



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

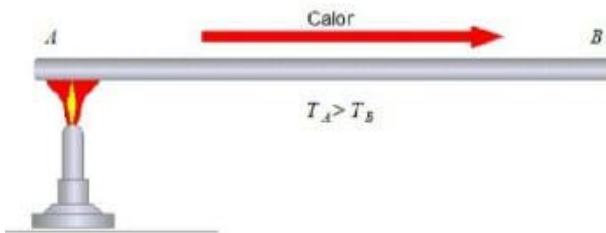
Orientando: Ronilson da Silva Lima
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar



**ATIVIDADES
EXPERIMENTAIS:
UMA RELAÇÃO
DA TEORIA COM
A PRÁTICA NO
ENSINO DE
TERMOLOGIA.**



$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$



Ronilson da Silva Lima



AO ALUNO

Este manual (caderno guia) é composto por uma série de roteiros de atividades experimentais e perguntas na qual são abordadas aplicações práticas com montagens simples. O aluno junto com o auxílio do professor, irá montar e fazer a demonstração com a explicação dos fenômenos relacionados a terminologia através desses experimentos.

Na vida como aluno na escola almejamos uma aprendizagem que tenha real sentido em nosso cotidiano, e esta ferramenta visa auxiliar esse processo, partindo do pressuposto de uma aprendizagem significativa e coletiva, tendo a oportunidade de relacionar um conhecimento prévio de um fenômeno com um conhecimento científico a partir de uma atividade experimental.

Se espera que o material possa contribuir significativamente na compreensão física dos fenômenos que são abordados no presente manual.

AO PROFESSOR

O trabalho no formato de produto educacional é apresentado pensando em nossas dificuldades como docentes da componente curricular das ciências exatas, mais especificamente no ensino de física, quando nos deparamos com as mais diversas barreiras que geram um déficit de aprendizagem em nossos alunos.

A maioria das escolas em nosso país não apresentam laboratórios de ciências, muitos alunos rejeitam o ensino de física devido ao fato de acharem as aulas monótonas com a utilização apenas de aulas teóricas, nesse itinerário que foi elaborado a sequência didática que faz uma ligação da teoria com a prática para o ensino de termologia, com a utilização de experimentos com materiais alternativos e que fujam da necessidade de laboratórios bem estruturados.

A importância de construir e se trabalhar esses roteiros é que eles foram pensados, testados e criados mediante a realidade de sala de aula, com uma linguagem de fácil compreensão pelos alunos e professores e com resultados satisfatórios.

Neste sentido, o presente material tem o propósito de lhes apresentar uma alternativa metodológica para trabalhar os conteúdos de termologia através de atividades experimentais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS, que é digno de toda honra e toda glória.

Em segundo lugar agradeço à minha família cujo são meus alicerces na Terra, sendo-os meus pais, Luiz Miranda de Lima e Zuleni Matias da Silva, meus queridos e amados e irmãos, Monária, Romildo, Romilson, Francisco Ronildo e Naiara. Meus sentimentos de gratidão também são direcionados a minha amada namorada Jaqueline por todo apoio e motivação.

A meu orientador, professor Dr. Jorge Luís López Aguilar, todos professores do MNPEF-UFAC, dentre eles, em especial a querida professora Dra. Esperanza Lucila Hernandez, a Sociedade Brasileira de Física (SBF).

SUMÁRIO

Apresentação.....	7
1. Experiência 1.....	8
1.1 O tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?.....	8
1.2 Abordagens científicas.....	9
1.3 Experiência 2.....	9
1.3.1 Haste de madeira versus haste de ferro.....	9
1.3.2 Abordagens científicas.....	10
1.4 Experiência 3.....	10
1.4.1. Calor x temperatura.....	10
2. Guia didático: sequência didática.....	15
2.1 Primeiro encontro.....	15
2.2 Sequência para 1ª experiência: o tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?.....	15
2.3 2ª Experiência: haste de madeira <i>versus</i> haste de ferro.....	18
2.4 Terceiro encontro: aula dialogada expositiva.....	21
2.5 3ª Experiência: calor x temperatura.....	25
2.6 Quinto encontro: aula expositiva dialogada.....	29
2.7 Fluxo de calor em estruturas metálicas	32
Experiência 1: fluxo de calor numa estrutura cilíndrica oca.....	32
Experimento do fluxo de calor numa geometria cilíndrica.....	33
Experiência 2: fluxo de calor numa estrutura metálica tipo barra.....	37
Experimento do fluxo de calor numa estrutura metálica.....	38
Experiência 3: fluxo de calor em uma placa retangular.....	41
Experimento do fluxo de calor numa placa de alumínio retangular.....	43
Anexo.....	46
Referências.....	48

APRESENTAÇÃO

Este material é composto por um produto educacional produzido a partir de uma pesquisa do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física, com a finalidade de proporcionar uma ferramenta metodológica de ensino prática baseada numa sequência didática aos professores da Educação Básica.

O material de apoio é referente ao tema de termologia na qual a metodologia utilizada segue as teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel e do Sóciointeracionismo de Vygotsky. As atividades experimentais são realizadas como segue: 1) o tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?; 2) haste de madeira *versus* haste ferro, 3) calor vs temperatura e 4) propagação do calor.

O produto visa contribuir com o ensino de termologia aplicando uma sequência didática experimental possibilitando que o docente tenha mais uma ferramenta pedagógica ao seu favor que almeja despertar o interesse dos alunos quanto à disciplina de ciências/física, assim como tornar um aluno mais participativo, ativo, protagonista, portador de um espírito científico, capaz de comportar-se como um construtor do próprio conhecimento.

Espera-se que essa ferramenta didática venha contribuir no processo educacional de ensino aprendizagem nos temas de termologia no ensino fundamental e médio. O produto educacional foi aplicado na escola seguindo a sequência didática e os resultados de sua aplicação foram excelentes.

A seguir na tabela 1, é mostrado o gerenciamento da sequência didática experimental, além de exibir o quantitativo de encontros, os conteúdos trabalhados, procedimento didático realizado durante a aula e o tempo necessário para cada aula, e os questionários que podem ser aplicados antes e depois da sequência. É extremamente importante ressaltar que fica a critério do docente realizar alterações adaptando da forma que julgar, muito embora, se o docente optar apenas por aplicar a sequência, a mesma apresenta-se passo a passo.

Nosso produto é composto por mais três práticas sobre propagação do calor, tendo em vista que, não foi possível aplicá-las em sala de aula devido o recesso das aulas, mas foram testadas em casa, e são descritas todo o procedimental experimental.

Tabela 1: Sequência Didática

Nº	Temas	Procedimento didático	Tempo (Minutos)
1	Aplicação do teste Diagnostico	Apresentação e preenchimento do termo de aceite por partes dos alunos em participar das atividades experimentais. Perguntas abertas e fechadas do pré-teste.	60
2	Execução das atividades experimentais	Aula com atividade prática	120
3	Temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico condutividade térmica	Apresentação do conteúdo de ensino a partir das atividades experimentais realizadas, criação de situações problemas	120
4	Realização das atividades experimentais	Aula com experimentação	60
5	Calor e calor específico	Aula expositiva dialogada.	60
	Total		420

Fonte: próprio autor. Cada aula tem um tempo de 60 minutos

1. EXPERIÊNCIA 1

1.1 O TATO NOS FORNECE A TEMPERATURA OU A SENSACÃO TÉRMICA DE UM CORPO?

Esta atividade experimental tem por objetivo observar a relevância das percepções táteis perante a medição da temperatura de um sistema. Vale ainda ressaltar que pretende-se chamar atenção que o tato não é um mecanismo seguro para tal aferição e que o termômetro surge como um importante aliado nessa situação. Além do mais, almeja-se trabalhar o fato de que para o termômetro fornecer a temperatura correta de um corpo é imprescindível que haja um tempo de contato do mesmo com o sistema, para que assim ambos possam estar em equilíbrio térmico.

Nessa experiência, pode-se trabalhar com as concepções não-científicas dos alunos, abordadas no primeiro tópico, que são elas:

- A temperatura é uma variação de quente e frio.
- A temperatura é o aumento ou diminuição do calor
- Através do tato podemos medir a temperatura de um sistema.
- Tocando na pele de alguém podemos determinar a temperatura.

Para a realização do experimento e, nesse caso, verificar a veracidade das duas concepções dos alunos, são necessárias algumas etapas durante a atividade, que consistem em uma série de interpretações e percepções de quente ou frio.

1.2 Abordagens científicas

Pode-se supor o seguinte problema que dará início a atividade experimental: “Pelo tato posso afirmar corretamente se uma pessoa está ou não com febre?” Uma pessoa se encontra com febre quando sua temperatura é igual ou maior que 38 °C, assim na maioria dos casos usamos a parte de cima da mão, colocando sobre a testa da pessoa, para verificar se ela está ou não com febre. Contudo, podemos verificar que com o tato, as sensações de quente e frio variam de acordo com as circunstâncias que se encontram, portanto, verificar com o tato se há febre ou não, é algo que não deve ser feito, logo esse método não é confiável. Vale ainda lembrar a importância do uso de um termômetro para tal procedimento, desde que este seja usado da forma correta, entrando em equilíbrio térmico com a pessoa que está se verificando.

1.3 EXPERIÊNCIA 2

1.3.1 Haste de madeira versus haste de ferro

Essa experiência objetiva-se demonstrar que, na maioria dos casos, as percepções táteis não são apropriadas para medir a temperatura de um sistema, e que nem sempre a temperatura aparente é realmente a temperatura real de um corpo. De tal modo, temos como exemplo, uma haste de madeira e uma haste de ferro postas sobre uma mesa, ambas à temperatura ambiente. Através desse experimento será possível o professor fazer algumas indagações condizentes a temperatura, sensação térmica e condutividade térmica, como por exemplo: Porque ao pegar na maçaneta de uma porta e simultaneamente tocarmos na porta de madeira, sentiremos sensações diferentes?

Ao longo da experiência iremos abordar acerca de algumas concepções não científicas dos alunos, captadas pelo pré-teste, que criteriosamente pode ser aplicado inicialmente à

abordagem do conteúdo, e dessa forma, iremos averiguar a veracidade destas, de acordo com os dados obtidos durante a realização da experiência. São elas:

- A temperatura é uma variação de quente e frio.
- A temperatura é o aumento ou diminuição do calor.
- Através do tato podemos medir a temperatura de um sistema.

1.3.2 Abordagens científicas

Ao tocar a haste de madeira e simultaneamente a de ferro, o aluno possivelmente perceberá que a segunda haste apresenta-se mais fria que a primeira. Isso acontece porque o ferro é um melhor condutor que a madeira, dessa forma, há uma troca de calor bem maior entre a mão e o ferro, e é desse conceito que vem a sensação de frio.

Dessa forma, pode-se concluir que as concepções não científicas tratadas, nesse caso, deveriam ser um ponto de partida para o professor afim de que os alunos revejam seus conceitos, observando-os de acordo com os conhecimentos científicos obtidos durante a abordagem do conteúdo e realização da experiência.

1.4 EXPERIÊNCIA 3

1.4.1. CALOR X TEMPERATURA

Essa experiência tem por objetivo demonstrar a diferenciação entre temperatura e calor, e além disso demonstrar a relação entre calor, temperatura e massa. Em nosso cotidiano estamos frequentemente entrando em contato com objetos ou ambientes dos quais podemos sentir a sensação de quente ou frio, notando assim diferentes temperaturas.

Comumente usamos as palavras calor e temperatura sem deixar claro a diferença entre elas. Em certas situações as palavras podem até ser apresentadas com conceitos trocados, como na expressão “como está calor hoje!”, onde, nesse caso, o termo calor é usado para expressar a temperatura ambiente. A partir disso é deduzido que as sensações de quente e frio que temos não são sensações de calor, mas sim de temperatura.

Nessa experiência, serão trabalhadas as concepções não-científicas dos alunos, sendo abordados os seguintes tópicos:

- Calor é o mesmo que temperatura;
- Calor e temperatura são diferentes;
- Calor é o aumento ou diminuição de temperatura;

- O tempo para aquecimento de um corpo não está relacionado com o volume que ele possui;
- Um corpo com baixa temperatura não possui calor;
- Se um corpo não possuir calor, também não possuirá temperatura;
- Um corpo pode ganhar calor?
- Um corpo pode perder calor?

Para a realização da atividade proposta, são necessários os seguintes materiais.

Seis latinhas de refrigerante, termômetros digitais, quatro velas, estilete, água, isqueiro, copo milimetrado, pincel para as marcações e cronômetro;

A figura 1 mostra os materiais utilizados para realização da terceira experiência.

Figura 1: materiais utilizados para realização da terceira experiência



Fonte: próprio autor.

Montagem

Corte duas latinhas bem próximo da borda superior, assim como mostra a figura 2.

Figura 2: marcação e corte das latinhas.



Fonte: próprio autor.

- No lugar onde foi cortado faça cortes de cerca de cinco milímetros na vertical e depois dobre as beiras da lata para dentro da lata (para evitar acidentes com a beira da lata cortante), assim como é mostrado na figura 3.

Figura 3: Dobra sobre as beiras das latinhas.



Fonte: próprio autor.

- Tire a parte superior das outras duas latinhas com o abridor de latas e corte-as, a 4 cm do fundo com o estilete, da forma apresentada na figura 4.

Figura 4: corte a 4 cm do fundo de cada latinha.



Fonte: próprio autor.

- Nesta etapa com o uso do estilete tire dos lados da meia lata quatro tiras de cerca de dois centímetros e meio de largura. A figura 5 demonstra como ficará os cortes.

Figura 5: corte dos lados das meias latinhas.



Fonte: próprio autor.

- Em seguida retire da lateral da latinha um retângulo medindo quatro centímetros de altura e seis centímetros de comprimento. A figura 6 mostra os cortes nas latinhas.

Figura 6: cortes retangulares nas latinhas.



Fonte: próprio autor.

- Coloque uma vela dentro da latinha, de modo que ela fique apoiada na argola do furo para ela não cair para dentro da lata conforme for queimando. Observe a figura 7 que mostra como posicionar a vela dentro da latinha.

Figura 7: Velas dentro das latinhas.



Fonte: próprio autor.

- Nesta última etapa coloque as latinhas sobre o suporte e periodicamente coloque o termômetro dentro das latinhas e anote a diferença de temperatura entre os dois volumes de água. A figura 8 mostra como ficará a experiência montada.

Figura 8: montagem final da experiência.



Fonte: próprio autor.

Desse modo, a partir da prática experimental objetiva-se introduzir os conceitos de calor e temperatura, mostrando a diferença entre elas, bem como averiguará a relação entre volume e temperatura.

2. GUIA DIDÁTICO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O guia didático indicará como o docente poderá proceder em suas aulas utilizando o respectivo material.

2.1 PRIMEIRO ENCONTRO

Sugere ao excelentíssimo docente que para formar os grupos para as aulas posteriores, realize essa divisão de tal modo que agrupe alunos de níveis diferentes intelectuais, e para o educador observar e detectar esses níveis, segue criteriosamente um questionário nos anexos desse produto.

2.2 SEQUÊNCIA PARA 1ª EXPERIÊNCIA: O TATO NOS FORNECE A TEMPERATURA OU A SENSÇÃO TÉRMICA DE UM CORPO?

OBJETIVOS:

- A partir desse experimento objetiva-se verificar que não é seguro medir a temperatura de determinado corpo através do tato;

- Reconhecer que a temperatura é uma medida da sensação de quente ou frio, isto em relação a determinado padrão.
- Reconhecer que os instrumentos de medida de temperatura como o termômetro levam um tempo para entrarem em equilíbrio térmico com o sistema, o qual deseja obter valor de forma correta.
- Trabalho em grupo, propiciando o sóciointeracionismo entre os educandos, e dos educandos com o educador.

PROBLEMATIZAÇÃO:

Sensação térmica de um corpo corresponde a verdadeira temperatura desse corpo? É possível saber de forma correta se alguém está com febre só pelo tato? Em dias muito quente ou frio, o tato pode ter a mesma exatidão ao considerar se uma pessoa está com febre?

POSSÍVEIS HIPÓTESES FORMULADAS PELOS ALUNOS:

A partir do problema proposto, espera-se que os alunos formulem algumas hipóteses, no que infere-se temperatura, sensação térmica e a identificação a respeito de alguém se encontrar com febre, tais como:

- A sensação térmica que um corpo possui corresponde a temperatura real do corpo.
- A temperatura de um corpo é sempre menor que a sensação térmica que o mesmo apresenta.
- A temperatura de um corpo é sempre maior que a sensação térmica que o mesmo apresenta.
- Quando uma pessoa está com febre, o calor interno de seu corpo está elevado.
- Quando uma pessoa está com febre, a temperatura de seu corpo está elevada.
- A fim de verificar se alguém se encontra com febre coloca-se a parte de cima da mão na testa da pessoa.
- É colocado a parte de cima da mão sobre o pescoço da pessoa.
- É colocado um termômetro embaixo do braço da pessoa, e espera-se um pouco e em seguida é verificada a temperatura.

ETAPAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA:

A partir das hipóteses levantadas pelos alunos, o próximo passo é a execução do experimento, a fim que o problema proposto seja resolvido, e chegar a conclusões corretas.

EXPERIMENTO PROPOSTO

- Materiais necessários:
 - ✓ 1 vasilha com água fria;
 - ✓ 1 vasilha com água a temperatura ambiente;
 - ✓ 1 vasilha com água quente ou “morna”;

- ✓ 1 ebulidor;
- ✓ Termômetros digitais;
- ✓ Cronômetro;
- ✓ 1 recipiente para aquecer a água.

Na realização do experimento o professor coloca à disposição de cada grupo de alunos 3 vasilhas iguais com as mesmas quantidades de água, de forma que numa delas seja colocada água fria, na outra água a temperatura ambiente, e na terceira é colocada água quente ou morna (essas informações devem ser implícitas aos discentes, assim como a temperatura que será anotada pelo professor). Assim como é mostrado na figura 9.

Figura 9: vasilhas com água em diferentes temperaturas.



Fonte: próprio autor

O 1º recipiente será composto por água fria, o 2º será composto por água em temperatura ambiente, já o 3º recipiente, será composto por água quente/morna, e todos irão compor a mesma quantidade de água, ou seja, 150 ml.

- 1º Momento: O professor solicita, que um dos componentes dos grupos coloque a mão direita na 1ª vasilha, que possui água fria. Então, o professor deve marcar 3 segundos no cronômetro, (tempo esse que será utilizado em todos experimentos) e pedir para que os discentes anotem essa primeira sensação.
- 2º Momento: Em seguida, o aluno irá retirar a mão da 1ª vasilha e de forma bem rápida, colocar dentro da 2ª vasilha, ou seja, a que se encontra com água em temperatura ambiente. O aluno deve anotar a sensação sentida.
- 3º Momento: Realizado essa primeira parte, o aluno agora irá colocar a mão esquerda dentro da 3ª vasilha, sendo aquela que se apresenta com água quente. Novamente o aluno deve anotar a sensação obtida.

- 4º Momento: Prosseguindo, o professor orienta ao discente tirar a mão e colocá-la na 2ª vasilha, ou seja, na vasilha com água à temperatura ambiente, cuidando para não esquecer de anotar a sensação adquirida.

Com a conclusão do experimento, o professor poderá fazer as seguintes perguntas aos grupos:

- 1) As sensações térmicas foram as mesmas no decorrer do experimento?
- 2) A partir do experimento quais foram as sensações térmicas que você sentiu?

Momento	Vasilha	Temperatura (°C)	Sensação
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		

Você acredita que a sensação térmica que você sentiu, corresponde ao valor real da temperatura em cada recipiente? Justifique.

- 3) No momento 2 e no momento 4, as sensações que você sentiu foram equivalentes ou distintas?
- 4) Você acredita que a quantidade de água influenciou nas sensações térmicas? Justifique.
- 5) Com a realização experimental, você acredita que através do tato, é possível afirmar de forma correta se uma pessoa está com febre? Por quê?
- 6) Afinal, a água no momento 2 e 4 estava fria, temperatura ambiente ou quente?
- 7) Que conclusões você tira do experimento.

Após esse momento, sugere que o professor solicite que cada grupo escolha um estudante e apresenta os resultados das questões.

- Sugere que o professor novamente encha as vasilhas com água a temperaturas próximas ou iguais as iniciais, e em seguida solicite que os grupos meçam os valores reais da temperatura em cada recipiente utilizando um termômetro, para refletirem sobre as respostas da atividade.

2.3 2ª EXPERIÊNCIA:

HASTE DE MADEIRA *VERSUS* HASTE DE FERRO

Essa experiência tem como objetivo demonstrar que, na maioria dos casos, as percepções táteis não funcionam corretamente para determinar a temperatura de um sistema. Objetiva-se também.

- Trabalhar os assuntos pertinentes a TEMPERATURA E CONDUTIVIDADE TÉRMICA;

- Materiais com diferentes sensações podem estarem a mesma temperatura.
- Sociointeracionismo entre aluno-aluno e aluno-professor.

SITUAÇÃO PROBLEMA: Inicialmente, o docente poderá realizar uma pergunta aos alunos com o intuito de fazer com que os mesmos reflitam a respeito de sensações térmicas e percepções táteis. Assim será feita a seguinte indagação: A maior parte de casas são construídas de tijolos e de madeira. As que são construídas de tijolos apresentam um piso de cerâmica. Desta forma, ao pisarmos no piso de cerâmica e depois na madeira ou vice-versa, experimentaremos sensações diferentes para as situações, pois o piso de cerâmica apresentará uma sensação mais fria, enquanto que ao pisarmos no piso de madeira teremos a percepção de mais quente, sendo isto possível devido nossas percepções táteis.

Mas será que sempre nossas percepções táteis correspondem à temperatura real de um sistema? Qual a relação das temperaturas da haste de ferro e da haste de madeira que estão postas sobre a mesa? Será que estão à mesma temperatura? Ou é impossível estarem à mesma temperatura?

A partir desse questionamento, espera-se que sejam formuladas as seguintes hipóteses pelos alunos, a respeito da temperatura das hastes.

- A haste de ferro mostra estar mais “geladinha” do que a de madeira;
- A temperatura da haste de madeira é maior que a da haste de ferro;
- A temperatura da haste de madeira é menor que a da haste de ferro;
- A haste de madeira é mais fria porque, quando os dois materiais são expostos ao sol, só conseguimos pegar com as mãos sem a luva a haste de madeira, diferentemente da haste de ferro.
- Em hipótese nenhuma as duas hastes terão as mesmas temperaturas, mesmo que recebam a mesma quantidade de calor.
- As duas hastes estão à mesma temperatura, apenas as temperaturas diferentes são reflexos de nossas percepções táteis ao tocá-las.

ESTRATÉGIAS PARA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA.

- Partindo das possíveis hipóteses levantadas e para comprova-las, é sugerido pelo professor a execução da experiência mencionada no problema;
- Propõe-se que o professor forme grupos com a turma para a realização experimental.
- Para a realização experimental, serão necessários:
- ✓ 5 hastes de madeira (15 cm cada);

- ✓ 5 hastes de ferro (15 cm cada);
- ✓ Termômetros digitais
- ✓ Cronômetros.
- Sequência de trabalho proposto pelo docente aos discentes:

O experimento que será realizado pelos alunos, parte da seguinte pergunta: Qual a relação entre as temperaturas entre uma haste de ferro e uma haste de madeira que estão postas sobre a mesa? A prática experimental é simples e rápida em sua execução.

A prática consiste em tocar de forma simultânea as duas hastes, sendo a de ferro e a de madeira. As duas hastes estão expostas às mesmas condições climáticas. Após, os alunos realizarem o procedimento anterior, o professor poderá fazer algumas perguntas aos grupos, tais como:

1. As sensações térmicas que você sentiu ao tocar simultaneamente as hastes são iguais ou diferentes? Por quê?
 2. Qual a relação de temperatura entre as duas hastes? Ambas apresentam a mesma temperatura?
 3. A sensação térmica é de fato correspondente a temperatura real de cada haste?
 4. Através do tato, podemos afirmar de forma exata a temperatura de um corpo? Justifique.
 5. Que conclusões você tira em relação ao experimento realizado?
 6. Que utensílios são usados para medição de temperatura? (Termômetro culinário? Termômetro farmacêutico? Termômetro de mercúrio? Tato? Outra ferramenta? Qual?
- Os grupos, após executarem a experiência, debaterão entre si a respeito dos resultados alcançados e assim organizar sua solução para o problema inicial.
 - Após todos os grupos terem realizado a experiência, o professor solicitará que cada grupo apresente seu (s) resultado (s) e sua (s) solução (ões).
 - Por fim, com a mediação e a orientação do professor, todos os grupos irão medir a temperatura das hastes e notarem se ambas apresentam a mesma temperatura ou não e se sensação térmica representa, com exatidão, a temperatura de um corpo. Essa medição será realizada com o termômetro culinário.
 - Cada grupo escolherá um representante para expor os resultados obtidos;
 - Por fim, o professor junto com os alunos debateu questão por questão afim de chegarem a melhor solução para o problema.

2.4 TERCEIRO ENCONTRO: AULA DIALOGADA EXPOSITIVA

O encontro terá uma duração de 2 horas durante a qual será dada uma aula de caráter expositiva dialogada, onde serão abordados os conteúdos de: temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico e condutividade térmica.

Essa aula terá como objetivo apresentar aos alunos os conceitos dos termos supracitados, e suas aplicações no cotidiano, desta forma, no início da aula sugere ao professor que relembre ou mostre as experiências da aula anterior, fazendo as seguintes perguntas:

- 1) Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?
- 2) Você acredita que calor e temperatura são a mesma coisa?
- 3) O que sentimos quando o dia está quente?
- 4) Por que ao colocar gelo em um copo de água ele derrete durante certo tempo?
- 5) Quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?
- 6) Será que apenas pelo tato é possível afirmar que uma pessoa está com febre?
- 7) Em dias muito quentes ou frios, o tato pode ter a mesma exatidão ao considerar se uma pessoa está com febre?
- 8) A maior parte de casas são construídas de tijolos e de madeira. As que são construídas de tijolos apresentam um piso de cerâmica. Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?
- 9) Empregamos os termos quente, frio, morno e gelado para classificar sensações térmicas que percebemos, por exemplo, quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?

A maior parte das casas são construídas usando tijolos e madeira. As casas que são construídas com tijolos os pisos geralmente são de cerâmica. Desta forma, ao pisarmos no piso de cerâmica com um e com outro pé pisarmos na madeira, experimentaremos sensações diferentes para cada situação, pois o piso de cerâmica apresentará uma sensação mais fria, enquanto, que ao pisarmos no piso de madeira teremos a percepção de mais quente, esta diferença é possível devido nossas percepções táteis. Mas será que sempre nossas percepções táteis correspondem à temperatura real de um sistema?

A partir desses questionamentos, o professor pode redigir sua aula definindo cada grandeza.

TEMPERATURA

O conceito de temperatura tem origem nas ideias qualitativas baseadas em nosso sentido de tato. Um corpo que parece estar “quente” normalmente está em uma temperatura mais elevada que um corpo análogo que parece estar “frio”. Entretanto, o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que esse observador se encontrava. Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está. Para Çengel e Ghajar (2012, p. 19) “temperatura é uma medida da energia cinética das partículas como moléculas ou átomos de uma substância, logo quanto mais rápido for o movimento, maior será a temperatura apresentada pelo corpo”.

Além de ser apresentado o conceito de temperatura, é primordial mencionar que, a temperatura de um corpo pode ser medida em três escalas, sendo-os: Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e elas possuem uma relação matemática, é importante deixar claro que trabalhamos somente com a escala Celsius, mas expomos brevemente aos discentes sobre as outras escalas. Mostramos a relação entre as três escalas por meio da figura 1.

Figura 10: relação entre as três escalas termométricas

°C	°F	K	
100	212	373	→ Ponto de ebulição da água (vapor)
T_C	T_F	T_K	→ Temperatura que se quer calcular
0	32	273	→ Ponto de fusão da água (gelo)

Fonte: próprio autor.

Sabendo do valor da temperatura do corpo em uma escala, podemos obter o correspondente valor em outra, estabelecendo a seguinte relação:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

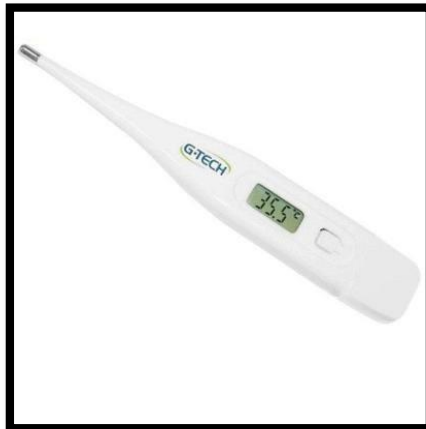
Outro ponto a importante a se frisar que realizamos as práticas experimentais usando um termômetro culinário, porém foi mencionado e mostrado aos estudantes outros tipos de termômetros, como o farmacêutico e de mercúrio, assim como representam as figuras 11 e 12.

Figura 11: termômetro de mercúrio



Fonte: próprio autor

Figura 12: Termômetro farmacêutico



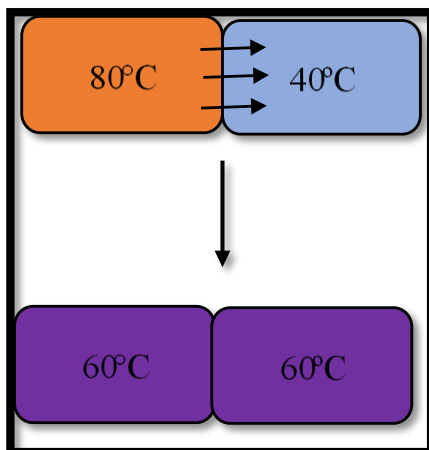
Fonte: próprio autor

Após o pesquisador ter falado desses outros tipos de termômetros, abordou sobre uma das razões de seu funcionamento, o equilíbrio térmico.

Equilíbrio Térmico

Macroscopicamente, dois corpos estarão em equilíbrio térmico, de acordo com Young e Freedman (2016, p. 200), “se e somente se, eles possuírem a mesma temperatura”. A figura 13 exemplifica a definição.

Figura 13 - Equilíbrio térmico entre dois corpos.



Fonte: próprio autor.

A temperatura de qualquer corpo pode ser medida com um aparelho, denominado termômetro. Existem vários tipos desses, porém, o funcionamento dos mesmos é basicamente o mesmo. Desta forma, para medir a temperatura de um corpo é necessário colocar o termômetro em contato com esse corpo. Um exemplo é descrito por Young e Freedman (2016, p. 199):

Se você deseja saber a temperatura de uma xícara com café quente, coloca o bulbo do termômetro no café; quando ele interage com o líquido, o termômetro se aquece e o café esfria ligeiramente. Quando o estado estacionário é atingido, você pode ler a temperatura. Dizemos que o sistema atingiu o *equilíbrio*, um estado em que a interação entre o termômetro e o café faz com que não exista mais nenhuma variação de temperatura no sistema. Chamamos esse estado de **equilíbrio térmico**. Young e Freedman (2016, p. 199).

SENSAÇÃO TÉRMICA

Também chamada de temperatura aparente, a sensação térmica é um termo utilizado para designar como os sentidos do nosso corpo percebem a temperatura do ambiente, o que pode quase sempre diferir da temperatura real, a sensação térmica é uma percepção individual. Há uma série de variáveis que podem influenciar na sensação da temperatura de um objeto, como as condições climáticas e o material que é feito. A pele, que é o maior órgão do corpo humano, está ligada a uma série de terminações nervosas que tornam possível o nosso sentido do tato. Entre as percepções que ela transmite, estão as chamadas sensações térmicas, que basicamente é o fato de sentir frio ou calor.

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A sensação subjetiva de temperatura não nos fornece um método confiável de aferição. Assim, se num dia frio, ao tocarmos num objeto metálico, temos a sensação de que está a temperatura mais baixa do que um objeto de madeira, embora ambos se encontrem a mesma temperatura, a razão é que, por condução, o objeto metálico remove mais rapidamente calor da ponta dos nossos dedos. A transferência de calor ocorre por três processos, sendo: *convecção, radiação e condução*. Neste trabalho abordaremos somente o processo de transferência por condução. Desta forma, condução de calor é definida por Nussenzweig (2002), como:

O tipo de transferência que só pode ocorrer através de um meio material, mas ao contrário da convecção, sem que haja movimento do próprio meio; ocorre tanto em fluídos como em sólidos, sob o efeito da diferença de temperatura. Assim, quando colocamos sobre uma chama a panela com água, o calor transmite da chama à água através da parede metálica da panela, por condução. (Nussenzweig, 2002, p. 171)

Diferentes materiais armazenam e conduzem o calor de modos distintos. Assim, a condutividade térmica é definida por Çengel e Ghajar (2012, p. 19) como “a medida da capacidade do material conduzir o calor. Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou *isolante*”. A tabela 2 mostra as condutividades térmicas e calor específico de alguns materiais comuns em temperaturas ambientes.

Os metais que, conduzem bem a eletricidade, também são bons condutores de calor que não é coincidência, pois, como menciona Nussenzveig, (2002, p. 171), “segundo a lei de Wiedemann e Franz, a condutividade térmica de um metal é proporcional a sua condutividade elétrica”.

Tabela 2: condutividade térmica e calor específico de alguns materiais.

Material	Calor específico Cal/g.°C	Condutividade (W/m. K)
Diamante	0,119	2300
Prata	0,056	429
Cobre	0,091	401
Ouro	0,032	317
Alumínio	0,22	237
Ferro	0,11	80,2
Vidro	0,16	0,78
Tijolo	0,22	0,72
Pele humana	0,84	0,37
Madeira	0,42	0,17
Borracha macia	0,48	0,13

Fonte: adaptado de Çengel e Ghajar (2012, p. 20).

2.5 3ª EXPERIÊNCIA: CALOR X TEMPERATURA

OBJETIVOS:

- Essa experiência terá como escopo demonstrar a diferenciação entre temperatura e calor.
- Demonstrar a relação entre temperatura, calor e massa.
- Calcular matematicamente a quantidade de calor cedida pela vela a latinha através da equação fundamental da calorimetria.

PROBLEMA SUGERIDO:

Qual a relação entre calor, temperatura e massa entre duas latinhas que são colocadas sobre a mesma intensidade de fogo? O que ocorre quando as latinhas possuírem massas diferentes? E com massas de água iguais?

A PARTIR DESSA INDAGAÇÃO, ACREDITA-SE QUE SEJAM FORMULADAS PELOS DISCENTES AS SEGUINTE HIPÓTESES.

- A temperatura da água nas latinhas será sempre a mesma.
- A latinha com maior massa de água aquecerá mais rápido.
- A latinha com menor massa de água aquecerá mais rápido.
- As latinhas não recebem calor.
- As latinhas recebem quantidades de calor diferentes, por isso a lata com menos massa de água aquece mais rápido.
- O fogo transferido para latinha é calor porque é quente.
- Se forem quantidades de água iguais o tempo de aquecimento para estarem a mesma temperatura será o mesmo.
- A água que estiver mais quente possui mais calor.
- A água que estiver menos quente é porque apresenta menor temperatura.

ETAPAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA:

A partir das hipóteses levantadas pelos alunos, o próximo passo é a execução do experimento, a fim que o problema proposto seja resolvido, e chegar a conclusões corretas.

EXPERIMENTO PROPOSTO

Na realização do experimento sugere-se o professor organize a turma em grupos. A ideia do experimento é observar que para se elevar a temperatura de um objeto até um certo valor é preciso de uma certa quantidade de calor, mas se o objeto tiver o dobro de massa, precisará do dobro da quantidade de calor para atingir a mesma temperatura. O experimento consiste em colocar para aquecer simultaneamente duas latinhas de refrigerante com água à mesma intensidade de fogo, sendo que no primeiro experimento as latinhas possuem a mesma massa de água, enquanto no segundo experimento uma latinha possui o dobro da água da outra e o fogo que está aquecendo as duas latinhas tem a mesma intensidade. O procedimento experimental é descrito.

Atenção, professor: como a prática envolve fogo através das velas, pedimos que tome os devidos cuidados com os alunos no manuseio da prática, o docente indicará que os estudantes realizem os passos a seguir, e se possível, está sempre atenta na realização dos procedimentos.

Procedimentos experimentais:

✓ **Quantidades de massas de água iguais**

- No primeiro momento meça 100 ml de água e coloque em cada uma das duas latinhas;
- Acendam as duas velas simultaneamente e marque no cronômetro dois minutos (120 segundos) para inserção dos termômetros a fim de medir a temperatura final da água dentro das latinhas, peça que os alunos anotem os valores na tabela 3.

Tabela 3: dados das temperaturas.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	$T_{inicial}$ (°C)	T_{final} (°C)
1	100	120		
2	100	120		

Fonte: próprio autor.

✓ **Quantidades de água diferentes**

- Em seguida, foi derrame a água, e com o copo milimetrado meça quantidades de águas distintas, respectivamente 100 ml e 200 ml.
- Novamente acenda as duas velas e após dois minutos insira os termômetros para medir as temperaturas, os valores observados pelos estudantes devem ser anotados e comparados com a primeira prática. Os valores podem ser anotados na tabela 4.

Tabela 4: dados para medições de 100 e 200 ml.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	$T_{inicial}$ (°C)	T_{final} (°C)
1	100	120		
2	200	120		

Fonte: próprio autor.

A partir dos dados objetiva-se que os alunos percebam que nos dois casos a intensidade do fogo era a mesma, ou seja, o calor fornecido foi o mesmo, porém as temperaturas mostraram-se diferentes, provando que calor e temperatura, são diferentes, pois com massas iguais e o mesmo tempo da vela acessa fornecendo calor as latinhas, obtiveram valores da temperatura finais iguais, enquanto, com massas diferentes a temperatura final marcada nos termômetros foram diferentes, e para as massas diferentes, a quantidade de calor fornecido era a mesma, enfatiza-se que as temperaturas iniciais da água em ambos processos das latinhas eram a mesma.

Seguindo com a experiência, indique aos educandos a realizarem a outra parte da experiência, que é calcular a quantidade de calor absorvida pela água. Para tanto, segue os seguintes procedimentos.

Finalizada a atividade se sugere que o professor ou o grupo escolha um aluno para mostrar seus resultados. Para fechamento da aula e de toda sequência se sugere que o docente faça a retomada de todo o conteúdo.

2.6 Quinto encontro: aula expositiva dialogada

Com uma duração de 60 minutos, ou de 1 hora/aula, essa aula será de cunho expositiva dialogada, a referida aula terá como objetivo introduzir o conceito de calor e calor específico e consequentemente apresentar a equação fundamental da calorimetria. Trabalhar com o conceito de *calor* é extremamente importante, especialmente porque utilizamos no cotidiano a ideia de calor segundo o senso comum. É indicado que o professor junto com os discentes relembre da prática realizada na aula anterior.

CALOR

Na definição mais simples o calor é a energia térmica em trânsito de um corpo para outro devido a diferença de temperatura existente entre eles, que pode ser relacionado por:

$$Q \sim \Delta T \quad (3)$$

Na qual $\Delta T = T_f - T_i$, para ter a equação do calor teremos que levar em conta a quantidade de calor que é necessário fornecer ou retirar do corpo, o chamado calor específico (c), a massa do corpo (m) e a variação de temperatura $\Delta T = T_f - T_i$, então a relação mais precisa pode ser expressa por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (4)$$

A equação anterior também é conhecida como, equação fundamental da calorimetria. A unidade de calor é o Joule (J), mas uma unidade definida antigamente ainda prevalece é a caloria (cal). Uma caloria (cal) é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma grama de água, para elevar sua temperatura de 1°C.

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Na tabela 2 temos o calor específico de diferentes materiais. A transferência de calor ocorre por três processos, sendo: *convecção, radiação e condução*. Esses assuntos podem ser abordados com detalhe para um entendimento melhor.

Capacidade Térmica

Se determinado corpo recebe energia térmica, ocorrerá um aumento de sua energia interna, resultando uma elevação de sua temperatura. Assim, entre a quantidade de energia térmica doada a um corpo, a energia absorvida por este corpo se traduz em uma variação de temperatura.

Desta forma, se m gramas de uma substância c , a quantidade de calor dQ necessária para elevar sua temperatura dT é:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Onde:

$$c = \frac{C}{m}$$

CALOR ESPECÍFICO

O **calor específico** (c) é uma grandeza usada para caracterizar a diferença entre as substâncias para ganhar (ou perder) energia na forma de calor. Por exemplo, a quantidade de energia necessária para elevar em 1°C a massa de 1 grama de água (no estado líquido) é de 1 caloria. Então, o calor específico da água é de 1 caloria por grama por graus Celsius, que se escreve: $1 \text{ cal/g.}^\circ\text{C}$

Já tendo estudado calor e calor específico, já é possível calcular a quantidade de calor absorvida ou cedida por um corpo de massa m quando sua temperatura varia.

Portanto, a quantidade de calor (Q) é diretamente proporcional à massa de corpo com massa (m), à variação de temperatura ($T_f - T_i$) e ao calor específico (c) do corpo envolvido. Desta forma, obtenha-se a seguinte expressão, conhecida como equação fundamental da Calorimetria, sendo:

$$Q = mc\Delta T$$

Q - Quantidade de calor;

m – Massa;

ΔT - Variação da temperatura ($T_f - T_i$);

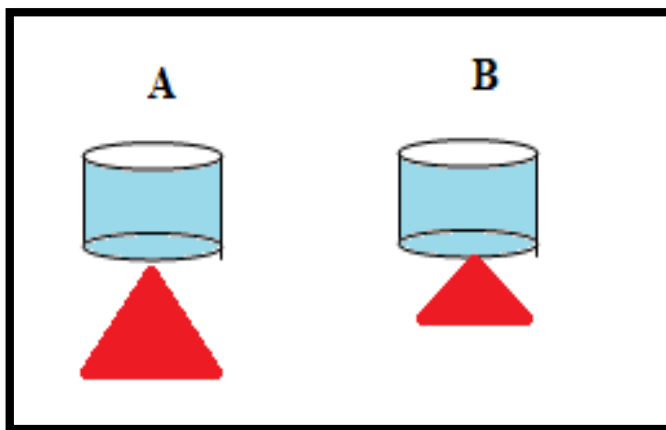
c - Calor específico;

$c_{\text{água}}$ = Calor específico da água: $1 \text{ cal /g.}^\circ\text{C}$

Em seguida foram abordadas as situações que foram executadas na prática experimental, assim representadas na figura 14:

1) Imagine duas panelas idênticas contendo a mesma quantidade de água, são colocadas ao mesmo tempo em bocas de fogão distintas uma com a indicação “alta” e a outra com a indicação “baixa”. Você acredita que haverá diferença nas temperaturas?

Figura 14: Panelas com massas de água iguais

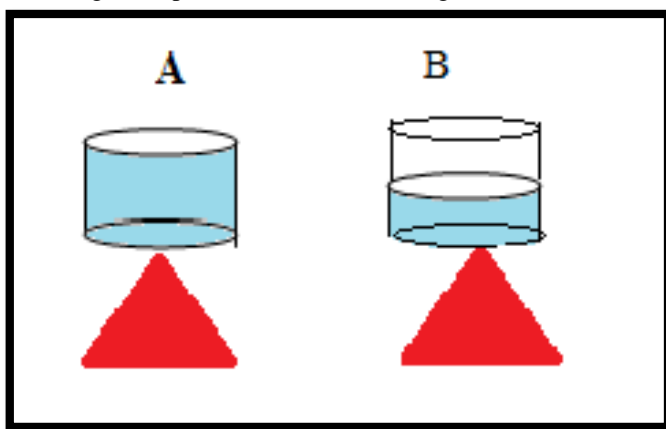


Fonte o próprio autor

$$m_A = m_B; Q_A > Q_B$$

- Agora imagine duas panelas idênticas, uma contendo 1 litro de água e a outra com 0,5 litros (figura 15), são colocadas em bocas de fogão idênticas.

Figura 1: panelas com massas de água diferentes



Fonte o próprio autor

$$m_A > m_B; Q_A = Q_B$$

- Você acredita que uma delas irá ferver primeiro que a outra?

No decorrer das experiências podem ser expostas as diferenças entre calor recebido e calor cedido, além de exemplos resolvidos utilizando a equação fundamental da calorimetria.

Por meio da equação do calor é possível calcular a quantidade de calor cedido pelas velas através dos dados obtidos na aula experimental.

2.7 Fluxo de calor em estruturas metálicas

Uma atividade interessante de realizar é uma experiência para determinar o fluxo de calor através de uma estrutura cilíndrica e outra plana. Como foram usadas latinhas de refrigerante com geometria cilíndrica e blocos retangulares na realização dos experimentos de calor experimentamos essa realidade para calcular o **fluxo de calor nessas estruturas**.

EXPERIÊNCIA 1:

FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA CILÍNDRICA OCA

OBJETIVOS: Determinar o fluxo de calor por condução em estruturas metálicas.

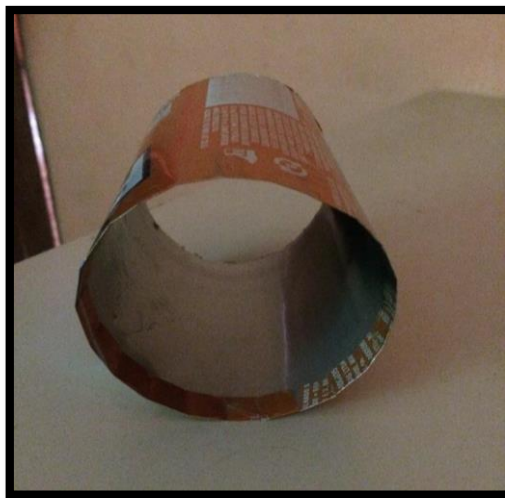
Materiais

- Latinha de refrigerante;
- 2 termômetros;
- Isqueiro;
- Estilete ou tesoura;
- Cronômetro;
- Régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente com um estilete ou tesoura, é necessário cortar a parte superior e inferior da latinha (figura 16) em seguida cortar a vela em pedaços menores afim que fique dentro da latinha.

Figura 16: corte superior e inferior da latinha.



Fonte: próprio autor.

Primeiramente, medir os raios internos e externos das latinhas e anotar os valores na tabela 5, os valores dos raios internos e externos das latinhas, as temperaturas iniciais e finais, e o comprimento da latinha.

Tabela 5. Valores obtidos no experimento com a latinha cilíndrica do raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5						
2º 8						
3º 15						

Fonte: próprio autor.

Colocar a vela dentro da latinha e acender ela, aproximar o termômetro no interior da latinha e anotar a temperatura inicial (manter o termômetro ligado sobre a latinha durante todo processo) ligar o cronômetro e marcar o tempo desejado (sugestões $t_1 = 5s$, $t_2 = 8s$ e $t_3 = 15s$) com o término do tempo, observar o valor da temperatura inicial e anotar na tabela.

Com os dados obtidos, calcular o fluxo de calor para três tempos diferentes de aquecimento através da equação:

$$\phi = k \cdot 2 \pi H \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)}$$

Onde:

ϕ = fluxo de calor (Watts=W);

K= Condutividade térmica (W/m.K);

H = comprimento (m);

r_1 e r_2 são os raios interno e externo da latinha;

Ln: é o logaritmo natural;

T_1 e T_2 : são as temperaturas inicial e final.

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA GEOMETRIA CILÍNDRICA

Neste tipo de atividade como exemplo foram usados dois materiais com diferentes condutividades térmicas, sendo eles o alumínio e o bronze.

A) Determinação do fluxo de calor para uma estrutura metálica cilíndrica de alumínio

Objetivo: determinar o fluxo de calor numa estrutura cilíndrica oca de alumínio

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- Latinha de refrigerante;
- 2 termômetros;
- Isqueiro;
- Estilete ou tesoura;
- Cronômetro;
- Régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No primeiro momento realizou-se as medidas da latinha que é feita de alumínio, como a medida dos raios externos e internos da latinha, a altura e a temperatura inicial, anotamos os valores e então, colocamos a vela dentro da latinha, como pode ser visto na (figura 17).

Figura 17: montagem experimental usando latinha oca.



Fonte: próprio autor.

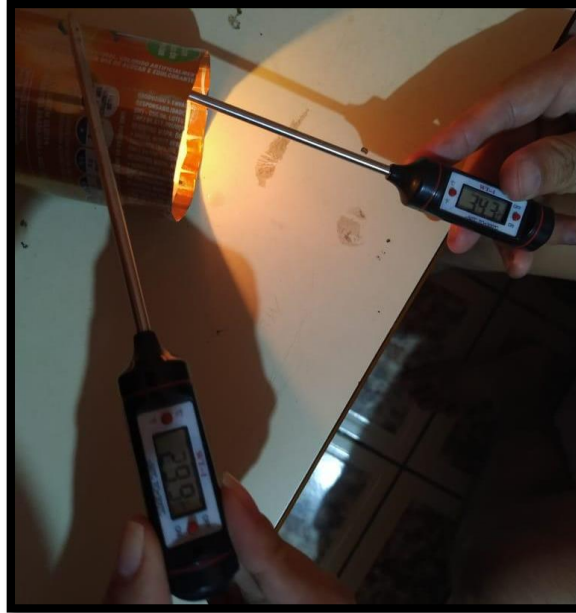
Em seguida acendemos a vela por um tempo de 5 segundos, esse foi o tempo que a vela ficou acesa dentro da latinha, e após esse tempo anotamos o valor expresso no termômetro da temperatura final. Os respectivos valores são mostrados na tabela 6.

Tabela 6. Dados obtidos no experimento com a latinha cilíndrica do raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5	0,032	0,0325	0,084	307,3	302,9	

A figura 18 mostra a forma da realização experimental para medir a temperatura externa e interna da latinha usando dois termômetros durante 5 segundos. As temperaturas indicaram os valores $T_1 = 34,3^\circ\text{C}$ e $T_2 = 29,3^\circ\text{C}$.

Figura 18: medição da temperatura interna e externa.



Fonte: próprio autor.

Realizado o experimento e com a obtenção dos dados, o próximo passo é calcular o fluxo de calor (ϕ) com a equação:

$$\phi = k \cdot 2 \pi H \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)}$$

Aplicamos a equação mostrada anteriormente

$$\phi = 237.2 \pi (0,084m) \cdot \frac{(307,3 - 302,9)}{\ln(0,0325m/0,032m)}$$

Portanto, o fluxo de calor da parte interna para a parte externa do cilindro é:

$$\phi = 17.764,3 \text{ W}$$

B) Determinação do fluxo de calor para uma estrutura metálica cilíndrica de bronze

O procedimento experimental neste caso foi o mesmo do primeiro experimento, usamos uma estrutura de tubulação de água no formato de cilindro oco de bronze, como pode visualizado na figura 19. Neste caso foi escolhido apenas as temperaturas atingidas no interior (43°C) e o exterior do cilindro (37°C). Alguns dados experimentais são exibidos na tabela 5.

Figura 19: tubulação oca de bronze para cálculo do fluxo de calor.



Assim, obtivemos os seguintes dados:

Tabela 7. Valores obtidos no experimento com a latinha cilíndrica de bronze de raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5	0,0095	0,03	0,014	316	310	

Fonte: próprio autor

A altura do cilindro $H = 3\text{cm} = 0,03\text{ m}$, raio interno ($r_1 = 0,95\text{ cm} = 0,0095\text{ m}$), raio externo ($r_2 = 1,4\text{ cm} = 0,014\text{ m}$).

Quando submetida ao calor de uma vela a temperatura interna foi de $T_1 = 43^\circ\text{C} = 316\text{K}$ e a temperatura externa $T_2 = 37^\circ\text{C} = 310\text{ K}$. Aplicando a equação do fluxo de calor em uma estrutura cilíndrica oca,

$$\phi = k \cdot 2 \pi H \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)}$$

A condutividade térmica para o bronze comercial é $k = 52\text{ W/m.K}$.

$$\phi = 52 \cdot 2 \pi \cdot (0,03\text{m}) \cdot \frac{(316 - 310)\text{K}}{\ln(0,014\text{m}/0,0095\text{m})}$$

Então o fluxo de calor da parte interna para a parte externa do cilindro é:

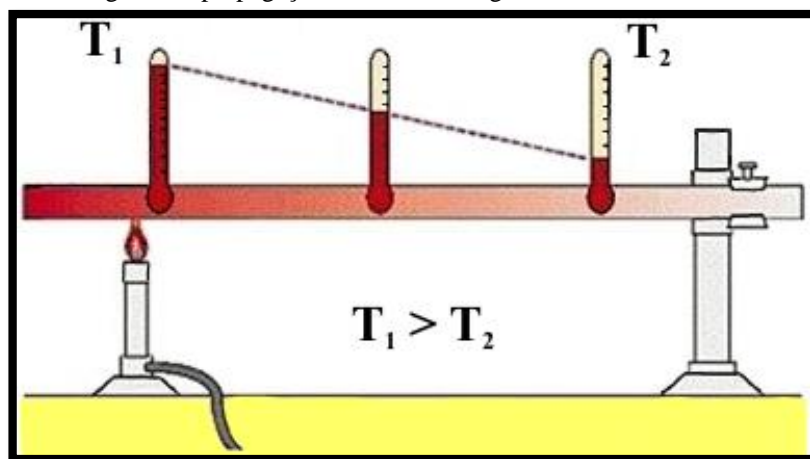
$$\phi = 151,7\text{ W}$$

EXPERIÊNCIA 2:

FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA METALICA TIPO BARRA

Quando uma barra metálica de ferro é aquecida a uma temperatura (T_1) a energia térmica na forma de calor (Q) se propaga ao longo da barra. Se colocamos três termômetros em série ao longo da barra observamos uma diminuição da altura do líquido de mercúrio o que significa que a temperatura diminui com a distância até atingir uma temperatura menor T_2 observado no terceiro termômetro (figura 20). Isto indica que a temperatura ao longo da barra diminui com a distância.

Figura 20: propagação do calor ao longo de uma barra metálica



Fonte: de divulgação

A partir dessa observação foram realizados dois experimentos com materiais metálicos de diferentes espessuras afim de observar a propagação de calor por condução na barra.

O fluxo de calor que atravessa esse bloco é dado por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

Onde k é a condutividade térmica do material e $\Delta T/\Delta x$ é a variação da temperatura por unidade de comprimento L . A unidade da condutividade é dada por $k = \frac{J/S}{m.K} = \frac{W}{m.K}$

OBJETIVOS:

Observar a propagação de calor numa barra de ferro; medir com termômetros a temperatura em distintos pontos da barra; determinar o calor absorvido pelas barras e a propagação do calor através das barras.

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- 3 termômetros;
- 1 vela;
- 1 isqueiro;
- 1 cronômetro;
- 1 barra de ferro (comprimento = 22 cm, diâmetro = 0,4 cm e massa = 27,5g);
- 1 barra de ferro (comprimento = 25 cm, diâmetro = 0,8 cm e massa= 87,5g);
- 1 alicate (suporte para segurar as barras de ferro).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Medir as espessuras (diâmetro) das barras de ferro, e marque na barra três medidas com distâncias iguais, onde serão posicionados os termômetros. Com um alicate dependendo da espessura da barra, fixe a barra em uma posição retilínea. Em seguida, acenda a vela, posicione a barra sobre a vela acesa (Fig. 6), peça ajuda a um ou dois colegas para posicionar o termômetro sobre os pontos marcados na barra. Com o auxílio de um cronômetro marque o tempo desejado para o experimento (sugestões $t_1 = 25s$; $t_2 = 40s$ e $t_3 = 60s$).

Ao término da prática, fazer as seguintes indagações.

1. De acordo com o tempo no termômetro qual o valor da temperatura no termômetro 1?
2. Qual o valor da temperatura no termômetro 2?
3. Qual o valor da temperatura no termômetro 3?
4. Em algum momento do experimento temperaturas foram equivalente entre os termômetros?
5. Calcular o fluxo de calor para os tempos adotados.

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA METALICA

O experimento anterior sobre condução de calor em barra de ferro, foi realizado afim de testá-lo e observar a ocorrência do fenômeno, sendo executado com barras de ferros com diâmetros diferentes.

A) determinação do fluxo de calor para uma barra de ferro com diâmetro igual a 0,4 cm.

Objetivos:

- Observar a propagação de calor na barra;
- Medir com termômetros a temperatura em distintos pontos da barra;

Materiais

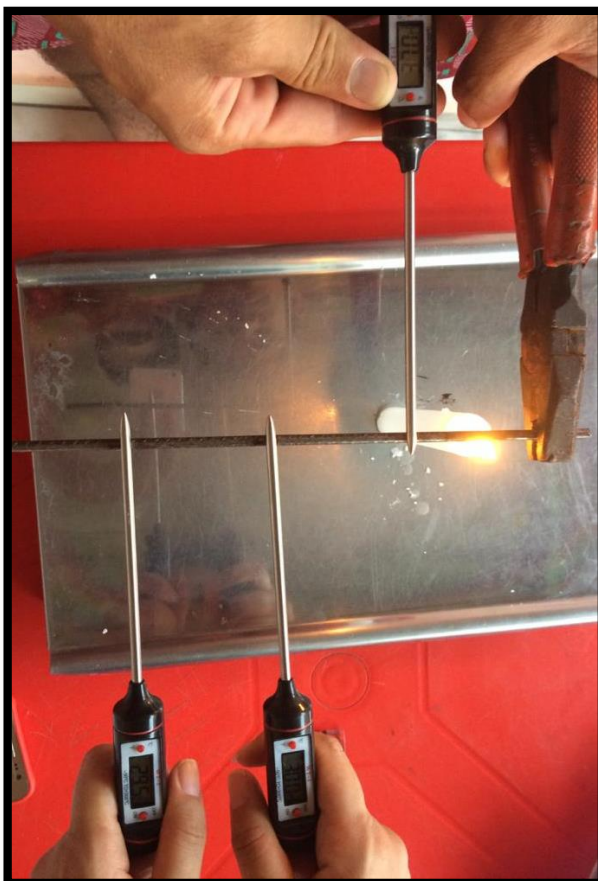
Os materiais necessários no experimento foram:

- 3 termômetros;
- 1 vela;
- 1 isqueiro;
- 1 cronômetro;
- 1 barra de ferro (comprimento = 22 cm, diâmetro = 0,4 cm e massa = 27,5 g);
- 1 alicate (suporte para segurar as barras de ferro).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente medimos o comprimento da barra com desígnio de dividir em distâncias iguais os termômetros, desta forma, a separação entre os três termômetros foi de 5,5 cm. Após a medição acendemos a vela e posicionamos a barra de ferro sobre ela e marcamos nos termômetros dois tempos, sendo iguais a 30 segundos e 40 segundos. A figura 21 mostra a realização da atividade.

Figura 21: Realização da segunda atividade prática.



Fonte: próprio autor.

Na tabela 8 mostramos os valores obtidos para as temperaturas nas posições dos três termômetros para o tempo de 30s e 40s.

Tabela 8: valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	L(m)
Tempo 1 (30s)	37	30	29,5	0,25
Tempo 2 (40s)	45,5	32,7	29,9	0,25

Fonte: próprio autor.

O calor fornecido à barra de ferro pela vela para o primeiro caso do tempo 1 pode ser calculado com a expressão:

$$Q = mc\Delta T$$

Onde $m = 28 \text{ g} = 0,028 \text{ Kg}$; $c = 0,11 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e $\Delta T = T_1 - T_3 = (37 - 29,5) ^\circ\text{C} = 7,5 ^\circ\text{C}$.

Então

$$Q = mc\Delta T = 28g \cdot 0,11\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 7,5 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 23,1\text{cal}$$

Como $1\text{cal} = 4,186 \text{ J}$, então o calor fornecido à barra de ferro em Joules será

$$Q = 96,7 \text{ J}$$

A taxa do fluxo de calor por unidade de tempo na barra de ferro é dada por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{96,7\text{J}}{30\text{s}} = 3,27\text{W}$$

Questão 1.

No outro caso calcular o calor fornecido pela vela para um tempo de 40s e a taxa do fluxo de calor na barra de ferro de espessura de 0,4 cm. (Esta questão o docente pode solicitar que os alunos façam).

B) determinação do fluxo de calor para uma barra de ferro com diâmetro igual a 0,8 cm.

Para execução desta prática, a diferença está na espessura do diâmetro do ferro, neste experimento adotamos um ferro com diâmetro igual a 0,8 cm e massa de 87,5g. Usamos os mesmos passos da atividade anterior, assim no primeiro momento adotamos tempos, iguais a 30 e 40 segundos.

Na Tabela 9 mostramos os valores obtidos para as temperaturas nas posições dos três termômetros para o tempo de 30s e 40s.

Tabela 9: valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3), L é a largura da barra.

Temperaturas	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	L (m)
Tempo 1 (30s)	34,5	29,7	29,2	0,25
Tempo 2 (40s)	38,3	30,8	29,9	0,25

Questão 2.

No caso da barra de massa de 87,5g e com espessura de 0,8 cm calcular o calor fornecido pela vela para os dois tempos de 30 e 40s e a taxa do fluxo de calor na barra de ferro. (Questão sugestiva que o professor pode passar aos alunos).

EXPERIÊNCIA 3:

FLUXO DE CALOR EM UMA PLACA RETANGULAR.

Objetivo: Calcular o fluxo de calor que flui pela placa metálica.

Teoria

Quando o calor se propaga através de uma estrutura metálica então haverá um fluxo de calor $\Delta Q/\Delta t$, em que o calor flui do lado de maior temperatura para o lado de menor temperatura. No caso estacionário na qual não depende do tempo esse fluxo é a taxa com que o calor flui através da placa de espessura L e de área A (em J/s ou W), do lado de maior temperatura (T_1) para o de menor temperatura (T_2). O fluxo de calor que atravessa esse bloco é dado por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

onde k é a condutividade térmica do material e $\Delta T/\Delta x$ é a variação da temperatura por unidade de comprimento $\Delta x = L$. A unidade da condutividade é dada por $k = \frac{J/S}{m.K} = \frac{W}{m.K}$

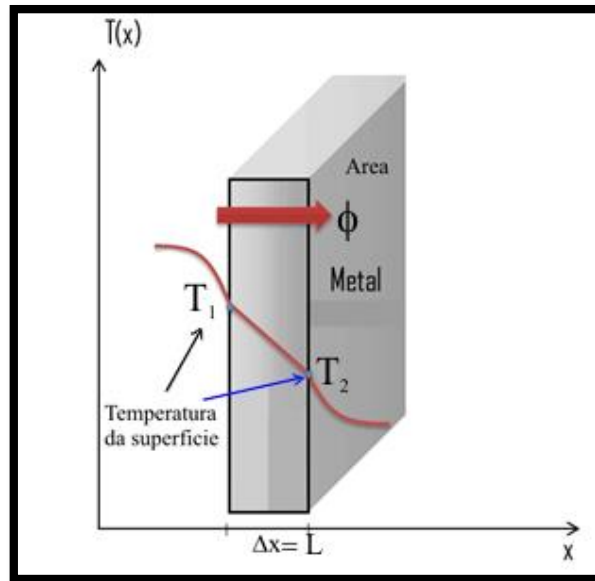
O fluxo acostuma ser escrito como ϕ , então:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

Diferentes materiais armazenam e conduzem o calor de modo distintos. Assim, a condutividade térmica de um material, é definida por Çengel e Ghajar (2012, p. 19) como “a taxa de transferência de calor por meio de uma unidade de comprimento de um material por unidade de área por unidade de diferença de temperatura”. Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou *isolante*”.

A propagação de calor por condução numa placa metálica de área (A) e espessura $\Delta x = L$ é representada na figura 22. Pode ser observada o fluxo de calor (seta vermelha) da área de maior temperatura (T_1) para a área de menor temperatura (T_2).

Figura 22: propagação de calor por condução em um metal de área (A) e espessura $\Delta x=L$.



Fonte: divulgação

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- Placa metálica;
- 1 isqueiro;
- 1 vela
- 2 termômetros;
- 1 cronômetro;
- Régua.

Vale ressaltar que o docente pode executar o referido experimento utilizando diferentes tipos de placa, tais como alumínio, ferro ou até mesmo cobre.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Medir as dimensões (largura x comprimento) da placa e depois acender a vela, para posicionar a placa sobre a vela. Nesse momento, serão posicionados os termômetros sobre a placa, um interno (por baixo) e o outro externo (por cima), o próximo passo é ligar o cronômetro, marcar o tempo desejado (sugere-se tempos de 30s, 60s e 90s), será anotado o valor da temperatura interna e externa sem retirar o termômetro da placa, pois será anotado novamente para os tempos posteriores.

Na Tabela 10 anotar os valores das temperaturas nos lados da placa metálica T_1 , T_2 e o comprimento (L). Calcular a área do bloco metálico

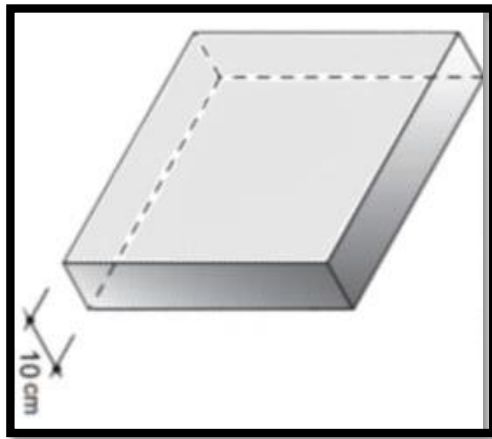


Tabela 10: Valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	L(m)
Tempo 1 (30s)				
Tempo 2 (60s)				
Tempo 3 (90s)				

Fonte: próprio autor

Com o término da prática, responder as perguntas:

1. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 30s?
2. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 60s?
3. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 90s?

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA PLACA DE ALUMÍNIO RETANGULAR

Quando é aplicado calor por uma fonte (vela) sobre uma estrutura metálica o calor se propaga rapidamente através da placa devido a sua alta condutividade.

Objetivo

O experimento antecedente sobre fluxo de calor em uma placa metálica, foi executado com o intuito de: **calcular o fluxo de calor que flui pela placa metálica.**

Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Placa metálica (usamos de alumínio);
- 1 isqueiro;
- 1 vela

- 2 termômetros;
- 1 cronômetro;
- Régua.

Primeiramente medimos as dimensões da placa e a área da placa total anotados anotamos as medidas da placa utilizada, assim obtivemos as seguintes medidas (Tabela 11).

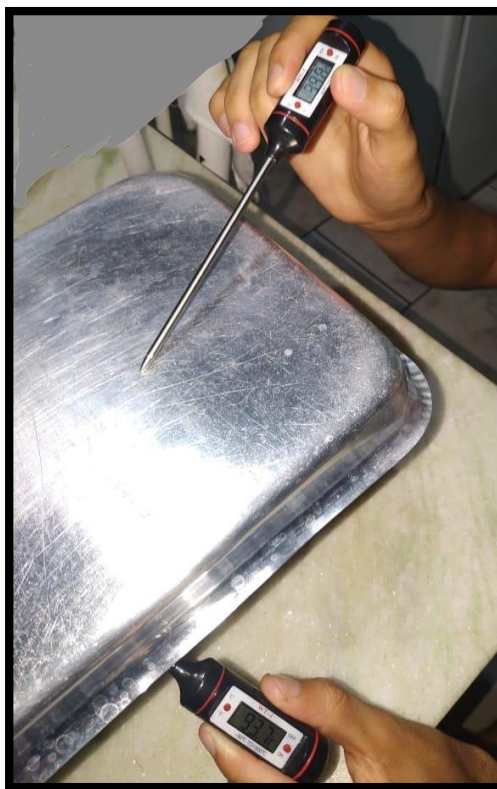
Tabela 11: Parâmetros das dimensões da placa metálica medidas da placa

Largura (m)	Comprimento (m)	Área da placa (m ²)	Espessura (m)
0,18 m	0,26 m	0,046	0,001

Fonte: próprio autor.

Em seguida foi posicionada a vela e para suporte da placa colocamos duas latas, ligamos os termômetros, acendemos a vela, posicionamos os termômetros na parte inferior e exterior da placa e marcamos um tempo de 30 e 50 segundos. A prática é mostrada na figura 23.

Figura 23: medição das temperaturas interna e externa da placa de alumínio.



Fonte: próprio autor.

Salientamos que o calor produzido pela vela é pontual e é nesse ponto que a intensidade do calor será maior que os outros pontos da placa metálica, como estamos interessados na propagação do calor de um lado da placa (parte de baixo) para o outro lado da placa (parte de cima) então esse experimento é válido.

Os valores obtidos do experimento são mostrados na tabela 12.

Tabela 12: Valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (°C)	T_2 (°C)	$\Delta T = (T_1 - T_2)$ °C
Tempo 1 (30s)	81,5	31,8	49,7
Tempo 2 (50s)	93,7	39,8	53,9

Fonte: próprio autor.

O fluxo de calor é a taxa de calor num intervalo de tempo que pode ser escrito como:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

A taxa de calor na placa de alumínio de calor específico $c = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ é dada por:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

A massa da placa de alumínio é igual a 110 gramas. Assim, a partir da equação fundamental da calorimetria, calcularemos a quantidade de calor fornecida à placa de alumínio pela vela para o primeiro caso com dado tempo de $t = 30\text{s}$, pode ser calculado com a seguinte expressão:

$$Q = mc\Delta T$$

Onde $m = 110 \text{ g} = 0,11 \text{ Kg}$, $c = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ e $\Delta T = T_1 - T_2 = (81,5 - 31,8) ^\circ\text{C} = 49,7 ^\circ\text{C}$.

Então

$$Q = mc\Delta T = 110\text{g} \cdot 0,22\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 49,7^\circ\text{C}$$

$$Q = 1202,7\text{cal}$$

Como $1\text{cal} = 4,186 \text{ J}$, então o calor fornecido à placa de alumínio em Joules será

$$Q = 5034,5 \text{ J}$$

A taxa do fluxo de calor por unidade de tempo na placa de alumínio é dada por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{5034,5\text{J}}{30\text{s}} = 167,8\text{W}$$

Questão 1. Se a placa for de cobre o fluxo de calor mudaria?

Questão 2. Considerando uma placa de ferro a propagação do calor seria maior ou menor que na placa de alumínio?

Questão 3. Se a fonte de calor fosse a energia do sol em qual das placas de alumínio, cobre ou ferro a propagação do calor seria maior?

ANEXO

1) É muito comum em nosso cotidiano nos depararmos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:

- equivalentes;
- distintas;
- não são equivalentes, porém estão ligadas;
- não sei responder

Justifique: _____

2) Considere as afirmações a seguir:

I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.

II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.

III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.

IV. Calor é uma forma de energia em trânsito

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

- a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
- c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
- e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteiras são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

- a) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
- b) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
- c) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
- d) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
- e) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.



A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

() Sim () Não

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.



Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20°C , um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

- a) () A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
- b) () A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
- c) () Ambas estão a mesma temperatura.
- d) () Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20°C até 68°C ? Calor específico da água = $1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. Transferência de calor e massa: uma abordagem prática, 4^a ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

Halliday, David, 1916-2010 Fundamentos de física, volume 2: **gravitação, ondas e termodinâmica** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor** (Volume 2). 4 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002. 314f.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física II, Sears e Zemansky: **termodinâmica e ondas**, 14. Ed. – são Paulo: Pearson Educação do Brasil, 2016.