação ideal sem deixar de comentar as situações reais, como a situação dos paraquedistas apresentada na Figura 3.44.

Figura 3.44 – Paraquedistas saltam de avião e caem sob a influência da força gravitacional.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/military-men-sky-diving-128880>.

Quando se estuda objetos em queda livre, costuma-se utilizar a letra g para representar a aceleração produzida pela força gravitacional, como dito anteriormente. O valor da aceleração da gravidade é muito diferente na Lua ou na superfície de outros planetas.

Se ao invés de abandonar um corpo em queda livre de uma determinada altura, lançarmos o corpo para baixo, teremos uma velocidade inicial que irá se somar ao aumento de velocidade durante a queda. Esse movimento é conhecido como lançamento vertical para baixo.

Dessa forma, a queda livre e o lançamento vertical para baixo seguem as mesmas regras, de modo que a principal diferença corresponde à velocidade inicial v_0 , que para a queda livre possui valor igual a zero.

Para fazer a análise destes movimentos, utilizam-se as equações 3.20, 3.22 e 3.23, e pode-se substituir a aceleração pela letra g (mas apenas se quisermos, pois entendemos que g é a aceleração). E também, para seguir o plano cartesiano, pode-se substituir x por y , por ser na vertical (novamente, apenas se quisermos, pois, a letra não influenciará nos estudos). Desse modo, teremos as mesmas equações com pequenas modificações nas letras utilizadas:

$$v = v_0 + gt$$

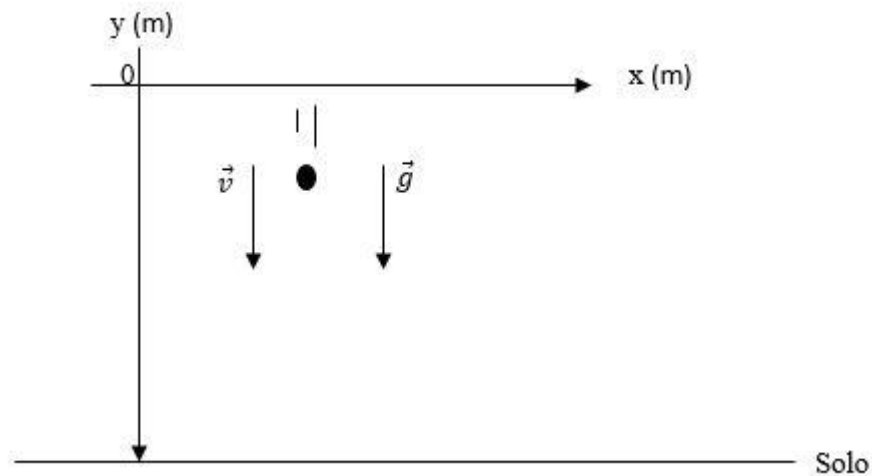
$$y = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2g\Delta y$$

Perceba que as equações não apresentam o fator “massa do corpo”. Isso significa que corpos com diferentes massas caem com a mesma aceleração. Mas não é isso que se percebe em nosso cotidiano. Se soltarmos uma pedra e uma folha de papel da mesma altura, veremos que cada um cai com uma aceleração diferente, devido à resistência do ar. Um experimento famoso, consiste em fazer dois objetos de massas diferentes caírem da mesma altura em um tubo onde se é removido o ar. Dessa forma, percebemos os dois corpos caindo juntos, com a mesma aceleração (g) (HEWITT, 2015). Como isso não é possível de fazer em sala de aula, o professor pode fazer o experimento de soltar um lápis e uma folha de papel e ver as diferentes acelerações. Em seguida, repete-se o experimento amassando-se a folha de papel, verificando assim, que a massa continua a mesma, mas o movimento mudou porque a resistência do ar diminuiu.

Também se precisa de um referencial para analisar estes movimentos. Geralmente adota-se o solo do planeta Terra como este referencial. Mas se o movimento ocorrer em algum objeto em movimento, como um trem, um navio, entre outros, adota-se este como referencial. Para facilitar este processo, costuma-se considerar o ponto de início do movimento como sendo a origem das posições ($x_0=0$) e o solo a posição final. Como o movimento é somente para baixo, todas as grandezas podem ser representadas com valor positivo.

Figura 3.45 – Esquema de referencial para queda livre.



Fonte: o autor.

Observando o esquema da figura 3.45, não se pode esquecer que estamos analisando o movimento de cima para baixo e os cálculos nos fornecem informações da mesma maneira.

Por exemplo: se um corpo é solto do alto de uma torre de 180 metros, qual será sua posição, em relação ao solo, no instante 3 segundos? E sua velocidade neste instante? Despreze a resistência do ar e adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Para a posição fazemos:

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = 0 + 0 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2$$

$$y = 45 \text{ m}$$

Perceba que a posição 45 metros corresponde à distância da origem das posições de onde o corpo foi solto. Mas a pergunta do problema quer saber a posição em relação ao solo. Assim, temos que sua posição é 135 metros em relação ao solo ($180 - 45 = 135 \text{ m}$).

Para a velocidade fazemos:

$$v = v_0 + g t$$

$$v = 0 + 10 \cdot 3$$

$$v = 30 \text{ m/s}$$

Pode-se notar que a aceleração g faz com que o corpo aumente sua velocidade em 10 m/s a cada segundo. Assim, um corpo solto em queda livre, tem a velocidade de 10 m/s em 1 s, 20 m/s em 2 s, e assim por diante.

No lançamento vertical para baixo procede-se da mesma forma, apenas inserindo o valor da velocidade inicial em v_0 .

3.17.2 Lançamento vertical para cima

Quando um corpo é arremessado verticalmente para cima, tem-se um movimento de desaceleração (retardado) para cima. Depois de um certo tempo, este corpo vai diminuindo a velocidade até parar (velocidade nula) e retorna para o ponto de partida. Na descida, como visto na queda livre, o movimento é acelerado. A Figura 3.46 demonstra um exemplo de movimento vertical para cima.

Figura 3.46 – Ônibus espacial decolando em movimento vertical para cima.

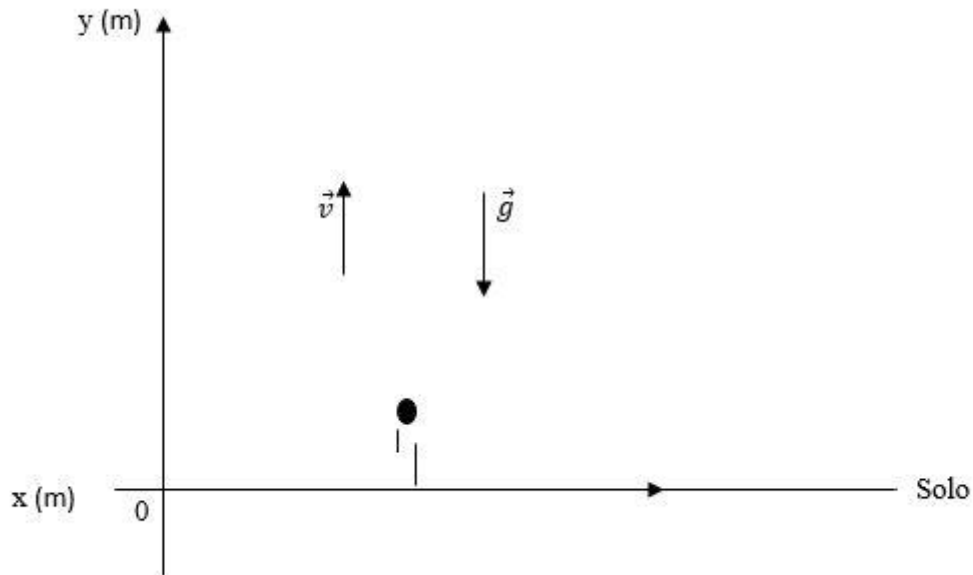


Fonte: <https://www.pexels.com/photo/flight-sky-earth-space-2166>.

As equações a serem utilizadas são as mesmas da queda livre e do lançamento vertical para baixo. O que muda é o referencial e o tipo de movimento envolvido.

Como referencial, agora pode-se adotar o solo como origem das posições, sendo o sentido para cima positivo e para baixo negativo.

Figura 3.47 – Esquema de referencial para lançamento vertical para cima.



Fonte: o autor.

De acordo com a Figura 3.47, agora tem-se o valor da velocidade sendo positivo e a aceleração da gravidade sendo negativo. Ao chegar no ponto mais alto da trajetória o corpo para ($v = 0$) e em seguida inicia o movimento de queda livre, este já estudado.

Como exemplo, imagine um corpo sendo lançado do solo verticalmente para cima com velocidade inicial de 40 m/s. Despreze a resistência do ar e determine a altura máxima atingida pelo corpo, em relação ao solo. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Para resolver, lembramos que na altura máxima o corpo para e, portanto, a velocidade é nula.

$$v = v_0 + gt$$

$$0 = 40 - 10t$$

$$10t = 40$$

$$t = 4s$$

Ou seja, o instante em que o corpo atinge a altura máxima é 4 segundos. Agora utiliza-se este instante para determinar a posição do corpo em relação ao referencial (solo).

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$y = 0 + 40 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 4^2$$

$$y = 160 - 80$$

$$y = 80 \text{ m}$$

Ou seja, a altura máxima atingida em relação ao solo corresponde a 80 metros. Lembramos que este é um valor ideal e não estamos considerando o atrito com o ar.

Não é surpresa notar que a velocidade diminuiu 10 m/s em cada segundo, pois foi afetada pela aceleração da gravidade. Como o corpo saiu do solo com velocidade inicial de 40 m/s, na volta ele tocará o solo com velocidade de -40 m/s, ou seja, com o mesmo módulo da velocidade. Além disso, se o corpo levou 4 s para atingir a altura máxima, também levará 4 s para retornar ao solo, totalizando 8 s de movimento.

No exemplo, o objeto foi lançado do solo e consideramos $y_0 = 0$. Se o objeto for lançado de uma outra altura, adota-se outro referencial ou coloca-se esta altura no valor de y_0 .

3.17.3 Rolamento ou movimento uniformemente variado na horizontal

O movimento uniformemente variado na horizontal é um dos mais comuns em nosso cotidiano: quando andamos a pé, em um carro, ônibus, bicicleta entre outros exemplos, estamos realizando este tipo de movimento, pois, geralmente, variamos a velocidade. Um exemplo é apresentado na Figura 3.48.

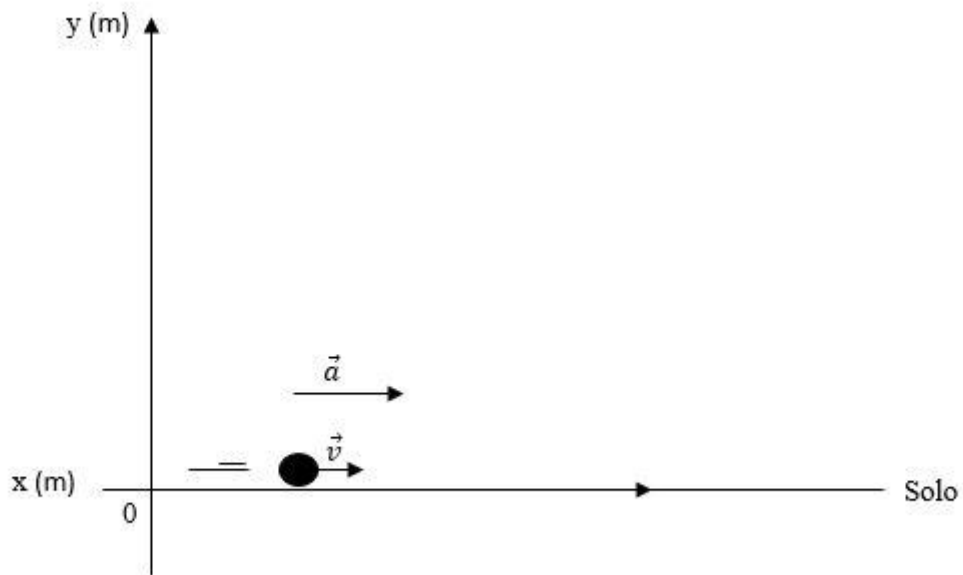
Figura 3.48 – Atletas aceleram no início da corrida.



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/athletes-running-on-track-and-field-oval-in-grayscale-photography-34514>.

Neste tipo de movimento, se aumentamos a velocidade, a aceleração é positiva e se diminuirmos a velocidade, a aceleração é negativa. E assim utiliza-se as mesmas formas que foram utilizadas anteriormente, mas agora com o referencial na horizontal. Para isso, adota-se uma origem das posições ($x = 0$) que pode ser o ponto de início do movimento ou um ponto de referência qualquer, como uma árvore, um poste, uma faixa na rua, a linha de largada de uma corrida, entre outros. Um exemplo de referencial para o movimento horizontal é apresentado na Figura 3.49.

Figura 3.49 – Referencial para o movimento na horizontal.



Fonte: o autor.

Exemplo: um automóvel entra num túnel de 100 m de comprimento com velocidade de 10 m/s e sai dele com velocidade de 30 m/s. Se considerarmos que a aceleração do automóvel foi constante dentro do túnel, qual foi o valor dessa aceleração?

Neste problema não temos o fator tempo e, por isso, utilizamos a Equação 3.23 para a resolução:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$30^2 = 10^2 + 2 \cdot a \cdot 100$$

$$900 = 100 + 200 \cdot a$$

$$200 \cdot a = 800$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

Dessa maneira, conseguimos investigar, fazer previsões sobre velocidades, posições para movimentos retilíneos e que apresentam aceleração constante, mesmo que para pequenos intervalos de tempo.

3.17.4 Lançamento oblíquo e lançamento horizontal (movimento de projéteis)

Um lançamento oblíquo, ou mesmo o lançamento horizontal, parecem um tanto complicados, pois verificamos que o corpo descreve uma curva e tem um determinado alcance que depende do ângulo inicial do lançamento, como demonstrado na Figura 3.50. Entretanto, este movimento pode se tornar mais simples se analisado como a composição de dois movimentos independentes: um na horizontal e outro na vertical.

Figura 3.50 – Homem desliza sobre uma rampa horizontal com seu snowboard e descreve uma trajetória curva até atingir o chão (lançamento horizontal).



Fonte: <https://www.pexels.com/photo/man-in-black-snowboard-with-binding-performs-a-jump-848599>.

Se não existisse gravidade e lançássemos uma pedra para cima de acordo com um ângulo θ , ela seguiria sua trajetória em linha reta em direção ao espaço. Como a gravidade atua na pedra no movimento vertical, temos a formação da curva característica deste movimento, que corresponde à ação simultânea do movimento vertical com o movimento horizontal.

Analisando o componente horizontal, percebe-se que, se desprezar a resistência e o atrito com o ar, o corpo descreve um movimento uniforme, pois não existe aceleração nesta direção. Dessa maneira, o corpo se movimenta pela sua própria inércia e pode-se utilizar as mesmas regras do movimento uniforme para este componente (TIPLER; MOSCA, 2006).

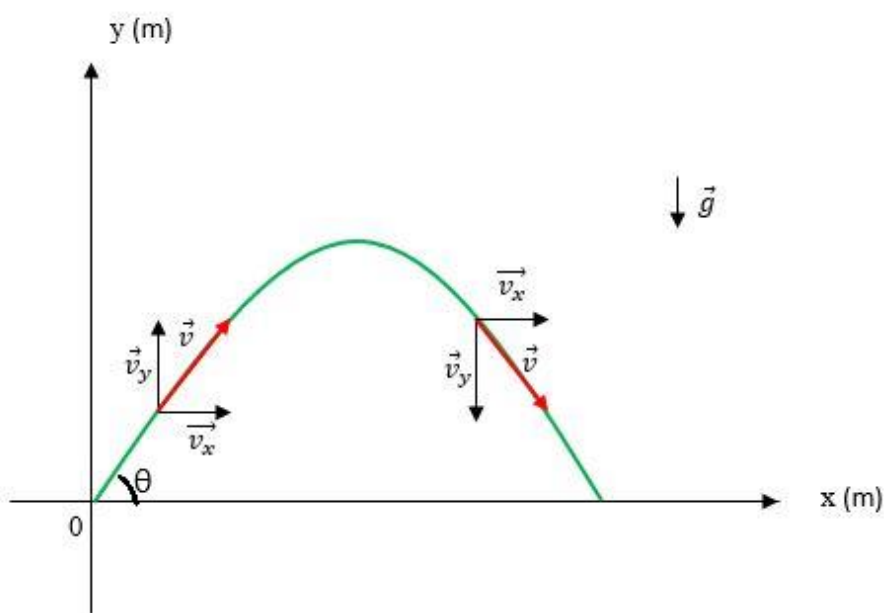
O componente vertical corresponde exatamente ao mesmo caso visto sobre o lançamento vertical para cima, onde tem-se a ação da aceleração da gravidade agindo sobre o corpo, que faz um movimento retardado até a altura máxima onde para e retorna para o ponto de partida num movimento acelerado. Este movimento pode ser analisado segundo as mesmas regras do lançamento vertical para cima ou da queda livre (para baixo) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 1996).

O lançamento horizontal, corresponde a uma parcela do lançamento oblíquo, onde o corpo é lançado horizontalmente de uma determinada altura, mas, devido à ação da aceleração da gravidade, acaba caindo e descrevendo uma curva, como o caso do homem da Figura 3.50.

Uma experiência interessante, que pode ser realizada com os alunos, corresponde a lançar um objeto na horizontal ao mesmo tempo que solta outro em queda livre da mesma altura, para verificar que ambos tocam o chão no mesmo instante. Devido à dificuldade do sincronismo, dois alunos podem realizar a experiência que pode ser filmada e reproduzida em câmera lenta. A experiência demonstra que cada movimento se processa de maneira independente, como se o outro não existisse. No caso do lançamento horizontal, dois movimentos estão envolvidos.

Assim, faremos a análise separada para cada componente, representando os componentes horizontais pela letra x (subscrito ou normal) e verticais pela letra y (subscrito ou normal).

Figura 3.51 – Lançamento oblíquo demonstrando o vetor velocidade e suas componentes horizontal e vertical.



Fonte: o autor.

A Figura 3.51 permite fazer uma análise detalhada do movimento de lançamento oblíquo. Nela pode-se notar que o vetor velocidade \vec{v} pode ser decomposto em duas componentes retangulares, \vec{v}_x e \vec{v}_y , que representam o movimento na horizontal e na vertical, respectivamente. As componentes podem ser obtidas segundo as equações 3.4 e 3.5, já explicitadas anteriormente:

$$v_y = v \operatorname{sen}\theta \qquad v_x = v \operatorname{cos}\theta$$

Assim, utiliza-se a componente horizontal \vec{v}_x , para analisar o movimento uniforme que ocorre na direção horizontal, utilizando a Equação 3.15, também vista anteriormente. O valor de x corresponde à posição do corpo em determinado instante e o valor máximo de x representa o alcance do corpo, ou seja, a posição em que o corpo toca o solo.

$$x = x_0 + v_x t$$

Para o movimento na direção vertical, tem-se a influência da aceleração da gravidade, tornando o movimento nessa direção um movimento uniformemente variado, tendo \vec{v}_y como a componente da velocidade em determinado instante. Assim, utilizam-se as equações 3.20, 3.22 e 3.23, já adaptadas com a letra y , vistas no estudo de queda livre:

$$v_y = v_{0y} + gt$$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2g\Delta y$$

O valor de y representa a altura do corpo em um determinado instante.

Algo muito importante é saber a posição de um corpo em um determinado instante. Assim, deve-se de informar as coordenadas x e y deste. Da mesma forma, para explicitar o valor da velocidade em determinado instante, deve-se fazer a soma vetorial das componentes \vec{v}_x e \vec{v}_y .

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

(Equação 3.24)

Algumas situações importantes para testar com os alunos e que auxiliam no estudo do lançamento oblíquo:

- Experiências mostram que o maior alcance em um lançamento oblíquo é obtido com o ângulo de lançamento em 45° .
- O alcance é o mesmo para dois ângulos que somam 90° . Por exemplo, se lançarmos um corpo sob um ângulo de 30° e outro sob o ângulo de 60° , ambos com a mesma velocidade inicial, eles tocarão o solo no mesmo local.

A trajetória parabólica é uma situação ideal para o lançamento oblíquo. Mas a altura e o alcance diminuem nas situações reais, tornando a trajetória menos perfeita. Objetos com maior massa ou formato aerodinâmico diminuem a influência do ar e podem demonstrar trajetórias mais próximas das reais.

Veja este exemplo de problema matemático muito utilizado pelos alunos do Ensino Médio:

- Um jogador de futebol chuta uma bola com um ângulo de 45° com a horizontal, de modo a encobrir uma barreira, fazendo uma trajetória parabólica, com velocidade inicial de 30 m/s . Desprezando a resistência do ar e adotando os valores de $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\text{sen } 45^\circ = \text{cos } 45^\circ = 0,7$, determine:
 - A altura máxima atingida pela bola;
 - O alcance máximo da bola;
 - A velocidade e a posição da bola no instante 2 segundos.

Para resolver este problema, iniciamos decompondo a velocidade inicial (v_0), lembrando que, como na horizontal o movimento é uniforme, v permanece constante (velocidade igual para todo o movimento, $v_x = v_{0x}$).

$$v_{0y} = v_0 \text{ sen}\theta \qquad v_x = v_0 \text{ cos}\theta$$

$$v_{0y} = 30 \cdot \text{sen } 45^\circ \qquad v_x = 30 \cdot \text{cos } 45^\circ$$

$$v_{0y} = 30 \cdot 0,7 \qquad v_x = 30 \cdot 0,7$$

$$v_{0y} = 21 \text{ m/s} \qquad v_x = 21 \text{ m/s}$$

Em seguida, determinamos o tempo necessário para a bola atingir a altura máxima. Nesse ponto, a componente v_y da velocidade é igual a zero.

$$v_y = v_{0y} + gt$$

$$0 = 21 - 10t$$

$$10t = 21$$

$$t = 2,1 \text{ s}$$

Note que o valor de g é negativo, pois o movimento é retardado. Com este valor também sabemos que o tempo de movimento total até a bola tocar o solo foi de 4,2 segundos (o dobro do tempo da subida). Agora procedemos com o cálculo da altura máxima, adotando o solo como referencial de altura zero.

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = 0 + 21 \cdot 2,1 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot (2,1)^2$$

$$y = 44,1 - 22,05$$

$$y = 22,05 \text{ m}$$

A altura máxima atingida em uma situação ideal foi de 22,05 metros.

Para determinar o alcance máximo da bola, utilizamos a equação do movimento uniforme, com o instante em que a bola toca o solo (4,2 s).

$$x = x_0 + v_x t$$

$$x = 0 + 21 \cdot 4,2$$

$$x = 88,2 \text{ m}$$

O alcance máximo em uma situação ideal seria de 88,2 m.

Agora vamos determinar a posição da bola no instante 2 segundos, ou seja, os valores x e y para este instante.

$$x = x_0 + v_x t$$

$$x = 0 + 21 \cdot 2$$

$$x = 42 \text{ m}$$

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$y = 0 + 21 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 2^2$$

$$y = 22 \text{ m}$$

Em 2 segundos a posição do corpo é 42 m de distância na horizontal e 22 m de altura.

Para saber a velocidade no instante 2 segundos, determinamos os valores das componentes v_x e v_y para este instante e somamos vetorialmente estas velocidades. Como $v_x = 21$ m/s e o movimento nessa direção é uniforme, este valor não muda durante o movimento. Para v_y temos:

$$v_y = v_{0y} + gt$$

$$v_y = 21 - 10.2$$

$$v_y = 1 \text{ m/s}$$

Agora somamos v_x e v_y utilizando a equação de soma de vetores (equação 3.8). Como o ângulo entre as componentes é 90° , e o $\cos 90^\circ$ é igual a zero, a soma dos vetores fica:

$$R = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta}$$

$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Vamos utilizar a mesma equação em termos de velocidade:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v = \sqrt{21^2 + 1^2}$$

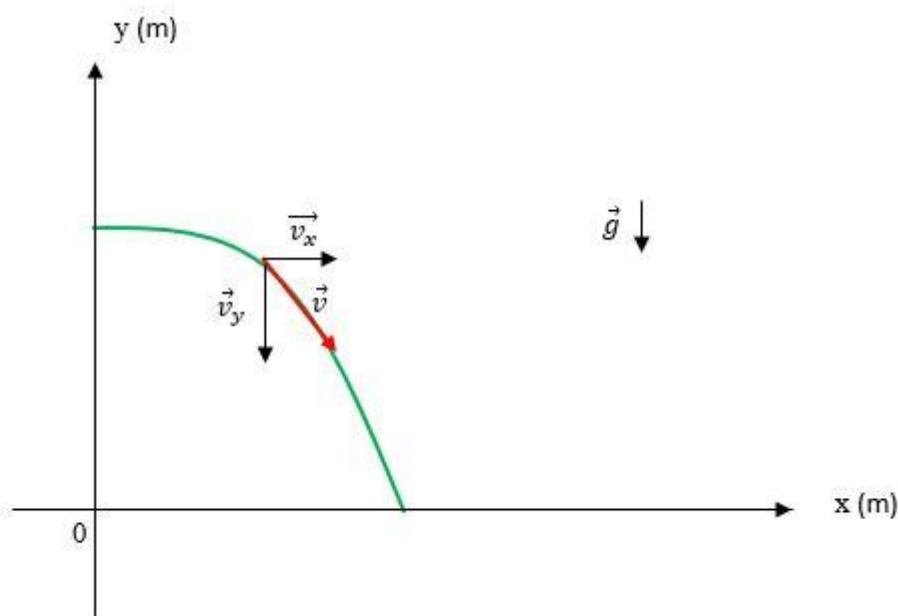
$$v = \sqrt{442}$$

$$v = 21,024 \text{ m/s}$$

Logo, a velocidade no instante 2 segundos é aproximadamente 21,024 m/s.

Como citado anteriormente, o lançamento horizontal corresponde à segunda metade do movimento de lançamento oblíquo, sendo analisado da mesma maneira. Apresenta um componente horizontal e outro vertical. O detalhe importante é que a aceleração da gravidade é utilizada com valor positivo, pois o movimento é acelerado.

Figura 3.52 – Lançamento horizontal demonstrando o vetor velocidade e suas componentes horizontal e vertical.

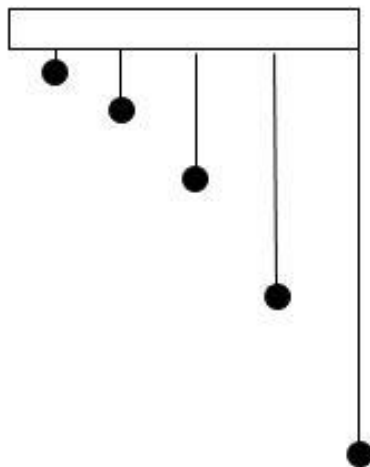


Fonte: o autor.

Quanto maior for a velocidade de lançamento, maior será o alcance do corpo na horizontal. Entretanto, o tempo de queda na vertical permanece o mesmo, como se o corpo estivesse sendo abandonado da altura correspondente. Por exemplo, se abandonarmos um corpo de uma altura de 180 metros, ele levará 6 segundos para tocar o solo. Se lançarmos este mesmo corpo na horizontal com qualquer velocidade, ele levará os mesmos 6 segundos para tocar o solo. Cada movimento se processa como se o outro não existisse.

Para uma análise mais prática do lançamento horizontal é interessante construir um modelo de trajetórias de projéteis, utilizando-se de régua, linha e pequenos chumbos de pesca (HEWITT, 2015). Assim, é possível visualizar as diversas posições de um corpo durante este movimento, podendo-se variar também o ângulo de lançamento e observar o que acontece com o valor da altura máxima e do alcance.

Figura 3.53 – Esquema de modelo de trajetórias que pode ser feito com uma régua, linhas e chumbos de pesca.



Fonte: o autor, adaptado de HEWITT (2015).

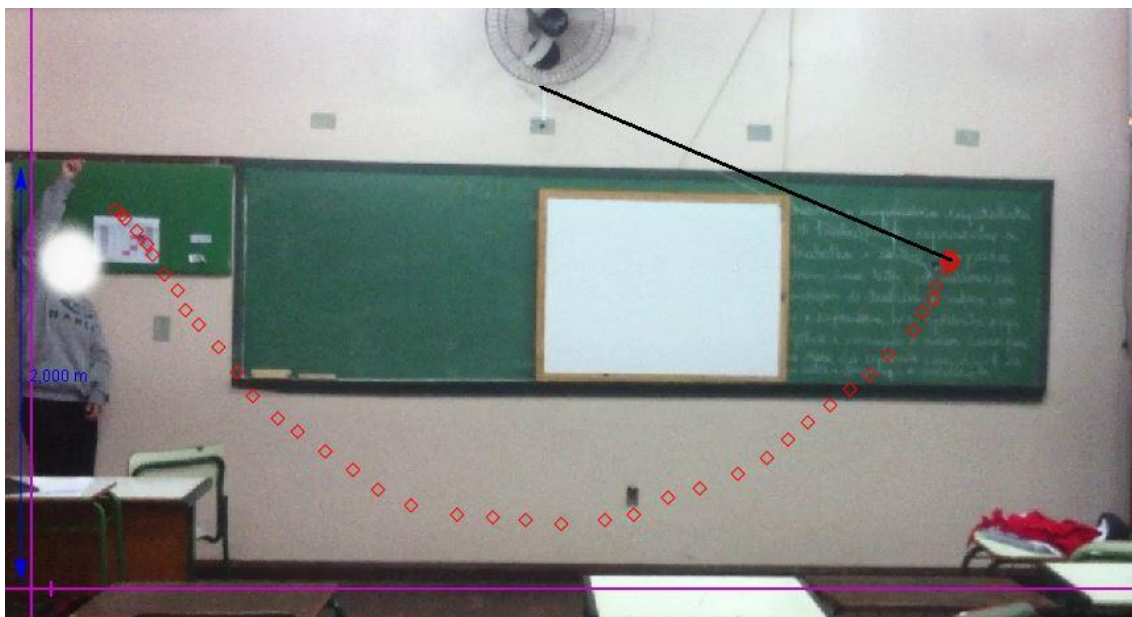
Uma situação bastante importante e particular sobre o lançamento horizontal é o movimento dos satélites ao redor de nosso planeta. Quanto maior for a velocidade com que um objeto for lançado horizontalmente, maior será o seu alcance. Imagine se lançássemos um objeto com a velocidade suficiente para dar a volta na Terra e voltar para o mesmo lugar. Essa velocidade deveria ser de incríveis 8 km/s ou 29 000 km/h! (HEWITT, 2015). Nessa velocidade, qualquer objeto seria queimado pelo atrito com o ar.

O movimento de satélites obedece a essa ideia, mas precisa ser realizado a pelo menos 150 quilômetros de altura para ficar livre da resistência do ar, ou seja, um satélite é um objeto que cai o tempo todo em direção à Terra, por causa da ação da gravidade, mas como a velocidade é muito alta, ele fica infinitamente caindo. O mesmo ocorre com a Lua ao redor de nosso planeta e os planetas ao redor das estrelas.

3.17.5 Pêndulo simples

Um pêndulo simples consiste em uma massa presa a um fio inextensível e de massa desprezível que, quando tirado de sua posição de equilíbrio, oscila em torno desta.

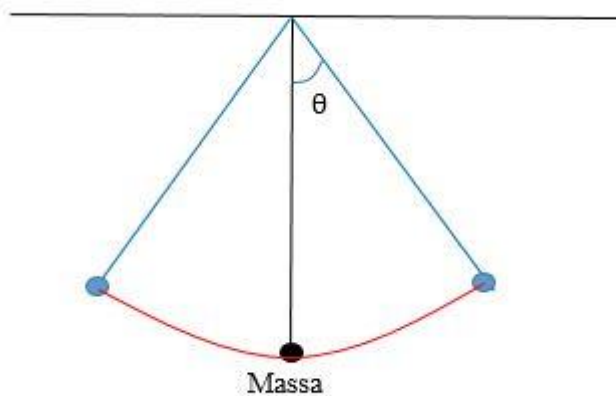
Figura 3.54 – Pêndulo simples mostrando as várias posições da massa.



Fonte: o autor.

Se desconsiderarmos o atrito com o ar e de arraste sobre qualquer uma das partes do pêndulo, este realiza um movimento periódico (repetitivo) e é muito utilizado no estudo do movimento harmônico simples (TIPLER; MOSCA, 2006).

Figura 3.55 – Pêndulo simples mostrando os pontos de oscilação.



Fonte: o autor.

Para oscilações de pequena amplitude (pequenos ângulos θ), a resistência do ar pode ser desprezada e facilitar o seu estudo em ações e experimento em sala de aula.

Num movimento periódico é muito importante saber o que é o período e a frequência. O período, representado pela letra T, corresponde ao intervalo de tempo para ocorrer uma oscilação completa, ou seja, para a massa retornar ao ponto de onde iniciou o movimento. O período é, então, uma unidade de tempo. A frequência (f) representa o número de oscilações que ocorrem em uma unidade de tempo, em um segundo, por exemplo. A unidade de medida da frequência é oscilações por segundo, que pode ser descrita como s^{-1} ou hertz (Hz). A relação entre frequência e período é clara: um é o inverso do outro (TIPLER; MOSCA, 2006).

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

(Equação 3.25)

Como exemplo, imagine que medimos o intervalo de tempo para uma oscilação completa de um pêndulo e obtemos o valor de 2 segundos. Dessa maneira, sabemos que o período de oscilação desse pêndulo é $T = 2\text{ s}$ e a frequência de oscilação é $f = 0,5\text{ Hz}$ (ou seja, 0,5 oscilações por segundo). Como é difícil fazer medidas tão pequenas para o período, podemos medir o tempo de dez oscilações e dividir por este valor por dez, obtendo um resultado mais próximo à média de oscilação.

Podem-se realizar vários experimentos modificando-se o comprimento do pêndulo e a massa do mesmo. Destas experiências e observação, pode-se concluir que:

- O período de um pêndulo depende de seu comprimento: quanto maior o comprimento, maior será o seu período.
- O movimento do pêndulo não depende da massa utilizada.

Não será demonstrado aqui o desenvolvimento, mas é comum a utilização da Equação 3.26 para estudo do movimento harmônico simples com a análise das forças que atuam sobre o pêndulo. Com essa equação, é possível perceber que o período de um pêndulo (T) depende apenas de seu comprimento (L). Também podemos utilizá-la para calcular a aceleração da gravidade (g) no local onde moramos (lembrando de fazer o pêndulo oscilar em pequenas amplitudes para evitar a influência da resistência do ar), o que torna muito interessante o estudo deste movimento (TIPLER; MOSCA, 2006).

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

(Equação 3.26)

3.18 A teoria da Relatividade Restrita ⁶

Em 1905, Albert Einstein publicou um artigo intitulado “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, onde apresentou dois postulados que mudaram a maneira como vemos o espaço e o tempo. A teoria se resume à “comparação das medições realizadas em diferentes sistemas referenciais inerciais, isto é, referenciais nas quais as leis de Newton são válidas” (TIPLER; MOSCA, 2006). Apesar de apresentar cálculos relativamente simples, a teoria revolucionou a compreensão sobre a natureza e auxiliou no desenvolvimento tecnológico.

Anteriormente, comentamos sobre a relatividade do movimento, que depende de um referencial para sua análise. Comentamos também que os efeitos e fenômenos observados em um referencial em repouso ou em movimento uniforme são idênticos. Ou seja, é muito difícil descobrirmos se estamos em um referencial que se move com velocidade constante ou estamos num referencial em repouso.

Daí decorre o princípio da relatividade da Mecânica, devido a Galileu: é impossível detectar um movimento retilíneo uniforme de um referencial em relação a outro por qualquer efeito sobre as leis da dinâmica [...] (NUSSENZVEIG, p. 176, 2002).

Geralmente, nos pomos em repouso em relação a um referencial e assim analisamos um movimento e suas características. Mas tudo o que vemos e conhecemos está sempre em movimento: se utilizo o solo, não posso esquecer que a Terra gira em relação a seu eixo; este, por sua vez, gira ao redor do Sol que orbita o centro da galáxia, a qual se move em relação à outras galáxias. Existe algo no Universo que esteja em repouso para utilizarmos como referencial?

No século XIX, acreditava-se em um meio que preenchia todo o espaço e por onde a luz do Sol e das estrelas se propagava até o nosso planeta. Esse meio foi chamado de éter e foi considerado o sistema de referência preferencial em repouso. Ou seja, qualquer movimento poderia ser analisado em relação ao éter que estava em repouso absoluto (HEWITT, 2015).

Entretanto, experimentos muito bem elaborados, principalmente como o interferômetro de Albert Michelson e Edward Morley, em 1887, com uma série de medidas cuidadosas, demonstraram que a velocidade da Terra em relação ao éter era nula. Outra questão importante foi a conclusão de que a velocidade da luz não se modificava conforme ela viajava no mesmo

⁶ Este item apresenta o assunto abordado constante no Capítulo 3, item 3.2, da dissertação – Aplicação e Análise de uma Sequência Didática para Abordagem de Cinemática e Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio – reproduzido de forma integral com adaptação para o presente.

sentido do movimento da Terra ou perpendicular a este. Resumindo, o éter não existe e a luz não precisa de um meio material para se propagar. Outro fator importante é que não existe um referencial absoluto: o movimento é relativo e só podemos medir a velocidade de um corpo em relação a outro.

Hewitt (2015), em um exemplo, explica que um astronauta só pode medir a velocidade de sua nave em relação à outra nave ou em relação à Terra ou outro objeto; não é possível medir a velocidade da nave em relação ao espaço. Em uma outra situação, se estamos em um trem em movimento que passa ao lado de outro trem também em movimento, só podemos saber nossa velocidade em relação a este. Se estivermos em movimento uniforme em um avião ou nave espacial e este não tiver janelas, não poderemos distinguir se estamos em movimento ou em repouso, pois todos os fenômenos e experiência que ali vivenciarmos são os mesmos tanto na situação de repouso como de movimento uniforme.

Einstein apresentava muitos questionamentos sobre essas situações, principalmente no que se refere à constância da velocidade da luz. Perguntava-se sobre o que aconteceria se ficássemos ao lado de um feixe de luz, viajando na mesma velocidade deste, como um carro viajando ao lado de outro, ambos na mesma velocidade. Isso não fazia sentido, pois a luz era uma onda produzida pela variação constante de campos elétricos e magnéticos (EINSTEIN, 1999). Se estivéssemos ao lado de um feixe de luz e viajando com a mesma velocidade deste, veríamos estes campos estáticos e, por consequência, não haveria luz?

Outra questão importante refere-se a como utilizamos referenciais rígidos e fixos para analisar os movimentos. Não é fácil estabelecer as 3 coordenadas espaciais utilizando-se pontos fixos. É muito mais coerente adotarmos o sistema de referencial, como estudado anteriormente, ou seja, com as três coordenadas espaciais colocadas em qualquer ponto de onde queiramos analisar o movimento. São linhas imaginárias e que permitem a nossa compreensão do movimento a partir delas. Se um destes referenciais está em movimento uniforme ou em repouso, só podemos afirmar isso observando outros referenciais que também estejam em movimento uniforme ou em repouso. Ou seja, se um referencial se encontra em movimento uniforme em relação a outro referencial, este também está em movimento uniforme ou em repouso em relação ao primeiro (NUSSENZVEIG, 2002).

Fatores que também nos fazem refletir e que levaram a Einstein elaborar suas ideias, referem-se à simultaneidade de um mesmo evento observado de dois referenciais diferentes. Um dos exemplos clássicos corresponde a uma pessoa viajando em um trem e abandona uma

pedra pela janela deste. A pessoa que abandonou a pedra verá essa caindo em linha reta até o chão, desconsiderando a resistência do ar, enquanto que outra pessoa que está ao lado da ferrovia, fora do trem, veria essa mesma pedra descrever uma trajetória parabólica em relação ao chão (EINSTEIN, 1999). Como um mesmo evento pode ser descrito de maneiras diferentes?

Como fazemos para medir algo? Por exemplo, se estou dentro de um ônibus em movimento e quero medir o seu comprimento, posso pegar uma trena ou uma régua e ir colocando essa sobre o chão do ônibus e verificar o seu comprimento. Mas para alguém que está ao lado da estrada e vê o mesmo ônibus e pretende medi-lo, deverá proceder da mesma forma que fizemos no estudo dos movimentos, utilizando-se, por exemplo, da Equação 3.9, ou seja, sabendo a velocidade, se for constante, do ônibus, multiplicamos pelo intervalo de tempo que o mesmo levou para passar por nós e temos o valor do comprimento deste. Ou seja, as medições podem ser realizadas de maneiras diferentes de acordo com o que podemos ter de fatores e equipamentos para realizar. Mas como medir o espaço? Essas dúvidas é que permeiam o estudo da relatividade.

De acordo com Hewitt (2015), pode-se descrever os postulados que levaram a Teoria da Relatividade restrita como:

Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movam com velocidade uniforme. (HEWITT, p. 661, 2015).

A velocidade de propagação da luz no espaço livre tem o mesmo valor para todos os observadores, não importando o movimento da fonte ou do observador; ou seja, a velocidade de propagação da luz é uma constante. (HEWITT, p. 662, 2015).

Para representar o valor da velocidade da luz, utilizaremos a letra c e adotaremos o valor arredondado para a mesma (300 000 000 m/s).

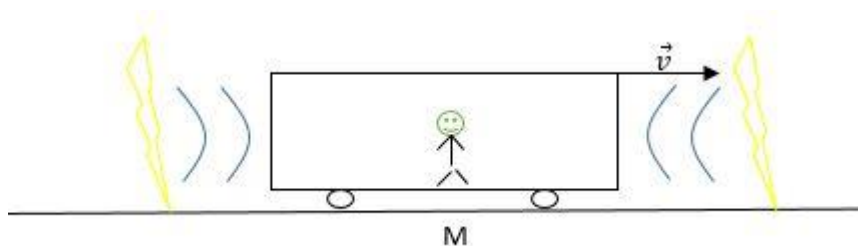
O primeiro postulado deixa claro que é impossível detectar o movimento absoluto, ou seja, somente podemos afirmar que o movimento existe em relação a algum referencial. Os movimentos acelerados podem ser detectados facilmente com uma série de experiências, mas o movimento uniforme não. Como foi dito anteriormente, as leis da natureza são as mesmas para um corpo em repouso e um corpo em movimento uniforme. Isso é o primeiro postulado (NUSSENZVEIG, 2002).

O segundo postulado deixa claro que a velocidade da luz é a mesma para todos os observadores, estejam eles em movimento ou em repouso. A velocidade da luz possui sempre

o mesmo valor c , mesmo que a fonte emissora desta luz esteja em movimento. Parece não fazer sentido. Se eu viajo a 1000 km/h e acendo uma lanterna no mesmo sentido do movimento, a velocidade dessa luz deveria ser $1000 + c$. Entretanto, ela tem apenas o valor c , assim como qualquer observador que meça a velocidade dessa luz obterá o valor c . Esse é o segundo postulada (TIPLER; MOSCA, 2006).

Uma consequência do segundo postulada é a questão da simultaneidade de um evento. Em um exemplo, o próprio Einstein apresenta a situação onde dois raios caem ao mesmo tempo em dois pontos de uma ferrovia retilínea por onde se move um trem. Como dizer se os eventos foram simultâneos? Bem, uma pessoa que estivesse no ponto médio do local onde os raios ocorreram e pudesse dispor de um dispositivo que determinasse o tempo em que a luz de cada raio atingiu aquele ponto, poderia afirmar que os dois raios ocorreram simultaneamente. De outra forma, uma pessoa que estivesse viajando no trem e dispusesse do mesmo dispositivo não poderia afirmar o mesmo. Como o trem se move em direção ao local onde um dos raios caiu, o dispositivo detectaria este primeiro e o outro em seguida, afirmando que ambos não ocorreram simultaneamente. Isso ocorre porque a luz dos raios percorreria distâncias diferentes até atingir o observador. Logo, a simultaneidade de eventos depende do referencial em que o observador se encontra.

Figura 3.56 – Situação onde uma pessoa em um trem não consegue ver o evento como simultâneo por causa do movimento.



Fonte: o autor.

Dois eventos que são simultâneos em um sistema de referência não necessariamente devem ser simultâneos em um sistema que se move em relação ao primeiro. (HEWITT, p. 662, 2015).

A questão da simultaneidade de eventos em um sistema de referência e não simultaneidade em outro sistema de referência é um efeito puramente relativístico (HEWITT, 2015).

Para mostrar para os alunos a situação em que a distância percorrida faz a diferença na detecção de um evento simultâneo, propõe-se a experimentação de um telefone com fio e copos, onde um destes tem pequeno comprimento e outro um grande comprimento. Uma pessoa falando nas extremidades dos dois telefones simultaneamente será percebida de maneira diferente pelas pessoas nas outras extremidades, por causa da distância a ser percorrida pelo som. Não é um evento relativístico, mas auxilia na compreensão dos fenômenos relativísticos em situações abstratas.

3.18.1 A dilatação do tempo

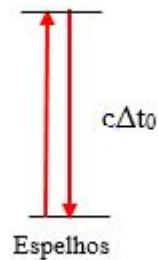
Como foi mencionado no item 3.9, as coordenadas de um sistema de referência nos dão a localização de um objeto no espaço. Podemos utilizar esse mesmo sistema de coordenadas para especificar o tamanho de um objeto, ou seja, o seu comprimento, sua largura e sua espessura. Porém, essa descrição nos parece um pouco falha, pois um objeto passou por várias transformações durante o tempo. Por exemplo: uma caixa de giz possui comprimento, largura e espessura que representam as três dimensões espaciais. Entretanto, essa caixa nem sempre foi uma caixa. Um dia ela foi uma árvore que sofreu transformações para se tornar a caixa de giz. Outra questão, é que ela provavelmente não será eternamente uma caixa de giz, podendo ser destruída, queimada, etc. Resumindo, a descrição do objeto necessita de uma quarta dimensão: o tempo. Assim, podemos definir que aquela caixa possui estas dimensões espaciais neste determinado intervalo de tempo, podendo variar conforme este último varia. Tudo que existe pode ser descrito meio do **espaço-tempo**.

Se existir movimento entre duas pessoas que estão em referenciais diferentes, elas não concordarão nas medições de espaço e tempo. Isso não é perceptível em pequenas velocidades, mas quando as velocidades atingem valores próximos ao valor da velocidade da luz, velocidades relativísticas, essa distinção ocorre naturalmente. Isso é uma consequência do segundo postulada (TIPLER; MOSCA, 2006).

Para explicar melhor, imagine uma situação onde conseguimos observar um *flash* luminoso sendo refletido em um par de espelhos paralelos, relógio de luz, para cima e para baixo, como uma bola de tênis batendo no teto e no chão de uma casa. Esse relógio de luz encontra-se em uma nave espacial transparente que se move com uma velocidade muito alta

(HEWITT, 2015). Dois observadores observam o *flash*: um dentro da nave espacial e outro fora da nave. Como cada observador vê a trajetória do *flash* de luz?

Figura 3.57 – Representação de um relógio de luz, onde as setas vermelhas representam o flash de luz sendo refletido nos espelhos acima e abaixo.

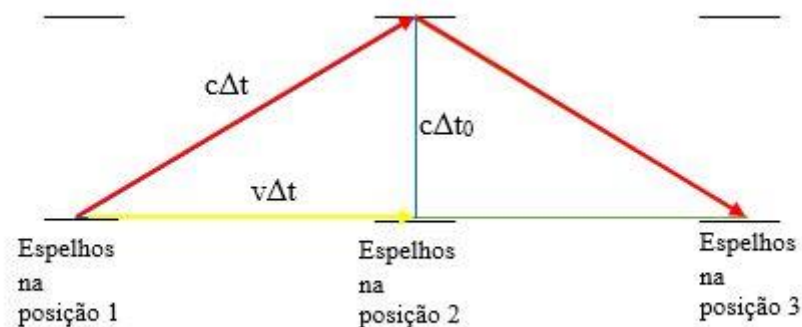


Fonte: o autor.

O observador que se encontra dentro da nave vê exatamente o que está representado na Figura 3.57, pois ambos estão no mesmo referencial da nave espacial. Observador e relógio estão em repouso em relação à nave.

O observador que está fora da nave espacial, em um outro referencial, não verá a mesma coisa que o primeiro, principalmente se a velocidade da nave for muito próxima à da luz. Ele observará algo como representado na Figura 3.58.

Figura 3.58 – Representação do trajeto da luz do relógio visto na perspectiva de um observador externo à nave espacial. A seta amarela indica a distância percorrida pela nave espacial enquanto a luz sai de um espelho e toca no outro.



Fonte: o autor.

Facilmente percebemos que a distância percorrida pela luz na Figura 3.57 é menor do que a distância percorrida pela luz na Figura 3.58. Ou seja, observadores diferentes viram a luz percorrer distâncias diferentes. Mas a velocidade da luz é a mesma para ambos observadores. Isso somente pode estar correto se o tempo passar de maneira mais lenta na situação da Figura 3.58. Esse alongamento do tempo é chamado de dilatação do tempo ou dilatação temporal.

Podemos estabelecer uma relação entre o tempo decorrido para o *flash* de luz percorrer os espelhos no referencial da nave, chamado tempo próprio (Δt_0), e o tempo decorrido para o *flash* percorrer os espelhos no referencial exterior à nave, chamado tempo relativo (Δt). O tempo próprio é, por definição, o intervalo de tempo medido no referencial em repouso em relação ao evento observado. Para isso, observe a Figura 3.58 e veja que a primeira seta vermelha indica a distância percorrida, velocidade vezes o tempo, pela luz, de um espelho a outro, no referencial externo à nave. A seta amarela indica a distância percorrida pela nave neste intervalo de tempo, vista desse mesmo referencial. De outra forma, a linha azul representa a distância percorrida pela luz no referencial que está fixo em relação ao relógio de luz, ou seja, a nave espacial. Assim, utilizando o triângulo retângulo formado e o teorema de Pitágoras, temos:

$$(c\Delta t)^2 = (c\Delta t_0)^2 + (v\Delta t)^2$$

$$c^2\Delta t^2 = c^2\Delta t_0^2 + v^2\Delta t^2$$

$$c^2\Delta t^2 - v^2\Delta t^2 = c^2\Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2(c^2 - v^2) = c^2\Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 \left(\frac{c^2 - v^2}{c^2} \right) = \Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 \left[1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right) \right] = \Delta t_0^2$$

$$\Delta t^2 = \frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\Delta t_0^2}{1 - \left(\frac{v^2}{c^2} \right)}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

(Equação 3.27)

Onde podemos representar o fator

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

como γ (gama), que é conhecido por fator de Lorentz, ou seja:

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

E assim temos:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

(Equação 3.28)

Podemos notar que o fator γ será sempre maior que 1, indicando que o tempo relativo é maior que o tempo próprio, ou seja, o tempo passa mais lentamente para o observador externo. Isso é a dilatação do tempo. Para velocidades v cada vez maiores, maior será o fator γ e maior será a dilatação do tempo. Se a velocidade v for muito pequena, como no nosso cotidiano, temos que o fator γ se reduz a praticamente 1, fazendo com que Δt_0 seja igual a Δt . Ou seja, o tempo não passa diferente para alguém que está em um ônibus e alguém parado na rua. A dilatação temporal somente ocorre para velocidades muito altas, próximas à velocidade da luz.

3.18.2 A contração do comprimento

Da mesma maneira como o tempo é afetado pela Teoria da Relatividade Restrita, assim também o comprimento sofrerá variações durante a medição de objetos que se encontram em movimento relativo. O que ocorre é uma contração do comprimento na mesma direção do movimento (WOLFF; MORS, 2005). Essa é uma consequência do segundo postulado.

A contração do comprimento está intimamente ligada à dilatação do tempo. Imagine uma barra de metal parada em relação ao chão e um trem muito rápido passando por ela. Vamos fazer a dedução da contração do comprimento, imaginando um observador no chão e outro no

trem. Para o observador no chão é fácil fazer a medição da barra utilizando uma régua ou trena, pois ambos se encontram em um mesmo referencial. Vamos dizer que o comprimento da barra obtido pelo observador no chão seja L_1 . Esse é o comprimento próprio obtido pelo observador. O observador que se encontra no trem apenas pode medir a barra por meio da relação:

$$x = v\Delta t$$

Onde podemos substituir os valores já conhecidos do tempo próprio e utilizar a medida L_2 como sendo o comprimento da barra obtido pelo observador do trem.

$$L_2 = v\Delta t_0$$

Mas sabemos que:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

E assim temos:

$$L_2 = v \frac{\Delta t}{\gamma}$$

Onde:

$$v \Delta t = L_1$$

Então temos:

$$L_2 = \frac{L_1}{\gamma}$$

Que é mais comumente representada por:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

(Equação 3.29)

Onde podemos substituir o fator γ e obter:

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

Essa contração foi proposta por George F. FitzGerald e expressa matematicamente por Hendrick A. Lorentz. A proposição era a de que os objetos diminuam o seu comprimento, mas Einstein propõe a contração do próprio espaço (HEWITT, 2015). Uma questão interessante é

que somente a direção do movimento é afetada pela contração, sendo que as demais permanecem constantes. Outro fator importante é que sempre são atribuídos os efeitos relativísticos ao outro sujeito: se estou em repouso vejo o objeto em movimento relativístico mais curto; se estou em movimento, vejo o objeto parado mais curto.

Também podemos apresentar, sem a dedução, a fórmula para a soma de duas velocidades relativísticas, que é um pouco diferente daquela que vimos quando estudamos a soma de velocidades:

$$V = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$$

(Equação 3.30)

Dessa maneira, tudo o que é apresentado pela teoria da Relatividade Restrita permite a unificação do estudo do movimento como um todo, não necessitando se apresentar de duas maneiras, como clássica e relativística. As demonstrações aqui apresentadas permitirão aos alunos desenvolver todo o estudo de mecânica com a compreensão geral do movimento e não apenas de maneira clássica. Será possível continuar a partir daqui com as leis de Newton, energia relativística e momento relativístico, dando um suporte pleno aos alunos de Física do Ensino Médio.

Veja um exemplo de problema:

1. Um passageiro de uma nave interplanetária, deslocando-se com $v = 0,99c$ tira uma soneca de cinco minutos, pelo seu relógio. Quanto tempo durou a soneca do ponto de vista de um planeta β parado em relação à nave? Sabendo que a nave interplanetária tem 21 m de acordo com os seus passageiros, qual o comprimento observado do ponto de vista do planeta β ?

Primeiro determinamos o fator γ :

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

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{(0,99c)^2}{c^2}\right)}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (0,9801)}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0,0199}}$$

$$\gamma = \frac{1}{0,141}$$

$$\gamma = 7,092$$

Agora, utilizamos as equações da dilatação do tempo e contração do comprimento, lembrando que o tempo de 5 minutos e o tamanho de 21 metros são, respectivamente, o tempo próprio (Δt_0) e o comprimento próprio (L_0), pois são medidos pelo passageiro em seu referencial.

Para o tempo:

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$\Delta t = 7,092 \cdot 5$$

$$\Delta t = 35,46 \text{ minutos}$$

Para o comprimento:

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

$$L = \frac{21}{7,092}$$

$$L = 2,96 \text{ metros}$$

Assim, vemos que um objeto se movimentando a uma velocidade muito próxima à da luz tem seus efeitos relativísticos bem notáveis. O tempo medido no planeta foi de aproximadamente 35 minutos e o comprimento da nave foi de 2,96 metros, caracterizando a dilatação temporal e a contração do comprimento.

Os efeitos da Teoria da Relatividade Restrita não são simplesmente numéricos e matemáticos: eles são reais. Uma série de experimentos com partículas subatômicas provaram a veracidade da teoria. Em 1971, quatro relógios atômicos de césio foram colocados em aviões comerciais viajando ao redor do mundo e demonstraram que houve diferenças de bilionésimos de segundo em relação aos mesmos relógios no Observatório Naval dos Estados Unidos, que

estavam de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita. Hoje, são necessárias correções nos sistemas de posicionamento global (GPS) que possuem relógios atômicos orbitando em altas velocidades o nosso planeta para poder compensar os efeitos da dilatação temporal (HEWITT, 2015).

Um dos experimentos mais famosos da comprovação da Teoria da Relatividade Restrita é a detecção de múons na superfície terrestre. Raios cósmicos vindos do espaço entram em nossa atmosfera e interagem com os elementos desta produzindo partículas subatômicas que dão origem a milhares de partículas secundárias. Algumas dessas são píons neutros (π^0) e carregados (π^+ e π^-). Os píons carregados interagem com os átomos da atmosfera ou decaem em múons, positivos (μ^+) ou negativos (μ^-). O múon é uma partícula carregada instável que decai em um elétron (ou pósitron), um neutrino e um antineutrino, e tem uma vida média de 2,2 μ s. A maior parte dos múons é criada a uma altitude de 15 km, possuindo uma velocidade de 0,9998c (NUSSENZVEIG, 2002). Dessa forma, segundo a teoria clássica, praticamente nenhum múon produzido chegaria à superfície terrestre. Porém, são detectados em laboratórios muitos múons, trilhões de vezes mais do que previsto na teoria clássica. Entretanto, se adotarmos a dilatação temporal ou a contração do comprimento da Teoria da Relatividade Restrita, os resultados são compatíveis com as detecções.

A teoria da relatividade de Einstein levantou muitas questões filosóficas. O que exatamente é o tempo? Podemos dizer que ele é a forma com a qual a natureza “vê” que os eventos não acontecem todos de uma vez? E por que o tempo parece transcorrer em um sentido apenas? Ele sempre transcorreu *para frente*? Existiriam outras partes do universo onde o tempo transcorresse *para trás*? É provável que nossa percepção tridimensional de um mundo tetradimensional seja apenas um início? Poderia existir uma quinta dimensão? E uma sexta dimensão? Uma sétima? E seguindo adiante, quais seriam as naturezas dessas dimensões? Talvez essas questões sejam respondidas pelos físicos do futuro. Que empolgante! (HEWITT, p. 681, 2015).

4 SLIDES PRODUZIDOS

Todo o material produzido, envolvendo imagens em slides e modelos de experimentos de autoria própria assim como os que foram obtidos em sites de livre acesso e as fontes devidamente citadas são fornecidos sem nenhum custo para todos que precisarem e estiverem utilizando deste Produto Educacional.

Para tanto, pede-se que haja o contato através do email do autor para o compartilhamento dos arquivos.

Email: fisicajosueduda@gmail.com

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos muito que a educação pode transformar a vida das pessoas. Cada esforço para mudar e melhorar a aprendizagem é muito valioso para todos os profissionais da educação. Toda a experiência deve ser compartilhada entre estes profissionais para que a mudança possa acontecer em cada pequena escola de nosso país, transformando a vida de cada ser humano, trazendo novas expectativas e sonhos que fazem com que tudo seja melhor.

Somos profissionais da educação e nossa luta é constante e árdua pela valorização da educação em nosso país. Nossa experiência e nossa dedicação fazem parte de nossa missão que sempre procurou mudar o mundo através de pequenas atitudes, um dia de cada vez.

Todo aluno é importante e todos têm a capacidade de aprender. Este é o nosso pensamento. Ensinar e aprender é uma arte e, como tal, revela suas paixões e dificuldades, além de muito trabalho empregado.

Este produto educacional foi elaborado com muito carinho, dedicação, trabalho e reflexão para que pudesse fazer a diferença na vida de muitos educandos que sentem a necessidade de aprender, mas os métodos tradicionais os impedem.

Para você que utilizar este trabalho, faça-o com amor e dedicação colhendo os frutos de uma boa educação e acreditando na capacidade de cada um de seus educandos. Compartilhe com seus colegas tudo que achar bom e produtivo. Esperamos seu retorno e seu feedback sobre o mesmo. Bom uso e bom trabalho!

OS AUTORES

REFERÊNCIAS

A VIDA do múon. Unicamp, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html>>. Acesso em 28 de out. 2017.

ALVES-MAZZOTTI, A.J e GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. Reimpr. 2.ed. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2004. 203p.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física aula por aula: mecânica, 1º ano**. São Paulo: FTD, 3ª ed., 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC. 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2017.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2017.

BONJORNO, José Roberto. **Física 1: Mecânica e Fluidos**. São Paulo: FTD, 2014.

BORTONI-RICARDO, S. M. **O professor pesquisador: introdução à pesquisa qualitativa**. São Paulo, Parábola Editorial, 2008. 135p.

BROWN, Douglas. **Tracker: Video Analysis and Modeling Tool**. Versão 4.11.0. [S. L.], setembro, 2017. Disponível para instalação em: <<https://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 15 de maio 2017.

CONTATO. Direção de Robert Zemeckis. Estados Unidos da América: Warner Bros. Entertainment., 1997. 1 DVD (149 min.).

DIAS, Diogo Lopes. **Método científico; Brasil Escola**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/metodo-cientifico.htm>>. Acesso em 05 de janeiro de 2018.

EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução do original alemão Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

EISBERG, R., RESNICK, R. **Física Quântica. Átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

GASPAR, A. **Compreendendo a física – Vol.1 – Mecânica**. São Paulo: Ática, 2ª ed., 2014.

GRAF- Grupo de Reelaboração do Ensino de Física: **Mecânica**. São Paulo: EDUSP, 2003.

GUERRA, A., BRAGAL, M., REIS, J. C. **Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n4/a16v29n4.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física 1: Mecânica**. Rio de Janeiro: LTC, 4ª ed., 1996.

HELPS, Ju. Pousos inacreditáveis/vento de través. 2018. (7m16s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nu2CTdsS3t8>>. Acesso em: 28 de fev. 2018.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 12ª ed., 2015.

LIMA, L. C. **História da Física**. Apostila de História da Física. CBPF, 1999. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/~alex/Ensino/cursos/historia_da_ciencia/artigos/Historia_da_Fisica_30.pdf>. Acesso em: 20 set. 2017.

MECHANICAL UNIVERSE AND BEYOND. (Para além do universo mecânico). Direção de Mark Rothschild e Peter F. Buffa. Estados Unidos da América: California Institute of Technology (Caltech), 1985. (Arquivo pessoal).

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. São Paulo: E. Blücher, 2002.

ORKIEL, Edenilson; SILVA, Silvio Luiz Rutz. **O uso do software Tracker no ensino de física dos movimentos**. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais

em Física, v. 15). Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1TTHhO65-cpFlifjJLbwuxIikTxd1Wb9p/view>>. Acesso em: 01 de ago. 2017.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. 98p. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

RIBAS, S. A. **Metodologia científica aplicada**. Rio de Janeiro, EDUERJ, 2004. 110p.

ROCHA, J. F. et al. **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Salvador, EDUFBA, 2002.

ROONEY, Anne. **A História da Física: da Filosofia ao enigma da matéria negra**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda, 2013.

SILVA, S. L. R. e CRUZ, G. K. **Reflexões para a composição de uma metodologia para o Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

WOLFF, J. F. S.; MORS, P. M. **Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein**. In Textos de apoio ao professor de física / Programa de Pós-graduação em Ensino de Física; editores Marco Antônio Moreira, Eliane Ângela Veit - Instituto de Física – UFRGS, Vol. 16, n. 5, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n5_Wolff_Mors.pdf>. Acesso em: 23 de abr. 2018.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **Física IV – Ótica e Física Moderna**. 12ª ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.