

COLETÂNEA · 2016 — 2026

Ao completar **dez anos**, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no Polo 52 — UFSC Blumenau reúne uma seleção dos **produtos educacionais** desenvolvidos ao longo de sua trajetória. Da relatividade e da cosmologia ao eletromagnetismo, à óptica e à ondulatória, esta coletânea reúne roteiros, experimentos e sequências didáticas prontas para a sala de aula.

As fotografias desta capa registram dez anos de aulas, defesas, feiras de produtos e formaturas no campus de Blumenau.



ISBN: 978-65-977411-1-3

CDL



9 786597 741113

ISBN 978-65-977411-1-3

Edições Entre Vales/CTE/UFSC

Blumenau · 2026



MPEF · 10 ANOS

Coletânea dos melhores produtos educacionais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA · CAMPUS
BLUMENAU

10
ANOS

2016 — 2026

MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA

Coletânea dos melhores produtos educacionais

ORGANIZADORES

Daniel Almeida Fagundes

Lara Fernandes dos Santos

Daniel Girardi

Lucas Natálio Chavero





MPEF 10 ANOS

Coletânea dos melhores produtos educacionais do Mestrado Profissional em Ensino de Física — UFSC Blumenau

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA · POLO
52 — UFSC BLUMENAU

ORGANIZADORES

Daniel Almeida Fagundes
Lara Fernandes dos Santos
Daniel Girardi
Lucas Natálio Chavero

BLUMENAU · 2025

CRÉDITOS

ORGANIZAÇÃO

Comissão de Organização das Festividades dos 10 anos do MPEF

(Portaria nº 016/2025/COORDFIS, de 03 de dezembro de 2025)

ORGANIZADORES

Daniel Almeida Fagundes

Lara Fernandes dos Santos

Daniel Girardi

Lucas Natálio Chavero

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Comissão de Organização dos 10 anos do MPEF

IDENTIDADE VISUAL

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) — UFSC Blumenau

INSTITUIÇÃO

Universidade Federal de Santa Catarina — Campus Blumenau
Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação

APOIO



O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

FICHA CATALOGRÁFICA

*Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da Universidade Federal de Santa Catarina*

M939 MPEF 10 ANOS [recurso eletrônico] : coletânea dos melhores produtos educacionais do Mestrado Profissional em Ensino de Física - UFSC Blumenau / organizadores, Daniel Almeida Fagundes ... [et al.]. – Blumenau : UFSC Blumenau/Editora Entre Vales, 2025.

201 p.

E-book (PDF)

ISBN 978-65-977411-1-3

1. Física – Estudo e ensino. 2. Professores de física - Formação. I. Fagundes, Daniel Almeida. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Blumenau. Mestrado Profissional em Ensino de Física.

CDU: 53:37

Elaborada pelo bibliotecário Alexandre Pedro de Oliveira – CRB-14/1167

ISBN 978-65-977411-1-3

Edições Entre Vales/CTE/UFSC

APRESENTAÇÃO

Ao completar dez anos, o Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) da Universidade Federal de Santa Catarina — Campus Blumenau reúne, nesta coletânea, uma seleção dos produtos educacionais desenvolvidos por mestrandos e orientadores ao longo de sua trajetória.

Essa celebração coincide com um marco ainda mais abrangente da Física brasileira: em 2026, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) completa 60 anos de atuação em prol da ciência e do ensino de Física no país. É sob a coordenação da SBF e com o apoio fundamental da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que este programa de pós-graduação se insere, enquanto Polo Nº 52 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) — programa em rede, de caráter profissional, voltado à formação continuada de professores da educação básica - cuja função notoriamente ultrapassa o âmbito da universidade e suas práticas.

É oportuno lembrar que, nesse âmbito, o desempenho do programa em rede no que tange a sua inserção na sociedade tem sido objeto de apreciação e constante debate na SBF, mas também nas instituições que integram a rede do MNPEF. Nesse ponto, é importante salientar ainda os recentes resultados oriundos da Avaliação Quadrienal (2021-2024) da CAPES, na qual o MNPEF obteve nota 4, com conceito "Muito Bom" nos quesitos Programa e Impacto na Sociedade - avaliação esta que reconhece a solidez de uma estrutura hoje presente em mais de 60 instituições associadas, distribuídas por todas as regiões do país. É precisamente a competência formativa e seu apelo social esta coletânea procura testemunhar: mais de 2.600 mestres já for-

mados em todo o Brasil, cerca de 83% dos egressos permanecendo na rede pública de ensino, e produtos educacionais cujo impacto é ainda mais notável nos municípios que contam com uma única escola de ensino médio, pois passam a afetar diretamente todo o universo de estudantes da localidade. É esse tipo de trabalho — nascido da sala de aula e devolvido a ela — que os oito produtos reunidos neste volume também representam.

É também sob essa perspectiva que vale destacar a trajetória do Polo 52 nesses dez anos: foram 87 professores ingressantes desde a aula inaugural, em 11 de março de 2016, dos quais 32 já concluíram o mestrado e 23 seguem em formação — uma diversidade de trajetórias que vai de estudantes recém-formados a professores com décadas de experiência em sala de aula, e cujos produtos educacionais alcançaram diferentes municípios de Santa Catarina.

Os oito trabalhos aqui reunidos percorrem temas centrais da Física — da relatividade e da cosmologia ao eletromagnetismo, à óptica e à ondulatória — traduzidos em roteiros, experimentos e sequências didáticas prontas para uso. Mais do que um registro histórico, esta coletânea é um convite: que cada professora e cada professor que a abrir encontre aqui materiais capazes de tornar o ensino de Física mais significativo, investigativo e próximo da vida dos estudantes.

Boa leitura.

Os organizadores

SUMÁRIO

1 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DA RELATIVIDADE GERAL E RESTRITA A PARTIR DE RECORTES DE FILMES <i>Adavilson Martins Pins e Esley Scatena Gonçalves</i>	1
2 GUIA PARA ENSINAR COSMOLOGIA <i>Gabriela Mikoaski e Lara Fernandes dos Santos</i>	74
3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM COM AUXÍLIO DE RECURSOS DIGITAIS <i>José Edson Reinert e Daniel Almeida Fagundes</i>	147
4 DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO DIDÁTICO PARA DEMONSTRAÇÃO DO COMPORTAMENTO MAGNÉTICO DA MATÉRIA E FENÔMENOS ELETROMAGNÉTICOS <i>Rafael Roza e Cristiano da Silva Teixeira</i>	201
5 RESISTORES NÃO ÔHMICOS: ENSINANDO ELETRICIDADE A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA DE ELETRÔNICA APLICADA <i>Ricardo Bagatoli e Daniel Girardi</i>	230
6 EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DA LUZ NA FORMA DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA <i>Sandro de Moraes Ribas e Fabio Rafael Segundo</i>	256
7 O ENCONTRO DE DOIS MUNDOS: Uma sequência didática sobre o som da Física <i>Valmir de Liz e Lucas Natálio Chavero</i>	299
8 ABORDAGEM HISTÓRICO-CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO <i>Fábio Gomes Miranda e Marcelo Dallagnol Alloy</i>	358

CAPÍTULO 1

**UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DA RELATIVIDADE
GERAL E RESTRITA A PARTIR
DE RECORTES DE FILMES**

Adavilson Martins Pins e Esley Scatena Gonçalves

Apresentação Do Produto Didático

Caro(a) professor(a), o produto didático a foi pensado a partir de que os alunos do Ensino Médio têm pouco acesso aos conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea, na qual as aulas de física normalmente são mecanizadas. Esse produto didático acompanha a dissertação de mestrado desenvolvida no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina Campus Blumenau.

Sendo assim foi organizado essa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) sobre Relatividade Restrita/Especial e Relatividade Geral, com o intuito de trabalhar os respectivos assuntos de uma forma mais interessante para os alunos, na qual temos com motivador para as aulas o interesse dos mesmo por filmes de ficção científica.

O produto apresenta uma unidade de ensino potencialmente significativa, a qual os professores podem adaptar ou até mesmo mantê-la, com materiais online, sendo roteiros, planos de ensino e os recortes dos filmes trabalhados. As aulas se iniciam com uma discussão sobre os referidos recortes de filmes. Após uma discussão introdutória sobre o escopo da Relatividade Restrita e Geral, são utilizados roteiros com atividades que estão em um contexto sobre o assunto.

Após o desenvolvimento das atividades, os alunos são convidados a criarem mapas conceituais relacionados aos conteúdos de física abordados ao longo das atividade

Introdução

Ficção Científica No Cinema

A ficção científica (FC) nas telas de cinema não é algo recente, sua primeira apresentação aconteceu na França em 1902 com o “Viagem à Lua”. “A história atribui a George Méliès, com A Viagem à Lua (Le voyage dans la Lune, 1902), o mérito de ter feito o primeiro filme de ficção científica, sendo também o primeiro cineasta associado à ideia de futuro e de tecnologia” (MEDEIROS, 2011, p.33), sendo considerado grande sucesso. A partir desse momento tem-se então o início da FC moderna, a qual os autores reconhecem a dificuldade de defini-la. Alguns defendem que certos aspectos devem prevalecer na sua abordagem, sendo eles as mudanças de nível de ciência e tecnologia, no entanto, para outros, deve conter efeitos humanos de uma “ciência extrapolada”.

Piassi (2003, p. 159-160) descreve “ciência Extrapolada como:

“... uma categoria mais geral, que engloba qualquer forma de utilização de ideias científicas para a produção do conteúdo veiculado no texto. A ciência extrapolada em si não é conteúdo da história, mas um implícito do processo de construção dos elementos, por exemplo, os engenhos. Quanto aos “efeitos humanos”, que também são extrapolados, podemos supor que são resultados de processos, estes, sim, retratados no conteúdo da obra. Além disso, são humanos os efeitos, sendo, portanto, de caráter social, e não natural.”

“Na FC, em particular, tais fatos podem ser concebivelmente derivados do nosso próprio meio social, mediante adequadas

mudanças ao nível da ciência e da tecnologia” (Piassi e Pietrocola, 2009).

Desde então filmes de FC têm sido um grande atrativo nas telas do cinema, sempre atraindo um grande público em suas exibições, tendo como espectadores desse gênero alunos do Ensino Médio e despertado assim um grande interesse nos alunos por conhecimentos de Física Contemporânea. Desta maneira, o recorte desses filmes poderá ser utilizado de forma didática para ampliar o interesse dos alunos pelo conhecimento científico apresentado nos filmes de FC.

Por muitas vezes os filmes são vistos como um mecanismo só para matar aula (preencher um período sem intuito nenhum com o conteúdo), sendo utilizado de forma equivocada e de forma desvinculada ao tema a ser trabalhado em sala de aula, banalizando os filmes em sala de aula, embora os mesmos apresentem grande potencial didático para o ensino.

Morán (1995), apresenta algumas características importante para o aprendizado utilizando-se de filmes:

“O vídeo é sensorial, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí sua força. Somos atingidos por todos os sentimentos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaço”. (MORÁN, 1995, p.28)

Geralmente os alunos apresentam grandes dificuldades na aprendizagem de Física, pois atualmente o ensino de física está sendo desenvolvido através de três linhas de ensino como forma geral, sendo elas: i) aulas expositivas, ii) resolução de exercícios e iii) problemas e atividades experimentais

com roteiro fechado, no qual o aluno é obrigado a realizar a sequência toda na íntegra sem modificações para não alterar o resultado esperado. Assim, os conteúdos trabalhados em sala de aula passam a não ter uma ligação com o cotidiano dos educandos.

Segundo Borges (2002, p. 13) citado por Rodes (2017, p. 16), as aulas com atividades experimentais são:

“Em geral, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções de um roteiro. O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas ‘aulas teóricas’, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ‘ver na prática’ o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica”. (BORGES, 2002, p. 13)

Apresentado por Carvalho Júnior (2002) citado por Rodes (2017), temos:

“O ensino de Física não pode se contentar em simplesmente solicitar ao aluno que memorize equações e as utilize em problemas elaborados fora de qualquer contexto. Deve-se lutar por um ensino de Física que seja pautado por discussões amplas, com um constante diálogo com o mundo, com a sociedade e com os atores do processo educativo”. (CARVALHO JÚNIOR, 2002, p. 65)

Segundo Moreira (2013 p.17), “receber” o conhecimento, a informação, a ser aprendido em sua forma final é aprendizagem receptiva, no entanto isso não significa que a aprendizagem deve ser de forma passiva, e nem que esteja associada ao ensino de aula expositiva tradicional. Nesse sentido a “recepção” do conhecimento poder se dar através de filmes.

Diante disso, a oportunidade de utilizar filmes de FC passa a ser uma grande forma para estimular a aprendizagem do conhecimento dos alunos em Física, além de aumentarmos o grau de informação de Física Contemporânea, já que a mesma, na maioria das vezes, é colocada como conteúdo extra nos livros de Ensino Médio. Geralmente aparece no final, e fica sendo um assunto a ser discutido se der tempo pelos professores de física.

“... necessárias atualizações dos conteúdos apontam para uma ênfase à Física contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso. Seria interessante que o estudo da Física no Ensino Médio fosse finalizado com uma discussão de temas que permitissem ...”(PCN+, 2006; p. 26)

Nesse sentido viu-se uma oportunidade de inserir-se a Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física sendo que, em pleno século XXI, isso ainda é em geral visto de forma superficial. Segundo Moreira (2007),

“Na verdade, não tem sentido que, em pleno século XXI, a física que se ensina nas escolas se restrinja à física (clássica) que vai apenas até o século XIX. É urgente que o currículo de física na educação básica seja atualizado de modo a incluir tópicos de física moderna e contemporânea, como a física dos quarks abordada neste trabalho. O argumento de que tais tópicos requerem habilidades e/ou capacidades que os estudantes de ensino fundamental e médio ainda não têm é insustentável, pois outros tópicos que são ensinados, como a cinemática, por exemplo, requerem tantas ou mais capacidades/habilidades cognitivas do que partículas elementares”. (MOREIRA, 2007, p. 172)

Dessa forma, parte-se do pressuposto da necessidade da inserção da física moderna e contemporânea no Ensino Médio, aproveitando que o cinema pode ser uma oportunidade. Nas palavras de Piassi temos:

“O cinema, considerando a ótica pedagógica, atua principalmente pelo despertar da emoção e do envolvimento do estudante. Nesse sentido o cinema é uma manifestação cultural extremamente eficaz no que diz respeito ao entretenimento e pode ser utilizado como um gerador de debates, permitindo a emergência de reflexões em sala de aula. Nesse caso, e no âmbito da Física, a discussão das películas pode corroborar ou refutar o conhecimento prévio trazido pelos estudantes, tornando mais significativa a aprendizagem”. (PIASSI, Gomes e Ramos, 2017, p. 30)

Nesse sentido, percebe-se que os longas-metragens de FC apresentam um grande potencial didático para o Ensino de Física. Com base nesta hipótese, foi decidido fazer a análise de filmes de FC com possível potencial de tópicos de Física Contemporânea que possam ser trabalhados com os alunos, especificamente os tópicos de Relatividade Restrita e Geral.

Contudo, trabalhar filmes de FC em sala de aula apresenta certos desafios, entre eles a duração dos respectivos filmes e sua linguagem de produção, a qual normalmente apresenta uma natureza mais superficial do conhecimento tratado, por exemplo.

“Levar um filme para a sala de aula pode ser muito complicado. Um primeiro empecilho é a duração, freqüentemente de mais de duas horas. É preciso que o filme seja muito bem aproveitado para compensar esse investimento de tempo. Mas há outros problemas. A linguagem cinematográfica é, por natureza, mais superficial do que a escrita e, de certa forma, inibe a imaginação e a criatividade ao exibir as cenas

prontas, sem dar espaço para a elaboração própria do aluno.” (PIASSI, 2007, p. 359)

Pensando nesse sentido optou-se por fazer uma decupagem dos filmes escolhidos, permitindo obter-se estudos mais detalhados dos conceitos físicos a serem abordados em sala de aula, com o intuito de ganhar tempo no âmbito da classe e poder abordar os pontos com maior aprofundamento dos temas.

Objetivos

Objetivo Geral

Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais

Objetivos Específicos

- Discutir os limites de validade da física newtoniana;
- Introduzir o conceito de relatividade e invariância da velocidade da luz;
- Enunciar o Princípio da Equivalência;
- Definir o conceito de espaço-tempo;
- Mostrar efeitos puramente relativísticos;
- Estabelecer diferença entre a Relatividade Geral e Restrita;
- Reconhecer conceitos de Relatividade Geral e Restrita através da análise de filmes de Ficção Científica;
- Determinar os limites entre ciência e ficção.

Unidade De Ensino Potencialmente Significativa Sobre Ensino De Física Contemporânea Através De Filmes De Ficção Científica

O intuito é que, através de filmes de Ficção Científica (FC), seja possível despertar o interesse dos alunos por conceitos de física contemporânea e ensinar alguns conceitos de Relatividade Restrita e Relatividade Geral, temas que instigam a curiosidade dos alunos pois envolvem o arcabouço teórico necessário para descrever objetos como buracos negros e situações como viagem temporal.

"Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir. Por exemplo, como a relatividade ou as ideias quânticas povoam o imaginário e a cultura contemporânea, conduzindo à extrapolação de seus conceitos para diversas áreas, como para a Economia ou Biologia".(PCN+, 2006; p. 15)

Dessa forma será idealizada uma sequência para trabalho com alunos, na qual irá ser visualizado a absorção dos conceitos utilizando-se de mapas conceituais, considerando que é um bom elemento para diagnosticar o ensino aprendizagem do aluno.

Segundo Moreira (2010, p. 17) citado por Pivatto (2013, v. 2, n. 15,),

Os mapas conceituais podem ser usados para mostrar relações significativas entre conceitos ensinados em uma única aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. São representações concisas das estruturas conceituais que

estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitam a aprendizagem dessas estruturas. Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são autoinstrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 2010, p. 17).

Subsequentemente será descrita uma sequência formativa de roteiro para aplicação dos filmes de FC.

No quadro 1 encontra-se a lista de filmes a serem trabalhados durante a aplicação do produto. Tais tópicos servirão de base para um conjunto de atividades para ser desenvolvido com os alunos do 3º ano do Ensino Médio.

Quadro 1.1: Filmes que serão trabalhados com os alunos

TEMA	FILMES	CORTE/ MIN.	CONCEITOS
Relatividade Especial	De volta para o Futuro	3:17	viagem temporal
		1:35	viagem temporal
	Efeito Borboleta	1:53	viagem temporal
	Vingadores Ultimato	1:48	viagem temporal
		2:18	viagem temporal
	Planeta dos Macacos-2001	1:47	Paradoxo dos gêmeos
	Dr. Estranho	3:51	viagem temporal
	Máquina do Tempo	3:27	espaço-tempo
		2:01	espaço-tempo
	Contato	1:53	viagem temporal
		1:51	viagem temporal
		1:46	buracos de minhoca/ano luz
Relatividade Geral	Interstellar	2:48	buraco de minhoca
		2:33	gravidade artificial dilatação gravitacional do tempo
		1:14	dilatação gravitacional do tempo
		3:13	buracos negros giratórios
	2001-Uma odisséia no espaço	1:10	gravidade artificial
	Thor	121	ponte de Einstein-Rosen
	Star Trek	3:16	dobra espacial
		0:57	buracos negros

Unidade De Ensino Potencialmente Significativa

Encontro 01 (1 Aulas): Primeiro Momento (45 Min)

Segundo Vygotsky (1991) o aprendizado só acontece quando existe uma interação entre pessoas do seu ambiente, sendo assim:

“[...] O aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em operação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança”. (VYGOTSKY, 1991, p. 77)

Nesse momento o professor irá dividir a sala em 6 grupos, a montagem dos grupos será realizada pelos próprios educandos e, na sequência, serão entregues os recortes dos filmes para os grupos formados. O recorte dos filmes será disponibilizado através do Google Drive, o qual os alunos irão acessar a partir dos seus smartphones. Desta forma os alunos irão se organizar para assisti-los e, em sequência, analisá-los. Nesse momento eles irão fazer a identificação de potenciais relações com a teoria da relatividade: o que é ciência e o que é ficção científica, sendo assim passarão a fazer anotações e comentários sobre a viabilidade dos fenômenos apresentados.

Juntamente com os vídeos, o professor entregará aos alunos alguns textos de apoio sobre os temas a serem trabalhados. Nos referidos textos haverá algumas referências bibliográ-

ficas para fundamentar os seus conceitos sobre os temas tratados nos recortes dos filmes de FC. Isso será feito no término da aula que resta e na aula subsequente da turma.

Como finalização do momento, o professor irá mediar uma discussão com alunos a partir das anotações realizadas, sobre o que é ficção científica e o que é ciência.

Momento 01

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Escola: _____
 Professor: _____
 Componente Curricular: Física
 Turma: _____
 Duração: 1 aula de 45 min.

PLANO DE AULA

Tema: Recortes de filmes para o estudo de conceitos de Relatividade Geral e Restrita

OBJETIVOS

GERAL:

- Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais.

ESPECÍFICOS:

- Determinar os limites entre ciência e ficção.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

METODOLOGIA

- Organizar os alunos em 6 grupos de 5 integrantes (a montagem dos trios será realizada pelos próprios educandos) e, na sequência, serão entregues os recortes dos filmes para os grupos formados.
- Recorte dos filmes será disponibilizado através do Google Drive (**GRUPO 1, GRUPO 2, GRUPO 3, GRUPO 4, GRUPO 5 e GRUPO 6**), o qual os alunos irão acessar a partir dos seus smartphones.
- Disponibilizar os vouchers de acesso ao wi-fi da rede da escola, desta forma os alunos irão se organizar para assisti-los e, em sequência, analisá-los.
- Link dos **textos de apoio**.
- Identificação de potenciais relações com a teoria da relatividade: o que é ciência e o que é ficção científica, sendo assim passarão a fazer anotações e comentários sobre a viabilidade dos fenômenos apresentados.
- Como finalização do momento o professor irá mediar uma discussão com os alunos a partir das anotações realizadas, sobre o que é ficção científica e o que é ciência.

VÍDEOS

GRUPO 1



GRUPO 2



GRUPO 3



GRUPO 4



GRUPO 5



GRUPO 6



TEXTO DE APOIO

**RECURSOS**

- Internet;
- Google drive;
- Livros impresso;
- Smartphone;

AVALIAÇÃO

A avaliação se dará dos debates sobre os recortes dos filmes e identificação se os recortes são ficção ou ciência real.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.
 MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.
 MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.

Encontro 02 (2 Aulas): Segundo Momento (90 Min)

Nesse momento o professor abrirá para a discussão do grande grupo os temas dos recortes, considerando os temas em comum adquiridos pelos grupos, retomando o final da aula anterior. Em seguida, serão levantados pontos que os alunos julgaram intrigantes nos recortes de filmes que foram analisados. Neste momento ocorrerá uma discussão das análises através de uma breve apresentação, na qual cada grupo faz uma explanação aos outros. O professor, nesse momento, passa a ser um mediador das discussões, fazendo inserções que julgar pertinente sem interferir de forma geral no trabalho.

Momento 02**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Escola: _____
 Professor: _____
 Componente Curricular: Física
 Turma: _____
 Duração: 2 aulas de 45 min.

PLANO DE AULA

Tema: Recortes de filmes para o estudo de conceitos de Relatividade Geral e Restrita

OBJETIVOS

GERAL:

- Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais.

ESPECÍFICOS:

- Reconhecer conceitos de Relatividade Geral e Restrita através da análise de filmes de Ficção Científica;

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

METODOLOGIA

- Recorte dos filmes será disponibilizado através do Google Drive (**GRUPO 1, GRUPO 2, GRUPO 3, GRUPO 4, GRUPO 5 e GRUPO 6**), o qual os alunos irão acessar a partir dos seus smartphones.
- Link dos **textos de apoio**.
- Levantamento dos pontos que os alunos julgaram intrigantes nos recortes de filme que foram analisados. Neste momento ocorrerá uma discussão das análises através de uma breve apresentação, na qual cada grupo faz uma explanação aos outros. O professor, nesse momento, passa a ser um mediador das discussões, fazendo inserções que julgar pertinente sem interferir de forma geral no trabalho. (90min)

VÍDEOS		
GRUPO 1 	GRUPO 2 	GRUPO 3 
GRUPO 4 	GRUPO 5 	GRUPO 6 
TEXTO DE APOIO 		
RECURSOS • Internet; • Google drive; • Livros impresso; • Smartphone; • Projetor multimedia; • Quadro Branco;		

REFERÊNCIAS
MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010. MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006. Física Moderna 1: Unidade I - 03 Relatividade da Simultaneidade de Eventos - https://youtu.be/x3JcvWG7ZgA Genius Explicação da Relatividade Restrita e da Relatividade Geral - https://youtu.be/H_w6mYPniFM DILATAÇÃO TEMPORAL - https://youtu.be/MVeXopuYNTM Contração do Comprimento - Teoria da Relatividade - https://youtu.be/bKhhAT28-Us A SOLUÇÃO do PARADOXO dos Gêmeos - https://youtu.be/Nirtk3RB97w Brian Greene Explains That Whole General Relativity Thing - https://youtu.be/Nirtk3RB97w A new way to visualize General Relativity - https://youtu.be/wrwgljBUYVc

Encontro 03 (3 Aulas): Terceiro Momento (135 Min)

Nesse momento, após a discussão dos grupos sobre temas em comum dos recortes e definição do escopo de aplicabilidade da Relatividade Restrita e Relatividade Geral, o professor vai então trabalhar uma breve aula expositiva sobre os conceitos essenciais.

O professor pedirá para os alunos sugerirem temas associados aos recortes de filmes assistidos e os relacionará aos tópicos da Relatividade Restrita e Geral: dilatação temporal, contração espacial, paradoxo dos gêmeos, princípio da equivalência, espaço-tempo, buracos negros, etc.

Momento 03

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Escola: _____

Professor: _____

Componente Curricular: Física

Turma: _____

Duração: 3 aulas de 45 min.

PLANO DE AULA

Tema: Recortes de filmes para o estudo de conceitos de Relatividade Geral e Restrita

OBJETIVOS

GERAL:

- Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais.

ESPECÍFICOS:

- Discutir os limites de validade da física newtoniana;
- Introduzir o conceito de relatividade e invariância da velocidade da luz;
- Enunciar o Princípio da Equivalência;
- Definir o conceito de espaço-tempo;
- Mostrar efeitos puramente relativísticos;
- Estabelecer diferença entre a Relatividade Geral e Restrita;

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

METODOLOGIA

- Recorte dos filmes será disponibilizado através do Google Drive (**GRUPO 1, GRUPO 2, GRUPO 3, GRUPO 4, GRUPO 5 e GRUPO 6**), o qual os alunos irão acessar a partir dos seus smartphones.
- Link dos **textos de apoio**.
- Após a discussão do grande grupo sobre temas em comum dos recortes e definição do escopo de aplicabilidade da Relatividade Restrita e Relatividade Geral, o professor vai então trabalhar uma breve aula expositiva via **PREZI** sobre os conceitos essenciais (90 min.)
- O professor pedirá para os alunos elenquem temas associados aos recortes de filmes assistidos e os relacionará aos tópicos da Relatividade Restrita e Geral: dilatação temporal, contração espacial, paradoxo dos gêmeos, princípio da equivalência, espaço-tempo, buracos negros, etc.(45min)

VÍDEOS

GRUPO 1



GRUPO 2



GRUPO 3



GRUPO 4



GRUPO 5



GRUPO 6



TEXTO DE APOIO



RECURSOS

- Internet;
- Google drive;
- Livros impresso;
- Smartphone;
- Projetor multimídia;
- Quadro Branco;

AVALIAÇÃO

A avaliação se dará dos debates sobre os recortes dos filmes, identificando os conceitos de relatividade.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.
 MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.
 MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.
 Física Moderna 1: Unidade I - 03 Relatividade da Simultaneidade de Eventos - <https://youtu.be/x3JcvWG7ZgA>
 Genius | Explicação da Relatividade Restrita e da Relatividade Geral - https://youtu.be/H_w6mYPniFM
 DILATAÇÃO TEMPORAL - <https://youtu.be/MVeXopuYNTM>
 Contração do Comprimento - Teoria da Relatividade - <https://youtu.be/bKhhAT28-U>
 A SOLUÇÃO do PARADOXO dos Gêmeos - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>
 Brian Greene Explains That Whole General Relativity Thing - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>
 A new way to visualize General Relativity - <https://youtu.be/wrwgljBUYVc>

Encontro 04 (5 Aulas): Quarto Momento (240 Min)

Para finalizar a contextualização sobre os conceitos abordados e percebidos por meio dos filmes de FC, serão propostas 4 atividades referentes a Relatividade Geral e Restrita, as quais serão resolvidas nos grupos com orientação do professor:

- i) movimento relativo – os receberão um conjunto de atividades com base em recortes de vídeos, no qual os alunos iram analisar os referenciais nas situações e também iram analisar a questão de velocidade em relação ao observador.
- ii) princípio da equivalência - será entregue aos grupos um conjunto de atividades relacionadas ao princípio da equivalência; os alunos calcularão, por exemplo, a velocidade de rotação de uma nave em forma de anel para que a mesma

produza uma gravidade artificial de mesma magnitude que a experimentada na Terra.

iii) curvatura do espaço-tempo - uma atividade discutindo o conceito de geodésica será realizada pelos alunos. Será discutido o conceito de raio de Schwarzschild e Buraco Negro.

iv) mecânica relativística - os grupos realizarão um conjunto de atividades referentes à mecânica relativística, calculando o fator de Lorentz para diversas situações de dilatação temporal, contração espacial e massa relativística.

As atividades propostas permitirão que os alunos sejam capazes de resolver problemas simples de relatividade, uma vez que após trabalhados os conceitos, a matemática envolvida é simples.

Momento 04**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Escola: _____
 Professor: _____
 Componente Curricular: Física
 Turma: _____
 Duração: 5 aulas de 45 min.

PLANO DE AULA

Tema: Recortes de filmes para o estudo de conceitos de Relatividade Geral e Restrita

OBJETIVOS**GERAL:**

- Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais.

ESPECÍFICOS:

- Discutir os limites de validade da física newtoniana;
- Introduzir o conceito de relatividade e invariância da velocidade da luz;
- Enunciar o Princípio da Equivalência;
- Definir o conceito de espaço-tempo;
- Mostrar efeitos puramente relativísticos;
- Estabelecer diferença entre a Relatividade Geral e Restrita;

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

METODOLOGIA

Nesse encontro os alunos irão aplicar os conceitos analisados nos recortes e discutidos nos encontros anteriores, através de roteiros de atividades referente a Relatividade Geral e Restrita, as quais serão resolvidas nos grupos com orientação do professor:

- Movimento relativo e referenciais inerciais
- Princípio da Equivalência
- Buracos negros/desvio da luz
- Dilatação temporal.

ROTEIRO DAS ATIVIDADES**MOVIMENTO RELATIVO E REFERENCIAIS INERCIAIS****PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA****BURACOS NEGROS/DESVIO DA LUZ****DILATAÇÃO TEMPORAL****RECURSOS**

- Internet;
- Google drive;
- Livros impresso;
- Smartphone;
- Projetor multimídia;
- Quadro Branco;

AValiação

A avaliação se dará no decorrer das aulas com as produções e execuções dos roteiros orientados.

REFERÊNCIAS

- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.
- MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.
- Física Moderna 1: Unidade I - 03 Relatividade da Simultaneidade de Eventos - <https://youtu.be/x3JcvWG7ZgA>
- Genius | Explicação da Relatividade Restrita e da Relatividade Geral - https://youtu.be/H_w6mYPniFM
- DILATAÇÃO TEMPORAL - <https://youtu.be/MVeXopuYNTM>
- Contração do Comprimento - Teoria da Relatividade - <https://youtu.be/bKhhAT28-Us>
- A SOLUÇÃO do PARADOXO dos Gêmeos - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>
- Brian Greene Explains That Whole General Relativity Thing - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>
- A new way to visualize General Relativity - <https://youtu.be/rrwgljBUYVc>

Movimento Relativo

Introdução

Assista ao vídeo a seguir - **Top Secret!, 1984** - https://www.youtube.com/watch?v=A_peCIVBTAY e responda às questões abaixo:

- Inicialmente, quem parece estar se movendo, o trem ou a plataforma?
- Posteriormente, quem parece estar se movendo, o trem ou a plataforma?
- Como podemos saber quem realmente está se movendo?

- Você, neste momento, está parado em relação ao chão?
- Você, em relação ao Sol, está parado ou se movendo?

Perseguição

Assista ao vídeo a seguir (*De Volta Para o Futuro, 1985* - <https://www.youtube.com/watch?v=ACbCcVIJaCE>) e responda às questões abaixo:

- Aos 4 minutos e 10 segundos, um dos terroristas na van aponta uma bazuca na direção de Marty McFly. Durante este momento e nos 5 segundos seguintes, responda:
 - o terrorista está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
- em relação ao chão	- ()	- ()
- em relação ao DeLorean	- ()	- ()
- em relação à van	- ()	- ()

- Marty está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
- em relação ao chão	- ()	- ()
- em relação ao DeLorean	- ()	- ()
- em relação à van	- ()	- ()

- O que você pode dizer sobre a velocidade dos dois veículos?
- Você diria que os observadores nos dois veículos concordam ou discordam em relação ao que está em movimento e o que está parado?
- Depois, aos 4 minutos e 15 segundos Marty tenta fugir e, inicialmente, a câmera mostra o ponto de vista (referencial) dos terroristas. Logo em seguida, temos o ponto de vista do DeLorean (como se Marty olhasse para trás), e ve-

mos a van dos terroristas. Com base neste trecho, responda:

- o terrorista está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
- em relação ao chão	- ()	- ()
- em relação ao DeLorean	- ()	- ()
- em relação à van	- ()	- ()

- Marty está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
em relação ao chão	()	()
em relação ao DeLorean	()	()
em relação à van	()	()

- Você diria que os observadores nos dois veículos concordam ou discordam em relação ao que está em movimento e o que está parado?

Velocidade Relativa

Assista ao vídeo a seguir (*De Volta Para o Futuro 3, 1990* - <https://www.youtube.com/watch?v=WTvHcscSizY>) e responda às questões abaixo:

- Aos 1 minutos e 10 segundos vemos Marty e Doc em cima do trem. Marty está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
em relação ao trem	()	()
em relação ao chão	()	()

- Considere os dois referenciais anteriores, um observador no chão e outro no trem. Eles concordariam com a velocidade de Marty?

- Se o trem tem uma velocidade de 80 km/h em relação ao chão, e Marty tem uma velocidade de 4 km/h em relação ao trem.
 - Qual a velocidade de Marty em relação à um observador sentado no trem?
 - Qual a velocidade de Marty medida em relação ao chão?
- Invariância da velocidade da luz e as transformações de Lorentz

Imagine agora uma situação semelhante à anterior, com um trem em movimento, mas agora muito mais rápido, andando a 10 km/s. Ao invés de alguém correndo, imagine uma pessoa sentada no trem, com uma lanterna acesa. Sabemos que a velocidade da luz no vácuo é de aproximadamente 300.000 km/s.

Com base no que consideramos anteriormente, qual seria a velocidade da luz que sai da lanterna:

- em relação ao trem (e à pessoa sentada);
- em relação ao chão.
- Diversos experimentos têm mostrado que a velocidade da luz no vácuo possui sempre o mesmo valor (300.000 km/s) independente da velocidade do referencial que a observa, contanto que a velocidade seja constante. Isto é, não temos como ``acelerar'' um feixe de luz. Empurrar uma lanterna para frente não faz com que a luz ande mais rápido. Assim, a nossa resposta para o item b) deveria ser, na verdade, 300.000 km/s.

Vamos definir, por enquanto, os referenciais inerciais como aqueles que se movem com velocidade constante em relação a outro referencial. Desta forma, estes referenciais sempre medirão o mesmo valor para a velocidade da luz. Caso con-

trário, se o referencial acelera em relação ao outro, diremos que eles são referenciais não-inerciais

Classifique os referenciais como inerciais ou não-inerciais de acordo com cada questão respondida anteriormente:

Questão	Referencial relativo ao chão	Inercial	Não-inercial
Questão 1	Trem	()	()
	Plataforma	()	()
Questão 2	DeLorean	()	()
	Van	()	()
Questão 3	DeLorean	()	()
	Van	()	()
Questão 4	Trem	()	()
	Chão	()	()

VÍDEOS		
Top Secret! 1984	De Volta Para o Futuro, 1985	De Volta Para o Futuro 3, 1990
		

O Princípio Da Equivalência

Sabemos que os objetos caem próximos da superfície da Terra devido à atração gravitacional. Se soltarmos de uma mesma altura um martelo e uma pena, qual chegará primeiro ao chão? Se fizermos este experimento em casa, certamente o martelo chegará primeiro. No entanto, se estamos interessados em analisar os efeitos da gravidade, é necessário elimi-

narmos quaisquer outros efeitos físicos que possam nos confundir. Quando isso é feito (por exemplo, fazendo nosso experimento no vácuo, para que a resistência do ar não interfira), observamos algo fantástico: a pena e o martelo caem ao mesmo tempo!

Este experimento já foi feito na Lua pelos astronautas da missão **Apollo 15** (<https://www.youtube.com/watch?v=KDp1-tiUsZw8>), já que o ar na Lua é tão rarefeito que pode ser desprezado. O mesmo experimento já foi feito na Terra também, mas numa grande câmara de vácuo, obtendo o mesmo resultado. Isso nos mostra um resultado extremamente curioso a respeito da gravidade: todos os objetos caem com a mesma aceleração quando estão sujeitos ao mesmo campo gravitacional, independente de qual é a sua massa.

Foi pensando sobre este efeito curioso que Einstein chegou à teoria da Relatividade Geral. Nós iremos seguir a mesma linha de raciocínio desenvolvida por ele nesta atividade.

Força peso e força gravitacional

Para entendermos o que ocorre, temos que lembrar como é definida a força gravitacional entre dois corpos. A lei da gravitação universal é escrita como

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

onde F é a magnitude da força gravitacional entre dois corpos de massa gravitacional m_1 e m_2 , r é a distância entre os dois corpos e $G (= 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2)$ é a constante da gravitação universal.

Se considerarmos que um desses corpos é o planeta Terra, com

$$\text{massa} \quad m_1 = M_T,$$

e o outro corpo é uma pessoa de massa $m_2 = m$, a equação acima pode ser escrita como

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = \frac{GM_T}{r^2} m = m \cdot g \quad (2)$$

onde definimos a aceleração da gravidade como

$$g = \frac{G \cdot M_T}{r^2} \quad (3)$$

Valor da aceleração da gravidade: Se estamos na superfície da Terra, a distância entre a pessoa e o centro da Terra é o próprio raio terrestre, ($R_T = 6.378 \text{ km}$) e, considerando a massa da Terra como $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$, qual o valor de g na superfície da Terra?

Calcule a aceleração da gravidade na superfície dos seguintes corpos celestes, considerando sua massa e raio:

Planeta	Massa (10^{24}kg)	Raio (km)	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
Marte	0,642	3.396	
Júpiter	1.898	71.492	
Lua	0,073	1.737	

Nesta situação, definimos a força peso de um corpo como sendo o produto da sua massa gravitacional pela aceleração da gravidade na superfície do planeta,

$$P = mg \quad (4)$$

Vemos, portanto, que o que chamamos de peso é uma relação gravitacional entre as massas do planeta e do corpo em questão.

Quando pesamos algum corpo em uma balança, geralmente cometemos um abuso de linguagem e dizemos que esse corpo ‘pesa tantos quilos’. É importante notar que as massas

possuem unidades de quilogramas, e o peso, sendo uma força, é medido em newtons. Assim, o que acontece quando subimos em uma balança? Quando estamos em uma balança, o que acontece é um equilíbrio de forças. Vamos lembrar o que as leis de Newton nos dizem:

Segunda lei de Newton -- A soma das forças sobre um corpo é igual a sua massa inercial vezes a sua aceleração:

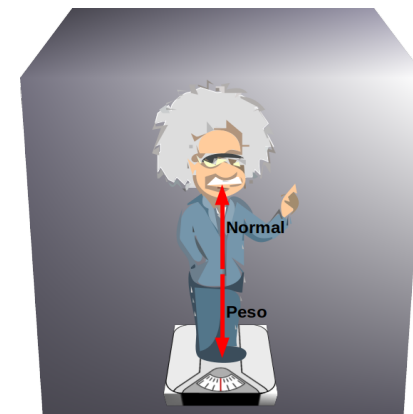
$$F = m_I \cdot a.$$

- Terceira lei de Newton – Quando um corpo A exerce uma força sobre o corpo B, o corpo B exerce uma força de reação sobre o corpo A, de magnitude igual e sentido contrário à força aplicada por A.

Assim, quando subimos sobre uma balança, estamos exercendo uma força sobre a mesma, a força peso! O planeta Terra está nos puxando para baixo, mas a balança no meio do caminho não deixa que sejamos puxados para o centro do planeta. Consequentemente, a balança exerce sobre nós uma força de mesma magnitude, mas sentido contrário à nossa força peso.

Então, para um corpo em repouso sobre uma balança, existem duas forças agindo sobre o mesmo: a força peso (P) devido à atração gravitacional da Terra, e a força normal (N), aplicada pela balança sobre o corpo.

Figura 1.1: Uma pessoa em cima de uma balança. Sobre ela atuam duas forças, a força peso devido à gravidade e a força normal, devido a reação da força peso do corpo apoiado na balança.



De acordo com a segunda lei de Newton, a soma dessas duas forças (neste caso, a subtração, uma vez que as forças apontam em sentidos opostos) deve ser igual à aceleração do corpo. Se o corpo está em repouso, a aceleração é igual a zero:

$$P - N = m \cdot a = 0 \Rightarrow N = P = m_G \cdot g \quad (5)$$

Dessa forma, a medida do peso de um corpo neste caso é, na verdade, uma medida da força normal:

A força normal só existe pois a pessoa está pressionando a balança contra o chão! A força normal é uma força de reação, de acordo com a terceira lei de Newton.

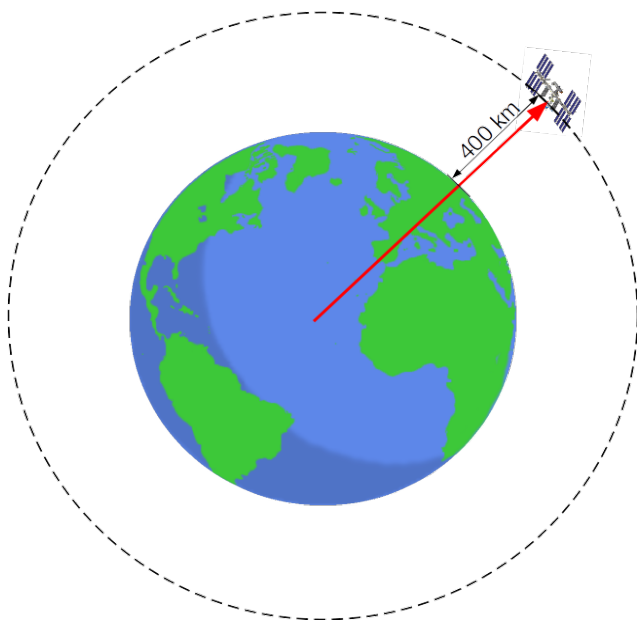
Note que a massa que aparece no resultado final é a massa gravitacional (m_G), aquela que vem da lei da gravitação, e não a massa inercial, aquela que vem da segunda lei de Newton. Elas são conceitualmente diferentes, mas até hoje todos os experimentos nos mostram que elas possuem o mesmo valor para cada corpo.

Gravidade na estação espacial

Agora que sabemos calcular a aceleração da gravidade e o peso de uma pessoa, vamos calcular qual seria o peso de um astronauta a bordo da Estação Espacial Internacional, a 400 km de altura.

Utilize a equação (3) para calcular a aceleração da gravidade devido à Terra para uma pessoa a uma distância de 400 km da superfície da Terra, como mostra a figura abaixo:

Figura 1.2: Órbita da Estação Espacial Internacional em torno da Terra. A figura está fora de escala. (fonte: o Autor).



Se a gravidade na Estação Espacial Internacional é diferente de zero, porque os astronautas parecem flutuar? Vamos ver o que Einstein tem a dizer sobre isso.

O pensamento mais feliz da minha vida

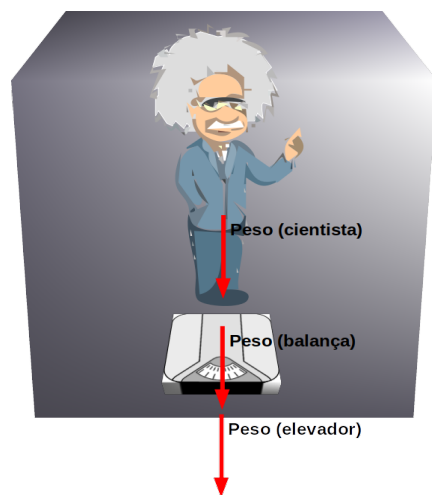
Einstein definiu o pensamento mais feliz de sua vida ao notar que um corpo em queda livre, na verdade, não sente nenhuma força gravitacional sobre si! De fato, se um observador em queda livre deixa cair algum objeto, este objeto permanece em repouso em relação ao observador, independente da natureza deste corpo. Vamos analisar o que Einstein quis dizer com isso.

Vamos imaginar que um cientista esteja em um elevador, em um prédio bem alto, digamos, com 50 andares. Neste elevador existe uma balança, igual aquelas de farmácia. Se o elevador está parado e nossa cientista sobe sobre a balança, esta marcará o peso da forma que vimos anteriormente.

Agora se, de repente, o cabo do elevador se soltar, o mesmo cairá em queda livre pelo poço. Vamos desprezar qualquer efeito da resistência do ar, como fizemos no início. Com base no experimento descrito no início, com o martelo e a pena, o elevador, a balança e o cientista cairão ao mesmo tempo ou algum deles cairá mais rápido ou devagar que o outro?

Se todos caem com a mesma aceleração e velocidade, note que o cientista não conseguirá pisar sobre a balança, ou mesmo pressioná-la contra o chão do elevador! Se isso acontecer, qual será o valor da força normal? Quanto a balança marcará?

Figura 1.3: Num elevador em queda livre, não será possível pisar sobre a balança para comprimi-la sobre o chão.



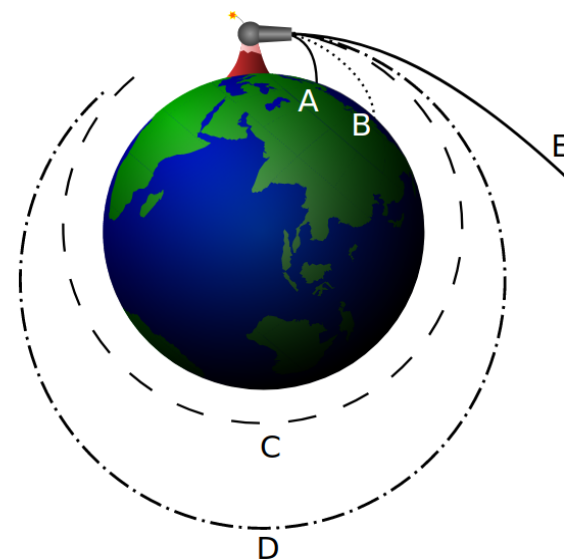
Nesta situação, se o elevador está completamente fechado, o cientista terá a impressão de que está flutuando! Tanto ele quanto qualquer objeto que esteja dentro do elevador (incluindo a balança) cairão com a mesma velocidade e aceleração e, no referencial do cientista, todos esses objetos parecerão em repouso em relação ao mesmo: todos estarão flutuando como se não houvesse gravidade, enquanto durar a queda.

Assim, para um corpo em queda livre, por mais estranho que pareça, é como se não houvesse nenhuma força agindo sobre ele. E se não há força agindo sobre o corpo, é como se ele estivesse em repouso, ou seja, num referencial inercial, como vimos na última atividade.

Agora podemos entender por que os astronautas parecem flutuar, mesmo que a aceleração da gravidade na Estação Espacial Internacional seja diferente de zero: todos estão em queda livre, a nave e todos que estão nela. Quando um corpo está em órbita da Terra, ele está, na verdade, numa eterna queda livre. A diferença em relação ao elevador, é

que os corpos em órbita possuem uma velocidade tangencial que faz com que eles errem a Terra, ao cair, dando voltas sobre a mesma. O próprio Newton já sabia disso, mas Einstein deu um passo além, conforme veremos a seguir.

Figura 1.4: O 'canhão de Newton'. Uma bola de canhão é lançada com diferentes velocidades. Com uma velocidade baixa a bola deixa o canhão e cai no ponto A. Com uma velocidade maior, cai em B. Com uma velocidade maior ainda, entra em órbita como mostram os pontos C e D. Para uma velocidade suficientemente grande (chamada velocidade de escape), a bola sai da órbita da Terra e não retorna (trajetória E). Os astronautas em órbita estão em queda como a trajetória descrita por D. (Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Newton_Cannon.svg)



O princípio da equivalência

O passo final para entendermos a construção da teoria da Relatividade Geral é considerarmos a relatividade entre di-

ferentes referenciais. Como o nosso cientista, em um elevador em queda livre, pode descobrir se está em queda ou se está num lugar onde não há nenhuma força gravitacional? As duas situações parecem ser equivalentes: em ambas ele estaria 'flutuando'. Einstein afirmou que uma vez que não temos como diferenciar estas duas situações, elas são equivalentes.

Ainda, podemos pensar em outra situação equivalente. Vamos considerar dois casos: um elevador parado na superfície da Terra (não em queda livre) e um outro elevador longe de qualquer força gravitacional (como vagando pelo espaço sideral), mas acelerado por um foguete com uma aceleração exatamente igual à aceleração da gravidade na Terra ($a=g$).

No caso do elevador parado na Terra, o cientista pode subir na balança e conseguirá comprimir a balança, sendo que ela marcará seu peso corretamente, pois a força normal será aquela dada pela equação (5):

$$N = m_G \cdot g.$$

No caso do elevador longe de qualquer força gravitacional, o cientista ainda conseguirá subir sobre a balança e verificar qual o seu peso, uma vez que o elevador, ao ser acelerado, empurrará todos para cima. De acordo com a segunda lei de Newton, a força sentida pelo cientista será

$$N = m_I g.$$

Desta forma, o cientista será incapaz de descobrir se está na presença de um campo gravitacional ou se está em um elevador acelerado com uma aceleração igual a da gravidade. Com isso, não sabemos também diferenciar a massa inercial da massa gravitacional, e temos $m_G = m_I$. Esse é o chamado princípio da equivalência:

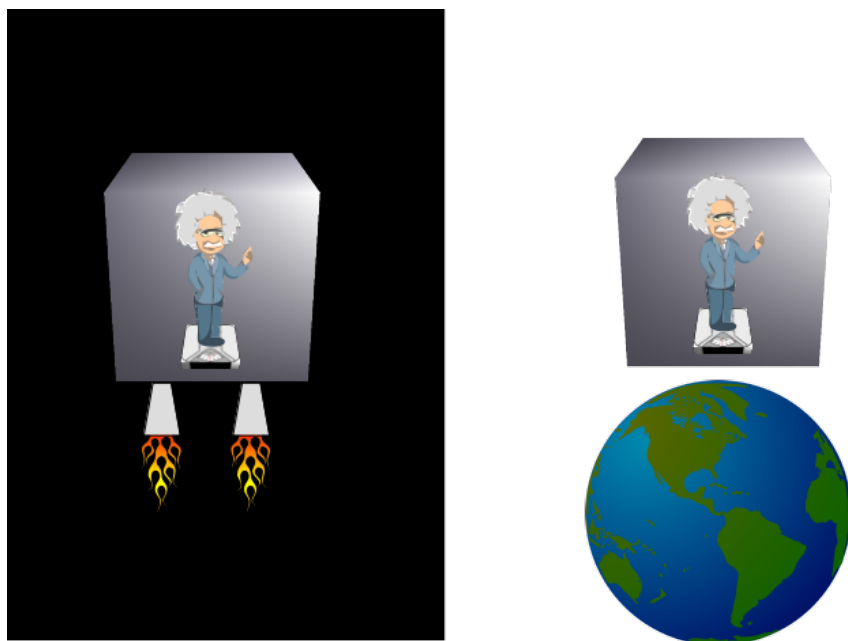
Não é possível realizar nenhum experimento que possa diferenciar a massa gravitacional da massa inercial, nem diferenciar se estamos sujeitos à uma força gravitacional ou se estamos sendo acelerados na direção contrária.

Gravidade artificial

Conforme acabamos de ver, de acordo com Einstein a gravidade é indistinguível de uma aceleração na direção oposta. Podemos fazer uso deste fato para criar uma gravidade artificial para uma nave no espaço. Veja o seguinte trecho do filme 2001: Uma odisseia no espaço: <https://www.youtube.com/watch?v=1wJQ5UrAsIY>

Vamos supor que a nave possua um raio de 65 m de comprimento. Na ausência da gravidade, o astronauta iria flutuar e não conseguiria comprimir o chão para sentir o próprio peso. Contudo, sabemos que um corpo que descreve uma trajetória circular (como uma pedra girando presa a um barbante) experimenta uma força centrípeta: isto é, existe uma força puxando a pedra na direção do centro de rotação, e essa força é produzida pela tensão no barbante. De modo equivalente, podemos criar uma nave que rotacione com uma velocidade tal que a força normal que o chão exerce sobre o astronauta seja equivalente ao peso que esse astronauta sentiria na Terra. Ainda mais, esta força normal apontaria sempre para o centro de rotação, ou seja, seria uma força centrípeta.

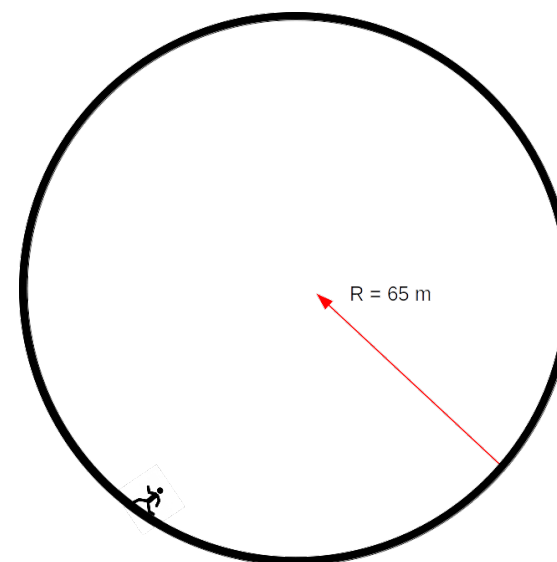
Figura 1.5: O princípio da equivalência nos diz que a massa gravitacional e a massa inercial são equivalentes, de modo que não podemos distinguir se estamos sendo acelerados numa direção ou se estamos na presença de uma força gravitacional na direção contrária.



Lembrando que a força centrípeta é dada por $F = m\omega^2 R$, onde ω é velocidade angular da nave, e lembrando que a segunda lei de Newton nos diz que a força sentida por um corpo é $F = ma$, descubra qual a velocidade angular necessária para que o astronauta sinta uma aceleração igual a aceleração da gravidade na Terra ($a=9,8 \text{ m/s}^2$).

Apollo 15	Os astronautas em órbita estão em queda	Uma odisseia no espaço

Figura 1.6: Gravidade artificial gerada pela força centrípeta de uma nave em rotação.



Desvio da luz

Assista ao seguinte trecho do filme 'Interstellar': <https://drive.google.com/drive/folders/1s28epqWmnh0jD7MAPeGor8-cO06S1VWaD>

O que você observa nesse vídeo?

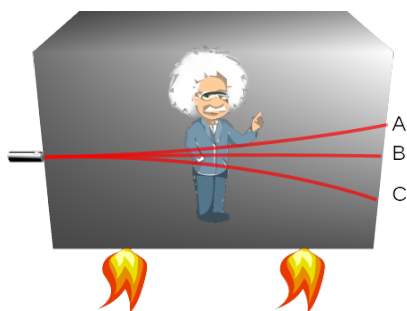
Vimos na última atividade que o chamado Princípio da Equivalência nos diz o seguinte:

Não é possível realizar nenhum experimento que possa diferenciar a massa gravitacional da massa inercial, nem diferenciar se estamos sujeitos à uma força gravitacional ou se estamos sendo acelerados na direção contrária.

Isso quer dizer que tudo que observarmos como se estivéssemos em um foguete acelerado (na ausência de gravidade) também deve acontecer se estivermos parados em uma região sujeita a forças gravitacionais.

Pensando nisso, Einstein colocou o seguinte problema: o que aconteceria com um raio de luz que cruzasse, de uma extremidade à outra, uma nave acelerada (conforme mostra a figura)?

Figura 1.7: Qual será a trajetória de um feixe de luz atravessando um foguete acelerado, longe de um campo gravitacional?



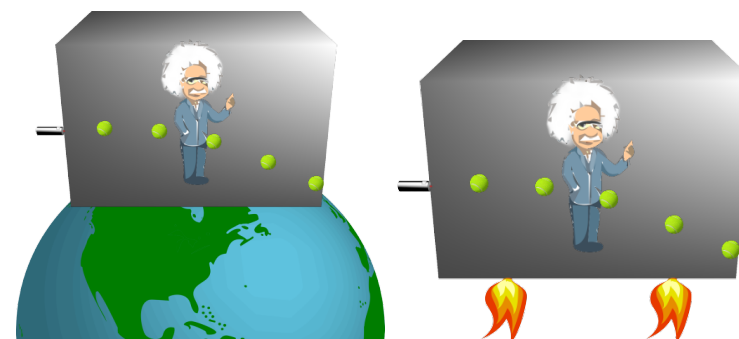
- Discuta a situação acima com seus colegas e escolha qual a alternativa que melhor descreve, na opinião de vocês, a trajetória percorrida por um feixe de laser ao cruzar a nave, do ponto de vista (no referencial) de quem está dentro da nave.

Podemos fazer uso do Princípio da Equivalência para entendermos melhor o que está acontecendo. Vamos imaginar,

portanto, que ao invés de um feixe laser, tenhamos uma bola de tênis sendo arremessada de uma ponta à outra da nave.

Pelo princípio da equivalência, realizar este experimento num foguete com aceleração g longe de um campo gravitacional (Figura 1.8b) é equivalente a realizar este experimento na superfície de um planeta com aceleração da gravidade g (Figura 1.8a). Então, sabemos como a bolinha irá se comportar:

Figura 1.8: (a) Uma bola de tênis num lançamento oblíquo, na presença de um campo gravitacional. (b) Um lançamento oblíquo de uma bola de tênis realizado numa nave com aceleração g , na ausência de campos gravitacionais.



(a) (b)

Este é um experimento que você mesmo pode fazer lançando uma bolinha a partir de uma mesa. Agora, de acordo com o princípio da equivalência, se o experimento for feito numa nave longe de um campo gravitacional, mas com aceleração g no sentido contrário, temos que encontrar o mesmo resultado.

Este é o ponto fundamental: de acordo com o Princípio da Equivalência o resultado precisa ser o mesmo, senão nós seríamos capazes de descobrir se estamos na nave acelerada ou na superfície do planeta. Isso quer dizer que na nave teríamos algo como na Figura 1.8b.

Agora podemos fazer o exercício contrário para o feixe de luz! Enquanto o feixe de luz atravessa a nave, ela continua subindo de modo acelerado:

Vemos, portanto, que para um observador na nave a luz se curva ao atravessá-la. Podemos agora imaginar que se este efeito é observado em uma nave acelerada, o mesmo deve acontecer na presença de um campo gravitacional, ou seja:

Na presença de um campo gravitacional, a luz tem a sua trajetória desviada.

Figura 1.9: Um feixe de luz atravessa uma nave acelerada longe de um campo gravitacional, visto por um referencial externo à nave.

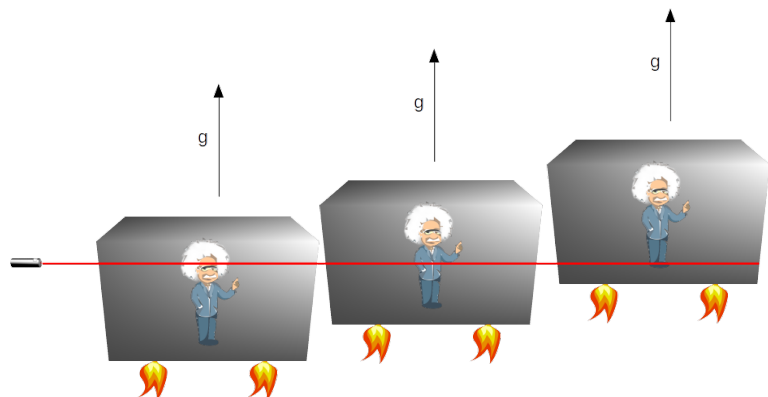
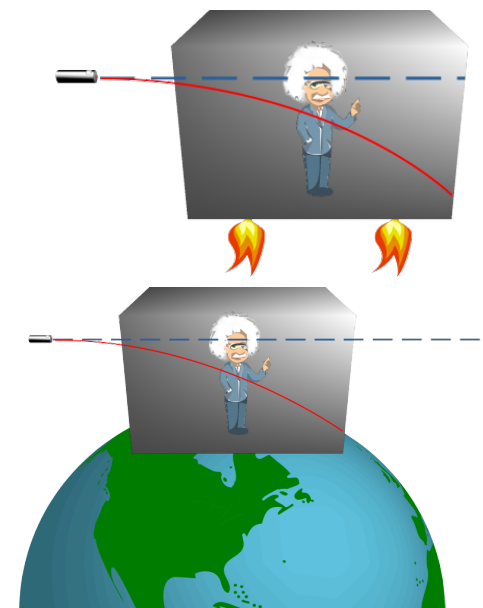


Figura 1.10: (a) Um feixe de luz atravessa uma nave acelerada, longe de um campo gravitacional, visto por um referencial na nave. (b) Um feixe de luz é defletido ao atravessar uma região de campo gravitacional.



(a) (b)

Por que não vemos isso no dia a dia? O campo gravitacional terrestre é muito pequeno para que possamos ver uma curvatura na trajetória da luz aqui na superfície do planeta. No entanto, este efeito pode ser visto quando um feixe de luz passa próximo ao Sol, e foi justamente isso que os cientistas verificaram em 1919, **aqui no Brasil**.

Então, o que vemos no vídeo é a luz se curvando de modo tão drástico no entorno do Buraco Negro, que ela parece formar um anel!

Buracos Negros

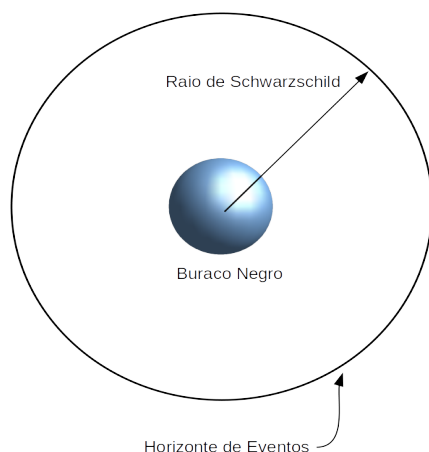
Agora temos condições de discutir o que são Buracos Negros. São objetos que possuem muita massa concentrada

numa região bem pequena, o que faz com que o seu campo gravitacional seja muito intenso. Na verdade, o campo gravitacional é tão intenso que nem a luz consegue escapar do mesmo, tornando-o escuro (daí o nome).

Mas não é como se o buraco negro sugasse tudo ao seu redor. Um buraco negro, assim como uma estrela, pode ser orbitado por outros corpos a uma certa distância, assim como a Terra orbita o Sol. Contudo, existe uma distância mínima que precisamos manter do buraco negro, pois se ultrapassarmos esta distância, ficaremos presos (assim como a luz). Essa distância mínima é chamada de Raio de Schwarzschild, conforme indicado na Figura 1.11.

Assim, enquanto não cruzarmos o horizonte de eventos, é possível escapar da atração gravitacional do buraco negro. Mas, uma vez cruzando o horizonte de eventos, é impossível escapar do mesmo.

Figura 1.11: Representação de um buraco negro, horizonte de eventos e Raio de Schwarzschild.



Se conhecermos a massa do buraco negro, somos capazes de determinar o raio de Schwarzschild dele. Vamos utilizar

uma simplificação que ilustra bem a ideia, além de nos dar o resultado final correto. Para tanto, precisamos antes calcular a velocidade de escape.

- Vamos determinar qual a velocidade mínima que um foguete precisa ter para sair da órbita da Terra. Isso quer dizer que a energia cinética do foguete tem que ser igual à energia gravitacional que o prende aqui na Terra:

$$\frac{1}{2}m_{\text{foguete}}v^2 = \frac{GM_{\text{Terra}}m_{\text{foguete}}}{R_T} \rightarrow v_{\text{escape}} = \sqrt{\frac{2GM_{\text{Terra}}}{R_T}}$$

Calcule a velocidade de escape para a Terra e para a Lua.

- Conforme havíamos dito, num buraco negro nem mesmo a luz consegue escapar do raio de Schwarzschild. Podemos determinar qual o valor deste raio se considerarmos o buraco negro como um corpo de massa M e supormos que a velocidade de escape é igual a velocidade da luz. Isto é, se nem a luz consegue escapar, nada conseguirá.

Utilize a equação para a velocidade de escape, fazendo $v_{\text{escape}} = c$ e mostre que

$$R_S = \frac{2GM}{c^2}$$

onde M é a massa do corpo em questão. Qual seria o valor do raio de Schwarzschild para o Sol? Considere a massa do Sol como $M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$.

Se o raio do Sol é $R_{\odot} = 6,95 \times 10^8 \text{ metros}$, o raio de Schwarzschild fica dentro ou fora do Sol?

Podemos definir um buraco negro como um astro cuja massa esteja toda contida dentro do seu raio de Schwarzschild. Isso quer dizer que se toda a massa do Sol estivesse contida dentro deste raio, ele seria um buraco negro.

- De acordo com o filme Interstellar, o buraco negro Gargantua possui uma massa igual a 100 milhões de vezes maior do que o Sol, ou seja, $10^8 M_{\odot}$.

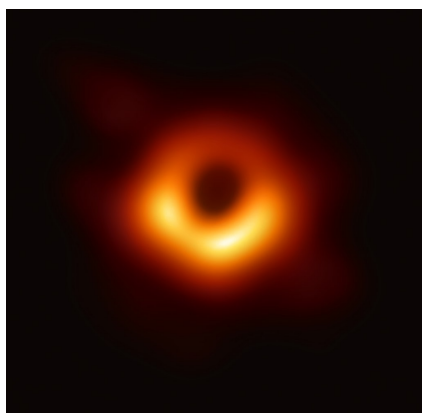
Calcule qual o Raio de Schwarzschild deste buraco negro.

O Buraco Negro Em M87

Em 10 de abril de 2019 uma equipe de astrônomos anunciou a primeira imagem direta de um buraco negro, na constelação de Virgem.

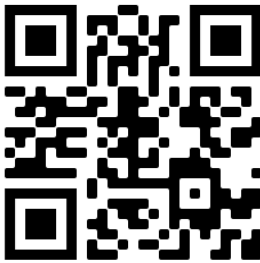
Com base nas imagens, os astrônomos conseguiram calcular o chamado horizonte de eventos, a região delimitada pelo raio de Schwarzschild, como sendo 40 bilhões de quilômetros, $R_S = 4,0 \times 10^{13}$ metros.

Figura 1.12: Primeira foto de um Buraco Negro, M87. <https://www.eso.org/public/images/eso1907a/>



- Para ter uma noção de tamanho, pesquise qual a distância do Sol até Plutão, em metros. O Sistema Solar caberia dentro do horizonte de eventos deste buraco negro?
- De posse do valor do raio de Schwarzschild, qual a massa desse buraco negro em kg?

- Quantas vezes este buraco negro é mais massivo que o Sol?

VÍDEOS	
INTERSTELLAR	AQUI NO BRASIL
	

Dilatação Temporal

Assista ao seguinte trecho do filme Interstellar: https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1sxZEYzAjC6cbIFcE-O4H-9paM69_uQBK_

Nas duas primeiras atividades vimos duas situações diferentes que exploram o mesmo conceito, o de referencial inercial. Enquanto na teoria de Newton o referencial inercial é definido como aquele que se move com velocidade constante em relação a um referencial absoluto (tomado como as estrelas distantes), na teoria de Einstein não existirá um referencial absoluto. A teoria da relatividade é justamente sobre isso: não existe um referencial absoluto.

As grandezas físicas apresentarão valores diferentes dependendo do referencial no qual são calculadas e serão vistas de forma diferente para outro observador se movendo relativamente ao primeiro. A exceção é a velocidade da luz no vácuo: todos os observadores medirão o mesmo valor para a velocidade da luz no vácuo, independentemente de sua própria velocidade.

Desta forma, alguns efeitos interessantes acontecem quando a velocidade relativa entre dois referenciais (observadores) é próxima da velocidade da luz. Em especial, as medidas de tempo que cada observador faz será diferente.

A Relatividade Geral

Havíamos definido o referencial inercial como aquele que se move com velocidade constante em relação a outro observador. No entanto, sabemos que na presença de um campo gravitacional, estamos sendo constantemente acelerados! A aceleração da gravidade próxima à superfície da Terra, por exemplo, faz com que a velocidade dos corpos em queda aumente em 9,8 m/s a cada segundo.

Vimos na última atividade que de acordo com o princípio da equivalência não é possível determinarmos se estamos na presença de um campo gravitacional ou se estamos sendo constantemente acelerados na direção contrária.

Por outro lado, quando estamos em queda livre, não sentimos nosso peso, é como se estivéssemos flutuando e nenhuma força atuasse sobre nós. Então, na relatividade geral, o referencial inercial é definido como aquele em queda livre.

Aqui podemos ver a diferença fundamental entre a teoria da relatividade restrita e a teoria da relatividade geral: a relatividade restrita está ‘restrita’ a observadores se movendo com velocidade constante entre si, enquanto a relatividade geral ‘generaliza’ esta condição, lidando com referenciais acelerados (em queda livre). Com isso, a relatividade geral se torna uma teoria da gravitação, já que os campos gravitacionais causam acelerações.

Então, a relatividade geral trará efeitos que dependem basicamente da gravidade. Um deles diz respeito à dilatação

temporal também. Além do efeito de dilatação devido à velocidade relativa dos observadores, a passagem do tempo também será diferente para observadores sujeitos a campos gravitacionais diferentes.

Dilatação Temporal Para Gravidade Constante

A teoria da relatividade geral nos diz que o tempo passa mais devagar para quem estiver sujeito a um campo gravitacional maior. Vamos lembrar da nossa segunda atividade: vimos que a aceleração da gravidade para um astronauta em órbita da Terra é menor que a aceleração da gravidade na superfície. Com isso, a teoria nos diz que o tempo passa mais rápido para quem está em órbita da estação espacial do que para quem está na Terra! Este efeito pode ser medido também com uma diferença de alguns metros de altura entre os relógios. Vamos ver um exemplo:

- Imagine que você vá visitar uma amiga na praia (ou seja, ao nível do mar) e vocês sincronizem os seus relógios de modo que eles estejam marcando exatamente o mesmo horário. No fim da visita, você segue para a serra (a uma altitude de 800 metros) com o seu relógio, enquanto sua amiga fica na praia.

Neste caso, onde a aceleração da gravidade varia pouco, a seguinte expressão é válida

$$\Delta t_{\text{cima}} = \Delta t_{\text{baixo}} \left(1 + \frac{gh}{c^2} \right)$$

onde Δt_{cima} corresponde ao intervalo de tempo no ponto mais alto (na serra), Δt_{baixo} corresponde ao tempo na praia, g é a aceleração da gravidade (assumindo 9,81 m/s²), c é a velocidade da luz e h é a diferença de altura entre os relógios.

Figura 1.13: Relógios em alturas diferentes medirão intervalos de tempo diferentes.



Para cada segundo no relógio da praia, quantos segundos se passam no relógio da serra?

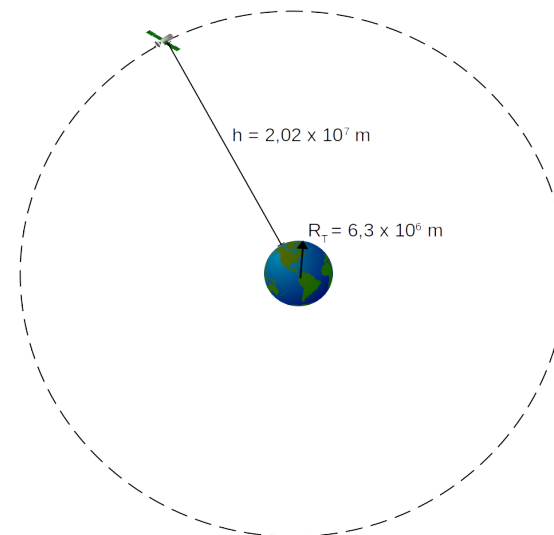
- Qual será a diferença de tempo entre os relógios após 1 ano, quando você voltar para reencontrar sua amiga?

O Satélite de GPS

- Como dissemos, os efeitos da relatividade geral estão relacionados com a gravidade. Por isso, será importante calcularmos qual é o potencial gravitacional do satélite de GPS em órbita e de um receptor do sinal de GPS na Terra.

O potencial gravitacional pode ser visto como uma medida do quanto de energia por quilograma um corpo precisa ter para escapar da atração gravitacional de um planeta. Então, quanto mais próximo estamos da superfície do planeta, mais energia temos que gastar (lembre-se da atividade anterior, na qual calculamos a aceleração da gravidade na superfície do planeta e na estação espacial internacional).

Figura 1.14: Dilatação temporal gravitacional para o satélite de GPS.



Se o potencial gravitacional é dado por $\varphi = \frac{GM_T}{R}$, onde R é a distância do corpo até o centro da Terra, calcule a diferença de potencial gravitacional entre o receptor de sinal (na superfície da Terra) e o satélite em órbita: $\Delta\varphi = \varphi_{\text{receptor}} - \varphi_{\text{satélite}}$ (Suponha que o satélite esteja a uma altura $h = 2,02 \times 10^7$ metros da superfície da Terra, e o raio da Terra seja $R_T = 6,3 \times 10^6$ m).

- De acordo com a Relatividade Geral, o tempo passa mais rápido para os observadores em campos gravitacionais menos intensos. Isso significa que o tempo passa mais devagar para os relógios dos receptores de sinal na Terra do que para os relógios a bordo do satélite em órbita. A equação que nos dá o atraso relativo dos dois relógios é:

$$\frac{\Delta t_{\text{satélite}}}{\Delta t_{\text{receptor}}} = 1 + \frac{\Delta\varphi}{c^2}$$

Para cada segundo medido pelo relógio do receptor ($\Delta t_{\text{receptor}} = 1\text{segundo}$), quantos segundos são medidos pelo relógio do satélite?

- Além do efeito gravitacional, a teoria da relatividade especial também nos diz que por viajar a uma velocidade relativamente alta em relação à Terra, o relógio no satélite se atrasa por $8,3 \times 10^{-11}$ segundos. No total, o relógio do satélite se adianta, portanto, cerca de $4,53 \times 10^{-10}$ segundos para cada segundo que se passa no receptor na Terra. Ao longo de 1 dia todo (86.400 segundos), quantos segundos o relógio do satélite ficará adiantado?

Note que se a velocidade da luz é de $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$, no intervalo calculado acima ela percorrerá uma distância igual a 11,6 km!

Isso significa que se a comunicação entre o satélite e o relógio em Terra não levar em conta os efeitos da Relatividade Geral, teremos um erro de 11,6 km na localização por GPS ao longo de 1 dia. Atualmente, os GPS utilizados pelos telefones possuem uma precisão de 1 a 10 metros pois levam em conta as correções relativísticas.

Interstellar

Vimos na atividade anterior que o buraco negro possui um horizonte de eventos dado pelo raio de Schwarzschild. A nossa equação para a dilatação temporal pode ser escrita em termos do raio de Schwarzschild, R_s , da seguinte forma:

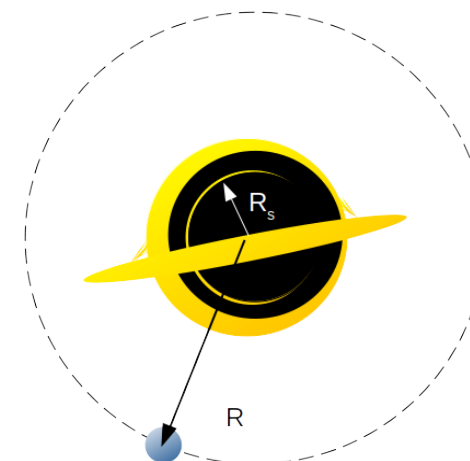
$$\Delta t_{\text{perto}} = \Delta t_{\text{longe}} \sqrt{1 - \frac{R_s}{R}}$$

Nesta equação, Δt_{perto} é o intervalo de tempo medido por quem está a uma distância R do centro do buraco negro

(note que R deve ser maior do que o raio de Schwarzschild, senão o argumento da raiz quadrada será negativo!), e Δt_{longe} é o intervalo de tempo medido por alguém muito longe (uma distância muito maior que R_s).

No trecho do filme exibido no início, os astronautas estão prestes a visitar um planeta que está nas proximidades de um Buraco Negro! Num dado momento, um deles diz que “1 hora neste planeta equivale a 7 anos na Terra”.

Figura 1.15: Representação do buraco negro Gargantua e o planeta de Miller. O desenho não está em escala.



- Com isso, podemos dizer que o potencial gravitacional é maior na superfície da Terra ou na superfície do planeta que os astronautas estão visitando? Explique sua resposta. Se $\Delta t_{\text{perto}} = 1$ hora e $\Delta t_{\text{longe}} = 7$ anos, utilize o valor encontrado para R_s na atividade anterior e calcule qual a distância R que o planeta está do centro do buraco negro.

VÍDEO

INTERSTELLAR



Encontro 05 (1 Aula): Quinto Momento (45 Min)

Nesse momento o professor vai entregar um material instrutivo para orientar os alunos sobre como construir mapas conceituais. Em seguida, o professor irá construir um mapa conceitual juntamente com a turma, sobre algum dos temas já trabalhados anteriormente (eletrostática), por exemplo.

Após esse momento os alunos voltarão aos grupos e discutirão os temas e organizarão então um mapa conceitual por grupo sobre os assuntos abordados nos vídeos e nas aulas.

Momento 05 - mapas conceituais dos grupos

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Escola: _____
 Professor: _____
 Componente Curricular: Física
 Turma: _____
 Duração: 1 aula de 45 min.

PLANO DE AULA

Tema: Recortes de filmes para o estudo de conceitos de Relatividade Geral e Restrita

OBJETIVOS

GERAL:

- Introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral utilizando como subsídio recortes de filmes de ficção científica e a produção de mapas conceituais.

ESPECÍFICOS:

- Introduzir o conceito de relatividade e invariância da velocidade da luz;
- Enunciar o Princípio da Equivalência;
- Definir o conceito de espaço-tempo;
- Mostrar efeitos puramente relativísticos;
- Estabelecer diferença entre a Relatividade Geral e Restrita;

METODOLOGIA

Nesse encontro os alunos irão construir um mapa conceitual utilizando-se de orientações de como **construir mapas conceituais** como material de apoio entregue pelo professor, esse mapa será referente aos temas estudados Relatividade Geral e Restrita, a construção será feita nos grupos.

COMO CONSTRUIR MAPAS CONCEITUAIS**RECURSOS**

- Internet;
- Google drive;
- Livros impresso;
- Smartphone;
- Projetor multimídia;
- Quadro Branco;

AValiação

A avaliação se dará por análise do mapa conceitual produzido ao término.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.

Física Moderna 1: Unidade I - 03 Relatividade da Simutaneidade de Eventos - <https://youtu.be/x3JcvWG7ZgA>

Genius | Explicação da Relatividade Restrita e da Relatividade Geral - https://youtu.be/H_w6mYPniFM

DILATAÇÃO TEMPORAL - <https://youtu.be/MVeXopuYNTM>

Contração do Comprimento - Teoria da Relatividade - <https://youtu.be/bKhhAT28-Us>

A SOLUÇÃO do PARADOXO dos Gêmeos - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>

Brian Greene Explains That Whole General Relativity Thing - <https://youtu.be/Nirtk3RB97w>

A new way to visualize General Relativity - <https://youtu.be/wrwgljBUYVc>

Respostas Das Atividades Propostas**Momento 02**

TEMA	FILMES	GRUPO	CORTE/ MIN.	CONCEITOS
Relatividade Especial	De volta para o Futuro	01	3:17	viagem temporal
		03	1:35	viagem temporal
	Efeito Borboleta	04	1:53	viagem temporal
	Vingadores Ultimato	01	1:48	viagem temporal
		02	2:18	viagem temporal
	Planeta dos Macacos-2001	02	1:47	Paradoxo dos gêmeos
	Dr. Estranho	05	3:51	viagem temporal
	Máquina do Tempo	04	3:27	espaço-tempo
		05	2:01	espaço-tempo
	Contato	02	1:53	viagem temporal
		03	1:51	viagem temporal
		06	1:46	buracos de minhoca/ ano luz
	Interstellar	01	2:48	buraco de minhoca
		02	2:33	gravidade artificial
		03	1:14	dilatação gravitacional do tempo
		06	3:13	buracos negros giratórios
	2001-Uma odisséia no espaço	01	1:10	gravidade artificial
	Thor	06	121	ponte de Einstein-Rosen
	Star Trek	04	3:16	dobra espacial
		05	0:57	buracos negros

Momento 04 - Movimento Relativo

- Inicialmente, quem parece estar se movendo, o trem ou a plataforma?

- Posteriormente, quem parece estar se movendo, o trem ou a plataforma?
- Como podemos saber quem realmente está se movendo?
- Você, neste momento, está parado em relação ao chão?
- Você, em relação ao Sol, está parado ou se movendo?

Perseguição

- Aos 4 minutos e 10 segundos, um dos terroristas na van aponta uma bazuca na direção de Marty McFly. Durante este momento e nos 5 segundos seguintes, responda:
- o terrorista está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
- em relação ao chão	- ()	- (X)
- em relação ao DeLorean	- (X)	- ()
- em relação à van	- (X)	- ()

- Marty está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
- em relação ao chão	- ()	- (X)
- em relação ao DeLorean	- (X)	- ()
- em relação à van	- (X)	- ()

- O que você pode dizer sobre a velocidade dos dois veículos?
- Você diria que os observadores nos dois veículos concordam ou discordam em relação ao que está em movimento e o que está parado?
- Você diria que os observadores nos dois veículos concordam ou discordam em relação ao que está em movimento e o que está parado?

VELOCIDADE RELATIVA

- Aos 1 minutos e 10 segundos vemos Marty e Doc em cima do trem. Marty está parado ou em movimento em relação aos seguintes referenciais:

Referencial	Parado	Em movimento
em relação ao trem	()	(X)
em relação ao chão	()	(X)

- Considere os dois referenciais anteriores, um observador no chão e outro no trem. Eles concordariam com a velocidade de Marty?
- Se o trem tem uma velocidade de 80 km/h em relação ao chão, e Marty tem uma velocidade de 4 km/h em relação ao trem.
 - Qual a velocidade de Marty em relação à um observador sentado no trem?
 - qual a velocidade de Marty medida em relação ao chão?
- Invariância da velocidade da luz e as transformações de Lorentz

Imagine agora uma situação semelhante à anterior, com um trem em movimento, mas agora muito mais rápido, andando a 10 km/s. Ao invés de alguém correndo, imagine uma pessoa sentada no trem, com uma lanterna acesa. Sabemos que a velocidade da luz no vácuo é de aproximadamente 300.000 km/s.

Com base no que consideramos anteriormente, qual seria a velocidade da luz que sai da lanterna:

- em relação ao trem (e à pessoa sentada);
- em relação ao chão.
- Diversos experimentos têm mostrado que a velocidade da luz no vácuo possui sempre o mesmo valor (300.000 km/s) independente da velocidade do referencial que a observa, contanto que a velocidade seja constante. Isto é, não temos como ``acelerar'' um feixe de luz. Empurrar

uma lanterna para frente não faz com que a luz ande mais rápido. Assim, a nossa resposta para o item b) deveria ser, na verdade, 300.000 km/s.

Vamos definir, por enquanto, os referenciais inerciais como aqueles que se movem com velocidade constante em relação a outro referencial. Desta forma, estes referenciais sempre medirão o mesmo valor para a velocidade da luz. Caso contrário, se o referencial acelera em relação ao outro, diremos que eles são referenciais não-inerciais

Classifique os referenciais como inerciais ou não-inerciais de acordo com cada questão respondida anteriormente:

Questão	Referencial relativo ao chão	Inercial	Não-inercial
Questão 1	Trem	(X)	()
	Plataforma	(X)	()
Questão 2	DeLorean	(X)	()
	Van	(X)	()
Questão 3	DeLorean	()	(X)
	Van	(X)	()
Questão 4	Trem	(X)	()
	Chão	(X)	()

O Princípio Da Equivalência

Valor da aceleração da gravidade: Se estamos na superfície da Terra, a distância entre a pessoa e o centro da Terra é o próprio raio terrestre, ($R_T = 6.378 \text{ km}$) e, considerando a massa da Terra como $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$, qual o valor de g na superfície da Terra?

Calcule a aceleração da gravidade na superfície dos seguintes corpos celestes, considerando sua massa e raio:

Planeta	Massa (10^{24} kg)	Raio (km)	g (m/s ²)
Marte	0,642	3.396	3,71
Júpiter	1.898	71.492	24,7
Lua	0,073	1.737	1,61

Gravidade na estação espacial

Utilize a equação (3) para calcular a aceleração da gravidade devido à Terra para uma pessoa a uma distância de 400 km da superfície da Terra, como mostra a figura abaixo:

Agora se, de repente, o cabo do elevador se soltar, o mesmo cairá em queda livre pelo poço. Vamos desprezar qualquer efeito da resistência do ar, como fizemos no início. Com base no experimento descrito no início, com o martelo e a pena, o elevador, a balança e o cientista cairão ao mesmo tempo ou algum deles cairá mais rápido ou devagar que o outro?

Se todos caem com a mesma aceleração e velocidade, note que o cientista não conseguirá pisar sobre a balança, ou mesmo pressioná-la contra o chão do elevador! Se isso acontece, qual será o valor da força normal? Quanto a balança marcará?

- O princípio da equivalência

Lembrando que a força centrípeta é dada por $F = m\omega^2 R$, onde ω é velocidade angular da nave, e lembrando que a segunda lei de Newton nos diz que a força sentida por um corpo é $F = ma$, descubra qual a velocidade angular necessária para que o astronauta sinta uma aceleração igual a aceleração da gravidade na Terra ($a=9,8 \text{ m/s}^2$)

DESVIO DA LUZ

- Discuta a situação acima com seus colegas e escolha qual a alternativa que melhor descreve, na opinião de vocês, a trajetória percorrida por um feixe de laser ao cruzar

a nave, do ponto de vista (no referencial) de quem está dentro da nave.

Buracos Negros

Calcule a velocidade de escape para a Terra e para a Lua.

Qual seria o valor do raio de Schwarzschild para o Sol? Considere a massa do Sol como $M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg.

Se o raio do Sol é $R_{\odot} = 6,95 \times 10^8$ metros, o raio de Schwarzschild fica dentro ou fora do Sol?

- De acordo com o filme Interstellar, o buraco negro Gargantua possui uma massa igual a 100 milhões de vezes maior do que o Sol, ou seja, $10^8 M_{\odot}$.

Calcule qual o Raio de Schwarzschild deste buraco negro.

O buraco negro em M87

- Para ter uma noção de tamanho, pesquise qual a distância do Sol até Plutão, em metros. O Sistema Solar caberia dentro do horizonte de eventos deste buraco negro?
- De posse do valor do raio de Schwarzschild, qual a massa desse buraco negro em kg?
- Quantas vezes este buraco negro é mais massivo que o Sol?

DILATAÇÃO TEMPORAL

- Imagine que você vá visitar uma amiga na praia (ou seja, ao nível do mar) e vocês sincronizem os seus relógios de modo que eles estejam marcando exatamente o mesmo horário. No fim da visita, você segue para a serra (a uma altitude de 800 metros) com o seu relógio, enquanto sua amiga fica na praia.

Para cada segundo no relógio da praia, quantos segundos se passam no relógio da serra?

- Qual será a diferença de tempo entre os relógios após 1 ano, quando você voltar para reencontrar sua amiga?

O satélite de GPS

Se o potencial gravitacional é dado por $\varphi = \frac{GM_T}{R}$, onde R é a distância do corpo até o centro da Terra, calcule a diferença de potencial gravitacional entre o receptor de sinal (na superfície da Terra) e o satélite em órbita: $\Delta\varphi = \varphi_{\text{receptor}} - \varphi_{\text{satélite}}$ (Suponha que o satélite esteja a uma altura $h = 2,02 \times 10^7$ metros da superfície da Terra, e o raio da Terra seja $R_T = 6,3 \times 10^6$ m).

- De acordo com a Relatividade Geral, o tempo passa mais rápido para os observadores em campos gravitacionais menos intensos. Isso significa que o tempo passa mais devagar para os relógios dos receptores de sinal na Terra do que para os relógios a bordo do satélite em órbita. A equação que nos dá o atraso relativo dos dois relógios é:

$$\frac{\Delta t_{\text{satélite}}}{\Delta t_{\text{receptor}}} = 1 + \frac{\Delta\varphi}{c^2}$$

Para cada segundo medido pelo relógio do receptor ($\Delta t_{\text{receptor}} = 1\text{segundo}$), quantos segundos são medidos pelo relógio do satélite?

- Além do efeito gravitacional, a teoria da relatividade especial também nos diz que por viajar a uma velocidade relativamente alta em relação à Terra, o relógio no satélite se atrasa por $8,3 \times 10^{-11}$ segundos. No total, o relógio do satélite se adianta, portanto, cerca de $4,53 \times 10^{-10}$ segundos para cada segundo que se passa no receptor na Terra. Ao longo de 1 dia todo (86.400 segundos), quantos segundos o relógio do satélite ficará adiantado?

Interstellar

- Com isso, podemos dizer que o potencial gravitacional é maior na superfície da Terra ou na superfície do planeta que os astronautas estão visitando? Explique sua resposta. Se $\Delta t_{\text{perto}} = 1$ hora e $\Delta t_{\text{longe}} = 7$ anos, utilize o valor encontrado para RS na atividade anterior e calcule qual a distância R que o planeta está do centro do buraco negro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o ensino de Relatividade Restrita e Geral no ensino médio está baseado em pequenos tópicos a serem trabalhados no final do ano letivo se tiver tempo, sendo assim foi proposta a criação UEPS, para melhorar a aprendizagem dos alunos.

Com essa UEPS sobre relatividade, tínhamos como objetivo introduzir conceitos de Relatividade Restrita e Geral, na qual o professor utilizou-se de recortes de filme de ficção científica em uma sequência para motivar os alunos, portanto partindo dos filmes pode-se introduzir roteiros com fundamentação.

Sendo assim os alunos despertaram maior interesse pelo conhecimento sobre conceitos de relatividade, pois as aulas passaram a ser mais dinâmicas, já que as mesmas partiam sempre de conhecimentos adquiridos anteriormente para um novo ponto de vista, dando aplicação ao conhecimento científico adquirido no processo do roteiro.

O produto didático foi aplicado também no Novo ensino Médio (NEM), na componente curricular eletiva (CCE) - conhecimento científico em ciências da natureza, a qual se teve melhor resultado, pois o CCE disponibiliza de mais tempo para trabalhar o assunto e a turma no geral é constituída de alunos com interesse no assunto, fazendo assim com que

alunos estivessem mais estimulados e entender e aprender os conceitos tratados nos roteiros.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, Marcos Antônio. Unidades de ensino potencialmente significativas, Porto Alegre, Versão 6. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPS-port.pdf>> Acesso em: julho de 2016.

2001: UMA ODISSEIA NO ESPAÇO. Direção de Stanley Kubrick. Estados Unidos: Century Fox, 1968. (142 min).

A MÁQUINA DO TEMPO. Direção de Simon Wells. Estados Unidos: DreamWorks e Warner Bros, 2002. 1 DVD (96 min)

ALMEIDA, Fabiana Ribeiro de. A ficção científica na ficção escolar: investigando as potencialidades do gênero no ensino de física' 01/03/2008 87 f. Mestrado em EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E O ENSINO DE MATEMÁTICA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, MARINGÁ Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da Universidade Estadual de Maringá

BORGES, A. T. Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino Física, v. 19, n. 3, dez. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM+): Física. Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

CHITOLINA, Diogo. Pêndulo simples dentro de um avião – Repouso ou movimento. Youtube, 4 de outubro de 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/4J7mn4RtnvM>>. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

CHITOLINA, Diogo. Referencial Inercial – Pêndulo no avião. Youtube, 5 de outubro de 2015. Disponível em: <<https://youtu.be/XAqWqF1wF44>>. Acesso em: 05 de outubro de 2019.

Construindo possibilidades para o ensino de física: a experiência didática do “cine física”

CONTATO. Direção de Robert Zemeckis. Estados Unidos: Warner Bros, 1997. 1 DVD (150 min.).

DE VOLTA para o Futuro II. Direção de Robert Zemeckis. Estados Unidos: Fox Studios, 1989. DVD (108 min.).

DOUTOR Estranho. Direção de Scott Derrickson. Estados Unidos: Marvel studios, 2016. 1 DVD (115 min.).

EFEITO BORBOLETA. Direção de Eric Bress e J. Mackye Grube. Estados Unidos: New Line Cinema, 2004. 1 DVD (113 min)

EINSTEIN, Albert. A teoria da Relatividade Especial e Geral. Tradução: Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.

FAGUNDES, Helio Teoria da relatividade: no nível matemático do ensino médio. São Paulo: Editora livraria da Física, 2009.

HENRIQUES, Alfredo Barbosa. Teoria da Relatividade Geral uma Introdução. 1ª edição. Lisboa: Editora IST Press, 2009.

INTERESTELAR. Direção de Christopher Nolan. Estados Unidos e Reino Unido: AIR Studios, 2014. 1 DVD(169 min.).

LUCINDA, Jair. Princípio da relatividade de Galileu. Youtube, 5 de junho de 2013. Disponível em: <<https://youtu.be/DUOShbOWcRA>>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

LUCINDA, Jair. Relatividade de Galileu. Blogspot. 14 de outubro de 2013. Disponível em: <<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/10/relatividade-de-galileu.html>>. Acesso em: 26 de outubro de 2019.

MARTIN-DIAZ, M. J. et al. Science Fiction Comes into The Classroom: Maelstrom II. Phys. Educ. 27, 1992. 18-23.

MORAIS, Eduardo Messias de. Modelo Unificado para o Fluido Cosmológico. Graduação em Bacharelado Interdisciplinar de Ciência Tecnologia – UNIFAL. Minas Gerais, 2011.

MOREIRA, Marcos Antônio e MASSINI, E. F. S. Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, Marcos Antônio. A física dos quarks e a epistemologia. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a01v29n2.pdf>> . Acesso em: 19 de novembro de 2019.

MOREIRA, Marcos Antônio. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013.

MOREIRA, Marcos Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marcos Antônio. Mapas conceituais e diagramas V. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, Marcos Antônio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marcos Antônio. Teorias de Aprendizagem. São Paulo-SP: Editora Gen, 2011.

MOREIRA, Marcos Antônio. Unidades de ensino potencialmente significativas - UEPS, Aprendizagem Significativa em Revista, v 1, n. 2, 2011.

MOREIRA, Marcos Antônio; OSTERMANN, Fernanda. Teorias Construtivistas. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de física, n.10)

NITTA, Hideo. et al. Guia mangá relatividade. São Paulo: Editora Novatec, 2011.

NUSSEZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física básica. Volume 1: Mecânica, 5ª edição. São Paulo: Blucher, 2013.

NUSSEZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física básica. Volume 4: Mecânica, 5ª edição. São Paulo: Blucher, 2013.

OS VINGADORES: Ultimato. Direção de Anthony Russo e Joe Russo. Estados Unidos: Marvel Studios, 2019. 1 DVD(181 min.).

PIASSI, L. P, GOMES, E. F e RAMOS, J. E. F. Literatura e cinema no ensino de física: interfaces entre a ciência e a fantasia. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

PIASSI, L. P. C. CLÁSSICOS DO CINEMA NAS AULAS DE CIÊNCIAS - A FÍSICA EM 2001: UMA ODISSEIA NO ESPAÇO. Ciênc. Educ., Bauru, v. 19, n. 3, p. 517-534, 2013

PIASSI, L. P. C. Contatos: a ficção científica no ensino de ciências em um contexto sociocultural. 2007. 453 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PIASSI, L. P. e PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de ‘encontrar erros em filmes. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 525-540, set/dez.2009.

PIETROCOLA, Maurício. Et al. Física em contextos. Volume 3: Ensino Médio. - São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

PLANETA DOS MACACOS. Direção de Tim Burton. Estados Unidos: Twennth Century Fox, 2001. 1 DVD (110 min.).

RODRIGUES, Carla Moraes. A inserção da física moderna no ensino médio aliada à tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS). Santa Maria, RS, Brasil - 2011.

RODES, G. P. “O processo de implementação de uma sequência de ensino investigativa e o desenvolvimento de conceitos relacionados à hidrostática no Ensino Médio”. Dissertação (Mestrado em Física) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

ROGERS, C. R. Liberdade para aprender. Belo Horizonte, Interlivros, 1972.

SANTOS, Gabriela Martins dos. Teoria da Relatividade Restrita. Projeto Olímpicos. 27 de novembro de 2020. Disponível em:<https://olimpicos.net/wp-content/themes/olimpicos/assets/includes/cursodeastro/pdfs/Relatividade_Restrita-1.pdf>Acesso em: 15 de dezembro de 2020.

STAR Trek. Direção de J. J. Abrams. Estado Unidos: COR, 2009. 1 DVD (126 min).

THOR. Direção de Kenneth Branagh. Estados Unidos: Marvel studios, 2011. 1 DVD (114 min.).

VYGOTSKY, L. S. A Formação social da mente. 4 ed. São Paulo – SP: Livraria Martins, 1991.

WOLFF, J. F. de S. e MORS, P. M. Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física; editores Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit - Vol. 16, n. 5 (2005).

CAPÍTULO 2

GUIA PARA ENSINAR COSMOLOGIA

Gabriela Mikoaski e Lara Fernandes dos Santos

Introdução

A Cosmologia é uma área da Física que aborda assuntos como a origem e a estrutura do Universo. É um tema que sempre desperta interesse entre os estudantes, gerando discussões e problemáticas interessantes ao longo das aulas. Ensinar Cosmologia para estudantes da Educação Básica não é algo trivial. Porém, possibilita ao aluno discutir a natureza da ciência e diferentes visões de mundo, além de conhecer explicações sobre o Universo, sua origem e estrutura.

O ensino destes conteúdos está previsto nos documentos curriculares brasileiros desde 1990, com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Porém, esses conteúdos não eram aplicados em sala de aula, principalmente pela má formação docente nesta área e divergências conceituais nos livros didáticos. Com a obrigatoriedade da utilização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de Cosmologia ganhou destaque e se tornou parte do currículo obrigatório da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Pensando nesses aspectos, este livro surge a partir da seguinte problemática: a escassez de materiais acessíveis sobre o assunto e a falta de formação nesta área, que contribui ainda mais para a dificuldade no ensino de Cosmologia. Ele é o resultado de um produto educacional elaborado no programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

A proposta deste livro é fornecer um suporte para o professor ensinar Cosmologia, com uma fundamentação teórica so-

bre o conteúdo e ideias de atividades. Além de tópicos de Cosmologia, como estrutura do Universo, expansão do Universo e sua origem, também são abordados paralelamente conceitos de ondulatória, como comprimento, frequência e velocidade de uma onda, classificação da natureza das ondas e ondas eletromagnéticas.

Devido ao baixo número de materiais encontrados acessíveis a professores, este livro fornece todo o apoio necessário para ensinar Cosmologia para todos os níveis do Ensino Médio da Educação Básica, desde a fundamentação teórica necessária para as aulas, até atividades que podem ser aplicadas separadamente ou em uma sequência didática.

É recomendado que o público alvo (estudantes do Ensino Médio) conheçam algumas temáticas como Notação Científica, composição e estrutura do átomo e noções básicas de escalas e unidades de medida. As atividades elaboradas foram produzidas utilizando como metodologia de ensino as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

As UEPS dispõem de aulas expositivas, experimentos e resolução de situações-problema com diferentes níveis de dificuldade. Todas as atividades foram pensadas para serem aplicadas em escolas com pouca infraestrutura, sem necessitar do uso de laboratórios, computadores, projetores e etc.

Estrutura do livro

Como já dito, este livro consiste em textos explicativos e ideias de atividades que podem ser aplicadas em sala de aula, em turmas de Ensino Médio. Os textos explicativos são voltados para professores e contemplam diversos temas relacionados ao estudo da Cosmologia, como as propriedades da luz, espectroscopia óptica, expansão do Universo, conceitos básicos sobre partículas e origem do Universo.

As atividades sobre o tema para serem aplicadas em sala de aula, vão ao encontro do conteúdo abordado nos textos. Elas são baseadas em situações-problema e nas habilidades e competências exigidas na BNCC. A estrutura e o tema de cada uma das aulas desta UEPS estão descritos no quadro abaixo.

Quadro 2.1: estrutura e o tema de cada uma das aulas desta UEPS.

Aula	Assunto	Aspectos sequências da UEPS
1	Estrutura do Universo	Etapa de verificações dos conhecimentos prévios e proposta da situação-problema inicial.
2	O espectro eletromagnético do Universo	Etapa em que a segunda situação-problema é proposta, envolvendo os conhecimentos prévios analisados na atividade anterior.
3	O que a luz nos fala sobre o Universo?	Etapa de introdução do assunto e proposta de situações-problemas mais complexas que envolvem os conhecimentos estudados anteriormente.
4	Expansão do Universo	Etapa de proposta de situações-problemas mais complexas que envolvem os conhecimentos estudados anteriormente e avaliação individual e somativa.
5	Big Bang	Etapa em que é realizada uma atividade colaborativa e encerramento do tema da UEPS.

Em cada capítulo deste livro, há os seguintes tópicos:

- Explicação do conteúdo com figuras, esquemas e tabelas, com todo suporte necessário para ministrar uma aula sobre o tema no Ensino Médio;
- Sugestão de aula que contém sua proposta, os recursos necessários, habilidades da BNCC envolvidas, roteiro de aula e sugestão de atividade e/ou experimento.

No final da aplicação das aulas e atividades sugeridas neste livro, espera-se que o aluno aprimore a sua compreensão a respeito da dimensão e idade do Universo, entenda a importância do estudo da Cosmologia e relacione os conceitos básicos sobre ondulatória com esta área de estudo. Uma UEPS bem-sucedida deve reconhecer, na avaliação dos alunos, si-

nais de uma aprendizagem significativa, como a compreensão de significados e a habilidade de explicar e aplicar o conhecimento para resolver diversas situações-problema.

Estrutura Do Universo

Introdução

Compreender sobre a estrutura do Universo é fundamental para entendermos sobre como ele surgiu. É comum ouvirmos dos estudantes perguntas como "Como o Universo começou?", "há quantos anos ele surgiu?" ou "quando nosso Sistema Solar surgiu?". Muitas dessas perguntas possuem respostas simples. Mas, elas podem ser o início de uma discussão mais profunda sobre do que e como nosso Universo é formado.

Saber sobre a escala do nosso planeta, nosso Sistema Solar, nossa galáxia e onde estamos localizados, além do que essas coisas são compostas, é parte importante do processo de compreender como tudo começou. Neste capítulo serão discutidos brevemente essas informações, iniciando com a estrutura do Sistema Solar, algumas características e onde estamos localizados na Via Láctea e noções básicas sobre partículas, para que possamos começar a compreender melhor o nosso Universo.

A Estrutura Do Nosso Sistema Solar

O nosso Sistema Solar possui corpos celestes com características próprias e muito diferentes umas das outras. Devido aos desenhos em livros didáticos e outras representações que encontramos, acabamos tendo ideias distorcidas sobre a real escala dos astros que o compõem.

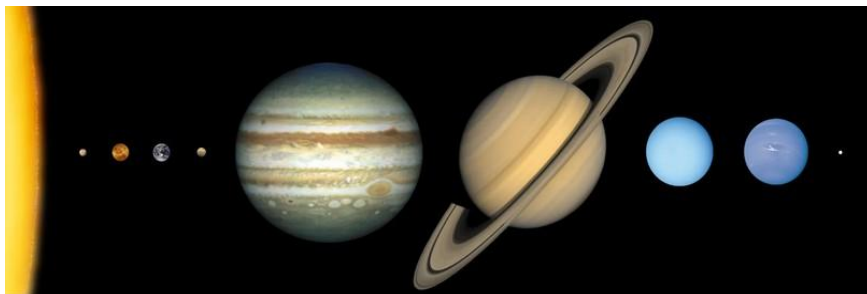
O Sistema Solar é formado por três diferentes tipos de corpos celestes:

- **Planetas Clássicos:** são objetos celestes arredondados que orbitam o Sol, têm massa suficiente para ter gravidade própria e possuem órbita definida. No nosso Sistema Solar, os planetas são Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- **Planetas Anões:** assim como os planetas clássicos, são objetos celestes arredondados que orbitam o Sol e têm massa suficiente para ter gravidade própria. Contudo, não possuem órbitas bem definidas. Os planetas anões do Sistema Solar são Ceres, Éris e Plutão.
- **Pequenos Corpos:** todos os outros corpos celestes que orbitam o Sol e que não são satélites naturais de planetas são considerados pequenos corpos, como cometas, asteroides e meteoroides.

Para ser possível comparar a escala de distância e tamanho dos planetas do Sistema Solar de forma mais simples, na tabela a seguir há o diâmetro e a distância real, comparado ao tamanho e distância em escala. Perceba que o maior planeta do Sistema Solar, Júpiter, tem o tamanho de uma moeda de um centavo enquanto o Sol possui 16,5 cm nesta escala.

A Figura 2.1 representa o tamanho aproximado dos planetas do Sistema Solar, quando comparados uns aos outros. Na ordem, da esquerda para a direita, temos o Sol, seguido de Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e um dos planetas anões, Plutão. A distância entre eles está fora de escala.

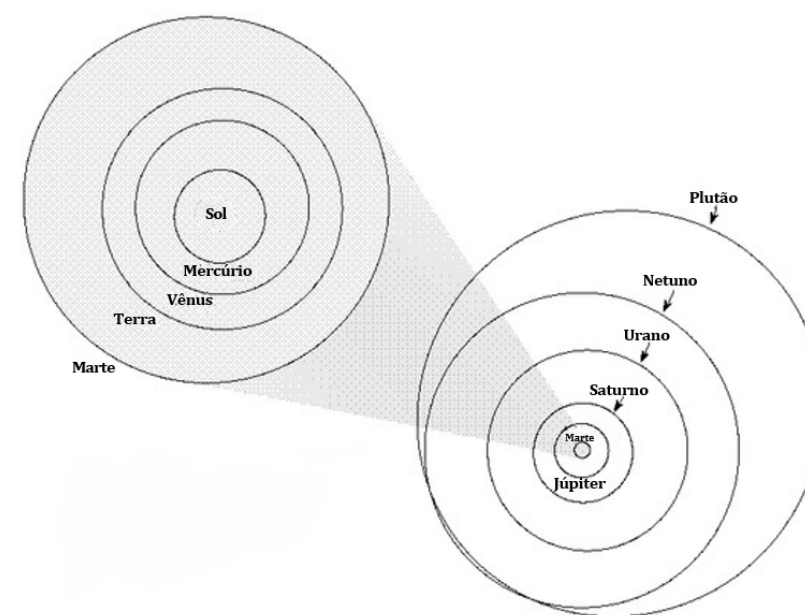
Figura 2.1: representação dos planetas em escala do Sistema Solar.



Fonte: NASA/Lunar And Planetary Institute. Disponível em
<https://science.nasa.gov/resource/solar-system-sizes/>

A Figura 2.2 compara o tamanho das órbitas de cada um dos planetas do Sistema Solar. As órbitas representadas à esquerda estão localizadas na parte interna da órbita de Marte indicada na representação à direita. O tamanho dos planetas está fora de escala.

Figura 2.2: representação das órbitas em escala.



Fonte: Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/sca/sca.htm>

Quadro 2.2: Tabela de escala dos planetas do Sistema Solar.

Objeto	Real Diâmetro (km)	Real distância (milhões de km)	Tamanho escalonado (cm)	Distância escalonada (m)
Sol	1.392.000	-	16,5	-
Mercúrio	4.880	58	0,06 (menor que um grão de areia)	6,9
Vênus	12.104	108	0,14 (grão de areia)	12,8
Terra	12.742	150	0,15 (grão de areia)	17,7
Marte	6.780	228	0,08 (quase 1 mm)	27
Júpiter	139.822	778	1,7 (moeda de 1 centavo)	92,3
Saturno	116.464	1.427	1,4 (botão)	169,3
Urano	50.724	2.870	0,6 (metade de um botão)	340,4
Netuno	49.248	4.496	0,6 (metade de um botão)	533,3

Fonte: Planetário UFSC. Disponível em: <https://planeta-rio.ufsc.br/o-sistema-solar/> . Acesso em: fevereiro de 2026.

Sobre A Via Láctea E Onde Estamos Localizados

O Sol é uma das mais de 200 bilhões de estrelas que compõem a nossa galáxia, a Via Láctea. Ela possui um formato de disco plano, com uma protuberância central. As estrelas se agrupam em braços espirais, junto com gás e poeira dentro deste disco galáctico.

O nosso Sistema Solar está localizado em um desses braços espirais, a uma distância aproximada de 26.000 anos-luz do centro galáctico. A extensão total da Via Láctea é de cerca de 100.000 anos-luz, representado na Figura 2.3. Se considerarmos o Sol com um diâmetro de 16,51 centímetros, a Via Láctea teria uma extensão de 112 milhões de quilômetros, o que corresponde a aproximadamente 38% do diâme-

tro da órbita real da Terra ao redor do Sol. Para colocar em perspectiva, na mesma escala, a órbita de Plutão teria apenas 1,4 km. Isso destaca o quão imensa é a Via Láctea em comparação com o nosso Sistema Solar. Abaixo, é possível visualizar a Via Láctea, com a posição do Sol marcada e sua distância em relação ao centro da galáxia

Figura 2.3: representação da posição do Sol na Via Láctea.



Fonte: NASA/JPL-Caltech. Disponível em <<https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/jpl/astronomers-find-a-break-in-one-of-the-milky-ways-spiral-arms/>>

A galáxia mais próxima da Via Láctea é a galáxia de Andrômeda, e está localizada a 2,54 milhões de anos-luz de distância. Ela também é uma galáxia em espiral e possui um tamanho de 110.000 anos-luz, ou seja, ela é 10% maior que a nossa galáxia. Para se ter uma noção da distância entre esses dois corpos celestes, podemos colocar mais de 2.500 Vias Lácteas enfileiradas entre elas.

Os Pequenos Corpos Que Compõem O Universo: As Partículas

As partículas mais fundamentais que compõem o Universo são chamadas de partículas elementares. Trata-se de partículas indivisíveis, que não possuem nenhuma estrutura, e que se unem para criar partículas mais conhecidas, como o nêutron e o próton. Seu estudo é importante para compreender como o Universo começou e sua composição e características nos primórdios.

As partículas elementares são descritas por uma teoria, conhecida como Modelo-Padrão. Ele é composto por três teorias principais: a teoria dos quarks, que explica a estrutura das partículas; a teoria eletrofraca, que une a interação eletromagnética e fraca; e a cromodinâmica quântica, que aborda a interação forte. Embora não responda a todas as perguntas, o Modelo-Padrão é capaz de explicar muitas das propriedades e interações das partículas fundamentais.

Neste modelo, as partículas fundamentais são os léptons e os quarks, e cada um dos quais apresenta seis "sabores" distintos, separados em três gerações. Toda a matéria é composta por léptons e quarks. Até agora, não foi registrada nenhuma partícula constituída por mais de um lépton, ou seja, os léptons sempre são encontrados como partículas individuais.

Cada lépton possui um neutrino correspondente, sendo o mais conhecido deles, o elétron. Na tabela 1, há os "sabores" existentes dos léptons e seu neutrino correspondente, seu símbolo e carga elétrica.

Tabela 2.1: tabela de Lépton, seu símbolo e carga correspondente.

Lépton	Símbolo	Carga
Elétron	E	-1
Neutrino do elétron	ν_e	0
Múon	μ	-1
Neutrino do múon	ν_μ	0
Táupon	τ	-1
Neutrino do táupon	ν	0

Fonte: adaptado de Tipler, Llewellyn, 2014, p. 590.

Além dos léptons, como partículas fundamentais há também os quarks, os quais podem se unir e formar outras partículas, como bárions e mésons. As combinações de três quarks são chamadas de bárions, como prótons e nêutrons, por exemplo. Os mésons são formados pela combinação de um quark e um antiquark.

Na tabela 2, há as informações sobre os "sabores" dos quarks, seus símbolos e carga elétrica.

Tabela 2.2: tabela de Lépton, seu símbolo e carga correspondente.

Quark	Símbolo	Carga
Up	U	2/3
Down	D	-1/3
Charme	C	2/3
Estranho	S	-1/3
Top	T	2/3
Bottom	B	-1/3

Fonte: adaptado de Tipler, Llewellyn, 2014, p. 590.

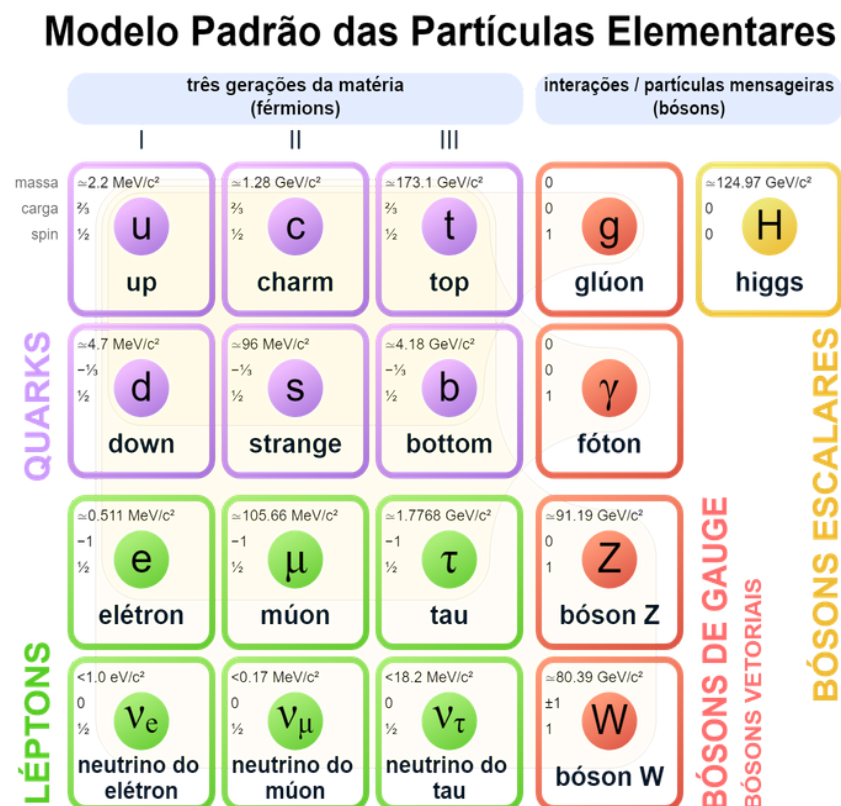
Além dos quarks e léptons, existem outras partículas elementares chamadas de bósons, que fazem o transporte das interações fundamentais:

- Força Forte (responsável pela interação entre quarks);
- Força Fraca (responsável pelo decaimento radioativo);
- Força Eletromagnética (que atua em partículas carregadas);
- Gravitação (que atua em objetos massivos).

Também existem as antipartículas: para cada partícula existente há sua respectiva antipartícula, que compartilham a mesma massa e spin, mas apresentam cargas elétricas opostas. Por exemplo, a antipartícula do elétron, que possui carga negativa, é o pósitron. O pósitron possui a mesma massa e spin que o elétron, mas possui carga elétrica positiva. Quando elas se encontram, elas acabam se aniquilando.

A seguir, a Figura 2.4 mostra todas as partículas fundamentais do Modelo-Padrão e algumas das suas características, como massa e carga elétrica.

Figura 2.4: representação do modelo padrão das partículas elementares.



Fonte: Disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Standard_Model_of_Elementary_Particles-pt-br.svg/1024px-Standard_Model_of_Elementary_Particles-pt-br.svg.png

Sugestão De Aula

PROPOSTA DA AULA: propor uma situação-problema inicial para verificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da estrutura do Universo, analisando informações

como tamanho dos corpos celestes, distância, localização e idade.

Objetivos De Aprendizagem:

- Conhecer os objetos que fazem parte do nosso Sistema Solar, da Via Láctea e do Universo e sua escala;
- Entender o que é um modelo científico e como ele representa a realidade.

Recursos Necessários:

- Cópia da "Atividade 1: Estrutura do Universo", sendo uma para cada grupo de estudantes;
- Quadro e giz ou pincel.

Habilidades A Serem Desenvolvidas:

- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente;
- (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros);
- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Roteiro Da Aula:

- Duração total da aula: 50 min;

- Introdução da aula: levantamento de corpos celestes conhecidos pelos estudantes (10 min);

Introduza o tema da aula para os alunos e explique a importância de conhecer sobre a estrutura do Universo para criar um modelo dele. Em seguida, peça aos alunos corpos celestes que eles conhecem e fazem parte do Universo e escreva todos eles no quadro. Esta etapa da aula é importante para verificar o nível de conhecimento dos estudantes sobre o assunto. É provável que tenham alunos que saibam sobre vários objetos celestes e outros que conheçam apenas alguns do Sistema Solar. Mas, é imprescindível considerar válido todos eles, já que a atividade é preparada para atender diversos níveis de conhecimento.

- Revisão: Relembrando o que é um modelo científico (10 min);

Junto com os alunos, relembre alguns conceitos sobre método científico e o que é um modelo científico. Para a aplicação dessa atividade, é importante que eles já saibam esses conceitos. Caso contrário, ocupe uma aula para falar sobre esse assunto.

- Resolvendo a situação-problema inicial: Criando e apresentando um modelo científico do Universo (30 min);

Divida a turma em grupos e distribua as cópias "Atividade 1: Estrutura do Universo". Os alunos irão realizar a atividade em seus grupos e devem ter entre 15 e 20 minutos para fazer. O tempo curto é para que os estudantes pensem rápido e sem detalhes complexos na estrutura do seu modelo de Universo. Caso seja necessário, tire dúvidas e debata com eles sobre o que estão fazendo.

Nesta atividade, o aluno terá que criar um modelo de Universo, que explique o máximo de coisas possíveis sobre ele. O seu modelo deve conter os objetos celestes que ele conhece, suas distâncias e tamanhos, e onde estão localizados no espaço.

Após o término da atividade é importante que os estudantes apresentem o modelo científico criado pelo grupo para o restante da turma ou que seja feita uma exposição na sala para que todos possam visualizar. O modelo científico criado pelos estudantes deve ser retomado ao longo das próximas aulas para conectar os novos conhecimentos adquiridos.

Atividade 1: Estrutura Do Universo

1. Preencha a tabela abaixo com corpos celestes que você conhece, seu respectivo diâmetro, distância em relação à Terra e sua idade estimadas. Utilize como base as informações já fornecidas do Sol, da Terra e da Lua.

Objeto Celeste	Diâmetro (km)	Distância da Terra (km)	Idade (em anos)
Sol	$1,39 \times 10^6$	$1,48 \times 10^8$	$4,63 \times 10^9$
Terra	$1,27 \times 10^4$	-	$4,54 \times 10^9$
Lua	$3,47 \times 10^3$	$3,84 \times 10^5$	$4,53 \times 10^9$

2. Em uma folha separada, crie seu modelo de Universo, levando em conta todas as informações escritas por você na tabela acima. O seu modelo de Universo pode ser descrito através de desenhos, esquemas, textos ou da forma que achar melhor. Use a criatividade!

Sugestão De Material Extra



Site que simula a escala de diversos objetos do cotidiano, corpos celestes e pequenas partículas: <https://htwins.net/scale2/>

Para saber mais sobre partículas elementares e suas interações: OSTERMANN, Fernanda. Partículas elementares e interações fundamentais. Porto Alegre, Instituto de Física, UFRGS, Textos de Apoio ao professor de Física, nº 12, 2001.

O Que A Luz Nos Diz Sobre O Universo?

Introdução

A luz proveniente dos corpos celestes é a única informação que recebemos deles, através de telescópios na Terra e no espaço. Interpretar os dados que chegam até nós através da luz não é uma tarefa trivial, mas ela nos diz mais do que imaginamos sobre o Universo. Através das ondas eletromagnéticas emitidas pelos corpos celestes no espaço, que chegam na Terra, é possível determinar características como a composição química, temperatura e movimento desses objetos.

A luz foi tema de estudo entre físicos e filósofos ao longo de séculos, e seu comportamento dualístico é amplamente debatido. Por causa dela, acontecem fenômenos ondulatórios, como a refração, difração e interferência, e propriedades

corpúsculares, como o transporte de energia, evidenciado no efeito fotoelétrico. Neste capítulo, apresentaremos algumas propriedades da luz e discutiremos como essas informações chegam até nós e sua importância.

Propriedades Da Luz

Velocidade da Luz

Até o século XVII acreditava-se que a luz possuía uma velocidade infinita. A primeira evidência de que a luz poderia ter uma velocidade determinada foi através de observações astronômicas feitas do período de Io, uma das luas de Júpiter. O período era determinado a partir do tempo entre um eclipse e outro, que é de 42,5 horas. Entretanto, este período era diferente se a medida for realizada quando a Terra está se aproximando ou se afastando de Júpiter.

O astrônomo Ole Rømer percebeu que este fenômeno poderia estar associado ao fato da luz ter uma velocidade finita. Então, propôs um método que levava em consideração o movimento da Terra e a diferença de tempo entre o início dos eclipses para tentar calcular esta velocidade.

Em 1849, o físico francês Armand Fizeau realizou a primeira medida não astronômica da velocidade da luz, conforme ilustrado na Figura 2.5. A luz emitida (setas pretas) por uma fonte era refletida por um espelho semitransparente. A luz refletida era transmitida através dos espaçamentos de uma roda dentada (engrenagem giratória). Em seguida, passava por duas lentes até chegar ao espelho, localizado a 8,63 km da fonte de luz. A luz era refletida (setas verdes) pelo espelho e chegava ao observador. A velocidade da luz era medida a partir da velocidade angular da roda dentada, que permitia a passagem da luz apenas entre os seus espaçamentos.

Aprimorando este método, em 1850, Jean Foucault também tentou medir a velocidade da luz. Ele conseguiu verificar que na água, a luz possui uma velocidade menor quando comparada à sua propagação no ar. Por volta de 1920, Albert Abraham Michelson, físico norte-americano, obteve medidas mais precisas, utilizando um espelho giratório octogonal, como mostrado na Figura 2.6. Neste experimento, o espelho giratório gira de acordo com o tempo que a luz demora para ir até o espelho fixo e ser refletida, voltando ao espelho giratório e indo até o observador.

Atualmente, a velocidade da luz é definida como 299.792.458 m/s no vácuo, assim como todo o espectro eletromagnético.

Figura 2.5: esquema do experimento de Fizeau para determinação da velocidade da luz (figura fora de escala).

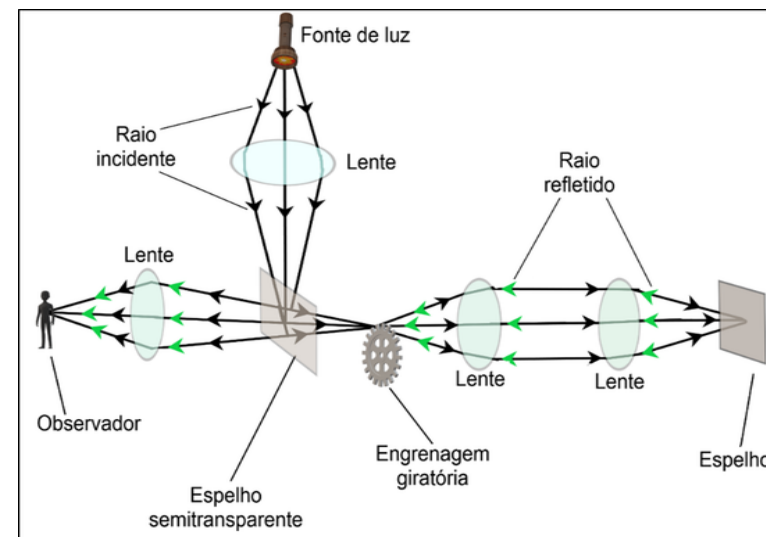
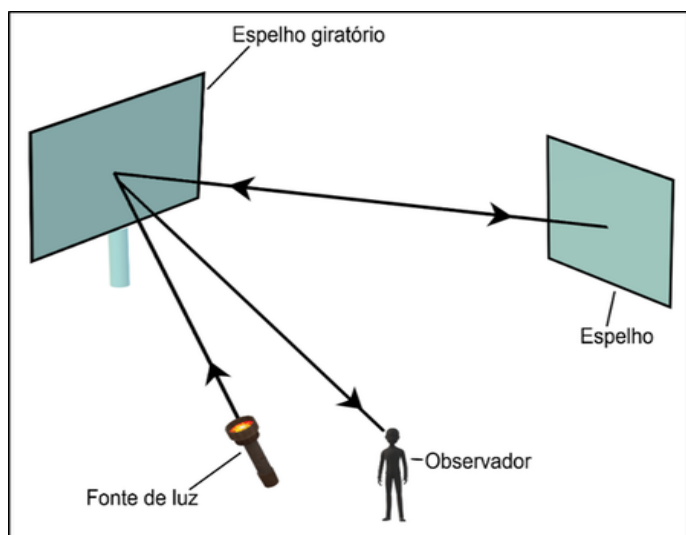


Figura 2.6: Experimento de Michelson para determinação da velocidade da luz (figura fora de escala).



O espectro eletromagnético

Uma onda eletromagnética é uma oscilação do campo eletromagnético. A luz visível faz parte de uma pequena região do espectro eletromagnético, assim como as de rádio, as micro-ondas e a luz ultravioleta, mesmo que não possamos vê-las. O espectro eletromagnético é dividido em faixas de energia (radiação eletromagnética de altas energias, como os raios X e raios gama, e de baixas energias, como ondas de rádio e micro-ondas) e conforme a sua frequência e comprimento de onda, conforme ilustra a Figura 2.7.

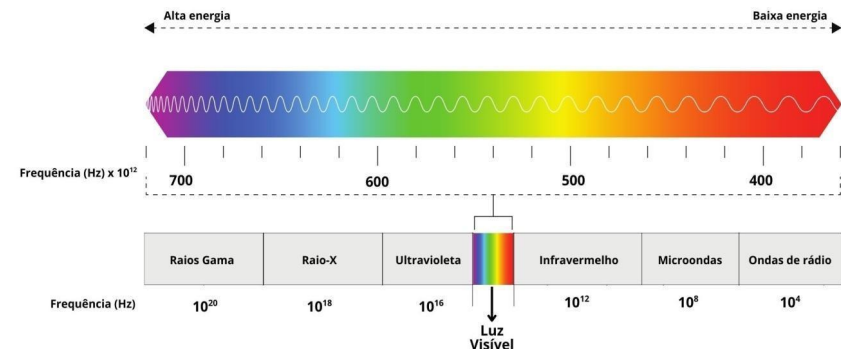
As fontes de luz emitem energia em uma determinada faixa de frequência ou comprimento de onda. A distribuição do espectro da energia de uma fonte determina o seu espectro eletromagnético. Com base na Figura 2.7, na faixa dos grandes comprimentos de onda, temos as ondas de rádio e micro-ondas. Em seguida, temos o infravermelho, observado na emissão de calor dos corpos. Na região de pequenos

comprimentos de onda, temos as faixas de alta energia, após a luz visível, onde se encontram a radiação ultravioleta, raios X e raios gama.

Objetos com uma temperatura alta, como o Sol e outras estrelas, emitem ondas eletromagnéticas em todos os comprimentos de onda possíveis, sendo seu espectro eletromagnético dependente unicamente da sua temperatura. Esses objetos são chamados de Corpo Negro.

Todos os corpos que possuem uma temperatura maior que o zero absoluto ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$), emitem radiação eletromagnética. Isso ocorre quando partículas carregadas são aceleradas. Corpos que possuem maiores temperaturas estão associados a uma maior frequência de agitação dessas partículas.

Figura 2.7: O espectro eletromagnético

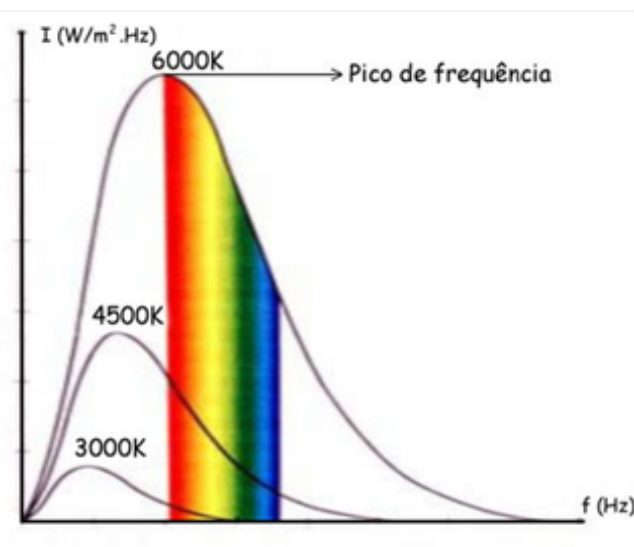


A equação que descreve a relação da temperatura com o comprimento de onda emitido é chamada de Lei de Wien, e permite obter a temperatura na superfície de uma estrela, por exemplo, a partir da medida do comprimento de onda do máximo de intensidade. Esta lei pode ser descrita pela equação:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{b}{T}$$

sendo $\lambda_{\text{máx}}$ o comprimento de onda de máxima intensidade do espectro eletromagnético, b a constante de deslocamento de Wien ($0,002897 \text{ m}\cdot\text{K}$) e T a temperatura do corpo em Kelvin (K). A Figura 2.8 mostra um gráfico que descreve a Lei de Wien, explicitando a dependência de $\lambda_{\text{máx}}$ com T a partir do espectro eletromagnético de um determinado objeto submetido a diferentes temperaturas. Podemos verificar que objetos com maior temperatura emitem ondas com maior intensidade e comprimentos de onda mais curtos (ou seja, mais altas energias). Cada curva indicada na Figura 2.8 ao lado corresponde à intensidade de emissão a uma temperatura, de 6000 K, 4500 K e 3000 K.

Figura 2.8: gráfico do espectro da intensidade de radiação de um objeto submetido a diferentes temperaturas.



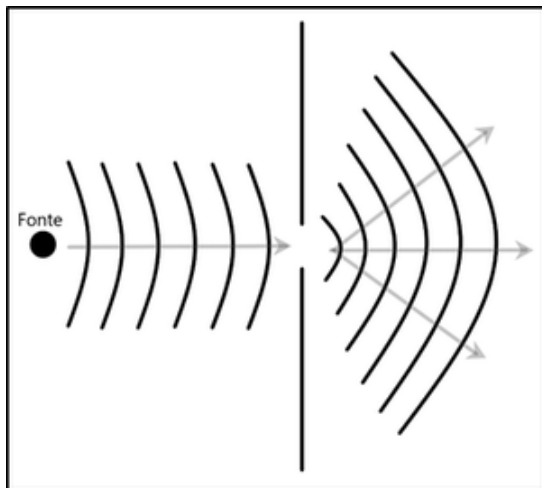
Fonte: Disponível em: <https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n25_Alvorenga/corpo_negro.htm>. Acesso: 04 de abril de 2024.

Interferência e difração

Estudos na área da Cosmologia apoiam-se na utilização de telescópios espaciais, que coletam e analisam as luzes emitidas por corpos celestes em diversos comprimentos de onda. Dentre os principais componentes ópticos dos telescópios, destaca-se a grade de difração, que tem como objetivo realizar a separação espectral da luz coletada. Deste modo, por estarem presentes diretamente no estudo da Cosmologia, se faz necessária uma abordagem sobre os fenômenos de interferência e difração da luz.

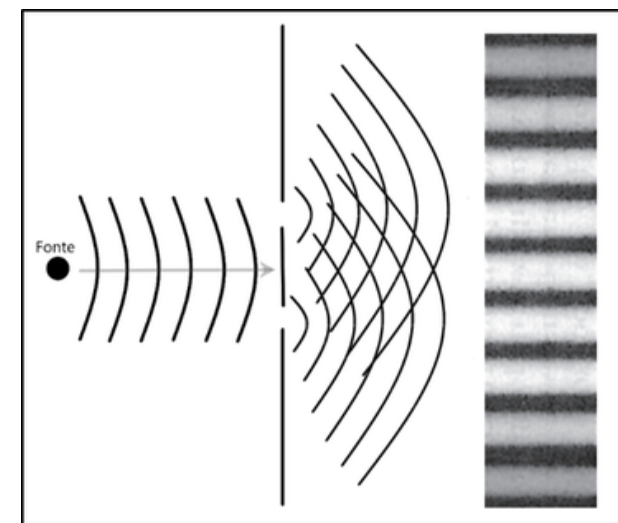
Interferência e difração são fenômenos ondulatórios, que distinguem as ondas das partículas. Interferência pode ser caracterizada pela sobreposição de duas ondas no espaço. Já a difração é o desvio das ondas quando são bloqueadas por um obstáculo, conforme ilustra a Figura 2.9. A difração se torna mais visível quando o comprimento de onda é igual ou menor que o tamanho da fenda do obstáculo.

Figura 2.9: Representação do fenômeno de difração.



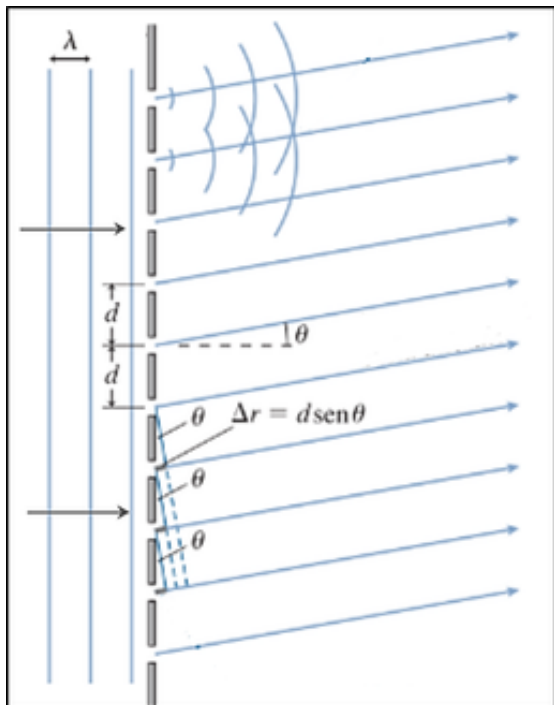
Analisando partículas ao invés de ondas, estas passariam livremente pela fenda, sem mudar de direção. Esta é uma das principais diferenças entre as características corpusculares e ondulatórias, e foi verificado no experimento da Dupla-Fenda de Thomas Young, realizado em 1801. Este experimento consiste, basicamente, em um feixe de luz colimada que passa por duas fendas estreitas e muito próximas. A luz atravessa as fendas e, através da difração, cada fenda atua como uma fonte de luz linear. No anteparo à frente, um padrão de interferência é formado, conforme ilustra a Figura 2.10.

Figura 2.10: representação do experimento da dupla-fenda e o padrão de interferência formado no anteparo.



Se substituirmos a fenda dupla por uma tela com um N número de fendas, dispõe-se de uma rede de difração. Essas redes são um grande número de fendas, espaçadas igualmente em uma superfície plana. Se iluminadas em um dos lados, as fendas se tornam uma fonte luminosa que sofre difração. Um disco de CD ou DVD são bons exemplos de redes de difração.

Figura 2.11: representação do fenômeno de difração da luz quando esta passa por uma rede de difração, sendo d a distância entre as fendas, θ o ângulo da interferência construtiva, m um número inteiro e λ o comprimento de onda.



Fonte: KNIGHT, 2009, p. 678 (adaptada).

A Figura 2.11 mostra uma vista superior de rede de difração com N fendas e com espaçamento entre as fendas. Se uma onda plana, de comprimento λ , se aproxima da rede de difração, cada fenda irá gerar outras novas frentes de onda, que irão se sobrepor e sofrer interferência umas com as outras. O ângulo formado pelas interferências construtivas é representado por θ .

Se quisermos saber o padrão de interferência formado por uma rede de difração, consideramos que a distância das fendas até o anteparo é muito grande, em relação ao tamanho das fendas, da mesma forma que na dupla-fenda. Utilizamos

essa aproximação pois, dessa forma, podemos considerar que os raios que atingem o anteparo são paralelos, facilitando a análise matemática. Então, o padrão de interferência formado pode ser descrito por:

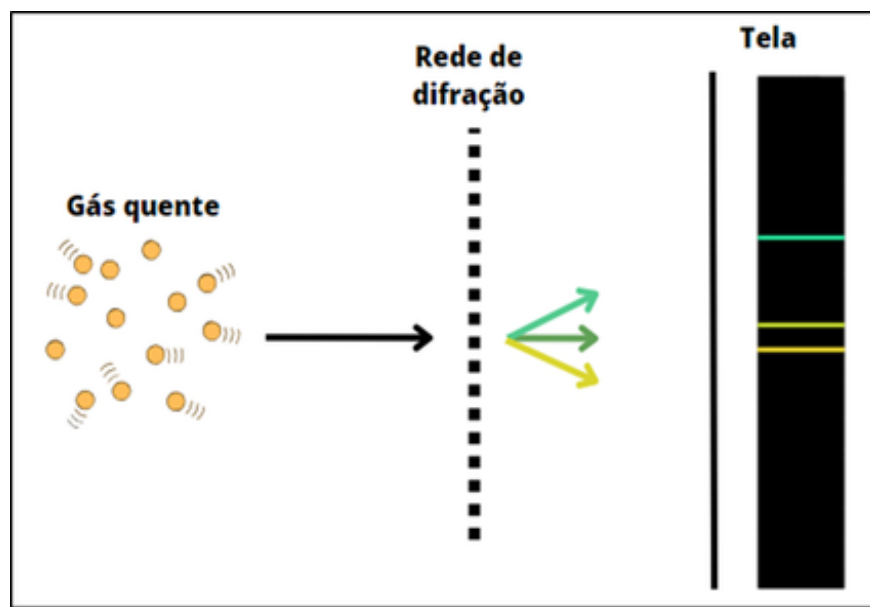
$$d \cdot \sin \theta = m \cdot \lambda$$

sendo m um número inteiro. Podemos também identificar este padrão pela distância entre as franjas, através da equação:

$$y_m = L \cdot \tan \theta$$

sendo y_m a posição da m -ésima franja brilhante e L a distância até a tela. Em redes de difração, as franjas brilhantes são bem claras e podem ser usadas para separar comprimentos de onda da luz. Se a luz incidente for policromática, como a que é gerada pela emissão atômica de um gás quente, cada componente sofrerá difração com um ângulo diferente, de acordo com seu comprimento de onda. Se o número de fendas N for grande o suficiente, veremos franjas diferentes na tela, como é mostrado na Figura 2.12.

Figura 2.12: representação das franjas criadas por um gás quente que atravessa uma rede de difração.



Se tentássemos utilizar o experimento da dupla fenda para esta medição, as franjas brilhantes seriam largas demais para diferenciar os diferentes comprimentos de onda. A ciência capaz de medir comprimentos de onda de emissões atômicas ou moleculares é nomeada de espectroscopia. Com esta técnica, é possível identificar comprimentos de onda emitidos por diferentes elementos químicos.

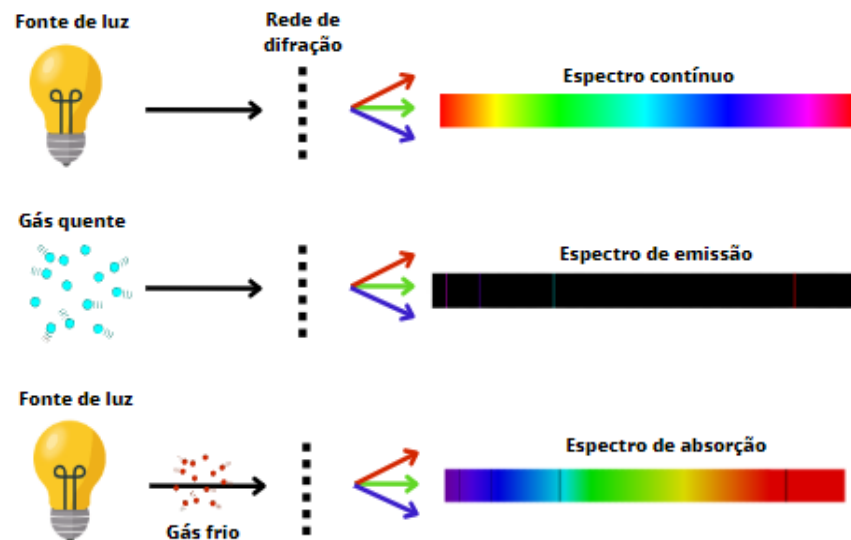
Espectroscopia Óptica

A luz emitida por objetos no espaço é essencial para a sua própria compreensão. É possível obter diferentes informações desses corpos, como sua temperatura, elementos químicos que os formam e características dinâmicas, a partir da radiação eletromagnética emitida, podendo ser observada em diferentes faixas espectrais.

Na astronomia, a espectroscopia possui um papel muito importante para determinar essas informações. Esta análise é feita utilizando um espectroscópio, cuja função é decompor a luz proveniente da fonte. Este equipamento funciona da seguinte forma: a luz a ser analisada passa por uma fenda, incide sobre uma grade de difração e, assim, é decomposta, como indicado na Figura 2.13. Através disso é possível analisar a composição química de uma fonte de luz com determinada precisão, visto que os elementos químicos possuem íons distintos de cada substância presente no corpo. Comparando a posição das linhas espectrais da fonte de luz observada, é possível identificar os respectivos comprimentos de onda das linhas e os elementos químicos que as formam.

No século XIX, o físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) realizou diversos experimentos utilizando sólidos e gases com diferentes condições de temperatura e pressão. A partir desses resultados, ele formulou três leis que descrevem o espectro emitido por uma fonte. Elas são conhecidas como as Leis de Kirchhoff da espectroscopia. Estão representadas na Figura 2.13 e descritas no quadro a seguir.

Figura 2.13: representação do espectro contínuo, de emissão e absorção.



Sugestão De Aula

PROPOSTA DA AULA: introduzir, através de uma aula expositiva, os conceitos de comprimento de onda, frequência, período, amplitude e classificação das ondas quanto à natureza e apresentar uma nova situação-problema sobre as propriedades da luz e sua utilização para captar informações sobre corpos celestes.

Objetivos De Aprendizagem:

- Entender o conceito de ondas, frequência, comprimento, período e amplitude;
- Diferenciar as ondas eletromagnéticas das ondas mecânicas;
- Compreender qual a importância da luz para o estudo da estrutura do Universo e sua formação.

Recursos Necessários:

- Uma cópia do "Espectrômetro de papel", construído a partir do molde disponibilizado (Anexo A);
- Uma cópia por grupo da "Atividade 2: Quais informações a luz pode nos dar sobre o Universo?"
- Fontes de luz diversas, como lâmpadas fluorescentes, incandescentes, LEDs, o Sol, lanternas, ou o que tiver à sua disposição;
- Um pedaço de DVD ou CD com suas camadas separadas (como abrir um sanduíche) para servir como grade de difração;
- Tesoura e cola;
- Lápis de cor ou canetas coloridas;
- Câmera de celular.

Observação: Se você tiver disponível lâmpadas compostas por diferentes gases, os espectros captados ficam mais fáceis de serem diferenciados. Porém, fontes de luzes mais comuns também funcionam nesta atividade.

Habilidades A Serem Desenvolvidas:

- (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
- (EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências;
- (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e

planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros);

- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Roteiro Da Aula:

- Duração total da aula: 90 minutos.
- Apresentação do assunto: entendendo o que é uma onda eletromagnética (40 min)

Realize uma aula expositiva que envolva todas as características de uma onda eletromagnética. Esta aula pode ser realizada através de uma apresentação de slides, vídeos e até mesmo utilizando apenas o quadro como recurso. Apenas é importante que os seguintes conceitos sejam abordados:

- Diferenciação de uma onda eletromagnética;
- Comprimento de onda e frequência;
- Espectro eletromagnético.

Esses conceitos devem ser apenas introduzidos, visto que serão aprofundados ao longo da atividade. Outro fator a considerar é que esses conceitos sejam apresentados de uma forma que tenham relação com a aula anterior, ou seja, relacionando os conceitos de ondulatória com algumas características dos corpos celestes. As imagens em diferentes comprimentos de onda podem ser utilizadas para falar do espectro eletromagnético e quais informações são obtidas em cada comprimento de onda.

- Construção do espectroscópio (30 min);

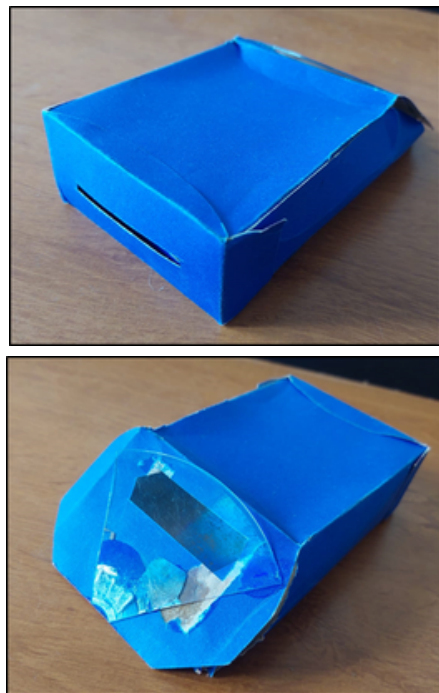
Um espectroscópio possui a função de decompor a luz proveniente da fonte. Este equipamento funciona da seguinte forma: a luz passa por uma fenda, incide sobre uma grade de difração e, assim, é decomposta. Através disso é possível analisar a composição química da luz com determinada precisão, visto que os elementos químicos possuem moléculas distintas de cada substância presente no corpo, formando diferentes linhas espectrais.

Divida os alunos em grupos (importante que seja o mesmo grupo da aula anterior) e entregue o molde para a construção do espectroscópio. É importante que o espectroscópio seja impresso em folha com gramatura maior. Caso sua escola não tenha disponível, é possível imprimir em folha sulfite e colá-la em um pedaço de cartolina, papel cartão ou papel kraft, que terá o mesmo efeito.

O espectroscópio deve ficar como o da Figura 2.14:

Na aula anterior você deve solicitar aos alunos para trazerem DVDs para servirem como grade de difração. Enquanto os alunos montam, explique o que é um espectroscópio e como é utilizado na astronomia. Fale sobre o que é uma grade de difração e discuta o porquê ela é necessária para este experimento.

Figura 2.15: espectroscópio de papel montado.

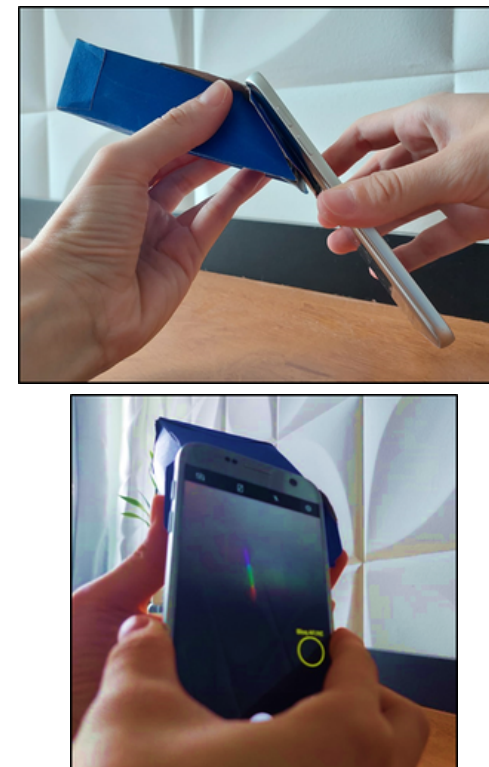


- Execução do experimento e aplicação da atividade (20 min):

Nos mesmos grupos, entregue a atividade para os estudantes e dê as instruções para a execução do experimento. Se o laboratório da escola for equipado com várias fontes de luz, permita que os alunos realizem todo o experimento.

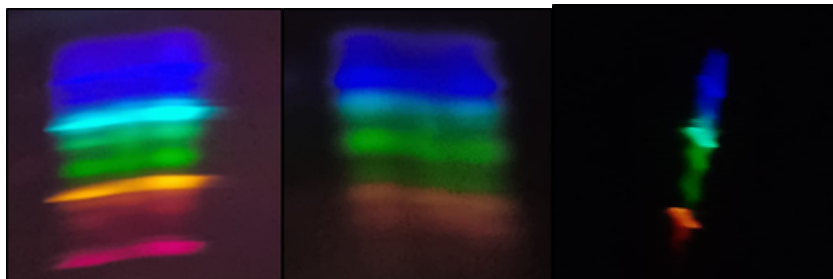
Caso não tenha, faça o experimento de forma demonstrativa e peça para um dos estudantes do grupo registrar as fotos com os seus celulares. Após o registro das fotos, os estudantes deverão realizar a atividade entregue em seus grupos. Auxilie os alunos quando for necessário.

Figura 2.16: demonstração de como realizar o registro das fotos dos espectros.



Para fazer o registro das fotos utilizando o celular, acople o espectroscópio com a parte do DVD virado para a câmera e aponte a fenda para a fonte de luz, como demonstrado na Figura 2.16.

Figura 2.17: registro das fotos utilizando o espectroscópio de papel e a câmera do celular.



Para realizar o experimento, é importante que as luzes da sala estejam apagadas e as cortinas fechadas, ou seja, o ambiente deve estar o mais escuro possível e evitar ao máximo a entrada de luz externa. Quanto mais escuro o ambiente, melhor a foto do espectro. Na Figura 2.17, há alguns exemplos de fotos de espectros de lâmpadas diversas obtidas da utilização deste espectroscópio e da câmera de um celular.

Atividade 2: Quais Informações A Luz Pode Nos Dar Sobre O Universo?

1. Primeiramente, monte o seu espectrômetro de papel conforme indicado na folha. Acople o espectrômetro na câmera do seu celular e registre os espectros de cada fonte de luz. Anote as fontes de luz utilizadas e pinte o espectro com as cores com mais destaque:

Fonte de luz 1: _____



Fonte de luz 2: _____



Fonte de luz 3: _____



Fonte de luz 4: _____

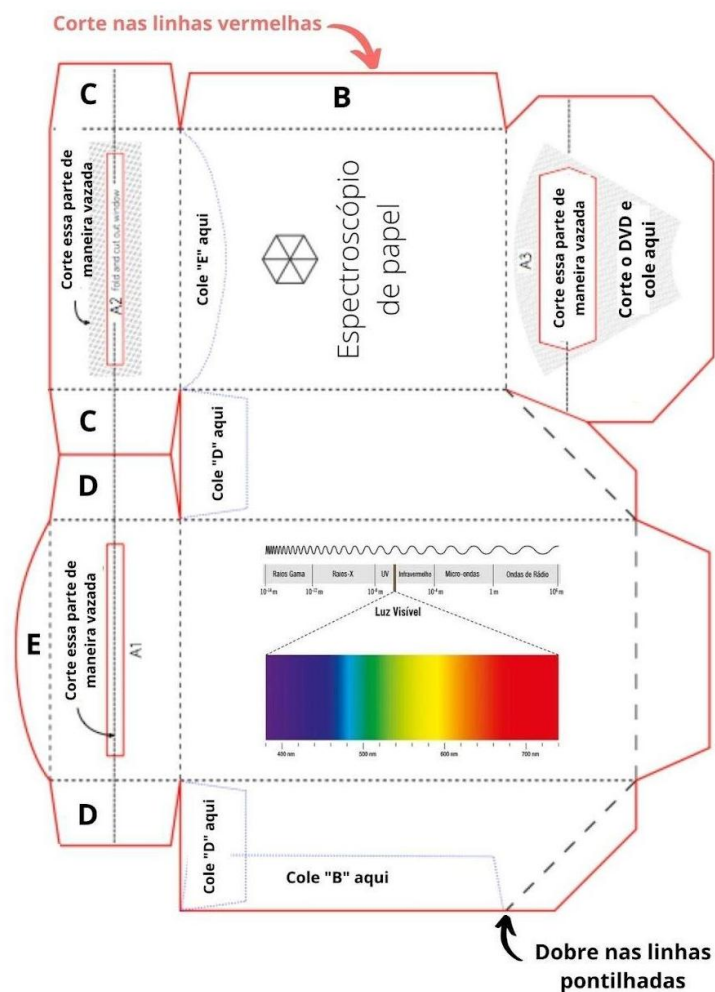


2. A partir do que você observou no experimento realizado, formule uma explicação sobre como a luz pode ajudar a obter dados, informações e características dos corpos celestes no espaço.

Sugestão De Material Extra

- Episódio 5 da série Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo, de 2014, com o físico e apresentador Neil de Grasse Tyson. Esse episódio trata da história e características fundamentais da luz, assim como sua utilidade no campo da Astronomia e Astrofísica.

MOLDE DO ESPECTROSCÓPIO DE PAPEL



Fonte: traduzido e adaptado de <<https://publiclab.org/wiki/papercraft-spectrometer>>

Expansão Do Universo

Introdução

Além da composição química e temperatura, como foi apresentado no capítulo anterior, é possível obter informações sobre o estado dinâmico de objetos astronômicos, utilizando a espectroscopia. Em 1929, o cientista Edwin Hubble percebeu, observando alguns corpos celestes, que eles se afastam mais rapidamente quando estão mais distantes em relação a nós.

Se uma fonte de luz se movimentar em relação ao observador, a radiação emitida sofre um fenômeno ondulatório chamado efeito Doppler, que modifica a sua frequência e comprimento de onda. O estudo do efeito Doppler da luz possibilitou a descoberta de que o Universo está em expansão. Mas, se ele está expandindo, será que um dia já foi menor? Como e por que essa expansão acontece? As descobertas feitas por Hubble tornaram possíveis a elaboração de teorias mais complexas que buscam responder essas perguntas. Neste capítulo, serão discutidos conceitos relacionados à expansão do Universo, como efeito Doppler, a lei de Hubble e a Energia Escura.

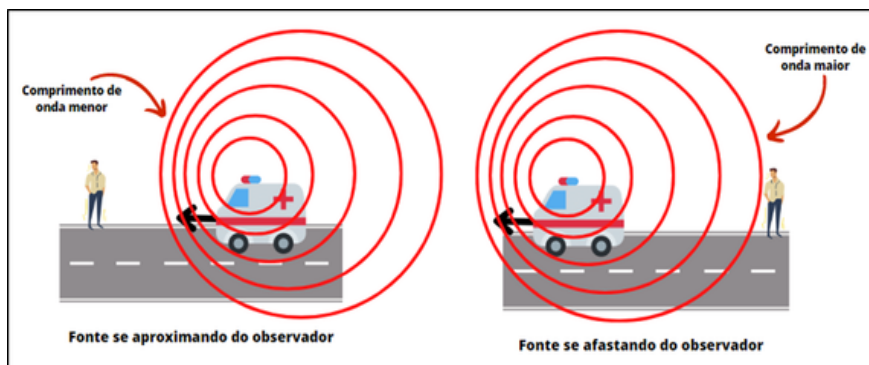
O Efeito Doppler

O efeito Doppler é um fenômeno ondulatório, que pode ser percebido no cotidiano sempre quando há movimento relativo entre uma fonte sonora e o observador. Por exemplo, se uma fonte sonora está se aproximando de um observador em repouso, o espaço entre cada crista da onda fica menor, resultando em uma diminuição do comprimento de onda e, consequentemente, um aumento da frequência, produzindo

um som mais agudo. Agora, se esta mesma fonte está se afastando do observador em repouso, o comprimento de onda fica maior, e consequentemente, a frequência menor, produzindo um som mais grave.

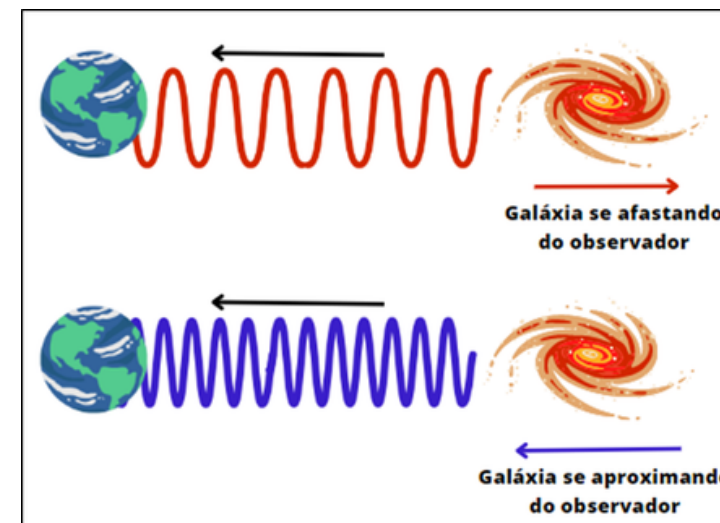
Um exemplo desse fenômeno são sirenes de ambulâncias ou viaturas ao se aproximarem e se afastarem de nós. Ao se aproximarem, percebemos que o som fica mais agudo e ao se afastarem, mais grave. A Figura 2.18 representa visualmente este exemplo.

Figura 2.18: representação de uma fonte sonora se aproximando e afastando do observador.



Como a luz possui propriedades ondulatórias, elas também podem exibir o Efeito Doppler. Contudo, neste caso, a variação do comprimento de onda resulta em uma mudança da cor desta luz. Desta forma, se o movimento da fonte ocorrer na mesma direção em que o observador está localizado, a frequência aumenta e o comprimento de onda diminui, fazendo com que a radiação emitida tenha um desvio para a faixa do azul, como na Figura 2.19. Se o movimento da fonte for na direção contrária ao observador, então o comprimento de onda aumenta e a frequência diminui, provocando assim um desvio para a faixa do vermelho.

Figura 2.19: representação do Efeito Doppler de uma galáxia se afastando ou se aproximando do observador (figura fora de escala).



Este deslocamento do comprimento de onda é dado pela equação a seguir, sendo $\Delta\lambda$ a diferença do comprimento de onda observado e λ_0 o comprimento de onda emitido, v a velocidade da fonte em relação ao observador, e c a velocidade da luz.

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Para as ondas eletromagnéticas, é preciso levar em consideração que o intervalo de tempo medido para o referencial da fonte é diferente do receptor. Dessa forma, é necessário incluir a dilatação temporal nas equações para o efeito Doppler. A Equação abaixo descreve a diferença na frequência observada quando a fonte está se aproximando do receptor:

$$f' = \sqrt{\frac{1 + (v/c)}{1 - (v/c)}} \cdot f_0$$

Quando a fonte está se afastando, a frequência é descrita pela equação abaixo, sendo f_0 a frequência observada pelo receptor, v a velocidade da fonte, c a velocidade da luz e f a frequência emitida pela fonte:

$$f' = \sqrt{\frac{1 - (v/c)}{1 + (v/c)}} \cdot f_0$$

Expansão Do Universo

O efeito Doppler da luz possibilitou alcançar o conhecimento que possuímos a respeito da expansão do Universo. Ele se dá a partir da medição do movimento de um corpo luminoso se deslocando diretamente na linha de visão. Quando uma galáxia está se afastando de nós, o comprimento de onda da luz emitida por ela fica maior, então temos um desvio para o vermelho do seu espectro. Se ela estiver se aproximando (como a galáxia de Andrômeda), o comprimento de onda fica menor, ocorrendo um desvio para o azul.

Em 1923, o físico Edwin Hubble conseguiu medir com grande precisão as distâncias de algumas supostas nebulosas e estrelas Cefeidas. Alguns anos depois, ele publicou seus resultados e mostrou que as nebulosas eram, na verdade, outras galáxias. Em 1929, Hubble verificou que a distância das galáxias possuía uma relação com a velocidade em que ela se afasta de nós, conhecida como Lei de Hubble.

$$v = H_0 \cdot D$$

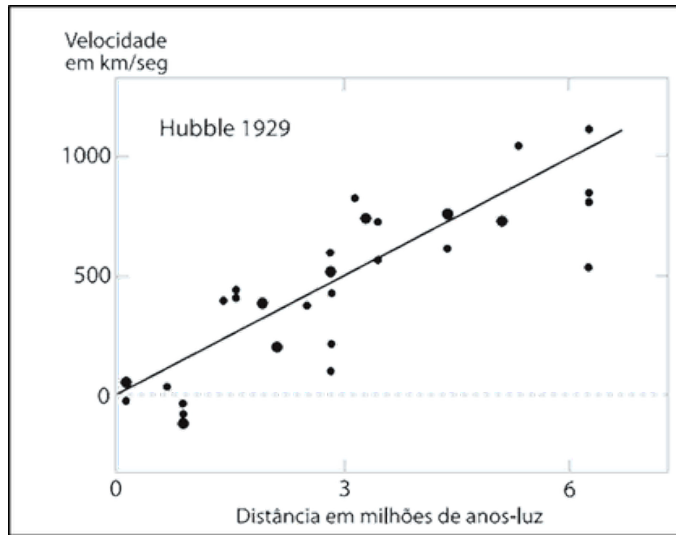
Na relação acima, v é a velocidade com que as galáxias se afastam, H_0 a constante de Hubble e D a distância da galáxia em relação a nós. A Figura 2.20 demonstra a relação entre a distância das galáxias e as suas respectivas velocidades de afastamento, determinadas por Hubble.

A relação de Hubble é de suma importância para a cosmologia moderna. O valor desta constante é de grande debate na literatura pelo fato de possuir diversas maneiras de realizar sua medição, porém há a certeza de que o Universo está se expandindo. A taxa de expansão é determinada por essa constante, e permanece a mesma em todas as direções. Há algumas exceções quando existe um excesso de aceleração gravitacional devido a aglomerações. A constante de Hubble medida em 2018 possui um valor aproximado de 73,5 km/s/Mpc, sendo 1 Mpc (megaparsec) cerca de 3 milhões de anos-luz.

A lei de Hubble foi logo considerada como uma evidência da expansão do Universo. Porém, se ela mostra que o Universo está se expandindo, podemos concluir que em algum momento ele já foi menor, ou até mesmo possuiu um tamanho nulo. A ideia de que o Universo estava compactado em um ponto muito pequeno é conhecida como Big Bang. No Big Bang, a expansão do Universo não se refere apenas à matéria, mas também ao espaço e ao tempo. A partir dessas conclusões, é possível supor que no passado haviam condições físicas muito diferentes das atuais, como as densidades e temperaturas do Universo. Pode-se estimar a idade do Universo de forma aproximada conforme a equação abaixo:

$$\text{tempo} = \frac{\text{distância}}{\text{velocidade}} = \frac{\text{distância}}{H_0 \cdot \text{distância}} = \frac{1}{H_0}$$

Figura 2.20: Relação entre a distância das galáxias e a velocidade de fuga descoberta por Hubble em 1929.



Fonte: Damineli, et al, 2011, p. 260.

Utilizando a constante de Hubble, é possível estimar a idade aproximada do Universo, a partir da equação acima:

$$\frac{1}{73,5 \frac{\text{km/s}}{\text{Mpc}}} = \frac{1 \text{ Mpc}}{73,5 \text{ km}} \text{s} = \frac{3,086 \times 10^{19} \text{ km}}{73,5 \text{ km}} \text{s} = 4,198 \times 10^{17} \text{s} = 13,3 \text{ bilhões de anos}$$

Expansão Acelerada Do Universo

Com as observações de Hubble, ficou claro que o Universo estava se expandindo. Mas as estrelas Cefeidas utilizadas por Hubble não podem ser observadas em distâncias muito grandes, devido ao seu brilho fraco. Dessa forma, seria necessário utilizar objetos astronômicos com uma luminosidade muito maior, como supernovas. Elas são explosões que ocorrem no final da vida de uma estrela e isso produz uma

quantidade de luz muito grande, facilitando esse tipo de observação.

As supernovas utilizadas para esse tipo de observação são do tipo Ia: elas surgem de explosões termonucleares de estrelas anãs brancas em sistemas binários. As explosões dessas supernovas produzem uma luminosidade muito parecida umas com as outras, o que é fundamental para fazer um comparativo nesse tipo de observação, e podemos considerá-las como Velas-Padrão.

É possível estimar a distância de um objeto pela luminosidade que ele emite, através da equação abaixo, onde F é o fluxo de luminosidade, ou quantidade de luz, que recebemos na câmera do telescópio e L a luminosidade da fonte:

$$d_F = \sqrt{\frac{L}{4\pi F}}$$

Nesta equação consideramos que todas as supernovas estariam a uma distância de 10 parsecs ($3,0857 \times 10^{16}$ m). Então, sabendo a luminosidade de fontes próximas, é possível estimar as luminosidades parecidas de fontes mais distantes, utilizando o conceito de velas-padrão. Até os anos 90 acreditava-se que a expansão do Universo era desacelerada. Conforme os conhecimentos até esta época, acreditava-se que o Universo era composto apenas de matéria não relativística (que se move em velocidades pequenas) e radiação, o que levava a previsões de que a velocidade da expansão diminuiria com o tempo.

Assim, na década de 90 começou-se a utilizar essas supernovas para observar o parâmetro da expansão (q). Se o Universo fosse composto somente pela matéria não relativística, ele se expandiria de forma desacelerada. Os primeiros trabalhos que buscavam essas informações tinham o objetivo

de estimar o valor dessa desaceleração. Se $q > 0$, indica que o Universo está se expandindo de maneira desacelerada e se $q < 0$, de maneira acelerada.

Em 1998, uma colaboração chamada High-Z Supernova Search tinha o objetivo de achar supernovas com um parâmetro de desvio do espectro específico, medir suas distâncias e calcular parâmetros cosmológicos. Observando uma amostra com 50 supernovas do tipo Ia, eles perceberam que, na verdade, elas se afastavam de maneira acelerada, com um parâmetro de aceleração $q < 0$. Essa descoberta, publicada em 1998, fez os autores Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt e Adam G. Riess serem laureados com o Prêmio Nobel de 2011.

Energia Escura

Para ter uma aceleração, seria necessário existir alguma coisa que causasse esse comportamento. Uma possível explicação para esta observação é que a energia do vácuo acelera a expansão. O vácuo pode ser considerado uma fonte de energia que permite explicar a causa da expansão acelerada. Conforme a teoria da relatividade geral, se existir um meio com pressão negativa suficiente, é possível gerar uma repulsão gravitacional, ao contrário do que diz a mecânica newtoniana. Mesmo a energia do vácuo sendo uma possível explicação, o valor da sua densidade se mantém constante, enquanto a densidade de matéria mudou ao longo da evolução do Universo.

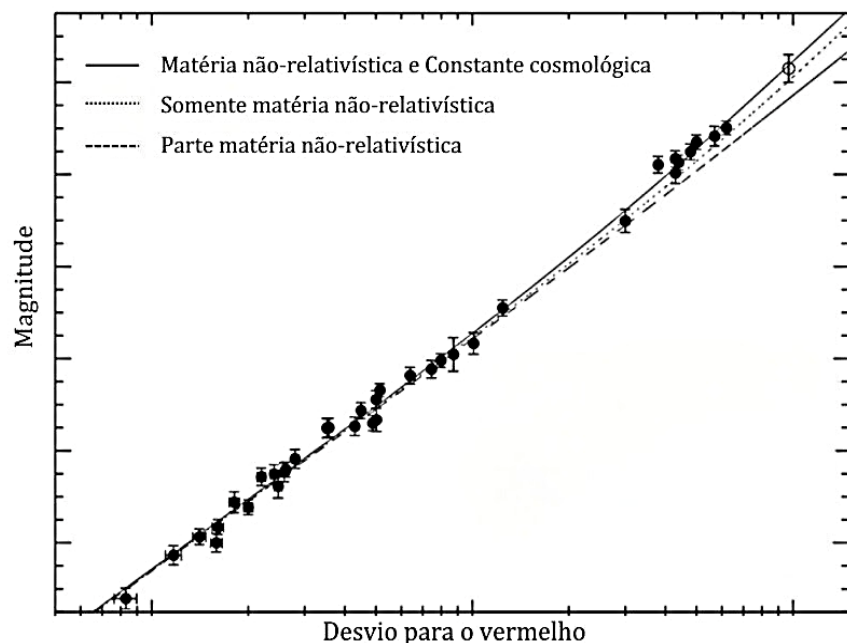
Na Figura 2.21 é possível verificar os dados obtidos nas suas observações, plotados em um gráfico da variação da magnitude aparente em função do desvio para o vermelho do espectro. Os pontos indicam as observações das supernovas do tipo Ia. A linha tracejada demonstra a previsão feita caso o Universo fosse composto apenas de matéria não rela-

tivística, a linha pontilhada caso ele fosse composto de matéria não relativística, mas ainda não levando em consideração a constante cosmológica, que é uma constante que indica a taxa de expansão do Universo. Na linha contínua, a previsão feita caso parte do Universo fosse de matéria não relativística e outra parte fosse de algum outro componente.

A Figura 2.21 compara os dados obtidos nas observações das supernovas Ia com as previsões teóricas. As informações encontradas se aproximam mais da linha contínua, indicando que há outra energia que faz com que o Universo tenha uma expansão acelerada, além da energia do vácuo. Essa energia foi nomeada de energia escura. Várias alternativas surgiram para tentar descrevê-la, como a Quintessência, de Caldwell, Dave e Steinhardt. Nesse modelo, a energia escura teria origem no decaimento de um campo quântico, que dominava o Universo antes da Inflação, e contém características que podem repelir gravitacionalmente. Segundo eles, a quintessência não emite luz, possui uma pressão negativa e deve ser homogênea em grandes escalas, caso contrário sua presença já teria sido detectada.

Apesar da energia do vácuo ser a explicação mais trivial para a expansão acelerada do Universo, as observações realizadas mostram uma diferença entre os valores de densidade de energia de 10^{55} vezes. Supondo que só existisse a energia do vácuo como fator para a expansão acelerada, o Universo teria uma idade de 10^{-10} segundos e o tamanho do horizonte causal de apenas 3 cm.

Figura 2.21: Gráfico da variação da magnitude aparente em função do desvio para o vermelho do espectro. A linha pontilhada representa a previsão do Universo se ele fosse composto de matéria não relativística sem levar em consideração a constante cosmológica, a linha tracejada demonstra a previsão feita se o Universo fosse composto apenas de matéria não relativística, e a linha contínua indica a previsão feita de parte do Universo fosse de matéria não relativística e outra parte fosse de algum outro componente.



Fonte: Riess et al (1998), p. 1022.

Sugestão De Aula

PROPOSTA DA AULA: Esta atividade foi inspirada e adaptada de uma apostila digital com propostas de aula sobre Astronomia e Cosmologia chamada "Cosmic Questions: Our place in space and time" (Questões Cósmicas: nosso lugar no espaço e no tempo), desenvolvido por Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics. Seu objetivo é compreender a expansão do Universo a partir da leitura e interpretação de

espectros e imagens ópticas de algumas galáxias. É uma atividade individual para verificar quais conceitos os estudantes conseguiram compreender.

Objetivos De Aprendizagem:

- Compreender as evidências para a expansão do Universo;
- Verificar como a velocidade da expansão se relaciona com a distância;
- Entender como o espectro de emissão das galáxias se relaciona com a velocidade da galáxia.

Recursos Necessários:

- Uma cópia por aluno da "Atividade 3: Expansão do Universo";
- Uma cópia das imagens ópticas e dos espectros das galáxias;
- Quadro e canetão;
- Elástico com aproximadamente 1 m de comprimento;

Habilidades A Serem Desenvolvidas:

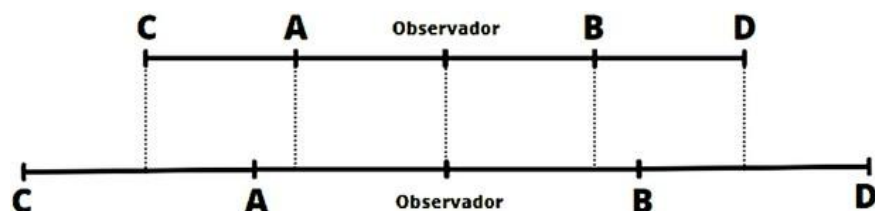
- (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Roteiro Da Aula

- Duração total da aula: 60 minutos.
- Apresentando a Expansão do Universo (20 min):

De forma expositiva, explique o que é a Expansão do Universo. Como auxílio, é possível utilizar um elástico para compreender que galáxias mais distantes, de um ponto pré-determinado, se afastam mais rapidamente do que galáxias mais próximas, como na figura abaixo:



Com o auxílio do elástico é possível realizar as marcações dos pontos do Observador e das galáxias A, B, C, D. Se fixarmos o ponto do Observador e esticarmos as pontas, iremos perceber que as galáxias D e C se afastam numa taxa maior que as galáxias A e B.

Essa demonstração ajuda os alunos a perceberem que galáxias mais distantes se afastam com uma velocidade maior do ponto do Observador.

- Aplicação da atividade (40 min):

Esta atividade é individual. Ela serve como uma avaliação individual e somativa da aprendizagem dos alunos. Ela rela-

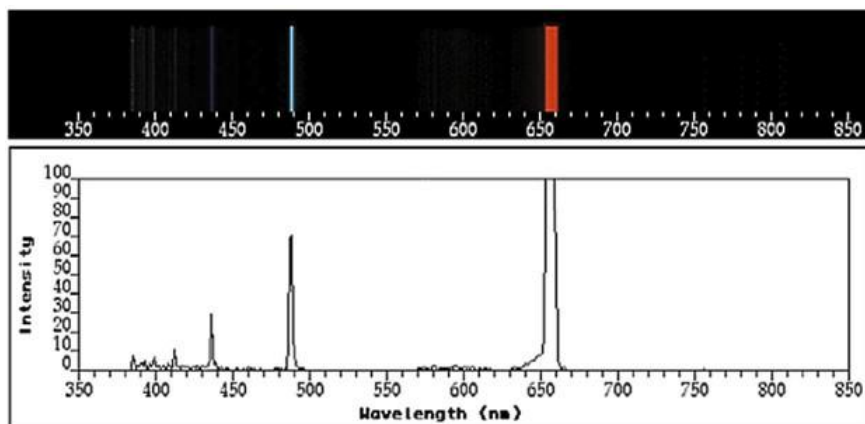
ciona os conceitos de espectroscopia e imagens retiradas de telescópios para entender a expansão do Universo e suas evidências. Entregue as imagens e espectros das galáxias anexadas à atividade para cada um dos alunos. Em seguida, entregue a atividade e permita que os alunos realizem.

É possível que os estudantes possuam dúvidas na hora de realizar a leitura dos espectros ou calcular a taxa de afastamento das galáxias. Dessa forma, se achar necessário, auxilie a turma explicando como realizar estas etapas de maneira detalhada.

Atividade 3: Expansão Do Universo

Por volta dos anos 1920, Edwin Hubble mediu os desvios para o vermelho dos espectros para determinar a velocidade das galáxias. Ele percebeu que havia uma relação entre a distância e a velocidade de uma galáxia. Essa relação pode ser descrita por uma equação simples e a equação do gráfico da distância pela velocidade nos dá a constante de Hubble para o Universo.

O redshift (desvio para o vermelho) é proporcional à velocidade da galáxia (para velocidades que não são próximas à velocidade da luz). Por exemplo, para uma galáxia se afastando de nós a 10% da velocidade da luz, a luz será desviada para o vermelho em 10%. Abaixo, temos o espectro de uma lâmpada de hidrogênio, para compararmos com o espectro das galáxias.



1. Observe as imagens ópticas das Galáxias A, B, C e D. Todas essas galáxias possuem, aproximadamente, o mesmo tamanho. Qual das galáxias está mais perto de nós? Ordene-as de maneira crescente quanto a sua distância em relação a nós.

Mais perto

Mais longe

Qual evidência você utilizou para responder esta questão?

2. Observe o espectro das galáxias A, B, C e D. Determine o comprimento de onda da linha vermelha do hidrogênio em cada um dos espectros.

Galáxia A: _____ nm Galáxia B: _____ nm

Galáxia C: _____ nm Galáxia D: _____ nm

3. Comparando o comprimento da linha vermelha no espectro do hidrogênio com o observado nas galáxias na questão anterior, determine o desvio dessa linha do hidrogênio para as galáxias (Redshift), em nm. O Redshift pode ser determinado a partir da diferença entre as linhas vermelhas do espectro do hidrogênio e da galáxia. Com essa informação, é possível determinar a velocidade de afastamento das galá-

xias, calculando a taxa de proporção do Redshift e multiplicando pela velocidade da luz.

Galáxia A:

_____ nm : 650 nm = _____ × 300.000 km/s = _____ km/s
(Redshift) (Proporção) (Velocidade)

Galáxia B:

_____ nm : 650 nm = _____ × 300.000 km/s = _____ km/s
(Redshift) (Proporção) (Velocidade)

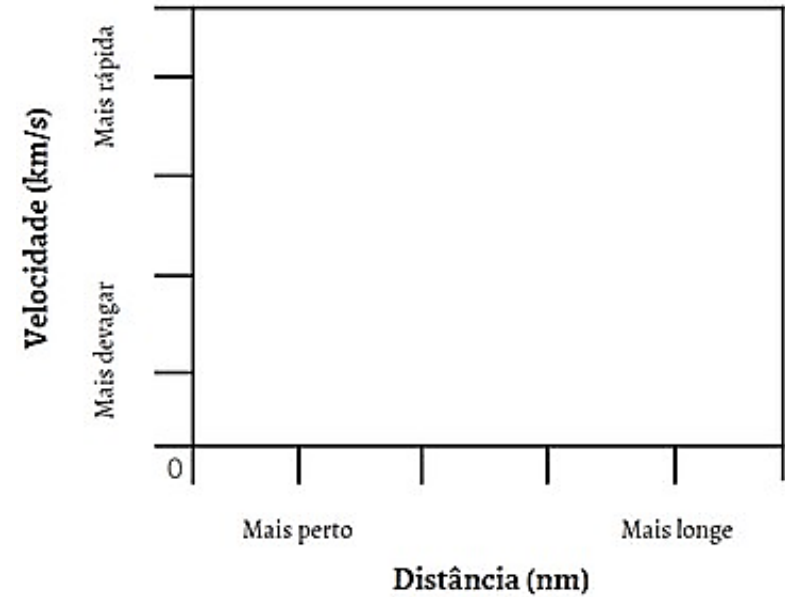
Galáxia C:

_____ nm : 650 nm = _____ × 300.000 km/s = _____ km/s
(Redshift) (Proporção) (Velocidade)

Galáxia D:

_____ nm : 650 nm = _____ × 300.000 km/s = _____ km/s
(Redshift) (Proporção) (Velocidade)

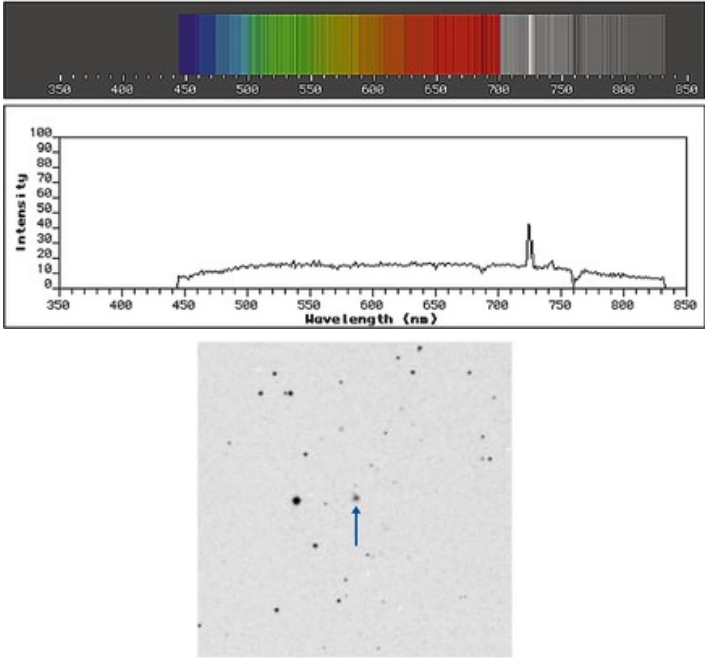
4. Plote o gráfico da velocidade das galáxias conforme a sua distância em relação a nós.



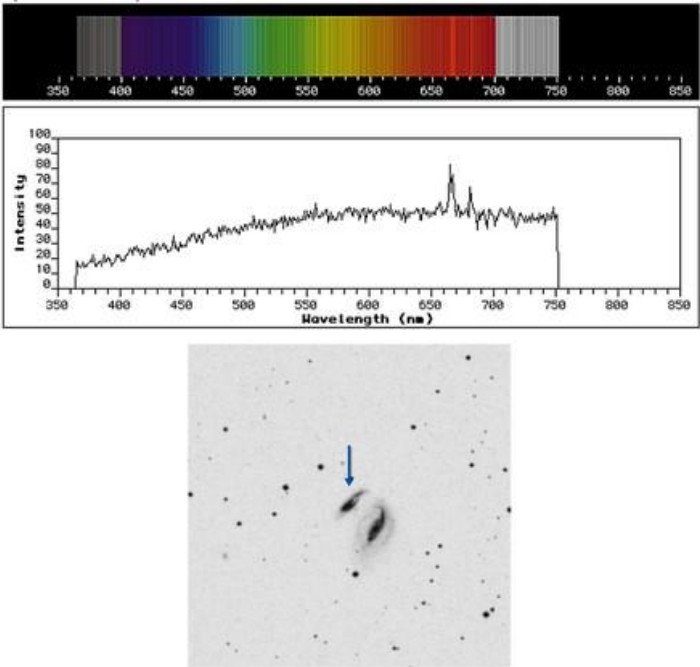
5. Com base na atividade realizada e nas suas percepções, descreva quais evidências você acha que podem confirmar que o Universo está em expansão. Se as galáxias estão se afastando cada vez mais entre si, como você acha que poderia ter sido o Universo em um passado distante?

Figuras Para A Atividade 3

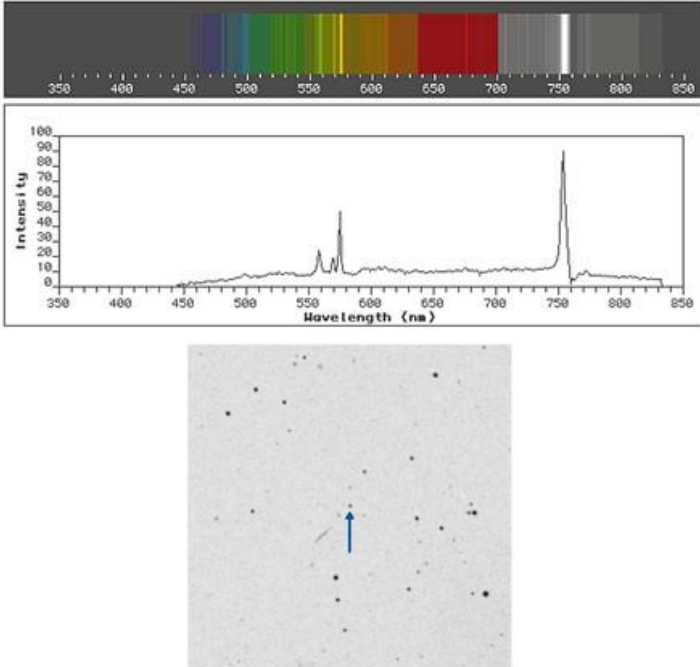
Espectro da Galáxia A Imagem óptica Galáxia A



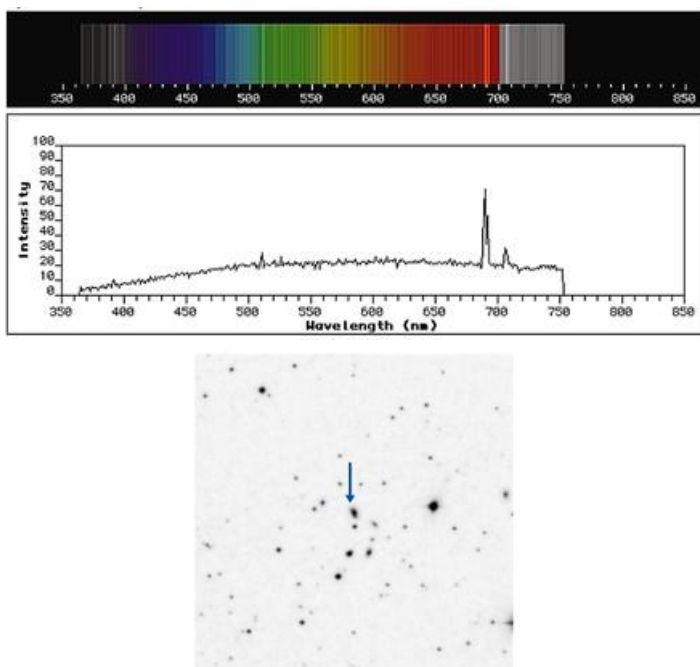
Espectro da Galáxia B Imagem óptica Galáxia B



Espectro da Galáxia C Imagem óptica Galáxia C



Espectro da Galáxia D Imagem óptica Galáxia D



Sugestão De Material Extra

- Artigo para aprofundar os conhecimentos sobre a Expansão do Universo: WAGA, Iaov. A Expansão do Universo. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 2, 2000.

Origem Do Universo

Introdução

O que procuramos compreender não é apenas uma busca pela origem do Universo, mas também como ele evoluiu para o estado complexo e diversificado que testemunhamos hoje. Estudar a origem e evolução do Universo nos permite discutir não apenas sua origem e estrutura, mas também questões relacionadas à natureza da Ciência e ampliar nossas visões de mundo.

Neste capítulo, serão discutidos a teoria do Big Bang, modelo científico mais aceito para explicar como o Universo surgiu, e a história de como o Universo evoluiu para o que conhecemos hoje, detalhando características como tamanho, temperatura e composição em cada parte da história. Além disso, há um texto que resume toda a evolução do Universo em apenas um ano, ou seja, uma espécie de "calendário cósmico", para tentarmos ampliar nossa noção de tempo e tamanho.

Big Bang

A teoria do Big Bang é o modelo que explica a origem e evolução do Universo. Apesar do nome ser relacionado com uma explosão, esta é uma relação incorreta, pois ocorreu, na verdade, uma grande expansão. Não temos hoje uma teoria que explique tudo o que ocorreu, principalmente antes da Era de Planck (quando o Universo possuía apenas 10^{-43} segundos de vida). Porém, podemos avançar a partir do instante primordial e tentar entender como ocorreu a evolução do Universo, utilizando hipóteses e evidências experimentais.

Uma das evidências experimentais que confirmam a teoria do Big Bang é a radiação cósmica de fundo de micro-ondas, prevista por George Gamow no final da década de 1940 e detectada em 1964, por Arno Penzias e Robert Wilson. Essa radiação é um resquício da era em que a maior parte do Universo era formado por ela. Ela é uma das descobertas mais importantes para confirmar que, em algum momento, o Universo era muito quente e denso. Acredita-se que nessa radiação encontram-se informações que ajudam no entendimento da formação de galáxias e aglomerados. Apesar da quantidade dessa radiação ser pequena, quando comparada

com a quantidade de matéria, no passado, a densidade desse gás de fótons deve ter sido igual ou até maior que a densidade de matéria.

O principal motivo para supor a existência desta grande quantidade de radiação nos primeiros instantes do Universo é que ela pode ser comparada a um corpo negro. O comprimento de onda onde ocorre o máximo de emissão evolui proporcionalmente ao tamanho ou parâmetro de escala (R) do Universo, ou seja, conforme o Universo se expande, o comprimento de onda da radiação também aumenta. Isso indica que a radiação presente no Universo possuía comprimento de ondas menores, ou seja, ondas de alta energia. Dessa forma, a temperatura (T) dessa radiação também deveria ser mais alta, conforme indicado na equação abaixo:

$$\frac{T}{T_0} = \frac{1}{R} = 1 + z$$

sendo T_0 a temperatura atual, e $1 + z$ o efeito redshift. Essa equação demonstra que, se o tamanho do Universo era 10000 vezes menor ($1 + z = 10000$), a temperatura deveria ser 10000 vezes maior também. Quanto menor o Universo, menor o comprimento de onda da radiação presente nele e maior a temperatura.

A História Da Origem Do Universo

Conforme a teoria do Big Bang, a temperatura do Universo no instante 10^{-43} segundos, também chamado de Era de Planck, era aproximadamente 10^{32} K, e a energia média por partícula era da ordem de 10^{19} GeV. Entre este intervalo de tempo e 10^{-35} segundos, as interações entre as forças forte e fraca estavam unidas. O Universo continha uma grande quantidade de quarks e léptons que se transformavam cons-

tantemente. Outras partículas com massas maiores podem ter existido e sido destruídas livremente.

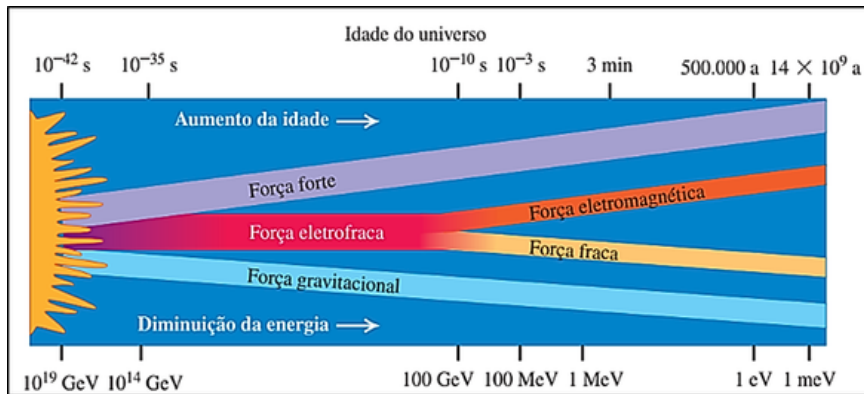
No instante 10^{-35} segundos, a temperatura do Universo diminuiu para 10^{27} K e a energia média era de 10^{14} GeV. Neste instante, a interação entre a força forte e a fraca se separaram. Pode-se comparar essa separação com a ebulição de um líquido: imagine um núcleo pesado entrando em ebulição, o que faz as partículas se afastarem e ficarem fora do alcance das forças nucleares. Este processo é esquematizado na Figura 2.22.

Devido a esse processo, o Universo passou a se expandir de forma drástica, mais rápido que nos dias atuais, onde o fator de escala R aumentou 10^{50} vezes em 10^{-32} segundos. Este período ficou conhecido como inflação cósmica.

No instante 10^{-32} segundos, o Universo era formado por quarks, léptons e bósons mediadores. Ele permaneceu se expandindo e esfriando até o instante 10^{-6} segundos. Neste período, a temperatura era de aproximadamente 10^{13} K e a energia média era da ordem de 1 GeV. Os quarks começaram a se unir e formar núcleons e antinúcleons. Fótons com energia suficiente produziam pares de núcleons-antinúcleons para equilibrar o processo de aniquilamento.

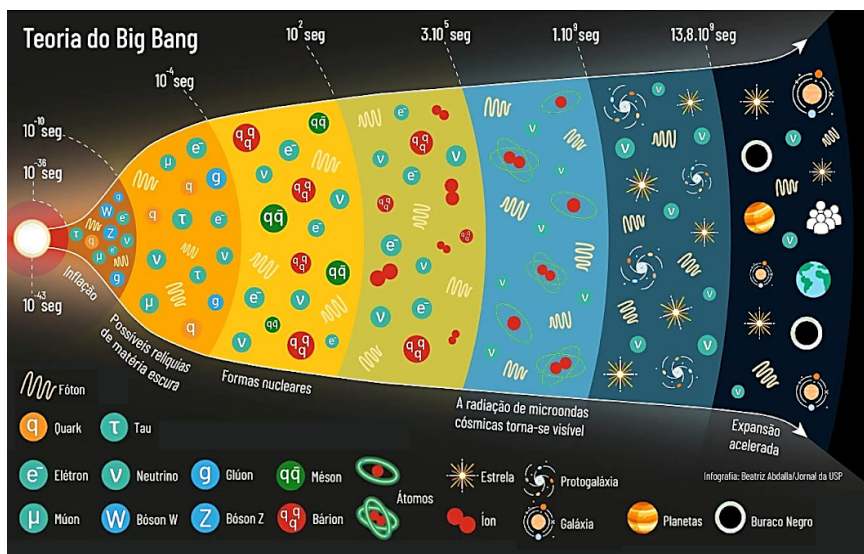
Em 14 segundos, a energia média reduziu-se para 1 MeV, fazendo com que a produção de pares cessasse. Isso fez com que o Universo ficasse com muito mais partículas do que antipartículas. Em uma temperatura próxima a 10^{10} K, a distribuição de prótons é 4,5 vezes maior que a de nêutrons. Nêutrons livres decaem espontaneamente formando prótons, o que fez com que essa distribuição aumentasse até o instante 225 segundos. Neste período, a temperatura era de 10^9 K e a energia média era de 2 MeV.

Figura 2.22: separação da força forte e fraca, conforme a idade do Universo.



Fonte: Young, Freedman, 2016, p 489

Figura 2.23: Teoria do Big Bang e a composição do Universo.



Fonte: Abdalla, B., Jornal da USP, 2019.

Este instante foi marcado pelo início da formação de deutérios, período chamado de nucleossíntese (formação de núcleos), formando núcleos de Hidrogênio, Hélio e alguns de

Lítio. A energia média ainda era muito elevada para que os elétrons ficassem ligados aos núcleos formados, não existindo nenhum átomo.

A nucleossíntese de outros elementos químicos começou somente em 10^{13} segundos, ou 380.000 anos. Neste instante, a temperatura do Universo era de 3000 K e a energia média era de décimos de elétron-volt. Lentamente, os átomos neutros foram formando nuvens de gás e, posteriormente, as estrelas, por conta da atração gravitacional. Os átomos com massas mais elevadas passaram a ser formados no interior das estrelas.

Para uma melhor compreensão de todos os instantes significativos para a formação do Universo, a Figura 2.23 mostra a idade e sua composição em cada período.

Sugestão De Aula

PROPOSTA DA AULA: Esta aula tem o objetivo de encerrar a UEPS através de uma atividade colaborativa. Ela consiste na leitura de um texto sobre a origem do Universo e a produção de um "calendário cósmico".

Objetivos De Aprendizagem:

- Compreender a origem do Universo e seus principais acontecimentos;
- Relacionar os assuntos vistos até então com as evidências para a Teoria do Big Bang sobre a origem do Universo.

Recursos Necessários:

- Uma cópia por aluno do texto "A origem do Universo";
- Uma cópia por aluno do modelo de calendário cósmico;
- Quadro e canetão.

Habilidades A Serem Desenvolvidas:

- (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente;
- (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros);
- (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros);
- (EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental;
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equa-

ções, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Roteiro De Aula

- Duração total da aula: 50 min;
- Leitura do texto "A origem e evolução do Universo" (15 min):

Introduza, de forma breve, o que será feito na aula: leitura de um texto sobre a Teoria do Big Bang e confecção de uma linha do tempo dos principais acontecimentos desde a origem do Universo até os dias atuais. Esta atividade foi pensada para ser o encerramento da sequência de atividades. Dessa forma, ela engloba todos os conceitos vistos até o momento. Leia o texto com os estudantes e discuta os pontos mais relevantes com eles. Procure instigá-los para que relembrem as informações vistas nas aulas anteriores.

- Construção do calendário cósmico (35 min):

Divida os alunos em grupos e entregue uma cópia do calendário cósmico para cada grupo. A partir das informações fornecidas pelo texto, eles devem preencher as informações no calendário. É importante que os alunos representem cada parte do calendário, incluindo desenhos e breves explicações.

Após finalizar a atividade, faça uma exposição dos trabalhos dos estudantes em murais da escola, como forma de exposição. Caso queira fazer trabalhos maiores, é possível fazer o calendário em uma cartolina ou papel kraft, porém levará mais tempo da aula.

Texto: A Origem E Evolução Do Universo

A teoria do Big Bang é o modelo científico que explica a estrutura, a origem e evolução do Universo. Apesar do nome ser relacionado com uma explosão, esta é uma relação incorreta, pois ocorreu, na verdade, uma grande expansão. Não temos hoje uma teoria que explique tudo o que ocorreu, principalmente antes da Era de Planck. Porém, podemos avançar a partir do instante primordial e tentar entender como ocorreu a evolução do Universo, utilizando hipóteses e evidências experimentais.

Evidências experimentais:

- Radiação Cósmica de Fundo de Micro-ondas: prevista por George Gamow no final da década de 1940 e detectada em 1964, por Arno Penzias e Robert Wilson. A radiação cósmica de fundo de micro-ondas é uma informação importante para identificar que no passado o Universo era muito quente e denso. Ela é um resquício que sobrou dessa época do Universo.
- Expansão do Universo: descoberta por Edwin Hubble em 1929, após perceber que estrelas mais distantes se afastavam mais rapidamente. Se agora o Universo está se expandindo, quer dizer que, em algum momento, ele foi apenas um ponto.

Calendário do Universo:

- (1 de janeiro): O instante de tempo mais antigo que conhecemos do Universo é conhecido como a Era de Planck. O Universo era menor que o núcleo de um átomo e tinha uma temperatura de 10^{32} kelvins. Toda a matéria estava condensada nesse ponto.
- (1 de janeiro): Continha uma grande quantidade de Léptons e Quarks, que se transformavam livremente. O Uni-

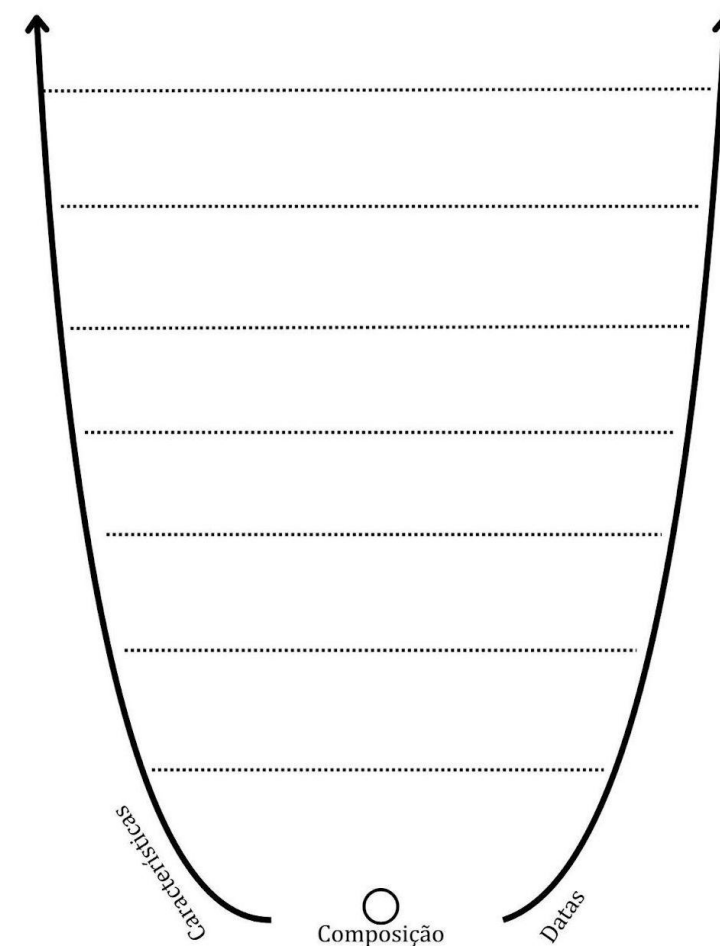
verso começou a se expandir de forma drástica e sua temperatura caiu para 10^{27} kelvins. Este período ficou conhecido como Inflação Cósmica.

- (1 de janeiro): Os Quarks começaram a se juntar e Prótons e Nêutrons (e suas respectivas antipartículas) passaram a se formar. A distribuição de Prótons é 4,5 vezes maior que a de Nêutrons. Em seguida, o período da Nucleossíntese se iniciou.
- 225 segundos (1 de janeiro): Neste período, a temperatura caiu para 10^9 kelvins. Este instante foi marcado pelo início da formação de Deutérios, formando núcleos de Hidrogênio, Hélio e alguns de Lítio. A energia média ainda era muito elevada para que os elétrons ficassem ligados aos núcleos formados, não existindo nenhum átomo.
- 380.000 anos (1 de janeiro): Começou a nucleossíntese de outros elementos químicos. Neste instante, a temperatura do Universo era de 3000 kelvins.
- 200 milhões de anos (12 de janeiro): A primeira estrela surgiu.
- 400 milhões de anos (26 de janeiro): A primeira galáxia surgiu.
- 1 bilhão de anos (20 de março): A maioria das galáxias já haviam se formado, inclusive a Via Láctea, galáxia em que vivemos.
- 11 bilhões de anos (2 de setembro): O Sol e os outros planetas do nosso sistema solar se formaram.
- 13,8 bilhões de anos (31 de dezembro - último minuto): O ser humano com comportamento moderno, como o conhecemos, surgiu. O restante do tempo é só a história da evolução da vida na Terra e do ser humano.

Sugestão De Material Extra

- O texto foi baseado no calendário cósmico presente no livro "Os Dragões do Éden", de Carl Sagan. Sugiro a leitura para um aprofundamento do assunto.
- Outra sugestão de leitura é o livro "Calendário Cósmico e a Física Nuclear", de Júpiter Cirilo da Roza Silva, Cleci Teresinha Werner da Rosa e Johnny Ferraz Dias, da Universidade de Passo Fundo.

Modelo De Calendário Cósmico



Referências

A Escala do Universo. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/oei/cgu/sca/sca.htm>

Planetário da Universidade Federal de Santa Catarina. Acesso em maio de 2024. Disponível em: <https://planetario.ufsc.br/o-sistema-solar/>

The Nobel Prize in Physics 2011. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sat. 28 Oct 2023. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2011/summary/>

DAMINELI, A. et al. O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes. Odysseus Editora, 1ª edição, 2011.

KNIGHT, R. Física 2: Uma abordagem estratégica. Bookman, 2 ed., Porto Alegre, 2009.

KNIGHT, R. Física 4: Uma abordagem estratégica. Bookman, 2 ed., Porto Alegre, 2009.

PEDREIRA, I. O. C. Fundamentos da cosmologia: um estudo sobre matéria escura. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2022.

REIS, Ribamar R. R.; SIFFERT, Beatriz B. Supernovas do tipo Ia e a expansão do Universo. Cadernos de Astronomia, vol. 3, nº 1, p. 21-32, 2022.

RIESS, A. G., et al. Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. The Astronomical Journal, 1161, p. 1009-1038, Setembro, 1998.

SILVA, E. D.; SILVA, T. M. P.; VIEIRA, C. A. O Sistema Solar.

SILVA, J. C. R.; ROSA, T. W.; DIAS, J. F. Calendário Cósmico e a Física Nuclear. Editora Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

SOUZA, R. E. Introdução à cosmologia. Editora Edusp, 2ª edição, 2019.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. Física Moderna. 6ª ed., editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros, Vol 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. LTC Editora, 6ª edição, 2009.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros, Vol 2: Eletricidade e Magnetismo, Óptica. LTC Editora, 6ª edição, 2009.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para cientistas e engenheiros, Vol 3: Mecânica quântica, relatividade e estrutura da matéria. LTC Editora, 6ª edição, 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: Óptica e Física Moderna. Pearson Education do Brasil, 14. ed., São Paulo, 2016.

WEINBERG, S. The first three minutes: a modern view of the origin of the universe. Published by Fontana Paperbacks, 1993.

CAPÍTULO 3

**UNIDADE DE ENSINO
POTENCIALMENTE
SIGNIFICATIVO PARA O
ENSINO DA RELATIVIDADE
ESPECIAL NO ENSINO
MÉDIO: UMA ABORDAGEM
COM AUXÍLIO DE RECURSOS
DIGITAIS**

José Edson Reinert e Daniel Almeida Fagundes

Apresentação

Caro(a) Professor(a),

Esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é um produto educacional exigido como requisito para obtenção do grau de mestre do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (MN-PEF) e fruto do trabalho desenvolvido na dissertação “Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma Abordagem com Auxílio de Recursos Digitais”.

É uma grande satisfação poder proporcionar a você educador uma ferramenta que julgo extremamente valiosa para o ensino da Relatividade Especial. Após a primeira aplicação, esta UEPS passou por um processo de validação para que pudesse lhe proporcionar o melhor resultado possível. Porém lembre-se que cada sala de aula apresenta uma realidade diferente, como alunos com níveis diferentes de conhecimento e é você o responsável por fazer qualquer ajuste final, se for necessário.

Este produto tem o objetivo de ser um norteador para o professor no processo de aprendizagem significativa. Buscamos estabelecer e fortalecer subsunçores nos alunos para que se possa construir o conhecimento em cima deles. São nesses vínculos tão importantes que a aprendizagem se torna efetiva e significativa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Finalmente desejo a você uma ótima experiência em sala de aula e que esta UEPS seja tão enriquecedora para você e seus alunos como foi para mim.

José Edson Reiner

Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS)

O que são UEPS? Essa é a questão que pretendemos responder nesta sessão, assim você, professor, poderá compreender a importância de cada item que a constitui.

UEPS se baseiam nos referenciais teóricos de ensino significativo, são sequências de ensino que tem a potencialidade de ser significativas e relevantes para o aluno, as quais podem levar à absorção de conceitos ou tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares.

Estas UEPS buscam evitar a aprendizagem mecânica e estimular a pesquisa dentro de sala de aula, fazendo do aluno um membro ativo de todo o processo. Elas introduzem os subsunçores, conhecimentos mais gerais que podem ser ligados a outros mais específicos criando uma rede hierarquizada que facilita ao aluno chegar aos conhecimentos mais específicos. Diferentemente de sequência de ensino tradicional, as UEPS não se baseiam na narrativa do professor, por isso elas influenciam diretamente na didática do professor e na forma como os alunos estão habituados a “aprender”.

As UEPS possuem estruturas específicas, sendo elas:

- Seleção dos tópicos a serem abordados
- Situações iniciais: Deve-se fazer com que os alunos externalizem seus conhecimentos acerca do assunto que está sendo tratado.

- **Situações-problema:** Considerando a sondagem nas situações iniciais, essas situações devem ser introdutórias e apresentar algum dos tópicos que se deseja trabalhar.
- **Apresentação dos conteúdos:** É o momento de apresentar formalmente os tópicos que se deseja trabalhar. Para tanto, faz-se uso dos mais diversos materiais educativos.
- **Novas situações-problema:** Após explanar sobre os tópicos é hora de apresentar uma nova situação, com um nível de complexidade maior.
- **Avaliação somativa individual:** Essa avaliação é realizada com questões que permitam ao aluno expor o que conseguiu absorver ao longo do processo acessando seus subsunçores.
- **Avaliação da aprendizagem:** Ocorre ao longo do processo, verificando cada contribuição que o aluno apresenta.
- **Avaliação da UEPS:** Esta avaliação tem o objetivo de mostrar os pontos onde a UEPS obteve sucesso e ao mesmo tempo pontos onde falhou, permitindo ao professor modificá-la para que o processo se torne o mais significativo possível.

Utilizando-se da estrutura da UEPS, apresentamos a seguir a proposta para se trabalhar Relatividade Especial.

DICA EXTRA!

Se você quer saber mais detalhes sobre as UEPS e sua estrutura, consulte a dissertação que deu origem a esse material: “Unidade de Ensino Potencialmente Significativo para o Ensino da Relatividade Especial no Ensino Médio: Uma Abordagem com Auxílio de Recursos Digitais”.



SUGESTÃO DE LEITURA

O desenvolvedor das UEPS é o Prof^o. Dr. Marco Antonio Moreira, portanto sugiro a leitura do artigo apresentado por ele como uma leitura complementar.



Objetivos

- Apresentar a Relatividade Especial.
- Compreender dilatação do tempo.
- Analisar a contração do comprimento.
- Estabelecer a relação entre massa e energia.
- Criar pontes entre conceitos subsunçores e novos conhecimentos.

Sequência

Considerando o assunto que visa ser abordado nesta UEPS, os itens que compõe a estrutura característica dela, que foi exposta anteriormente, são elaborados da seguinte maneira:

Tópicos a serem Abordados

Para iniciar a aula serão apresentados os tópicos:

- Relatividade Especial
- Relatividade nos Intervalos de Tempo
- Relatividade do Comprimento
- Energia Relativística

Ao apresentar os tópicos a serem abordados deve-se também apresentar objetivos desta UEPS.

Toda a sequência será apresentada com o auxílio da apresentação de slides disponível no link <https://is.gd/Apresenta>

cao (Este material encontra-se dividido de acordo com cada item que compõe esta UEPS).

ACESSE VIA QR CODE



Apresentação

<https://is.gd/Apresentacao>

DICA EXTRA!

Caro(a) Professor(a), tome cuidado como o uso de apresentações de slides, pois existe uma linha tênue que ao ser ultrapassada pode transformar sua UEPS num método tradicional de ensino. Neste trabalho, a apresentação serve apenas como um norteador para indicar cada nova atividade que se inicia.



TEMPO PREVISTO 1ª Aula · 5 minutos

Situação Inicial

Deve-se propor aos alunos, que de forma individual, realizem a atividade de sondagem de subsunçores a fim de verificar se existe algum conhecimento que eles associam à Relatividade Especial.

Todas as respostas serão anotadas para que posteriormente se possa fazer uma análise delas. Neste momento o interessante é deixar que os alunos escrevam e falem o que pen-

sam sobre o assunto para que esses conceitos possam ser refinados futuramente e vinculados a subsunçores.

DICA EXTRA!

- Uma sugestão interessante é criar com os alunos um Diário de Bordo, assim eles podem manter registrado todas as situações trabalhadas bem como expressar suas opiniões para posterior avaliação. Com o diário como um instrumento de registro da experiência pedagógica pode-se verificar a evolução dos argumentos dos alunos ao longo da UEPS.
- Outra estratégia que pode ser utilizada é criar um mapa conceitual. Ele pode ser desenvolvido na Situação Inicial e posteriormente a Apresentação dos Conteúdos, assim possibilitando a verificar a evolução dos argumentos.



O desenvolvimento desta etapa está roteirizado no Material de Apoio I e também está disponível no link <https://is.gd/SituacaoInicial>.

ACESSE VIA QR CODE



Situação Inicial

<https://is.gd/SituacaoInicial>



TEMPO PREVISTO 1ª Aula · 40 minutos

Situação-Problema

O objetivo desta situação é introduzir a viabilidade de realizar ou não o teletransporte. Para montar esta situação temos como base um trecho da série “Star Trek: Discovery”. As discussões realizadas a partir deste trecho são apresentadas no Material de Apoio II ao final desta UEPS. Você encontra este material através do link <https://is.gd/Situacao-Problema>.

ACESSE VIA QR CODE



Teletransporte de Star Trek

<https://is.gd/SituacaoProblema>

SUGESTÃO DE LEITURA

Uma dica de leitura interessante para se trabalhar este assunto é o livro A Física de Jornada nas Estrelas de Lawrence M. Krauss. Nele você encontra informações adicionais sobre o teletransporte e sobre outras tecnologias apresentadas pela série.



TEMPO PREVISTO 2ª Aula · 40 minutos

Apresentação dos Conteúdos

Levando em conta os itens anteriores, nesta etapa será feito a apresentação oral dos conteúdos a serem trabalhados. É importante neste momento fazer a retomada dos conheci-

mentos que os alunos expuseram na sondagem de subsunções sobre o que eles entendem por Relatividade Especial. A apresentação do conteúdo será realizada de forma dialogada com os alunos visto que alguns conceitos podem trazer à mente outros conhecimentos que eles tenham para compartilhar.

Introdução dos Aspectos Físicos

Para o desenvolvimento desta etapa da sequência é importante solicitar aos alunos que assistam em casa o vídeo **Special Relativity: Crash Course Physics #42** (8m58s) (<https://www.youtube.com/watch?v=AInCqm5nCzw>) que destaca Albert Einstein como responsável por fundamentar a Relatividade Especial através de alguns postulados.

DICA EXTRA!

O vídeo introdutório se encontra em língua inglesa, porém uma sugestão de modificação para essa situação é que o professor produza os próprios vídeos. Essa ação permite uma aproximação maior entre o conteúdo e os alunos, pela familiaridade com a didática do próprio professor.



Esta preparação é acompanhada do Material de Apoio III onde o aluno irá responder a um questionário com o objetivo de fortalecer alguns conhecimentos que podem ser obtidos com este vídeo. Posteriormente os alunos serão instigados a externalizar esses conhecimentos em sala.

DICA EXTRA!

Professor(a), mesmo que os alunos assistam ao vídeo em casa, é recomendado que no início da 3ª aula, ele seja revisto em sala com toda a turma, assim pode-se realizar alguns comentários, caso necessário, antes de prosseguir com a UEPS.



O questionário pode ser encontrado através do link <https://is.gd/AspectosIniciais>.

ACESSE VIA QR CODE**Aspectos Iniciais (Questionário)**

<https://is.gd/AspectosIniciais>



TEMPO PREVISTO 2ª Aula · 5 minutos

Relatividade Galileana x Relatividade Especial

É necessário neste ponto que seja muito bem fundamentado e explorado o conceito de referencial inercial, pois ele é essencial no prosseguimento da UEPS. Utilizando a apresentação de slides, disponibilizada anteriormente, como suporte, podemos apresentar aos alunos o que é de fato a Relatividade. Como o vídeo proposto para ser assistido em casa apresenta uma comparação entre a Relatividade de Galileu e a Relatividade Especial é importante levantar uma discussão com os alunos sobre qual a área de domínio de cada uma.

DICA EXTRA!

- Busque apresentar aos alunos as transformações de Galileu e de Lorentz através de um tratamento matemático. Como sugestão você pode verificar a dissertação que deu origem a esta UEPS.
- Mostre também o porquê de se revisitar a Relatividade Galileana após quase três séculos de sua criação. Você pode criar em conjunto com os alunos uma linha do tempo, ressaltando as contribuições que levaram ao desenvolvimento da Relatividade Especial. Como recurso digital você pode utilizar o site Time Graphics. Outra sugestão de atividade para essa discussão é utilizar a Experiência de Michelson-Morley.



TEMPO PREVISTO 3ª Aula · 20 minutos

Simultaneidade

Outro elemento chave que deve ser abordado é a simultaneidade dos eventos. É importante neste momento trazer exemplos de fácil compreensão para que os alunos consigam internalizar este conhecimento. Para estimular o processo de aprendizagem sobre simultaneidade vamos utilizar a **simulação** (http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/715SF/03_laboratorio_frame.htm) criada pelo projeto Física Vivencial. Através deste objeto de aprendizagem pode-se modificar a posição de um observador e verificar a simultaneidade dos eventos.

DICA EXTRA!

A simultaneidade pode ser trabalhada através de experiências mentais ou práticas, procure utilizar exemplos do cotidiano dos alunos, assim você permite a eles que estabeleçam subsunções para este conhecimento. Uma sugestão seria posicionar dois alunos em locais diferentes dentro da sala de aula e pedir que um terceiro se movimentasse. Após isto solicite aos dois primeiros alunos que descrevam o que ocorreu. É esperado que os dois não concordem quanto aos eventos de partida e chegada do terceiro.



TEMPO PREVISTO 3ª Aula · 25 minutos

Dilatação Temporal

Depois de explanar sobre a essência da Relatividade Especial vamos abordar a dilatação do tempo, para isso podemos fazer uma análise de um aparente paradoxo da Relatividade Especial: o Paradoxo de Gêmeos.

Para desenvolver esta etapa será utilizado como base o vídeo “**Complete Solution To The Twins Paradox**” (https://www.youtube.com/watch?v=0iJZ_QGMLD0) sendo que o mesmo desenvolvimento para a solução do aparente paradoxo será apresentado em sala de aula com o uso do quadro branco, onde o professor irá demonstrar a solução. É importante ressaltar que essa abordagem pode ser feita usando qualquer ferramenta, inclusive o quadro branco. Neste momento é importante que o aluno seja instigado a participar.

DICA EXTRA!

Lembre-se que de acordo com princípio da aprendizagem significativa crítica proposta por Moreira (2017) (Veja a indicação de leitura abaixo), o foco aqui não é no treinamento para repetição, mas sim numa abordagem reflexiva, dialogada e voltada à análise de um problema físico importante. Portanto, neste momento, é essencial que o aluno seja instigado a participar.

**SUGESTÃO DE LEITURA**

Para saber mais sobre a Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Marco Antonio Moreira, sugiro a você a leitura do livro escrito por ele e intitulado Teorias de Aprendizagem que teve sua 2ª edição publicada em 2017.



Após explicar a viagem realizada por um astronauta é essencial que possamos generalizar a situação tendo como base o que Einstein chamou de “Hipótese do Relógio” que demonstra que em cada instante a dilatação do tempo é afetada somente pelo módulo da velocidade instantânea relativa entre dois referências.

SUGESTÃO DE LEITURA

Você encontra mais detalhes sobre a Hipótese do Relógio na seção 2.4 do artigo Dilatação do tempo, referenciais acelerados e o paradoxo dos gêmeos de autoria de Gabriel B.R.L. de Freitas e André H. Gomes.



Com a generalização podemos apresentar formalmente aos alunos a equação de dilatação temporal retratada no vídeo

de apresentação do assunto, além disso, é importante motivar o estudo desse paradoxo em termos da estrutura espaço-tempo.

DICA EXTRA!

- Lembre-se que anteriormente, na relatividade de Galileana, o espaço e o tempo eram trabalhados de forma independente um do outro, mas pela Relatividade Especial eles estão intrinsecamente conectados e é isso que devemos inculcar no aluno.
- Não esqueça de sempre apresentar as relações entre o que já foi trabalhado e o que está sendo apresentado. Isso é importante para que os subsunçores se estabeleçam.
- Apresente aos alunos um exemplo de desenvolvimento que os leva a equação da dilatação temporal e ao mesmo tempo como esta equação se reduz a Transformação de Galileu a baixas velocidades.



TEMPO PREVISTO 4ª Aula · 45 minutos

Contração do Comprimento

O próximo passo é trazer o diálogo sobre a contração do comprimento. A apresentação da equação associada a esta contração é realizada neste momento.

Utilizando como base o vídeo “Impossible Muons” (<https://www.youtube.com/watch?v=rVzDP8SMhPo>) e o site “A Vida do Múon” (<https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html> - disponibilizado pelo IFGW-Unicamp) para desenvolver esta atividade, será proposto que os alunos investiguem através de um roteiro analítico-investigativo (Material de Apoio IV), tanto a dilatação do tempo, já trabalhada com o paradoxo de gêmeos,

quanto a contração do comprimento no caminho percorrido por múons (μ) a partir da atmosfera até chegar a superfície da Terra.

Acesse o material pelo link <https://is.gd/ViagemdosMuons>.

ACESSE VIA QR CODE



A Viagem dos Múons

<https://is.gd/ViagemdosMuons>

DICA EXTRA!

- Desenvolva um exemplo para apresentar aos alunos a equação da contração do comprimento, uma sugestão possível está disponível na dissertação que deu origem a este produto. Cabe destacar aos alunos que a contração é real, porém a visualização de um objeto é mais bem explicada pelo efeito Terrell-Penrose.
- Durante a situação-problema sobre os múons é importante que os alunos consigam comparar os resultados obtidos com os resultados esperados caso a Relatividade Especial não fosse válida.



BRASILEIRO NA CIÊNCIA!

Professor(a) aproveite esta atividade para destacar o trabalho de um grande cientista brasileiro, César Lattes. Ele foi o descobridor de uma nova partícula atômica, o pión, sendo que esta, se desintegra na atmosfera formando o múon.




TEMPO PREVISTO 5ª Aula · 45 minutos

Energia Relativística

Após expor a dilatação do tempo e a contração do comprimento vamos falar sobre a relação entre massa e energia.

A introdução deste tópico pode ser feita com a reportagem “**Cientistas propõem método para transformar luz em matéria**” (<https://epoca.globo.com/vida/noticia/2014/05/cientistas-propoe-metodo-para-transformar-luz-em-materia.html>). Depois de mostrar aos alunos a famosa equação $E = m \cdot c^2$ pode-se utilizar o **objeto de aprendizagem** (http://www.fisica-vivencial.pro.br/sites/default/files/sf/725SF/03_laboratorio_frame.htm) que relaciona a energia de repouso de alguns corpos com sua estimativa de situação energética equivalente.

Aproveitamos este momento para trazer à tona alguns dos elementos trabalhados na situação-problema sobre o teletransporte, visto que esta situação aborda a possibilidade de transformar massa em energia para seu transporte através do espaço. Esta ligação é fundamental já que se espera que a análise do teletransporte se torne um subsunçor.

DICA EXTRA!

É importante verificar nesse momento as colocações dos alunos e comparar com as anteriores para ver se houve evolução dos argumentos.


TEMPO PREVISTO 6ª Aula · 45 minutos

Nova Situação-Problema

Após a explanação sobre os principais tópicos que giram em torno da Relatividade Especial os alunos devem ser capazes de seguir uma atividade investigativa sobre o processo de fissão nuclear e sua relação com a energia relativística.

Os alunos poderão avaliar o potencial energético apresentado por esse processo ao comparar com a produção de energia a partir do carvão. O desenvolvimento desta situação é encontrado no Material de Apoio V. A atividade deve ser feita de forma individual, porém o desenvolvimento da planilha pode ser feito em grupos devido a limitação de computadores.

Você encontra esta atividade de forma online pelo link <https://is.gd/FissaoNuclear>.

ACESSE VIA QR CODE

Fissão Nuclear
<https://is.gd/FissaoNuclear>

TEMPO PREVISTO 7ª Aula · 45 minutos

Avaliação Somativa Individual

Será avaliada a aquisição de conhecimento do aluno através de questões abertas envolvendo o conteúdo abordado, não focando em questões do tipo “certo ou errado” (Material de

Apoio VI). Acesse a avaliação pelo link <https://is.gd/AvaliacaoSomativa>.

ACESSE VIA QR CODE



Avaliação Somativa

<https://is.gd/AvaliacaoSomativa>

É necessário que os alunos tenham internalizado os conceitos-chave da sequência para que a construção do conhecimento seja significativa. Portanto esta avaliação será composta por 5 questões, sendo que cada questão abordará um tópico trabalhado:

- Espaço e Tempo x Espaço-Tempo
- Simultaneidade de Eventos
- Dilatação Temporal
- Contração do Comprimento
- Massa e Energia

DICA EXTRA!

É importante ressaltar aos alunos que todo esse processo constitui uma nota que é creditada à disciplina, sendo assim a avaliação somativa individual é parte dela. Ao mesmo tempo tome cuidado para que o processo não deixe de ser significativo e que os alunos estejam realizando as atividades apenas por notas.



TEMPO PREVISTO 8ª Aula · 45 minutos

Avaliação da Aprendizagem

A avaliação da aprendizagem será realizada durante a aplicação da UEPS, registrando tudo que possa servir de evidência para uma aprendizagem significativa como avaliação formativa. A avaliação da aprendizagem se dará através da análise dos seguintes critérios:

ASPECTO	AVALIAÇÃO	NOTA	PESO	TOTAL
QUALITATIVO	Sondagem de Subsunçores		1,0	
QUALITATIVO	Teletransporte de Star Trek		1,0	
QUALITATIVO	Questionário de Verificação		1,0	
QUANTITATIVO	Viagem dos Múons		1,5	
QUANTITATIVO	Fissão Nuclear		1,5	
QUANTITATIVO	Somativa Individual		2,0	
QUALITATIVO	Evolução de Argumentos / Participação		2,0	
Nota Final				

Note que esta UEPS visa uma aprendizagem significativa, sendo assim, a avaliação possui tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos e que cada um desses aspectos é responsável por 50% da composição da nota final que é creditada a disciplina.

É de suma importância que o professor, ciente das limitações e potencialidades dos seus alunos, que apresente imparcialidade na atribuição de notas nas avaliações qualitativas.

Avaliação da UEPS

A avaliação da UEPS é realizada pelo professor e pelos alunos com o intuito de verificar se ela foi eficiente no seu papel de desenvolver uma aprendizagem significativa e crítica. O questionário para avaliação da UEPS é encontrado no Material de Apoio VII ou pelo link <https://is.gd/AvaliacaoUEPS>.

ACESSE VIA QR CODE**Avaliação da UEPS**

<https://is.gd/AvaliacaoUEPS>

DICA EXTRA!

Caro(a) Professor(a), envie o formulário para os alunos via online, isso permite um melhor gerenciamento das respostas. Como sugestão utilize o Google Forms. Mesmo que modifique o questionário apresentado como sugestão, mantenha um campo para que os alunos possam comentar caso julguem necessário. Utilize os dados obtidos para validar a aplicação e realizar melhorias.



TEMPO PREVISTO Atividade realizada em casa após a aplicação da 8ª aula

Materiais de Apoio

Estes materiais, citados nos itens anteriores, tem a finalidade de apoiar o professor no processo de ensino ao longo desta UEPS.

Material de Apoio I

Sondagem De Subsunoçores

Esta atividade tem como objetivo trazer à tona conhecimentos prévios que os alunos podem ter com relação ao assunto de Relatividade Especial. Como motivador desta atividade será apresentado um trecho do episódio “A Excitação Lunar” [T3E23 | 03m32s – 06m10s] da série The Big Bang Theory. Após a exibição do trecho os alunos devem responder à alguns questionamentos, que são propostos abaixo, e logo mais pode-se fazer um compartilhamento dos dados. Neste compartilhamento o professor deve fazer as correções necessárias para que os subsunoçores estejam bem estabelecidos a fim de que o processo seja significativo ao final da UEPS.

- Qual a maior velocidade que se conhece na atualidade?
- Qual a velocidade de propagação da informação no vácuo?
- Existe na natureza algo que possua uma velocidade superior à da luz?
- É possível estimar a distância até a Lua considerando o tempo apresentado no vídeo e a velocidade da luz? Se sim, calcule a distância.
- A velocidade média de um foguete A em direção a Lua é de cerca de 28.440km/h e de um foguete B é de 90% a velocidade da luz. Considerando estes dados, a distância medida pelos pilotos será a mesma para os dois foguetes? Justifique.
- É importante ressaltar aos alunos que não se trata de dar resposta certa ou errada, visto que o objetivo é verificar os conhecimentos apresentadas por eles sobre o assunto, sendo assim, os alunos farão a atividade de forma individual.

- As questões serão discutidas com toda a turma após o registro ser realizado na folha de respostas disponível neste material de apoio.
- Para esta etapa são destinados 40 minutos da aula 1.
- Fazendo uso das respostas registradas da discussão levantada em sala, o professor pode verificar quais as possíveis fontes destes conhecimentos prévios e quais poderão ser utilizados como subsunçores nas próximas etapas da UEPS.

Professor: _____

Disciplina: _____

Aluno: _____

Série: _____ Data: _____

SONDAGEM DE SUBSUNÇORES

“The Big Bang Theory”

Apresente suas respostas abaixo para a atividade proposta.

- Qual a maior velocidade que se conhece na atualidade?

-
- Qual a velocidade de propagação da informação no vácuo?

-
- Existe na natureza algo que possua uma velocidade superior à da luz?

-
- É possível estimar a distância até a Lua considerando o tempo apresentado no vídeo e a velocidade da luz? Se sim, calcule a distância.

- A velocidade média de um foguete A em direção a Lua é de cerca de 28.440km/h e de um foguete B é de 90% a velocidade da luz. Considerando estes dados, a distância medida pelos pilotos será a mesma para os dois foguetes? Justifique

Material de Apoio II

“LEVE-ME PARA CIMA”

O Teletransporte de Star Trek

Para o criador de Star Trek, Gene Roddenberry, existia um problema a ser resolvido em sua criação, e não se tratava apenas das aventuras vividas pelos personagens Kirk ou Spock. Viajar com a USS Enterprise pelo espaço era algo fácil de fazer, porém pousar esta grande espaçonave nos mais diversos planetas da galáxia seria um grande desafio. É como meio de solucionar este desafio que surge o TELETRANSPORTE, um meio de enviar os tripulantes ao solo sem necessidade de pousar a nave. O teletransporte é responsável por “desmaterializar” os tripulantes e os “reconstituir” em outro lugar. Porém o quanto dessa tecnologia é real? E em que ponto a física encontra a ficção?

Baseado no trabalho desenvolvido por Souza (2017), para iniciar a análise desta situação, será apresentado aos alunos um trecho do episódio “Luz e Sombras” [T2E07 | 29m00s – 29m58s] da série Star Trek: Discovery, que mostra o teletransporte de alguns personagens.

Átomos ou bits? O que realmente podemos teletransportar? Para mover pessoas pelo espaço, vamos mover seus átomos ou apenas sua informação? Essas são questões que os alunos irão discutir.

Extraair as informações que compõem uma pessoa já seria difícil, mas recombinar essas informações com a matéria que deve constituir um ser humano seria algo ainda mais difícil. Segundo Krauss (1996, p. 64),

[...] o Next Generation Technical Manual (Manual Técnico da Nova Geração) descreve o processo em detalhes: primeiro, o teletransporte trava no alvo; depois, esquadrinha a imagem a ser transportada, "desmaterializa-a" e armazena-a em um "buffer de padrões" por um tempo, para então transmitir o "fluxo de matéria" em um "raio de confinamento anular" até seu destino. Aparentemente, o teletransporte envia a matéria junto com a informação.

Porém esse "fluxo de matéria" é falho em alguns episódios da série quando personagens são duplicados. Se a matéria é desconstituída e enviada, como poderiam surgir dois seres iguais a partir da mesma quantidade de átomos? É impossível, pois o número de átomos no início deve ser o mesmo que no final.

Se somente as informações (bits), a "receita" de como os átomos estão organizados, fossem enviadas, sua consciência e memórias iriam com você? Essa é uma questão que pode levar a uma pequena troca de ideias visto que é um assunto tangente ao transporte de matéria.

Considerando o envio somente de informações teríamos um outro problema. Se apenas a informação deve ser transportada, então os átomos no ponto de origem precisam ser dispensados e um novo conjunto tem de ser recolhido no ponto de destino. Esse é um problema bastante grave (KRAUSS, 1996).

Para finalizar vamos considerar agora o envio de massa junto ao raio de teletransporte e a famosa equação de Eins-

tein sobre a equivalência massa-energia ($E = m \cdot c^2$), qual seria a energia necessária para o envio de um ser humano de 50kg?

Krauss (1996, p. 66) nos responde esta pergunta da seguinte forma,

Se precisamos transmitir 1028 átomos, temos um grande desafio pela frente. Digamos, por exemplo, que precisamos simplesmente transformar essa matéria em energia pura. Quanta energia teríamos? Bem, a fórmula de Einstein $E = m \cdot c^2$ nos dá o resultado. Se transformássemos 50 kg (um adulto leve) de matéria em energia, desencadearíamos a energia equivalente a pouco mais de mil bombas de hidrogênio de 1 megaton. É difícil imaginar como fazer isso de uma maneira não agressiva ao ambiente.

Mas afinal o teletransporte é possível na realidade? Leia o texto abaixo.

FÍSICOS ANUNCIAM TELETRANSPORTE DE MATÉRIA

Cientistas da Áustria anunciaram a comprovação experimental de que é possível fazer um corpo ser "teletransportado", isto é, desaparecer em um local e aparecer em outro, segundo estudo publicado na edição de hoje da revista científica britânica "Nature".

O desenvolvimento de técnicas e de estudos a partir dessa experiência poderá permitir no futuro que corpos mais complexos, como átomos, moléculas e até microrganismos, sejam desintegrados e recompostos em outro local, segundo Anton Zeilinger, um dos autores do estudo.

"Mas estamos ainda muito longe de podermos transferir corpos complexos como seres humanos", disse Zeilinger. "Isso, por enquanto, só será possível em ficção científica", afirmou.

Os seis pesquisadores do Instituto de Física Experimental da Universidade de Innsbruck conseguiram reproduzir à distância um fóton com as mesmas características de outro, que Zeilinger chamou de capitão Kirk, em alusão ao personagem do filme e série de televisão "Jornada nas Estrelas".

Fonte: TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. Folha de S.Paulo: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm>. Acesso em: 8 mar. 2019.

RESUMO DOS QUESTIONAMENTOS

Em resumo, os questionamentos que serão realizados nesta atividade serão os seguintes:

- Átomos ou bits? O que realmente podemos teletransportar? Para mover pessoas pelo espaço, vamos mover seus átomos ou apenas sua informação?

Considerando o envio de massa junto ao raio de teletransporte e a famosa equação de Einstein sobre a equivalência massa-energia ($E = m \cdot c^2$), qual seria a energia necessária para o envio de um ser humano de 50kg?

- Afinal de contas o teletransporte é possível na realidade? A discussão desta situação problema será registrada através de gravação de áudio.

REFERÊNCIAS

KRAUSS, Lawrence M. A Física de Jornada nas Estrelas - Star Trek. São Paulo: Makron Books, 1996.

SOUZA, Wagner de. UM EXEMPLO DE ATIVIDADE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO USANDO "STAR TREK". In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONEDU, IV., 2017, João Pessoa. Anais IV CONEDU [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos

& Editora, 2017. Tema: Ensino de Ciências, Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD1_SA16_ID2733_05062017152521.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. Folha de S.Paulo: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm>. Acesso em: 8 mar. 2019.

Material de Apoio III

Professor: _____

Disciplina: _____

Aluno: _____

Série: _____ Data: _____

VÍDEO INTRODUTÓRIO: RELATIVIDADE ESPECIAL

Questionário de Verificação

Assista ao vídeo **Special Relativity: Crash Course Physics #42** e responda ao questionário abaixo. Este vídeo possui áudio em inglês, porém você pode optar por gerar legendas em português. Assista quantas vezes forem necessárias.

- Quando o trem de Bob se movimenta com $0,5c$ (50% da velocidade da luz) e na frente deste trem há um farol com a luz viajando a sua própria velocidade, você como um observador em uma plataforma irá observar a luz do farol como $1,5c$? Justifique.

-
- Por que a Teoria da Relatividade é chamada de Especial?
-

- Quais os dois postulados da Relatividade Especial? Descreva cada um deles.

-
- Considerando os aspectos referentes a Relatividade Especial, o que você pode afirmar sobre simultaneidade?

-
- A contração do comprimento acontece para objetos que se movem a velocidades muito menores que a da luz?

Na discussão apresentada no vídeo, a ideia de tempo e espaço absoluto perdem sentido na relatividade especial. Justifique por quê.

Material de Apoio IV

Professor: _____

Disciplina: _____

Aluno: _____

Série: _____ Data: _____

A VIAGEM DOS MÚONS

A Contração do Espaço e a Dilatação do Tempo

Com o intuito de verificar através de um roteiro analítico-investigativo a contração do espaço e a dilatação do tempo vamos estudar a detecção de múons ao nível do mar.

Iremos observar que a abundância de múons na superfície da Terra só pode ser explicada com o uso das equações relativísticas.

Primeiramente vamos descobrir qual a origem dessas partículas!

Múons Da Radiação Cósmica

Continuamente, os raios cósmicos, que são constituídos majoritariamente por prótons e núcleos leves que viajam no espaço a velocidades próximas à da luz, entram na atmosfera terrestre e interagem com seus elementos, dando assim início a um processo de produção de partículas em cascata, que dá origem a milhares de partículas secundárias.

Neste processo de cascata são então produzidas partículas chamadas de píons, sendo que eles podem ser neutros (π^0) e carregados (π^+ e π^-). Os píons carregados interagem com os átomos da atmosfera assim como também sofrem decaimento e se transformam em múons (outra partícula), que podem ser positivos (μ^+) ou negativos (μ^-), segundo o seguinte esquema:

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

A partícula múon foi descoberta em 1937 por J. C. Street e E. C. Stevenson, e simultaneamente por a Carl D. Anderson e Seth Neddermeyer, através de experimentos utilizando a radiação cósmica.

O múon é uma partícula carregada instável que acaba se transformando em outras partículas. Sendo assim, ele possui um tempo de estabilidade, este tempo é chamado de vida média e no caso do múon sua vida média é de 2,197 μs [lê-se microssegundo] ($2,197 \cdot 10^{-6}\text{s}$).

Por serem partículas, os múons possuem uma massa de repouso, sendo que ela é bem conhecida e vale 105,658 MeV/

c2. (Você Sabia? eV (lê-se elétron-volt) é uma unidade de medida para energia e esta unidade pode se relacionar com outras grandezas. No caso da massa, sua relação com elétron-volt vem da equação $E = mc^2$, da teoria da Relatividade Especial que estamos aprendendo, que expressa a equivalência entre massa e energia. Assim, se a energia é medida em elétrons-volt, a unidade de massa pode ser expressa como eV/c².)

A maior parte dos múons é criada a uma altitude de 15 km, possuindo uma velocidade de 0,9998c (c = velocidade da luz no vácuo). Esta alta velocidade faz com que o seu tempo de vida no sistema de referência do laboratório seja consideravelmente dilatado.

Referências

FAUTH, A.C. et al. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 mar. 2019.

IFGW-UNICAMP. A Vida do Múon. São Paulo, [20--]. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html>. Acesso em: 7 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. Pesquisa - FAPESP, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/>. Acesso em: 1 abr. 2019.

É possível verificar através de cálculos qual seria a quantidade de partículas detectadas na superfície da Terra caso a mecânica clássica prevalecesse e com isso pode-se comparar com a quantidade real que atinge os detectores tendo em vista a Relatividade Especial. Para isso vamos começar nossa investigação!

Os passos abaixo têm o intuito de guiá-lo neste roteiro, siga-os e analise os resultados obtidos.

1º Passo: Com base nos dados fornecidos pelo texto “Múons da Radiação Cósmica” vamos descobrir qual seria a quantidade de múons que atingiriam a superfície do planeta caso a mecânica clássica regesse esse domínio. Para iniciar vamos calcular quanto tempo o múon leva para chegar à superfície do planeta utilizando a fórmula da velocidade média:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Para te ajudar nesse passo há algumas recomendações:

- Considere a velocidade da luz no vácuo sendo $c = 3.108$ m/s e lembre-se de verificar no texto qual a velocidade do múon quando comparada a da luz.
- Para o deslocamento considere a altitude na qual os múons são criados.
- Fique atento as unidades de medida que irá empregar na resolução.

2º Passo: O processo pelo o qual os múons se transformam em elétrons (ou pósitrons), neutrinos e antineutrinos é chamada de decaimento e pode ser verificado abaixo:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$$

$$\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \nu_\mu$$

É possível determinar o número de partículas restantes após um certo tempo de decaimento utilizando-se a lei de decaimentos radioativos:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Onde:

- $N(t)$ = Número de partículas no tempo t .
- N_0 = Número de partículas no tempo $t = 0$.
- t = Tempo que as partículas levam para chegar à superfície.
- τ = Tempo de vida média da partícula.

Para concluir este passo e descobrir o número de partículas que chegariam à superfície caso o movimento dos múons obedecesse a mecânica clássica, considere que:

- O número de múons criados no tempo $t = 0$ foi de 1.1012.
- t será o tempo calculado por você no 1º Passo.
- Considere a vida média (τ) informada no texto “Múons da Radiação Cósmica”.
- Para facilitar a resolução do cálculo com o número de Euler (e) utilize uma calculadora científica ou considere-o como sendo 2,718.

3º Passo: A qual conclusão você pode chegar a partir do resultado obtido no 2º Passo?

4º Passo: Vamos investigar agora a influência da Relatividade Especial sobre o movimento dos múons. Primeiro vamos verificar a influência da dilatação do tempo, para isso vamos utilizar a seguinte fórmula:

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

Onde:

- Δt_0 é o intervalo de tempo marcado pelo observador em repouso.

OBS: Geralmente usa-se a notação Δt_0 para o intervalo associado a um fenômeno físico que ocorre em uma mesma posição espacial e chama-se de intervalo de tempo próprio. Segundo a equação apresentada acima, o intervalo de tempo próprio entre dois eventos físicos é menor do que o intervalo de tempo transcorrido entre os mesmos dois eventos medido em qualquer outro referencial inercial (RIFEL, 2010).

- Δt é o intervalo de tempo marcado pelo observador em movimento.
- v é a velocidade do observador em movimento.
- c é a velocidade da luz no vácuo.

A vida média do múon é de $2,197 \cdot 10^{-6}$ s segundo o texto “Múons da Radiação Cósmica”, porém temos que considerar que o múon se move com uma velocidade muito próximo a da luz, sendo esta velocidade $v = 0,9998c$, portanto calcule qual será a vida média desta partícula para um observador em repouso utilizando a fórmula apresentada anteriormente, considere que:

- Para o múon em movimento o tempo de decaimento (Δt) não sofre modificação.
- Para o observador em repouso o tempo de decaimento será Δt_0 .

Agora que você já sabe qual a vida média do múon para um observador em repouso repita o 2º Passo e altere este dado

para descobrir qual a quantidade de partículas que chegam à superfície.

5º Passo: Qual a quantidade de múons que chegam à superfície considerando a dilatação temporal? Existe alguma diferença entre a quantidade de múons que são detectados quando comparados os dados do 2º e 4º Passos?

6º Passo: Vamos analisar o movimento dos múons sob a ótica da contração do comprimento e verificar os dados obtidos. Para isso é apresentada a fórmula relativística para a contração do comprimento:

$$\Delta L = \Delta L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Onde:

- ΔL é o comprimento para o observador em repouso.
- ΔL_0 é o comprimento para o observador em movimento.

OBS: ΔL_0 é denominado comprimento próprio é medido no referencial em que o objeto se encontra em repouso (RIFEL, 2010).

- v é a velocidade do observador em movimento.
- c é a velocidade da luz no vácuo.

Calcule agora qual o comprimento visto pelo observador em repouso para o movimento do múons, considere que:

- ΔL_0 é o comprimento da trajetória descrita pelo múon desde sua criação até a superfície do planeta.

Considerando o comprimento visto pelo observador repita o 1º Passo e descubra o tempo que o múon leva para chegar à superfície.

Após calcular o tempo, repita o 2º passo e descubra o número de múons que chegam à superfície considerando seu movimento relativístico e verifique se a quantidade obtida coincide ou não com o valor encontrado no 4º Passo.

7º Passo: Quais conclusões você pode tirar considerando os dados calculados neste roteiro?

Referências

FAUTH, A.C. et al. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>

Acesso em: 19 mar. 2019.

FAUTH, Anderson Campos; GROVER, Artur Chiaperini; CONSALTER, Daniel Martelo. Medida da vida média do múon. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/324502.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. Pesquisa - FAPESP, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/>. Acesso em: 1 abr. 2019.

IFGW-UNICAMP. A Vida do Múon. São Paulo, [20--]. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEspecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html>. Acesso em: 7 mar. 2019.

PARTICLE DATA GROUP. 2018 Review of Particle Physics: Leptons - Muon. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://>

pdg.lbl.gov/2018/listings/rpp2018-list-muon.pdf. Acesso em: 24 mar. 2019.

RIFFEL, Rogemar André. Uma Introdução a TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL. Santa Maria, julho 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/rogemar/docs/relatividade.pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

TANABASHI, Masaharu et al. (Particle Data Group). Review of Particle Physics. Physical Review, Califórnia, v. 98, n. 3, p. 36, 2018. Disponível em: <https://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.98.030001>. Acesso em: 24 mar. 2019.

Material de Apoio V

Professor: _____

Disciplina: _____

Aluno: _____

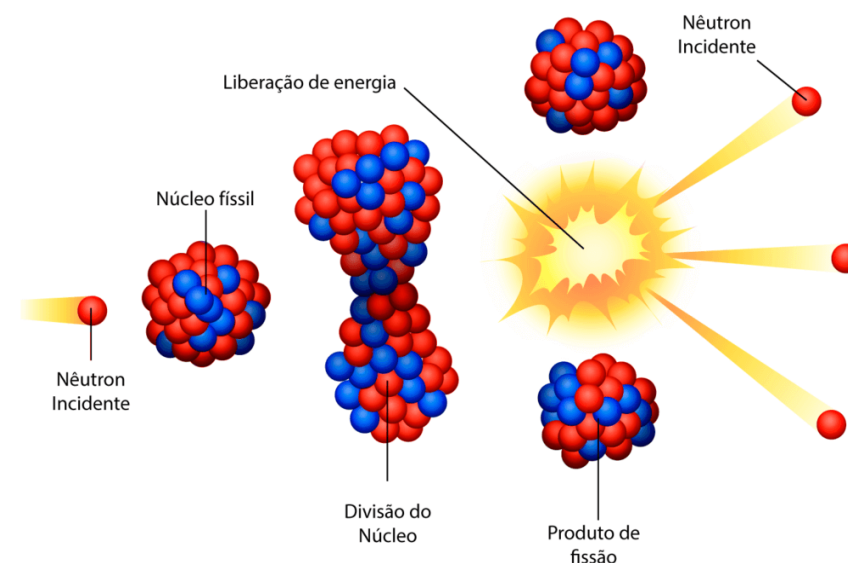
Série: _____ Data: _____

FISSÃO NUCLEAR: CADÊ A MASSA QUE ESTAVA AQUI?

A grande quantidade de energia liberada num processo de fissão nuclear é explicada pela sua relação direta com a Relatividade Especial.

O processo de fissão nuclear consiste na quebra de um núcleo atômico pesado quando este é bombardeado com nêutrons. A quebra deste núcleo forma elementos com núcleos menores e libera outros nêutrons que irão atingir outros átomos de núcleos pesados, gerando uma reação em cadeia (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Reação de Fissão Nuclear



FONTE: Maria (2019).

Em uma usina de energia nuclear essa reação é controlada por barras de moderador de nêutron (normalmente de carbono grafite, cádmio ou água pesada), elas absorvem os nêutrons e não sofrem fissão.

SAIBA MAIS!

A falha num processo de contenção, ou controle, da energia produzida numa usina nuclear pode ser catastrófica. Os resultados de um acontecimento assim podem ser vistos em um dos mais famosos acidentes nucleares da história, o da usina de Chernobyl. Recentemente essa história foi retratada na minissérie homônima do canal HBO. Todos os efeitos e consequências do acidente são retratados através de fatos verídicos com a inclusão de alguns elementos artísticos. Assista ao trailer (CHERNOBYL, 2019) da produção que possui uma das melhores avaliações da crítica especializada.



A energia nuclear também tem utilidade na indústria bélica para a produção de bombas nucleares, que funcionam com o mesmo princípio aplicado nas usinas, porém nas bombas toda a energia é liberada de forma descontrolada.

Segundo Oliveira (2015), até os dias de hoje a criação da bomba atômica é associada a Einstein. Essa associação se deve principalmente por causa da sua famosa equação $E = m \cdot c^2$, onde massa e energia se relacionam. Através desta equação pode-se perceber que uma pequena quantidade de massa equivale a uma grande quantidade de energia visto que a constante de proporcionalidade entre ela é a velocidade da luz.

Atividade Investigativa

Baseado em Neto et al. ([20--]), proponho agora a você que verifiquemos a quantidade de energia liberada num processo de fissão nuclear do elemento Urânio-235 através de uma análise da relação relativística massa-energia. Assista à **animação** criada como objeto de aprendizagem para obra “Física Vivencial”. A reação apresentada na animação pode ser

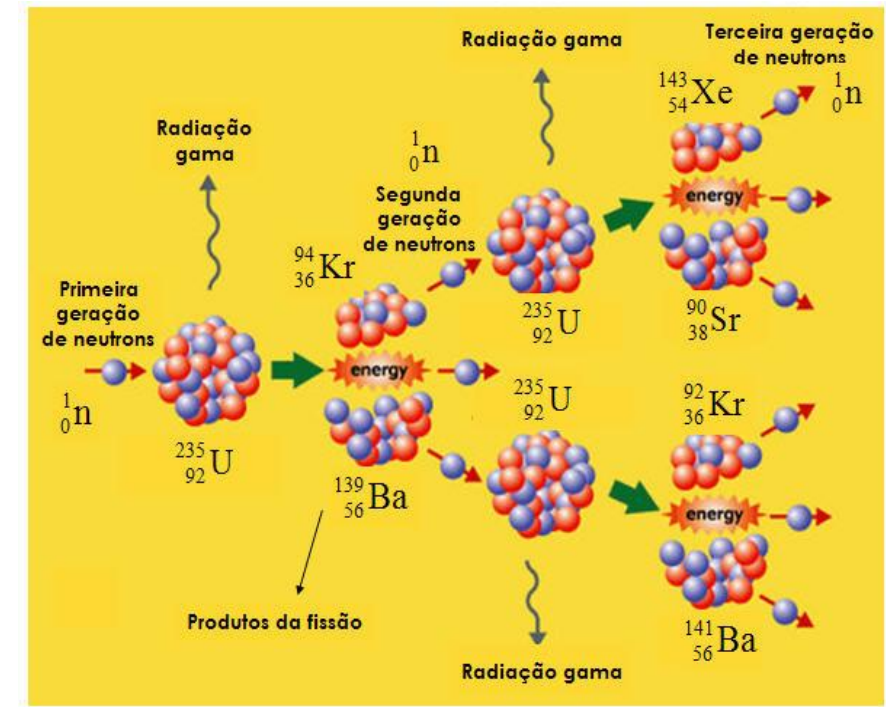
observada na figura 2, ela servirá de apoio para o desenvolvimento desta atividade.

Para desenvolver esta atividade siga os passos abaixo:

1º) Equacione as 3 reações nucleares que ocorrem neste processo de fissão:

	REAÇÃO NUCLEAR
1ª	
2ª	
3ª	

Figura 3.2 - Reação em Cadeia Urânio-235



FONTE: Neto et al. ([20--]).

2º) Abra o Excel e monte uma tabela de acordo com o proposto abaixo:

	A	B	C	D	E	F
1	Reação	REAGENTES		PRODUTOS		
2		A	B	C	D	E
3	Coefficiente Estequiométrico					
4	Massa (u)					
5	Massa Total (u)					
6	Massa (Kg)					
7	Massa Total (Kg)					
8	Variação de Massa (Kg)					
9	Velocidade da Luz (m/s)					
10	Energia Liberada (J)					

Agora vamos inserir os dados necessários para que possamos continuar com nossa investigação.

- Na linha 2 observe que são representados A, B, C, D e E, ao invés dessa representação você deve preencher com os participantes das reações que você identificou no 1º passo.
- Na linha 3 preencha o coeficiente estequiométrico de cada um dos participantes, lembre-se que você deve usar os dados obtidos da equação balanceada.
- Na célula B5 inclua a seguinte fórmula $=B3*B4$, assim você irá obter a massa total em unidades de massa atômica (u) após preencher a linha 4. Arraste a fórmula para as colunas do lado.
- Na célula B6 você irá fazer a conversão de massa de unidade de massa atômica (u) para quilograma (Kg), para isso insira a seguinte fórmula $=B5*(1,6605E-27)$, 1,6605.10-27 é o fator de conversão entre essas unidades. Arraste a fórmula para as colunas do lado.
- Mesclasse as células B7 e C7, depois insira a seguinte fórmula $=SOMA(B6:C6)$. Repita essa mesma ação para as células D7, E7 e F7, e insira a fórmula $=SOMA(D6:F6)$.
- Mesclasse as células de B8 a F8 e verifique a variação de massa aplicando na célula mesclada a seguinte fórmula

$=D7-B7$. Não se preocupe pelo fato de B7 e D7 estarem mescladas pois o Excel entende que se trata do valor apresentado nesta mescla.

- Mesclasse as células de B9 a F9 e insira o valor da velocidade da luz (299.792.458 m/s). Observação: Coloque o valor sem os pontos, pois o Excel entende estes pontos como vírgulas, inclua APENAS os números.
- Mesclasse as células de B10 a F10. É nesta célula mesclada que vamos inserir a famosa equação de Einstein, para isso acrescente a seguinte fórmula $=B8*(B9^2)$.

Selecione as células de B3 até F10 e modifique o formato dos números de “Geral” para “Científico”, assim os números serão representados em notação científica. Aproveite a seleção e aumente o número de casas decimais para 4 clicando no ícone .

- Selecione toda a tabela e faça duas colagens, assim você poderá analisar cada uma das 3 reações de forma individual.

3º) Preencha as tabelas com os valores de massa atômica de cada elemento, para isso acesse a tabela “**Atomic Weights and Isotopic Compositions for All Elements**” (https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all) e o valor da massa dos nêutrons você encontra no **material** (<https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu>) criado pelo NIST (National Institute of Standards and Technology).

4º) Some o valor de energia proveniente das três reações que ocorreram no processo de fissão nuclear.

5º) Vamos analisar os dados!

Nas usinas termelétricas faz-se uso, muitas vezes, de carvão. Considerando a reação de combustão para o carvão,

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ e que a energia liberada na queima de $\cong 2 \times 10^{-26}$ kg (12u – 1 átomo) de carvão é de $6,5 \cdot 10^{-19}$ J, determine a quantidade de energia liberada na queima de 1kg de carvão.

- Utilizando os dados obtidos no ao longo desta atividade, determine a quantidade de energia liberada no processo de fissão de 1kg de Urânio-235.
- Após realizar as deduções acima verifique qual seria a massa de urânio necessária para que ocorresse a mesma liberação de energia de 1kg de carvão, dê o valor em kg.
- Ao comparar os valores de massa de carvão e urânio-235 para produção de uma mesma quantidade de energia, disserte sobre a conclusão obtida a partir da sua análise.

6º) Salve suas planilhas de dados e envie por e-mail ao professor.

Referências

CHERNOBYL (2019) | Official Trailer. HBO, 2019. (2:38 min.). Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=s9APLXM9Ei8>>. Acesso em: 23 set. 2019.

MARIA, Ana. A fissão e a fusão são fenômenos que acontecem no núcleo dos átomos. Eles têm a mesma natureza, mas funcionam de forma bem diferente! Você sabe quais são as diferenças entre fissão e fusão nuclear? 2019. Disponível em: <<https://blog.biologiatotal.com.br/fissao-e-fusao-nuclear-o-que-sao-diferencas-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Fissão Nuclear. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/722SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Reatores a Fissão Nuclear. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://relpe.net/recursos/zip/726/08_avaliacao_02.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

OLIVEIRA, Adilson de. A Equação e a Bomba Atômica. 2015. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/coluna/a-equacao-e-a-bomba-atmica/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. Atomic Weights and Isotopic Compositions with Relative Atomic Masses: Gaithersburg. 2015. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. Atomic Weights and Isotopic Compositions with Relative Atomic Masses: Gaithersburg. 2015. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. Fundamental Physical Constants: neutron mass in u. Disponível em: <<https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu>>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. Fundamental Physical Constants: neutron mass in u. Disponível em: <<https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu>>. Acesso em: 18 set. 2019.

Material de Apoio VI

Avaliação Somativa

Esta avaliação tem o objetivo de verificar os resultados do processo de ensino e validar se ele foi significativo ou não. Os possíveis resultados obtidos podem servir de parâmetros para alterações na UEPS em futuras aplicações.

São cinco questões abertas, sendo que cada uma delas tem como tema um dos seguintes tópicos:

- Espaço e Tempo x Espaço-Tempo;
- Simultaneidade de Eventos;
- Dilatação Temporal;
- Contração do Comprimento;
- Massa e Energia.

Como parâmetro de correção será avaliada a coerência das respostas dos alunos.

Professor: _____

Disciplina: _____

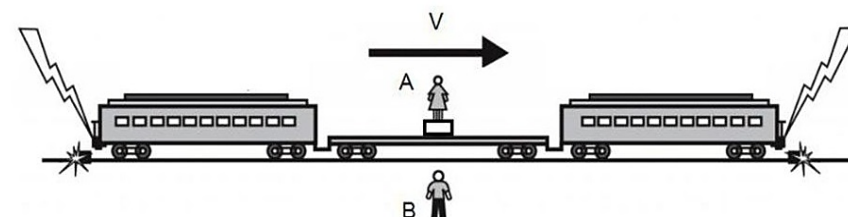
Aluno: _____

Série: _____ Data: _____

AVALIAÇÃO SOMATIVA

- [Espaço e Tempo x Espaço-Tempo] Com a Relatividade Especial, desenvolvida fundamentalmente por Albert Einstein, alguns conceitos básicos da física clássica, entre eles, o espaço e o tempo, tiveram de ser reavaliados. Sobre esta temática, disserte sobre a validade da Relatividade Galileana e da Relatividade Especial.

- [Simultaneidade de Eventos] Sabemos que, quando dois eventos A e B são vistos por diversos observadores, um deles pode dizer que o evento A precedeu o evento B, mas um outro pode afirmar que o evento B precedeu o evento A. Um exemplo disso seria se houvessem dois indivíduos observando um trem em movimento próximo a velocidade da luz - um dentro do trem, exatamente na metade dele, e outro fora - conforme a imagem abaixo:



Fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/12111799/> (Slide 27)

Acesso em: 22 abr. 2019

Suponha que dois raios verticais atinjam as extremidades do trem simultaneamente. Se para o observador no solo os raios atingissem as extremidades no mesmo instante, para o observador dentro do trem eles cairiam em momentos sucessivos. O que você diria a um amigo que lhe perguntasse qual dos eventos precedeu realmente o outro?

Fontes: <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01044/rel.htm> Acesso em: 22 abr. 2019 http://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/glossario/verb_b_albert_einstein.htm Acesso em: 22 abr. 2019

Leia o texto a seguir e responda as questões 3 e 4:

Não é de hoje que o homem tem curiosidade sobre os mistérios do universo, e segundo Stephen Hawking “precisamos continuar indo ao espaço em nome do futuro da humanidade”. Ele acreditava que “vida na Terra está em risco crescente de ser extinta por um desastre, como uma guerra nuclear, um vírus com modificações genéticas ou outros perigos”.

Fonte: IG SÃO PAULO. Humanos devem sair da Terra em até 100 anos para sobreviver, diz Stephen Hawking. São Paulo, 3 maio 2017. Disponível em: <https://ultimosegun->

doig.com.br/ciencia/2017-05-03/stephen-hawking.html.

Acesso em: 22 abr. 2019.

- [Dilatação Temporal] Tendo em vista estas preocupações imaginemos que as ciências e as engenharias avançaram ao ponto de criar naves interplanetárias que se desloquem com uma velocidade $v = 0,9c$ como forma de explorar novos planetas. Se um tripulante dessa nave resolvesse tirar um cochilo de 10 minutos pelo seu relógio, quanto tempo este cochilo teria durado tendo como referência um planeta considerado fixo?

- [Contração do Comprimento] Considerando a mesma nave da questão anterior, imaginemos agora que o destino dela seja o sistema estelar Alpha Centauri, um sistema formado por três estrelas e que é o mais próximo Sistema Solar. Com o auxílio de telescópios fixos na Terra foi obtida uma distância de aproximadamente 4,3 anos-luz entre os dois sistemas, sendo assim, determine a distância em linha reta percorrida pela nave interplanetária, medida pelo piloto, em anos-luz.

- [Massa e Energia] “[...] em 1938, físicos nucleares realizavam experimentos com urânio no Instituto de Química Kaiser Wilhelm, em Berlim. Bombardeavam átomos de urânio com nêutrons para produzir átomos ainda mais pesados, os chamados transurânicos, inexistentes na natureza. Certo dia, a 22 de dezembro de 1938, Otto Hahn e seu colega Fritz Strassmann depararam-se com algo surpreendente: ao analisar o urânio por eles bombardeado, encontraram partículas de bário. A explosão do urânio representou a descoberta da fissão nuclear [...]”

Fonte: HARTL, Judith. 1938: Otto Hahn descobre a fissão nuclear do urânio. [S. l.], 22 dez. 2018. DW Brasil. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/1938-otto-hahn-descobre>

a-fiss%C3%A3o-nuclear-do-ur%C3%A2nio/a-359236. Acesso em: 21 abr. 2019

O processo de fissão nuclear foi algo que revolucionou a sociedade através da produção de energia termonuclear. Esse processo é o responsável tanto pela fabricação de bombas nucleares quanto pela produção de energia elétrica em usinas nucleares. Considerando a aplicação na produção de bombas:

- Qual é a quantidade de energia liberada na explosão de uma bomba de fissão contendo 3,0 kg de material fissível? Suponha que 0,10% da massa é convertida em energia liberada.
- Que massa de TNT precisaria explodir para liberar a mesma quantidade de energia? Admita que cada mol de TNT libere $3,4 \cdot 10^6$ J de energia na explosão. A massa molecular de TNT é 0,227 kg/mol.

Fontes: D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, Fundamentos de Física, 4a ed., cap 42. Probl. 56

<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01044/rel.htm> Acesso em: 21 abr. 2019

Material de Apoio VII

Avaliação Da Ueps

Deixe seu feedback sobre a UEPS que você acabou de participar, incluindo comentários sobre a estrutura, o conteúdo e o professor. Sua avaliação é de extrema importância para que o processo seja aprimorado.

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____

Turma: _____

☐	1º Ano
☐	2º Ano
☐	3º Ano

QUESTIONÁRIO

Nível de Esforço

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Fraco	Satisfatório	Excelente
Seu nível de dedicação ao curso	☐	☐	☐
Seu nível de interesse pelo assunto	☐	☐	☐

Nível de Aprendizado

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Fraco	Satisfatório	Excelente
Nível de habilidade/conhecimento no início da UEPS	☐	☐	☐
Nível de habilidade/conhecimento no fim da UEPS	☐	☐	☐
Nível de habilidade/conhecimento exigido para concluir a UEPS	☐	☐	☐
Contribuição da UEPS para habilidade/conhecimento	☐	☐	☐

Habilidade e Receptividade do Professor

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Discordo	Intermédio	Concordo
O professor foi um palestrante/demonstrador eficiente	☐	☐	☐
As apresentações foram claras e organizadas	☐	☐	☐
O professor estimulou o interesse dos alunos	☐	☐	☐
O professor foi acessível e prestativo.	☐	☐	☐
A avaliação foi rápida e ofereceu comentários úteis.	☐	☐	☐

Conteúdo do Curso

Marcar apenas uma alternativa por linha.

	Discordo	Intermédio	Concordo
Os objetivos foram claros	☐	☐	☐
O curso foi organizado para permitir a participação de todos os alunos.	☐	☐	☐

Quais aspectos desta UEPS foram mais úteis ou valiosos?

Qual melhoria você gostaria de ver nesta UEPS que facilitaria seu processo de aprendizagem?

Você gostaria que o método de aplicação no formato de UEPS fosse utilizado em outros conteúdos?

☐	Sim
☐	Não

Referências

BAHIA. Universidade do Estado da Bahia - UNEB. Secretaria da Educação do Estado da Bahia. Física e o Cotidiano. 199-. Disponível em: <<http://pat.educacao.ba.gov.br/fisicaecotidiano/index.html>>. Acesso em: 10 set. 2018.

BOURROUL, João Mello; CHINAGLIA, Mariana. 5 conceitos que foram revolucionados pela Teoria da Relatividade Geral. [S. l.], 25 nov. 2015. Disponível em: <https://revistagali-leu.globo.com/Ciencia/noticia/2015/11/5-conceitos-que-fo-ram-revolucionados-pela-teoria-geral-da-relatividade.html>. Acesso em: 22 fev. 2019.

CAPELARI, Danilo et al. Uma sequência didática para ensinar relatividade restrita no ensino médio com o uso de TIC.

2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHERNOBYL (2019) | Official Trailer. HBO, 2019. (2:38). Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=s9APLXM9Ei8>>. Acesso em: 23 set. 2019.

CRASHCOURSE. Special Relativity: Crash Course Physics #42. 2017. (8:58). Acesso em: 07 mar. 2019.

FAUTH, A.C. et al. Demonstração experimental da dilatação do tempo e da contração do espaço dos múons da radiação cósmica. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 4, p. 585-591, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 mar. 2019.

FAUTH, Anderson Campos; GROVER, Artur Chiaperini; CONSALTER, Daniel Martelo. Medida da vida média do múon. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em: <http://sbfisica.org.br/rbef/pdf/324502.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

FLÓRIO, Victória. A origem dos raios cósmicos. Pesquisa - FAPESP, São Paulo, ed. 260, out. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/10/25/a-origem-dos-raios-cosmicos/>. Acesso em: 1 abr. 2019.

GOMES, Alisson Leite. De Volta para o Futuro, o filme: uma atividade para o ensino de física sobre o que é ficção e não ficção em sua história. São Paulo, [entre 2006 e 2015]. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=_discutindoaficcaoanaofi. Acesso em: 13 fev. 2019.

IFGW-UNICAMP. A Vida do Múon. São Paulo, [20--]. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~fauth/2RelatividadeEs>

pecial/2Avidadomuon/Avidadomuon.html. Acesso em: 7 mar. 2019.

KRAUSS, Lawrence M. A Física de Jornada nas Estrelas - Star Trek. São Paulo: Makron Books, 1996.

MARIA, Ana. A fissão e a fusão são fenômenos que acontecem no núcleo dos átomos. Eles têm a mesma natureza, mas funcionam de forma bem diferente! Você sabe quais são as diferenças entre fissão e fusão nuclear? 2019. Disponível em: <<https://blog.biologiatotal.com.br/fissao-e-fusao-nuclear-o-que-sao-diferencas-e-aplicacoes/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

MINUTEPHYSICS. Complete Solution To The Twins Paradox. 2016. (3:33). Acesso em: 07 mar. 2019.

MINUTEPHYSICS. Impossible Muons. 2018. (4:33). Acesso em: 07 mar. 2019.

MOREIRA, Marco A.. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. In SILVA, Márcia Gorette Lima da. et. al (org). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal, RN: EDUFRRN, 2012. p. 45 - 57.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U., 2017.

MOREIRA, Marco A.; MASSONI, Neusa T.. Noções básicas de Epistemologias e Teorias de Aprendizagem como subsídios para organização de Sequências de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 220 p.

NASSER, Bruno Birolli et al. Uma introdução a relatividade especial utilizando materiais multimídias. 2010.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Fissão Nuclear. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE).

Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/722SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Massa-Energia-Informação: Fronteiras Atuais. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: < http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/725SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 19 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Os Postulados de Einstein da Relatividade. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/715SF/03_laboratorio_frame.htm>. Acesso em: 19 set. 2019.

NETO, Cassiano Zeferino de Carvalho et al. Reatores a Fissão Nuclear. [20--]. Instituto Galileo Galilei para a Educação (IGGE). Disponível em: <http://relpe.net/recursos/zip/726/08_avaliacao_02.htm>. Acesso em: 17 set. 2019.

OLIVEIRA, Adilson de. A Equação e a Bomba Atômica. 2015. Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/coluna/a-equacao-e-a-bomba-atmica/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

PARTICLE DATA GROUP. Review of Particle Physics: Leptons - Muon. [S. l.], 2018. Disponível em: <http://pdg.lbl.gov/2018/listings/rpp2018-list-muon.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute Of Standards And Technology. Atomic Weights and Isotopic Compositions with Relative Atomic Masses: Gaithersburg. 2015. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/Compositions/stand_alone.pl?ele=&all=all&ascii=html&isotype=all>. Acesso em: 18 set. 2019.

PHYSICAL MEASUREMENT LABORATORY. Nist - National Institute of Standards And Technology. Fundamental Physical Constants: neutron mass in u. Disponível em: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mnu>. Acesso em: 18 set. 2019.

SOUZA, Wagner de. UM EXEMPLO DE ATIVIDADE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO USANDO “STAR TREK”. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - CONEDU, IV., 2017, João Pessoa. Anais IV CONEDU [...]. Campina Grande: Realize Eventos Científicos & Editora, 2017. Tema: Ensino de Ciências, Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV073_MD1_SA16_ID2733_05062017152521.pdf. Acesso em: 8 mar. 2019.

TANABASHI, Masaharu et al. (Particle Data Group). Review of Particle Physics. Physical Review, Califórnia, v. 98, n. 3, p. 36, 2018. Disponível em: <https://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.98.030001>. Acesso em: 24 mar. 2019.

TUFFANI, MAURÍCIO. Físicos anunciam teletransporte de matéria. Folha de S.Paulo: Ciência, São Paulo, n.p., 11 dez. 1997. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe111201.htm>. Acesso em: 8 mar. 2019.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física IV: Ótica e Física Moderna. Tradução de Daniel Vieira. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

CAPÍTULO 4

**DESENVOLVIMENTO DE UM
PRODUTO DIDÁTICO PARA
DEMONSTRAÇÃO DO
COMPORTAMENTO
MAGNÉTICO DA MATÉRIA E
FENÔMENOS
ELETROMAGNÉTICOS**

Rafael Roza e Cristiano da Silva Teixeira

Apresentação

Caro(a) professor(a):

Este material de apoio contém o produto didático desenvolvido no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Apresenta-se nas próximas páginas o produto didático, dividido em três experimentos que visam demonstrar o comportamento magnético da matéria e os fenômenos eletromagnéticos. Este material, em conjunto com os apêndices A, B e C da dissertação que o acompanha, podem ser impressos e utilizados pelo professor em uma futura aplicação do presente produto. Cada seção deste material é o manual de aplicação de cada experimento, descrevendo objetivos, análise física, como realizar e por fim as questões. Recomenda-se entregar uma cópia do manual para cada aluno na aplicação.

Comportamento Magnético Da Matéria E A Prensa Hidráulica

Objetivos

- Verificar os diferentes comportamentos magnéticos da matéria;
- Verificar e entender o princípio de Pascal e as prensas hidráulicas.

Análise Física

O magnetismo é uma propriedade dos átomos, é o resultado da combinação do momento angular orbital (momento do elétron girando ao redor do núcleo) e do spin do elétron

(momento do elétron girando em torno de si mesmo). A forma como os materiais se comportam na presença de um campo magnético é ditada pela combinação entre esses momentos, esse comportamento é o que classifica os materiais de acordo com as suas propriedades magnéticas, sendo os principais comportamentos magnéticos da matéria: ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos.

Para poder mensurar a capacidade de um material se magnetizar ao ser estimulado, existe um coeficiente de proporcionalidade chamado susceptibilidade magnética (χ_m). Ela relaciona uma excitação magnética ($\vec{H}$) à uma magnetização ($\vec{M}$) através da fórmula $\vec{M} = \chi_m \cdot \vec{H}$

Para materiais paramagnéticos e diamagnéticos essa fórmula segue enquanto a estimulação é sustentada, quando removida, a magnetização desaparece.

Com isso, diferentes comportamentos são observados nos materiais, sendo o principal deles o ferromagnetismo, que nada mais é do que o comportamento que permite que certos materiais se tornem ímãs permanentes. De todas as propriedades, o ferromagnetismo é o mais forte e responsável pelos fenômenos mais comuns do dia a dia, como os próprios ímãs de geladeira. Materiais ferromagnéticos têm momento magnético espontâneo, assim sustentando a magnetização mesmo após a estimulação magnética ser removida. Esse momento indica que seus spins são arranjados de maneira regular. Ferromagnetismo é normalmente encontrada em ligas de ferro, níquel e cobalto com outros elementos, existem também alguns minerais que possuem essa ocorrência naturalmente, como a magnetita (Fe_3O_4).

Figura 4.1: Momento magnético orbital e de spin do elétron

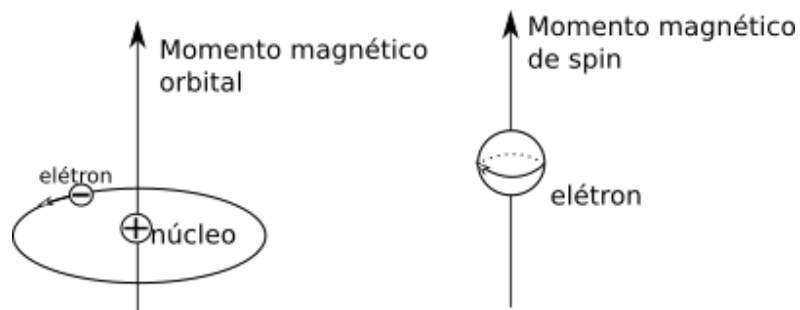


Figura 4.2: Momento magnético desalinhado (acima) e alinhado (abaixo)

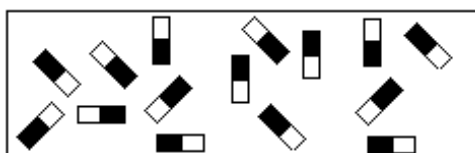


Figura A

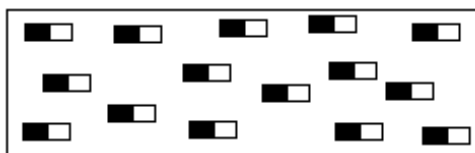


Figura B

Fonte: Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/ele11.htm>>

Por outro lado, o paramagnetismo é a tendência de certos materiais que possuem dipolos magnéticos permanentes, porém desalinhados, de se alinhar na presença de campo magnético. Pelo fato de não estarem alinhados espontaneamente, esses materiais não apresentam campo magnético resultante, porém ao serem estimulados e alinhados, se comportam como ferromagnéticos.

Na presença do campo magnético, os materiais paramagnéticos sofrem o mesmo tipo de atração e repulsão de ímãs permanentes, porém ao serem removidos do campo, seus dipolos retornam à suas posições originais e desalinhadas, assim retornando ao estado magnético inicialmente desorganizado. Normalmente os efeitos paramagnéticos são pequenos, o que pode ser visto pela susceptibilidade dos materiais serem normalmente de 10^{-5} .

Por fim, mas não menos importante, o diamagnetismo é o nome dado ao comportamento dos materiais que tendem a ser repelidos na presença de campos magnéticos. É a propriedade magnética mais fraca e mais difícil de se observar; normalmente a susceptibilidade magnética dos materiais diamagnéticos é de 10^{-6} negativo.

Nos materiais diamagnéticos, os dipolos não são permanentes e normalmente desalinhados, ao serem submetidos a um campo magnético externo possuem um momento de dipolo alinhado no sentido oposto ao do campo, assim sofrendo uma repulsão.

Figura 4.3: Dipolos desalinhados e alinhados com o campo, respectivamente

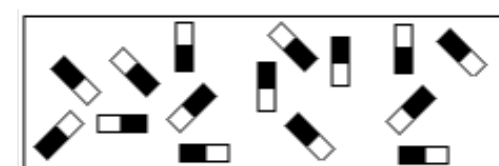


Figura A



Figura B

Tabela 4.1: Susceptibilidade dos materiais

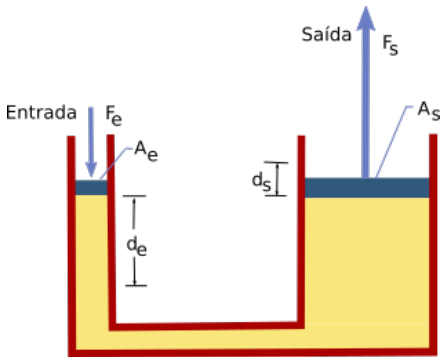
Substância paramagnética	Susceptibilidade Magnética	Substância diamagnética	Susceptibilidade Magnética
Alumínio	$2,3 \times 10^{-5}$	Bismuto	$-1,66 \times 10^{-5}$
Cálcio	$1,9 \times 10^{-5}$	Cobre	$-9,8 \times 10^{-6}$
Cromo	$2,7 \times 10^{-4}$	Diamante	$-2,2 \times 10^{-5}$
Lítio	$2,1 \times 10^{-5}$	Ouro	$-3,6 \times 10^{-5}$
Magnésio	$1,2 \times 10^{-5}$	Prata	$-2,6 \times 10^{-5}$
Tungstênio	$6,8 \times 10^{-5}$	Nitrogênio	$-5,0 \times 10^{-9}$
Oxigênio	$2,1 \times 10^{-6}$	Silício	$-4,2 \times 10^{-6}$

Fonte:Griffiths, David J. Introduction to Electrodynamics, 1999

Ainda necessário ao experimento aqui proposta, é necessário abordar o princípio de Pascal, que estabelece que a pressão realizada em um fluido em equilíbrio transmite-se igualmente por todo o fluido, ou seja, ao pressionar uma seringa, a pressão realizada é distribuída igualmente nas suas paredes e na extremidade oposta, tendo valor igual ao realizado.

Esse princípio é muito utilizado, e uma das mais simples aplicações é na prensa hidráulica. A prensa funciona com dois êmbolos de áreas diferentes, assim com uma pressão igual nas duas áreas, podemos gerar forças diferentes.

Figura 4.4: Prensa Hidráulica



Fonte:: HALLIDAY, Fundamentos de Física – 8ª ed. v. 2. 2009. p. 65

Ao pensarmos que a pressão exercida no ponto 1 é igual a pressão resultante no ponto 2, podemos logo notar que $P_1 = P_2$, sabemos que pressão equivale é força sobre área. Assim:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Além, disso por se tratar de líquidos incompressíveis, o volume deslocado é o mesmo, ou seja, $V_1 = V_2$, podemos considerar o volume de líquido deslocado como um produto da área pelo deslocamento, assim sendo $A_1 \cdot d_1 = A_2 \cdot d_2$, o que nos mostra que quanto maior a área 2, maior deverá ser o deslocamento 1, a fim de deslocar 2.

MATERIAIS

Tabela 4.2: Materiais para o experimento

3 Seringas de 10 ml	
Presilha	
Estrutura Experimental	
Borracha de Soro	
Um disco de metal de cada um dos seguintes materiais: alumínio, cobre e ferro.	
Coluna ímã de Neodímio (Nd ₂ Fe ₁₄ B)	

Fonte: O Autor

Como Se Faz

- Procedimento 1: Formam-se grupos de no máximo 5 alunos.
- Procedimento 2: Os integrantes da equipe deverão posicionar o kit experimental em uma superfície alta de modo que os êmbolos das seringas estejam direcionados a eles.
- Procedimento 3: um integrante da equipe deverá aproximar a ponta da coluna de ímãs de neodímio à cada seringas, de modo que o ímã interaja com o disco metálico na ponta da seringa.
- Anote na tabela 3 o que aconteceu com cada seringa:

Figura 4.5: Posição do experimento



Tabela 4.3: Tabela de anotação dos primeiros resultados do experimento

Ferro	Alumínio	Cobre

Procedimento 4: Um segundo integrante deverá segurar a terceira seringa de modo que ela não consiga se mover, o bastão deverá novamente ser aproximado da primeira seringa.

Figura 4.6: Quarto procedimento do experimento de susceptibilidade magnética



Anote na tabela 4 o que aconteceu em cada caso:

Tabela 4.4: Tabela de anotações do procedimento 4

Seringa de cobre solta	Seringa de cobre presa

QUESTÕES

1. Com base no que foi aprendido, classifique os metais utilizados em Paramagnético, Diamagnético e Ferromagnético. Explique sua resposta.
2. O que aconteceria caso houvesse um disco de Cromo na seringa e fosse aproximado o ímã? E com Ouro? E Silício?
3. Com base no que foi observado no experimento, qual dos metais foi mais fácil de se observar a ação do ímã. Através da teoria, explique o motivo.

4. Crie uma hipótese do que aconteceria caso aproximássemos um ímã, ao mesmo tempo, em todas as seringas. Explique sua ideia.

No procedimento 4, houve uma diferença na distância em que o embolo com alumínio se moveu, explique essa diferença utilizando o princípio de pascal.

5. Sabendo que a pressão foi a mesma, quando houve uma força resultante maior, com o embolo de cobre solto ou preso?

Indução Eletromagnética, Duas Metades De Uma Ciência

Objetivos

- Verificar e entender as relações entre eletricidade e magnetismo;
- Dar a base teórica para entender o funcionamento da indução eletromagnética;
- Entender a relação entre as propriedades magnéticas e a temperatura;
- Verificar e provar a conservação de energia;
- Entender o funcionamento do freio magnético.

Análise Física

Até início do século XIX, a eletricidade e o magnetismo eram vistos como duas áreas separadas. Hans Christian Ørsted, físico e químico dinamarquês, enquanto preparava materiais para uma palestra, reparou que ao ligar uma bateria, a corrente fornecida fazia uma bússola ser defletida. Isso convenceu-o que correntes elétricas geravam campos magnéticos

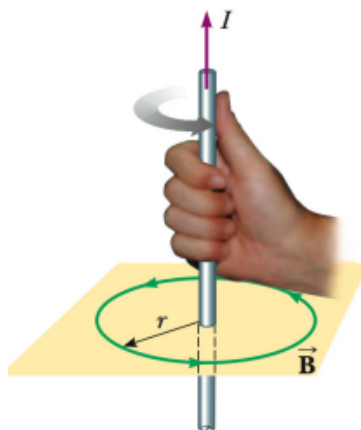
ao seu redor, criando uma relação direta entre a eletricidade e o magnetismo.

Motivados pelas descobertas de Ørsted, Jean-Baptiste Biot e Félix Savart, físicos franceses, publicaram a primeira análise precisa do fenômeno e conseguiram formular uma lei que descrevia matematicamente a relação entre a corrente elétrica e o campo magnético gerado. Essa lei ficou conhecida como a Lei de Biot-Savart, a partir dela podemos observar também que uma corrente em um fio longo gera um campo magnético circular que obedece a regra da mão direita, onde o dedão aponta para o sentido da corrente e os dedos apontam para a direção do campo magnético (como mostra a figura abaixo).

A intensidade do campo magnético pode ser calculada pela equação $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot R}$, B representando o campo magnético, μ_0 uma constante de permeabilidade magnética do meio, i a corrente e R a distância até o fio, mostrando que a intensidade é diretamente proporcional a corrente e inversamente a distância.

Utilizando esse fenômeno, é possível fabricar eletroímãs caseiros utilizando materiais baratos, como pilhas, fios de cobre e pregos. Ao enrolar um fio de cobre ao redor de um prego e conectar suas pontas à uma pilha (como mostra a figura abaixo), a corrente que passa pelo fio de cobre gera um campo magnético, que é amplificada pelo núcleo de ferro do prego, assim magnetizando o próprio prego e criando um eletroímã.

Figura 4.7: Campo magnético gerado por uma corrente em um fio



Fonte: SERWAY, Raymond A. Princípios de Física, vol. III. Eletromagnetismo. 2006.

Figura 4.8: Eletroímã caseiro feito com prego, fio de cobre e bateria

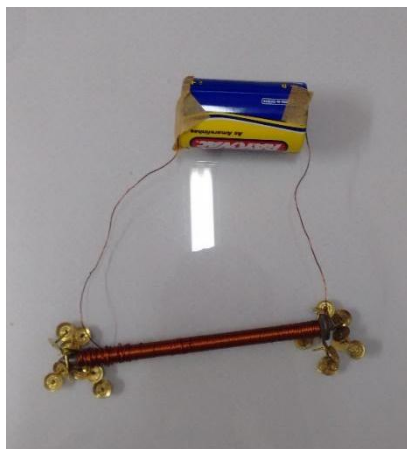
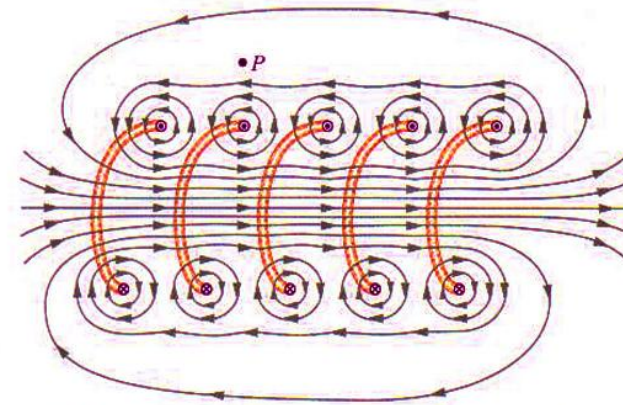


Figura 4.9: Campo magnético gerado por um solenoide



Fonte: HALLIDAY, Fundamentos de Física, 8e, v. 3. 2009

Para uma melhor visualização do campo magnético gerado pelo solenoide formado com o fio de cobre, é possível acessar o simulador `Faraday's Electromagnetic Lab`, da PhET disponível no site: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/faraday>.

Michael Faraday, físico e químico inglês, em 1831 realizou um experimento onde desejava passar um ímã por um anel de ferro, que havia dois fios amarrados em lados opostos, esperando que algum tipo de onda elétrica fosse gerada. Ao realizar o experimento, realmente foi observada uma indução elétrica nos fios, essa indução ocorreu devido a mudança do fluxo magnético no anel de ferro.

Apesar de ser atribuída à Faraday a descoberta da indução eletromagnética, em 1833 Heinrich Friedrich Emil Lenz, físico estoniano, desenvolveu a Lei de Lenz que dita que o sentido da corrente elétrica é o oposto da variação do fluxo do campo magnético que a criou, assim gerando um campo magnético que se opõe a variação do campo original.

Essa variação do fluxo pode se dar de várias formas, mudando o ângulo da espira condutora, variando a área da espira, e movendo a fonte magnética, sendo aproximando ou afastando da espira. Um dos jeitos mais fáceis de provar esse fenômeno é utilizando um fio de cobre, um multímetro e um ímã, ao fazer uma espira circular de várias voltas com o fio de cobre, e prendendo suas pontas à um multímetro (como mostra a figura abaixo), podemos ver uma diferença de potencial, uma tensão, sendo gerada ao aproximar e afastar o ímã da espira.

Figura 4.10: Espira feita com fio de cobre conectada à um multímetro

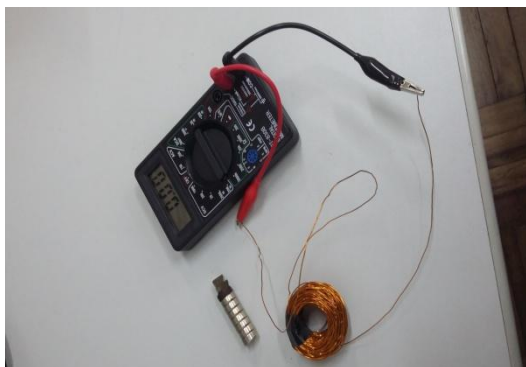
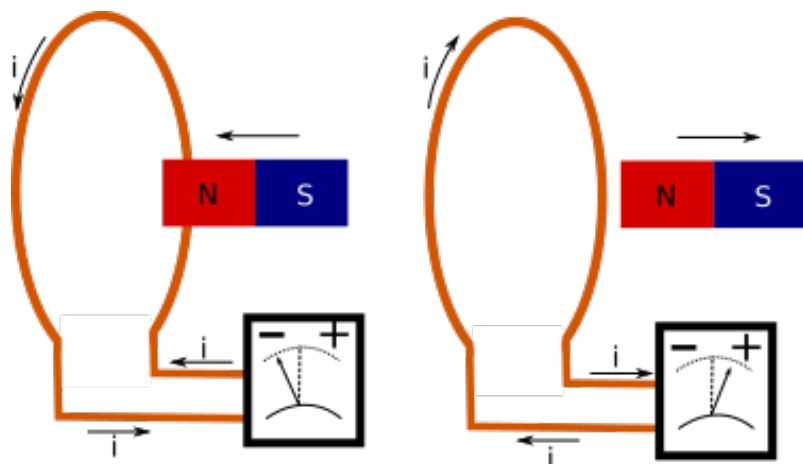


Figura 4.11: : Lei de Lenz atuando em um ímã e uma espira



Para uma melhor visualização do funcionamento da geração de energia utilizando um ímã e uma bobina, é possível acessar o simulador da lei de Faraday, produzido pela PhET disponível no site: https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_en.htm

Ao fazer o movimento de passar o ímã pela bobina e voltar, é possível de ver que são geradas duas tensões de sinais opostos, ao repetir isso, o que acontece é a criação de uma corrente que varia seu valor de um estado positivo para um negativo, gerando assim o que é conhecido como corrente alternada. A corrente alternada (CA) se difere da corrente contínua (CC) pois ela varia, tanto sua intensidade quanto seu sentido, com o tempo. A CA é utilizada em grande escala e é ela que está presente nas residências, sendo de 220V ou 110V.

Pelo fato da variação do fluxo magnético gerar um campo magnético que se opõe a essa variação, ao passar um ímã por uma espira, ocorre uma força contrária ao movimento causada pelo campo magnético gerado que afeta o ímã, essa força causa uma variação na energia cinética do ímã, porém segundo o princípio da conservação de energia, a quantidade total de energia em um sistema é constante, ou seja toda a energia potencial gravitacional do objeto em queda deveria se transformar em energia cinética, o que não ocorre. Porém essa energia cinética perdida se transforma em outras formas de energia. Junto com esse campo magnético, também é gerada uma corrente elétrica, porém essa

corrente elétrica se dissipa com o tempo e o fenômeno que descreve essa dissipação é chamado de efeito Joule.

Essa força contrária que impede o movimento é utilizada atualmente na construção de freios magnéticos. Usados em trens, guindastes e outros tipos de frenagem o freio magné-

tico funciona utilizando os princípios da lei de Lenz, através de uma placa metálica que ao passar pelos polos de um eletro ímã gera uma variação no fluxo magnético, assim gerando uma força contraria ao movimento, fazendo assim a frenagem.

O fenômeno da dissipação de energia através do calor foi estudado e descrito por James Prescott Joule, físico inglês, que em 1841 publicou um estudo que relacionava o calor gerado com a corrente elétrica que percorre um fio. Assim indicando que todo condutor que possui uma corrente passando, dissipa ela em calor, ou seja, obedecendo a conservação de energia.

Ainda no século XIX, Pierre Curie, físico francês, estudava os efeitos de altas temperaturas em ímãs permanentes, seus estudos lhe renderam uma tese de doutorado, que atualmente é conhecida por lei de Curie. Essa lei dita que materiais ferromagnéticos, ao serem aquecidos acima de uma temperatura (especifica para cada material), se comportam como materiais paramagnéticos, assim tendo seus momentos magnéticos desalinhados, essa temperatura é conhecida como temperatura de Curie, ou ponto de Curie. Esse efeito é utilizado na desmagnetização de ímãs permanentes, que se elevados ao ponto de Curie, perdem suas propriedades magnéticas e após resfriados, se mantém desmagnetizados.

Tabela 4.5: Lista de materiais de seus pontos de Curie e de fusão.

Material	Ponto de Curie (°C)	Ponto de Fusão (°C)
Cobalto (Co)	1127	1495
Ferro (Fe)	770	1538
Ferrite	450	1539
Ímã de neodímio	310-400	1021
Disprósio (Dy)	-185	1412

Materiais

Tabela 4.6: Materiais para o experimento de freio magnético

Suporte para o Experimento	
Ímãs de Neodímio	
Pilha	
Prego	
Fio de cobre	
Multímetro	
Bússola	

Como Se Faz

Procedimento 1 - formam-se grupos de no máximo 5 alunos.

Procedimento 2 - os integrantes da equipe devem posicionar o suporte do experimento no chão, de modo que os tubos fiquem de frente para eles.

Procedimento 3 - utilizando um prego, um fio de cobre e uma pilha os integrantes devem montar um eletroímã caseiro, como mostra a foto abaixo. Utilizando os conhecimentos devem explicar como funciona a magnetização do prego.

R: _____

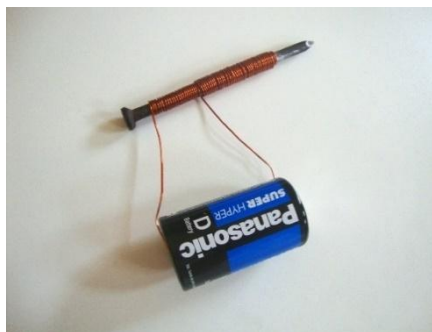
Procedimento 4 - Com o auxílio da bússola devem observar como ao conectar o fio de cobre na pilha, o ponteiro da bússola se desvia. E anotar o motivo de que ao inverter os polos da pilha, o ponteiro da bússola também se inverte.

R: _____

Figura 4.12: Posição do tubo

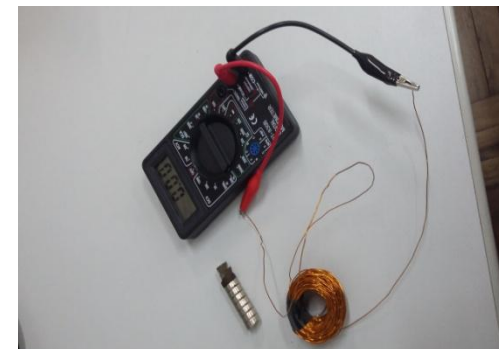


Figura 4.13: Eletroímã caseiro



Procedimento 5 - utilizando um ímã permanente, um fio de cobre e um multímetro, os membros devem tentar demonstrar a indução eletromagnética, como mostra a figura abaixo. O procedimento e os resultados devem ser anotados (o multímetro deve ser posicionado na função para ler tensão CA).

Figura 4.14: Procedimento 5



R: _____

Procedimento 6 - os integrantes devem dissertar sobre o que acontecerá ao aproximar um ímã na parte externa dos tubos de cobre e acrílico, fixos no suporte.

R: _____

Agora devem testar se o que pensaram estava certo, ao aproximar o ímã dos tubos, o que acontece?

R: _____

Procedimento 7 - a equipe deve, simultaneamente, soltar um ímã no tubo de cobre, um ímã no tubo de acrílico e um metal não magnetizado no outro tubo de cobre, porém antes devem anotar o que esperam que irá acontecer.

R: _____

Após soltar, verificar se o resultado foi o mesmo que o esperado. Caso contrário devem escrever o ocorrido e qual a explicação física para o ocorrido.

R: _____

Procedimento 8 - no próximo passo a equipe deve soltar ao mesmo tempo, um ímã em um dos tubos de cobre, e dois

ímãs no outro tubo, antes disso devem escrever o que esperam acontecer.

R: _____

Após soltar, verificar se o resultado foi o mesmo que o esperado. Caso contrário devem escrever o que ocorreu e qual a explicação física para o ocorrido.

R: _____

Procedimento 9 - os membros da equipe devem utilizar os dois ímãs de aparência igual, onde um deles foi desmagnetizado, e utilizando apenas os canos e os dois ímãs, devem tentar descobrir qual deles foi desmagnetizado. As ideias e resultados devem ser anotados abaixo.

R: _____

Questões

1.Com base no que você aprendeu, por que ocorre um aumento no tempo de queda do ímã ao ser soltado pelo cano de cobre?

R: _____

2. Por que o fenômeno acima não ocorreu com o tubo de acrílico?

R: _____

3. Sabendo que para ocorrer a indução é necessária uma espira de um material condutor, é correto afirmar que o tubo de cobre se comporta como uma grande espira, com voltas muito próximas umas das outras?

R: _____

4.Sabendo que pelo princípio da conservação de energia, a energia em um sistema deve se manter constante, normal-

mente a energia potencial ao se deixar algo cair se torna energia cinética, ao soltar o ímã no tubo de cobre isso acontece? Se não, descreva o que acontece com a energia e se esse sistema segue o princípio da conservação.

R: _____

5.No item 7 do experimento, a equipe teve de trabalhar com um ímã desmagnetizado, como ocorre o processo de desmagnetização de um ímã?

R: _____

Levitação Magnética E O Grafite Pirolítico

Objetivos

- Verificar e entender a funcionalidade da levitação magnética;
- Apresentar os diamagnéticos e seus usos em tecnologias de transporte.

Análise Física

No experimento de susceptibilidade magnética foram apresentados os três principais comportamentos magnéticos dos materiais: diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos. A equação 14 descreve um coeficiente de proporcionalidade chamado susceptibilidade magnética (χ_m) e relaciona uma excitação magnética ($\vec{H}$) à uma magnetização ($\vec{M}$).

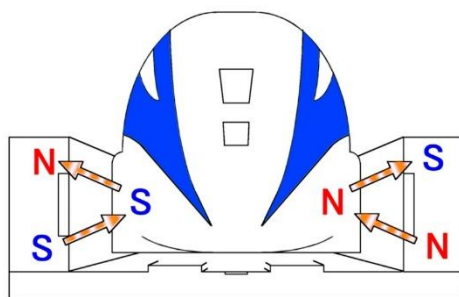
Diamagnetismo é chamado o comportamento dos materiais que tendem a ser repelidos na presença de campos magnéticos. É a propriedade magnética mais fraca e mais difícil de se observar, normalmente a susceptibilidade magnética dos

materiais diamagnéticos é de -10^{-6} . Nos materiais diamagnéticos, os dipolos não são permanentes e normalmente desalinham-se, ao serem submetidos a um campo magnético externo possui um momento de dipolo alinhado no sentido oposto ao do campo, assim sofrendo uma repulsão.

Levitação magnética, também conhecida como suspensão magnética, é como é chamado o método onde um objeto é suspenso utilizando campos magnéticos. Esse método consiste em usar força magnética para neutralizar a força gravitacional e outras forças externas. Para conseguir fazer uma levitação magnética duas preocupações existem, ter uma força magnética suficiente para manter o objeto suspenso e conseguir uma estabilidade evitando que o objeto deslize ou se mova de modo que a elevação seja eliminada.

Um dos usos da levitação magnética são nos trens Maglev, trens que são suspensos dos trilhos usando ímãs potentes, podendo eles serem eletroímãs, ímãs permanentes ou até uma combinação dos dois, assim como mostra a figura abaixo:

Figura 4.15: Trêm maglev



Fonte: Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Maglev#/media>

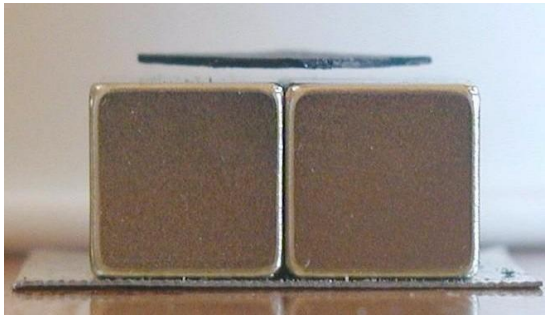
A utilização de eletroímãs permite não apenas que os trens flutuem acima dos trilhos, removendo o atrito, mas também são usados para impulsionar os trens, permitindo-os a alcançar altas velocidades, em fases experimentais chegaram a alcançar 600 km/h. Pode ser visualizado um trem Maglev chegando a 603 km/h através do link: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HpRqlehZOX8>.

Apesar de o modelo mais simples da levitação ser dois ímãs sobrepostos e com polos invertidos, gerando uma repulsão entre eles, o mesmo efeito é possível de se alcançar utilizando materiais diamagnéticos, que quando submetidos a fortes campos magnéticos, são repelidos. Além disso, os materiais diamagnéticos oferecem uma maior estabilidade na levitação, pois os ímãs tendem a querer alinhar seus polos, assim muitas vezes causando problemas na levitação, algo que não acontece com materiais diamagnéticos, que tem como problema principal, a necessidade de fortes ímãs para conseguir esse efeito.

Já no caso dos supercondutores, não temos alinhamento de seus momentos magnéticos, o campo magnético em seu interior é zero, o que causa a repulsão é o chamado Efeito Meissner, onde a aproximação de um ímã causa o surgimento de uma supercorrente elétrica induzida na superfície do mesmo, gerando um campo magnético que se opõe à variação de campo magnético que a gerou, que nada mais é do que a Lei de Lenz. A levitação nesse caso, acontece pelo fato do supercondutor ficar “preso” no espaço sob a ação de um campo magnético externo, diferente do diamagnetismo, onde a levitação ocorre pelo alinhamento dos momentos magnéticos havendo uma disputa entre ação gravitacional para baixo e repulsão magnética para cima, proporcionando uma força resultante igual a zero.

Com a facilidade e disponibilidade de se obter ímãs permanentes nos últimos anos, a utilização de diamagnéticos para criar um efeito leve de levitação magnética se torna algo viável, principalmente se os combinarem com fortes diamagnéticos, como o grafite pirolítico.

Figura 4.16: Levitação magnética com grafite pirolítico



Fonte: Disponível em: http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/magnets/pyrolytic_graphite_2.

O grafite pirolítico é muito similar a um grafite comum, porém tem ligações covalentes entre suas folhas de grafeno, é um material que até agora não foi achado na natureza, ou seja, apenas é encontrado feito em laboratórios, é produzido através do aquecimento de um hidrocarboneto até próximo de sua temperatura e decomposição, assim permitindo que o grafite se cristalize, um processo chamado de pirólise.

Esse material é normalmente utilizado em aplicações como motores de foguetes, fornos de laboratórios, cones de míssil e em vários outros processos que envolvem altas temperaturas, além de também ser usado em próteses medicinais.

Possui grandes diferenças de um grafite comum, é um condutor térmico mais potente, sendo um dos melhores condutores térmicos disponíveis e além disso, tem o diamagnetismo mais forte (por peso) de qualquer diamagnético em tem-

peratura ambiente, sua susceptibilidade magnética é de $\chi_m = -4 \cdot 10^{-4}$

O grafite para o experimento pode ter as seguintes dimensões: 10mm x 10mm x 1mm. O mesmo pode ser encontrado por um valor de aproximadamente R\$ 40,00, em data atual, na internet, apesar de muitas vezes precisar ser importado e se fazer assim necessária uma programação do professor para compra-lo com antecedência. Ressalta-se que uma vez comprado o professor pode reutilizar em outras aplicações futuras. Recomenda-se que o professor seja responsável por adquirir este material, uma vez que tornar-se-ia assim demasiadamente oneroso para custeamento por parte dos alunos.

Materiais

Tabela 4.7: Materiais do experimento de levitação magnética

Grafite Pirolítico	
Ímãs de Neodímio	
Suporte de Madeira	
2 ímãs de Ferrite	

Como Se Faz

- Procedimento 1: formam-se grupos de no máximo 5 alunos.
- Procedimento 2: os membros da equipe devem, conforme mostra a figura 17, montar o primeiro modelo de levitação magnética, usando os dois ímãs e o suporte de madeira.
- Procedimento 3: o segundo modelo deve ser montado, com os ímãs de neodímio, os integrantes devem montar uma cama, como na figura 18:

Figura 4.17: Suporte de madeira Figura 4.18: Cama de neodímio



Procedimento 4: cuidadosamente os integrantes devem posicionar o grafite pirolítico no centro da cama, de modo que flutue.

5- Para testar as propriedades magnéticas a equipe deve fazer uma série de interações com os modelos, a fim de testar quais são seguras de se fazer nos modelos testados.

Faça um X na tabela caso seja possível realizar a ação sem acabar com a levitação, caso contrário, deixe a lacuna em branco.

Tabela 4.8: Anotações acerca do experimento de levitação magnética

Ação	Dois Imãs	Imãs e Grafite
Girar o elemento que está flutuando		
Deslocá-lo para baixo		
Deslocá-lo para o lado		
Colocar o elemento de cabeça para baixo		
Levantar e soltar o elemento		

QUESTÕES

• Cite as principais diferenças entre os dois modelos de levitação magnética, qual é mais estável e qual é o mais forte?

R: _____

• Seria possível realizar a levitação dos dois imãs sem o suporte de madeira? Se não, explique o motivo.

R: _____

• Explique por que o efeito de levitação diamagnética não é algo tão comum de ser observado no dia a dia.

R: _____

Sabendo que a susceptibilidade magnética do ouro é de -3×10^{-5} , seria viável realizar esse experimento com um pedaço de ouro? Explique.

R: _____

• Sabendo como funciona a levitação magnética dos trens, em que outros lugares você acha viável de implantar essa tecnologia? Explique.

R: _____

Referências

Como O Maglev Cobra Funciona? Disponível em: <http://www.maglevcobra.coppe.ufrj.br/veiculo.html>

FARIA, R. N.; LIMA, L. F. C. P. Introdução ao Magnetismo dos Materiais: 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

GALVÃO, Rafael Henrique Lemes, Levitron / Levitação Magnética. 2011. 11f. Relatório Final - Universidade Estadual De Campinas, Campinas, 2011.

GRIFFITHS, David J. Introduction to Electrodynamics: 3 ed. Upper Saddle River: Editora: Prentice Hall, 1999.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física - Vol. 3 - Eletromagnetismo: 9. ed. Editora LTC, 2012.

KITTEL, Charles. Introduction To Solid State Physics: 7. ed. Editora Wiley India, 2007.

T Pascal's Principle and Hydraulics. 1996. Disponível em: https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/WindTunnel/Activities/Pascals_principle.html

CAPÍTULO 5

RESISTORES NÃO ÔHMICOS: ENSINANDO ELETRICIDADE A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA DE ELETRÔNICA APLICADA

Ricardo Bagatoli e Daniel Girardi

Apresentação

Este roteiro faz parte do produto educacional que foi desenvolvido no formato de oficina para ensinar conceitos de eletricidade. É composto por quatro etapas. Cada etapa tem duração média de 4 horas e apresenta conceitos teóricos e atividades práticas sobre eletricidade, com ênfase nos resistores não-ôhmicos. O objetivo desse roteiro é auxiliar o professor na aplicação da oficina, com o intuito de facilitar a compreensão dos conceitos físicos pelos estudantes utilizando métodos não tradicionais de ensino, através da experimentação, coleta e análise de dados utilizando recursos tecnológicos.

No início de cada etapa têm-se uma sugestão de tempo (divididos em teoria e prática), os objetivos, materiais utilizados e as atividades a serem desenvolvidas. Ao decorrer da oficina, espera-se que o aluno faça a apropriação dos conceitos físicos que versam sobre o tema e aplique-os na construção de uma estação meteorológica.

Para O Professor

Para o desenvolvimento da oficina, não é pré-requisito um conhecimento avançado em eletrônica e programação, porém, é de extrema importância que conheça previamente os recursos tecnológicos que serão utilizados. Neste roteiro você terá uma pequena introdução de cada ferramenta tecnológica que será utilizada, com exemplos e atividades práticas.

Cada etapa possui um conjunto de atividades a serem desenvolvidas, sendo:

- Primeira etapa: contém informações e atividades sobre a utilização das ferramentas de medição e prototipagem e uma abordagem teórica e prática sobre circuitos simples.
- Segunda etapa: é específica para a configuração e programação do Arduino, que será utilizado como recurso para a captação dos dados obtidos pelos sensores.
- Terceira etapa: é feito o estudo do circuito divisor de tensão, que será utilizado na montagem do circuito com LDR e termistor. Nessa etapa será feita a calibragem dos sensores e o tratamento das informações obtidas por eles.
- Quarta etapa: será construída uma estação meteorológica utilizando as ferramentas estudadas durante a oficina.

Materiais E Custos

Os kits para a aplicação da oficina serão compostos de:

- 10 placas de ensaio (protoboard) – R\$ 120,00
- 10 placas de prototipagem (Arduino) – R\$ 170,00
- 10 cabos USB – R\$ 50,00
- 10 resistores LDR – R\$ 3,00
- 10 termistores PTC – R\$ 4,50
- 10 termistores NTC – R\$ 4,50
- 10 LEDs – R\$ 4,00
- 10 motores elétricos DC – 5V – R\$ 25,00
- 10 multímetros – R\$ 190,00
- 10 computadores

Estrutura Da Oficina

Primeira Etapa

Como operar o multímetro

Tempo estimado: Teoria: 20 minutos. Prática: 40 minutos.

Objetivo: Compreender o funcionamento do multímetro e como utilizá-lo para medir grandezas elétricas.

Materiais utilizados: Bateria, lâmpadas 12 V e resistores.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

- Fazer uma breve introdução sobre as 3 partes principais do multímetro (Display, chave seletora e conectores das pontas de prova nos bornes).
- Explicar como utilizar as escalas para medir tensão, corrente e resistência, diferenciando tensão com corrente contínua e alternada.
- Explicar como fazer a leitura das grandezas físicas utilizando os múltiplos e submúltiplos e interpretando os valores que aparecem no display durante as medições.
- Explicar como realizar teste de continuidade utilizando o multímetro.
- Explicar como se obter o valor da resistência utilizando código de cores do resistor.

Prática:

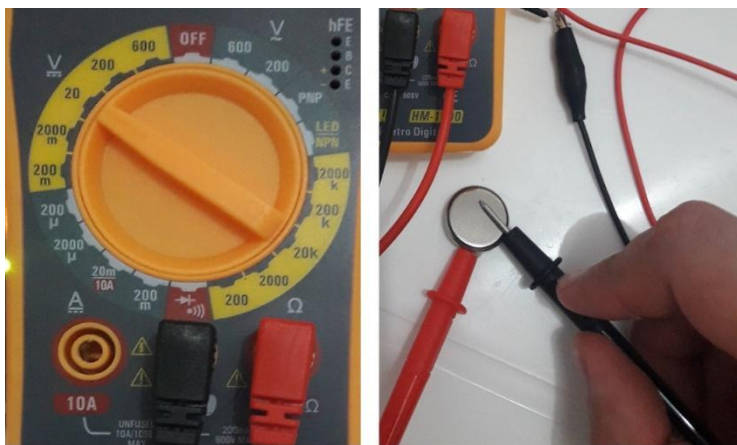
- Realizar medidas de tensão (ligando o multímetro em paralelo) em corrente contínua, utilizando baterias, selecionando a escala correta e interpretando os valores obtidos.

- Realizar medidas de corrente elétrica (ligando o multímetro em série com o circuito) utilizando baterias, lâmpadas e resistores.
- Realizar medidas de tensão em corrente alternada utilizando as tomadas da sala.
- Realizar medidas de resistência elétrica, confrontando os valores obtidos utilizando código de cores com os valores obtidos no multímetro, verificando a faixa de tolerância de cada resistor.

Atividades práticas:

Medindo tensão corrente contínua: Distribua as baterias para os alunos e com a chave seletora do multímetro na posição 20V DC (para baterias ou fontes até 20V) coloque a ponta de prova vermelha no polo positivo da bateria e a preta no polo negativo (Figura 5.1).

Figura 5.1: Medindo a tensão de uma bateria de 3V em corrente contínua



Medindo tensão corrente alternada: Com a chave seletora do multímetro na posição 600V AC, coloque a ponta de prova vermelha em um dos orifícios da tomada e a preta no outro (Figura 5.2). (Orienta-se que, por questões de seguran-

ça, esta parte da atividade seja feita somente pelo professor).

Medindo corrente contínua: Utilizando um resistor de 320Ω e uma fonte (utilizado a saída de 5V do Arduino) associe o amperímetro em série com o multímetro, ligando no 5V e GND do Arduino (Figura 5.3). Selecione a escala de 20mA (se utilizar outro resistor ou a saída de 3,3V certifique-se que a corrente que irá passar não supera 20mA, caso contrário selecione outra escala).

Medindo resistência elétrica: Distribua para cada aluno um conjunto de resistores de valores variados e peça para que calculem o valor da resistência utilizando a tabela de resistores (Figura 5.4). Considere que a primeira e a segunda faixa são os dígitos significativos, a terceira faixa é o fator de multiplicação e a quarta faixa é a tolerância referente ao valor medido. Por exemplo, um resistor que possui as faixas marrom, vermelho, vermelho e ouro, possui uma resistência de 1200Ω com uma tolerância de $\pm 60\Omega$.

Figura 5.2: Medindo tensão de uma rede 220V em corrente alternada



Figura 5.3: Medindo corrente contínua com o multímetro

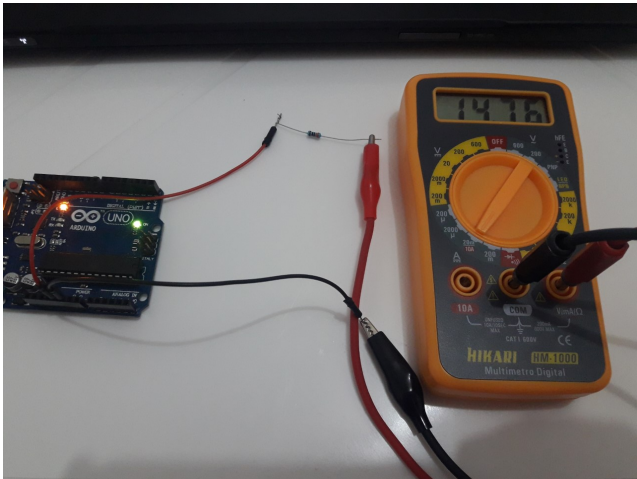


Figura 5.4: Tabela para calcula da resistência de resistores

Cor	Faixa 1	Faixa 2	Multiplicador	Tolerância
Preto	-	0	1	±1%
Marrom	1	1	10	±2%
Vermelho	2	2	100	
Laranja	3	3	1000	
Amarelo	4	4	10000	
Verde	5	5	100000	
Azul	6	6	1000000	
Violeta	7	7	10000000	
Cinza	8	8	100000000	
Branco	9	9	1000000000	
Ouro			0,1	±5%
Prata			0,01	±10%
Sem faixa	-			±20%

Fonte: Disponível em <https://pandoralab.com.br/aprenda/codigo-de-cores-para-resistores/>

Figura 5.5: Chave seletora em 2000Ω



Após calcularem os valores teóricos das resistências, selecione no multímetro a função ohmímetro com a chave seletora na escala que contempla o valor teórico. Para o resistor de faixas marrom, vermelho, vermelho e ouro, a escala selecionada deve ser de 2000 Ω (Figura7), pois de acordo com as escalas que o multímetro apresenta (200, 2K, 20K, 200K e 2000K) essa é a que mais se aproxima.

Como utilizar a protoboard

Tempo estimado: Teoria: 15 minutos. Prática: 45 minutos.

Objetivo: Compreender o funcionamento da protoboard utilizando o multímetro para identificar as linhas de alimentação e como funcionam colunas para montagem dos componentes eletrônicos.

Materiais utilizados: Multímetro, protoboard, bateria, LEDs e resistores.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

- Fazer uma breve introdução sobre a importância da protoboard nos projetos eletrônicos. Com ela é possível montar, desenvolver e testar circuitos eletrônicos sem a necessidade de soldar os componentes.
- Mostrar o funcionamento da protoboard, explicando as áreas que compõe os barramentos de alimentação, montagem de circuitos integrados e montagem de componentes.
- Explicar como são montados os circuitos utilizando o multímetro para identificar como são interligados os barramentos.
- Mostrar os modelos de protoboards existentes no mercado.

Prática:

- Identificar como os barramentos estão interligados utilizando o multímetro.
- Medir tensão e corrente elétrica com uma bateria conectada na protoboard.
- Medir a resistência elétrica de resistores conectados na protoboard.

Atividades práticas:

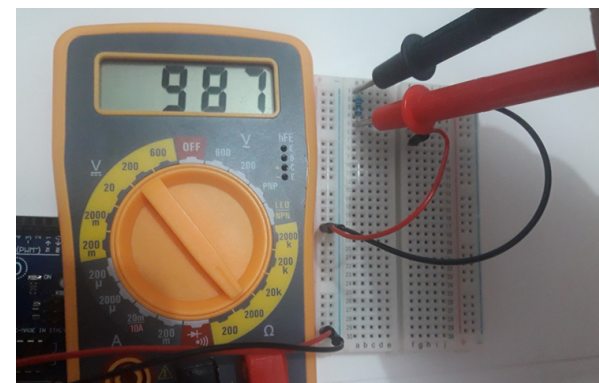
Distribua as protoboards e os multímetros para os alunos e peça para que coloquem a chave seletora na posição continuidade e, com as pontas de prova testem dois a dois quais “furos” estão interligados como mostrado na figura 9.

Peça para os alunos conectarem alguns resistores na protoboard e com o multímetro, determine suas resistências (Figura 5.7). Não oriente como devem colocar os resistores e verifique se compreenderam o funcionamento da matriz de contato da protoboard.

Figura 5.6: Identificando como os barramentos estão interligados



Figura 5.7: Medindo resistência elétrica



Montagem de circuitos simples

Tempo estimado: Teoria: 1 hora. Prática: 1 hora.

Objetivo: Compreender o funcionamento de circuitos simples e como podem ser conectados em uma protoboard. Explicar o funcionamento de circuitos utilizando uma bateria e um resistor, circuitos com amperímetro e voltímetro e circuitos em série e paralelo.

Materiais utilizados: Multímetro, protoboard, bateria, LEDs e resistores.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

- Explicar as características dos circuitos simples e como conecta-los utilizando a protoboard.
- Explicar as características das associações de resistores em série e em paralelo em um circuito.
- Explicar como é conectado o voltímetro (em paralelo) e o amperímetro (em série a um circuito).
- Explicar que o LED é polarizado e que só deverá acender se o terminal positivo de LED estiver conectado com o positivo da bateria e o terminal negativo com o negativo da bateria.
- Explicar como calcular o valor do resistor para ser associado ao LED no circuito para ligá-lo sem queimar.

Prática:

- Montar um circuito simples utilizando uma bateria, um LED e um resistor na protoboard. Esse resistor deve ser determinado a partir das especificações do LED escolhido.
- Montar um circuito em série com dois resistores na protoboard e, com o auxílio do multímetro, demonstrar que a resistência equivalente na associação em série é igual a soma das resistências de cada resistor.
- Montar um circuito em paralelo com dois resistores na protoboard e, com o auxílio do multímetro, demonstrar que a resistência equivalente é igual à soma dos inversos da resistência de cada resistor associado.
- Montar um circuito utilizando um voltímetro e um amperímetro associado, medindo a tensão e a corrente do circuito simples.

Atividades práticas:

Distribua para cada aluno um conjunto com uma protoboard, LEDs de cores variadas, uma bateria, um conjunto de

resistores com resistências variadas e um multímetro. Peça que eles montem um circuito simples, composto de uma bateria (ou utilizar a saída 5V do Arduino), um resistor e um LED (Figura 5.8). Eles deverão calcular o valor da resistência do resistor que será associado baseado nas características da fonte e do LED. Se necessário, peça aos alunos que façam um esboço do circuito, para depois montá-lo definitivamente na protoboard.

Peça para que os alunos invertam a ordem da montagem (Figura 5.9), verifiquem o que acontece e tentem explicar o fenômeno.

Após terminar a montagem do circuito simples, prossiga com a montagem das associações em série e paralelo (Figura 5.10), fazendo o esboço (se necessário), calculando a resistência equivalente, medindo e comparando os resultados. Para que os alunos não precisem calcular a resistência equivalente, pode ser utilizado o ElectroDroid (disponível em https://play.google.com/store/apps/details?id=it.android.demi.elettronica&hl=pt_BR) (Figura 15).

Figura 5.8: Circuito simples com um LED, um resistor e uma bateria

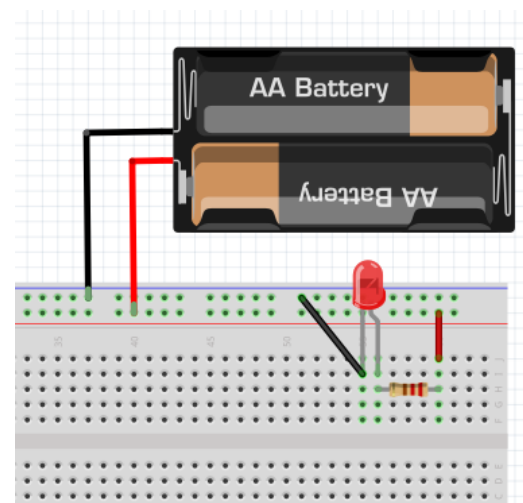


Figura 5.9: Circuito simples com um LED, um resistor e uma bateria invertidos

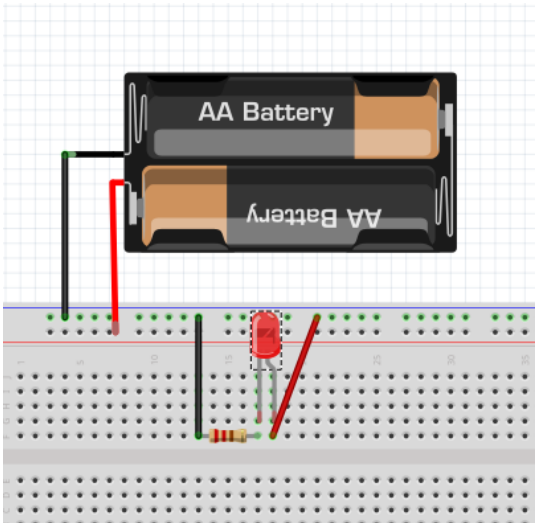


Figura 5.10: Exemplos de associação em série (a), paralelo (b) e mista (c)

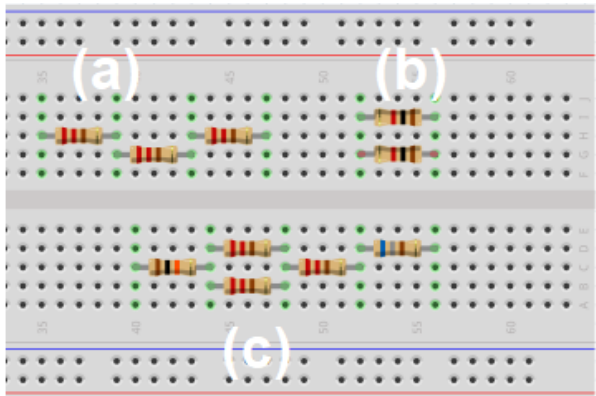


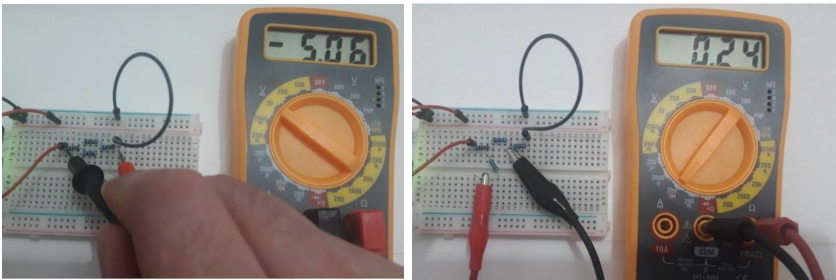
Figura 5.11: Cálculo da resistência equivalente através do código de cores



Fonte: https://play.google.com/store/apps/details?id=it.android.demi.elettronica&hl=pt_BR.

Após medir a resistência equivalente em cada associação, os alunos deverão montar um circuito com associações em série, paralelo ou mista (Figura 5.12) com o multímetro associado em paralelo, para medir tensão, e em série, para medir a corrente elétrica.

Figura 5.12: Multímetro associado em paralelo e em série no circuito, respectivamente



Segunda Etapa

O que é Arduino?

Tempo estimado: Teoria: 30 minutos.

Objetivo: Conhecer um pouco sobre a origem do Arduino e compreender suas funcionalidades.

Materiais utilizados: Placa Arduino.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

- Fazer uma breve introdução sobre o que é um microcontrolador embarcado e sua utilização em projetos de automação.
- Explicar para que servem os conectores de alimentação, dando ênfase aos que serão utilizados inicialmente no projeto (3,3V, 5V, GND).
- Explicar para que servem as portas de entrada e saída, digital e analógico, destacando a diferença entre uma porta digital e uma porta analógica.

Conectando o Arduino no computador

Tempo estimado: Teoria: 15 minutos. Prática: 15 minutos.

Objetivo: Fazer a conexão da placa Arduino com o computador e realizar as configurações iniciais.

Materiais utilizados: Arduino, cabo USB.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

- Explicar como é feita a conexão e o envio de dados do computador para o Arduino, através do cabo USB.

Prática:

- Conectar a placa Arduino via USB no computador e fazer as configurações iniciais (selecionar a placa e a porta de comunicação na IDE do Arduino).

Introdução à linguagem de programação

Tempo estimado: Prática: 1 hora.

Objetivo: Compreender conceitos básicos de linguagem de programação.

Materiais utilizados: Arduino, computador.

Atividade a ser desenvolvida:

Prática:

Montar um circuito utilizando um LED conectado em uma porta digital para explicar a utilização dos comandos “void setup” e “void loop”. Mostrar que o LED conectado em um pino digital só poderá assumir dois valores lógicos, HIGH (5V) ou LOW (0V). Exemplo de programação:

```
void setup() {
```

```
pinMode (13,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
digitalWrite (13,HIGH);
```

```
delay (2000);
```

```
digitalWrite (13,LOW);
```

```
delay (2000);
```

```
}
```

void setup() é uma função e é executada uma vez assim que o arduino é ligado.

void loop() também é uma função que é executada, como diz o próprio nome, em “loop”, enquanto o Arduino estiver ligado.

- O comando `pinMode (13, OUTPUT)` define o pino digital 13 do Arduino como um pino de saída (output). É o pino em que o LED está ligado.

O comando `digitalWrite(13,HIGH)` liga o LED.

O comando `digitalWrite(13,LOW)` desliga o LED.

O comando `delay(2000)` faz o Arduino esperar dois segundos antes de executar o próximo comando.

Atividades práticas:

Monte um circuito com um resistor e um LED (Figura 5.13), utilizando a porta digital 11. Importante observar que o LED conectado em uma porta digital só poderá assumir um de dois valores lógicos possíveis, ligado (5V) ou desligado (0V).

Abrindo a IDE do Arduino, copie e cole o exemplo de programação:

```
void setup() {
  pinMode (11,OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite (11,HIGH);
  delay (2000);
  digitalWrite (11,LOW);
  delay (2000);
}
```

Para carregar o código para a placa, clique na seta (Figura 5.14).

Figura 5.13: Circuito com um resistor (220Ω) e um LED

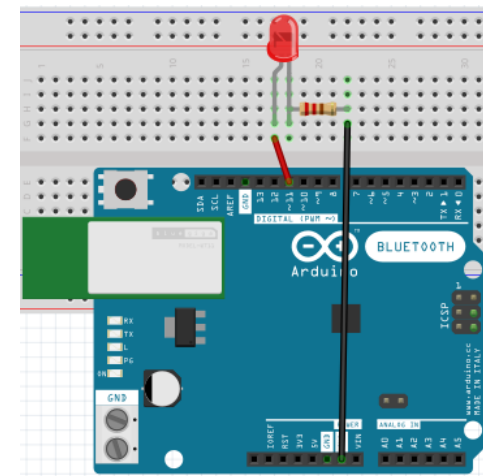


Figura 5.14: Carregando o código para a placa



`void setup( )` é um método e é executado uma vez assim que o arduino é ligado.

`void loop( )` também é um método que é executado, como diz o próprio nome, em loop enquanto o Arduino estiver ligado. O comando `pinMode (11, OUTPUT)` define o pino digital

11 do Arduino como um pino de saída. É o pino em que o LED está ligado.

O comando `digitalWrite(11,HIGH)` liga o LED.

O comando `digitalWrite(11,LOW)` desliga o LED.

O comando `delay(2000)` faz o Arduino esperar dois segundos antes de executar o próximo comando. Peça para os alunos alterar os valores do delay (3000, 100, 50, ...), mudar o LED de porta, acrescentar LEDs utilizando o mesmo resistor e façam alterações na programação.

Utilizando o Ardublock para programar

Tempo estimado: Prática: 2 horas.

Objetivo: Compreender conceitos básicos de linguagem de programação, utilizando o Ardublock.

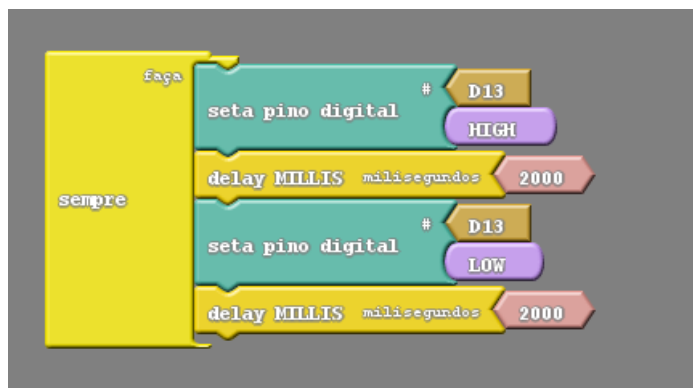
Materiais utilizados: Arduino, computador.

Atividade a ser desenvolvida:

Prática:

- Montar um circuito utilizando um LED conectado em uma porta digital para explicar a utilização dos comandos (blocos) no Ardublock (Figura 5.15).

Figura 5.15: Estrutura de programação utilizando o Ardublock



Sempre faça: é um método que é executado em “loop” enquanto o Arduino estiver ligado.

O bloco seta pino digital (D13,HIGH) liga o LED.

O bloco delay MILLIS milissegundos (2000) faz o Arduino esperar dois mil milissegundos (ou 2 segundos) antes de executar o próximo comando.

O bloco seta pino digital (D13,LOW) desliga o LED.

Atividades práticas:

Monte um circuito com um resistor e um LED (Figura 5.16), utilizando a porta digital 11. Para acender o LED, utilizaremos uma estrutura básica de programação no Ardublock, seguindo a mesma lógica de programação já utilizada para este exemplo. Para facilitar o uso, os blocos possuem as mesmas cores do menu. Por exemplo, o bloco “sempre faça” tem a mesma cor da opção “controle” (podem ocorrer algumas variações dependendo da versão utilizada). Para fazer o upload do programa para a placa, clique em “enviar para o Arduino”. É importante observar que ao carregar a programação feita no Ardublock para o Arduino, as linhas de comando do respectivo código aparecem na IDE e serve como objeto de estudo e pode inclusive ser alterado.

Peça para os alunos alterar os valores do delay (3000, 100, 50, ...), mudar o LED de porta, acrescentar LEDs utilizando o mesmo resistor e façam alterações na programação.

Terceira Etapa

Compreendendo o sistema divisor de tensão e fazendo o tratamento dos dados obtidos com o Arduino

Tempo estimado: 4 horas

Objetivo: Compreender o funcionamento do divisor de tensão e utilizá-lo para fazer a leitura dos resistores utilizados na oficina, fazendo o tratamento dos dados obtidos.

Materiais utilizados: Arduino, computador, LDR, LED, proto-board, resistores e termistores PTC/NTC.

Atividade a ser desenvolvida:

Teoria:

Explicar como funciona um sistema divisor de tensão através da associação de dois resistores em série, com o objetivo de se obter uma determinada fração da tensão. Mostrar que a tensão nos terminais de cada resistor é proporcional a sua resistência elétrica e que pode ser calculado utilizando a seguinte relação Usada = $\frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{entrada}$.

Prática:

- Montar um sistema divisor de tensão utilizando um LDR e um resistor de 10kΩ.
- Montar um sistema divisor de tensão utilizando um termistor e um resistor de 10kΩ, utilizando o exemplo acima.
- Para fazer a leitura dos dados captados pelo LDR/Termistor (Figura 5.16), utilize o “monitor serial”.

Figura 5.16: Estrutura de programação para fazer a leitura dos dados pelo monitor serial.

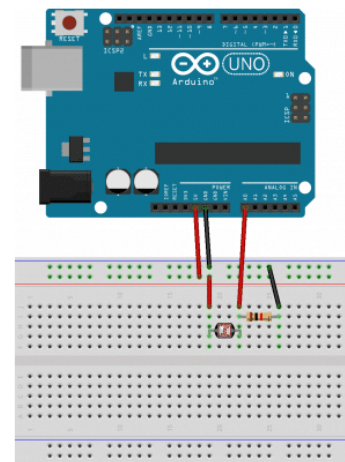


- Calibrar os sensores (Lux, °C), encontrando uma equação de transformação dos dados obtidos nos sensores para as unidades

Atividades práticas:

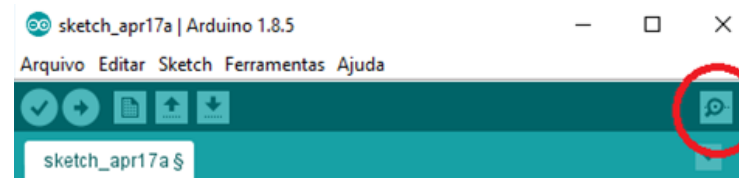
Monte um sistema divisor de tensão utilizando um LDR e um resistor de 10kΩ (Figura 5.17). Com o multímetro, mostre aos alunos que o valor total da tensão (5V) é igual a soma da tensão de cada resistor. Monte um sistema divisor de tensão utilizando também um termistor.

Figura 5.17: Sistema divisor de tensão com um LDR e um resistor de 10kΩ



Para fazer a leitura dos dados obtidos no LDR, utilizaremos o monitor serial do Arduino, que se encontra no canto superior direito da IDE (Figura 5.18).

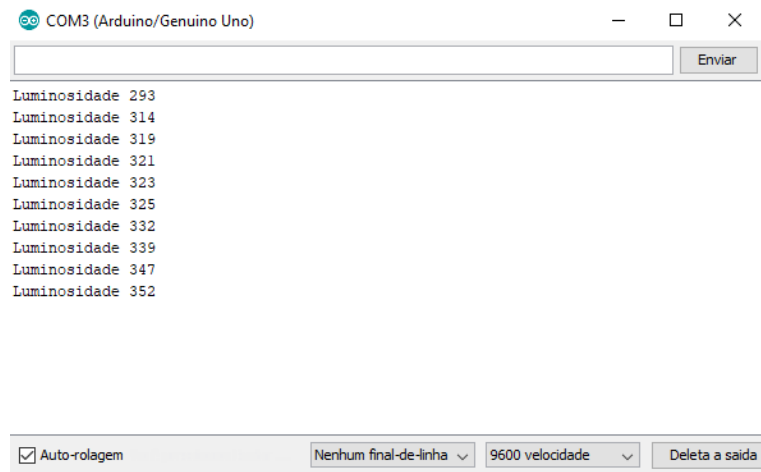
Figura 5.18: Localização do monitor serial do Arduino



No monitor serial aparecerão dados obtidos pelos sensores em uma escala de 0 a 1023 sendo 0 (0V) e 1023 (5V) (Figura 5.19). Qualquer valor entre 0 e 1023 terá um valor proporcional entre 0V e 5V. Para fazer o tratamento desses dados

será necessário calibrar os sensores e encontrar equações de conversão para as grandezas físicas em questão (temperatura, luminosidade, etc.).

Figura 5.19: Dados obtidos no monitor serial



Faça a programação no Ardublock, utilizando a função “imprime” (Figura 5.20) e junto com o pino analógico A0 (de acordo com o exemplo de montagem).

Figura 5.20: Exemplo de programação utilizando Ardublock



Quarta Etapa

Construindo uma estação meteorológica com os resistores utilizados na oficina

Tempo estimado: 4 horas

Objetivo: Montar uma estação meteorológica em equipe, aplicando as habilidades desenvolvidas durante a oficina.

Materiais utilizados: Arduino, computador, LDR, LED, multímetro, motor DC – 5V, protoboard, resistores e termistores PTC/NTC.

Atividade a ser desenvolvida:

Os alunos deverão construir uma estação meteorológica com os sensores utilizados e calibrados na oficina. Durante as etapas, os grupos já montaram individualmente um sensor de luminosidade e um sensor de temperatura, encontrando suas equações características. Podem utilizar o motor 5V DC com um circuito divisor de tensão para construir um anemômetro. O desafio será montar e programar todos os sensores em conjunto (Figura 5.21), de modo que os dados possam ser observados pelo monitor serial e, se disponível, em um LCD. Para organizar os circuitos, pode-se utilizar uma caixa para disjuntores, que possui uma abertura para fixação do LCD (Figura 5.22).

Figura 5.21: Sensor de luz, temperatura e velocidade

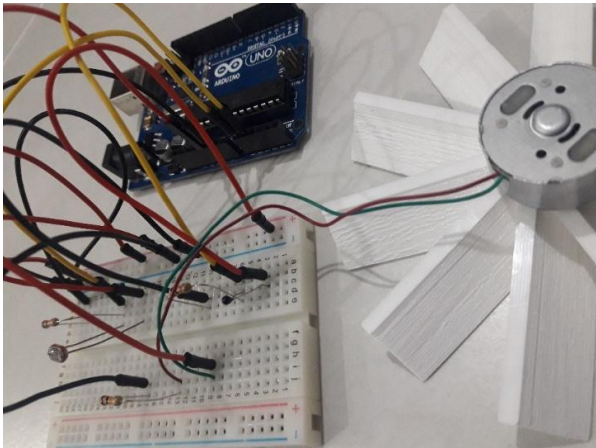


Figura 5.22: Caixa para disjuntor



Nesse momento, espera-se que os alunos percebam a necessidade de se implementar outros sensores, como por exemplo: sensor de nível d'água, sensor de umidade, display LCD entre outros.

CAPÍTULO 6

EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DA LUZ NA FORMA DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Sandro de Moraes Ribas e Fabio Rafael Segundo

Apresentação

Este produto educacional é composto por três experimentos destinados a auxiliar professores do ensino médio no ensino do espectro eletromagnético da luz. Cada experimento apresenta um nível de complexidade diferente, iniciando com um experimento introdutório que explora a mistura das cores da luz. Neste primeiro experimento, utiliza-se um LED RGB controlado por potenciômetros, permitindo que os alunos verifiquem experimentalmente a formação de todas as cores de luz a partir da combinação das três cores primárias: vermelho, verde e azul.

O segundo experimento é uma adaptação do experimento de William Herschel, que forneceu as primeiras evidências da radiação infravermelha. Nesse experimento, os alunos terão a oportunidade de medir a temperatura das cores da luz solar dispersas por um prisma e verificar que, além da cor vermelha, existe uma temperatura associada a uma faixa de luz que pertence ao infravermelho. Para a realização deste experimento, recomenda-se o uso de um termômetro construído com Arduino e o sensor DS18B20, que permite detectar variações de temperatura com precisão de décimos de grau Celsius. As instruções para a construção do termômetro estão disponíveis neste material.

O terceiro experimento proposto é a construção de um espectrômetro de baixo custo, capaz de gerar o espectro de diferentes fontes luminosas, envolvendo o infravermelho até uma parte do ultravioleta. Essa ferramenta pode ser explorada pelo professor de diversas maneiras, conforme o objetivo da aula.

Para os dois primeiros experimentos, é sugerido um roteiro experimental para auxiliar na execução da atividade, uma vez que nesses casos os alunos precisam manipular os materiais.

A fim de auxiliar o professor na aplicação dos experimentos, são propostas três sequências didáticas, uma para cada experimento, desenvolvidas com base na metodologia dos três momentos pedagógicos.

Os Experimentos

Os experimentos foram desenvolvidos para auxiliar o professor durante as aulas, permitindo aos alunos observar na prática conhecimentos teóricos que muitas vezes são apenas transmitidos de forma abstrata. Os materiais utilizados na construção dos experimentos são de fácil acesso, e o processo de montagem não é complexo, facilitando a preparação das aulas pelo professor. Além disso, se for de interesse do professor, os experimentos podem ser construídos junto com os alunos, promovendo um maior envolvimento e compreensão, para posterior utilização em sala de aula. Na sequência são apresentados três experimentos: a mistura de cores, a temperatura da luz e o espectro de frequência da luz.

Experimento 1: Mistura De Cores Com Led Rgb

Montagem do circuito

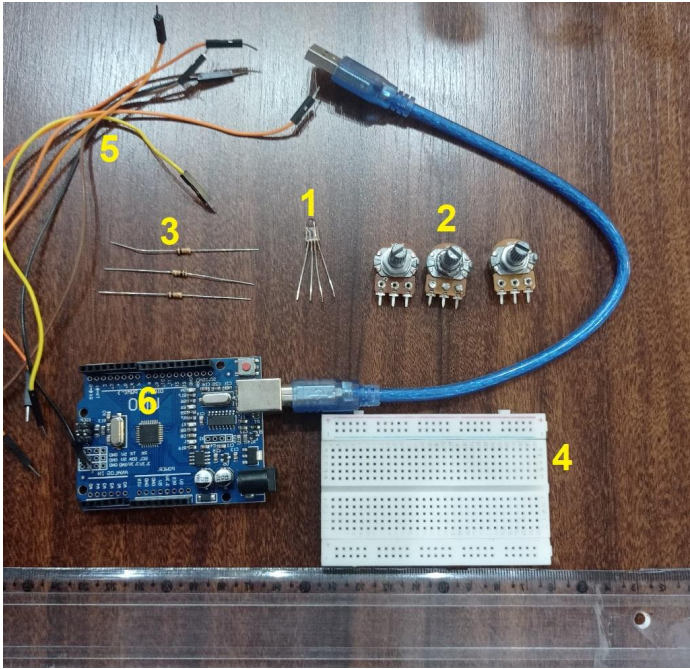
Para pode realizar esse experimento será necessário os materiais listados na tabela 1 abaixo:

Tabela 6.1 - Materiais do experimento mistura de cores

Número	Materiais/Programas	Quantidade
1	LED RGB	1
2	Potenciômetros 10 k	3
3	Resistor 330 Ohms	3
4	Protoboard	1
5	Jumpers	8
6	Fonte de energia 5 V (Arduino Uno e Chromebook)	1

A figura 1, apresenta a foto da lista de materiais da Tabela A1 juntamente com uma régua para poder verificar a escala.

Figura 6.1 - Foto dos materiais utilizados no experimento de Mistura de Cores

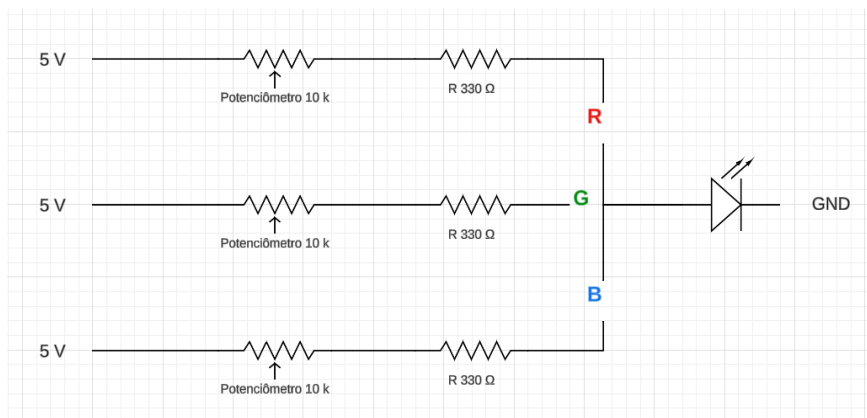


Instruções para Montagem

A figura 2, mostra o diagrama elétrico para a montagem desse circuito. Nele, cada potenciômetro controla uma das cores do LED RGB (R, G, B.), e os resistores de 330 ohms es-

tão conectados em série com cada cor para limitar a corrente. A fonte de 5V alimenta o circuito, e o cátodo comum do LED está conectado ao GND (negativo da fonte). A figura A2 mostra o diagrama elétrico da ligação.

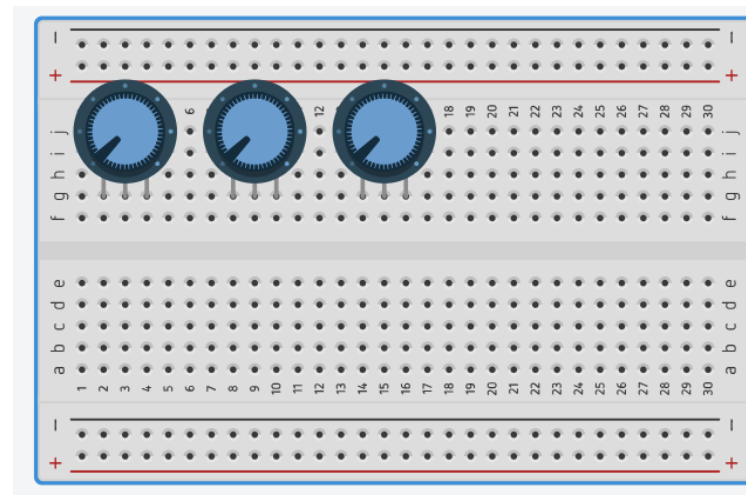
Figura 6.2: Diagrama elétrico do experimento LED RGB



A seguir é relatado o passo a passo para a montagem do circuito elétrico de acordo com a lista de materiais proposta

- **Posicionamento dos Potenciômetros:** Comece inserindo os três potenciômetros na protoboard, como mostrado na Figura A3. Eles serão responsáveis por controlar a intensidade de cada cor do LED RGB.

Figura 6.3: posicionamento dos potenciômetros



- **Conexão do LED RGB:** Insira o LED RGB na protoboard. O LED possui quatro terminais ("pernas") como pode ser visto na Figura 6.4. A perna mais longa é o cátodo (negativo), enquanto as outras três são os ânodos (positivos) correspondentes às cores vermelho, verde e azul.
- **Ligação dos Potenciômetros:** Conecte cada potenciômetro a um dos ânodos do LED RGB. Cada potenciômetro controlará a corrente que passa por uma das cores, ajustando assim a intensidade da luz emitida.
- **Instalação dos Resistores:** Conecte os resistores de 330Ω em série com os potenciômetros. Isso protegerá o LED contra sobrecargas de corrente, prevenindo possíveis danos. A Figura 6.5 mostra ligação dos resistores com os potenciômetros ao LED RGB.

Figura 6.4: Terminais do LED RGB

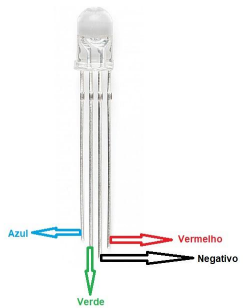
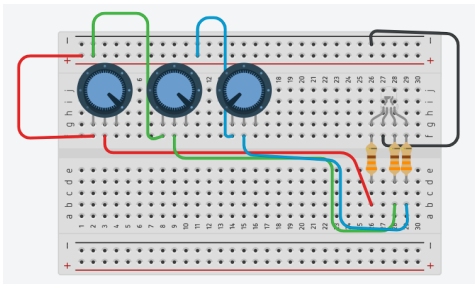
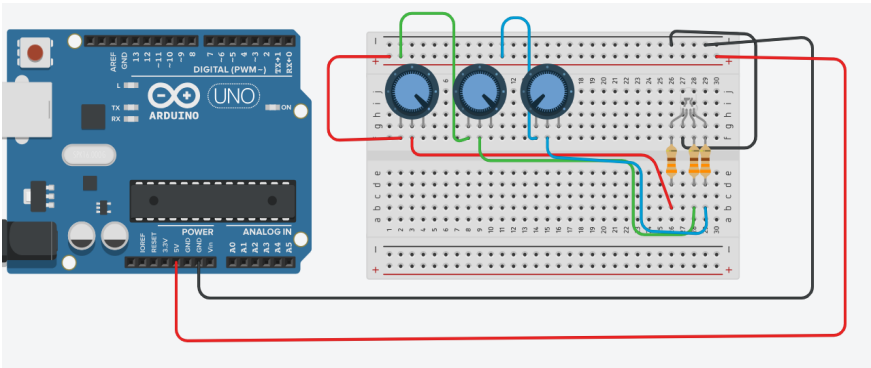


Figura 6.5: ligação elétrica dos resistores.



- **Conexão à Fonte de Energia:** Conecte a fonte de energia de 5V aos trilhos de alimentação da protoboard (positivo e negativo). Certifique-se de que o cátodo do LED esteja conectado ao trilho negativo da protoboard. Neste exemplo foi utilizado um Arduino conectado a um Chromebook como fonte de alimentação como pode ser visto na figura 6.

Figura 6.6: Terminais do LED RGB



- **Ligação e Teste:** Com todos os componentes conectados corretamente, ligue a fonte de energia. O LED RGB deve acender, e a intensidade das cores pode ser ajustada girando os potenciômetros.

Este experimento foi desenvolvido para proporcionar aos alunos uma experiência prática que complementa os conhecimentos teóricos sobre cores e suas combinações. Através da manipulação das cores primárias (vermelho, verde e azul), os alunos poderão observar como a mistura dessas cores pode gerar cores secundárias e outras tonalidades, aprofundando a compreensão dos princípios da luz e da cor. A seguir é proposta uma sugestão de roteiro experimental para auxiliar o professor.

Roteiro Experimental para a mistura das cores

Mistura de Cores com LED RGB e Potenciômetros

- Objetivo: Demonstrar como a combinação das cores primárias (vermelho, verde e azul) nos potenciômetros permite a formação de diferentes cores através do controle da intensidade luminosa do LED RGB.
- Passo 1: Preparação
Organize todos os materiais necessários em uma área de trabalho limpa e segura.
- Passo 2: Montagem do circuito
- Consultar material acima
- Passo 3: Configurando os potenciômetros
- Realize um movimento suave no sentido horário em cada potenciômetro para aumentar gradativamente a intensidade de cada cor (vermelho, verde e azul) individualmente e observar o efeito na coloração e intensidade da luz. Continue girando até atingir o máximo e, em seguida, retorne-o à posição zero.
 - Identifique o potenciômetro de cada cor
- Passo 4: Explorando a mistura de cores
- Combine duas ou três cores, ajustando os potenciômetros correspondentes, e observe as cores resultantes da mistura.
 - Encontre a combinação de cores primárias (Vermelho, verde e azul) que formam as cores secundárias (Amarelo, ciano e magenta).
 - Descubra a combinação de cores que forma o branco.
 - Experimente diferentes proporções/intensidades das cores primárias para criar uma ampla variedade de cores intermediárias.
 - Anote suas observações detalhadamente, registrando as combinações de potenciômetros e as cores resultantes.

Experimento 2: O Experimento De Herschel

Este experimento tem como objetivo explorar as diferentes temperaturas associadas às cores da luz solar dispersa por um prisma, destacando a descoberta de uma cor "invisível" conhecida como infravermelho. Ao medir a temperatura em

diferentes regiões do espectro visível e na região ao lado do vermelho, onde não há luz visível (do espectro gerado pelo prisma), os alunos poderão identificar a presença do infravermelho, uma forma de radiação não visível a olho nu, mas detectável pelo calor que emite.

Para obter medições precisas, recomenda-se o uso de um termômetro digital construído com Arduino e o sensor de temperatura DS18B20, que permite detectar variações de temperatura com precisão de décimos de grau Celsius. Essa precisão é importante para observar as diferenças de temperatura entre as diversas cores do espectro e a região do infravermelho.

O termômetro digital proposto é versátil e pode ser aproveitado em outros experimentos. O sensor DS18B20, sendo selado, é adequado para medir a temperatura de líquidos. Por essa característica, o termômetro é uma ferramenta ideal para vários experimentos de calorimetria.

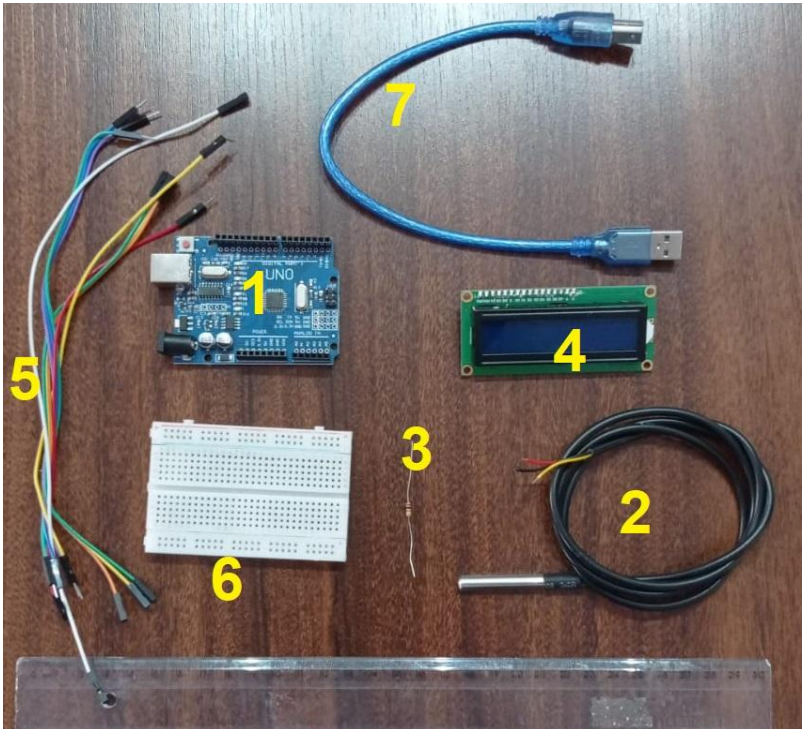
Montagem do termômetro digital

Materiais necessários:

Número	Quantidade	Materiais
1	1	Arduino Uno (ou qualquer outro modelo compatível)
2	1	Sensor de temperatura DS18B20 (à prova d'água)
3	1	Resistor de 4.7k ohms
4	1	Display LCD 16x2 com módulo I2C integrado
5	9	Jumpers (cabos) para conexões
6	1	Protoboard
7	1	Cabo para a conexão do arduino ao computador

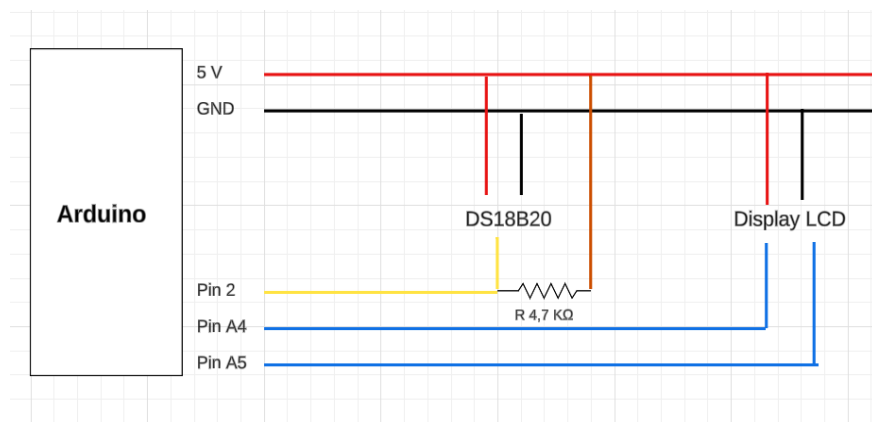
A figura 7, mostra a imagem dos materiais necessários para a construção do termômetro digital juntamente com uma régua para comparação de tamanho.

Figura 6.7: Materiais utilizados para a construção do termômetro digital.



O diagrama elétrico para a construção do termômetro digital com os materiais recomendados está ilustrado na figura 8, mostrada abaixo. Em seguida, cada etapa da conexão do sensor DS18B20 e do display LCD será detalhadamente explicada. Após a montagem física, será demonstrado o processo completo para carregar o código no Arduino, começando do zero, desde o download do software até a configuração final do sensor em pleno funcionamento.

Figura 6.8: Terminais do LED RGB



Conexões Físicas do Sensor DS18B20

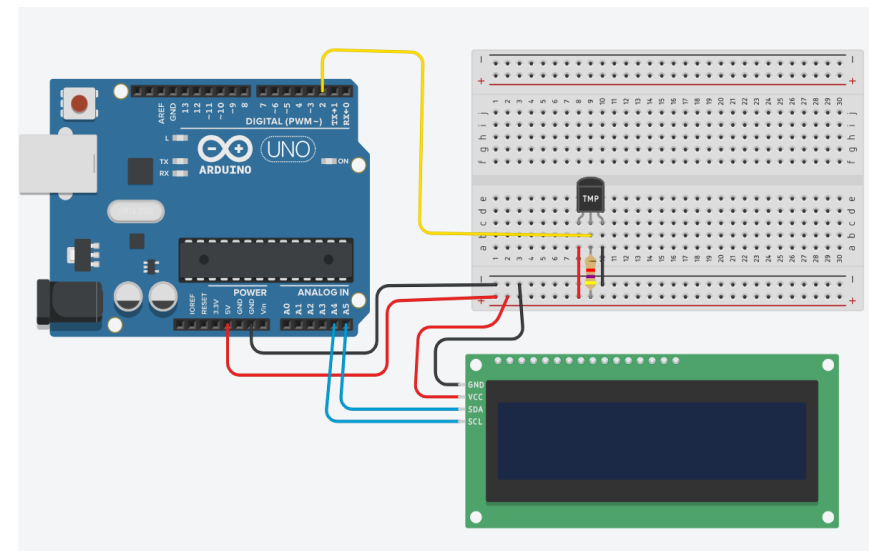
- Conecte o pino de 5V do Arduino na trilha positiva da protoboard e o GND do Arduino na trilha negativa.
- Conecte o pino VCC do sensor DS18B20 a trilha positiva da protoboard.
- Conecte o pino GND do sensor DS18B20 a trilha negativa da protoboard..
- Conecte o pino DATA (amarelo) do sensor DS18B20 ao pino digital 2 do Arduino.
- Conecte uma extremidade do resistor de 4,7 k ohms ao pino DATA do sensor DS18B20, e a outra extremidade do resistor deve ser conectada a trilha positiva da protoboard. Essa configuração é necessária para o funcionamento correto do sensor.

Conexões físicas do Display LCD

- Conecte os pinos VCC e GND do display LCD às trilhas positiva e negativa da protoboard.
- Conecte o módulo I2C do display LCD aos pinos SDA e SCL do Arduino. Esses pinos podem variar dependendo do

modelo do seu Arduino, mas geralmente são os pinos A4 e A5 no Arduino Uno.

Figura 6.9: Ligação elétrica do sensor.



A Figura 6.9 mostra a conexão correta do sensor de temperatura, identificado como 'TMP', e do display LCD, destacando a disposição dos componentes no circuito.

Configuração do código

Passo 1: Baixar a Arduino IDE

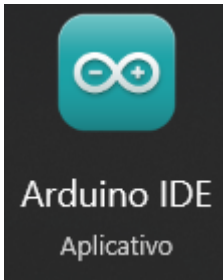
- Acesse o Site Oficial: Abra o navegador e acesse o site oficial da Arduino em <https://www.arduino.cc/en/software>
- Vá para a Seção de Downloads: No menu principal, clique em "Software" e selecione "Downloads" no submenu.
- Escolha a Versão Adequada: Na página de downloads, escolha a versão da Arduino IDE compatível com o seu sistema operacional:
 - Windows: Selecione entre a versão instalada (Windows Installer) ou a versão portátil (ZIP file).

- MacOS: Clique no link para a versão compatível com macOS.
- Linux: Escolha entre as versões 32 bits, 64 bits ou ARM.
- Iniciar o Download: Clique no botão de download correspondente. Será solicitada uma doação opcional para o projeto Arduino; você pode optar por doar ou clicar em "Just Download" para iniciar o download gratuito.
- Após o download, localize o arquivo .exe baixado e clique duas vezes para executar o instalador.
- Siga as instruções na tela, aceitando os termos de uso e selecionando as opções de instalação padrão.
- Clique em "Install" para começar a instalação. Uma vez concluída, clique em "Finish" para sair do instalador.

Passo 2: Primeira Execução:

- Abra a Arduino IDE a partir do menu de aplicativos (ou clicando no ícone no Windows/macOS). A figura 10 mostra o ícone do aplicativo Arduino IDE

Figura 6.10: Ícone do Aplicativo.

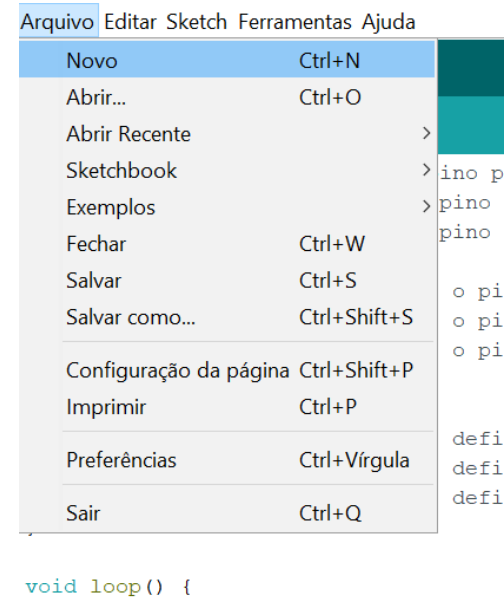


- Na primeira execução, você pode ser solicitado a instalar drivers adicionais para comunicação com a placa Arduino. Siga as instruções na tela para completar essa etapa.

Passo 3: Carregando o código

- Crie uma nova Sketch (área de programação), acessando Arquivo -> Novo. Conforme visto na figura 11.

Figura 6.11: Comando para criar uma nova área de programação.



- Apague o código presente no Sketch, copie o código na Tabela 6.2 abaixo e cole-o na janela do sketch.

Tabela 6.2: Programação do termômetro digital

```
#include <OneWire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Endereço do módulo I2C e tamanho do display
byte temperature[8];

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
}

void loop() {
  float tempC;

  if (oneWire.reset()) {
    oneWire.select(temperature);
    oneWire.write(0x44); // Inicia a conversão da temperatura
    delay(1000); // Aguarda a conversão ser concluída

    oneWire.reset();
    oneWire.select(temperature);
    oneWire.write(0xBE); // Solicita a leitura do sensor

    for (byte i = 0; i < 9; i++) {
      temperature[i] = oneWire.read();
    }

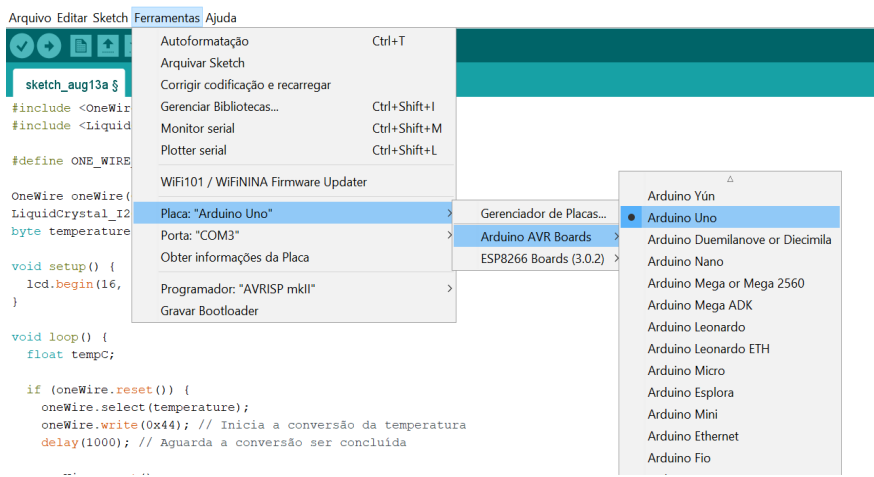
    int tempRaw = (temperature[1] << 8) | temperature[0];
    tempC = (float)tempRaw / 16.0;

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Temp: ");
    lcd.print(tempC);
    lcd.write(223); // Imprime o símbolo do grau Celsius

    delay(1000);
    lcd.clear();
  }
}
```

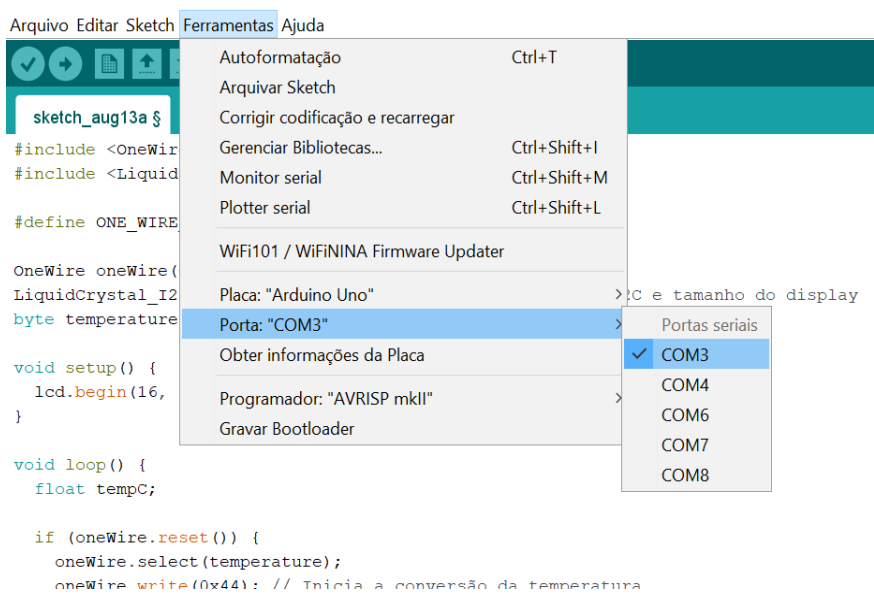
- Conecte a sua placa Arduino ao computador usando o cabo USB.
- Na IDE, vá até o menu Ferramentas -> Placa e selecione o modelo da sua placa Arduino. Nesse exemplo foi utilizado o Arduino UNO, conforme mostrado na Figura 6.12.

Figura 6.12: Caminho para selecionar a placa do Arduino.



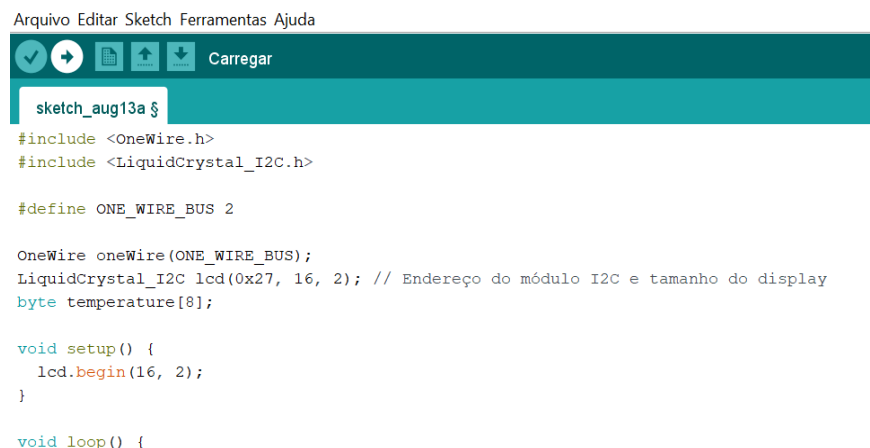
- Ainda em Ferramentas -> Porta, selecione a porta serial correspondente à placa Arduino conectada. A figura 13 mostra o local para selecionar a porta USB.

Figura 6.13: Caminho para selecionar a porta USB.



- Clique no botão de "Upload/Carregar" (ícone de seta para a direita) para compilar e carregar o código na placa Arduino, conforme mostrado na figura 14.

Figura 6.14: Ícone para carregar o código



Se tudo estiver correto, após o carregamento do código, o termômetro digital estará pronto para uso. O display LCD exibirá a temperatura medida pelo sensor DS18B20 em graus Celsius, com atualizações a cada segundo.

Roteiro para o experimento de Herschel

O experimento de Herschel ou da radiação infravermelha

Objetivo: Verificar a existência da radiação infravermelha por meio de um experimento simples utilizando um prisma, caixa de papelão e termômetro.

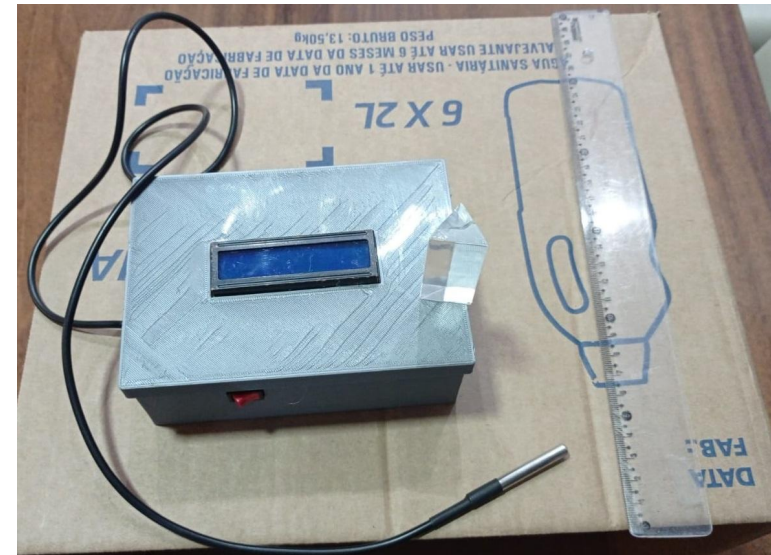
Materiais Necessários para a do experimento

- Termômetro digital ou sensor de temperatura;
- Um prisma ou outro material que separe a luz branca no espectro de cores;
- Uma fonte de luz (como o Sol ou uma lâmpada incandescente);
- Caixa de papelão;
- Fita adesiva;
- Tesoura ou estilete;

A figura E1 mostra os materiais utilizados com uma régua para a comparação de tamanho.

Figura E1: Materiais utilizados no experimento

O experimento de Herschel ou da radiação infravermelha



Dicas de segurança:

- Nunca olhe diretamente para o sol durante o experimento.
- Tome cuidado ao manusear a tesoura ou estilete.
- Certifique-se de realizar o experimento em um local seguro, longe de materiais inflamáveis ou objetos que possam causar danos.

Procedimento 1: Preparação do experimento;

- Reúna todos os materiais necessários.
- Pegue a caixa de papelão e identifique uma das laterais para ser a parte que irá acomodar o prisma.
- Usando a tesoura ou estilete, corte uma janela retangular na parte frontal da caixa. Certifique-se de que a janela seja grande o suficiente para acomodar o prisma e permitir a entrada de luz.
- Insira o prisma cuidadosamente na janela (retângulo) que foi cortada na caixa, conforme visto na Figura E2.

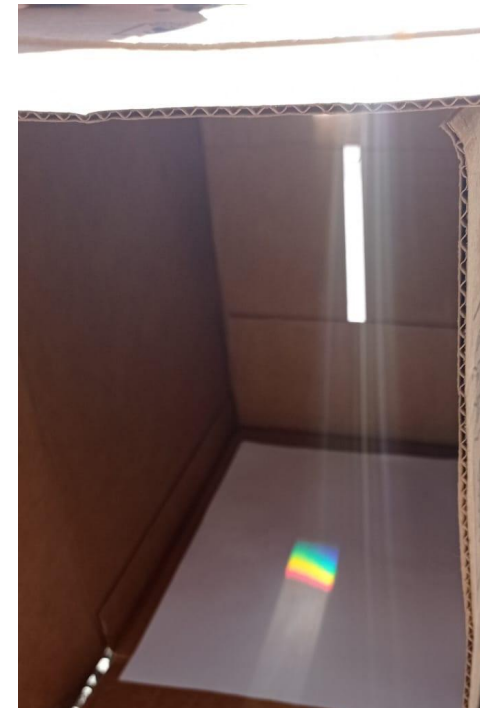
Figura E2 : Prisma posicionado no retângulo recortado da caixa.

O experimento de Herschel ou da radiação infravermelha



- Coloque uma folha branca no fundo da caixa
 - Certifique-se de que o prisma esteja bem fixado e posicionado de forma que a luz solar incida sobre ele e projete o espectro de cores no fundo da caixa;
- A Figura E3 mostra como deve ficar o espectro de luz formado dentro da caixa.
- Figura E3: Espectro de luz gerado pelo prisma.

O experimento de Herschel ou da radiação infravermelha



Procedimento 2: Realização do experimento.

- Escolha um local ensolarado e seguro para realizar o experimento.
- Verifique a posição do prisma, se for necessário faça ajustes para projetar o espectro de cores no fundo da caixa.
- Coloque o sensor de temperatura sobre as cores e aguarde cerca de 30 segundos em cada cor para registrar a temperatura.
- Faça os registros de cor e temperatura em seu material de estudos;
- Posicione o sensor de temperatura ao lado do espectro de cor, ao lado do vermelho e do violeta, faça as anotações de temperatura.

Procedimento 3: Análise dos resultados.

- Após o tempo de observação, analise os registros de temperatura e observe as mudanças ao longo do tempo.
- Identifique e registre quaisquer padrões ou tendências que possam ter surgido.

Procedimento 4: Conclusões e discussões.

- Com base nos resultados e nas observações, faça conclusões sobre a existência da radiação infravermelha e sua relação com a refração da luz pelo prisma.
- Discuta com seus colegas as conclusões alcançadas, comparando seus resultados e observações.
- Compartilhe ideias sobre a importância da radiação infravermelha em nossa vida cotidiana e possíveis aplicações em áreas como astronomia, meteorologia e tecnologia.

Experimento 3 - Espectro De Frequência Da Luz: Espectrômetro

A construção original do espectrômetro proposto neste trabalho está disponível no site <https://www.theremino.com/pt/downloads/automation#spectrometer>. Este experimento oferece ao professor uma ferramenta para utilizar nas aulas sobre espectros de luz, permitindo uma abordagem prática e interativa para explorar a composição e as características da luz emitida por diferentes fontes.

Ao utilizar o espectrômetro, os alunos podem visualizar diretamente o espectro de luz, facilitando a compreensão de conceitos como dispersão, comprimento de onda, e a relação entre cor e energia.

Construção do Espectrômetro

Materiais necessários

Quantidade	Materiais	Objetivo
1	Webcam	A câmera será utilizada para capturar o espectro de luz.
1	DVD	Será usado como grade de difração para dispersar a luz.
1	Caixa	Pode ser uma caixa de papelão pequena, com tampa ou abertura para inserção dos componentes.

A Figura 6.15 mostra os materiais utilizados na construção do espectrômetro.

Figura 6.15: Materiais utilizados na construção do espectrômetro .



Figura 6.16: Abertura lateral na caixa.



Montagem do espectrômetro

Passo 1: Preparação da Caixa

Escolha uma caixa que possa ser fechada para bloquear a entrada de luz externa; uma caixa de sapato é uma opção adequada. Certifique-se de que a caixa seja grande o suficiente para acomodar a câmera. Pinte a caixa de preto, especialmente o interior, para minimizar reflexões de luz. Em uma das laterais da caixa, faça uma pequena abertura que servirá como entrada para a luz que será analisada. A Figura 6.16 mostra como deve ser feito a abertura lateral na caixa.

Passo 2: Preparando a Webcam

Para este experimento, é necessário utilizar uma webcam com o filtro infravermelho separado da lente, pois o filtro precisa ser removido para que o espectro de luz captado pelo espectrômetro não seja limitado. No modelo de webcam utilizado, havia seis LEDs ao redor da entrada de luz, que precisaram ser removidos para evitar interferências nas leituras do espectrômetro. A Figura 6.17 mostra a remoção do filtro infravermelho, localizado atrás da lente da webcam.

Passo 3: Preparando a Rede de Difração

A rede de difração será criada a partir de um pequeno segmento de um DVD. Corte uma parte do DVD e remova qualquer adesivo ou camada superficial para garantir que a seção fique transparente. Essa parte será fixada na frente da entrada de luz da webcam. Recomenda-se utilizar cola quente para colar a rede de difração, conforme mostrado na Figura 6.18.

Figura 6.17: Remoção do filtro infravermelho.



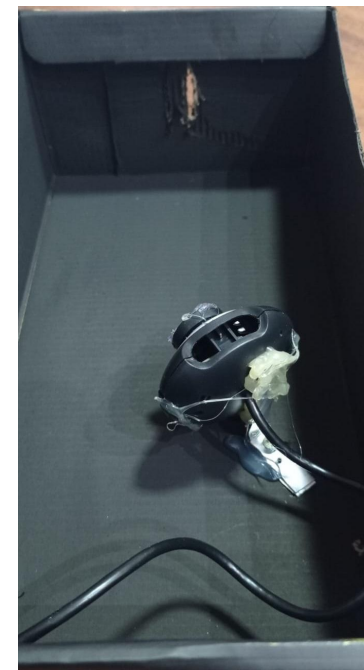
Figura 6.18: Rede de difração colada na entrada de luz da webcam..



Passo 4: Fixando a Webcam

Fixe a webcam dentro da caixa, posicionando-a em frente à abertura por onde a luz entra. A webcam deve ser inclinada de maneira que os raios de luz atinjam a rede de difração em um ângulo, conforme ilustrado na Figura 6.19. Com essa etapa, a parte física do espectrômetro estará concluída.

Figura 6.19: Posicionando a webcam dentro da caixa.



Passo 5: Instalação do Software Theremino Spectrometer

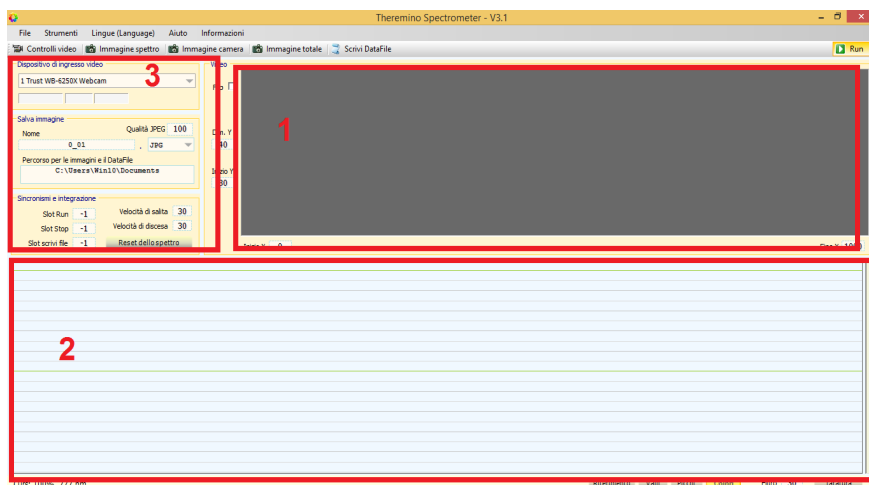
Baixe o aplicativo gratuitamente no site <https://www.there-mino.com/pt/downloads/automation#spectrometer>. Após o download, execute o programa para instalar o aplicativo. Ao concluir a instalação, o ícone do Theremino Spectrometer aparecerá na área de trabalho do computador.

Ao abrir o aplicativo, a tela exibirá a interface mostrada na Figura 6.20. Ela é dividida em três regiões principais:

- Região 1: Exibe o espectro de luz captado pela lente da webcam.
- Região 2: Gera um gráfico da intensidade da luz (eixo vertical, sem unidade) em função do comprimento de onda em nanômetros (eixo horizontal).

- Região 3: Destinada à seleção automática da webcam e a outras configurações, que não devem ser alteradas.

Figura 6.20: Interface do aplicativo.



Passo 6: Utilizando o Espectrômetro

Para utilizar o espectrômetro, conecte o cabo da webcam ao computador. O aplicativo irá detectar a webcam automaticamente. Em seguida, basta apontar o espectrômetro para uma fonte de luz, e ele gerará o espectro correspondente. A Figura 6.21 mostra o espectro de luz gerado por uma lâmpada LED.

A Figura 6.22 apresenta o espectro gerado por uma lâmpada fluorescente. Com base nesses espectros, é possível realizar comparações, analisando a intensidade, o comprimento de onda e identificando se o espectro é contínuo ou discreto.

Observações:

Se o espectrômetro não gerar o espectro de luz, pode ser necessário realizar alguns ajustes na webcam. Primeiro, tente ajustar a inclinação da webcam em relação à fenda de entrada de luz. Se isso não resolver o problema, ajuste a rede

de difração na entrada da webcam, girando-a gradualmente até encontrar o ângulo correto.

Figura 6.21: Espectro de luz de uma lâmpada LED.

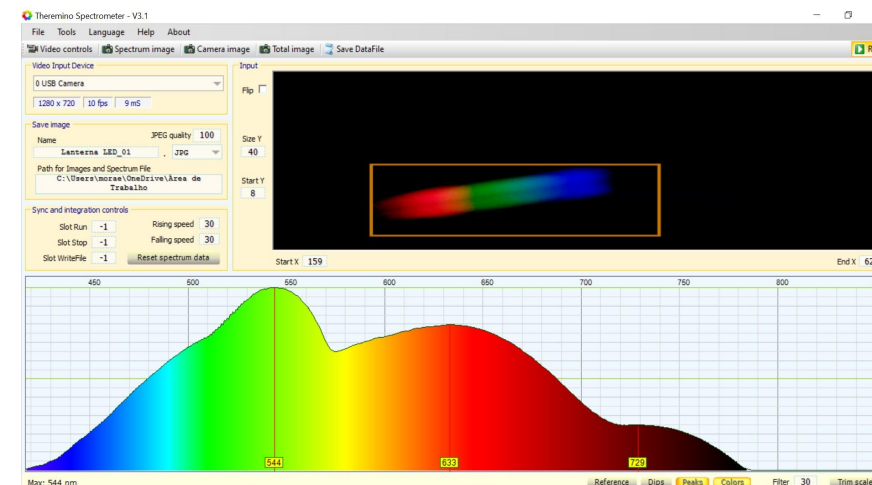
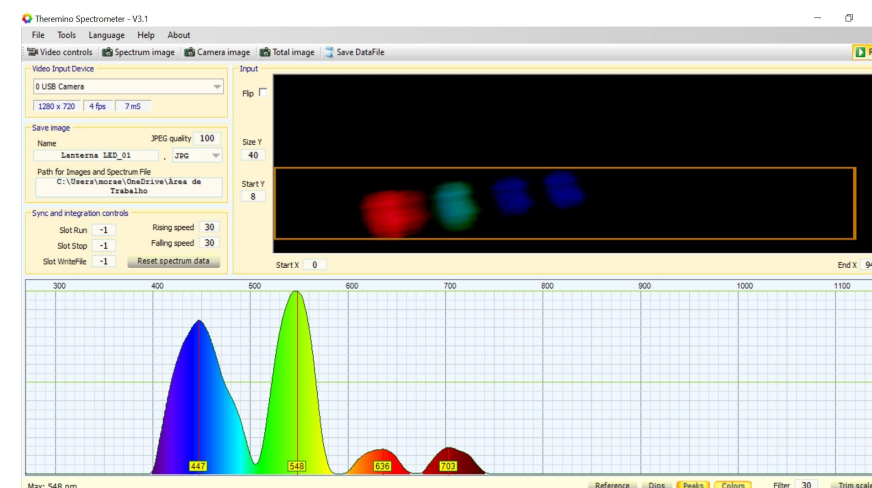


Figura 6.22: Espectro de luz de uma lâmpada LED.



Sequência Didática

As aulas para aplicação dos experimentos foram planejadas com base na metodologia dos três momentos pedagógicos, dividindo a sequência didática em três momentos. O primeiro momento, denominado problematização inicial, consiste em uma conversa para explorar os conhecimentos prévios dos alunos. Durante esta etapa, o professor utiliza perguntas do material para incentivar os estudantes a pensar de maneiras diferentes sobre o assunto.

A organização do conhecimento realizada no segundo momento, é elaborada para a aplicação dos experimentos e a explanação dos conteúdos relacionados a eles. Assim, os alunos são introduzidos aos conceitos científicos pertinentes aos experimentos, enquanto têm a oportunidade de manipular os materiais e realizar observações e anotações.

Seguindo para a aplicação do conhecimento no terceiro momento pedagógico, as atividades práticas destinadas a consolidar o aprendizado vão estar envolvidas. Para cada sequência didática abordando assuntos diferentes, são propostas situações-problema para os experimentos envolvendo a mistura de cores e o espectrômetro, além de perguntas e a elaboração de um mapa conceitual, por exemplo.

Assim, utilizando essa abordagem, são propostas 3 sequências didáticas para estudo da luz com os experimentos já apresentados.

Sequência Didática 1 Para O Experimento Mistura Das Cores

Primeiro momento pedagógico: A problematização inicial

O tempo estimado para esse momento é de 15 a 30 minutos, dependendo da interação dos alunos.

O professor dá início à aula comentando sobre o tema e adotando uma abordagem interativa, lançando questionamentos aos alunos para sondar os conhecimentos prévios acerca dos conceitos que serão explorados. Nesse contexto, são propostas uma série de perguntas:

Quadro 6.1: Perguntas utilizadas no momento pedagógico de problematização da sequência didática 1 sobre a composição de cores

- 1 - A luz possui alguma cor? Se a resposta for sim, qual é a cor da luz?
- 2 - Você já observou alguma vez a luz mudar de cor? Se sim, em que situações isso ocorreu?
- 3 - Ao olhar para um arco-íris, você já se perguntou por que ele exibe diferentes cores? Consegue explicar o motivo?
- 4 - Existe alguma possibilidade em que um objeto que é originalmente de uma única cor, como verde, possa parecer ter uma cor diferente sem ter sido pintado?

Essas perguntas são feitas com o intuito de estimular a reflexão e provocar divergências nas respostas dos alunos, promovendo um ambiente propício à exploração, a curiosidade, e ao aprofundamento dos conceitos que serão abordados na aula. Essas mesmas perguntas podem ser feitas em uma roda de conversa, permitindo uma reorganização da sala para criar um ambiente diferenciado em comparação com a abordagem de uma aula tradicional.

Segundo momento pedagógico: Organização do conhecimento

O tempo estimado para esse momento é de 60 minutos.

Este momento tem como objetivo apresentar os princípios da decomposição da luz branca em cores, enfatizando as cores primárias da luz: vermelho, verde e azul. O professor deve iniciar a aula a partir das respostas obtidas no primeiro momento pedagógico, introduzindo os conceitos relacionados à luz e seus comprimentos de onda por meio de uma aula expositiva e dialogada. Após a explanação dos conteúdos, os alunos são convidados a colocar a “mão na massa”, reproduzindo o roteiro experimental disponível no item 1.1.2.

O experimento visa permitir que os alunos confirmem a teoria por meio de uma atividade prática. Antes de iniciar a atividade, é necessário que o professor explique à turma como o experimento deve ser conduzido, detalhando a função dos potenciômetros para obter o resultado final e orientando sobre como os alunos devem fazer as anotações para uma discussão posterior. Cada equipe receberá os equipamentos necessários e um roteiro experimental para realizar a atividade.

Após a conclusão da atividade, o professor deve reunir os alunos como um grande grupo e questioná-los sobre os resultados obtidos, verificando se eles confirmam a teoria. Caso alguma equipe obtenha um resultado que não corresponda à teoria, o professor deve promover um levantamento de hipóteses para identificar os fatores que possam ter influenciado os resultados.

Terceiro momento pedagógico: Aplicação do conhecimento

Esse momento tem um tempo estimado de 50 minutos.

Neste momento, o professor deve estimular os alunos a aplicarem os conhecimentos adquiridos na organização do sa-

ber. Para isso, é proposta a resolução de uma situação-problema, onde os alunos devem chegar a uma solução plausível com base nos conhecimentos estudados nos momentos anteriores. O professor deve dividir os alunos em equipes e apresentar a seguinte situação-problema:

Quadro 6.2 - Situação problema do terceiro momento pedagógico para a sequência didática do experimento do LED RGB

“Imagine que vocês estão trabalhando em um estúdio de fotografia localizado em um edifício. Durante o dia, a luz solar que entra pelas janelas apresenta uma tonalidade esverdeada devido à vegetação próxima e aos vidros coloridos do edifício. À noite, o estúdio enfrenta outro desafio: a luz que entra pelas janelas tem uma tonalidade amarelada devido às lâmpadas de sódio nas ruas próximas. Os fotógrafos estão tendo dificuldades em capturar cores precisas nas fotos, especialmente em sessões de retratos. Apresentem uma solução para este problema fazendo uso da luz que entra pelas janelas.”

Após a conclusão das soluções propostas pelas equipes (20 minutos), é essencial que o professor promova o compartilhamento dessas propostas com toda a turma. O professor deve incentivar os alunos a fundamentar suas escolhas, com o propósito de reunir evidências de aprendizado significativo. Após todas as apresentações (20 minutos), o professor pode então introduzir sua própria solução. Essa solução envolve a utilização de lâmpadas de LED RGB no ambiente para combinar com a luz natural e obter a iluminação branca, ou a aplicação de filtros de luz nas janelas para equilibrar a luz e alcançar a tonalidade branca desejada. Assim encerrando a sequência didática.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2 PARA O EXPERIMENTO DE HERSCHEL

Primeiro momento pedagógico: A problematização inicial

Tempo estimado: 15 a 30 min.

O objetivo deste momento é levantar os conhecimentos prévios dos alunos. O professor inicia a aula comentando sobre o tema e adotando uma abordagem interativa, fazendo questionamentos para sondar o entendimento prévio dos alunos sobre os conceitos relacionados ao espectro eletromagnético que serão explorados. Nesse contexto, são propostas as seguintes perguntas apresentadas no quadro 3.

Essas perguntas são feitas com o intuito de estimular a reflexão e provocar divergências nas respostas dos alunos, promovendo um ambiente propício à exploração e ao aprofundamento dos conceitos que serão abordados na aula. Essas mesmas perguntas podem ser feitas em uma roda de conversa, permitindo uma reorganização da sala para criar um ambiente diferenciado em comparação com a abordagem de uma aula tradicional

Quadro 6.3: Perguntas utilizadas no momento pedagógico de problematização da sequência didática 2 sobre o experimento de Herschel

- 1 - Você provavelmente já ouviu falar sobre luz visível, mas luz invisível é possível existir? Pode explicar a diferença entre elas ou citar exemplos?
- 2 - Como a compreensão da diferença entre esses tipos de luz pode ser relevante em nossa vida diária?
- 3 - Existe algum tipo de tecnologia ou dispositivo que faz uso da luz invisível (ondas eletromagnéticas)?
- 4 - Essa luz invisível é prejudicial à nossa saúde?

Segundo momento pedagógico: A organização do conhecimento

Tempo estimado: 120 minutos.

Neste momento, o professor começa a partir dos conhecimentos prévios dos alunos sobre a "luz invisível", coletados durante a problematização inicial. Através de uma aula expositiva e dialogada, o professor vai gradualmente introduzindo os conceitos relacionados ao espectro eletromagnético e à classificação das ondas eletromagnéticas com base em seu comprimento de onda e frequência.

O professor deve destacar como o estudo da composição da luz branca desempenhou um papel crucial na descoberta de outras formas de radiação invisíveis aos nossos olhos. Um exemplo a ser citado é a radiação infravermelha, descoberta inicialmente por William Herschel. O professor deve explicar como o experimento de Herschel foi realizado, destacando a importância do prisma, que através da refração e dispersão da luz, possibilitou a descoberta da radiação infravermelha. Este é um experimento que os alunos terão a oportunidade de reproduzir.

Em seguida, o professor deve fornecer aos alunos os materiais e o roteiro experimental disponível no item 1.2.2 para a reprodução do experimento de Herschel. O professor deve coordenar a formação de grupos, ajustando-os conforme a disponibilidade de materiais e a quantidade de kits experimentais. Cada equipe executará o experimento de Herschel e fará as medições essenciais para coletar informações sobre a presença da radiação infravermelha, tal como Herschel observou.

Após a realização do experimento, os grupos se reunirão para compartilhar seus resultados e conclusões. O professor orientará uma discussão coletiva para sistematizar os aprendizados. Ele pode fazer perguntas como:

Quadro 6.4: Perguntas utilizadas na organização do conhecimento da sequência didática 2

- O que vocês observaram no experimento?
- O que esses resultados indicam sobre a radiação infravermelha?
- Como a temperatura detectada na faixa infravermelha se compara à temperatura observada na faixa de luz visível?
- Existem semelhanças ou diferenças na relação entre temperatura e radiação ultravioleta em comparação ao infravermelho?
- Herschel estava certo em afirmar que o infravermelho tem maior temperatura que a luz visível?
- Foi observada a presença de temperatura na região do ultravioleta?
- Qual a importância da descoberta de Herschel para a ciência?

Na sequência, o professor deve abordar as aplicações da radiação infravermelha em nosso dia a dia, incluindo exemplos como controle remoto, termômetros infravermelhos e tecnologia de comunicação sem fio. Ao concluir essa etapa, é importante destacar que a descoberta de Herschel representou o início da identificação de novas formas de radiação, atualmente categorizadas no espectro eletromagnético.

Terceiro momento pedagógico: A aplicação do conhecimento

Tempo estimado: 60 a 90 minutos.

Este momento pedagógico tem como objetivo reunir evidências da aprendizagem significativa dos alunos. Para isso, os alunos são convidados a responder individualmente às seguintes perguntas:

Quadro 6.5: Perguntas utilizadas no terceiro momento pedagógico da sequência didática do experimento de Herschel.

- 1 - O que você sabe sobre a descoberta da radiação infravermelha e o papel de Herschel nesse processo?
- 2 - Como a descoberta da radiação infravermelha contribuiu para a compreensão do espectro eletromagnético?
- 3 - Quais materiais ou tecnologias utilizam a radiação infravermelha e por que essa forma de radiação é mais adequada para essas aplicações?
- 4 - Baseado nos resultados do experimento, e em seus conhecimentos, como você descreveria a radiação infravermelha em relação à luz visível? Quais as diferenças entre essas duas formas de radiação?
- 5 - Quais são as propriedades comuns compartilhadas por todas as formas de radiação eletromagnética? Como elas são classificadas dentro do espectro eletromagnético?

Após os alunos responderem às perguntas, o professor deve fazer comentários sobre as respostas, discutindo o que esperava obter como resposta e abrindo espaço para que os alunos expressem suas dúvidas e opiniões. O professor deve estar atento a essas interações, pois podem evidenciar a aprendizagem significativa dos alunos. Ao concluir esta etapa, a aula deve caminhar para o seu encerramento. Nesta

fase, os alunos serão orientados a produzir um mapa conceitual do espectro eletromagnético. O professor deve explicar o que é um mapa conceitual e mostrar exemplos. É importante enfatizar que este mapa conceitual deve ser construído pelos alunos com base no que aprenderam nas aulas, sem pesquisar na internet para sua elaboração. Após os alunos entregarem o mapa conceitual, o professor apresenta considerações e correções sobre o mapa criado. Assim, se encerra essa sequência didática.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA 3 PARA O USO DO ESPECTRÔMETRO

Primeiro momento pedagógico: A problematização inicial

Tempo estimado: 15 a 30 minutos

O professor dá início à aula comentando sobre o tema e adotando uma abordagem interativa, lançando questionamentos aos alunos para sondar os conhecimentos prévios acerca dos conceitos que serão explorados. Nesse contexto, são propostas uma série de perguntas apresentadas no quadro 6.

Essas perguntas são formuladas para estimular a reflexão e provocar divergências nas respostas dos alunos, criando um ambiente propício para explorar e aprofundar os conceitos que serão abordados na aula. Elas também podem ser utilizadas em uma roda de conversa, permitindo a reorganização da sala para criar um ambiente diferenciado em relação à abordagem tradicional da aula. Como nas outras sequências didáticas apresentadas com essa abordagem, o professor deve estar atento às respostas dos alunos, pois estas indicam seus conhecimentos prévios neste momento.

Quadro 6.6: Perguntas utilizadas no momento pedagógico de problematização da sequência didática sobre o Espectro de luz.

- 1 - Existe diferença entre a luz solar e a luz das lâmpadas? Se sim, qual é?
- 2 - Por que não precisamos usar filtro solar para a luz de uma lâmpada comum?
- 3 - A luz é sempre a mesma, independentemente do tipo de lâmpada?
- 4 - Quais foram os motivos que levaram à proibição das vendas de lâmpadas incandescentes após 2016?
- 5 - Uma lâmpada artificial pode fornecer a luz adequada para a fotossíntese das plantas?

Segundo momento pedagógico: A organização do conhecimento

Tempo estimado: 120 minutos

Após concluir a discussão inicial com os alunos, o professor deve começar a introduzir os conceitos do espectro eletromagnético, explicando sua importância e aplicações, além de como as ondas eletromagnéticas são classificadas de acordo com sua frequência e comprimento de onda. Em seguida, o professor apresenta o espectroscópio, explicando sua função e o processo pelo qual ele decompõe a luz branca. Durante esta explicação, o professor pode destacar como essa decomposição revela a composição da luz proveniente de diferentes fontes, e como esse estudo é crucial para identificar a presença de radiações específicas ou elementos químicos nas fontes de luz.

Na sequência, o professor deve iniciar a demonstração prática com o espectrômetro, projetando os espectros de diversas fontes de luz em uma tela ou parede. Recomenda-se utilizar as seguintes fontes de luz: lâmpada halógena, fluorescente e LED. Se possível (durante o dia), o professor deve apontar o espectrômetro para a luz solar e mostrar seu espectro de luz. Caso a atividade ocorra à noite, o professor pode exibir uma imagem ou print do espectro solar característico.

A partir deste momento, a aula deve prosseguir com a explicação e comparação dos diferentes espectros de luz. Com base na análise desses espectros, será possível discutir a eficiência das lâmpadas LED em comparação com suas concorrentes, assim como os motivos da baixa eficiência das lâmpadas incandescentes.

Além disso, é importante destacar a aplicação dessa análise na identificação da composição química das estrelas. Durante a demonstração, é essencial ressaltar que os picos de intensidade estão associados à quantidade de energia emitida pelos comprimentos de onda. Ao examinar o espectro da luz solar, é interessante explorar como esses picos de intensidade influenciaram a evolução da vida na Terra.

Após o estudo dos espectros das fontes de luz, é importante o professor destacar as numerosas aplicações práticas dos espectrômetros em diversas áreas do conhecimento, por exemplo, na análise de alimentos, eles são empregados para verificar a qualidade e segurança dos produtos alimentícios, detectando ingredientes indesejados ou contaminantes. Na medicina, a espectroscopia é utilizada para análise de sangue e tecidos, fornecendo informações sobre a saúde e diagnóstico de doenças. Na química ambiental, os espectrômetros são ferramentas essenciais para detectar e quantificar poluentes no ar, na água e no solo, contribuindo significativamente para a preservação do meio ambiente.

Terceiro momento pedagógico: A aplicação do conhecimento

Tempo estimado: 90 minutos

Este momento pedagógico tem como objetivo reunir evidências da aprendizagem significativa dos alunos. Para isso, os

alunos são convidados a responder individualmente às seguintes perguntas:

Quadro 6.7: Perguntas utilizadas no momento pedagógico aplicação do conhecimento da sequência didática 3 sobre o Espectro de luz.

1. Qual a diferença entre luz visível e espectro eletromagnético?
2. Explique como o espectrômetro funciona para analisar a luz.
3. O espectro de uma lâmpada LED é considerado mais eficiente do que o espectro de uma lâmpada fluorescente ou halógena? Por quê?
4. Explique como o espectro solar se diferencia dos espectros de lâmpadas artificiais, como LED e fluorescente.
5. O que são espectros contínuos e espectros de linhas? Como o espectrômetro pode ser utilizado para diferenciar esses dois tipos de espectros?

Após os alunos responderem às perguntas, o professor deve fazer comentários sobre as respostas, discutindo o que esperava obter como resposta e abrindo espaço para que os alunos expressem suas dúvidas e opiniões. O professor deve estar atento a essas interações, pois podem evidenciar a aprendizagem significativa dos alunos.

Na sequência, o professor deve dividir os alunos em equipes, sugerindo grupos de até 4 alunos para facilitar a troca de ideias. Após organizar a sala, o professor deve explicar aos alunos que eles precisarão resolver uma situação problema cuja resposta deve ser fundamentada em argumentos técnicos e científicos. A situação-problema é a seguinte:

Quadro 6.8: Situação problema utilizada no momento pedagógico aplicação do conhecimento da sequência didática 3 sobre o Espectro de luz.

Situação problema

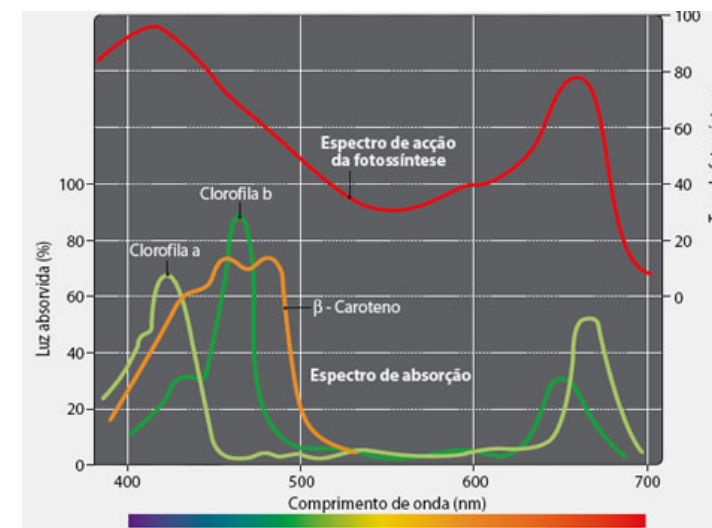
Um floricultor enfrenta um desafio intrigante na busca por otimizar o crescimento de suas flores durante todo o ano. Ao longo dos 12 meses, ele cultiva três tipos diferentes de flores “especiais”, cada uma com necessidades específicas de pigmentos fotossintéticos: clorofila a, clorofila b e caroteno. No entanto, ele possui apenas um local de cultivo disponível para todas as plantas, e seu objetivo é encontrar uma solução que maximize a eficiência do crescimento das flores, investindo o mínimo possível em recursos.

Condições:

- Quatro meses do ano são dedicados ao cultivo de flores que dependem da clorofila “a” para a fotossíntese.
- Os quatro meses seguintes são reservados para o cultivo de flores que necessitam exclusivamente da clorofila “b”.
- Nos últimos quatro meses, o foco está nas flores que precisam apenas do caroteno para o processo fotossintético.
- Todas as plantas são armazenadas no mesmo local de cultivo.

Informação:

Figura 6.23: Espectro de Absorção de Radiação em Plantas



Fonte: Ledson UFLA (2023).

Desafio:

Encontrar uma estratégia eficaz para acomodar as necessidades de fotossíntese específicas de cada tipo de flor, minimizando o uso de recursos e investimentos.

Antes dos alunos iniciarem a atividade, o professor deve explicar a diferença entre um espectro de emissão e um espectro de absorção, pois os alunos precisarão interpretar um

gráfico que mostra o espectro de absorção da fotossíntese. Após essa explicação, o professor pode instruir os alunos a começarem a resolver o desafio proposto.

Após todas as equipes resolverem a situação-problema, o professor deve promover um momento de socialização em que cada equipe apresentará sua solução para todo o grupo. Nesse momento, o professor atuará como mediador, incentivando os demais alunos a avaliar se a solução proposta pela equipe é satisfatória, pedindo justificativas. É importante destacar que o professor não deve ainda afirmar se está certo ou errado, mas deve observar atentamente as respostas para coletar evidências de aprendizagem significativa.

Após todas as apresentações das equipes, o professor pode então apresentar sua própria solução, que envolve a exposição das plantas à luz solar durante o dia e o uso de lâmpadas LEDs à noite, ajustadas para emitir luz no comprimento de onda específico necessário para cada planta, conforme observado no espectro de absorção da fotossíntese. Com essa explicação, encerra-se esse terceiro momento pedagógico.

Chegando ao final da apresentação dos experimentos desenvolvidos e das sequências didáticas elaboradas, na sequência é apresentado como procedeu a aplicação das sequências didáticas utilizando os experimentos, a análise dos resultados obtidos quanto e então as conclusões deste trabalho.

Referências

ARDUINO. Disponível em < <https://www.arduino.cc/>>. Visualizado em ago. 2022.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. Psicologia Educacional. Trad. De Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

MORAES, José Uibson Pereira; JUNIOR, Romualdo S. Silva. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol, v. 9, n. 2, p. 2504-1, 2015.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". Ciência & Educação (Bauru), v. 20, p. 617-638, 2014.

CAPÍTULO 7

**O ENCONTRO DE DOIS
MUNDOS: Uma sequência
didática sobre o som da Física**

Valmir de Liz e Lucas Natálio Chavero

Apresentação

Caros professores, sejam bem-vindos a essa jornada através de dois mundos. Os quais parecem estar tão longe, mas ao mesmo tempo estão tão perto. O presente produto educacional busca trazer de maneira prática e concreta o ensino de conceitos ondulatórios encontrados na música. Como o ramo da Ondulatória é um campo muito extenso, nessa sequência didática optou-se então por trabalhar com conceitos os quais pensamos ser fundamentais para entender alguns elementos da música a partir de conceitos físicos. A abordagem desses conceitos foi planejada de tal maneira que o estudante venha a ter contato teórico e prático com os conceitos trabalhados, já desde a primeira aula. Esse contato prático se dá por vezes através de simulações e por vezes através do uso de instrumentos práticos.

Sugere-se que o presente produto seja aplicado em uma turma da segunda série do ensino médio ou 9º ano do ensino fundamental, num total de 8 horas/aula de 45 minutos, sendo para isso necessárias 5 aulas (3 encontros com 2 horas/aula em cada encontro, e 2 encontros de 1 hora/aula). Para um melhor resultado sugere-se também que se possível o mesmo seja aplicado em 5 aulas de 90 minutos.



Fonte: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/bbc/2020/05/02/como-albert-einstein-organizava-seu-tempo-e-por-que-as-vezes-ate-se-esquecia-de-almocar.htm>

A Física do Som

Neste capítulo será apresentado a teoria necessária para que você, professor que deseja vir a aplicar este produto, consiga obter sucesso no objetivo desejado. Vale aqui ressaltar que caso queira se aprofundar mais na teoria, a mesma pode ser encontrada na dissertação da qual este produto faz parte.

Para facilitar a aplicação do produto segue a definição dos conceitos a serem trabalhados ao longo do roteiro:

Ondas: São perturbações que se movem em um meio material ou no vácuo e que transportam energia, sem transportar matéria. Elas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza, perfil de propagação e direção de propagação.

Som: O som é uma onda mecânica e como tal precisa de um meio para se propagar. O som não se propaga no vácuo.

Ondas Periódicas: Ocorre quando vários pulsos idênticos são emitidos sucessiva e periodicamente. Por exemplo, uma má-

quina que executa um movimento de sobe e desce na extremidade livre de uma corda, em intervalos de tempos iguais, estará provocando uma onda periódica.

Ondas Estacionárias: é formada quando se superpõem duas ondas iguais, propagando-se com a mesma direção mas com sentidos opostos e possuem suas extremidades fixas. A distância entre dois nós/ventre vale $\frac{\lambda}{2}$. Dois ventres estão em oposição de fase como mostra a figura 1.

Nós: Nas ondas estacionárias podem ser observados os nós e os ventres. Um nó em uma onda estacionária é um ponto onde a amplitude da onda é mínima. É o resultado da interferência destrutiva entre as ondas incidentes e refletidas que se encontram em um determinado ponto. Em um nó, as cristas e os vales das ondas se cancelam, resultando em uma amplitude zero como ilustrado na figura 1.

Ventres: em uma onda estacionária é um ponto onde a amplitude da onda é máxima. É o resultado da interferência construtiva entre as ondas incidentes e refletidas que se encontram em um determinado ponto. Nos ventres, as cristas das ondas se somam, criando uma amplitude máxima como ilustrado na figura 1.

Classificação das Ondas:

De acordo com a sua natureza:

- **Ondas Eletromagnéticas:** São aquelas que podem se propagar num meio material e no vácuo.
- **Ondas Mecânicas:** São aquelas que precisam de um meio material para se propagar.

De acordo com seu perfil de propagação:

- **Longitudinais:** Cada ponto do meio elástico se propaga numa direção paralela à direção de propagação da onda, como mostra a figura 2.
- **Transversais:** Cada ponto do meio elástico se propaga numa direção perpendicular à direção de propagação da onda, como mostra a figura 3.

Figura 7.1: Ventres e nós em uma onda estacionária.

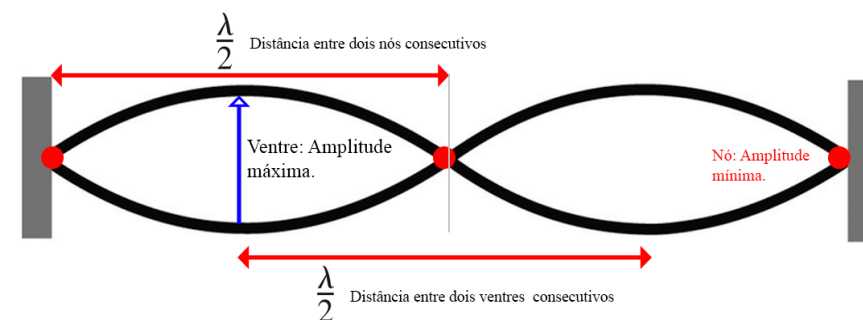


Figura 7.2: Exemplo de onda longitudinal

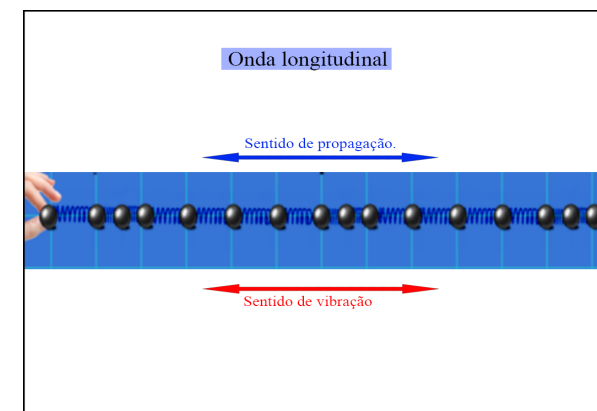
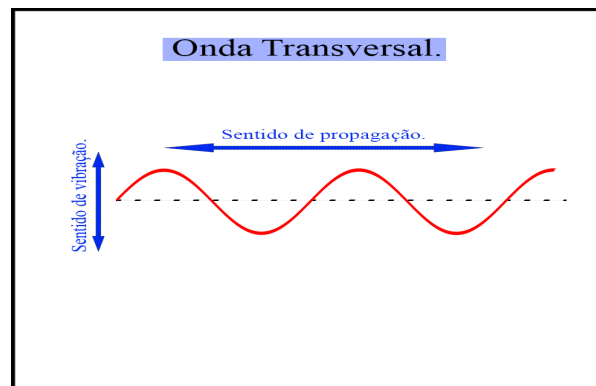


Figura 7.3: Exemplo de uma onda transversal



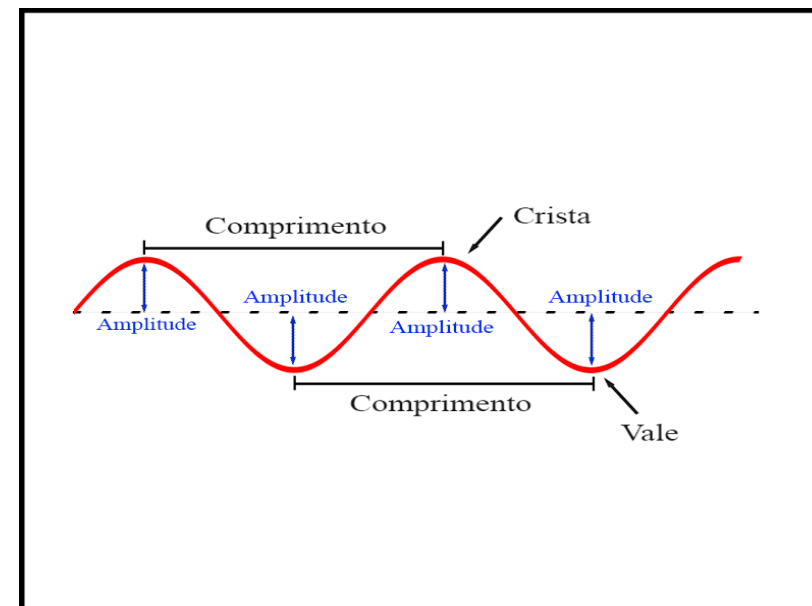
De acordo com sua direção de propagação:

- Unidimensional: A onda se propaga em apenas uma dimensão. Exemplo: A onda que se propaga em uma corda com suas extremidades fixas.
- Bidimensional: A onda se propaga em duas dimensões. Exemplo: A onda que se propaga na superfície de um lago.
- Tridimensional: A onda se propaga em três dimensões. Exemplo: Um som que se propaga pelo espaço no interior de uma sala.

Propriedades das ondas:

- **Crista:** Em uma onda transversal corresponde ao ponto mais alto da onda, como mostra a figura 4.

Figura 7.4: Propriedades da onda em uma onda transversal



- **Vale:** Em uma onda transversal corresponde ao ponto mais baixo da onda, como já mostrado na figura 4.

Comprimento da Onda (λ): O comprimento de uma onda é a distância que vai de uma crista a outra adjacente ou, equivalentemente, o comprimento de onda é a distância entre quaisquer duas partes idênticas e sucessivas da onda, como já mostrado na figura 4 .

- **Amplitude da Onda (A):** Fisicamente o termo amplitude se refere à distância entre o ponto médio da vibração e a crista (ou vale) da onda. Portanto, a amplitude é igual ao máximo afastamento em relação ao equilíbrio .

Frequência (f): A taxa de repetição de uma determinada vibração é a sua frequência. A frequência de um pêndulo oscilante, ou de um objeto vibrando em uma mola, especifica o número de vibrações para lá e para cá que ele realiza em

um determinado tempo (normalmente um segundo). Uma oscilação completa para lá e para cá constitui uma vibração.

Se ela ocorre durante um segundo, a frequência é de uma vibração por segundo. Se ocorrem duas vibrações a cada segundo, a frequência é de duas vibrações por segundo.

A unidade de frequência do SI é chamada de hertz (Hz), em homenagem a Heinrich Hertz, que demonstrou a existência das ondas de rádio, em 1886. Uma vibração por segundo é 1 hertz; duas vibrações por segundo equivalem a 2 hertz e assim por diante .

Período (T): O período de uma vibração ou de uma onda é o tempo que dura uma oscilação completa. Se a frequência de um objeto é conhecida, seu período pode ser calculado, e vice-versa . ($f = \frac{1}{T}$ ou $T = \frac{1}{f}$)

Velocidade de propagação (v): A velocidade da onda está relacionada à velocidade com a qual a energia se propaga de um ponto ao outro da onda. Podemos ainda definir a velocidade de propagação de uma onda como o produto do seu comprimento com a sua frequência . ($v = \lambda \cdot f$)

Velocidade de uma onda transversal em uma corda (v): É definida como a raiz quadrada do quociente da tensão na corda pela sua densidade linear . ($v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$).

Frequência de uma onda transversal em uma corda com suas extremidades fixas: A frequência pode ser definida como o produto do inverso do comprimento da onda com a raiz quadrada do quociente da tensão na corda pela sua densidade linear. ($f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$).

Frequência do primeiro harmônico em uma corda com suas extremidades fixas: A frequência pode ser definida como o produto do inverso do dobro do comprimento da corda, pela

raiz quadrada do quociente da tensão na corda pela sua densidade linear. ($f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$).

- Som e Ressonância: Sears et al. (2018) descreve, que a ressonância pode ocorrer quando uma força que varia periodicamente é aplicada a um sistema que possui múltiplos modos normais. Pode-se dizer que a ressonância ocorre quando um corpo é excitado por alguma força externa em sua frequência natural de oscilação. O que faz com que suas oscilações sejam amplificadas, ocasionando assim um aumento na amplitude das suas oscilações.
- Relação Ressonância, Instrumento e Som: Ao tocar o violão, uma onda mecânica transversal se propaga na mesma, a energia é então transmitida para as partes do violão que estão diretamente em contato com as cordas, o rastilho e o cavalete, transmitem essa vibração para o tampo superior. Como os tampos são projetados para que possam agir como membranas, a vibração do tampo superior faz com que o ar, comece a vibrar dentro da caixa harmônica, essa vibração sofrerá diversas reflexões nos tampos e parede que compõem a caixa harmônica do violão, ocasionando então uma ressonância no interior da caixa harmônica, amplificando essas vibrações e transformando a onda inicial da corda em um som audível.

A ressonância e amplificação do som, dependerá da qualidade do material que é feito o violão, sendo que algumas madeiras são melhores do que outras para transmitir essas vibrações.

Características Fisiológicas do som:

- Intensidade Sonora: É a qualidade através da qual podemos distinguir um som forte de um som fraco; ela está relacionada a quantidade de energia que a onda sonora

transporta, que por sua vez está relacionada à amplitude de vibração da fonte numa certa frequência .

- **Altura:** A altura de um som é a qualidade através da qual podemos distinguir um som grave de um agudo, e está relacionada à sua frequência; quanto menor a sua frequência, mais grave ele é .
- **Timbre:** é a qualidade através da qual podemos distinguir dois sons de mesma altura e mesma intensidade, emitidos por instrumentos musicais diferentes.

O timbre está associado ao aspecto da onda sonora e aos harmônicos que acompanham o som fundamental, que são diferentes de instrumento para instrumento.

Referencial didático pedagógico

Para a elaboração da sequência didática foi utilizada a metodologia dos 3 momentos pedagógicos (3 MPs), construída através dos trabalhos apresentados no livro Física de Demétrio Delizoicov e José André Angotti (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a). A opção por essa metodologia específica ocorreu pela forma com que a mesma pode ser aplicada no contexto da sala de aula, ou seja, na estruturação do conhecimento a partir de curiosidades comuns dos estudantes, permitindo ao professor através desta situação chave, fazer a transição de um conhecimento ou curiosidade no sentido de senso comum para o aprofundamento e construção do conhecimento científico sobre o mesmo tema. Nessa metodologia parte-se de conceitos do cotidiano e que são comuns aos alunos, sendo elevados em nível de reflexão e desenvolvimento de novos conceitos correlatos, culminando numa posterior aplicação em diferentes contextos, sempre com a orientação e facilitação do professor.

A dinâmica dos 3 MPs é definida por Delizoicov e Angotti (1990a) da seguinte maneira:

Problematização Inicial: O ponto inicial da proposta de ensino, sendo este o momento que será utilizado pelo professor para questionamentos e lançamento de dúvidas aos alunos sobre o conceito inicial que deseja ser abordado. É aqui que as questões ou situações reais de conhecimento dos alunos começam a ser envolvidas nos temas. É nesse momento em que os alunos são desafiados a explicar sobre o que pensam a respeito das situações levantadas, para que dessa maneira o professor consiga saber o que eles pensam a respeito dos temas. Um dos objetivos desse momento é propiciar uma reflexão crítica do aluno a respeito do tema, ao interpretar as situações propostas na discussão, fazendo assim com que o mesmo venha a sentir a necessidade de adquirir outros conhecimentos que eles ainda não detém, para dessa maneira ter a total compreensão do tema apresentado inicialmente. Sobre as questões levantadas nesse momento, os autores explicam que elas devem estar diretamente ligadas com o conteúdo que deseja ser estudado.

Organização do Conhecimento: Esse é o momento onde o professor usará de todo o seu cabedal metodológico para gerir e orientar a transição dos alunos, partindo do conhecimento de senso comum, discutido na problematização inicial, para se alcançar o conhecimento necessário para a construção e obtenção do conhecimento epistemológico acerca do tema trabalhado. Essa organização deve ser preparada e desenvolvida em função dos objetivos definidos pelo professor, de acordo com as aulas necessárias para a realização do mesmo. Os autores aconselham que para esse momento o professor use as mais diversas atividades, como: exposição, experimentos, discussões, etc.

Aplicação do Conhecimento: É nesse momento onde o professor irá, através de ferramentas sistemáticas, investigar quais os conhecimentos o aluno foi capaz de incorporar ao longo da proposta de ensino. É aqui que o professor conseguirá através de uma abordagem sistemática observar melhor quais os conhecimentos que foram incorporados pelo aluno, quais ele consegue utilizar para a análise e interpretação do tema relacionados à situação inicial e quais ele por algum motivo não foi capaz de assimilar.

O que se pretende com esse momento, segundo os autores, é capacitar os alunos à aplicação do conhecimento, para que possam relacionar as situações reais com conceituação científica, ao invés do que meramente encontrar uma solução e aplicar algoritmos matemáticos.

Roteiros

Cronograma

Título da aula	Propósitos de ensino
Aula 1- Sound of Silence: Sondando as Concepções Prévias dos Alunos sobre Ondas Sonoras e Instrumentos Musicais	Sondagem das concepções prévias dos alunos em relação aos diferentes tipos de instrumentos musicais e suas diferenças. Relacionar o som com ondas e introduzir conceitos fundamentais ao seu estudo.
Aula 2-Take your protein pills and put your helmet on: Reforçando os conceitos iniciais e iniciando a viagem no mundo das ondas.	Reforçar os conceitos introduzidos na aula 1, bem como a apresentação de novos conceitos relacionados à ondas.
Aula 3-Hey mãe! Eu tenho uma guitarra elétrica...	Realização de experimento prático com um instrumento musical arcaico e discussão das observações realizadas. Comparação com os resultados esperados para as medidas.
Aula 4- 5... 4... 3... 2 ... 1... Parem! Esperem aí, onde é que vocês pensam que vão?	Mostrar o timbre como sendo uma diferença de “qualidade sonora” característica de cada instrumento, além de mostrar o que são harmônicos e como eles interagem na formação do som.

Título da aula	Propósitos de ensino
	Construção de um mapa conceitual individual como forma de avaliação dos alunos.
Aula 5- Boa viagem até outra vez...	Aplicação de uma avaliação escrita.

AULA 1: The sound of Silence...

Capa do álbum Unknown Pleasures, de 1979, da banda de rock inglesa Joy Division. De maneira resumida a imagem representada na capa é uma visualização monocromática das ondas eletromagnéticas emitidas por uma estrela enquanto ela morria.



Fonte: <https://www.virgula.com.br/musica/voce-sabe-o-que-a-cap-a-do-unknown-pleasures-do-joy-division-significa-cientistas-descobrem/>

“O encontro de dois mundos: Uma sequência didática sobre o estudo de fenômenos ondulatórios na música.”

90 minutos

Aula 1	Propósitos de ensino: Sondagem das concepções prévias dos alunos em relação aos diferentes tipos de instrumentos musicais e suas diferenças. Relacionar o som com ondas e introduzir conceitos fundamentais ao seu estudo.
The sound of silence	

30 MINUTOS 1º MOMENTO - PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Para iniciar a sequência você deverá levantar a seguinte questão para a turma:

“Quais são os instrumentos musicais que vocês conhecem?”

As respostas deverão ser anotadas no quadro, a fim de ter um panorama geral destas e de modo a organizá-las para serem posteriormente retomadas.

A seguir, é realizada a seguinte pergunta.

“Quais características os diferenciam?”

Novamente as respostas devem ser anotadas no quadro, relacionando-as com os instrumentos citados anteriormente.

Para melhor organização, classificação e visualização pelos alunos das diferentes famílias dos instrumentos, você deverá construir no quadro um fluxograma em conjunto com os alunos (Figura 7.5, disponível no baú 1, na página 20), que também deverá ser reproduzido por eles em seus cadernos.

Após a classificação dos instrumentos, o professor deve mostrar aos alunos um instrumento de cada família, a fim de ilustrar na prática as diferenças entre as famílias.

Recursos: 3 instrumentos musicais de diferentes famílias, um de corda (exemplo, violão), um de percussão (exemplo, caixa de bateria) e outro de sopro (exemplo, escaleta)

Material de apoio: Figura 7.5

10 MINUTOS 1º MOMENTO - PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Agora você fará aos alunos a seguinte questão: “O que todos os instrumentos que foram separados em famílias possuem em comum?” Isso deverá servir de subsídio para que os alunos concluam que eles possuem em comum o fato de produzirem o som.

Na sequência questione-os sobre “O que é o Som?” e “O que isso tem haver com a Física?”

Esse será o link entre o que os alunos têm de conhecimento prévio e os conceitos a serem estudados ao longo do produto educacional, pois é aqui que o professor irá começar a mostrar as definições físicas pertinentes de maneira mais rigorosa.

20 MINUTOS 2º MOMENTO - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

A seguir, o professor deverá conduzi-los até a resposta correta, em que definirá o som como uma onda mecânica e iniciará a explicação dos conceitos primários desta. Para iniciar essa abordagem, poderá fazer aos alunos a seguinte pergunta: “Quais tipos de onda eles conhecem, além do som?”

Após esse breve levantamento, você então poderá iniciar explicando que as ondas podem ser classificadas de acordo com algumas características particulares.

Para essa explicação você poderá usar uma ou usar o vídeo : **O que são ondas?** disponível através do qr code O que são ondas, presente no baú 1 na página 22..

Com o vídeo ou com a mola você poderá mostrar a classificação das ondas de acordo com a sua direção de propagação, longitudinais e transversais. Caso tenha uma mola para usar, poderá ainda pedir aos alunos para observarem na onda transversal os pontos mais altos e mais baixos desta, definindo-os como crista e vale, respectivamente.

É importante já nesse momento iniciar uma discussão preliminar com os alunos sobre as ondas que surgem ao se tocar um instrumento de corda, sendo estas exemplos de ondas transversais, e a onda sonora produzida pelo vibrar da corda e que se propaga pelo ar, sendo esta uma onda do tipo longitudinal.

Na sequência você pode citar as dimensões de propagação das ondas utilizando os seguintes exemplos:

Uma onda se propagando numa corda que só pode mover-se para frente e para trás é um tipo de onda unidimensional.

Uma onda que se propaga na superfície de um lago é um tipo de onda bidimensional. O som da sua fala que pode ser ouvido de qualquer ponto da sala de aula é um tipo de onda tridimensional.

Para ilustrar esse último exemplo, você pode falar de lado, de frente, abaixado e subindo em uma cadeira, mostrando assim aos alunos que mesmo sua voz sendo emitida em direções diferentes eles foram capazes de ouvi-lo, provando assim essa onda se propaga nas três dimensões espaciais.

Recursos: projetor multimídia/ smart tv.

Material de apoio: Vídeo: **O que são Ondas** .

Na sequência, o professor irá orientar os alunos que abram a simulação **Ondas introdução**, disponível no QR Code 2, no baú 1, página 22. Por se tratar do primeiro contato deles com a simulação é importante que o professor oriente os mesmos e permita que eles mexam na simulação por alguns minutos para que se familiarizem com os seus controles e sua interface. Após esses breves minutos (entre 2 a 4 minutos), o professor deve então iniciar a orientação para o estudo dos conceitos descritos a seguir:

O primeiro conceito a ser trabalhado é o conceito de pulso de onda. Para isso os alunos, após abrirem a simulação, irão escolher a opção



(Simulação Ondas na água), a qual representa uma onda que se propaga na superfície da água. A seguir, deverão selecionar a opção pulso de onda na simulação a qual é representada pelo ícone , (Botão Pulso). Com o pulso selecionado, eles deverão clicar no botão  (Botão Play), verificando então que nada acontece.

Oriente então que os alunos cliquem no botão verde presente na torneira  (Botão Torneira) .

Peça que os alunos repitam essa ação por algumas vezes seguidas, aumentando gradativamente a frequência com a qual clicam no ícone. Peça também que eles mudem a visualização da vista superior para vista lateral, para que assim consigam observar o que está acontecendo de ambas as perspectivas.

Após isso, questione-os sobre o que está aparecendo na tela. Caso eles respondam que o que eles estão vendo é uma Onda se propagando, explique que o que eles estão vendo nesse momento são apenas pulsos de uma onda e que as ondas são formadas por sucessivos pulsos de ondas.

Peça então para que eles selecionem o botão  (Botão Onda), para que então possam notar a diferença entre os dois casos citados (pulso e onda).

Na sequência, peça para que eles coloquem a simulação no formato Onda e com a visão lateral ativada, mostre a eles que as ondas possuem um ponto mais alto e um ponto mais baixo, e que esses pontos são denominados, respectivamente, como Crista e Vale (assim como já ilustrado no exemplo da mola).

Mostre também que quando a simulação está com a opção visão superior ativada, os círculos mais escuros representam os Vales e os mais claros as Cristas.

Mostre aos alunos a partir da vista lateral da simulação o conceito de Amplitude de Onda, como no exemplo da Figura 7.6 (disponível no baú 1, na página 20). Defina-a como a distância entre um ponto máximo (crista) ou mínimo (vale) até um ponto central médio entre a crista e o vale.

Mostre ainda aos alunos que ao selecionarmos a vista superior, a amplitude será mostrada graficamente através da intensidade das cores dos círculos que representam as Cristas (mais intensas) e os Vales (menos intensos).

Depois disso, peça aos alunos para selecionar a ferramenta trena e medir a distância entre dois vales e ou duas cristas, com a opção vistas superior e depois lateral ativadas, como mostram as Figuras 3 e 4 (disponíveis no baú 1, nas páginas 20 e 21). disponível nos anexos, fazendo O objetivo é fazer com que eles assim com que eles consigam medir os comprimentos de onda de maneira prática. Aproveite esse momento para definir com eles o que é o comprimento de onda.

Na sequência, para finalizar essa aula, peça aos alunos que abram a simulação na aba Som , representada pelo ícone



. Peça para que eles deixem ativada a opção Ambas, a qual mostra graficamente a onda sonora e o comportamento das partículas presentes nessa onda.

Repita a explicação dos mesmos conceitos já trabalhados na aba Água, aproveitando a oportunidade para mostrar como a amplitude está relacionada com a intensidade do som, sendo que aumentando a amplitude da onda o som na simulação passará a ser mais intenso.

Mostre aos alunos que no caso das ondas sonoras temos regiões que possuem poucas partículas agrupadas e outras onde temos muitas partículas agrupadas, e que essas regiões vão mudando com o movimento da onda. Explique aos alunos que essas regiões são chamadas de zonas de rarefação (poucas partículas agrupadas/pouca pressão) e zonas de compressão (muitas partículas agrupadas/muita pressão).

Observações:

Para essa parte da aula (e outras aulas dessa sequência) o ideal é que os alunos tenham acesso a computadores ou tablets/celulares com acesso a rede de internet, para que possam controlar a simulação sob a orientação do professor. Essa interação direta dos alunos com a simulação poderá tornar a aula mais interessante para eles, além de promover um melhor resultado em termos de aprendizagem.

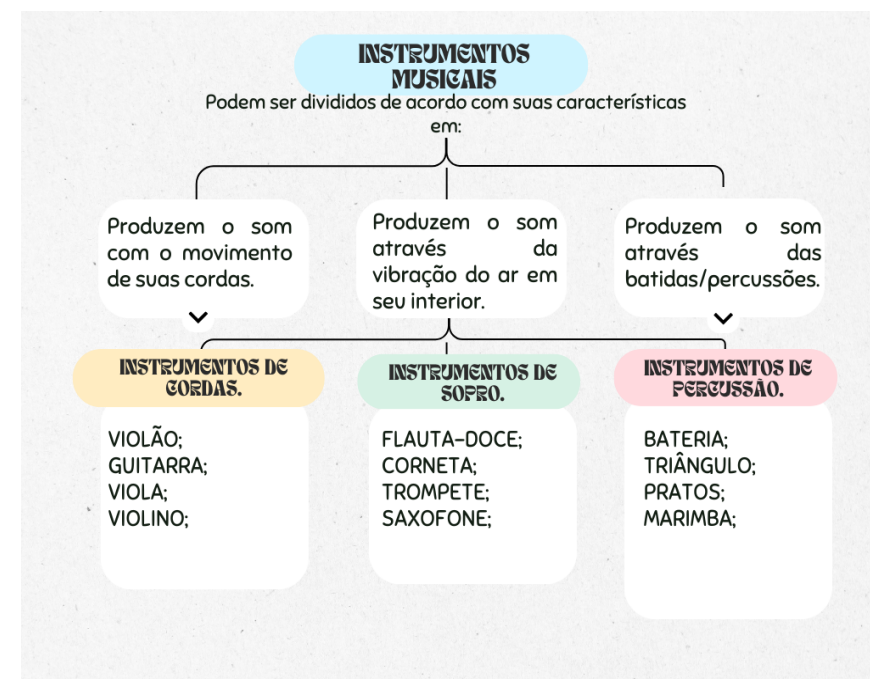
Caso os alunos não venham a ter esse acesso, o professor poderá usar algum projetor multimídia ou computador ligado a uma TV para que todos os alunos possam ver as simulações e assim acompanhem a dinâmica da aula.

Recursos: Projetor, celular ou sala de informática

Material de apoio: Simulação Waves Intro

BAÚ 1:

Figura 7.5: Fluxograma da classificação dos instrumentos em famílias.



Observação: Os baús servem como um “depósito” de apêndices, existe um ao final de cada roteiro, onde estão colocados todo material extra necessário e citado no roteiro, correspondente a cada encontro.

Figura 7.6: Crista e vale da onda na simulação.

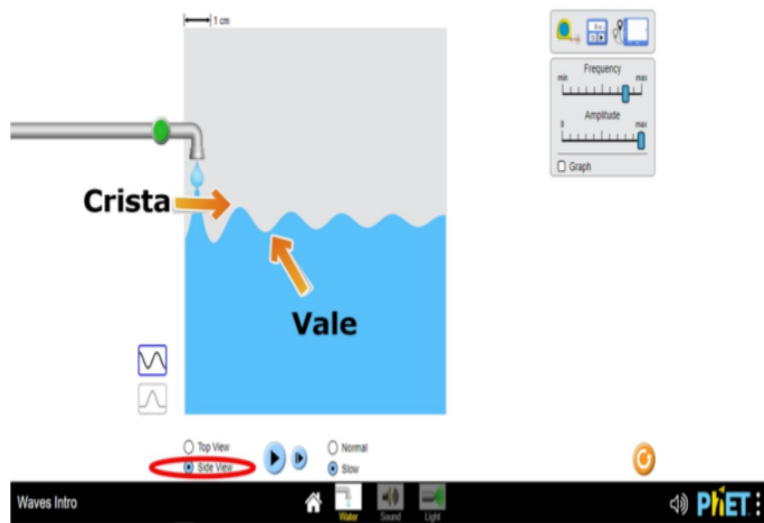


Figura 7.8: Comprimento da onda na vista lateral..

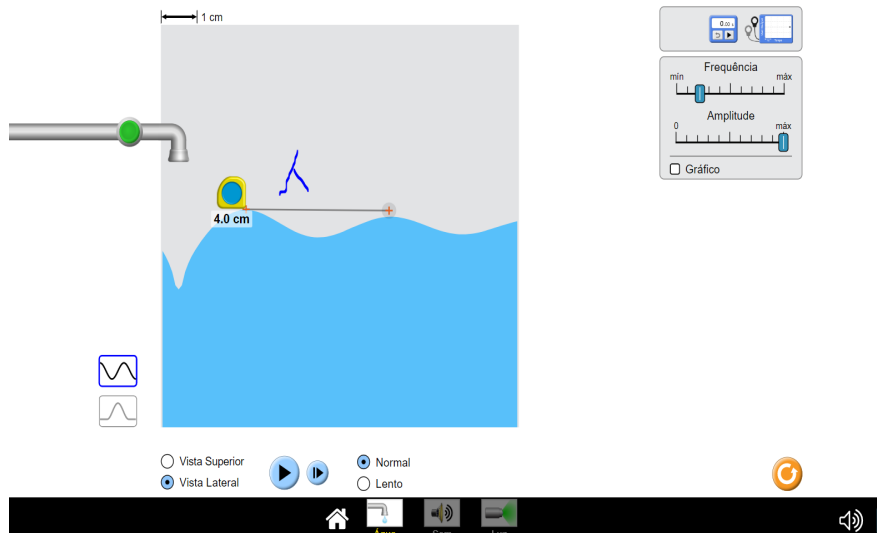
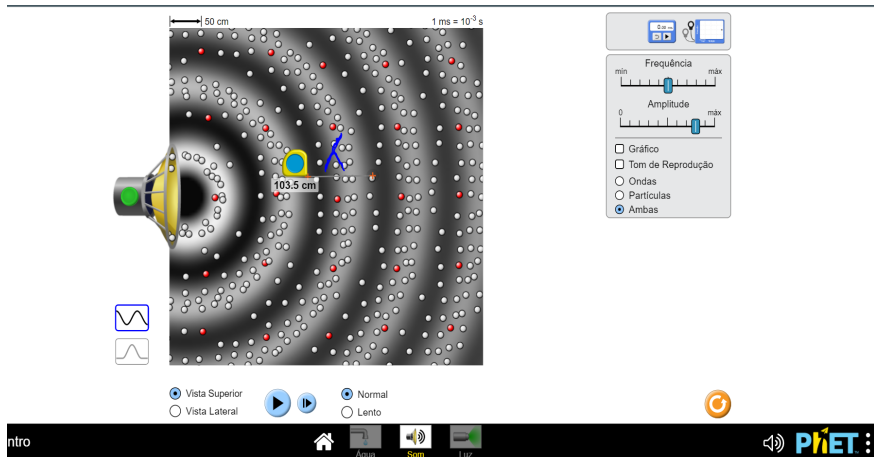


Figura 7.7: Comprimento da onda na vista superior.





Fonte: https://www.amazon.com.br/Dark-Side-Moon-Disco-Vinil/dp/B01LTHN0DG/ref=asc_df_B01LTHN0DG/?tag=googleshopp00-20&linkCode=df0&hvadid=379793377859&hvpos=&hvne

“O encontro de dois mundos: Uma sequência didática sobre o estudo de fenômenos ondulatórios na música.”	
90 minutos	
Aula 2	Propósitos de ensino: Reforçar os conceitos introduzidos na aula 1, bem como a apresentação de novos conceitos ondulatórios como frequência, período, ondas periódicas, entre outros.
Take your protein pills and put your helmet on...	

10 MINUTOS 2º MOMENTO - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Para iniciar a segunda aula, o professor pode optar por levar um ou mais instrumentos musicais acústicos de qualquer família (violão, caixa, escaleta, etc.). Com o instrumento em mãos, o professor inicia a aula tocando notas simples no instrumento com intensidades variadas, com o objetivo de discutir com os alunos o conceito de intensidade sonora sob uma perspectiva musical.

Na sequência, questione os alunos sobre qual característica sonora está variando à medida em que você toca o instrumento mais forte ou mais fraco. Espera-se que com isso eles consigam relacionar a ideia de intensidade a ideia de senso comum de volume alto e volume baixo.

30 MINUTOS 2º MOMENTO - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Continuando, o professor usará a simulação **Ondas introdução** (disponível na página 22), já utilizada na primeira aula, dessa vez trabalhando os conceitos de frequência, período e comprimento de uma onda. Para isso ele pode tomar o seguinte caminho:

Com a simulação aberta na aba Água, ative a visualização lateral e o ícone Onda, coloque o controle de visualização da amplitude no máximo e o da frequência no mínimo, peça então aos alunos que eles apertem o play na simulação, iniciando assim a queda das gotas da torneira.

Deve-se esperar em torno de 30 segundos para que os alunos percebam o padrão resultante, e então aumenta-se sua frequência, repetindo esse processo por 4 vezes até uma frequência máxima.

Com isso espera-se que os alunos compreendam empiricamente que ao se aumentar a frequência da onda, ocorrerá a formação de um número maior de cristas e vales no mesmo espaço e, portanto, uma diminuição no comprimento da onda. Nesse momento será possível ilustrar a relação de proporção inversa entre comprimento e frequência.

O professor pode ainda conduzir os alunos a chegarem na definição de período. Para isso ele deve pedir que os mesmos observem o tempo em que uma gota leva para cair logo após a outra, explicando aos alunos que esse tempo entre um gotejar e outro é igual ao tempo em que leva para se formar uma vibração, ou pulso de onda completo, e que esse tempo é chamado de período.

O professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que se eles manterem a frequência constante, o tempo da queda entre uma gota e outra será igual. Assim, o professor poderá definir esse tipo de onda, formada por pulsos que se formam e se propagam em períodos iguais de tempo, como Ondas Periódicas.

Além disso, o professor deve mostrar que ao se aumentar a frequência o tempo (período) entre um gotejar e outro diminui. Para isso ele pode pedir aos alunos para cronometrar o tempo entre um gotejar e outro, em diversas frequências, mostrando assim novamente sob uma perspectiva quantitativa e matemática, que frequência e período são inversamente proporcionais.

Após trabalhar esses conceitos com a simulação na aba Água, o professor deverá pedir aos alunos para abrirem a aba Som.

Na aba Som eles deverão repetir o mesmo processo de diminuir e aumentar a frequência, mas dessa vez o professor deverá chamar a atenção para que eles observem que nesse caso o que está criando a onda não é a queda das gotas, mas o vibrar da membrana do alto-falante, e que ao aumentar a frequência da onda, o auto-falante passa a vibrar de uma maneira tal que demora menos tempo para ele consiga realizar um movimento completo de ir e vir.

Para finalizar essa parte, o professor pede para que eles ativem a função Play Tone e variem a frequência. Após esse breve experimento, o professor deve questionar o que aconteceu com o som que eles ouvem ao se aumentar a frequência ou diminuir a frequência.

Recursos: Projetor, celular ou sala de informática

Material de apoio: Simulação Waves Intro

25 MINUTOS

A partir desse questionamento, o professor discute as qualidades sonoras graves e agudos que estão relacionadas às frequências de vibrações que as formam.

Na sequência o professor deverá utilizar um instrumento de cordas ou sopro e discutirá com os alunos os conceitos de notas musicais e suas relações com o conceito de frequência de uma onda. Para isso ele pode iniciar mostrando as notas no braço de um violão, ou as posições num instrumento de sopro, mostrando como essas notas se comportam ao se mudar as posições.

O professor deve mostrar aos alunos que duas notas de frequências diferentes e características diferentes, uma grave e outra aguda, podem possuir o mesmo nome, dependendo da relação entre essas frequências.

Para isso o professor deve utilizar um aplicativo de afinação no celular como medidor de frequência, a fim de corroborar sua explicação.

Recursos: Instrumento musical da preferência do professor.

25 MINUTOS

Para finalizar a aula 2, o professor irá trabalhar os conceitos relacionados ao campo auditivo dos animais, além da intensidade do som e sua relação com a audição humana.

Para tanto, o professor deve fazer a seguinte pergunta aos alunos: “O ser humano é capaz de ouvir todas as frequências?”

Após a discussão, recomenda-se que ele abra um gerador de tom em **Gerador de tom** disponível no baú 2, no QR Código 3 e varie sua frequência, começando nos tons mais graves até chegar aos mais agudos, fazendo com que os alunos percebam que não são capazes de ouvir sons muito graves (aproximadamente abaixo dos 20 Hz) e nem muito agudos (acima de 20 kHz).

A seguir, ele deve discutir que essa gama de valores é chamada de campo auditivo humano e questionar se existem animais que são capazes de ouvir sons acima e abaixo desses valores, mostrando a Figura 7.9 (disponível no baú 2 na página 28), que ilustra alguns animais que são capazes de ouvir esses Infrasons e Ultrasons.

Ao usar o gerador de tom, os alunos tendem a reclamar do barulho causado pelos sons mais agudos. Nesse momento, o professor pode aproveitar a situação para falar um pouco sobre a intensidade do som sob uma perspectiva física, além de aspectos da saúde auditiva.

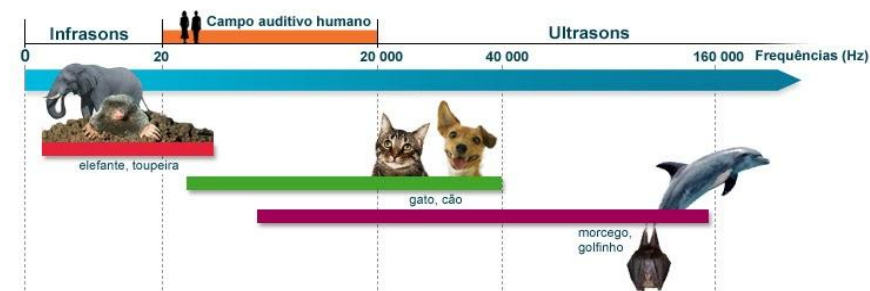
Além disso, o professor pode nesse momento também falar sobre a definição de potência sonora e como esse conceito se relaciona com os danos causados à saúde auditiva pelo uso de fones de ouvido. Na sequência, o professor falará sobre o nível de intensidade sonora e a relação da escala decibel com a unidade W/m^2 .

A seguir, deverá ser apresentada a Figura 7.10, (disponível no baú 2, na página 28) a qual ilustra a classificação de risco da exposição aos sons de acordo com suas intensidades.

Por fim, o professor deverá tocar o instrumento com intensidades diversas, podendo mostrar com algumas músicas como a intensidade sonora se manifesta sob uma perspectiva musical, influenciando na dinâmica da música e podendo expressar sensações de alegria, tristeza, ira, etc.

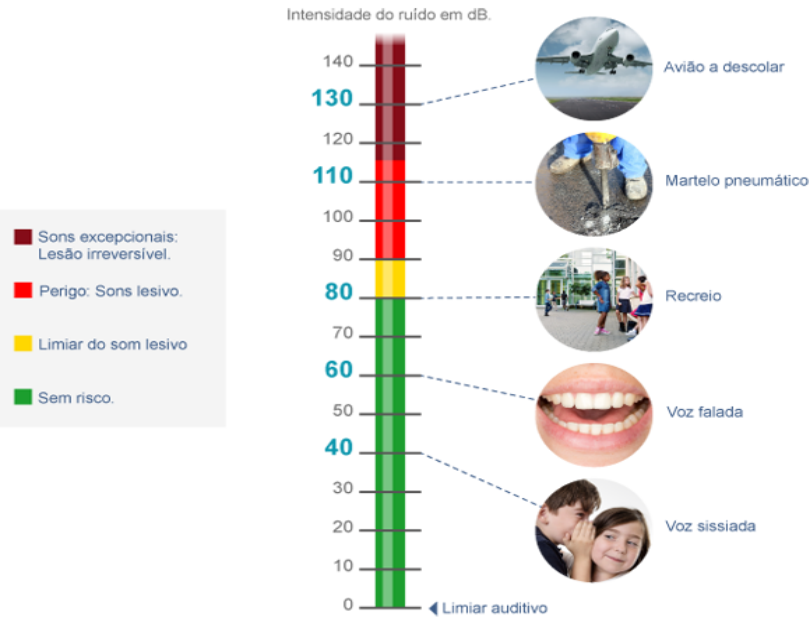
BAÚ 2:

Figura 7.9: Campo auditivo de alguns animais.



Fonte: <http://www.cochlea.org/po/som/campo-auditivo-humano>

Figura 7.10: Intensidades e perigos por dB.



Fonte: <http://www.cochlea.org/po/som/campo-auditivo-humano>



AULA 3: Hey mãe! Eu tenho uma guitarra elétrica...

Capa do disco IS THIS IT da banda The Strokes. Uma fotografia de faixas de partículas subatômicas em câmara de bolhas espectro visível).



Fonte: <https://www.tenhomaisdiscosqueamigos.com/2016/07/31/is-this-it-ha-15-anos-the-strokes-lancava-o-disco-que-salvou-o-rock-and-roll/>

"O encontro de dois mundos: Uma sequência didática sobre o estudo de fenômenos ondulatórios na música."	
90 minutos	
Aula 3	Propósitos de ensino: Realização de experimento prático com um instrumento musical arcaico e discussão das observações realizadas. Comparação com os resultados esperados para as medidas.
Hey mãe! Eu tenho uma guitarra elétrica...	

10 MINUTOS**2° E 3° MOMENTOS: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO/
APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Você irá iniciar a aula entregando os instrumentos arcaicos aos alunos, o qual possui um manual passo para a sua fabricação nos apêndices deste produto na página 48.

Explique aos alunos que eles deverão realizar as medidas de duas maneiras diferentes.

A primeira, fixando a cordas nas suas duas extremidades com o uso de uma tarraxa e de um parafuso e, a seguir, variando seu comprimento com o uso de um pedaço de madeira, conforme explicado no vídeo de apoio cujo link de acesso encontra-se no baú 3 na página 32, junto do QR Code 4 para acesso ao mesmo..

A segunda maneira é fixando apenas uma ponta corda no parafuso, com a outra ponta da corda sendo fixada em uma garrafa com água, sendo que as medidas serão feitas com quantidades diferentes de águas no interior desta, conforme consta no vídeo de apoio, cujo link de acesso também se encontra em anexos.

Observação 1:

Fica a cargo do professor a opção em como dividir a turma para trabalhar com o instrumento, entretanto, aconselha-se que cada grupo seja composto por no mínimo duas pessoas e no máximo 4, pois assim ficará mais fácil de realizar as medidas. Tudo dependerá de quantos instrumentos o professor confeccionou e de quantos alunos compõem a turma.

Recursos: Instrumento Arcaico, Garrafas pets, Cordas de nylon, ou cordas velhas de violão/guitarra.

Material de apoio: Manual de Construção do instrumento arcaico, Links para o vídeo com a explicação.

30 MINUTOS**2° E 3° MOMENTOS: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO/
APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Após a explicação de como realizar os experimentos, mostre aos alunos como usar o celular para realizar as medidas da frequência com o celular. Peça para que os grupos realizem ao menos 5 medidas mudando o comprimento e 5 medidas mudando a tensão na corda, anotando os resultados em uma tabela.

Observação 2:

Caso os alunos possuam familiaridade com planilhas eletrônicas, o professor pode pedir para que estes criem suas tabelas diretamente nas planilhas, para que em seguida construam seus próprios gráficos a partir dos dados. Caso isso não seja possível, o professor pode ir graficando os dados obtidos pelos grupos enquanto estes vão realizando suas medidas.

Essa atividade objetiva facilitar a visualização da dependência entre as grandezas mensuradas.

Recursos: Instrumento Arcaico, Garrafas pets, Cordas de nylon, ou cordas velhas de violão/guitarra. Computador, Software de planilhas.

Material de apoio: Links para o vídeo com a explicação.

50 MINUTOS**2º E 3º MOMENTOS: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO/
APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Para finalizar essa aula o professor deve então pedir os grupos analisarem seus dados registrando suas observações e possíveis inferências a respeito dos mesmos.

Deixe que dialoguem entre si, questionando se esses dados sugerem resultados esperados, como por exemplo, ao se aumentar a quantidade de água na garrafa a frequência aumentou ou diminuiu, ao se diminuir o comprimento a frequência aumentou ou diminuiu.

Caso o professor possua alguns instrumentos de cordas, ele pode pedir aos alunos para repetir o experimento com esse outro instrumento, variando a tensão e/ou o comprimento da corda e medindo suas frequências. Nesse caso, será possível comparar os dados obtidos no instrumento arcaico com o instrumento musical.

Ao fim da discussão, apresente aos alunos a equação que relaciona a frequência com o comprimento e tensão na corda, mostrando então quais eram os resultados esperados e por quais motivos eventualmente ocorreram erros.

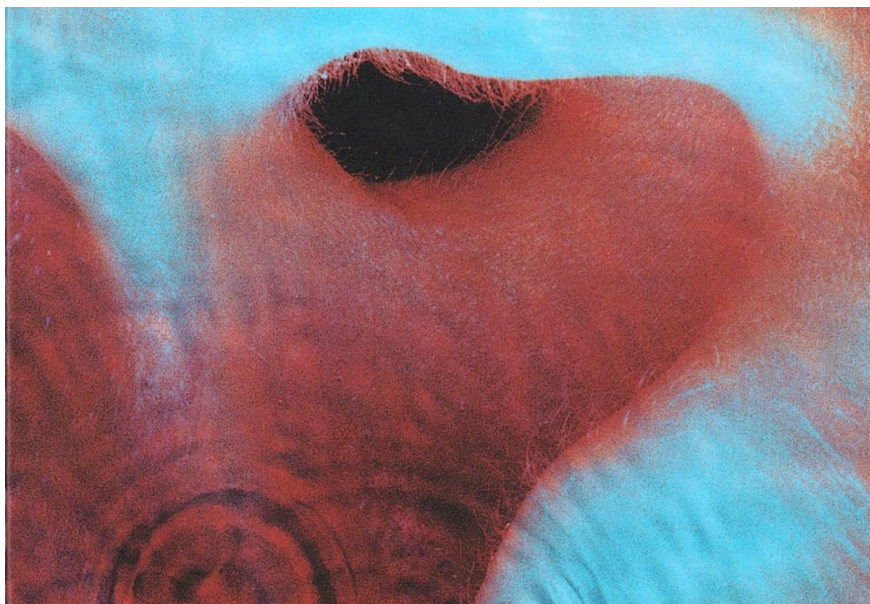
Recursos: Instrumento Arcaico, Garrafas pets, Cordas de nylon, ou cordas velhas de violão/guitarra. Computador, software de planilhas. Violão/Guitarra/Contrabaixo

BAÚ 3:

O vídeo traz instruções de como se deve usar o instrumento arcaico, para que o aluno consiga a realização das medidas de maneira adequada.

AULA 4: 5... 4... 3... 2 ... 1... Parem! Esperem aí, onde é que vocês pensam que vão?

Capa do álbum Meddle, da banda inglesa de rock progressivo Pink Floyd. A capa mostra a fotografia de Bob Dowling que representa uma orelha debaixo d'água coletando ondas sonoras.



Fonte: <https://ultimateclassicrock.com/pink-floyd-meddle/>

“O encontro de dois mundos: Uma sequência didática sobre o estudo de fenômenos ondulatórios na música.”

90 minutos

Aula 4	Propósitos de ensino: Mostrar o timbre como sendo uma diferença de “qualidade sonora” característica de cada instrumento, além de mostrar o que são harmônicos e como eles interagem na formação do som. Por fim, aplicação de uma avaliação escrita a respeito dos conceitos trabalhados ao longo das 4 aulas.
5... 4... 3... 2 ... 1... Parem! Esperem aí, onde é que vocês pensam que vão?	

30 MINUTOS 2º MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Para iniciar essa aula o professor deve perguntar aos alunos se quando eles fizeram a aula prática anterior, os sons produzidos pelos seus instrumentos eram iguais,

Para complementar a pergunta, o professor passará o vídeo MIMO 2012 - OSBM (Orquestra Sinfônica de Barra Mansa) Parte 1 afinação disponível no Baú 4, QR Code 5, na página 38

onde uma orquestra está afinando seus instrumentos. O professor deverá então fazer a seguinte pergunta aos alunos: “Como eles conseguem afinar seus instrumentos sem o uso de equipamentos eletrônicos de afinação, sendo que esses instrumentos possuem características diferentes?”.

O professor deve então ouvir as respostas dos alunos e, caso alguns fiquem com receio de responder errado, pode escolher aleatoriamente qualquer um dos alunos para responder. Essa eventual resposta servirá como ponto de partida para a discussão a respeito do que é o timbre de um instrumento.

Após essa resposta o professor irá mostrar a Figura 7.11, disponível no baú 4, na página 38 a qual servirá de apoio para explicar a maioria dos sons musicais é formada pela superposição de muitos sons com frequências diferentes e que esses vários sons são chamados de componentes de frequência, ou simplesmente componentes. Que a frequência mais baixa deles, chamada de frequência fundamental, determina a altura da nota, e que aquelas componentes de frequência que são múltiplas inteiras da frequência fundamental são chamadas de harmônicos.

Nesse momento o professor deve explicar que diferentes harmônicos possuem alturas diferentes. Que um tom com frequência duas vezes maior do que a frequência fundamental é o segundo harmônico, um tom com três vezes a fre-

quência fundamental é o terceiro harmônico e assim por diante. E por fim, que é a variedade das componentes de frequência que dão a uma nota musical seu timbre característico.

Para melhor ilustrar o que são os harmônicos em um violão por exemplo, o professor usará a simulação do site **Simulador de harmônicos** disponível no QR Code 6, no baú 4 na página 38, onde os alunos poderão ver os harmônicos em uma corda de violão

Após essa breve explicação a respeito da formação das ondas que compõem o som, o professor mostrará a Figura 7.12, disponível no baú 4 na página 39, a qual ilustra a sobreposição das ondas que compõem a mesma nota emitida por instrumentos diferentes.

O professor deve ainda chamar a atenção dos alunos sobre o formato das ondas da figura 8 e delas apresentarem um padrão de repetição em seus desenhos, explicando assim a diferença entre som e ruído.

Para finalizar essa aula o professor poderá mostrar na prática aos alunos como criar uma onda sonora através da sobreposição de harmônicos, a partir do simulador **Fourier: Construindo Ondas.**, disponível no QR Code 7, no baú 4, página 39.

Nessa dinâmica, o professor deve pedir aos alunos que construam diversas ondas independentes (harmônicos de uma onda fundamental) no simulador, variando sua amplitude, para que então consigam observar a contribuição de cada harmônico para a onda final em termos de forma e som gerado.

O simulador deverá ser aberto na aba Discreta, Logo após, o professor irá ativar o som da simulação e colocará a onda em função do espaço e tempo, como indicado na Figura 7.13, disponível no baú 4 na página 40. A seguir, o professor/aluno dará o play na simulação e começará a alterar as

amplitudes de cada harmônico, com isso ele será capaz de observar no primeiro gráfico os harmônicos separados e no segundo a soma dos harmônicos em uma única onda. Os harmônicos estão dispostos na simulação do mais grave para o mais agudo. Além de poderem observar visualmente, os alunos poderão também ouvir a sobreposição dos harmônicos.

Material de apoio: Vídeo da MIMO 2012 - OSBM (Orquestra Sinfônica de Barra Mansa) Parte 1 afinação

60 MINUTOS 3º MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

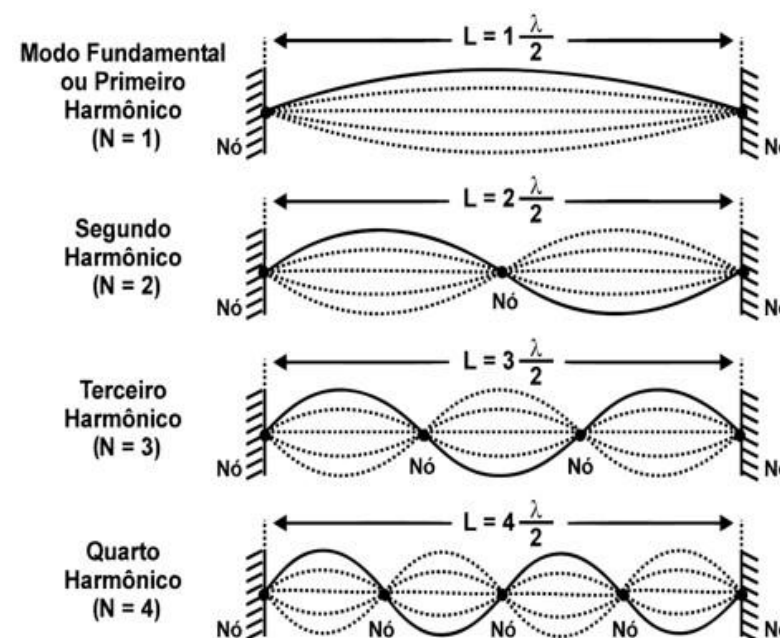
Nessa parte da aula o professor irá orientar os alunos como criar um mapa conceitual e após pedirá aos alunos que construam um mapa conceitual sobre o que foi estudado. Para auxiliar na construção dos mapas o professor pode dar as seguintes orientações, como sugestão:

1. Identificar o tema/conceito central: Começar escolhendo o tema ou conceito central do mapa conceitual. Esse será o ponto central a partir do qual você irá ramificar e conectar outros conceitos.
2. Listar os conceitos relacionados: Pensar nos conceitos ou ideias que estão diretamente relacionados ao tema central e anotar os de forma sucinta. Essas serão as ramificações do seu mapa.
3. Criar conexões: Estabelecer conexões entre os conceitos, usando linhas ou setas. Essas conexões podem indicar relações de causa e efeito, hierarquia, correlação, entre outros tipos de conexões lógicas.
4. Adicionar exemplos ou detalhes: Para enriquecer o mapa conceitual, você pode adicionar exemplos, detalhes ou definições a cada conceito ou conexão. Isso ajuda a fornecer mais clareza e compreensão.
5. Organizar hierarquicamente, se necessário: Se os conceitos possuem uma estrutura hierárquica, pode-se organizar o mapa conceitual de forma hierárquica, com conceitos mais amplos acima e conceitos mais específicos abaixo.
6. Revisar e refinar: Após criar o mapa conceitual inicial, revise-o e faça ajustes, se necessário. Certifique-se de que as conexões e os conceitos estejam claros e bem organizados.

Material de apoio: Modelo de mapa conceitual

BAÚ 4:

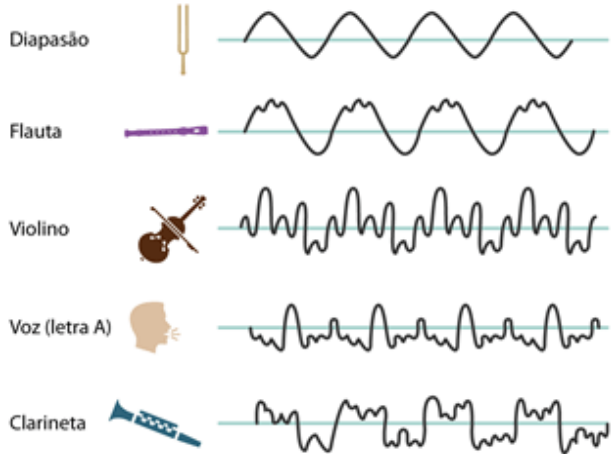
Figura 7.11: Harmônicos



Fonte: <https://www.proenem.com.br/enem/fisica/ondas-estacionarias/>



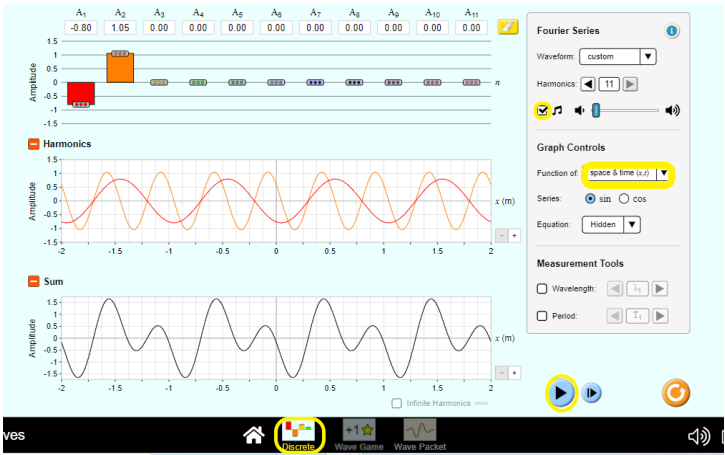
Figura 7.12: Instrumentos e suas ondas.



Fonte:<https://blog.explicae.com.br/enem/ondas-sonoras-enem>



Figura 7.13: Simulação Fourier Making Waves, na aba discrete.



AULA 5: Boa viagem até outra vez!

Os Discos de Ouro da Voyager (em inglês, Voyager Golden Record) são discos fonográficos que estão a bordo de ambas as naves Voyager. Eles contêm sons e imagens selecionados como amostra da diversidade de vida e culturas da Terra e são dirigidos a qualquer forma de vida extraterrestre (ou seres humanos do futuro distante) que os encontrem.



Fonte: <https://www.wfmt.com/2019/03/22/earths-greatest-hits-producer-timothy-ferris-recalls-assembling-humanitys-definitive-playlist-for-the-voyager-golden-record/>

“O encontro de dois mundos: Uma sequência didática sobre o estudo de fenômenos ondulatórios na música.”

90 minutos

Aula 5

Boa viagem até outra vez...

Propósitos de ensino: Aplicação da avaliação escrita.

90 MINUTOS 3º MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Esta aula é dedicada à aplicação da avaliação escrita. No baú 5 da página 43 até a página 46 está disponibilizado um modelo com sugestões de questões cuidadosamente escolhidas e separadas por temas para a realização da avaliação.

Material de apoio: Modelo de questões.

BAÚ 5:

Sugestões de questões da avaliação escrita dividida em temas:

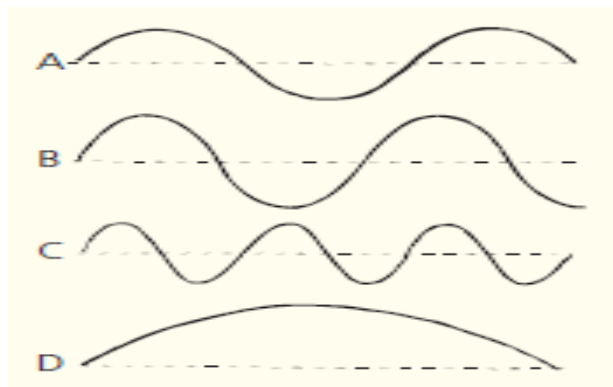
TEMA 1: ONDAS E O SOM

- 1- Descreva com suas palavras o que é o som.
- 2- Descreva como o som pode ser criado a partir da corda de um violão e como ele se propaga até os nossos ouvidos.
- 3- É possível ouvir algum tipo de som no espaço sideral? Explique sua resposta.
- 4- Faça uma ilustração representando o que ocorre com o ar nas proximidades de um alto falante oscilando numa frequência constante.

TEMA 2: PROPRIEDADES DE UMA ONDA

- 1 - A partir dos experimentos realizados em aula, o que pode ser feito se quisermos variar a frequência do som criado pelo instrumento?
- 2 - A partir do experimento realizado em aula, descreva qual era o comportamento da frequência quando se aumentava ou diminuía o comprimento da corda.
- 3 - A partir do experimento realizado em aula, descreva qual era o comportamento da frequência quando se aumentava ou diminuía a tensão da corda, aumentando ou diminuindo a massa de água na extremidade desta?
- 4 - Faça uma ilustração de uma onda transversal e outra de uma onda longitudinal, identificando a amplitude, o comprimento de onda, o sentido de propagação e o sentido de oscilação.
- 5 - Como se relacionam a frequência e o período? Como se relacionam frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação em uma onda periódica?
- 6 - Ao soar na nota Lá (A), a corda de um violino oscila a 440 Hz. Qual é o período da oscilação da corda? Esse som é mais agudo ou grave que uma nota Ré (D) oscilando a 294 Hz no mesmo violino? Qual é o período nesse caso?

7 - Todas as ondas mostradas abaixo têm a mesma velocidade e estão no mesmo meio. Com o auxílio de uma régua ordene essas ondas em sequência decrescente de acordo com o valor de sua/seu (a) amplitude, (b) comprimento de onda, (c) frequência e (d) período.



8 - Ao aumentarmos o volume de um som, o que ocorre com a frequência, com o comprimento de onda, com a amplitude e com a velocidade de propagação deste?

9 - Ao aumentarmos a altura de um som, o que ocorre com a frequência, com o comprimento de onda, com a amplitude e com a velocidade de propagação deste?

TEMA 3: VELOCIDADE E PROPAGAÇÃO DA ONDA

1- Ao longo das aulas estudamos que a velocidade de propagação de uma onda periódica, é proporcional ao produto do seu comprimento pela frequência. De acordo com essa informação, classifique a frase abaixo em verdadeira ou falsa e justifique sua resposta. “Ao aumentarmos a frequência de uma onda se propagando em determinado meio estaremos por consequência aumentando sua velocidade de propagação.”

2- Se uma onda periódica ao mudar de meio tem sua velocidade dobrada, enquanto sua frequência se mantém inalterada, o que acontecerá ao comprimento de onda?

3- Se a velocidade de uma onda estacionária dobrar enquanto seu comprimento de onda se mantém inalterado, o que acontecerá à frequência?

4- A frequência mais alta que os seres humanos conseguem ouvir é de aproximadamente 20.000 Hz. Qual é o comprimento de onda no ar correspondente a essa frequência considerando que sua velocidade é de 340m/s? Qual é o maior comprimento de onda do som que conseguimos ouvir e que está relacionado a uma frequência de 20 Hz?

TEMA 4: TIMBRE

1- Um colega de turma afirma que o timbre diz respeito à qualidade de um som musical estável composto de uma mistura de harmônicos de intensidades diferentes. Você concorda ou discorda dele? Explique com suas palavras o que é o timbre.

2- Comparada com a frequência fundamental, a frequência do segundo harmônico é: a) duas vezes menor; b) igual; c) duas vezes maior; d) quatro vezes maior. Faça uma ilustração de uma onda estacionária com a frequência fundamental e a frequência do segundo harmônico.

Considerações Finais

Com este produto educacional esperamos poder atender aos professores de Física do ensino médio e de igual maneira aos professores de Ciências do ensino fundamental, no sentido de propiciar um material com o qual ele possa vir a de-

envolver um trabalho de introdução sobre o estudo de ondas.

Ele mostra como os conceitos mais básicos de ondulatória, podem ser abordados de uma maneira diferente da tradicional, buscando mostrar sua ligação com a música através de conceitos comuns ao mundo da Física e da Música, com o uso de instrumentos e simulações.

Cabe salientar que o produto pode ser usado de maneira interdisciplinar com o professor de artes, desde que o professor tenha conhecimentos básicos e interesse por música, uma vez que ele trabalha conceitos básicos dessa disciplina.

Devido ao novo ensino médio, a aplicação do produto ainda pode ser pensada para algumas disciplinas eletivas como a disciplina Experimentação e outras práticas Investigativas ou até mesmo em alguma trilha, como o caso da trilha – Matemática e Música: sistematização e analogias. Ambas disciplinas estão disponíveis para a escolha dos alunos do novo ensino médio no estado de Santa Catarina.

MANUAL PARA A CONSTRUÇÃO DE UM INSTRUMENTO ARCAICO DE BAIXO CUSTO.

Caro professor, este material é constituído de um manual contendo o passo a passo da construção de um instrumento rudimentar de cordas de baixo custo, para ser utilizado nas aulas de Física dentro da sequência didática envolvendo Ondas e Música ou como material de apoio em aulas regulares.

Objetivos:

- Construção de um instrumento rudimentar de cordas de baixo custo;

- Dimensionamento dos materiais utilizados;
- Orientação de como utilizar o instrumento na sequência didática.

Montagem:

Os materiais abaixo listados, bem como a montagem do instrumento, são uma sugestão para a construção do mesmo. Cabe ao professor que tenha interesse em assim fazê-lo, adequar os materiais e a sua confecção a sua realidade.

Na Tabela 7.1 são listados os materiais utilizados para construção de um único instrumento, logo, dependendo do número de instrumentos desejados, esse número deve ser proporcional.

Tabela 7.1- Materiais utilizados.

Item	Quantidade	Descrição
1	1	Ripa de madeira de pinus 67 x 7,5 x 2,5 cm.
2	1	Caixa simples de mdf 15 x 15 x 5 cm.
3	3	Parafusos do tipo Gancho Para Madeira 3.8 X 30 mm.
4	2	Cordas de violão.
5	1	Pedaços de madeira em formato cilíndrico.
6	1	Cola do tipo adesivo instantâneo para madeira.
7	1	Garrafa pet de 2 litros.
8	1	Arame em forma de gancho.
9	1	Tarraxa de violão do tipo aço.
10	1	Lixas para madeira.

Observações:

- 1) A quantidade do item 3, são apenas 2. Na Tabela 7.1 foi colocado a quantidade de 3 para o caso de o professor preferir usar um desses parafusos como tarraxa, ficando assim ainda mais barata a confecção do instrumento.
- 2) O item 5 pode ser qualquer madeira com formato cilíndrico, com 7,5 cm de comprimento e diâmetro máximo de 3

cm. Como exemplos de madeiras desse tipo temos os cabos de vassouras ou baquetas.

3) Todos os materiais podem ser reaproveitados de materiais quebrados, ou seja, que estejam em desuso na própria escola e que eventualmente acabariam indo para o lixo.

Para a manipulação e montagem do instrumento é necessária a utilização de algumas ferramentas, as quais estão listadas na Tabela 7.2.

Caso o professor encontre dificuldades para encontrar os materiais, ou ainda caso não consiga achar materiais que substituam os que são pedidos na Tabela 7.1, na Tabela 7.3 são apresentados alguns links onde o professor pode encontrar os materiais solicitados.

Tabela 7.2- Ferramentas utilizadas.

Item	Quantidade	Descrição
1	1	Furadeira.
2	1	Trena, fita métrica ou similar.
3	1	Broca de 3,5 mm para madeira.
4	1	Broca do tipo serras copo 54mm 2.1/8".
5	1	Faca de serra.
6	1	Martelo.

Tabela 7.3-Lista de sites com os preços dos materiais acessados no dia 03/10/2021.

Item	Site
1	https://www.balaroti.com.br/ripa-pinus-1x3-25x75cm-25m-2640/p
2	https://www.mansaodasartes.com.br/caixa-simples-15x15x5-em-mdf-2845/p
3	https://www.parafusofacil.com.br/ProdutosDetalhes.php?Nome=gancho-para-madeira-3.8-x-30-aco-carbono-bicromatizado-&Codigo=1127454
9	https://www.submarino.com.br/produto/30963983

De posse dos materiais e ferramentas mencionados nas Tabelas 1 e 2, podemos então confeccionar o instrumento seguindo as etapas a seguir:

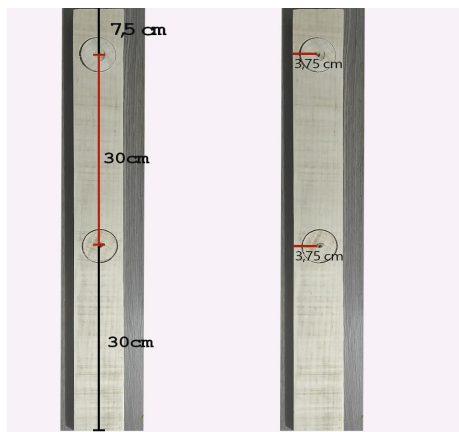
1º - Na primeira etapa iremos iniciar lixando as ripas de madeira para dar um melhor acabamento ao instrumento, como mostrado na Figura 7.14.

Figura 7.14. Comparação da madeira sem e com o lixamento.



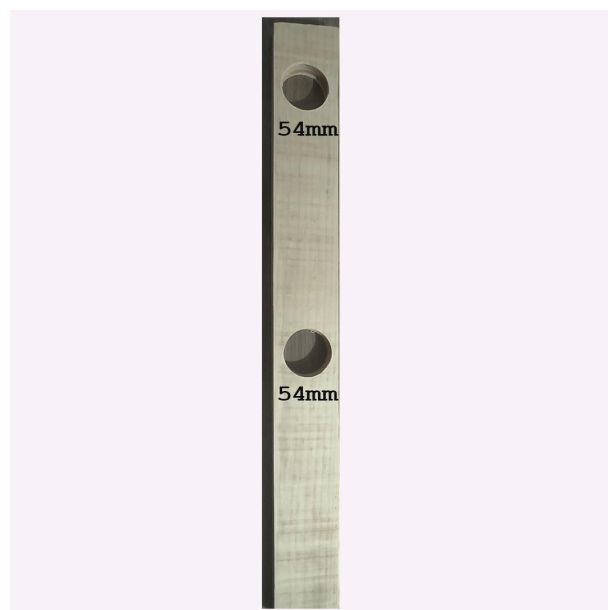
2º - Após o lixamento da ripa, iremos medir 30 cm de comprimento a partir de uma das extremidades da madeira e marcaremos um ponto para que possamos usá-lo como centro para nossa primeira circunferência. A partir desse primeiro ponto, medimos mais 30 centímetros e marcamos um segundo ponto, o qual será o centro da nossa segunda circunferência. Em relação a largura, esses pontos devem estar a 3,75 cm das bordas laterais. A Figura 7.15 ilustra as medidas de comprimento e largura, bem como a mesma ficará após a serem feitas as circunferências.

Figura 7.15- Medidas para o centro das circunferências.



3º - Com as marcações feitas, será usado uma furadeira com uma broca do tipo serra copos para madeira, com um diâmetro de 54 mm, para ser feito os dois círculos do instrumento, como mostra a Figura 7.16.

Figura 7.16- Madeira já com os furos.



4º - A seguir será feito um novo furo com a furadeira e uma broca de 6 mm para madeira na lateral da circunferência superior apresentada na Figura 7.16. Esse furo é importante para que possamos fixar as tarraxas ao final da montagem do instrumento, como indicado na Figura 7.17.

5º - Com os furos feitos na ripa, que servirá de braço para o instrumento, partiremos para a preparação da caixa que servirá como amplificador. Para isso será desenhado com a ajuda de uma régua um retângulo de 7,5 cm X 2,5 cm, com as suas laterais distantes 3,75 cm das bordas da caixa, conforme ilustrado na Figura 7.18.

Figura 7.17- Vista do furo lateral.



Figura 7.18- Caixa com as medidas de corte.



6º - Com as medidas prontas, parte-se agora para o corte da caixa na região onde será encaixado o braço. Para tanto, inicialmente alinha-se o círculo central com o centro da caixa, e então o braço do instrumento é colado na caixa com o auxílio da cola instantânea. A Figura 7.19 mostra como ficará a caixa com o corte e com o braço fixado.

7º - Com o braço colado à caixa, resta agora a finalização do instrumento. Para isso será fixado a tarraxa no furo lateral apresentado na Figura 7.17, serão colados os dois pedaços de madeira em formato cilíndrico que servirão de traste e serão colocados os dois parafusos que servirão para fixar a corda durante as medidas. As distâncias entre os parafusos não tem grande importância, devendo apenas que elas fiquem atrás da madeira que servirá como traste do instrumento. Já a distância dos trastes deve ter no mínimo uma

distância de 50 cm, para que os alunos possam fazer as medidas sem precisar se preocupar se estão movendo de mais o traste móvel. A Figura 7.20 mostra como deverá ficar o instrumento finalizado.

Figura 7.19- Caixa com os recortes laterais e caixa com o braço do instrumento já colado.

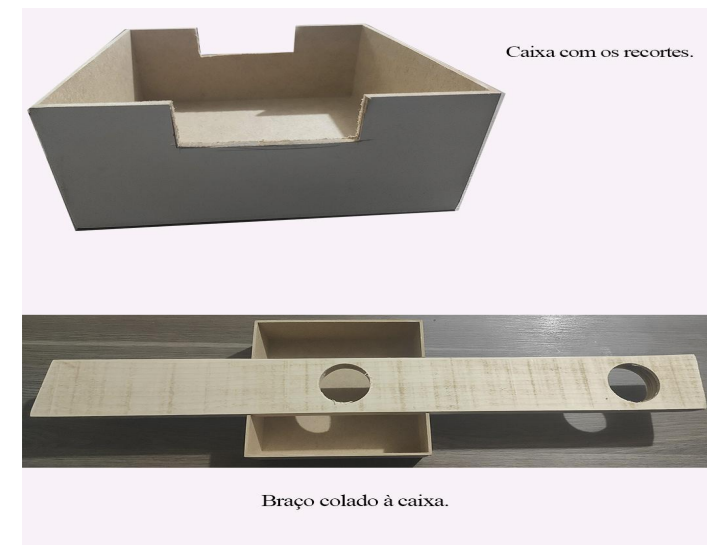
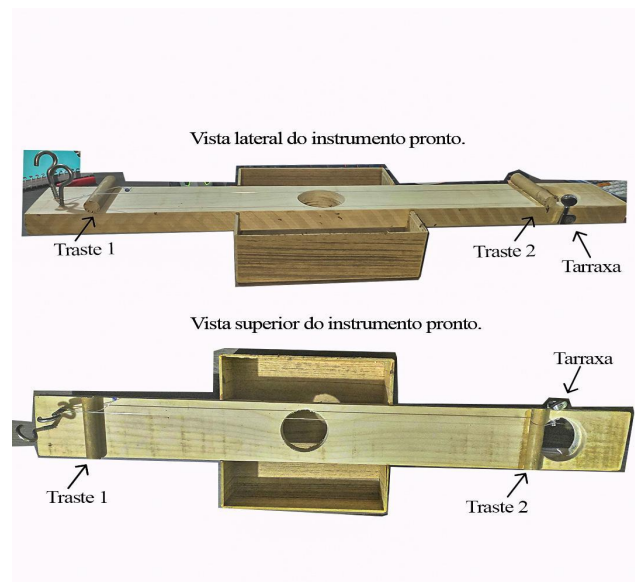


Figura 7.20- Vistas superior e lateral do instrumento finalizado.



Referências

- [1] ROBORTELLA, José Luís de Campos; OLIVEIRA, Edson Ferreira de; FILHO, Avelino Alves. Física Mecânica. v. 1. 10ª Edição. São Paulo: Ática, 1991.
- [2] HEWITT, Paul G.. Física Conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [3] LIZ, Valmir de. “Física do som: Uma sequência didática 11 através dos Três Momentos Pedagógicos. 2023. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Campus de Blumenau, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2023.
- [4] SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III. [S.l.]: São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2015.

CAPÍTULO 8

ABORDAGEM HISTÓRICO- CONCEITUAL DE ENERGIA A PARTIR DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS E UM JOGO DE TABULEIRO

Fábio Gomes Miranda e Marcelo Dallagnol Alloy

Caro docente

Caro docente!

No ensino de Física, sabe-se que planejar uma aula ou uma sequência didática não é uma tarefa fácil, principalmente em se tratando de conhecer o perfil da turma, a série, a estrutura da instituição educacional, pois muitas das vezes é fato que não há um devido suporte de laboratórios equipados. Apesar dos percalços que todos enfrentam no dia a dia em sala de aula, não é motivo para desânimo, pois pode-se adaptar à realidade buscando sempre desenvolver uma melhor qualificação seja numa formação continuada, seja em uma pós-graduação ou mesmo com experiências de outros docentes de uma mesma região ou na vasta diversidade cultural, social e regional do país em que talvez as realidades sejam muito diferentes. Essa troca de experiências pode nos ajudar a agregar ideias e até mesmo deixar-se desafiar e permitir-se a fazer uso de novas metodologias usadas por outros docentes sejam elas novas ou mesmo as tradicionalmente utilizadas em sala de aula, porém buscando sempre recriar, reinventar e experimentar, ou seja, ressignificar.

Com esse pensamento, segue a apresentação de uma proposta de um produto educacional voltado a um objeto formativo na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no ensino de Física. Com base na BNCC (BRASIL, 2018) e na PCSC (SANTA CATARINA, 2020, p. 175) os conceitos estruturantes desenvolvido no ensino fundamental têm continuidade no ensino médio de forma mais aprofundada, onde a PCSC retrata que:

As competências específicas da área orientam as aprendizagens essenciais dos(as) estudantes, ampliando os conceitos

abordados. No ensino fundamental, os(as) estudantes têm a oportunidade de enfrentar questões que demandam a aplicação dos conhecimentos sobre Matéria e Energia, com o objetivo de introduzir a prática da investigação científica e ressaltar a importância da problematização do mundo contemporâneo. No ensino médio, espera-se a inserção de situações-problema, incluindo as que permitem aos jovens a aplicação de leis, teorias e modelos com maior nível de abstração e propostas de intervenção em contextos mais amplos, bem como reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas e reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas tecnologias. (SANTA CATARINA, 2020, p. 175)

O desenvolvimento desse produto educacional tem por objetivo tornar a aprendizagem com significado buscando trazer uma análise avaliativa quanto aos conhecimentos prévios que o aluno tem quanto ao conceito estruturante de Energia, pois como um dos temas norteadores do ensino fundamental. E partindo dessa premissa, gera-se uma problematização sobre o tema no primeiro momento da aplicação do produto, em que será desenvolvido atividades que os façam refletir e discutir sobre o que se trata Energia na concepção de cada um deles. Passando depois por uma abordagem da construção histórico-conceitual de energia e a conservação de energia, em que na sequência será desdobrado a lei da conservação de energia mecânica tratando exemplos do conceito e de exercícios de fixação. E por fim sendo apresentado atividades com o seguimento avaliativo, sendo aplicado um jogo de tabuleiro estruturado nos conceitos formativos do produto sobre energia, conservação de energia mecânica e nas suas transformações.

Proposta metodológica

Ensinar dentro de um ambiente de educação formal inevitavelmente requer que o professor tome decisões sobre vários assuntos. A escolha de uma metodologia de ensino é uma decisão crucial para quem deseja [o professor] o engajamento do aluno ativamente. Essa definição essencialmente traça o perfil do indivíduo, pois determina as técnicas de aprendizagem que serão aplicadas para atingir seus objetivos (Altrão e Nez, 2016, p. 85).

Com vista em um processo dinâmico que busque o engajamento do aluno numa aprendizagem significativa, decidiu-se pela metodologia dos três momentos pedagógicos (3MPs) que traz uma efetiva prática pedagógica relacionada às etapas de observação, associação e expressão, na qual Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

O aluno é convidado, no primeiro momento, a observar o mundo ao redor, para descobrir seus focos de interesse. Em seguida, é incentivado a associar as observações e os focos de interesse ao que já sabe e ao que existe nos livros e em outros recursos do conhecimento sistematizado. No momento de síntese, mediante a livre expressão, desenho, escrita ou outra linguagem de domínio do aluno, ele registra o conhecimento adquirido. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 126)

Os três momentos pedagógicos proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018), conferem três momentos da construção do conhecimento científico, sendo o primeiro momento o da Problematização Inicial, em que os alunos interagem com os temas por meio de suas observações e experiências relacionadas ao cotidiano. É nesse momento que os

conhecimentos prévios dos estudantes serão mapeados a fim de nortear os próximos passos do professor no que se refere ao planejamento e aplicação de atividades que vão integrar os segundo e terceiro momentos. Além disso, o primeiro momento fomenta o estudante a analisar os seus conceitos e buscar um entendimento mais abrangente e preciso. (DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2018, p. 155). Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

[...] A meta é problematizar o conhecimento que os alunos vão expondo, de modo geral, com base em poucas questões propostas relativas ao tema e às situações significativas, questões inicialmente discutidas num pequeno grupo, para, em seguida, serem exploradas as posições dos vários grupos com toda a classe, no grande grupo. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 155-156)

O segundo momento pedagógico refere-se à Organização do Conhecimento. Nesse momento o docente aplica processos e atividades desenvolvidas com base nos conhecimentos prévios dos estudantes. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018):

“As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificadas como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 156).

O terceiro momento pedagógico é a Aplicação do Conhecimento. Essa etapa trata do processo avaliativo, ou seja, o momento em que o professor irá avaliar a desenvoltura e a sistematização do conhecimento que o aluno adquiriu nos passos anteriores, seja na ruptura ou desconstrução da ideia inicial ou mesmo na estruturação científica do conhecimento

inicial. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) descrevem que:

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157)

Com base nessa estrutura metodológica foi desenvolvido todo o percurso formativo do produto educacional, partindo das atividades diagnósticas, das atividades de construção ou reconstrução dos conhecimentos prévios, voltados para o conhecimento científico e por fim as atividades estruturantes que consolidam os conceitos científicos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018, p. 157).

Jogo de tabuleiro com tema energia

Partindo da proposta da criação de um material didático/pedagógico que busca avaliar, sendo ao mesmo tempo motivador e que desperte o interesse dos estudantes e, que induza-os a refletirem sobre os conceitos físicos com mais clareza, foi então, desenvolvido um jogo de tabuleiro de caráter lúdico-pedagógico com base no conceito de energia e sua conservação. Trata-se de uma forma alternativa de avaliativa na consolidação da aprendizagem significativa ao longo do percurso formativo do aluno. Rau (2013) descreve que a:

...ludicidade como recurso pedagógico tem objetivos educacionais a atingir. Nessa perspectiva, utilizado em sala de aula, o jogo torna-se então um meio para a realização dos

objetivos educacionais, e ao educando, ao praticá-lo nesse contexto, deve ser garantida a ação livre, iniciada e mantida unicamente pelo prazer de jogar é atrelada aos objetivos educacionais sistematizados pelo educador. (RAU, 2013, p. 32)

O jogo, denominado “Rally Energy”, foi desenvolvido partindo da ideia de um clássico jogo de tabuleiro, o “Ludo”. Devido à dinâmica simples e com um número reduzido de regras, o jogo é de fácil assimilação e busca concentrar a complexidade nos conceitos físicos. O processo do desenho do tabuleiro e das cartas se deu após a elaboração das regras ligadas ao conceito de energia. A temática do jogo teve como narrativa uma corrida de carros elétricos. La Carretta (2018) relata que “...A estrutura que norteia a criação de jogos de tabuleiro normalmente é feita com base em contar uma história, mas deve ser amparada na ideia que você não apenas vai assistir uma história, mas também vivenciá-la, criando um maior sentido na experiência” (LA CARRETTA, 2018, p. 15).

A ideia da história está relacionada a uma corrida em que o percurso muda a cada momento, a depender da posição do jogador no tabuleiro ou da carta que o jogador terá que tirar. A narrativa traz situações que ilustram as transformações de energia vivenciadas no cotidiano. A exemplo do consumo excessivo de energia elétrica transformando-se em energia luminosa por deixar os faróis acesos numa parada ou quando a bateria do carro superaquece, ou mesmo uma regeneração de energia elétrica numa frenagem. La Carretta (2018), em seu livro intitulado “Como fazer jogos de tabuleiro: Manual prático”, desenvolveu uma metodologia para criação de vários tipos de jogos para tabuleiro utilizando uma narrativa de missões que deve possuir quatro aspectos

que são espaço, atores, itens e desafios (LA CARRETTA, 2018, p. 20):

“Espaço” corresponde ao campo reticulado onde o sistema é montado; “Atores” são os habitantes (controláveis ou não pelos jogadores) desse campo reticulado; “Itens” são as coisas (palpáveis ou não) que cada ator precisa para atingir determinado propósito dentro do que ele procura no sistema e “Desafios” são os objetivos que dão identidade ao propósito do jogo, diferenciando um jogo de outro sistema interativo cognitivo qualquer. (LA CARRETTA, 2018, p. 20)

Rally Energy é um jogo que possui os aspectos da narrativa descrita por La Carretta (2018). Na classificação descrita em seu livro e que traz as classes de jogos de tabuleiro, ele ilustra estas classes através de um quadro resumido a que dá o nome de “Concept em Quest 3x4” como mostra a Figura 8.1 abaixo (LA CARRETTA, 2018, p. 52).



Figura 8.1 — Quadro de classificação de tipos de jogos de tabuleiro

No caso do Rally Energy, a classificação se dá como sendo um jogo:

- Espaço de “Progressão” colaborativa;
- Atores são classificados “Personagens”, pois trata-se de carros elétricos;
- Itens têm classificação “Power Ups”, para as quais as cartas são de ônus, bônus e de desafios, ou seja, cartas com perguntas a serem respondidas;
- Desafios, trata-se de um jogo “Coop”, pois mesmo que seja um jogo de progressão em que há uma competição em relação a quem completará a volta primeiro e vencerá, há necessidade de colaboração entre os integrantes auxiliando nas interpretações das cartas, no abastecimento em que o jogador recebe um certo valor de energia e transformações de energia, segundo a narrativa do jogo.

O objetivo do jogo é dar uma volta completa, trilhando o tabuleiro (Figura 8.2). Ao longo do percurso, o jogador cairá em casas de cores e símbolos diferentes, que tratam dos desafios que devem ser resolvidos. O jogo é composto por 1 tabuleiro, 4 peões, 2 dados, 24 cartas de perguntas, 16 cartas de ônus, 32 cartões de nível de energia 1, 32 cartões de níveis de energia 2, 32 cartões de níveis de energia 4, 20 cartões de níveis de energia 8, 20 cartões de níveis de energia 10, 20 cartões de níveis de energia 15, 20 cartões de níveis de energia 20 e 20 cartões de níveis de energia 30. O tabuleiro ilustrado na Figura 8.2 trata-se da estação de progressão com temática de corrida de carros elétricos com a narrativa da transformação e transferência de energia. Conforme avança nas estações do tabuleiro, o jogador terá a possibilidade de parar nas casas de bônus, ônus, perguntas e de abastecimento, sempre envolvendo a temática baseada na lei da conservação de energia.

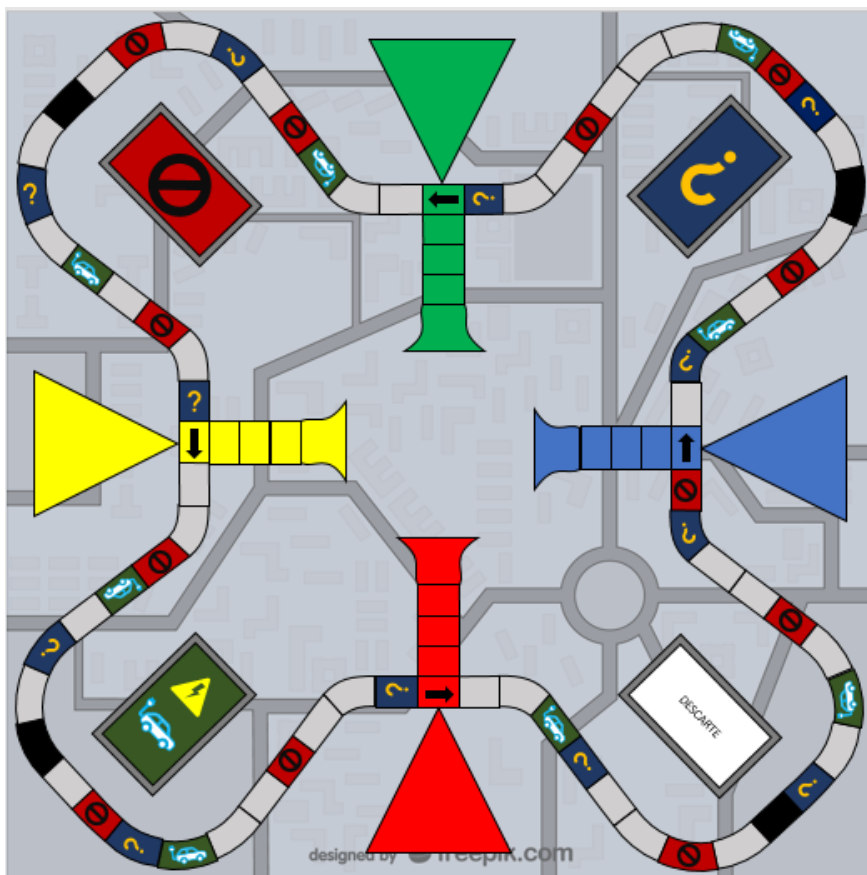


Figura 8.2 — Tabuleiro do jogo. Fonte: Tabuleiro criação do autor / imagem de fundo Designed by Freepik (<<http://www.freepik.com>>Designed by Freepik)

Com o objetivo de facilitar a aplicação, as regras são simples e de fácil entendimento. A sugestão é que sejam entregues de forma virtual ou impressa as regras do jogo com pelo menos uma aula de antecedência para que os alunos tenham tempo de lê-las, a fim de entenderem a mecânica do jogo. As regras são:

- Para se iniciar a partida, joga-se os dados e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo e os de-

mais seguem na ordem do sentido anti-horário como próximo da jogada.

- O jogo pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores e mais 1 para ser o banco de recebimentos e trocas de energia. Caso não haja mais de 4 jogadores para que um seja o banco, então os que estão jogando decidem quem irá cuidar do banco de cartões de energia para o recebimento ou troca dos níveis de energia.
- Os cartões de níveis de energia são divididos em 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30. São embaralhados e distribuídos 20 cartões aleatoriamente para cada jogador no início do jogo. Cada jogador não terá a mesma quantidade de energia.
- Joga-se com 2 dados e os avanços são feitos de acordo com os valores obtidos com o lançamento, sendo que cada casa percorrida, o carro transforma um nível de energia elétrica em energia de movimento. Como resultado o jogador entrega o valor de casas percorridas em cartões de níveis de energia para o banco de energia.
- O peão de cada jogador começa na base da referida cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seu carrinho elétrico a dar uma volta no tabuleiro e a chegar no ponto final demarcado com sua cor no centro do tabuleiro. Os peões se movem no sentido anti-horário.
- Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por outro jogador, o adversário deverá retornar para sua base ou terá que pagar com a quantia de energia de número de casas retroativas à casa de saída da cor referente ao jogador.
- Após dar uma volta no tabuleiro, o carrinho avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada à última casa só poderá ocorrer por um número exato na soma dos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. Caso

tenham ocorrido duas jogadas entre ir e voltar, o jogador pode jogar com apenas um dado.

- Quando um carrinho parar na casa de abastecimento de energia elétrica o jogador tira um cartão de energia aleatório, pois os cartões que estão sobre o tabuleiro estarão virados para baixo sem saber qual o valor do nível de energia.
- Quando um peão parar na casa de ônus, o jogador tirará uma carta e a lerá para saber o que ocorreu com seu carro elétrico dentro dos conceitos de energia e suas transformações. O jogador irá efetuar o descarte de níveis de energia conforme a ação que a carta solicitar.
- Se um carrinho parar numa casa de pergunta, o jogador tirará uma carta e lerá a pergunta e em seguida, ele dará sua resposta perante os jogadores. Para saber se a resposta está correta ou não, basta o jogador apontar um aparelho celular, com leitor de QRCode, no centro da carta e assim visualizar a resposta. Caso acerte, ele ganhará um valor em nível de energia; se errar, perderá um valor em nível de energia.
- Quando um carrinho parar na casa preta, o jogador perderá o cartão de maior nível de energia em mãos e ficará uma rodada sem jogar.

As cartas de perguntas (Figura 8.3) trazem questões que devem ser respondidas pelo jogador que cair em uma casa do tabuleiro com o símbolo de interrogação. Ao cair em uma casa com um ponto de interrogação, o jogador deve retirar uma carta do conjunto de cartas de perguntas, ler e responder a pergunta de forma que os outros jogadores possam ouvir. Na sequência, o jogador irá descobrir a resposta correta fazendo a leitura do QRCode que se encontra na carta. Caso a resposta esteja correta, o jogador ganhará um valor em níveis de energia. Caso contrário, o jogador perderá um certo

valor em níveis de energia e terá que pagar ao banco de energia.

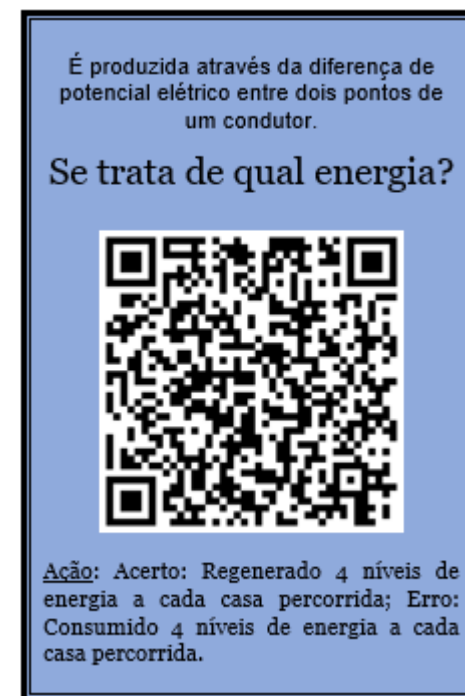


Figura 8.3 — Carta de pergunta e símbolo da casa de pergunta. Fonte: Criação do autor

As cartas ônus (Figura 8.4) tratam de intercorrências durante o trajeto, sendo que isso só será possível se o jogador cair na casa em que consta o símbolo de proibido.

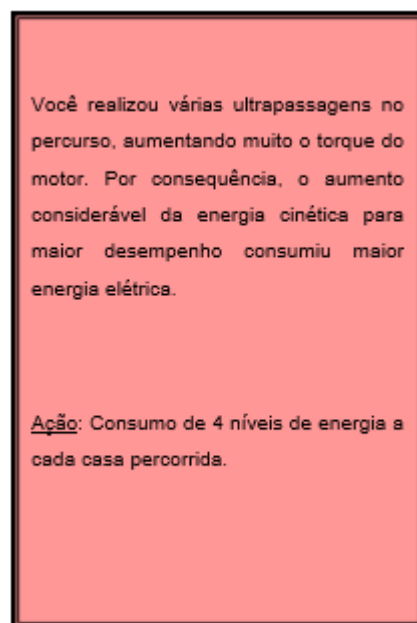


Figura 8.4 — Carta de ônus e o símbolo de proibido. Fonte: Criação do autor

Os cartões de níveis de energia (Figura 8.5) referem-se à quantidade de carga da bateria. No início do jogo são embaralhados os cartões e em seguida, distribuídos a cada jogador, vinte unidades que estarão viradas não sabendo assim, quais valores recebeu. Na sequência, cada um conta seus valores e assim inicia-se o jogo.

A cada rodada, o jogador lança os dados para verificar quantas casas terá que avançar, sendo que este deslocamento do carro causará um consumo de energia elétrica que se transformará em energia cinética. Isso acarretará a diminuição de 1 nível de energia a cada casa progredida. Com isso, o jogador irá repassar à mesa a quantidade gasta de energia. Na rodada em que um carro cair em uma das casas de abastecimento (Figura 8.5), o jogador irá retirar um cartão de nível de energia que se encontra sobre o tabuleiro e virada no

monte, ou seja, ele não saberá qual o valor do cartão até retirá-la do monte, então o carro estará abastecido.



Figura 8.5 — Cartão de nível de energia 15 e Ponto de abastecimento. Fonte: Criação do autor

Plano de aula

O produto educacional tem a proposta de ser aplicado em oito aulas, sendo dividido em três etapas com base na metodologia dos três momentos pedagógicos. A primeira etapa foi desenvolvida em duas aulas, a segunda, em quatro aulas e a última, duas aulas.

Primeiro momento - problematização inicial

Aulas 1 e 2 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver uma discussão sobre “o que é energia?”, partindo desse ponto para levantar informações que contribuam para avaliar os conhecimentos prévios que os alunos têm quanto ao conceito.

Processo: Problematicar o conceito de energia com a ideia de que não se cria energia do nada, como uma esfera de luz como em desenhos ou filmes. (sugestão minha)

Recursos: Uso da lousa, cartolina e questionário.

Desenvolvimento:

- Aplicar questionário individualmente;
- Problematicar o conceito de energia, partindo de questionamentos do uso da palavra no dia a dia do aluno;
- Formar pequenos grupos;
- Propor aos grupos a produção de um mapa mental do ponto de vista de cada um do grupo, em que será feito na cartolina;

- No término da construção do mapa, cada grupo irá compartilhar com a turma o trabalho finalizado;
- Os mapas são entregues ao professor para serem avaliados.

Segundo momento - organização do conhecimento

Aulas 3 e 4 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Organizar as ideias apresentadas pelos alunos, buscando estruturar os conhecimentos científicos do conceito da energia.

Processo: Desenvolver meios que facilitem a compreensão do conceito partindo inicialmente da experimentação prática, seja de forma interativa ou expositiva. Exemplos como carrinhos de brinquedos em pistas com looping e lançamento por travas com elástico (energia potencial elástica); bolas de vários tamanhos em queda, como exemplo de uma bola de basquete e uma de tênis de mesa em queda (energia potencial gravitacional transformando-se em energia cinética); simuladores digitais de sites especializados no ensino de Física como o “Phet Colorado” ou até mesmo vídeos.

Na sequência, desenvolver o contexto histórico da evolução do conceito da energia. Como suporte, o “capítulo 3” da dissertação desse produto traz uma pesquisa histórica do conceito da energia, para que o professor possa ter suporte histórico sem precisar realizar várias buscas de artigos e livros sobre o assunto. Este momento o professor tem autonomia para desenvolver seu material através de uma time-line com palavras-chave de datas e nomes de importância no desen-

volvimento histórico ou apresentar a história de forma resumida em um texto ou em slides.

O processo histórico culminará no desfecho do desenvolvimento da equação da energia cinética. Em seguida, o professor expõe os conceitos físicos-matemáticos da energia potencial gravitacional e elástica, energia mecânica e a conservação de energia, em que serão desenvolvidos exemplos de resolução de questões relacionadas aos assuntos estudados e aplicada uma lista de exercícios de fixação.

Recursos: Uso da lousa, slides, internet e equipamentos para os experimentos.

Desenvolvimento:

- Desenvolver de forma introdutória o conceito de energia partindo de práticas experimentais, seja de forma expositiva ou interativa;
- Criar uma linha do tempo histórica da evolução do conceito da energia;
- Explanar os conceitos matemáticos das energias potencial gravitacional, elástica e da energia mecânica, trazendo exemplos e resoluções de exercícios;
- Aplicar lista de exercícios de fixação do assunto.

Aulas 5 e 6 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver os conceitos matemáticos com resoluções de exercícios sobre a conservação de energia mecânica.

Processo: Realizar uma breve revisão das aulas anteriores e na sequência, verificar o desenvolvimento dos alunos, quanto à resolução dos exercícios de fixação do assunto abordado. Em seguida, propor a correção da lista em pequenos

grupos, no qual haverá pelo menos um aluno que tenha resolvido toda a lista e assim, um orienta o outro dentro do grupo. O professor dará o devido suporte caso precise. Depois, um ou mais alunos de cada grupo irá a lousa para resolver os exercícios e o docente, logo após corrige a questão.

Recursos: Uso da lousa, slides.

Desenvolvimento:

- Iniciar a aula realizando uma breve revisão de todo conhecimento abordado nas aulas anteriores;
- Realizar uma busca daqueles alunos que eventualmente tenham dúvidas em alguma das questões da lista e orientá-los;
- Formar grupos para aqueles alunos que resolveram toda a lista possa orientar outros do grupo com dificuldade;
- Resolver na lousa, as questões da lista pelo próprios alunos e na sequência o professor verifica a resolução e tece os comentários, caso seja necessário;
- Orientar os alunos a lerem o manual e as regras do jogo de tabuleiro para a próxima aula.

Terceiro momento - aplicação do conhecimento

Aulas 7 e 8 (45 minutos cada aula)

Objetivo: Desenvolver atividades para a estruturação do conhecimento científico do conceito da energia.

Processo: Antes da aplicação do jogo de tabuleiro, repasse as orientações quanto às regras, ao embaralhamento das cartas e cartões do jogo. Orientar os alunos nos grupos que

tenham em mãos pelo menos um aparelho celular para leitura do QRCode das cartas de perguntas e um rascunho caso precise realizar algum cálculo durante o jogo.

Uma partida dura em média 25 minutos, talvez a primeira rodada eles tenham algumas dúvidas e isso pode atrasar um pouco a primeira rodada. Uma sugestão, seria interessante que na aula antes da aplicação do jogo, o professor oriente um aluno de cada grupo sobre as regras do jogo para que esse seja o orientador dentro cada grupo. Com isso, vai otimizar muito o tempo no desenvolvimento da atividade.

Na metade da segunda aula, o professor irá entregar os mapas mentais de cada grupo e propõem que no verso da cartolina seja feito um mapa conceitual do conceito da energia buscando agora tudo o que aprenderam no percurso da sequência didática. Nos últimos 15 minutos, faça uma conversa para que cada grupo apresente o que mudou no mapa em relação ao anterior. O mapa será uma das possíveis avaliações em que o professor pode gerar nota.

Recursos: Uso da lousa, jogo de tabuleiro (Figura 8.6), caderno ou rascunho para os cálculos e um aparelho de celular em cada grupo para leitura do QRCode.

Desenvolvimento:

- Realizar uma breve orientação sobre o jogo;
- Aplicar o jogo em pequenos grupos;
- Desenvolver um novo mapa conceitual;
- Culminância da sequência didática, no qual o professor buscará avaliar de forma lúdica o aprendizado do aluno através do jogo educacional de tabuleiro sobre o assunto de energia.



Figura 8.6 — Jogo de Tabuleiro (Rally Energy). Fonte: Acervo do autor.

Considerações finais

Esse material didático tem como proposta desenvolver no discente o conhecimento científico a partir de problematizações iniciais, práticas experimentais, conhecimento histórico, desenvolvimento matemático e atividades lúdicas, como no caso do presente produto, no qual foi aplicado um jogo educacional de tabuleiro baseado no conceito da energia e suas transformações.

O produto pode ser adaptado à realidade do professor, não havendo a necessidade de comprar as peças do jogo. Como sugestão, o docente pode utilizar reciclados como tampa de garrafa PET, se tiver poucos dados de outros jogos lúdicos que a escola possua, pode ser usado apenas um dado por tabuleiro. Caso não tenha dados, sugiro construir os dados de papel a partir de molde que se encontra na internet. O tabuleiro pode ser impresso em folhas de sulfite e depois basta

encaixá-las e colar com cola ou fita adesiva, não há a necessidade de imprimir em uma gráfica.

Levando em conta a realidade da educação básica atual, em que o planejamento do professor deve estar em consonância com as novas normas, cabe a ele desenvolver sequências didáticas apoiadas nos eixos de competências e habilidades a serem trabalhadas com os alunos como, também, avaliações diferenciadas que busque o pensamento crítico do discente e a aprendizagem.

Referências

SANTA CATARINA. Governo do Estado. Secretaria de Estado da Educação. Proposta Curricular de Santa Catarina: Caderno 2: Formação Geral Básica. Santa Catarina, S.E.D. 2014.

ALTRÃO, F.; NEZ, E. Metodologia de ensino: um re-pensar do processo de ensino e aprendizagem. / Francielle Altrão e Egesleine de Nez. Revista Panorâmica On-line. Barra do Garças - MT, vol. 20, p. 83-113, jan./jul. 2016.

DELIZOICOV, D. ANGOTTI, J. A. PERNAMBUCO, M. M. Ensino de Ciências: fundamentos e métodos. Colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. - 5. ed. - São Paulo: Cortez, 2018.

LA CARRETTA, M. Como fazer jogos de tabuleiro: manual prático. Marcelo La Carretta. - 1. ed. - Curitiba: Appris, 2018.

Manual do jogo Energy Rally

Objetivo: o objetivo do jogo é percorrer todo o trajeto do tabuleiro, dando uma volta completa com o carrinho elétrico

resolvendo os desafios durante o percurso e o primeiro jogador que chegar na casa central vence.

Itens:

- 01 tabuleiro;
- 04 peões (4 cores diferentes) (carrinho elétrico);
- 02 dados;
- 24 cartas de perguntas;
- 16 cartas de ônus;
- Cartões de níveis de energia:
 - 32 de nível de energia 1;
 - 32 de nível de energia 2;
 - 32 de nível de energia 4;
 - 20 de nível de energia 8;
 - 20 de nível de energia 10;
 - 20 de nível de energia 15;
 - 20 de nível de energia 20;
 - 20 de nível de energia 30.

As regras são:

Para se iniciar a partida, joga-se os dados e o participante que fizer o maior número de pontos inicia o jogo e os demais seguem na ordem do sentido anti-horário como próximo da jogada.

O jogo pode ser jogado por 2, 3 ou 4 jogadores e mais 1 para ser o banco de recebimentos e trocas de energia. Caso não haja mais de 4 jogadores para que um seja o banco, então os que estão jogando decidem quem irá cuidar do banco de cartões de energia para o recebimento ou troca dos níveis de energia.

Os cartões de níveis de energia são divididos em 1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30. São embaralhados e distribuídos 20 cartões

aleatoriamente para cada jogador no início do jogo. Cada jogador não terá a mesma quantidade de energia.

Joga-se com 2 dados e os avanços são feitos de acordo com os valores obtidos com o lançamento, sendo que cada casa percorrida, o carro transforma um nível de energia elétrica em energia de movimento, onde o jogador entrega o valor de casas percorridas em cartões de níveis de energia para o banco de energia.

O peão de cada jogador começa na base da referida cor. O objetivo do jogo é ser o primeiro a levar seu carrinho elétrico a dar uma volta no tabuleiro e a chegar no ponto final demarcado com sua cor no centro do tabuleiro. Os peões se movem no sentido anti-horário.

Se um jogador chegar a uma casa já ocupada por um peão adversário, o adversário deve voltar para sua base ou paga com a quantidade de energia do número de casas retroativas até a casa de saída da cor.

Após dar uma volta no tabuleiro o carrinho avança pela reta final, de sua própria cor. A chegada a última casa, só pode ser obtida por um número exato na soma dos dados. Se o jogador tirar mais do que o necessário, ele vai até o fim e volta, tendo que aguardar sua próxima jogada. Caso tenha ocorrido duas jogadas entre ir e voltar o jogador pode jogar com apenas um dado.

Quando um carrinho parar na casa de abastecimento de energia elétrica o jogador tira um cartão de energia aleatório, pois os cartões que estão sobre o tabuleiro estarão virados para baixo sem saber qual o valor do nível de energia.

Quando um peão parar na casa de ônus, o jogador tirará uma carta e a lerá para saber o que ocorreu com seu carro elétrico dentro dos conceitos de energia e suas transforma-

ções. O jogador irá efetuar o descarte de níveis de energia conforme a ação que a carta solicitar.

Se um carrinho parar numa casa de pergunta, o jogador tirará uma carta e lerá a pergunta e, em seguida, dará sua resposta perante os jogadores. Para saber se a resposta está correta ou não, basta o jogador apontar um aparelho celular, com leitor de QR Code, no centro da carta e assim visualizar a resposta. Caso acerte, ele ganhará um valor em nível de energia; se errar, perderá um valor em nível de energia.

Quando um carrinho parar na casa preta, o jogador perderá o cartão de maior nível de energia em mãos e ficará uma rodada sem jogar.

Material do jogo para impressão

A seguir estão reproduzidos o tabuleiro e as cartas do jogo Energy Rally no formato em que foram disponibilizados pelo autor para impressão (em folhas de sulfite, recortadas e montadas conforme o Manual do jogo, sem necessidade de gráfica). Os arquivos em alta resolução, prontos para impressão, também estão disponíveis em: https://drive.google.com/drive/folders/19C-_R9afdQXELd5-So22h6_HBHKDPwKU0.

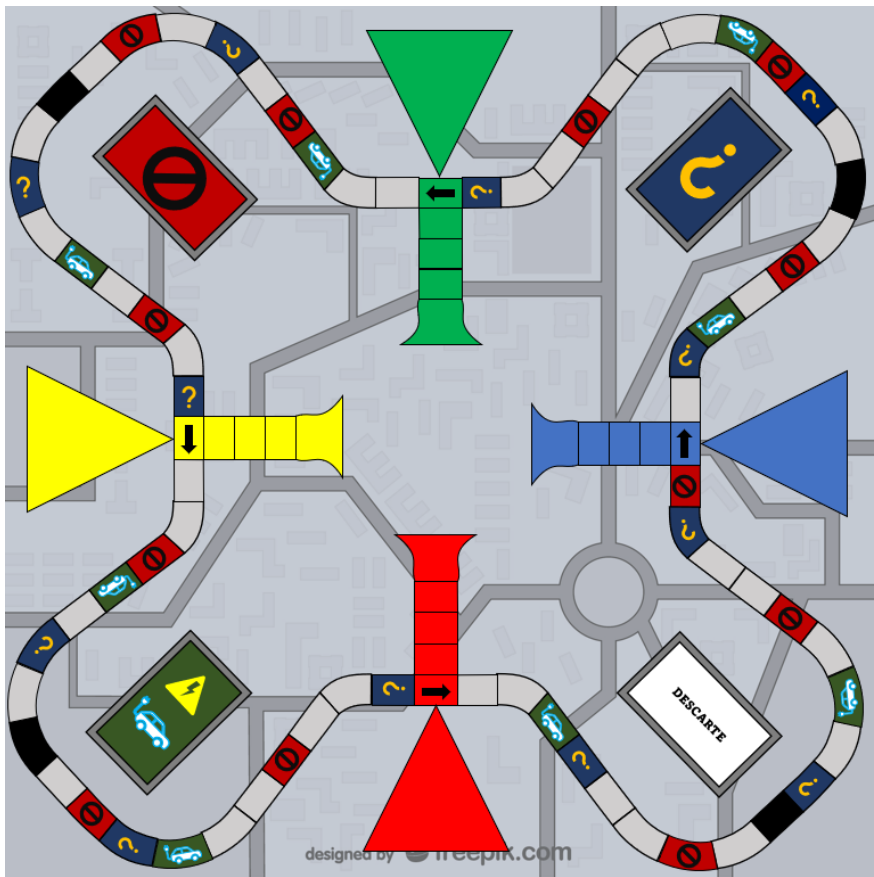


Figura 8.7 — Tabuleiro do jogo Energy Rally (versão para impressão). Fonte: Tabuleiro criação do autor / imagem de fundo Designed by Freepik.

Região de fortes vento em sentido contrário ao movimento do veículo. Dessa forma, a força de arrasto sobre o carro faz que haja um aumento no consumo de energia elétrica em energia cinética. <u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.	Bateria danificada. Fique parado até alguém passar por você e rebocá-lo até uma oficina mais próxima. Ação: Você segue junto andando o mesmo número de casas em diante com que lhe rebocou. <u>Ação:</u> Pague 1 nível de energia para cada casa que avançou ao reboque. Caso não tenha o suficiente, pague o que tem e "Game Over".	Você percorreu uma grande distância sem carregar sua bateria e o sistema de frenagem não foi o suficiente para recarregá-la. <u>Ação:</u> Fique uma rodada sem jogar.
--	--	---

Figura 8.8 — Cartas de ônus — folha 1 de 6. Fonte: Criação do autor.

Parou para descansar e esqueceu os faróis acesos que são de lâmpadas incandescentes, onde 90% da energia usada para alimentar as lâmpadas é convertida em energia térmica e apenas 10% em energia luminosa. <u>Ação:</u> O nível da bateria caiu 4 níveis.	Pane no sistema de frenagem regenerativa do carro. Dessa forma, a bateria não será recarregada ao frear. <u>Ação:</u> Consumo aumentou em 2 níveis de energia a cada casa percorrida.	Rodovia em manutenção. O desvio fez você passar por um trecho arenoso e aumentando a distância percorrida. Causando um superaquecimento, ou seja, aumento na liberação de energia térmica. <u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.
--	---	--

Figura 8.9 — Cartas de ônus — folha 2 de 6. Fonte: Criação do autor.

Você parou para dar carona para três pessoas. Logo, houve um aumento no consumo de energia. <u>Ação:</u> Consumo de 3 níveis de energia a cada casa percorrida.	Pneu furado. A roda sobresaliente (estepe) é de ferro fundido possuindo maior massa que as rodas originais do carro. Logo, o momento de inércia do estepe é maior e, consequentemente, haverá um aumento no consumo da energia da bateria. <u>Ação:</u> Consumo de 2 níveis de energia a cada casa percorrida.
---	--

Figura 8.10 — Cartas de ônus — folha 3 de 6. Fonte: Criação do autor.

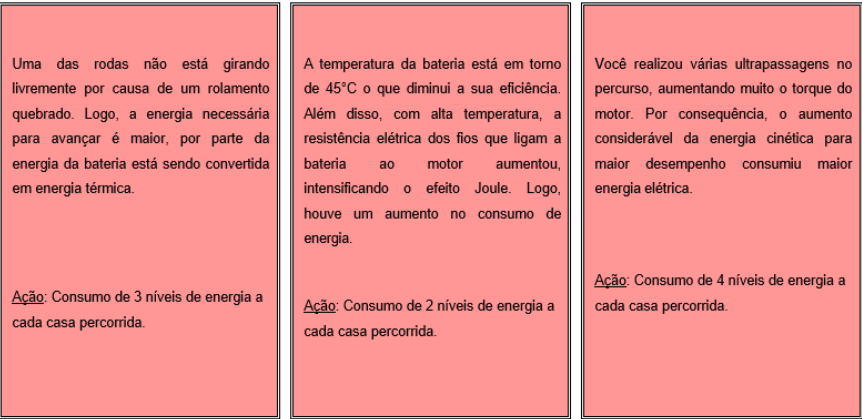


Figura 8.11 — Cartas de ônus — folha 4 de 6. Fonte: Criação do autor.

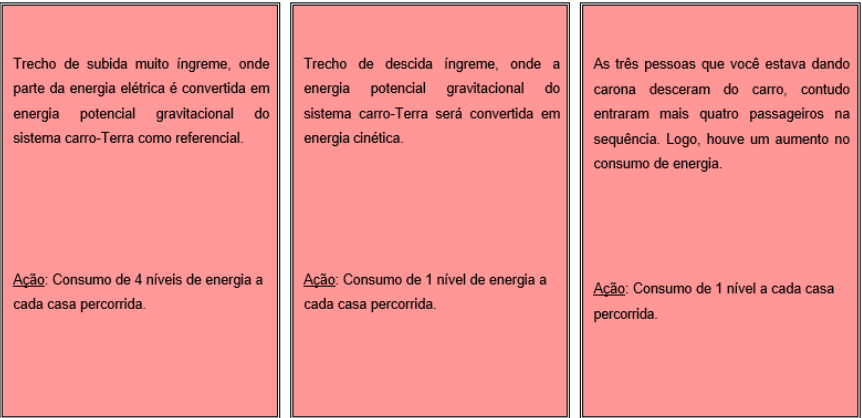


Figura 8.12 — Cartas de ônus — folha 5 de 6. Fonte: Criação do autor.

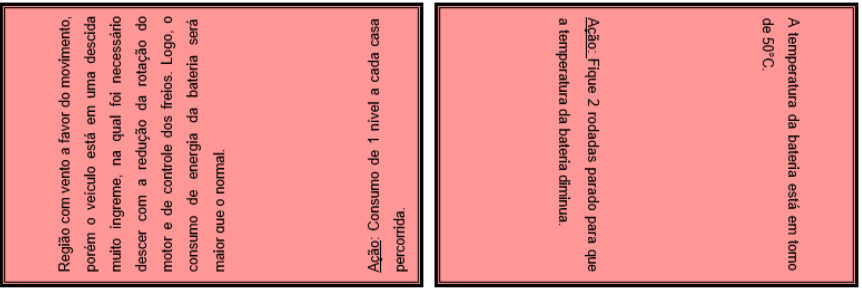


Figura 8.13 — Cartas de ônus — folha 6 de 6. Fonte: Criação do autor.

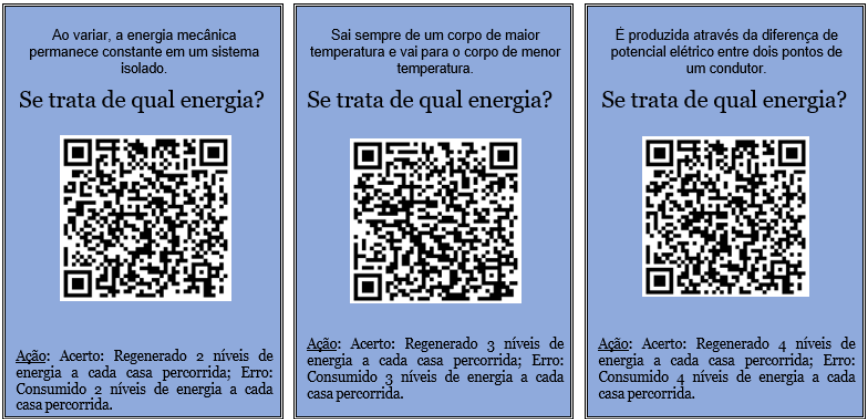


Figura 8.14 — Cartas de perguntas — folha 1 de 8. Fonte: Criação do autor.



Figura 8.15 — Cartas de perguntas — folha 2 de 8. Fonte: Criação do autor.

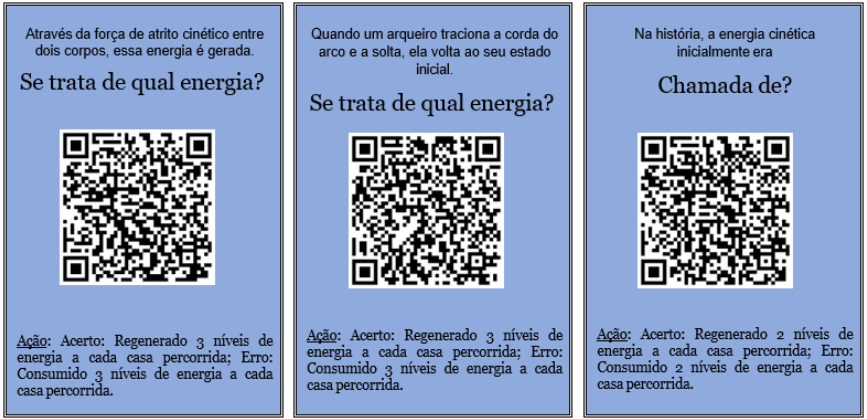


Figura 8.16 — Cartas de perguntas — folha 3 de 8. Fonte: Criação do autor.

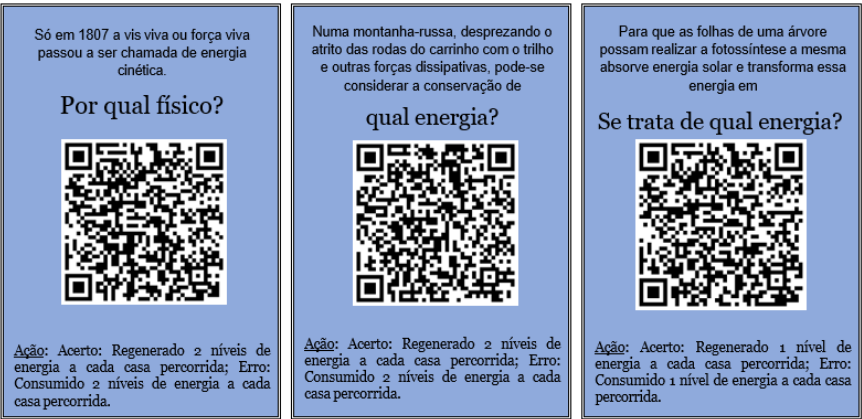


Figura 8.17 — Cartas de perguntas — folha 4 de 8. Fonte: Criação do autor.

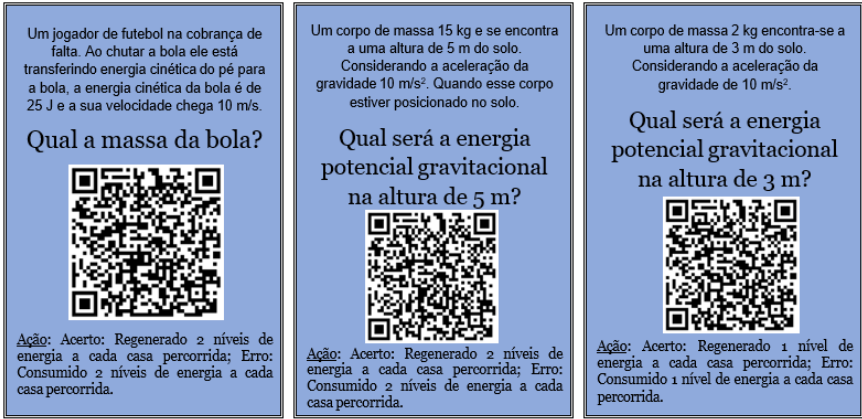


Figura 8.20 — Cartas de perguntas — folha 7 de 8. Fonte: Criação do autor.



Figura 8.18 — Cartas de perguntas — folha 5 de 8. Fonte: Criação do autor.



Figura 8.21 — Cartas de perguntas — folha 8 de 8. Fonte: Criação do autor.

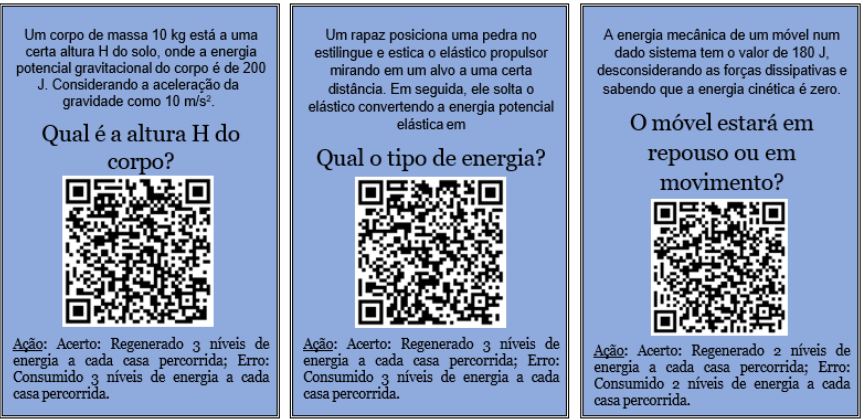


Figura 8.19 — Cartas de perguntas — folha 6 de 8. Fonte: Criação do autor.



Figura 8.22 — Cartões de níveis de energia (1, 2, 4, 8, 10, 15, 20 e 30). Fonte: Criação do autor.