

**Uso de experimento visual
como auxílio na instrução da
noção de convecção térmica**

LUCAS SOBREIRA OLIVEIRA
DAVID GOMES FIGUEIREDO

Uso de experimento visual como auxílio na instrução da noção de convecção térmica

Descrição de experimento
apresentado ao IFES Campus
Cariacica, como parte dos
preparativos para a Expofísica

PROFESSOR: LUIZ OTÁVIO BUFFON

INTRODUÇÃO

A Expofísica é um evento anual sem fins lucrativos aberto a comunidade realizado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Campus Cariacica. Nesse evento, os licenciados do curso superior de Licenciatura em Física apresentam experimentos físicos aos visitantes, em maioria, alunos do ensino médio de escolas estaduais e municipais.

Nesse trabalho, vamos abordar a criação e utilização de um experimento para o ensino e abordagem do tema de convecção térmica, que, dentro do estudo da termodinâmica, representa o movimento de fluídos e sólidos em diferentes temperaturas devido ao efeito da força de empuxo sujeita a todo corpo imerso em flúido.

Abordaremos a utilidade do experimento, bem como a maneira como abordaremos o tópico e apresentaremos a experimentação aos alunos e espectadores de modo a suscitar o pensamento científico, respeitando a profundidade do conhecimento necessária para compreensão e reflexão do tema.

Descrição Detalhada dos Materiais e Equipamentos Utilizados e da Montagem e Construção do Experimento.

A abordagem e explicação dos efeitos e causas da convecção tem como vantagem a possibilidade de uso de práticas visuais lúdicas, e estas, por sua vez, se beneficiam de instrumentos com escalas maiores. Isso posto, é interessante que o experimento e o equipamento sejam dimensionalmente condizentes com a densidade populacional do espaço destino, que no caso é, pelo menos, 30 alunos, o que abrange desde grupos espaçados em uma feira científica a uma sala de aula correspondente ao tema.

Haja vista, optou-se, como recipiente para a observação, pelo uso de um aquário de acrílico transparente acompanhando de um fundo externo branco. Dessa forma, se colocado em um local mais alto ou se modificado o ambiente de modo a dispor os espectadores circundando o recipiente, é provável que todos no local tenham acesso visual. Além dele, são necessários os outros materiais que compõe o efeito, sendo eles:

- Corantes de duas cores distintas, como vermelho e azul;
- 2x seringas;
- Um copo com 50ml de água quente;
- Um copo com 50ml de água fria;

Como explicado anteriormente, o efeito irá mostrar a dilatação térmica do líquido quente e a contração térmica da água fria, em comparação com a água em temperatura ambiente dentro do aquário. Então, para o visual, em dois copos separados, em um copo adicionasse um pouco da água quente e o corante 1 e em outro copo vai a água fria e o corante 2. Depois de misturados, cada seringa é preenchida com os líquidos temperados e colorizados.

Finalmente, e usando as pipetas, como o líquido aquecido tende a subir e o resfriado tende a descer, a água quente deve ser inserida a partir do fundo do aquário e a água fria na superfície, pois o movimento dos líquidos, que pode ser acompanhado na coloração dos corantes, é mais destacado e prolongado se feito dessa forma.

Detalhamento:

- Corantes: como sugestão dos autores, use corante vermelho para água quente e corante azul para água fria, por conta da comum associação de ambos e por suas cores serem menos confundíveis, em caso de haverem espectadores portadores de características daltônicas.

Dadas as inúmeras formas de se ou aquecer ou resfriar as águas para o experimento, nos reservamos a deixar opções convenientes ao ambiente escolar, mas não os elevando a exigências:

- Aquecimento: chaleira elétrica, 'mergulhão' e micro-ondas.
- Resfriamento: geladeiras, gelo e garrafas d'água previamente congeladas pela metade.

Caso seja de interesse dos replicantes, pode-se usar um termômetro qualquer para apresentação dos valores das temperaturas das águas, antes do experimento, se for interessante essa atestação das condições iniciais aos espectadores.

Revisão dos Conceitos e Princípios físicos

Calor é a energia térmica transferida entre corpos em temperaturas diferentes e flui do corpo de maior temperatura para os corpos de menor temperatura, até estabelecer o equilíbrio térmico.

É transmitida por meio de três processos:

Condução: transmissão de calor mediante o contato de superfícies;

Irradiação: transmissão de calor por ondas eletromagnéticas;

Convecção: transmissão de calor em razão da formação de correntes convectivas em um fluido.

1. Convecção térmica

A convecção térmica é o processo de transferência de calor que ocorre em fluidos (líquidos ou gases) através do movimento do próprio fluido. Esse movimento é causado pela variação de densidade resultante da diferença de temperatura entre diferentes regiões do fluido

Quando uma parte do fluido é aquecida, as suas moléculas se agitam e se afastam uma das outras, assim se tornando menos denso e subindo pela ação do empuxo, o contrário acontece com o fluido frio, sendo mais denso e descendo, formando um ciclo contínuo de movimento, denominado corrente de convecção.

A equação para a taxa de transferência de calor é descrita pela fórmula:

- $Q = h \cdot A \cdot \Delta T$

Q é a taxa de transferência de calor (w)

h é o coeficiente de convecção térmica (w/m²k)

A é a área da superfície exposta (m²)

ΔT é a diferença de temperatura (k)

2. Densidade

A densidade é a quantidade de massa por unidade de volume, ou seja, a quantidade de massa de determinado material sobre o seu volume.

A equação que a descreve é:

- $\rho = m/v$

ρ é a densidade (kg/m³)

m é a massa do material (kg)

V é o volume (m³)

3. Dilatação Térmica

É o fenômeno físico responsável pelo aumento das dimensões de um material ou substância quando sua temperatura aumenta. Isto ocorre pelo aumento no grau de agitação das moléculas, movimentando-se mais e aumentando as distâncias entre elas, fazendo o material expandir.

Há dois tipos de dilatação térmica:

Dilatação linear: refere-se à variação no comprimento de objetos unidimensionais (como fios, barras e hastes). Pode ser descrito pela equação:

Dilatação superficial: ocorre em objetos como placas, chapas e outras superfícies, o aumento de temperatura provoca a expansão em duas dimensões (área). É descrita pela fórmula:

- $\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$

ΔA é a variação de área

A_0 é área inicial

β é o coeficiente de dilatação superficial

ΔT é a variação de temperatura

- Dilatação volumétrica: o volume do material se expande com o aumento da temperatura (para fluidos e sólidos), pode ser descrita pela fórmula:

- **$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$**

ΔV é a variação do volume

V_0 é o volume inicial

γ é o coeficiente de dilatação volumétrica

ΔT é a variação de temperatura

4. Princípios de Arquimedes

O princípio de Arquimedes afirma que todo corpo imerso em um fluido experimenta uma força de empuxo para cima. Essa força é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. Esse princípio explica por que objetos flutuam, afundam ou ficam em equilíbrio em um fluido, dependendo de suas densidades relativas.

A água quente, sendo menos densa, experimenta uma força de empuxo para cima maior, fazendo-a subir. A água fria, sendo mais densa, desce por ter uma menor força de empuxo.

A equação que descreve o princípio de Arquimedes é dada por:

- **$F_b = \rho_f \cdot V \cdot g$**

F_b é a força de empuxo(N)

ρ_f é a densidade do fluido (kg/m³)

V volume do fluido

g aceleração da gravidade

5. Equilíbrio Térmico

Acontece quando não há mais diferença de temperatura entre as diferentes regiões do sistema, neste ponto, cessando as transferências de calor.

- $\Delta T = 0$

ΔT sendo a variação de temperatura

Difusão

A difusão pode ser descrita pelo processo pela qual as partículas se movem de um local com maior concentração de partículas para uma região de menor concentração.

- $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$

ΔL é a variação do comprimento

L_0 é o comprimento inicial

α é o coeficiente de dilatação linear

Roteiro da realização do experimento

O tema de convecção térmica é muito volátil, podendo ser destrinchado em teses de mestrado e doutorado ou visualmente apresentado e discutido com alunos do ensino médio, que é o nosso caso. Portanto, a efetuação dos processos e profundidade de conteúdo devem ser realizados tendo em mente a questão performática do mediador responsável - o que envolve uma fala menos acadêmica, uso de humor comedido etc-, o arrazoamento da profundidade da observação e uma metodologia adequada para induzir ao pensamento científico, que aqui adotaremos o POE (Predizer, Observar e Explicar) para o experimento principal.

É coerente ressaltarmos que o uso desse experimento é um aliado visual interessante para o trabalho da noção de convecção térmica, pois não exige preparativos muito complexos e tem um efeito interessante de se observar. Entretanto, o sucesso do experimento com os alunos se dará na apresentação dele, pois a reação em si não escancara muitas coisas da natureza dos líquidos, mas com a explicação correta se torna uma ferramenta poderosa de ensino.

Estabelecendo nosso espaço de apresentação, com foco no aquário, começamos primeiro colorizando as águas, logo em seguida preenchemos as seringas e nos preparamos para injetá-las. Enquanto fazemos os preparativos, vamos conversando com a turma, nos apresentando e fazendo perguntas de aquecimento, como:

- A adição de corante muda qual aspecto da água?
- Qual é a diferença entre a água quente e a água fria?

De forma singela, suscitamos a reflexão inicial das propriedades da matéria, o que inclui variação térmica, elemento crucial nos efeitos do experimento.

Logo após os preparativos prontos, damos início ao experimento. Fazemos aos alunos as seguintes perguntas:

- O que acontecerá com cada uma das águas postas no aquário? A água fria boiará, afundará ou permanecerá no mesmo ponto posto? E quanto a água quente?

Coletadas as predições, pegamos as seringas, cada mediador com uma, e despejamos os líquidos em seus pontos, de forma síncrona. Então, deixamos a reação ocorrer durante um ou dois minutos, acompanhando a movimentação das águas. Durante esse processo é interessante fazer filmagem da reação, pois em algumas câmeras de celular a captura do contraste de cor é muito eficiente, o que facilita fazer uma revisão mais detalhada do efeito com os espectadores da sessão atual ou em futuras sessões.

Próximo do fim do experimento, ou seja, do equilíbrio térmico, passamos a explicar o fenômeno, abordando a movimentação específica observada e explicando o ocorrido. Imediatamente depois, passamos a tratar das aplicações reais desse conceito, como:

- Como acontece o vento? Ele tem algum algo em comum com o que acabamos de ver no aquário:
- Como os fornos que usamos no dia a dia funcionam?
- Por que o ar-condicionado é posto na parte superior dos cômodos e por que os aquecedores são postos na parte de baixo?

Essas perguntas tem o intuito de impulsionar a mentalidade investigativa do observador, a conexão dos experimentos demonstrativos com a realidade, buscar criar no indivíduo o discernimento autônomo e formar, em algum grau, a cognição científica. Nesse viés, perguntamos ainda:

- Vocês conseguem pensar em algum experimento ou situação que envolva a convecção?

É importante que se acompanhe o ritmo de pensamento dos espectadores, pois

esses podem surgir com experimentos realizados por terceiros ou observações individuais que fujam das aplicações diretas do tema trabalho e envolvam ocorrências diversas, por isso é de fundamental importância, para o mediador, filtrar e manejar a direção da pergunta de modo conveniente com o que se é proposto a tratar, evitando dispersões e, principalmente, inverdades.

A explicação científica correta dos fenômenos visualizados na realização do experimento ou da exposição ao público

No experimento do aquário com corantes, duas porções de água com temperaturas distintas são colocadas em um aquário cheio com temperatura ambiente: uma porção de água quente, tingida de vermelho, e uma porção de água gelada, tingida de azul. Esse contraste de cores e temperaturas ajuda a visualizar de forma clara o comportamento dos fluidos e o processo de convecção térmica que ocorre entre as duas regiões.

Quando a água quente vermelha é colocada na parte inferior do aquário, o aumento de temperatura faz com que suas moléculas se movimentem mais rapidamente, afastando-se umas das outras. Esse movimento intensificado das partículas provoca a dilatação térmica, expandindo a água quente e, conseqüentemente, diminuindo sua densidade. A redução da densidade significa que a água quente vermelha é mais leve que a água gelada azul, que está mais densa devido à sua menor temperatura.

Fórmula da dilatação térmica:

- $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$

ΔV é a variação do volume

V_0 é o volume inicial

γ é o coeficiente de dilatação volumétrica

ΔT é a variação de temperatura

Fórmula da densidade:

- $\rho = m/v$

ρ é a densidade (kg/m^3)

m é a massa do material (kg)

V é o volume (m^3)

De acordo com o Princípio de Arquimedes, um fluido menos denso tende a subir em relação a um fluido mais denso. Nesse caso, a água quente vermelha sobe para a

superfície do aquário, impulsionada pela força de empuxo, enquanto a água gelada azul, que é mais densa, desce para o fundo do aquário. Esse movimento cria as correntes de convecção: a água quente sobe e a água fria desce, formando um ciclo contínuo de troca de posições. À medida que a água vermelha quente sobe, ela leva consigo o calor da região mais aquecida, enquanto a água azul fria desce para ocupar seu lugar no fundo. Essa circulação gera um padrão visível no aquário, onde a cor vermelha aparece nas correntes ascendentes e a cor azul nas descendentes.

À medida que as porções de água se movem, ocorre a transferência de calor entre elas. A água quente vermelha transfere calor para a água fria azul, diminuindo a diferença de temperatura entre as duas porções. Esse processo de transferência de calor acontece devido à convecção térmica, na qual o calor é transportado pelo próprio movimento do fluido. As equações que descrevem esse fenômeno indicam que a taxa de transferência de calor é proporcional à área de contato entre as regiões e à diferença de temperatura

- $\Delta T = 0$

ΔT sendo a variação de temperatura

Com o tempo, o calor se distribui de maneira mais uniforme no aquário. À medida que a água quente cede calor à água fria, a diferença de temperatura entre as duas regiões diminui. Eventualmente, as duas porções de água atingem uma mesma temperatura, o que significa que o sistema chegou ao equilíbrio térmico. Nesse ponto, as correntes de convecção começam a enfraquecer e, eventualmente, cessam, pois não há mais diferença de densidade entre as porções de água.

Este experimento demonstra de forma prática como a convecção térmica atua em fluidos, com as correntes visíveis através dos corantes vermelho e azul. A água quente dilata-se e sobe devido à menor densidade, enquanto a água fria desce, formando um ciclo contínuo de movimentação, até que as duas porções de água atinjam o equilíbrio térmico.

REFERÊNCIAS

HELERBROCK, Rafael. "O que é convecção?"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-conveccao.htm>. Acesso em 05 de outubro de 2024.

GOUVEIA, Rosimar. "Convecção Térmica"; *toda matéria*; Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/conveccao-termica/>. Acesso em 05 de outubro de 2024.

AUTOR DESCONHECIDO, SEM NOME. *Convecção*. ARQUIVO PDF. Disponível em: https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef008_02/Beatriz/conveccao.htm. Acesso em: 05 de outubro de 2024.

LIMA, Ana Luiza Lorenzen; "Densidade"; *Mundo Educação*. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/amp/quimica/densidade.htm>. Acesso em 05 de outubro de 2024

DILATAÇÃO térmica. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Dilata%C3%A7%C3%A3o_t%C3%A9rmica. Acesso em: 05 outubro 2024

CONVECÇÃO TÉRMICA (PROPAGAÇÃO DO CALOR). Física Total. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dkZaiedR_ww. Acesso em: 05 outubro 2024.