

PRODUTO EDUCACIONAL

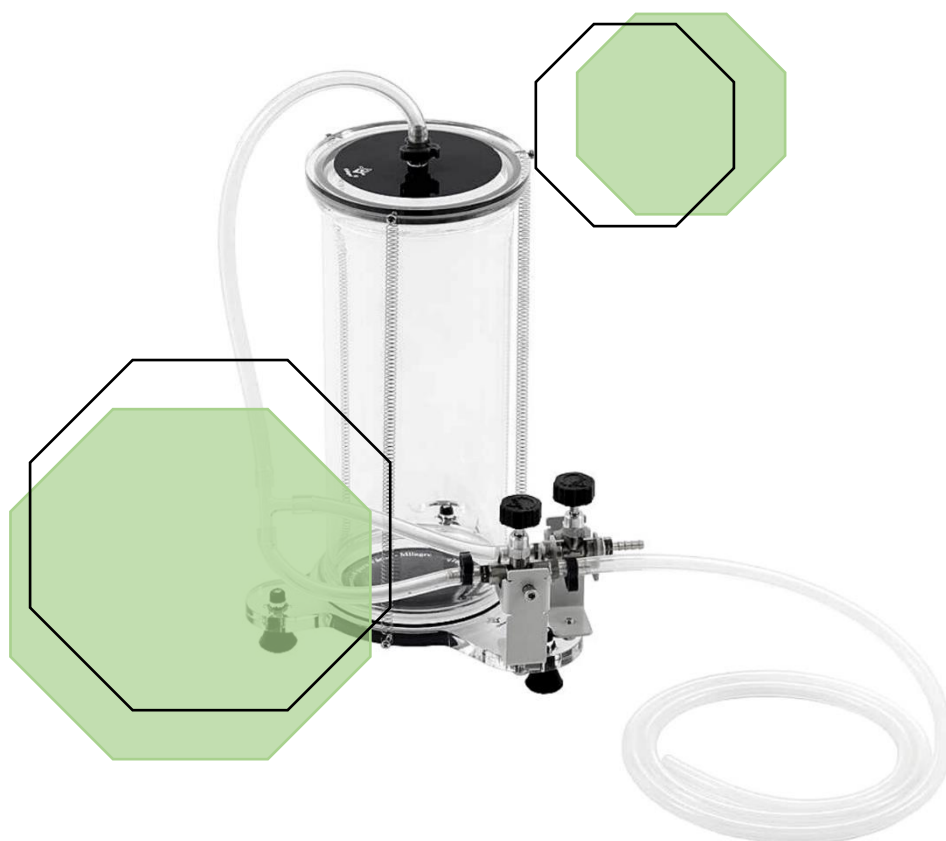
**Guia Didático de Atividades Investigativas:
estudo de fenômenos físicos no vácuo.**

SARAH HELEM TSCHÁ

JOINVILLE, SC
2023

Guia Didático de Atividades Investigativas:

estudo de fenômenos físicos no vácuo



Sarah Helem Tschá
Luiz Clement

Agradecimento:



fapesc
Fundação de Amparo à
Pesquisa e Inovação do
Estado de Santa Catarina



PPGECMT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS



CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
Programa: ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS
Nível: MESTRADO PROFISSIONAL
Área de Concentração: Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias.
Linha de Pesquisa: Formação de Professores na área de Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias

Título: Guia Didático de Atividades Investigativas: estudo de fenômenos físicos no vácuo.
Autor: Sarah Helem Tschá
Orientador: Luiz Clement
Data: 19/09/2023

Produto Educacional: Guia Didático
Nível de ensino: Formação Inicial e Continuada.
Área de Conhecimento: Física
Tema: Fenômenos Físicos no vácuo.

Descrição do Produto Educacional:

Este Produto Educacional se constitui em um Guia Didático, que tem como objetivo apresentar um conjunto de cinco Atividades Didáticas Investigativas, para abordar pedagogicamente fenômenos físicos e promover reflexões sobre Práticas Educativas. O Guia contém uma breve apresentação ao professor sobre a estrutura didático-metodológica de acordo com o Ensino por Investigação, orientando o planejamento de Atividades Didáticas Investigativas centradas em problemas. Em seguida, são apresentadas as atividades, orientando formas de condução do professor para atender o protagonismo dos estudantes. Elas têm como recurso principal um aparato tecnológico próprio para gerar ambiente de vácuo, portanto, são tratados diferentes conceitos de física ao longo das Atividades Didáticas Investigativas, quais sejam: Diferença de Pressão, Ondas Sonoras, Estados da Matéria e Queda Livre. Por fim, com base nas demais possibilidades de se trabalhar com o tema, um desafio é lançado aos leitores, referente à elaboração de outras Atividades Didáticas Investigativas.

Biblioteca Universitária UDESC: <http://www.udesc.br/bibliotecauniversitaria>

Publicação Associada: Ensino por Investigação no estudo de fenômenos físicos à baixa pressão: fomentando Práticas Educativas na Formação de Professores.

URL: <http://www.udesc.br/cct/ppgecmt>

Arquivo	*Descrição	Formato
1.647 kb	Texto completo	Adobe PDF

Este item está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)
Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual CC BY-NC-SA

SUMÁRIO

1 ORIENTAÇÕES DIDÁTICO PEDAGÓGICAS.....	5
2 FENÔMENOS FÍSICOS ESTUDADOS NO VÁCUO	9
2.1 Diferença de Pressão	11
2.1.1 Balão.....	11
2.1.2 Ventosas	17
2.2 Ondas	24
2.2.1 Ondas sonoras.....	24
1.3. Estados da Matéria.....	30
1.4.1. Evaporação da água.....	31
1.4. Mecânica.....	37
1.4.1 Queda Livre	38
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES AOS PROFESSORES	43

1 ORIENTAÇÕES DIDÁTICO PEDAGÓGICAS

Caro professor, de acordo com o Ensino por Investigação o estudante é protagonista de sua própria aprendizagem e, como sabemos, tornar o aluno ativo em sala de aula não é tarefa fácil e causa impressão de que seu papel é diminuído. Portanto, para ajudá-lo, trazemos neste capítulo algumas indicações de como conduzir atividades de ensino investigativas tal qual a metodologia proposta por Garcia e Garcia (2000). Antes de tudo, salientamos a afirmação do autor ao escrever sobre o significado do professor como facilitador do processo de ensino-aprendizagem, “pois desenvolve tarefas decisivas deste processo” (p. 78, tradução nossa).

A metodologia supracitada é utilizada para dar sentido e organizar as aulas, com objetivo de orientar decisões nas quais levem em conta recursos e estratégias favoráveis à investigação por meio de problemas. Para este processo de ensino é possível distinguir três momentos ou tipos de atividades presentes na perspectiva, são elas as:

Atividades que se referem à busca, reconhecimento, seleção e formulação de problema;
Atividades que possibilitam a “resolução” do problema mediante a interação entre as concepções do aluno, reveladas pelos problemas, e a nova informação procedente de outras fontes;
Atividades que facilitam a recapitulação do trabalho realizado, a elaboração de conclusões e expressão dos resultados obtidos (GARCIA; GARCIA, 2000, p. 29, tradução nossa).

Estes momentos elencados não são tratados necessariamente em ordem, eles podem ser retomados e repetidos quantas vezes forem necessárias para a atividade, mas devem ser todos presentes.

Ao planejar atividades de ensino de acordo com as atividades indicadas na metodologia, o professor é o responsável por selecionar e organizar conceitos de acordo com um tema que pretende trabalhar. Inclusive, o autor sugere o desenho de uma “trama”, para esquematizar conceitos e suas relações, auxiliando na visualização ampla dos diferentes caminhos a serem traçados para desenvolvimento dos mesmos conceitos, processos ou atitudes. Assim, a trama contribui para o reconhecimento das possibilidades do tema em atividades investigativas, bem como direcionamento das possíveis problemáticas a serem trabalhadas.

Durante o processo de elaboração de problemas o professor atua para dar maior ênfase àqueles que sejam, tanto didaticamente relevantes, quanto instigantes para os alunos. Os jovens possuem muitos interesses associados às mídias e ao seu contexto, mas poucos são estudados de forma sistemática e aprofunda, muito menos relacionados com conceitos científicos. Para indicar caminhos aos professores questionamos: *Qual tema pode ser estimulante e sugestivo de*

acordo com as competências escolares e ao mesmo ser de interesse aos alunos, relacionando-se com sua curiosidade e inquietação para ampliar conhecimentos? Uma dica é conhecer seus alunos.

Além disso, ao selecionar tipos de problemas, o autor afirma que eles não precisam ser somente uma pergunta, podem ser uma situação científica curiosa, um conjunto de dados cuja relação com conclusões anteriores indique necessidade de busca de ajustes, um evento com características difíceis de compreender. Observe que todos tendem à necessidade de novos estudos para compreensão dos fenômenos relacionados ao problema.

Para desenvolvimento dessas atividades, os alunos precisam emitir suas hipóteses, apresentar o que entendem do tema no momento. E para isso, o professor pode elaborar as mais diversas estratégias, como sugerir pequenas atividades, debates, apresentar possíveis hipóteses para apropriação e entre outros.

Em seguida é realizada busca de novas informações, a qual deve ser acompanhada pelo professor para que seja sistemática e forneça dados relevantes ao problema investigado. Portanto, o professor deve reconhecer a oportunidade de introduzir novos conceitos, como por exemplo, quando os alunos possuem dúvidas nas quais o processo investigativo é interrompido ou desviado. Como são abundantes as novas informações, é necessária orientação, de acordo Garcia e Garcia (2000) o professor “não só explica, mas também introduz temáticas, recapitula conclusões, fornece instruções para a atividade” (GARCIA; GARCIA, 2000, p.48, tradução nossa). Trazemos então uma reflexão: *Quais informações são necessárias aos alunos neste momento para o desenvolvimento do processo investigativo e de que forma elas podem ser trabalhadas?*

Vale salientar que nesta metodologia é importante estar atento ao desenvolvimento da própria busca e seleção de dados, pois deve ser organizada e selecionada mediante critérios bem definidos, estes, referentes à busca de soluções/respostas para o problema. Questionamos se: *Os processos se ajustam à metodologia, tipos de conteúdos trabalhados, e aos objetivos do problema?*

Manter os alunos motivados e participativos é um dos maiores desafios desta metodologia, Baumer (2016) já indicou em seu trabalho com Sequências de Ensino Investigativas dificuldade nesse quesito. Para tal, Garcia e Garcia (2000) afirmam que o professor deve coordenar, incentivar e garantir a continuidade da investigação motivando-os por meio de promoção de expectativas positivas, exigência de responsabilidade dos alunos quanto ao seu próprio trabalho, estímulo de trabalhos em grupos e debates dinâmicos, solução de dúvidas durante o processo e assistência no acesso de recursos (GARCIA; GARCIA, 2000, p. 79).

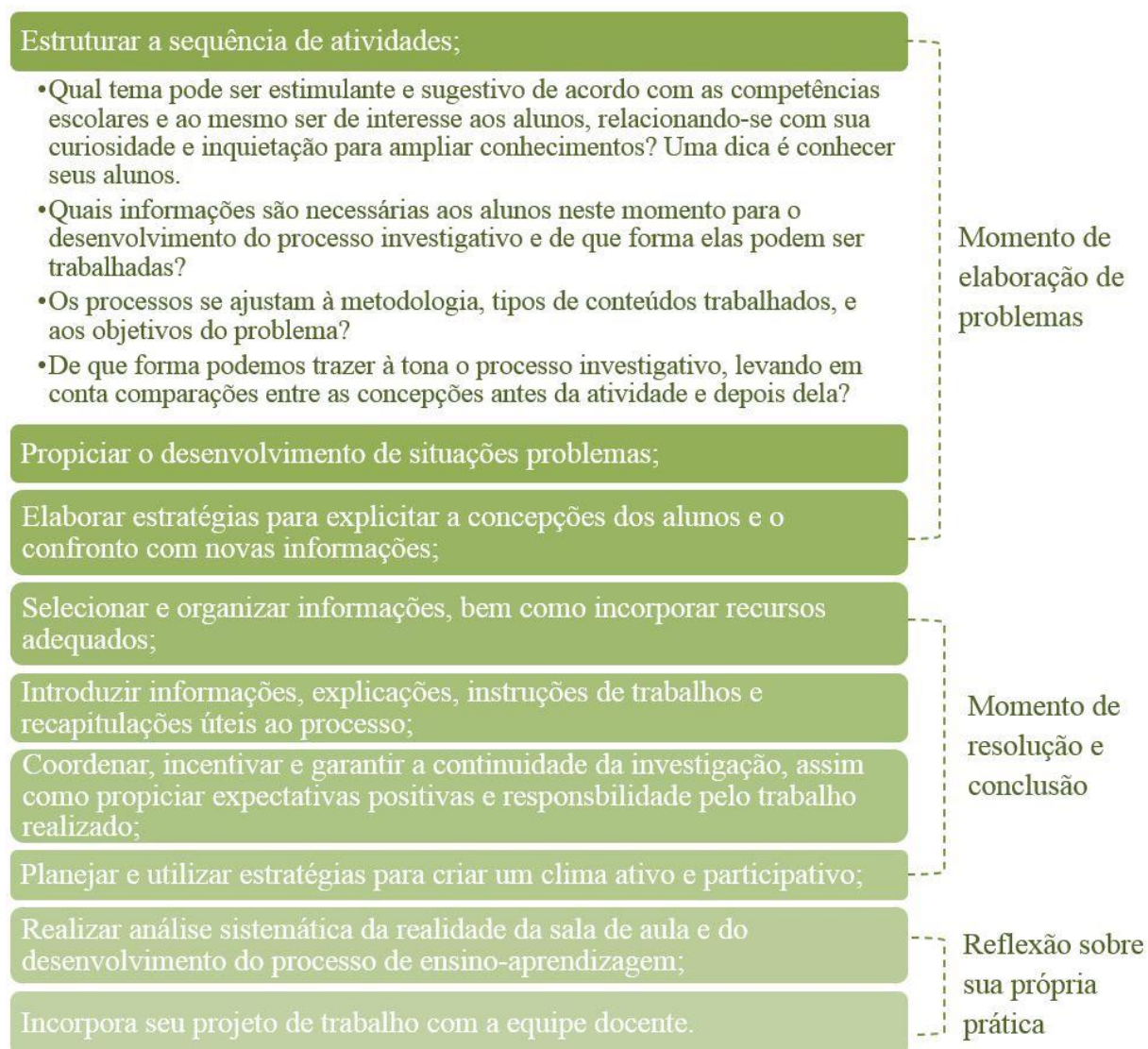
Complementando as orientações dos autores, a Teoria da Autodeterminação afirma que para o professor promover motivação no contexto escolar é preciso estar atento às necessidades psicológicas básicas: a autonomia, competência e pertencimento. A autonomia diz respeito às ações que partem da vontade dos alunos, é importante que o professor procure meios para manifestar a perspectiva dos alunos e levá-las em consideração. Estas, podem ser na forma de inclusão delas nas atividades, *feedback*, reconsideração em momento posterior, mas procurando permitir os alunos a pensar, se expressarem e sentirem à sua maneira. A competência diz respeito à congruência do nível do trabalho com as habilidades dos alunos, envolvendo atividades desafiadoras e interessantes, mas não impossíveis nem entediadas. Já o pertencimento reflete nas relações sociais dos alunos com demais colegas, fazendo-os se sentir parte de um grupo, sendo assim, é importante ficar atento à relação dos alunos em seus grupos bem como na relação do aluno com o professor (REEVE, 2006).

É interessante perceber como o “clima” indicado por Garcia e Garcia (2000) aconselha o favorecimento da autonomia dos alunos, sua relação com os desafios e com os demais colegas pois, para manter esse “clima” o autor enfatiza que este processo investigativo combina variedade de atividades com variedade de ritmos de trabalhos, respeitando a maturação de cada aluno. Sem esquecer também, da dinamicidade da aula, propondo interação entre o processo individual e coletivo, e reforçando a interação entre os alunos.

O momento de conclusão é tida por Garcia e Garcia (2000) como “manifestação externa da atividade interna de reestruturação do conhecimento” (p.51 tradução nossa). E para estimular essa externalização o professor pode promover a recapitulação e reflexão, por meio de apresentação de resultados (individuais ou em grupos), resolução de questões de aplicação, numéricas ou conceituais, ou então, representação e sistematização em diferentes linguagens como textos, tabelas, gráficos e entre outros (CLEMENT, 2013, GARCIA; GARCIA, 2000). Para refletir sobre as atividades de conclusões questionamos: *De que forma podemos trazer à tona o processo investigativo, levando em conta comparações entre as concepções antes da atividade e depois dela?*

Diante do exposto é possível perceber elementos centrais ao referencial didático-metodológico, embora sejam orientadas conduções variadas para cada momento, levando em consideração também, o perfil dos alunos e seus ritmos de desenvolvimento. Dessa forma, o professor deve estar atento ao processo de ensino-aprendizagem ao longo das atividades, analisando e refletindo sobre sua própria conduta. Para sistematização destes aspectos foi elaborada a Figura 1 abaixo.

Figura 1 - Funções do professor ao ensinar investigando



Fonte: Elaborada com base em García e García (2000, p. 79).

De forma sucinta, a Figura 1 apresenta as ações próprias do trabalho didático do professor, antes, durante e depois de sua atuação em sala de aula. O momento de elaboração de problemas parte do planejamento antecipado, mas a definição e/ou apropriação do problema ocorre em sala de aula. Após, são mencionadas as ações para o processo de construção de uma solução e sua conclusão, seja ela na forma de aplicação ou recapitulação. Por fim, são elencadas as ações após a realização da atividade, destinadas à reflexão sobre sua atuação docente, diante do desenvolvimento dos estudantes e com a equipe docente da escola.

2 FENÔMENOS FÍSICOS ESTUDADOS NO VÁCUO

Apresentaremos neste capítulo um conjunto de fenômenos físicos propícios para serem trabalhados no vácuo, com auxílio de Tecnologia de Vácuo. Os fenômenos aqui descritos são acompanhados de propostas de Atividades Didáticas Investigativas, incluindo os materiais necessários, o problema central, seu encaminhamento didático-metodológico e aplicações deste fenômeno no cotidiano.

Buscamos elaborar estas atividades de acordo com o referencial acima descrito, ou seja, temos como elemento central o problema, o qual guia um processo investigativo pautado em atividades de reconhecimento dos problemas, busca de novas informações, e recapitulação.

Como nosso trabalho é destinado a professores e licenciandos da área de física, o Guia Didático contém uma breve descrição dos conceitos, conceitualização em torno do fenômeno estudado e exemplo de atividade investigativa. No decorrer destes tópicos são apresentados os quadros “Observe o fenômeno” contendo o vídeo no *youtube* do experimento caso o professor deseje apresentar em sala aos seus alunos, o quadro “Aplicações no cotidiano” indicando as possíveis contextualizações deste fenômeno e o quadro “Conduzindo a investigação” descrevendo as etapas para dar suporte ao processo investigativo em sala.

No Quadro 1 apresentamos de forma sintética as frentes teóricas abordadas e os problemas das Atividades Investigativas propostas.

Quadro 1 – Síntese das frentes teóricas e problemas propostos

Frente Teórica	Problema
Diferença de Pressão	<p>a. Você observou o que acontece ao colocar um balão em uma campânula de vácuo. Diante da observação questiona-se: Por que o balão aumenta de tamanho quando submetido à baixa pressão, inclusive podendo chegar a estourar?</p> <p>b. Escolha e realize uma das atividades a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Em seu grupo busquem ou elaborem uma proposta de equipamento, ou montagem de equipamento simples, que retrate o funcionamento dos pulmões. Delimitada a proposta de equipamento, apresentem aos colegas;2. Em seu grupo elaborem apresentem o funcionamento e os cuidados necessários que um mergulhador deve ter para fazer um mergulho do tipo autônomo com segurança.
	<p>a. Como a ventosa consegue se fixar a uma superfície e servir de suporte para objetos? Após observar o que ocorre ao prender ventosas na superfície interna de campânula de vácuo, responda: Há coerência entre o entendimento e explicação estruturada anteriormente e a observação realizada? Por quê?</p>

	<p>b. Suponha que você vá ganhar um gato de estimação e precisa construir uma cama para ele dormir. Mas para os gatos se sentirem mais confortáveis é interessante que sua cama não esteja na altura do chão, e sim suspensa. Um exemplo de cama suspensa é feita com uso de ventosas grudadas em superfícies lisas como janelas, tal como sugerem as imagens abaixo: [...] Suponha também que as ventosas que você tenha disponível são semelhantes às trazidas para a sala de aula. Quantas dessas ventosas, aproximadamente, serão necessárias para a elaboração da cama de seu gato, suspendendo-o em segurança?</p>
Ondas Sonoras	<p>a. Vocês observaram dois trechos extraídos de filmes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma cena do filme “Star Wars IV: O retorno do Jedi” (inicia em 2:30 e termina em 3:45) retratando a movimentação de naves no espaço, onde ouve-se barulhos diversos. • Uma cena do filme “Gravidade” (inicia em 2:45 e termina em 4:00) em que o astronauta se locomove no espaço usando propulsores, e esta ocorre sem emissão de nenhum ruído perceptível. <p>Qual das duas cenas possui maior coerência científica e por quê?</p> <p>b. Você observou o que aconteceu nos seguintes experimentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estouro de um balão no interior de uma câmara de vácuo; • Aparelho sonoro no interior da câmara de vácuo em duas configurações: <ul style="list-style-type: none"> ○ Isolado das paredes da campânula; ○ Em contato com as paredes da campânula. <p>Elaborem um relatório sobre o fenômeno estudado, ele deverá conter os materiais, as etapas, observações, e conclusões tiradas a partir delas. As conclusões devem acompanhar a resposta à seguinte pergunta: Por que há diferença entre as situações observadas e como explicamos cada uma delas? Que relações estabelecem com as cenas de filmes discutidas anteriormente?</p>
Estados da Matéria	<p>a. A água ferve a que temperatura?</p> <p>Você observou o que acontece com uma pequena quantidade de água em um recipiente no interior de uma câmara de vácuo. Descreva o que observou. Qual será sua temperatura e por que ela sofre esse fenômeno?</p> <p>b. Por que, mesmo em ambientes quentes, sentimos frio ao sair da piscina ou mar?</p>
Mecânica	<p>Vocês observaram dois vídeos, eles retratam experimentos envolvendo a queda de dois corpos, uma pena e uma argola de metal, soltos simultaneamente no interior de uma bomba de vácuo em duas configurações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Queda sem que a bomba de vácuo esteja ligada; • Queda com a bomba de vácuo ligada. <p>Diante desta observação, questiona-se: Por que há diferença nessas duas situações? Como se explica? Para responder essa questão elaborem um relatório sobre o fenômeno estudado, ele deverá conter os materiais, as etapas, observações, e conclusões tiradas a partir delas.</p>

Fonte: Produzido pela autora, 2022.

2.1 Diferença de Pressão

A pressão é uma característica do estado de um gás, ou melhor, de um fluido. Basicamente ela representa o quão próximas estão as moléculas deste material e como ela interage com as paredes que o armazenam, fator que reflete em fenômenos físicos quanto às propriedades deste fluido. A proximidade das moléculas em constante movimento pode ser representada de forma macro pela força exercida (devido ao impacto das moléculas) em determinada área da superfície que contém o fluido. Vale salientar que a força é uma grandeza vetorial, ela possui sentido, mas a pressão é uma grandeza escalar e, portanto, relativa ao módulo da força.

A diferença de pressão é estudada quando existem pressões de diferentes valores em relação a um meio ou objeto, geralmente associada à uma superfície. A diferença na relação entre essas pressões compõem uma força resultante no sentido da maior pressão para a menor pressão, justamente por uma maior pressão representar um módulo de força maior.

A pressão é um conceito importante, pois contempla a caracterização da pressão atmosférica. A pressão atmosférica, retrata como estamos submersos por essa grandeza em nosso dia a dia, pois, há uma camada de ar na atmosfera que nos envolve. Quanto maior essa camada de ar acima de nós, maior a pressão exercida. Consideramos um índice desta camada a altura do nível do mar.

2.1.1 Balão



Observe o fenômeno em <https://youtu.be/RdQci5En59E>

Materiais:

- ✓ Bomba de vácuo e câmara transparente;
- ✓ Balão;



Um pouco sobre o fenômeno: O experimento aqui apresentado consiste em inserir uma bexiga cheia de ar e amarrada em uma câmara isolada, ligada a uma bomba de vácuo. Dentro da câmara o ar é retirado, mas o ar dentro do balão fechado não. Portanto, com a diminuição da pressão externa ao balão, este sofrerá uma ação referente a força exercida pela diferença de pressão, expandindo-o. Ao observar a expansão do balão pode-se constatar que a diferença de pressão é responsável pela força de deformação do balão, incidente na área superficial deste.

Figura 2 - Fenômeno observado no Problema do balão



Fonte: Autora, 2023.

Aplicações no cotidiano



- Sistema de funcionamento do pulmão;
- Sistema de funcionamento e aparatos de mergulho;
- Aspirador de pó;
- Seringa;
- Como o avião voa (diferença de pressão nas asas) e o que acontece dentro do avião;
- Ruído/desconforto no ouvido ao viajar e passar por diferentes alturas.



O Problema do balão

- a) Você observou o que acontece ao colocar um balão em uma campânula de vácuo. Diante da observação questiona-se: Por que o balão aumenta de tamanho quando submetido à baixa pressão, inclusive podendo chegar a estourar?
- b) Escolha e realize uma das atividades a seguir:
 1. Em seu grupo busquem ou elaborem uma proposta de equipamento, ou montagem de equipamento simples, que retrate o funcionamento dos pulmões. Delimitada a proposta de equipamento, apresentem aos colegas;
 2. Em seu grupo elaborem apresentem o funcionamento e os cuidados necessários que um mergulhador deve ter para fazer um mergulho do tipo autônomo com segurança.

Conduzindo a investigação

O problema da Atividade Didática Investigativa possui duas partes, denominadas aqui como a e b. A primeira pode ser caracterizada como interna à física, pois tem como objetivo fomentar discussões conceituais físicas pautadas na observação do fenômeno no experimento em específico, para tal, é preciso delimitar quais são as variáveis relevantes e suas relações causais.

Para introduzir a **parte a** do problema sugerimos a apresentação do equipamento e seu funcionamento, e em seguida, é importante fornecer tempo e incentivar os alunos para o levantamento de hipóteses sobre o que irá acontecer com o balão ao ligar a bomba. Após todos os alunos terem levantado ou defendido uma hipótese, apresente o experimento ou vídeo do experimento. A partir deste momento, solicite que formem grupos para dar início à elaboração de estratégias e busca de novas informações, visando o entendimento e elaboração de explicações sobre o fenômeno. Para conduzir a investigação e elencar variáveis relevantes ao fenômeno apresentamos algumas perguntas auxiliares.

Perguntas auxiliares para a parte a

O que tem dentro do balão e o que tem fora?

O que acontece com o que tem dentro do balão?

Se a bexiga fosse de um material mais rígido, o que aconteceria?

Quais variáveis são necessárias para entender esse fenômeno?

Qual a relação do volume da bexiga com a pressão?

Vocês já observaram movimento semelhante a esse?

Caso o balão estoure, o som percebido será apenas da batida do material nas paredes da campânula, pois em ambiente de vácuo não há propagação pelo ar. Os alunos podem ou não

Perguntas auxiliares para a parte b

No pulmão, o sistema é fechado como este?

O ar que entra no nosso pulmão é o mesmo do que sai?

O que sabemos sobre a anatomia do nosso sistema respiratório?

Quais são os equipamentos utilizados no mergulho?

Como é a pressão em grandes profundidades abaixo d'água?

Quais são os cuidados necessários para manter estabilidade e segurança no funcionamento do pulmão?

perceber as diferenças no som propagado, mas caso percebam, sugerimos a leitura da sessão sobre ondas sonoras.

Discutida e solucionada a **parte a**, os alunos devem ter um momento para escrever os conceitos discutidos de forma a responder à pergunta. Para não induzir os alunos, a **parte b** do problema deve ser entregue após a resolução da **parte a**, pois ela envolve a aplicação do conhecimento aprendido em outro contexto, neste caso, no funcionamento do pulmão ou no estudo do funcionamento de um mergulho do tipo autônomo.

É preciso, na **parte b** do problema, buscar novas informações para o conhecimento da estrutura anatômica do corpo, associados a conceitos de biologia. Tais conceitos são apresentados em nossa Sugestão de Resolução e podem ser mais bem aprofundados em nossas referências.

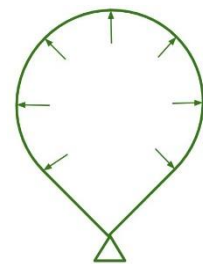
Contudo, após a resolução da atividade é essencial o desenvolvimento de atividades que busquem recapitular e refletir sobre o percurso traçado. Com este propósito, sugerimos a apresentação da resolução do problema a e b realizada nos grupos para os demais colegas de sala, permitindo uso de diversos recursos visuais ou outros.

Sequência de ações indicadas



Sugestão de Resolução

Para responder a primeira pergunta do problema deve-se descrever sobre qual é a relação física entre o volume do balão e a diferença de pressão. Este movimento de expansão denota a força da diferença entre a pressão interna ao balão e a externa a ele. Como na parte externa o ar está sendo retirado, a pressão diminui gradativamente, enquanto o ar dentro da bexiga continua confinado, sendo assim, a diferença entre a pressão interna e externa aumenta com o tempo, aumentando também a força que deforma o material no qual o balão é composto. Os gases possuem propriedade de ocuparem todo o espaço em que são confinados, sendo assim, quando o ar fora do balão (mas dentro da câmara) é retirado, o ar dentro do balão compensa esse rearranjo, ocupando espaço do ar que foi expelido da câmara.



Funcionamento do Pulmão: O movimento de expansão e contração do balão é visualmente semelhante ao funcionamento do pulmão, que, apesar de ocorrer devido à diferença de pressão também, possui um sistema um pouco diferente. Basicamente, o nosso pulmão permite a entrada de ar pois, o músculo diafragma (localizado logo abaixo do pulmão) se contrai e aumenta o espaço na caixa torácica, causando uma região de baixa pressão. Devido a essa baixa pressão o ar externo ao corpo, ao compensar essa diferença, entra em nossos pulmões. Para

expelir, o diafragma relaxa, faz com que a área tóxica diminua, e o ar (gás carbônico) seja expelido.

Figura 3 - Esquema de aparato representativo do pulmão



Materiais necessários:

- 2 canudos;
- 1 Garrafa PET com o fundo cortado;
- 1 Bexiga cortada e 2 inteiras;
- Fita adesiva;

Fonte: Experimentoteca.

Funcionamento do Mergulho Autônomo: Para o mergulho autônomo é necessário o uso de cilindro de ar para respiração, eles são conectados à boca, enquanto os olhos e nariz ficam sob a máscara. O cilindro de ar contém ar pressurizado, é por meio dele que o mergulhador respira para conseguir mergulhar em águas mais profundas e permanecer mais tempo sob a água do que seu corpo naturalmente suporta.

Conforme o mergulhador vai se aprofundando na água, a pressão sob seu corpo aumenta. Para que o mergulhador respire, é preciso que a caixa torácica se expanda, causando uma diferença de pressão, e o ar entra para compensar essa diferença. Entretanto, como a pressão é maior sob a água, a pressão de ar que entra também deve ser maior, justamente para compensar essa diferença de pressão. Caso a pressão fosse igual à da superfície, pouco ar entraria nos pulmões do mergulhador, o deixando sem oxigênio suficiente.

Para voltar à superfície o mergulhador também precisa ir devagar, pois ao subir rapidamente a pressão também diminui rapidamente. Assim, se a pressão externa diminui e o pulmão continua com uma maior pressão (aquela necessária para a parte mais profunda) há uma rápida expansão dos gases presentes no corpo, principalmente no pulmão, mais do que ele pode aguentar, causando rompimento nos tecidos do corpo.

Referências:

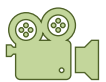
GARCÍA, J. E.; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una proposta metodológica basada en la investigación**. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

BARBOSA, M. P. et al. Proposta de atividades com materiais alternativos na educação básica e superior. **A Física na Escola**, v. 18, n. 2, 2020.

EXPERIMENTOTECA. **Banco de questões**- Fisiologia- Sistema Respiratório Humano. Disponível em: <http://experimentoteca.com/biologia/perguntas/banco-dequestoes-fisiologia-sistema-respiratorio-humano>. Acesso em 19/10/2020.

CLORETO DE SÓDIO. Garrafa esmagada pela pressão da água? 7 de mar. De 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jL65DyMtB4Q>. Acesso em 09/02/2023.

2.1.2 Ventosas



Observe o fenômeno em https://youtu.be/oq_8aIfY9NY

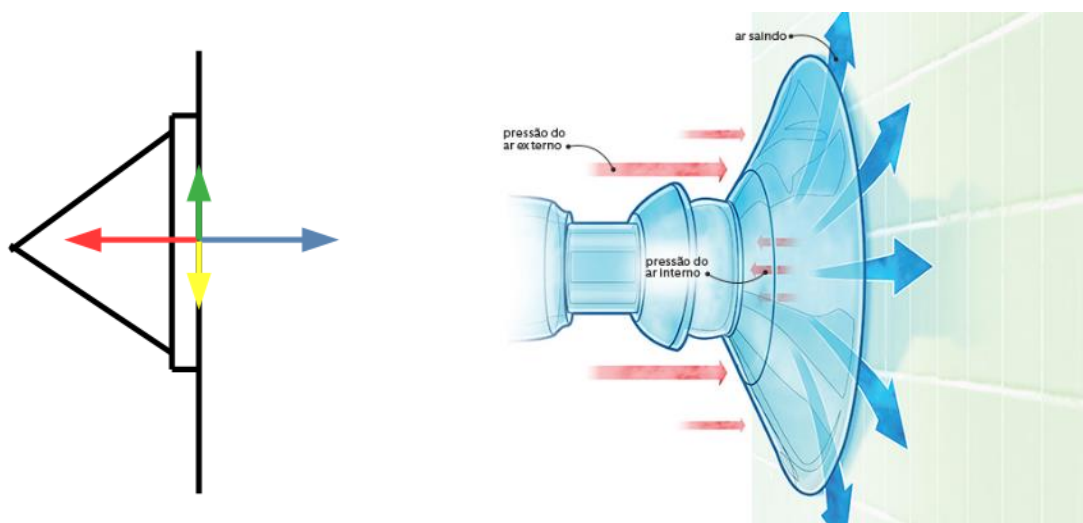
Materiais:

- ✓ Bomba de vácuo e Câmara transparente;
- ✓ Ventosas (uma maior e outra menor);
- ✓ Régua;



Um pouco sobre o fenômeno: Este experimento ilustra o que acontece quando uma ventosa é presa na superfície interna da campânula de vácuo, submetendo-a em um ambiente de baixa pressão a partir do momento em que a bomba é ativada. Diante de tal situação a ventosa se solta e cai, isto ocorre pois o seu princípio de funcionamento se dá pela diferença de pressão que há entre o ambiente (meio externo à ventosa) e a parte interna da ventosa. E quando há redução dessa pressão externa, ocasionada pela bomba de vácuo, a força responsável por mantê-la grudada diminui até ser incapaz de segurar seu peso.

Figura 4 - Esquema de forças em uma ventosa



Fonte: INDUTECH.

Um esquema com o sentido das forças presentes na ventosa pode ser encontrado na Figura 4 acima, onde o azul representa a força devido a diferença de pressão e o vermelho a normal do contato da ventosa com a parede. A força de atrito depende do módulo do valor da normal, mas tem sentido contrário ao movimento da queda (verde), que é para baixo (amarelo).

Figura 5 - Fenômeno observado no Problema da ventosa



Fonte: Autora, 2023.



O Problema da ventosa

- a. Como a ventosa consegue se fixar a uma superfície e servir de suporte para objetos? Após observar o que ocorre ao prender ventosas na superfície interna de campânula de vácuo, responda: Há coerência entre o entendimento e explicação estruturada anteriormente e a observação realizada? Por quê?
- b. Suponha que você vá ganhar um gato de estimação e precisa construir uma cama para ele dormir. Mas para os gatos se sentirem mais confortáveis é interessante que sua cama não esteja na altura do chão, e sim suspensa. Um exemplo de cama suspensa é feita com uso de ventosas grudadas em superfícies lisas como janelas, tal como sugerem as imagens abaixo:



Suponha também que as ventosas que você tenha disponível são semelhantes às trazidas para a sala de aula. Quantas dessas ventosas, aproximadamente, serão necessárias para a elaboração da cama de seu gato, suspendendo-o em segurança?



- Ventosas em locomoção de materiais, segurar celular no carro, apoios de banheiro, ventosa terapia;
- Pulmões;
- Aspirador de pó;
- Seringa;
- Como o avião voa (diferença de pressão nas asas) e o que acontece dentro do avião;
- Ruído/desconforto no ouvido ao viajar e passar por diferentes alturas.

Conduzindo a investigação

A apresentação da **parte a** do problema aos alunos pode ser iniciada com a sala toda ou com os alunos já dispostos em grupos, entretanto, é essencial que eles estejam em grupos no momento de discutir e elaborar uma resposta escrita sobre o funcionamento da ventosa.

Para conduzir a investigação sobre como a ventosa consegue se manter fixa sobre superfícies (**parte a**), o professor deve propor aos alunos a manipulação das ventosas. Para tal, podem ser fornecidos materiais nos quais elas se fixem, de preferência transparentes, de forma a possibilitar a visualização da parte interna da ventosa. Também é possível utilizar um dinamômetro, promovendo a medida da força que a ventosa suporta até que se solte, sendo associada também a força peso dos objetos sustentados por ela.

Perguntas auxiliares para a parte a

Como será que funciona uma ventosa?
Por que ela fica grudada na parede?

O que fazemos nela para que ela fique grudada?

Do que é feito seu material?

Quais são as grandezas físicas importantes para que ela fique presa?

Por que ela solta quando liga a bomba de vácuo?

Após tal discussão, sugerimos que sejam levantadas as hipóteses dos alunos sobre o que acontecerá caso coloque a ventosa dentro de uma câmara de vácuo. A partir desta problemática, espera-se que os mesmos comecem a relacionar grandezas físicas como a pressão e suas diferenças entre a parte interna e externa à ventosa.

A seguir, sugerimos que seja realizado o experimento ou apresentado o vídeo. Neste momento o problema solicita a avaliação da coerência de sua resposta, ação importante para o processo de reflexão da sua própria aprendizagem, pois fornece informações que indicam o alcance conceitual e a utilidade do conhecimento para aplicação em outros contextos.

Entretanto, para a resolução da **parte b** é necessário que os alunos reconheçam a relação entre diferença de pressão, força e área. O ponto chave é a busca de novas informações, a medida do diâmetro da ventosa e da pressão quando ela cai, pois neste exato momento a diferença entre a pressão interna da ventosa e externa a ela são iguais. A medida de pressão pode ser realizada com uso de um aparelho chamado Manifold.

Perguntas auxiliares para a parte b

Quais variáveis vocês selecionaram como importantes? Como é possível determiná-las ou medi-las para encontrar o número de ventosas necessárias?

Quais outros materiais vocês acham necessário utilizar ou testar para melhor entender ou responder o problema? Como poderiam ser feitas essas medidas?

Onde vocês podem buscar informações relevantes?

O que vocês conseguem fazer com os materiais disponíveis? Precisarão de outros? Quais?

Qual foi a sequência de passos para chegar ao seu resultado?

Vale salientar a possibilidade de que os alunos não reconheçam de imediato a necessidade de busca de novas informações, cabendo ao professor acompanhar o desenvolvimento e questionar as estratégias por eles seguidas. Além disso, como o problema é do tipo aberto, há diversas possibilidades de resolução, mas nem todas algebricamente acessíveis outras nem tanto.

Como usar um Manifold para realizar leitura do manômetro:

A leitura é realizada no visor azul, pois ele é o responsável pelas baixas pressões. Nesta parte há o valor zero, o qual indica nenhuma variação de pressão em relação à pressão atmosférica, portanto, quando o ponteiro descer, ele indicará a o quanto diminuiu, especificamente o ΔP da nossa análise. Vale lembrar que acima temos a unidade de medida de centímetros de mercúrio (escala de cima indicando 10, 20 e 30) e polegadas de mercúrio (escalada de baixo indicando 50 e 76), as quais precisam ser transformadas em Pascal, unidade do S.I. Para mais detalhes acesse o vídeo de TreinatecBH, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=gD6MB96-maQ>.



Fonte: Acervo do autor, 2023.

Sequência de ações indicadas



Sugestão de Resolução

A ventosa é feita de material flexível, porém firme, que tende a ter um determinado formato. Ao pressioná-la contra uma superfície, certa quantidade de ar que poderia ficar dentro da ventosa é expelida, mas antes deste ar voltar, o entorno da ventosa se fixa com a parede, impedindo que ele entre. A partir do momento que há um sistema com maior pressão externa e menor interna, há também uma força no sentido da maior pressão para menor, e esta é responsável por aumentar o atrito entre a superfície da ventosa e a parede e assim, impedir que ela caia com a gravidade.

O ponto chave da resolução da **parte b** do problema é encontrar a força que uma ventosa pode sustentar, o principal motivo do uso de ventosas no cotidiano. A força do conjunto de ventosas deve ser suficiente para sustentar um gato e, como característica de problema aberto, os alunos podem elencar qual é a massa de um gato. O peso de um gato varia de acordo com a raça e idade, ou seja, cerca de 2kg até 10kg, assim como também pode ser considerada a massa da própria cama.

Contudo, neste equipamento apresentado não há materiais para medir diretamente qual a força que uma ventosa sustenta (a menos que seja disponibilizado um dinamômetro). Mas, há a relação da força que uma ventosa sustenta devido à diferença da pressão interna da ventosa e externa a ela, assim como a área de contato desta. Essa relação decorre da própria definição de pressão, o qual fornece relação algébrica passível de manipulação

Para saber a diferença de pressão que há entre o interior da ventosa e o ambiente (câmara), podemos lembrar do experimento na câmara de vácuo, onde a ventosa se mantém grudada no vidro enquanto há diferença de pressão, no momento que a pressão externa e interna são iguais, ela se solta. Como no equipamento há um vacuômetro é possível medir qual é a pressão interna, pois ela deve ser igual a externa (ambiente dentro da câmara) no momento que a ventosa se solta. Sabendo qual é o valor da pressão interna de uma ventosa ao grudar em uma superfície e suas proporções, é possível calcular a força que mantém o contato pela equação acima.

Temos de levar em conta que na situação do problema a ventosa segura o gato e a cama

de gato no ambiente externo à câmara, ou seja, a pressão externa à ventosa será a atmosférica (1 atm ou 101.325 PA). Levando essa pressão externa como referência, pode ser calculada a diferença de pressão ΔP , cuja força associada é a resultante e diretamente proporcional à força máxima de sustentação, tornando a equação da definição de pressão mais completa:

$$\Delta P = F/A$$

A área que estamos procurando é a da ventosa, ou seja, pode ser calculada medindo o diâmetro da ventosa por meio de uma régua e usando a relação:

$$A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

Portanto, a força da ventosa pode ser expressa pela relação:

$$F_{ventosa} = (P_{atm} - P_{interno}) \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

Onde $P_{interno}$ e d são medidas experimentais, P_{atm} é um valor tabelado, π é uma constante e n ventosas é o valor que queremos descobrir. Para calcular a força de várias ventosas podemos considerar que as forças se somam e assim a relação para n ventosas é

A força pela qual queremos sustentar é a peso, calculada através da massa do objeto (o gato) e a aceleração da gravidade:

$$P_{gato} = M_{gato} g$$

Neste caso, o peso do gato é estipulado pelos alunos e a aceleração da gravidade é uma constante. Ao considerar a sustentação do peso da própria cama os alunos podem relacionar também com o peso do gato mais o da cama, cuja massa pode ser algo em torno de 1 kg.

Igualando as duas forças, pois o objetivo é que a ventosa sustente o peso do gato para que ele não caia, temos a relação:

$$M_{gato} g = n(P_{atm} - P_{interno}) \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

Sendo assim, temos uma relação que determina o número de ventosas.

Vale lembrar que, dependendo do peso do gato e da cama, o número de ventosas calculadas pelos alunos pode variar. Contudo, busca-se um resultado que faça sentido (entre 1 e 50 ventosas) e cabe ao professor e aos alunos discutirem e avaliarem sua coerência.

Ao realizarmos medidas em nossos experimentos descobrimos que o diâmetro da ventosa é de 9 centímetros e que a variação da pressão interna em referência à atmosférica é de 63 centímetros de mercúrio. Considerando o peso do gato de 10 kg e a aceleração da gravidade $9,8 \text{ m/s}^2$, chegamos ao resultado de 5,4 ventosas. Para definir um resultado coerente ao problema e às imagens apresentadas no problema, elegemos 06 ventosas como suficientes.

Referências:

GARCÍA, J. Eduardo; GARCÍA, Francisco F. **Aprender investigando: una propuesta metodológica basada en la investigación**. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

INDUTEC. Como funciona uma ventosa. Disponível em: <<https://www.indutec.com.br/artigos/como-funciona-uma-ventosa/>>. Acesso em 08/10/2021.

TREINATECBH CURSOS. Como usar o Manifold. Como fazer a leitura do manômetro. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gD6MB96-maQ>>. Acesso em 08/10/2021.

2.2 Ondas

As ondas podem ser caracterizadas como perturbações oscilantes que se propagam no espaço. Essa propagação transporta energia, mas não matéria. Existem dois tipos principais de ondas: as ondas mecânicas, como o som e as ondas do mar; e as ondas eletromagnéticas como a luz visível, as ondas de rádio e de televisão.

O som é uma onda mecânica, e uma das propriedades desse tipo de onda é a propagação por um meio material, mais comumente o ar. Não é possível ver a onda se propagar a olho nu, mas sabe-se que ela é uma onda longitudinal, onde as moléculas de ar se movimentam, comprimindo e expandindo para uma direção. Desta forma, a fonte emissora (voz, impactos ou aparelhos de som) transmite sua energia, na forma de vibração, através do meio material e transporta a informação da onda na forma de som, podendo então ser captada pelos nossos ouvidos.

2.2.1 Ondas sonoras



Observe o fenômeno em <https://youtu.be/0cEkLdpm5Tg>

Materiais:

- ✓ Bomba de vácuo e câmara transparente;
- ✓ Relógio com despertador ou caixinha de som.



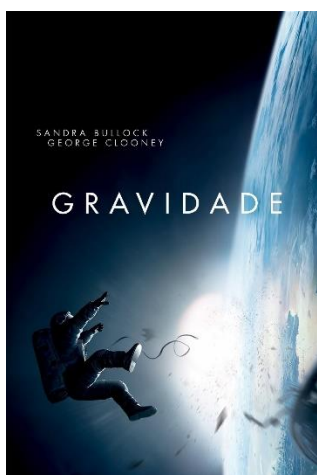
Um pouco sobre o fenômeno: Neste experimento são realizadas duas variações, a fim de analisar com maior profundidade as propriedades das ondas sonoras. Em primeiro momento é introduzido um relógio despertador com o alarme ligado. Ao fechar o sistema da campânula ainda é possível ouvir algum som, entretanto, este é propagado pelo contato com a base da campânula. Sendo assim, para reduzir a propagação dessa energia de vibração, é realizado novamente o experimento, mas desta vez, com uma espuma logo abaixo do despertador, para amortecer essa vibração. Ao retirar o ar com a espuma não é possível ouvir mais nenhum som, entretanto, quando o sistema é aberto permitindo a entrada de ar, o som volta a se propagar, agora também pelo ar.

Figura 6 - Configuração experimental do fenômeno observado no Problema do som



Fonte: Autora, 2023.

No cinema



Gravidade

Lançado em 2013

Diretor: Alfonso Cuarón

Ficção Científica e Thriller

Dra. Ryan Stone e o astronauta Matt Kowalsky trabalham juntos para sobreviver depois que um acidente os deixa completamente à deriva no espaço, sem ligação com a Terra e sem esperança de resgate.

Star Wars: Episódio VI – O retorno do Jedi

Lançado em 1983

Diretor: Richard Marquand
Aventura e Ficção científica

Darth Vader, sob as ordens do Imperador, prepara-se para reencontrar e trazer o seu filho à sua presença, para este último poder assim consumir o seu objetivo de destruir a Aliança Rebelde e o último cavaleiro Jedi de um só golpe.





O Problema do som

a) Vocês observaram dois trechos extraídos de filmes:

- Uma cena do filme “Star Wars IV: O retorno do Jedi” (inicia em 2:30 e termina em 3:45) retratando a movimentação de naves no espaço, onde ouve-se barulhos diversos.
- Uma cena do filme “Gravidade” (inicia em 2:45 e termina em 4:00) em que o astronauta se locomove no espaço usando propulsores, e esta ocorre sem emissão de nenhum ruído perceptível.

Qual das duas cenas possui maior coerência científica e por quê?

b) Você observou o que aconteceu nos seguintes experimentos:

- Estouro de um balão no interior de uma câmara de vácuo;
- Aparelho sonoro no interior da câmara de vácuo em duas configurações:
 - Isolado das paredes da campânula;
 - Em contato com as paredes da campânula.

Elaborem um relatório sobre o fenômeno estudado, ele deverá conter os materiais, as etapas, observações, e conclusões tiradas a partir delas. As conclusões devem acompanhar a resposta à seguinte pergunta: Por que há diferença entre as situações

Conduzindo a investigação

A parte a do problema consiste na apresentação de um cenário problematizador, contribuindo para a introdução do tema trabalhado nesta atividade. Neste primeiro momento é importante a emissão de hipóteses iniciais, acompanhadas ou não de explicações, para levantar os conceitos relevantes sobre qual filme é cientificamente mais coerente. Adiantamos que é provável que os alunos discutam sobre diversos conceitos físicos além da propagação de ondas sonoras, neste caso, sugerimos que o professor direcione a observação e análise das cenas de filmes para os sons emitidos durante o vídeo.

Após a discussão, análise, e momento de escrita da resposta à **parte a** do problema, o fenômeno deve ser estudado em torno do aparato experimental. Antes de realizar e apresentar

os fenômenos, é importante que os alunos emitam suas hipóteses sobre o que irá acontecer e se será possível ou não ouvir o som.

Inserir o despertador na campânula e submetê-lo a baixas pressões é uma forma de comprovar ou não as hipóteses levantadas e justificadas na parte a do problema. Entretanto, diante da cena de filme, os alunos já podem apresentar clareza quanto a não propagação do som devido à ausência de matéria, e ao levantar hipóteses sobre o experimento, algum aluno pode afirmar que o som irá parar de se propagar também. Contudo, sem a espuma o som continua sendo perceptível. Esta situação é essencial para avaliar a coerência da explicação em torno da hipótese, e diante deste problema também podem surgir duas outras hipóteses explicativas:

- O som continua sendo propagado pois o nível de vácuo não é suficiente para isolá-lo;
- O som continua sendo propagado pela base da campânula, um meio material sólido.

Sendo assim, é possível sugerir que os alunos testem suas hipóteses, mediante estímulo para realização de mudanças na configuração do aparato experimental, alterando, extraindo ou inserindo elementos.

Em último caso, o professor pode apresentar o material isolante, uma espuma ou plástico bolha, mas buscando oferecer abertura para os alunos sugerirem como isolar o despertador.

Por fim, sugerimos a escrita em resposta ao problema na forma de relatório, a fim de promover recapitulação e reflexão sobre o processo. Nestes textos solicitamos que o professor se atente para que haja recapitulação das hipóteses levantadas ao longo do processo, como foram realizados os testes delas e as eventuais mudanças no equipamento (com suas respectivas justificativas) e as conclusões extraídas a partir da observação.

Perguntas auxiliares para estimular o teste de hipóteses

E agora, por que ainda ouvimos som?

Como podemos testar essas hipóteses?
Que mudanças são necessárias no experimento?

O som pode se propagar pela base? Por quê?

Um material que isole essa propagação? Como funciona esse isolamento?

Sequência de ações indicadas



Aprofundando ainda mais

De acordo com Rodrigues (2005), os alunos apresentam explicações acerca do som de acordo com diferentes modelos. Logo, seria interessante uma variedade de experimentos para poder englobar todos esses modelos comumente usados e tornar a noção da natureza do som mais completa.

Ao longo das discussões conceituais, experimentos mentais também podem ser feitos, como a tentativa de falar embaixo da água. Caso os alunos considerem que embaixo da água o som não se propaga pois não conseguem ouvir, ou nunca o fizeram, pode ser levantada a questão dos sonares, tanto de submarinos quanto de animais.

Durante debates sobre a natureza do som também pode ser interessante estar atento às outras propriedades que podem vir ao debate, como o que caracteriza um som alto ou baixo (potência), ou agudo e grave (frequência) ou o que nos faz diferenciar os instrumentos numa mesma música (timbre).



Sugestão de Resolução

Parte a: O filme do Star Wars apresenta incoerência física por diversos fatores. Um deles são as explosões com liberação de fogo, o qual não pode ser produzido sem oxigênio, elemento escasso no espaço sideral. O som emitido pela propulsão das aeronaves é muito presente em todos os movimentos, entretanto, no espaço o som não é propagado pois não há presença de matéria, meio que transmite esta onda mecânica.

Parte b: No experimento com o despertador, ocorre a propagação de som pela base da campânula, um meio material sólido. Para reduzir essa propagação foi introduzida uma espuma de forma a envolver a base e as laterais do relógio, amortecendo a vibração propagada pelo aparelho. Ao realizar este experimento foi possível concluir que a bomba é capaz de produzir vácuo em um nível que isole a propagação pelo som.

Estes experimentos conduzem a esses resultados pois a onda sonora, como onda mecânica, propaga o som a partir de uma fonte emissora que está associada à uma energia de vibração. A vibração, ao entrar em contato com um meio material nas vizinhanças dessa fonte, propaga essa energia pelo meio. Vale lembrar que, a energia interage com o meio material, mas

não o transporta, portanto, ela só “utiliza” do material para percorrer distâncias com o tempo.

Referências:

GARCÍA, J. Eduardo; GARCÍA, Francisco F. Aprender investigando: una proposta metodológica basada en la investigación. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

BORGES, Antônio Tarciso; RODRIGUES, Bruno Augusto. O ENSINO DA FÍSICA DO SOM BASEADO EM INVESTIGAÇÕES. Apoio parcial do CNPq. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte) [online]. 2005, v. 07, n. 02 [Acessado 13 Julho 2021] , pp. 61-84. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172005070202>>

ECLESIATICO. Filme Gravidade. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=lm-3ZAEffyk>. Acesso em: 09/02/2023.

Trecho do vídeo apresentado no Problema do som (2:45 - 4:00)

PROMETHEUS OF VIDEOS. Star Wars VI: Return of the Jedi - Space Battle of Endor Supercut. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=xPZigWFyK2o>. Acesso em 09/02/2023.

Trecho do vídeo apresentado no Problema do som (2:30 - 3:45)

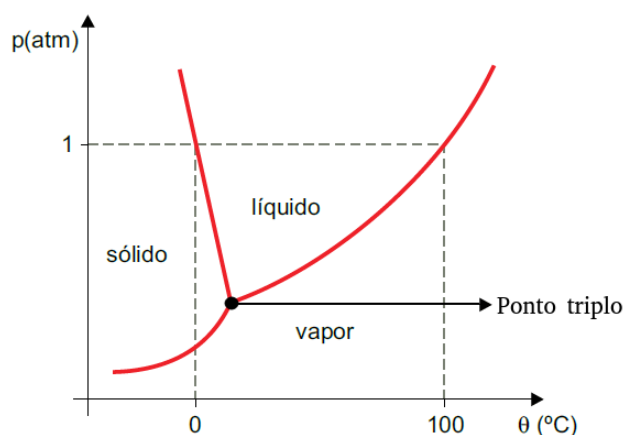
Gifs de Física. Propagação de onda sonora em diapasão.
<https://www.facebook.com/watch/?v=367122597184620>

1.3. Estados da Matéria

Os estados da matéria são delimitados por três tipos: sólido, líquido e gasoso, cada qual representando um grau diferente de ligação molecular do material. Este grau de ligação afeta as propriedades macroscópicas de cada: o sólido, por exemplo, tem uma forma bem definida e rígida; o líquido, não tem forma, mas pode ser contido por um recipiente aberto como um copo, ele escorre para todos os lados; já o gasoso não tem forma e, às vezes não é visível, ele “escapa” por qualquer abertura do recipiente, ocupando o maior espaço possível.

A passagem de um estado para outro pode ocorrer de diversas maneiras, pela variação na temperatura ou na pressão. Ao medir estas duas variáveis e relacioná-las pode-se construir um diagrama comumente chamado de diagrama PT, o qual contribui para o reconhecimento de qual estado se apresentará determinado elemento de acordo com a temperatura e pressão em que se encontra. Vale lembrar que cada elemento possui seu diagrama. Um exemplo de diagrama pode ser encontrado na figura abaixo, representando a água.

Figura 7 - Diagrama P-T da água



Fonte: WebFísica, 2020.

Nas mudanças de fase um conceito relevante a ser considerado é o Calor Latente, energia em trânsito responsável por este processo. Essa energia é necessária para separar ou afastar as ligações moleculares, como por exemplo, na passagem do estado sólido (quando as moléculas estão bem próximas e ligadas em uma estrutura que as mantém rígida) para o líquido (quando as moléculas têm ligação, mas sua estrutura já não é mais rígida, podendo ter qualquer forma de acordo com seu recipiente). Ela ainda pode ser fornecida ou cedida, no caso da fusão (sólido para líquido) ela deve ser fornecida, no caso da solidificação (líquido para sólido) ela é cedida.

1.4.1. Evaporação da água.



Observe o fenômeno em <https://youtu.be/tCQcez3FXUs>

Materiais:

- ✓ Bomba de vácuo e câmara transparente;
- ✓ Béquero;
- ✓ 200ml de água;
- ✓ Termômetro digital com sensor;
- ✓ Vacuômetro;
- ✓ Água morna previamente aquecida (em uma garrafa térmica).



Um pouco sobre o fenômeno: Neste experimento coloca-se a água à temperatura ambiente num béquer, e o béquer dentro da câmara. Ao ligar a bomba a pressão diminui e começam a aparecer bolhas na água. Com o tempo as bolhas sobem e a água borbulha, assim como ocorre ao ferver a água. Esse experimento mostra outro fator relevante para definição do estado da matéria: a pressão. Uma pressão menor faz com que as moléculas do material fiquem mais distantes umas das outras, influenciando na ligação molecular e, portanto, no estado.

Figura 8 - Fenômeno observado no Problema da água



Fonte: Autora, 2023.

Ao desligar a bomba e abrir o sistema de vácuo, a pressão volta à pressão atmosférica (1 atm). Durante esse processo as bolhas diminuem até sumir e as paredes da câmara ficam embaçadas, indicando a condensação do vapor de água no ar atmosférico que entrou. Ao retirar

a água de dentro da câmara percebe-se que ela está mais fria, em nosso experimento a temperatura da água antes de entrar na câmara era 58,5 °C e depois de passar pela ebulição na câmara e voltar à pressão atmosférica a temperatura era de 49,3 °C.

A temperatura indica o grau de agitação molecular. Quando o material é submetido à baixas pressões a aproximação entre as moléculas diminui, e portanto, as colisões entre moléculas também. Sendo assim, à baixas pressões a temperatura diminui, observada na relação matemática da Equação dos gases ideais.

$$PV = nRT$$

Entretanto, a temperatura continua menor mesmo com a água voltando à pressão anterior. Vale salientar que o sistema não é o mesmo ao final do experimento, pois a água evaporada foi sugada pela bomba e expelida para o ambiente. E além da equação supracitada, precisamos levar em consideração que para ocorrer a transformação de um estado para o outro é necessário energia, neste caso a energia em trânsito na forma de calor latente. Esse calor latente necessita de energia para separar a ligação molecular (ao passar do estado líquido para o gasoso), e a extrai da própria energia interna da água, esfriando-a.

Aplicações no cotidiano

- Lâmpada;
- Secagem de materiais que precisam ser limpos ou colados;
- A temperatura de ebulição em diferentes altitudes;
- Refrigeradores;



O Problema da água

a. A água ferve a que temperatura?

Você observou o que acontece com uma pequena quantidade de água em um recipiente no interior de uma câmara de vácuo. Descreva o que observou. Qual será sua temperatura e por que ela sofre esse fenômeno?

b. Por que, mesmo em ambientes quentes, sentimos frio ao sair da piscina ou mar?

Conduzindo a investigação

Para iniciar o professor pode mencionar sobre o tema a ser trabalhado na aula, a ebulição da água. A primeira questão a ser levantada aos alunos é sobre qual a temperatura de ebulição da água. As respostas imediatas a esse problema podem ser de dois tipos: a que a água ferve a 100 °C e aquela em que a temperatura depende da pressão. Neste momento já podem ser realizadas as primeiras discussões físicas sobre o porquê a pressão interfere no ponto de ebulição, noções essas relacionadas à evaporação em grandes altitudes, ao diagrama PT ou a estrutura molecular.

Assim que os alunos definiram e registraram a resposta inicial ao problema, o professor deve solicitar explicitação das concepções dos alunos sobre o que acontecerá ao submeter a água em baixas pressões. A partir do momento que os alunos defendem suas hipóteses, o professor pode executar o experimento. É possível que ocorra também formação de gotículas nas paredes da câmara durante ou após o experimento.

A primeira questão e ponto de entendimento é de que a água está mudando de fase, entretanto, é preciso compreender o porquê. Pode-se questionar aos alunos o que está acontecendo com a água e suas propriedades de acordo com a diminuição da pressão.

Uma informação importante a ser observada pelos alunos é a temperatura final da água assim que esta sai da campânula. Para tal, os alunos podem ser estimulados a manipular o béquer assim que retirado da campânula, bem como questionados sobre as formas de coletar informações mais precisas sobre essa variável.

Salientamos que a diminuição da temperatura é um elemento contraintuitivo, pois a água comumente ferve e apresenta bolhas somente quando aquecida. Portanto, os alunos devem perceber a necessidade de mobilização de conhecimentos e novas informações. Neste momento podem ser pesquisados em diversos lugares (Livros Didáticos, Internet, experimentação, professor e entre outros), conceitos relativos a esse fenômeno, bem como fomentadas reflexões sobre as causas e efeitos.

Entretanto, mesmo que na equação ideal dos gases seja apresentada a relação proporcional entre pressão e temperatura, indicando que se a pressão diminui a temperatura também deve diminuir, ela ainda conduz para um entendimento parcial.

Perguntas auxiliares para refinamento da explicação

Por que a temperatura é menor mesmo depois da água ter voltado para a pressão atmosférica?

Para onde foi essa temperatura?

Esse fenômeno ocorre sem ação do ser humano na natureza?

Em que outras situações ocorre fenômeno parecido?

Existem processos de troca de calor neste experimento?

Para enriquecer a investigação, o professor pode questionar sobre os processos de troca de calor, e caso necessário, pode enfatizar sobre o conceito de Calor Latente. Mencionar sobre a conservação de energia também pode auxiliar na percepção de troca de calor em função do processo de ebulição. De maneira geral, muitos conceitos podem ser levantados nesta investigação, cabendo ao professor reconhecer quando direcionar as discussões para o caminho correto.

Sugerimos primeiro a sistematização e escrita da resposta à **parte a** do problema, para depois lançar a **parte b**. Entretanto, a última questão se refere ao mesmo fenômeno em outro contexto, este, mais próximo do cotidiano. Sendo assim, ele pode ser lançado junto do processo de investigação da **parte a** como forma de auxiliar os alunos na compreensão do fenômeno.

Por fim, sugerimos que seja destinado tempo para registro em texto, respondendo ao problema, para sintetizar e fomentar a recapitulação do processo. O problema da **parte b** tem função de aplicação dos conhecimentos aprendidos na **parte a**, promovendo noção de “utilidade” ao conhecimento construído.

Aprofundando ainda mais

De acordo com Silveira (2005), os Livros Didáticos para o Ensino de Física comumente apresentam de forma errônea os conceitos de evaporação e ebulição. Eles geralmente são definidos como fenômenos imediatos a partir do momento em que o material chega na temperatura de fusão, o que de fato não acontece na natureza.

A ebulição ocorre quando há formação de bolhas no interior do fluido, esse vapor no interior do fluido (bolhas) devem ter no mínimo pressão igual a pressão total da região em que ocorre o fenômeno. Já a evaporação ocorre somente na superfície do fluido em contato com o ar, desde que esse ar tenha umidade relativa menor que 100%, e em temperatura ambiente.

Sendo assim, é importante observar se os alunos usam o termo “evaporação” ou “ebulição” e a partir disso, conferir qual é o termo correto a ser utilizado neste experimento.

Sequência de ações indicadas





Sugestão de Resolução

Em primeiro momento, a água comumente ferve a 100 °C. Entretanto, em maiores altitudes, onde a pressão é menor, a água evapora próximo dos 80°C.

No experimento é possível observar a formação de bolhas na água dentro do Becker, ao desligar a bomba de vácuo e abrir o sistema o vidro fica embaçado. A formação de bolhas ocorre pois a diminuição da pressão permite que as moléculas se afastem uma das outras. No diagrama PT é possível perceber que a variação na pressão também influencia em seu estado físico. O vidro fica embaçado pois o ar que entra possui certo nível de umidade, condensando na parte interna da campânula uma vez que este ambiente esteja com temperatura mais baixa.

Outro fator percebido é a diminuição da temperatura da água em cerca de 9 °C, valor calculado com as medidas de temperatura tomadas antes de ligar a bomba e depois de passar pelo processo de ebulição a baixas pressões. Isso acontece pois para que ocorra mudança no processo de fase, principalmente do estado sólido para o líquido, é preciso fornecer energia para desprender a ligação molecular. Esta energia é provém da energia interna da água, que é transmitida na forma de calor latente (energia em trânsito), associada diretamente à temperatura.

Este fenômeno ocorre também na situação apresentada na parte b do problema. Ao saímos de uma piscina ou mar, nossa pele continua molhada. Entretanto, assim como nas poças ou roupa no varal, a água evapora, mesmo em temperaturas mais baixas do que 100°C, no caso deste problema, ocorre em cerca de 36 °C, a temperatura do nosso corpo. Para ocorrer esse processo, a água necessita de certa quantidade de energia para mudar de fase. Portanto, ao evaporar, ocorre o processo de trânsito de energia na forma de calor, partindo da nossa pele para a água, diminuindo a temperatura da pele e nos deixando com a sensação de frio.

Referências:

EMBRACO. **Como funciona um circuito de refrigeração?** Acesso em 05/09/2022.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VHrfwDax3GA>>.

GARCÍA, J. E.; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una proposta metodológica basada en la investigación**. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

COPELLI, A. C. et al. **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**. pág. 113-118. 4º edição. USP. 1998.

SILVEIRA, F. L. **Diferencie ebulição de evaporação!** Pergunte ao CREF (Centro de Referência para o Ensino de Física - IF-UFRGS). 2012. disponível em <<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=diferencie-ebulicao-de-evaporacao>> Acesso em 07/10/2021.

SILVEIRA, F. L. Um tema negligenciado em textos de Física Geral: a vaporização da água. **Física na Escola**, v. 14, n. 2, 2016.

WEBFISICA. **Aula 6.43: Estados físicos da matéria.** 2020. Disponível em <<https://webfisica.com/laravel/public/fisica/curso-de-fisica-basica/aula/6-43>>. Acesso em 28/02/2023.

1.4. Mecânica

Nesta seção trabalharemos com o movimento de queda, a partir do repouso, de objetos de diferentes massas e estruturas. Na Física, ao estudar movimentos em geral, mais especificamente na cinemática, focaliza-se nas variáveis distância, velocidade, aceleração e tempo. Ao analisarmos um movimento de queda livre e calcularmos seu tempo de queda temos a relação:

$$t^2 = 2hg$$

Onde h é a altura em que são soltos os objetos e g é a aceleração gravitacional. Observe nesta relação a ausência da massa, isto significa que ela não é uma variável relevante para delimitar se um objeto cai antes ou não.

Todavia, como a queda livre é um movimento uniformemente acelerado, há uma força atuando no objeto. Esta força deriva da interação gravitacional, a qual existe somente se há massa, e sua magnitude depende também da distância entre os objetos. Desta forma, objetos massivos relativamente próximos se atraem. Todavia, vale lembrar que para a queda livre, a massa da Terra ($5,9 \times 10^{24}$ Kg) e do raio da Terra (6 371 000 m), são muito maiores que os 2 metros de queda dos objetos e a massa em grama deles. Sendo assim, a atração dos objetos para Terra é muito semelhante, e independente da sua massa ou forma, todos possuem praticamente a mesma aceleração.

Ainda, esta interação é responsável pela presença da Força Peso, uma força diretamente proporcional à massa do objeto e da aceleração gravitacional. Ela representa o módulo da força necessária para equilibrar a força gravitacional na qual o objeto está sujeito, ou seja, se refere unicamente à força aplicada no objeto. Nesta relação a presença de massa se faz fator relevante.

Mas o que explica a visualização de queda de dois objetos em diferentes tempos, como por exemplo uma pena e uma bola de boliche, é a força decorrente da interação entre as moléculas de ar e os objetos em movimento, chamada de Resistência do ar. Neste fenômeno as moléculas de ar se chocam com a superfície de contato dos objetos, ocasionando uma força de sentido contrário e capaz de atrasar significativamente os objetos com grande área de contato.

Vale a pena lembrar que a massa dos objetos, mesmo com dimensões muito menores que a massa da Terra, por definição, ainda é fator relevante para interação gravitacional, embora não seja percebida nos domínios de nossa intervenção.

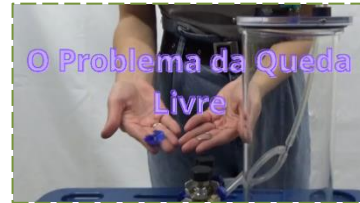
1.4.1 Queda Livre



Observe o fenômeno em <https://youtu.be/eEcl4W1Q6V4>

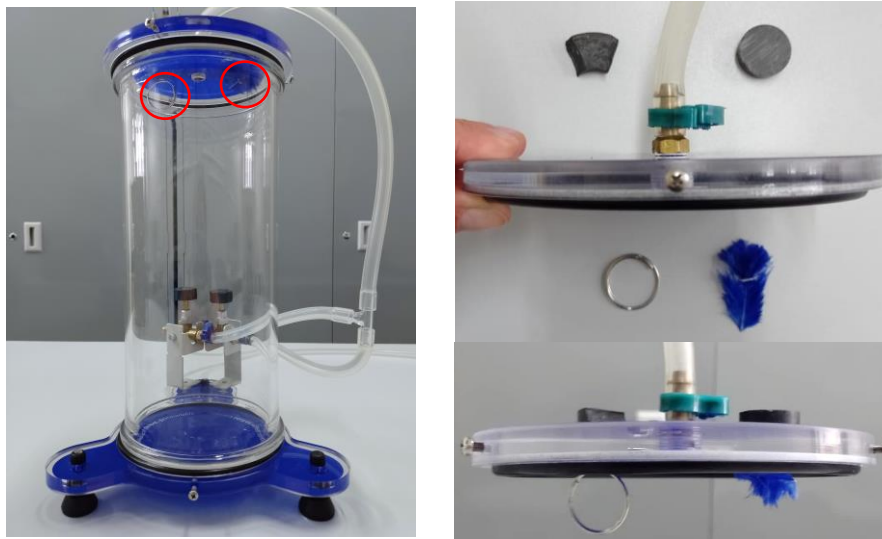
Materiais:

- ✓ Bomba de vácuo e câmara transparente;
- ✓ Pena;
- ✓ Arruela de metal;
- ✓ Dois grampos de grampeador
- ✓ Dois ímãs pequenos;



Um pouco sobre o fenômeno: Neste experimento observamos a queda livre simultânea de uma arruela e uma pena com um grampo de papel, ambos inicialmente suspensos por um ímã na parte superior da campânula. Para soltá-los, são retirados os ímãs que os suspendem, puxando-os rapidamente e extraindo a ligação magnética.

Figura 9 - Configuração experimental do fenômeno observado no Problema da queda livre



Fonte: Autora, 2023.

Na queda livre o movimento dos objetos está associado à força gravitacional, e esta força deriva da interação entre corpos massivos, neste caso, os a massa dos objetos para com a Terra. Neste ambiente a aceleração pode ser considerada aproximadamente constante. Todavia, no movimento de queda dos objetos, também se faz presente uma força resistiva, devido às colisões que ocorrem entre na superfície deste objeto com as partículas de ar presentes na atmosfera. Esta força, denominada de Resistência do Ar, tem sentido contrário ao movimento, sendo assim,

atrasa o tempo de queda daqueles objetos com maior área de contato com estas partículas.

Portanto, na queda livre em pressões atmosféricas normais (momento da queda com a bomba de vácuo desligada), as partículas de ar presentes fornecem resistência ao movimento, e a pena chega à base da campânula depois da arruela. Em contrapartida, ao ligar a bomba de vácuo e retirar essas partículas, não há mais força resistiva ao movimento, sendo a interação gravitacional a única força atuante em ambos os objetos. Podemos observar e concluir que, neste segundo momento os objetos caem juntos, independentemente de sua massa e formato, pois sua aceleração é a mesma.

Aplicações no cotidiano

- Paraquedas;
- Carros de corrida.



O Problema da Queda livre

Vocês observaram dois vídeos, eles retratam experimentos envolvendo a queda de dois corpos, uma pena e uma argola de metal, soltos simultaneamente no interior de uma bomba de vácuo em duas configurações:

- Queda sem que a bomba de vácuo esteja ligada;
- Queda com a bomba de vácuo ligada.

Diante desta observação, questiona-se: Por que há diferença nessas duas situações? Como se explica? Para responder essa questão elaborem um relatório sobre o fenômeno estudado, ele deverá conter os materiais, as etapas, observações, e conclusões tiradas a partir delas.

Conduzindo a investigação

Para introduzir o problema, bem como apresentar os conceitos que serão trabalhados na atividade, o professor pode realizar a queda livre da pena e da arruela fora da câmara de vácuo, e de preferência, à uma altura maior que 1 metro. Com esta observação podem ser lembrados ou mencionados alguns fatores relevantes para este movimento, assim como o “peso”.

Perguntas auxiliares para problematização introdutória

- Por que um caiu depois do outro?
- O que influencia na trajetória de queda dos objetos?
- O que acontece com a velocidade deles?

Ao apresentar a situação problema, agora associada ao experimento de baixas pressões, o professor deve realizar a queda livre da pena e da arruela dentro da campânula com a bomba desligada. Vale lembrar que a diferença no tempo de queda entre os objetos é muito maior fora da campânula do que dentro dela, sendo passível de discussões sobre as correntes de ar e as dimensões de altura.

Perguntas auxiliares para refinamento de hipóteses

- Tirar o ar de dentro do tubo vai afetar alguma coisa no movimento, por quê?
- Que tipo de movimento eles farão? Será igual ao anterior?
- Quais são os fatores relevantes nesse movimento de queda?

Após os debates será refeito o experimento, só que agora com a bomba de vácuo ligada. Em tese, ambos devem cair ao mesmo tempo. Entretanto, antes de soltar os objetos, é importante que os alunos levantem e defendam suas hipóteses com justificativas conceituais, independentemente se estiverem corretas ou não.

De forma geral os alunos podem defender três tipos de hipóteses:

- O movimento será semelhante devido ao peso, onde há defesa de que a bolinha cairá antes da pena por ter maior massa;
- Por não haver mais resistência do ar, a bolinha e a pena cairão juntas;
- Mesmo sem a resistência, o peso ainda é fator para determinar o tempo de queda, porém, sem a resistência a diferença de tempo não será tão grande.

Estas hipóteses se atêm à elementos centrais do problema, contudo, outras hipóteses, respaldadas em outros conceitos, podem ser levantadas.

A partir do momento que cada aluno defendeu uma hipótese, o fenômeno deve ser realizado. Dependendo da construção de hipóteses, ele pode ser tratado como forma de

Perguntas auxiliares para refinamento das explicações

- Foi como esperavam?
- Por que os dois caíram juntos?
- O que faz eles caírem?

comprovação ou não das hipóteses, mas de toda forma, é uma observação que fornece informações fenomenológicas sobre os conceitos abordados. Diante das hipóteses refutadas se observa necessidade de mais informações e/ou discussões para compreender o fenômeno.

Salientamos a importância de averiguar se os alunos estão se apropriando dos conceitos corretamente, tais como as forças responsáveis pelo movimento de queda, neste caso, a gravitacional e a de resistência do ar. Análises de acordo com a cinemática podem ser trazidas e trabalhadas, mas estas não compreendem os aspectos centrais para o problema, cabendo ao professor orientar sobre as variáveis relevantes para o fenômeno, como a resistência do ar.

Outro recurso de análise, que conta com maior quantidade de dados do que a mera observação humana, é um software chamado Tracker, no qual se mede a distância e o software calcula tempo, velocidade e aceleração dos objetos. Ele pode ser gravado por smartphone e inserido no programa instalado no computador, ou direto pelo aplicativo no aparelho celular. Por meio deste programa pode ser observado que a aceleração dos objetos é a mesma, independente da massa.

Para discussões mais aprofundadas sobre esse fenômeno, sugerimos que os professores conduzam as análises de dimensões sobre os fatores que influenciam na Força Peso, Força Gravitacional (evidenciando a pequena variação na aceleração gravitacional) e Força de resistência do ar, tais como indicadas nas seções anteriores.

Outros experimentos de queda livre podem ser realizados caso haja necessidade de mais informações. Um exemplo é a queda livre de duas caixas de fósforo, uma cheia de fósforos e outra vazia, soltando-as do repouso em diferentes altitudes. Na queda desses objetos a uma altura de cerca de 3 metros, como por exemplo, no terceiro andar, observa-se leve diferença na aceleração, indicando até quando há validade para a aproximação de que as acelerações na superfície da terra são iguais.

Uma forma de encerrar a atividade é, com auxílio dos alunos, relembrar o caminho traçado para chegar à resposta, avaliando as diferenças entre as concepções levantadas no momento da elaboração de hipóteses e as novas concepções que compõem a resposta ao problema. Ainda, lembramos que delimitar momento de escrita propicia sistematização dos conceitos, fator importante para a assimilação da aprendizagem.

Sequência de ações indicadas



Em primeiro momento, a pressão dentro da campânula é de 1 atm, a mesma para ambientes não isolados no nível do mar, compondo uma maior concentração de moléculas dentro da campânula. Quando a bomba é ligada a pressão diminui pois essas moléculas são retiradas.

Sendo assim, há diferença nos movimentos pois, no primeiro momento essa maior concentração de moléculas ocasiona maior quantidade de colisões, oferecendo também maior resistência ao movimento, atrasando-o. Essa resistência está diretamente ligada com a área de contato do objeto em queda.

Por outro lado, ao ligar a bomba e retirar o ar, há considerável redução de colisões e, portanto, menor resistência do ar. Sendo assim, o objeto que anteriormente sofria resistência pela sua área de contato, neste momento não sofre mais. Sem a resistência do ar para os dois objetos, ambos caem juntos, pois a aceleração é a mesma para os dois objetos aqui na superfície da Terra, independente da sua massa.

Referências:

GARCÍA, J. Eduardo; GARCÍA, Francisco F. **Aprender investigando: una proposta metodológica basada en la investigación**. 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

BORGES, Antônio Tarciso; RODRIGUES, Bruno Augusto. O ENSINO DA FÍSICA DO SOM BASEADO EM INVESTIGAÇÕES. Apoio parcial do CNPq. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte) [online]. 2005, v. 07, n. 02 [Acessado 13 Julho 2021], pp. 61-84. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172005070202>>

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de física**, volume 1: mecânica, tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de física**, volume 2: Gravitação, ondas e termodinâmica, tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

Laboratório Didático de Física. Analisando imagens e vídeos com o computador. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Acesso em 19/07/2022. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/lab/tracker.html>

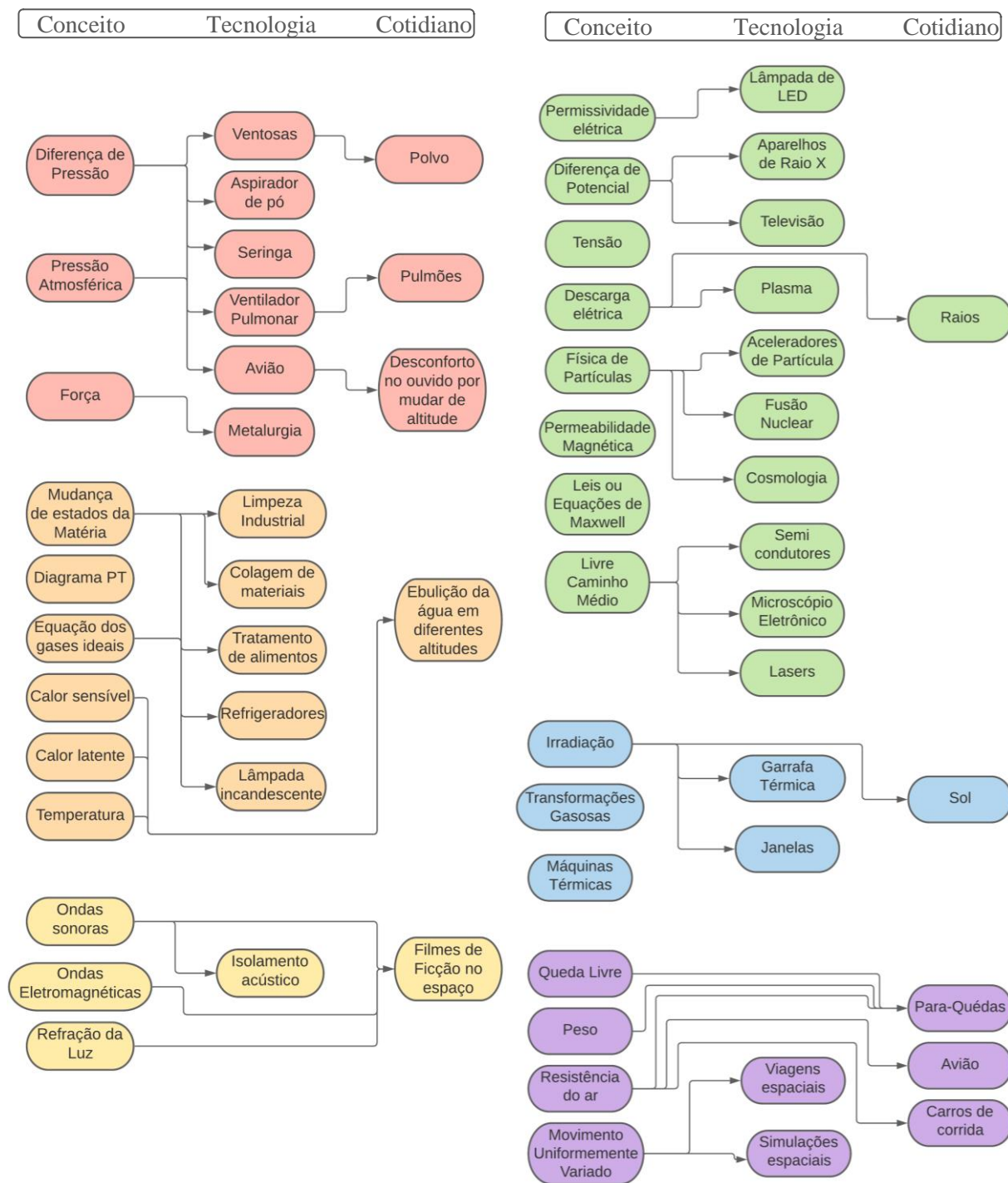
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES AOS PROFESSORES

Neste Guia Didático apresentamos cinco propostas de Atividades Didáticas Investigativas, todas pautadas na estrutura metodológica de García e García (2000) e tendo como recurso didático equipamento experimental para gerar ambientes de baixa pressão. Entretanto, em nossas pesquisas e buscas para elaboração de atividades, percebemos que as possibilidades de se trabalhar com o vácuo não param por aí. Por este motivo, apresentamos a Figura 10 relacionando os conceitos, aparatos tecnológicos e elementos no cotidiano que envolvem o tema vácuo.

Diante disso, desafiamos você, professor, a elaborar uma Atividade Didática Investigativa também, tendo a possibilidade de se apropriar dos exemplos de ADI apresentados, dos vídeos fornecidos, das referências, sugestões ou outros aspectos que deseje abranger. Salientamos que nestas cinco ADI são evidenciadas características centrais sobre o trabalho de acordo com a proposta de García e García (2000) na disciplina de física, tendo como recurso principal o aparato experimental. Assim, as atividades de apresentação e reconhecimento da situação problema são mais diretivas e, portanto, restringem outras características que poderiam ter sido atendidas de acordo com a proposta teórico-metodológica. Entretanto, García e García (2000) afirmam que tal dinâmica garante um direcionamento mais preciso para a investigação, aqui restrita ao fenômeno observado em aparato experimental.

Diferentes recursos podem direcionar diferentes caminhos investigativos dentro desta mesma perspectiva. Como por exemplo, a introdução de um cenário contextualizador para construção do problema central com os alunos (caso dos trechos de filmes no Problema do som, pois nele, poderia ser trabalhado outro problema, somente a partir dos vídeos). É importante salientar também que diferentes áreas do saber podem abranger diferentes dinâmicas para construção de conhecimento em sala de aula. Contudo, para professores que desejam se apropriar desta metodologia, orienta-se atenção e cuidado com os elementos supracitados (vide Capítulo 1) para garantir a construção de conhecimentos.

Figura 10 - Possibilidades educacionais em torno do vácuo



Fonte: Produzido pela autora, 2022.

Observe que na Figura 10 são apresentadas diversas sugestões de conceitos a serem trabalhados sobre este tema, como por exemplo, transformações gasosas, ondas eletromagnéticas, força e entre outros conceitos físicos. A maioria deles pode ser relacionado à algum equipamento tecnológico, e conseqüentemente, mencionado ou levado à sala de aula.. Ainda, alguns fenômenos naturais ou eventos do cotidiano também apresentam relação com o

vácuo ou ambientes com baixa pressão, cada um interligado aos respectivos conceitos físicos a serem estudados.

Mais informações sobre o Ensino por Investigação, especificamente sobre a estrutura didático metodológica de García e García (2000), bem como se deu o processo de aplicação e validação deste Produto Educacional, podem ser encontrados em: https://www.udesc.br/cct/ppgecmt/d_pe.

REFERÊNCIAS

BAUMER, A. L. **Física Moderna no Ensino Médio sob uma perspectiva investigativa: a irradiação de alimentos.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2017.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

CLEMENT, L. **Autodeterminação e Ensino por Investigação: Construindo Elementos para Promoção de Autonomia em Aulas de Física.** 2013. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

GARCÍA, J. E; GARCÍA, F. F. **Aprender investigando: una propuesta metodológica basada em la investigación.** 7. ed. Sevilla/ES: Díada Editora, 2000. 93 p. (Série Práctica, n. 2. Colección Investigación e Enseñanza).

REEVE, J. **Motivação e Emoção.** Grupo Gen-LTC, 2006.