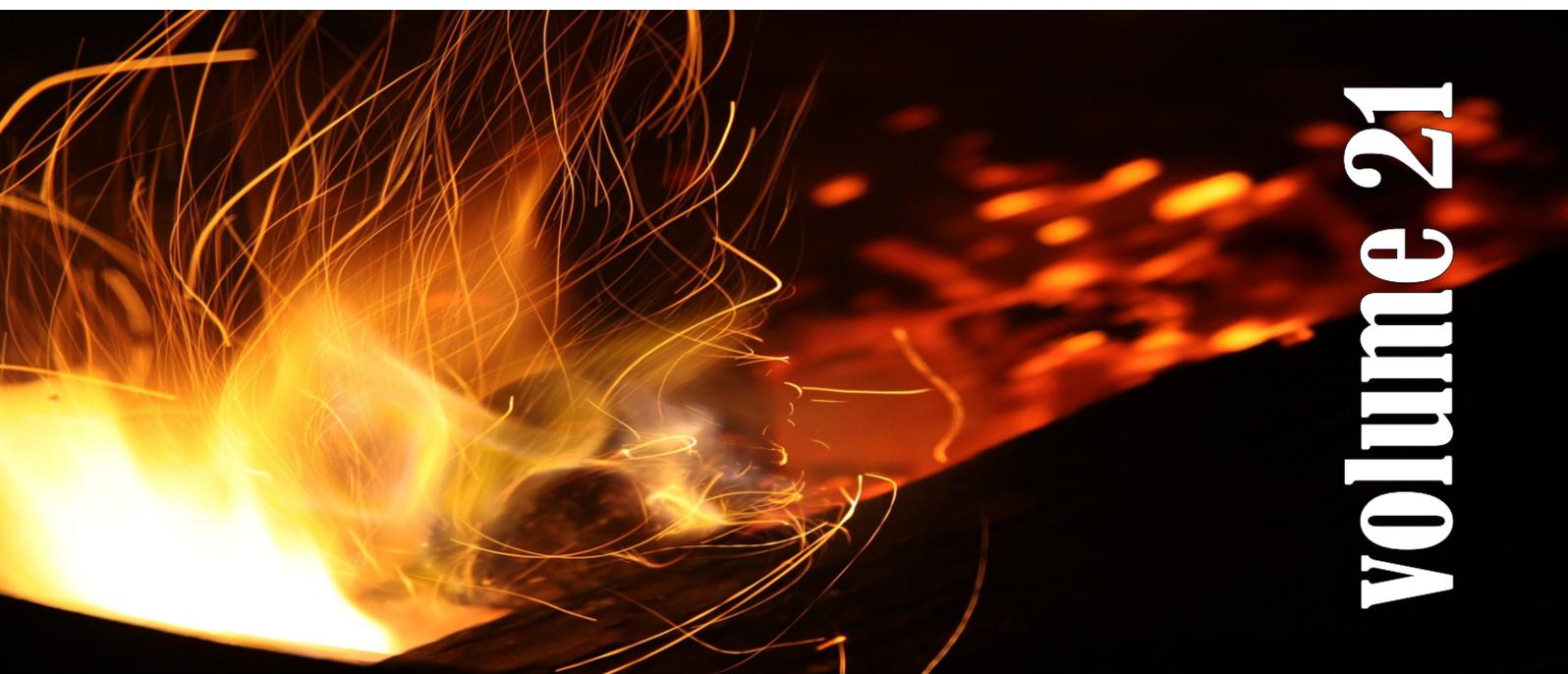


MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPGF
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Vitor Chaves de Andrade
André Maurício Brinatti
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva
(organizadores)

Cláudio Cordeiro Messias
Paulo César Facin



volume 21

**Uma Proposta de Aplicação do Ensino de
Termodinâmica no Ensino Fundamental I**

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 21

CLÁUDIO CORDEIRO MESSIAS

PAULO CÉSAR FACIN

Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
MATERIAL PEDAGÓGICO DO PROFESSOR	9
SENSAÇÃO TÉRMICA	9
EQUILÍBRIO TÉRMICO	10
TEMPERATURA	12
CALOR	15
Propagação de calor por condução	17
Propagação de calor por convecção	18
Propagação de calor por irradiação.....	19
TEORIA CINÉTICA DOS GASES	20
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS	40
MATERIAL DO EDUCANDO.....	46
ATIVIDADE AULA 1	46
TEMPERATURA	46
ATIVIDADE AULA 2	48
VARIAÇÃO DE TEMPERATURA.....	48
ATIVIDADE AULA 3	50
TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	50
ATIVIDADE AULA 4	52
TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	52
ATIVIDADE AULA 5	54
SIMULADOR MANUAL DO MOVIMENTO DE MOLÉCULAS.....	54
REFERÊNCIAS.....	56

INTRODUÇÃO

Os gases são substâncias fluídas com características e comportamentos bem particulares, seguindo esta linha de raciocínio podemos dizer que é necessário um estudo, com um olhar mais detalhado e, criterioso sobre estes compostos. Suas características físicas são bem variáveis, uma vez que dependendo da pressão exercida sobre esse composto, podemos obter uma expansão ou uma compressão volumétrica. Quando este gás é solto em um ambiente aberto ele irá se espalhar e preencher todo espaço vazio disponível, pois, um gás não possui forma definida como os corpos sólidos. Se o gás estiver confinado em um recipiente fechado, suas moléculas se movimentam de forma aleatória e desordenada, este estado está associado ao grau de energia cinética (*energia relacionada a certa velocidade*) da molécula em movimento.

Este confinamento associado a este movimento frenético de moléculas resulta em um grande número de colisões entre as moléculas com e principalmente das moléculas com as paredes do recipiente, exercendo certa quantidade de força de dentro para fora. Este fenômeno está diretamente ligado ao conceito de pressão, que será o nosso ponto de partida para estabelecer uma relação direta entre a transformação de energia e a temperatura interna do gás com auxílio de equações matemáticas. Para atingir nosso objetivo adotaremos um modelo hipotético para moléculas de gás sendo representado por uma esfera, desta forma iremos representar o movimento aleatório das moléculas, despertando a imaginação e possibilitando a compreensão deste fenômeno.

MATERIAL PEDAGÓGICO DO PROFESSOR

SENSAÇÃO TÉRMICA

Pelo tato temos o costume verificar a temperatura da água do banho de um bebê, pela sensação térmica podemos identificar podemos identificar, não com precisão, a temperatura da água. Da mesma forma, para identificar quando uma pessoa se encontra com febre utilizamos a mão para identificar esta irregularidade, claro que não sabemos exatamente quantos graus de temperatura a pessoa vai estar, porém temos a sensação térmica de quente e frio. *Podemos resumir a sensação térmica como um termo qualitativo do estado térmico instantâneo de um sistema.*

Como podemos concluir nossa noção de temperatura através do tato não é confiável, pois, se ocorrer à interação entre os sistemas durante um intervalo de tempo muito grande, pode existir sensações térmicas falsas. Como por exemplo, quando temos três recipientes, onde um terá uma mistura de água e gelo, outro terá uma quantidade de água aquecida e o terceiro com água da torneira a temperatura ambiente. Godofredo será nosso auxiliar e colocará sua mão direita na água gelada e sua mão esquerda na água aquecida e aguarda alguns minutos.

Neste momento se for perguntado a Godofredo qual dos recipientes com água está quente e qual dos recipientes está frio?

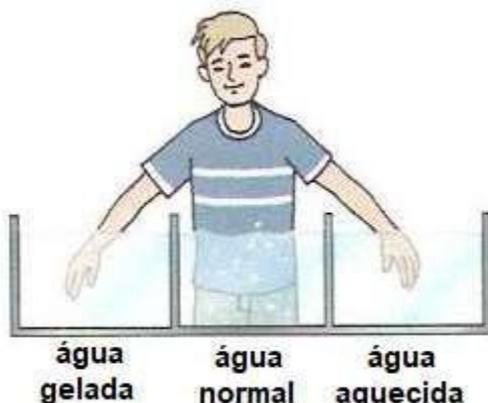
- Certamente Godofredo responderá que o recipiente onde está sua mão direita estará com água fria e a água do recipiente que estará sua mão esquerda vai estar quente.

Quando Godofredo retirar suas mãos dos dois recipientes e colocar ambas as mãos no recipiente, onde contém água a temperatura ambiente e perguntarmos para Godofredo o que ele está sentindo em suas mãos?

- Godofredo ficará intrigado, uma vez que as duas mãos estarão ao mesmo dentro do recipiente com o mesmo líquido, mas a sensação de ambas as mãos não será igual. Na sua mão direita, que antes estava mergulhada na água gelada, ele terá a sensação que a água que ele está agora estará quente e na sua mão

esquerda, que estava na água quente, terá a sensação de que a água estará fria. Esta experiência de Godofredo é representada pela figura abaixo.

Figura 1: Representação da sensação térmica pela pele



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

Fica comprovado que nosso tecido epitelial não pode servir como referência para determinarmos a temperatura de alguma substância. Se tivermos duas sensações, quente e frio, para uma mesma substância ao mesmo tempo em que colocamos as duas mãos em contato com esta substância não teremos como afirmar se tal substância está quente ou fria.

EQUILÍBRIO TÉRMICO

Quando se coloca uma bacia cheia de água quente sobre uma mesa, a temperatura do líquido dentro da bacia começa a diminuir à medida que o tempo passa. Este fato acontece devido a diferença de temperatura entre a água do interior da bacia e a temperatura do ambiente onde a bacia está depositada, em termodinâmica podemos dizer que tanto a água quanto o ambiente estão na mesma temperatura ou seja os dois sistemas estão em equilíbrio térmico.

Figura 2: Bacia com água sobre a mesa



Fonte: autor

Podemos dizer que o equilíbrio térmico acontece quando ambos os sistemas, no caso acima, a água da bacia e as moléculas de ar do ambiente, se encontram na mesma temperatura. Devido a este fato quando uma pessoa está, em um dia de inverno, em temperatura ambiente, que será muito baixa, obrigando o indivíduo a colocar uma roupa que servirá de isolante térmico, impedindo que seu corpo baixe a temperatura uma vez que o corpo tem temperatura constante em média de 36°C . Se o corpo ficar exposto a baixas temperaturas podem ocorrer congelamento nos dedos, orelha e nariz, causando lesões irreversíveis, por isto a necessidade de cobrir estes locais com isolantes térmicos.

Figura 3: Isolante térmico para impedir que a temperatura do corpo baixe



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

E quando uma pessoa está em uma região onde a temperatura facilmente atinge valores altíssimos, como é a região litorânea, obtendo uma grande amplitude térmica em um único dia. Em um dia de verão a temperatura ambiente será muito alta, em relação ao seu corpo, e seu corpo vai tentar em equilíbrio térmico com o ambiente. Como seu corpo tem uma temperatura média de 36°C e o ambiente com certeza terá uma temperatura maior, naturalmente seu corpo começa a expelir água, em forma de suor. O suor é um mecanismo do corpo humano que serve para equilibrar a temperatura do seu corpo impedindo que a temperatura corporal aumente, devido a absorção de calor. Quando o corpo humano sofre um aumento de temperatura acima de 40°C podem surgir vários danos ao organismo que são irreversíveis podendo causar até mesmo a morte da uma pessoa.

Figura 4: Suor atuando como isolante térmico para impedir que a temperatura do corpo aumente



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

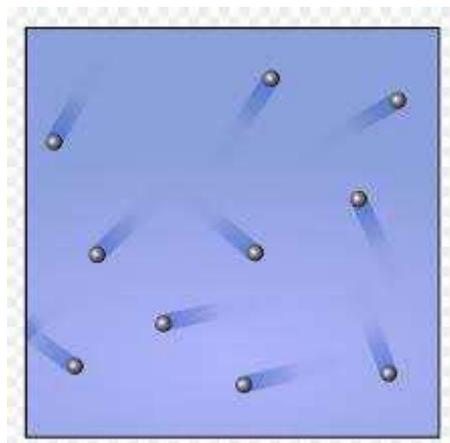
TEMPERATURA

Em nosso cotidiano é muito fácil de encontrar pessoas que insistem em medir a temperatura de corpos ou substâncias através das sensações de quente e frio. Como podemos perceber no item anterior não podemos utilizar o Tato para medir a temperatura de um corpo ou uma substância, necessitamos de um instrumento chamado termômetro para medir a

temperatura com precisão. O ambiente onde vivemos é conhecido como atmosfera, que é composta por diversos gases incluindo nitrogênio (N), carbono (C), oxigênio (O) e outros. Como estes componentes possuem dimensões microscópicas, sendo assim invisíveis ao olho nu, precisamos de um auxílio de equipamentos com lentes de aumento, para visualizar uma molécula de gás.

A temperatura do ambiente onde estamos inseridos pode ser relacionada com a agitação dessas pequenas moléculas que se movimentam de forma desordenada. Como temos bilhões de moléculas microscópicas com massas desiguais e se movimentando com velocidades diferentes podemos adotar uma velocidade média das moléculas, para desenvolver o conceito de temperatura. Esta relação será diretamente proporcional, ou seja, se aumentar a temperatura a agitação das moléculas também aumentará.

Figura 5: Modelo do comportamento das moléculas de gases existentes na atmosfera



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

A temperatura é uma grandeza física macroscópica que está associada ao grau de agitação média das moléculas que compõem um corpo ou formam um sistema. Se considerarmos as moléculas um gás, quanto maior a sua temperatura mais energia cinética terão essas moléculas.

Maior velocidade → Maior a temperatura

Menor a velocidade \longrightarrow Menor a temperatura

A temperatura costuma ser medida por um termômetro e indica o grau de intensidade do calor em um determinado local. Este instrumento é constituído por um bulbo de vidro que tem em seu interior um fluido que sofrerá uma expansão ou compressão no seu volume quando este fluido entra em equilíbrio térmico com o ambiente ou substância. O fluido no interior do bulbo pode ser álcool, mercúrio ou gás que sofre uma expansão volumétrica quando o termômetro é colocado em contato com um corpo de temperatura alta e compressão volumétrica quando colocado em contato com um corpo de menor temperatura. Existem termômetros específicos para determinadas aplicações cotidianas, em indústrias, hospitais, restaurantes, frigoríficos e residências. Dos líquidos escolheu-se o mercúrio porque sua dilatação é muito regular, pois muda a temperatura mais depressa que outras substâncias.

Figura 6: Termômetro comum em residências

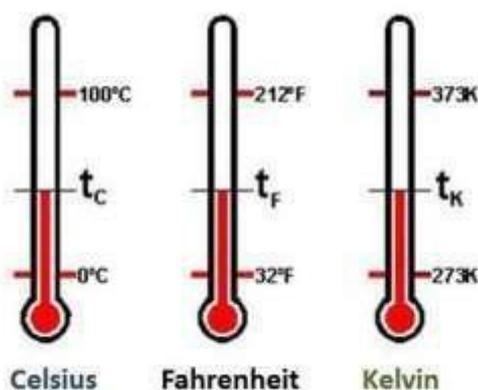


Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Term%C3%B4metro>

Para medir a temperatura temos várias escalas adotadas como a escala Celsius, utilizada no Brasil e em outros lugares do mundo, também existe a escala Fahrenheit utilizada nos Estados Unidos, porém, a unidade oficial de medida de temperatura é o Kelvin, que é conhecida como escala absoluta. As escalas termométricas são baseadas nos pontos fixo da água, que seria o ponto de solidificação e de vaporização, na escala Celsius

convencionou-se a marca de 0°C para o ponto de solidificação da água e 100°C para o ponto de vaporização da água. Na escala Fahrenheit os pontos fixos da água possuem a marcação de 32°F para o ponto de solidificação e de 212°F para o ponto de vaporização. Como sabemos nenhuma das escalas anteriores são consideradas escalas oficiais de temperatura, a escala Kelvin é a escala oficial e os pontos fixos da água são 273K para o ponto de solidificação e de 373K para a vaporização. Desta forma a relação entre as três escalas de medida de temperatura é:

Figura 7: Relação entre escalas

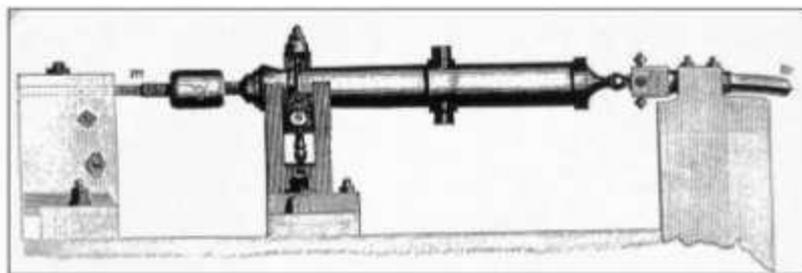


Fonte: <https://www.google.com.br/imgres?imgurl=https://static.todamateria.com.br>

CALOR

Ao longo da história, muitos cientistas procuraram entender e explicar o porquê de colocar os corpos em contato, e eles, após certo intervalo de tempo, atingirem a mesma temperatura. O engenheiro inglês Benjamim Thompson (Conde de Rumford - 1753-1814), contribuiu de forma significativa para decifrar este enigma, quando estava responsável pela fabricação de canhões na Alemanha. Thompson observou que a temperatura das brocas ao perfurarem os tubos dos canhões aumentava violentamente, ao ponto de as brocas utilizadas na perfuração ficarem com as pontas incandescentes, a constatação de Thompson levou-o a relacionar a variação de temperatura com a energia mecânica dissipada por atrito no momento da perfuração dos tubos.

Figura 8: Perfuração de tubos de canhão



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

Após a constatação de Thompson, vários cientistas tentaram realizar experimentos para provarem a relação entre calor e energia, mas a invenção mais significativa foi a de James Prescott Joule (1818-1889) que estabeleceu o conhecido equivalente mecânico do calor. Graças à contribuição de Joule, nos dias de hoje, esclarecemos os fenômenos térmicos baseados em um modelo conceitual definindo o calor como uma forma particular de energia e que esta energia não é uma propriedade do corpo. Após vários estudos chegou-se ao seguinte conceito:

“Calor é energia térmica em trânsito de um corpo para o outro devido a diferença de temperatura entre eles”.

Dois corpos com temperaturas diferentes, quando são colocados em contato em um sistema termicamente isolado o corpo com maior temperatura vai transferir parte de sua energia térmica para o corpo que está com temperatura menor, conseqüentemente aumentando a temperatura do corpo com temperatura menor.

Figura 9: Transferência de calor de um corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

A transferência de calor vai ser interrompida quando as temperaturas dos dois corpos estiverem iguais, quando isto acontecer, os dois corpos terão igualados seus níveis de agitação térmica, estabelecendo entre si o equilíbrio térmico. O sistema internacional (SI) estabelece a unidade de medida de calor como Joule (J), porém existe outra unidade aceitável pelo SI para o calor é a caloria (cal).

“Podemos dizer que uma caloria equivale a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1°C”.

A relação entre as unidades de calor Joule e Caloria é:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

O processo de transferência de calor de um corpo para o outro é conhecida como fluxo de calor e pode acontecer de maneiras diferentes dependendo o estado físico da matéria. Os processos de transferência de calor podem ser por condução, convecção ou irradiação, qualquer que seja a forma do processo de transferência terá sempre um padrão.

“Espontaneamente, o calor sempre se propaga de um corpo com maior temperatura para o corpo com menor temperatura”.

Propagação de calor por condução

Este processo se dá exclusivamente em substâncias que se encontram em estados sólidos, as moléculas que constituem o corpo são colocadas em contato com uma fonte térmica e está agitação é transferida de molécula para molécula, até que todo corpo fique aquecido.

Figura 10: Transferência de calor por condução



Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

Neste caso ocorre a transferência de energia sem o transporte de matéria, uma vez que nos corpos sólidos, as moléculas possuem grande dificuldade de trocar de lugar. Este é mais eficiente em metais, por serem ótimos condutores de calor, devido a este fato que as panelas utilizadas em cozinhas e restaurantes são feitas de meta.

Propagação de calor por convecção

Este processo de transferência de calor é exclusivamente dos fluidos (gases e líquidos) neste caso, quando a substância é aquecida, as moléculas tem a densidade diminuída e sobem, concentrando-se na superfície. Em contrapartida as moléculas frias, que estavam localizadas na superfície são mais densas e descem se acumulando na parte inferior do recipiente. Essas agitações das moléculas resultam em uma “dança de moléculas”.

Figura 11: Transferência de calor por convecção



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/radiacao-conducao-conveccao.htm>

Nesta modalidade de transferência de energia ocorre com a transferência de matéria, uma vez que as moléculas trocam suas posições constantemente devido a sua agitação. Este esmo comportamento ocorrido nas substâncias líquidas ocorrem com os gases, concentrando as

moléculas menos densas na parte superior e as moléculas mais densas concentradas parte inferior do recipiente.

Propagação de calor por irradiação

É um processo de transferência de calor diferente dos dois métodos anteriores, onde havia a necessidade de um meio para transferência de energia. Neste processo de transferência de calor, não há necessidade de um determinado meio para transferência de calor, a propagação de calor acontece por ondas eletromagnéticas. Este é o método pelo qual a Terra é aquecida pelo Sol, onde as ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol atravessam grande parte do universo até atingir nossa atmosfera. Segundo estudos obtidos por cientistas o espaço é uma região onde não existe matéria entre os planetas, este fenômeno é denominado vácuo.

Logo podemos concluir que o calor oriundo do Sol, para aquecimento da Terra, não pode ser dado por condução e nem por convecção até chegar a nossa atmosfera, uma vez que nestes dois métodos é necessário matéria para transportar o calor.

Figura 12: Transferência de calor por ondas eletromagnéticas



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/radiacao-conducao-conveccao.htm>

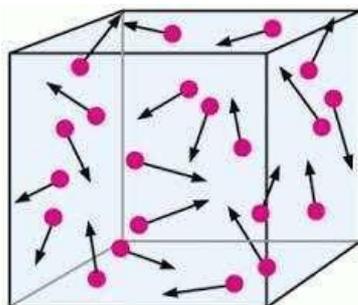
Em 1965, dois cientistas norte-americanos, Arno Penzias e Robert Wilson, através de experimentos que envolviam emissão de radiação em um radiotelescópio, encontraram um padrão de emissão de radiação equivalente a uma temperatura de -270°C , esta temperatura na escala

absoluta Kelvin equivale a 3K. Esta descoberta rendeu aos dois cientistas o prêmio Nobel de física do ano de 1978, fazendo que Penzias e Wilson escreverem seus nomes na história da ciência.

TEORIA CINÉTICA DOS GASES

As moléculas que compõe uma amostra de gás estão em movimento desordenado chamado movimento Browniano, que está diretamente relacionado com o grau de agitação dessas moléculas. Partindo dessa noção do movimento das moléculas é que se propõe a teoria cinética dos gases. Apresenta-se um modelo microscópico de um gás ideal, para explicar o comportamento de um gás confinado em um recipiente relacionando os conceitos de temperatura, volume e pressão. Essas três grandezas temperatura, volume e pressão, são considerados grandezas de estado, pois influenciam grandemente suas propriedades e comportamento das moléculas gasosas.

Figura 13: Modelo do comportamento de um gás confinado



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=comportamento+de+gases&source>

Para que a teoria cinética dos gases seja válida, são necessárias que se considerem algumas hipóteses.

As moléculas se encontram em movimento desordenado, com direções, sentidos e velocidades variadas, adota-se um valor médio dessas velocidades.

- As moléculas não exercem força de interação umas sobre as outras, exceto quando ocorre colisão entre moléculas.

- As colisões entre as moléculas e entre as moléculas e as paredes do recipiente são perfeitamente elásticas (há conservação de energia cinética e quantidade de movimento) e de duração desprezível.
- As moléculas possuem dimensões desprezíveis quando comparadas ao espaço entre as moléculas.

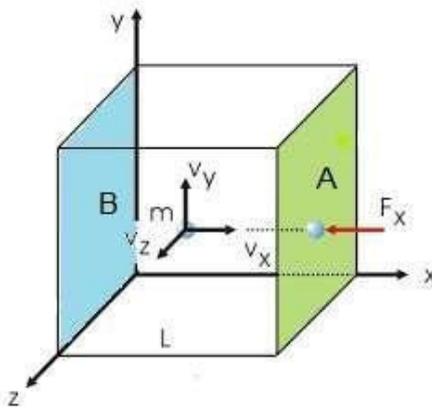
Com base nestas hipóteses, é possível adotar um modelo microscópico mostrado na figura 13, onde é demonstrado um grande espaço vazio entre as moléculas e com movimento em todas as direções. Devido ao seu tamanho e a sua velocidade de locomoção, uma molécula pode colidir por milhares de vezes por segundo, com outras moléculas ou nas paredes do recipiente, alterando constantemente a direção do seu movimento. Esse modelo microscópico pode explicar o comportamento do gás para as principais propriedades macroscópicas. O fato de uma expansão ou uma compressão do é uma consequência do movimento das moléculas em altas velocidades. Outro fator importante, é que sua facilidade em ser comprimido devido a sua grande distância entre as moléculas, podendo fazer o processo inverso ocupando todo o volume do recipiente.

A pressão interna de um gás é resultado das bilhões de colisões das moléculas que atingem as paredes do recipiente, quando o gás é comprimido a temperatura constante, o número de colisões entre as moléculas aumenta. Quanto maior a velocidade das moléculas ao atingir as paredes internas do recipiente maior vai ser a pressão feita pela molécula em determinada área de contato entre a molécula e a parede do recipiente.

Para exemplificar o comportamento das moléculas de gás dentro de um recipiente, vamos adotar um recipiente cúbico de arestas L , e contendo em seu interior um grande número de moléculas. Como seu movimento é aleatório, a molécula se movimenta para todas as direções como demonstrado na figura

(13), vamos acompanhar o comportamento de uma única molécula de massa m . Podemos considerar que, em média, a consequência dos movimentos das moléculas seria o mesmo se cada terça parte das moléculas se movimentassem nas três direções, X, Y e Z, como mostra a figura a seguir.

Figura 14: Molécula de gás em movimento aleatório dentro do recipiente



Fonte: https://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

Admitindo que uma molécula de gás tenha seu deslocamento na direção X e no sentido da face A, com uma certa velocidade v , em um certo intervalo de tempo, a partícula irá colidir com a face B e voltar a colidir com a face A. Na colisão a molécula atinge as faces do recipiente com uma determinada força que é distribuída sobre a área de contato entre a molécula e a face do recipiente. A força aplicada pela molécula do gás sobre a área da face A, resultará numa pressão sobre a face A que será calculada com a razão (divisão) entre a força aplicada e área de contato expressada pela equação (1):

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

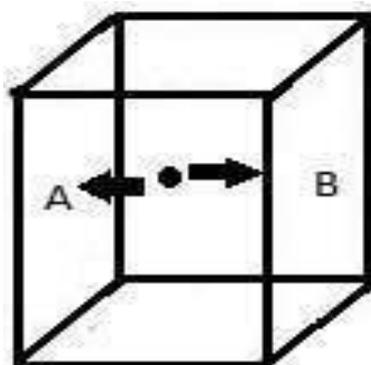
Vamos começar o nosso raciocínio a partir da equação (1), do conceito de pressão que a molécula de gás exerce nas paredes do recipiente, já que conhecemos a relação entre pressão e temperatura para o gás ideal

$$(PV = nRT).$$

Ou seja, se encontrarmos a relação entre a pressão que as moléculas exercem sobre as paredes do recipiente e a energia cinética das moléculas do gás, então a lei dos gases ideais nos ajudará a obter a relação entre temperatura e energia cinética das moléculas do gás.

Neste modelo podemos idealizar o movimento de uma única molécula, que chamaremos de molécula "i", no qual todas as outras moléculas terão comportamento semelhante, permitindo que ao estudar o comportamento de uma única molécula podemos estender para as demais moléculas que estão dentro do recipiente. Na figura 15 representaremos o movimento de uma molécula de gás na direção horizontal no sentido de A para B e retornando o contato com a face A.

Figura 15: Simulação do movimento horizontal de uma molécula de gás.



Fonte: adaptada <https://www.google.com.br/search?biw=1093&bih=508&tbn=isch&sa=1&e>

A equação (1) vista na página anterior, será o ponto de partida para atingir o nosso objetivo, relacionando-a sempre com os conceitos básicos de física, mas temos que sempre visualizar a figura 14 para que se tenha uma ideia precisa do que está acontecendo, lembrando que será feito o estudo sobre o comportamento de uma única molécula. Vamos começar pelo conceito de força que a molécula de gás exerce perpendicularmente (forma um ângulo de 90° entre o vetor força e a superfície) na parede A do recipiente. Sabemos pela segunda lei de Newton, que esta força está

diretamente relacionada à variação da quantidade de movimento (\vec{p}), que é o produto da massa (m) e a velocidade (\vec{v}) da molécula. A seta que acompanha as grandezas, quantidade de movimento e velocidade, significa que elas são grandezas vetoriais necessitando de especificar direção, intensidade e sentido:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2)$$

Segundo o Halliday (2009), quando a molécula colide com a parede do recipiente a única componente que sofre alteração é a componente X da velocidade que muda de sentido e conseqüentemente troca-se o sinal desta grandeza. Claro que isto somente seria possível se entendermos que as colisões entre as moléculas e a parede do recipiente aconteçam de forma elástica, ou seja, a energia mecânica total deve ser conservada e como estamos trabalhando com um sistema isolado (sem interferência externa) a energia cinética (relacionada à velocidade) dos corpos se preserva.

Como visto na figura 15, a molécula de gás está se movimentando no eixo X e como sabemos, a velocidade tem seu valor positivo ou negativo dependendo do sentido de movimento da molécula. Se o movimento da molécula de gás desloca-se no sentido da face A para a face B o valor da velocidade será positivo e se o deslocamento da molécula de gás for no sentido da face B para a face A o valor da velocidade será negativo. Neste fato podemos concluir que o sinal velocidade é dependente do sentido do deslocamento, e que o deslocamento tem módulo dado pela diferença numérica entre a posição final e a inicial. Como o deslocamento é crescente quando a molécula de gás vai da face A para a face B teremos sempre o valor da posição final sendo maior que a posição inicial e quando fazemos a diferença entre os dois valores teremos sempre um valor positivo. Quando temos o deslocamento no sentido da face B para a face A teremos o valor da posição final sempre menor que o valor da posição inicial e quando fazemos a diferença entre os dois valores obtemos um valor de deslocamento negativo.

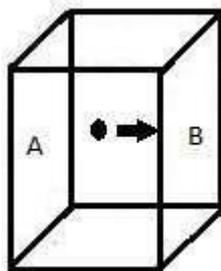
A velocidade instantânea então é a razão entre o deslocamento infinitesimal $d\vec{X}$ e o intervalo de tempo infinitesimal dt . Para a velocidade média o deslocamento $\Delta\vec{X}$ é a diferença numérica entre o vetor posição final (\vec{X}_f) o vetor posição inicial (\vec{X}_i), desta forma se, por exemplo, temos a partida da molécula de uma posição em $X = -4m$ e chegada em uma posição em $X = 0m$, nessas condições obtemos um deslocamento positivo de $\Delta X = 0 - (-4) = 4m$.

O valor da velocidade seria uma razão entre o deslocamento da molécula de gás, dentro do recipiente, pelo intervalo de tempo que durou este deslocamento, como mostra a equação a seguir:

$$\vec{v} = \frac{\Delta\vec{X}}{\Delta t} \quad (3)$$

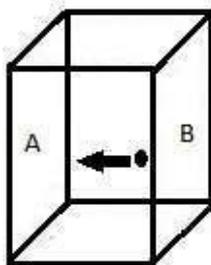
Como na equação (2), a velocidade é o fator preponderante para a quantidade de movimento, podemos dizer que a quantidade de movimento, por ser uma grandeza vetorial, depende do sentido do movimento da molécula de gás, como mostra as figuras 16 e 17.

Figura 16: Deslocamento da molécula no sentido positivo.



Fonte: adaptada <https://www.google.com.br/search?biw=1093&bih=508&tbn=isch&sa=1&e>

Figura 17: Deslocamento da molécula no sentido negativo.



Fonte: adaptada <https://www.google.com.br/search?biw=1093&bih=508&tbn=isch&sa=1&e>

Temos a componente X da velocidade de aproximação da molécula “i” e a parede do recipiente representada por \vec{v}_{xi} , que aponta no sentido positivo da direção X e a velocidade de afastamento da molécula em relação à parede do recipiente sendo \vec{v}_{xf} , que aponta no sentido negativo da direção X. Como variação é a diferença numérica entre a situação final e a situação inicial, podemos definir a variação da quantidade de movimento sendo representado por $\Delta\vec{p} = -m\vec{v}_{xf} - m\vec{v}_{xi}$, resultando em:

$$\Delta\vec{p} = -2 m\vec{v}_x \quad (4)$$

O módulo da quantidade de movimento cedida na face A será de $2mv_x$ uma vez que a quantidade de movimento total se conserva, devido ao valor da velocidade da molécula que se mantém, alterando somente o sentido do seu movimento. Nesta inversão de sentido a componente X da velocidade terá seu valor negativo, conforme citado anteriormente, resultando na variação de quantidade de movimento com sinal negativo. Encontramos o valor da variação da quantidade de movimento da molécula, que é necessária para avaliar a equação (1), agora vamos encontrar o valor do intervalo de tempo para a partícula fazer o movimento de ida e volta dentro do recipiente colidindo novamente com a face A, afinal como não existe perda de energia entendemos que o movimento não para. Imagine que você é a molécula de gás fazendo o movimento da face A até a face B do recipiente, imagine o seguinte ao colidir com a superfície B a você volta em sentido contrário e colidindo novamente com a face A. Ao fazer este movimento de ida a molécula percorre uma distância L quando se afasta da superfície B e outra distância L quando se aproxima novamente da superfície A. Neste caso a molécula de gás percorre uma distância L para ir e outra distância L para voltar, totalizando uma distância total de 2L ao final desse movimento na direção X. A molécula deslocando-se com uma velocidade v_x , no sentido crescente da componente X, colide com a face B e a molécula de gás inverte o sentido

voltando a face A com a mesma velocidade. Como estamos analisando o movimento de apenas uma molécula de gás consideramos não haver colisões neste caminho de ida e volta. Se levarmos em conta as colisões das moléculas gasosas na face A do recipiente, em seu movimento de ida e volta podemos determinar o intervalo de tempo entre duas colisões sucessivas na mesma parede.

Utilizando a equação (3) podemos descobrir matematicamente o tempo que a molécula de gás gasta para sair da face A e retornar na mesma face.

Como sabemos a distância percorrida pela molécula de gás será ΔX , podemos substituir este termo na equação (3) por $2L$ e isolarmos a variação de tempo, como mostra a descrição abaixo:

$$\Delta t = \frac{2L}{v_x} \quad (5)$$

Para continuar o desenvolvimento da equação (1) vejamos agora outro conceito fundamental da física, que é o conceito de força. A força está diretamente ligada aos trabalhos de Isaac Newton (1643-1727), conhecido como as leis de Newton, ao qual são validas em estudos de fenômenos físicos até os dias atuais. Pela segunda lei de Newton, a força é definida matematicamente como a razão entre a variação da quantidade de movimento, equação (4) e o intervalo de tempo. A esta situação damos o nome de impulso, palavra que tem sua origem do latim *impulsus* que faz referência ao ato e ao efeito de impulsionar, por outro lado impulso pode estar relacionado com a aplicação de força sobre um corpo ocasionando uma variação na velocidade deste corpo. Como vimos na equação (4), quando ocorre a mudança no sentido da velocidade da molécula teremos uma variação da quantidade de movimento durante certo intervalo de tempo, que é deduzido na equação (5). Unindo as equações (4) e (5), podemos escrever a força como sendo a relação entre variação da quantidade de movimento e variação de tempo:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{2mv_x}{\frac{2L}{v_x}} \quad (6)$$

Quando fazemos a substituição das grandezas, variação da quantidade de movimento, na equação (4), e o intervalo de tempo, na equação (5), a equação (6) quando escrita, podemos isolar a grandeza força, que poderá ser reescrita na forma de:

$$F = \frac{2mv_x}{\frac{2L}{v_x}} \quad (7)$$

Utilizando o princípio matemático de divisão de frações, onde se mantém a primeira fração e multiplica-se pelo inverso da segunda, desta forma obtemos a definição de força que a molécula de gás “i” exerce na face A do recipiente. Logo, as colisões da molécula de gás contra a face A do recipiente resultará na força total aplicada à parede:

$$F = \frac{mv_x^2}{L} \quad (8)$$

Como poderíamos dimensionar a totalidade de força aplicada ao mesmo tempo sobre a parede A do recipiente, se temos a força aplicada por uma molécula isolada podemos então raciocinar da seguinte maneira. O total de força aplicada, no intervalo de tempo Δt , por todas as moléculas do interior do recipiente, em seguida deverá ser somado às parcelas de força de cada molécula de gás, uma vez que sabemos que a amostra de gás dentro do recipiente é composta por bilhões de moléculas colidindo com as paredes do recipiente.

Se admitirmos que as massas de todas as moléculas do gás forem iguais a m , podemos dizer que v_{x1} é a componente X da velocidade da molécula 1, v_{x2} será a componente da velocidade da molécula 2 e assim por diante até atingirmos v_{xN} e a totalidade de N moléculas. Desta forma a força resultante sobre a parede será:

$$F = \frac{m}{L} (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots v_{xN}^2) \quad (9)$$

Esta equação (9) quer dizer que a força total das é a somatória da força aplicada por todas as N moléculas, onde N significa o número total de moléculas, que estão exercendo força ao mesmo tempo na parede A do

recipiente e neste somatório o número de moléculas varia de 1 a N moléculas, como podemos representar matematicamente na equação:

$$F = \sum_{i=1}^N \frac{mv_x^2}{L} \quad (10)$$

Como a massa da molécula de gás e a distância L podem ser entendidas como constantes, podemos retirá-las de dentro do somatório e deixamos somente a soma do quadrado das velocidades, das moléculas na direção X. Após a manipulação matemática da equação (10) chegamos à equação (11), que representa a força total das moléculas do recipiente sobre a parede A, assim podemos reescrever a equação (9) de maneira:

$$F_{total} = \frac{m}{L} \sum_{i=1}^N (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + \dots) \quad (11)$$

Podemos substituir a soma das velocidades médias das moléculas na componente X pela velocidade quadrática média, ou seja, a média aritmética do quadrado das velocidades dada por:

$$v_{x\text{ média}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2 \quad (12)$$

Ou ainda,

$$Nv_{x\text{ média}}^2 = (v_{x1}^2 + v_{x2}^2 + v_{x3}^2 + \dots + v_{xN}^2) \quad (13)$$

Desta forma a força total representada na equação (10) torna-se:

$$F_{total} = \frac{m}{L} (Nv_{x\text{ média}}^2) \quad (14)$$

Como nós encontramos o valor da força total aplicada sobre a face A do recipiente, agora podemos retomar o raciocínio do nosso ponto de partida que é a pressão exercida pelo gás, equação (1), quando usamos apenas uma única molécula de gás. Podemos deduzir a pressão total, aplicada pelas moléculas de gás nas faces do recipiente substituindo a força F de uma molécula pela força total aplicada na face A do recipiente:

$$p = \frac{\frac{m}{L} (Nv_{x\text{ média}}^2)}{A} = \frac{m (Nv_{x\text{ média}}^2)}{AL} \quad (15)$$

Na equação (14) A é a área da face do recipiente, ao fazer as substituições e aplicando o princípio matemático de divisão de frações,

teremos o produto da área lateral do paralelepípedo A pelo comprimento da aresta L do paralelepípedo, resultando no volume, $V = AL$ então a pressão é dada por:

$$P = \frac{m}{V} (Nv_{x\text{média}}^2) \quad (16)$$

Como sabemos, as moléculas de gás que estão confinadas dentro de um recipiente têm seu movimento em todas as direções, então as outras direções Y e Z tem que serem levadas em consideração. Como não estamos levando em conta, por exemplo, a atração da força gravitacional sobre as moléculas do gás, não existe nenhuma restrição em afirmar que a velocidade quadrática média da molécula na direção X tem o mesmo valor numérico da velocidade quadrada média da molécula na direção Y e na direção Z , ou seja, é razoável supor que $v_x^2 = v_y^2 = v_z^2$. Além disso, o quadrado do módulo da velocidade de uma molécula de gás é dado por:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \quad (17)$$

E desta forma a componente X da velocidade quadrática média das moléculas de gás pode ser escrita como um terço da velocidade quadrática média:

$$v_x^2 = \frac{v^2}{3} \quad (18)$$

A equação (15), torna-se então:

$$P = N \frac{m v^2}{V 3} \quad (19)$$

Que pode ser escrita como:

$$PV = Nm \frac{v^2}{3} \quad (20)$$

Podemos comparar a equação (20), com a equação de um gás ideal, que segundo Clapeyron é descrita como:

$$PV = nRT \quad (21)$$

Onde n é o número de mols, R é a constante universal dos gases ideais e T a temperatura absoluta. Isto quer dizer que onde temos

as grandezas, pressão e volume PV , podemos substituí-la por nRT , e desta forma a equação (20), pode ser reescrita da seguinte forma:

$$nRT = Nm \frac{v^2}{3} \quad (22)$$

Note que temos N (o número de moléculas), multiplicando m (a massa de cada molécula), o produto dessas duas grandezas irá resultar na massa total do gás contido no recipiente $Nm = m_{gás}$, desta forma a equação (22) pode ser:

$$nRT = m_{gás} \frac{v^2}{3} \quad (23)$$

Na equação (23), o número de mol n pode ser reescrito como $n = \frac{m}{M_M}$ onde m é a massa do gás e a M_M a massa de um mol de gás, ao fazer a substituição temos:

$$\frac{m_{gás}}{M_M} RT = m_{gás} \frac{v^2}{3} \quad (24)$$

Ao efetuar a relação matemática simples para isolar a velocidade quadrada obtemos a equação (25):

$$v^2 = \frac{3RT}{M_M} \quad (25)$$

Para deixar a equação (25) de uma forma mais simplificada podemos passar a exponenciação para o outro lado da igualdade isolando definitivamente a velocidade da molécula:

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M_M}} \quad (26)$$

A equação (26) mostra que a velocidade média quadrática das moléculas que compõe uma amostra de gás, a temperatura é dependente unicamente das velocidades médias das moléculas e vice-versa, justificando que a temperatura é uma medida do grau de agitação de moléculas. O termo velocidade média quadrática é devido ao grande número de moléculas dentro de uma amostra de gás em um movimento aleatório chamado movimento browniano e todas as direções.

Exemplo 1

Calcule a velocidade média quadrática de uma molécula de nitrogênio a 20,0°C. A massa molar da molécula de Nitrogênio (N₂) é $M=28 \times 10^{-3} \text{Kg/mol}$. ($R=8,3 \text{ J/mol.K}$; $20,0^\circ\text{C}=293 \text{ K}$)

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,3 \cdot 293}{28 \times 10^{-3}}} \quad (1)$$

$$v = 510 \text{ m/s} \quad (2)$$

Obs.: Ao fazer as substituições dos valores, utilizando a equação 26, podemos determinar com precisão o valor da velocidade unidimensional da molécula utilizada no exemplo 1.

Exemplo 2

Com base no exercício anterior determine a velocidade média quadrática da mesma molécula de Nitrogênio e a temperatura da molécula passa a ser de 35°C. ($R=8,3 \text{ J/mol.K}$; $35,0^\circ\text{C}=309 \text{ K}$)

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,3 \cdot 309}{28 \times 10^{-3}}} \quad (3)$$

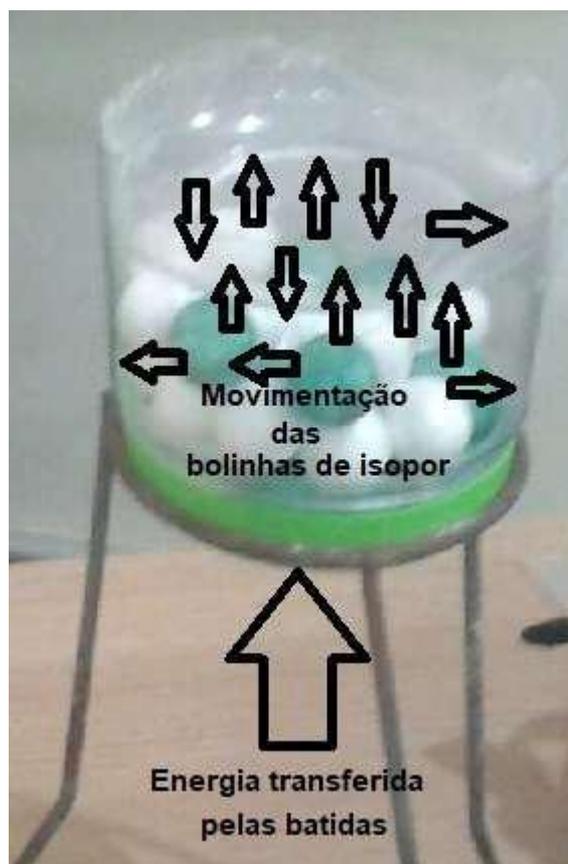
$$v = 524,2 \text{ m/s} \quad (4)$$

Obs.: Ao fazer as substituições dos valores, utilizando a equação 26, podemos determinar com precisão o valor da velocidade unidimensional da molécula utilizada no exemplo 2.

Exemplo 3

Um simulador manual de colisão de moléculas é composto por um recipiente de acrílico, em seu interior existem bolinhas de isopor, representando moléculas no interior do recipiente, determine a temperatura de uma massa gasosa supondo que nesta amostra de gás contenha seis moléculas cujas massas são iguais a $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ supondo que suas velocidades são: ($R=8,31 \text{ J/mol.K}$)

Figura 18: Simulador de colisões



Fonte: Acervo próprio

$$v_{x1} = |\vec{v}_{x1}| = 5 \frac{m}{s} \quad (5)$$

$$v_{y1} = |\vec{v}_{y1}| = 3 \frac{m}{s} \quad (6)$$

$$v_{x2} = |\vec{v}_{x2}| = 3 \frac{m}{s} \quad (7)$$

$$v_{y2} = |\vec{v}_{y2}| = 4 \frac{m}{s} \quad (8)$$

$$v_{x3} = |\vec{v}_{x3}| = 5 \frac{m}{s} \quad (9)$$

$$v_{y3} = |\vec{v}_{y3}| = 2 \frac{m}{s} \quad (10)$$

$$\underline{v_{x4} = |\vec{v}_{x4}| = 6 \frac{m}{s}} \quad (11)$$

$$\underline{v_{y4} = |\vec{v}_{y4}| = 2 \frac{m}{s}} \quad (12)$$

$$\underline{v_{x5} = |\vec{v}_{x5}| = 8 \frac{m}{s}} \quad (13)$$

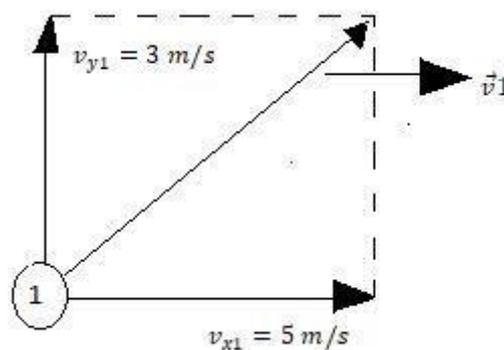
$$\underline{v_{y5} = |\vec{v}_{y5}| = 1 \frac{m}{s}} \quad (14)$$

$$\underline{v_{x6} = |\vec{v}_{x6}| = 9 \frac{m}{s}} \quad (15)$$

$$\underline{v_{y6} = |\vec{v}_{y6}| = 6 \frac{m}{s}} \quad (16)$$

Neste caso para calcular a temperatura associada ao estado energético dessas bolinhas precisamos calcular o módulo de cada velocidade, para depois podermos calcular a velocidade média quadrática que é a que entra na equação para a temperatura, como vimos na equação 25 da página 121. Esses módulos são obtidos com auxílio do teorema de Pitágoras:

Figura 19: Simulação da molécula 1



Fonte: Acervo próprio

$$|\vec{v}1| = \sqrt{v_{x1}^2 + v_{y1}^2}$$

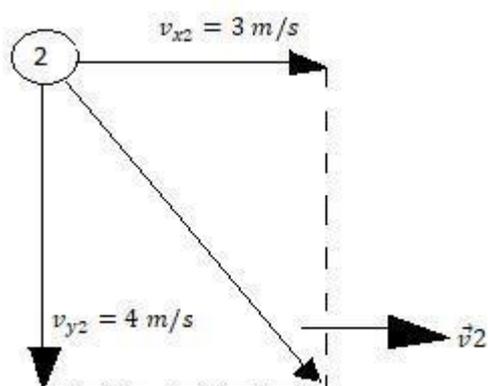
$$|\vec{v}1| = \sqrt{5^2 + 3^2}$$

$$|\vec{v}1| = \sqrt{36} \quad (17), (18) \text{ E } (19)$$

$$|\vec{v}1| = 6 \text{ m/s}$$

(20)

Figura 20: Simulação da molécula 2



Fonte: Acervo próprio

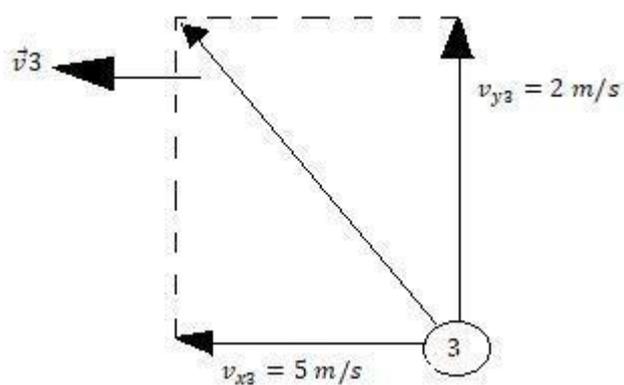
$$|\vec{v}2| = \sqrt{v_{x2}^2 + v_{y2}^2} \quad (21)$$

$$|\vec{v}2| = \sqrt{3^2 + 4^2} \quad (22)$$

$$|\vec{v}2| = \sqrt{25} \quad (23)$$

$$|\vec{v}2| = 5 \text{ m/s} \quad (24)$$

Figura 21: Simulação da molécula 3



Fonte: Acervo próprio

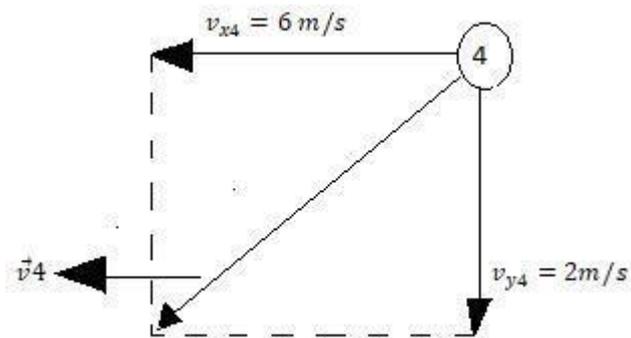
$$|\vec{v}3| = \sqrt{v_{x3}^2 + v_{y3}^2} \quad (25)$$

$$|\vec{v}_3| = \sqrt{5^2 + 2^2} \quad (26)$$

$$|\vec{v}_3| = \sqrt{29} \quad (27)$$

$$|\vec{v}_3| = 5,38 \text{ m/s} \quad (28)$$

Figura 22: Simulação da molécula 4



Fonte: Acervo próprio

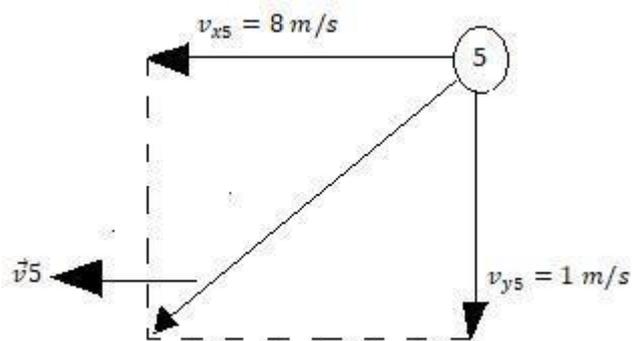
$$|\vec{v}_4| = \sqrt{v_{x4}^2 + v_{y4}^2} \quad (29)$$

$$|\vec{v}_4| = \sqrt{6^2 + 2^2} \quad (30)$$

$$|\vec{v}_4| = \sqrt{40} \quad (31)$$

$$|\vec{v}_4| = 6,32 \text{ m/s} \quad (32)$$

Figura 23: Simulação da molécula 5



Fonte: Acervo próprio

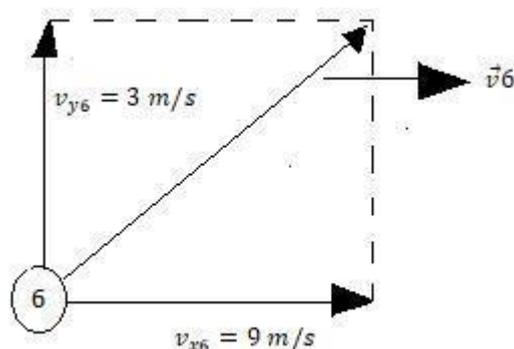
$$|\vec{v}_5| = \sqrt{v_{x5}^2 + v_{y5}^2} \quad (33)$$

$$|\vec{v}_5| = \sqrt{8^2 + 1^2} \quad (34)$$

$$|\vec{v}_5| = \sqrt{65} \quad (35)$$

$$|\vec{v}_5| = 8,06 \text{ m/s} \quad (36)$$

Figura 24: Simulação da molécula 6



Fonte: Acervo próprio

$$|\vec{v}_6| = \sqrt{v_{x6}^2 + v_{y6}^2} \quad (37)$$

$$|\vec{v}_6| = \sqrt{9^2 + 3^2} \quad (38)$$

$$|\vec{v}_6| = \sqrt{90} \quad (39)$$

$$|\vec{v}_6| = 9,49 \text{ m/s} \quad (40)$$

A velocidade média quadrática é obtida quando utilizamos o módulo da velocidade de cada molécula da seguinte forma:

$$v^2 = \frac{|v_1|^2 + |v_2|^2 + |v_3|^2 + |v_4|^2 + |v_5|^2 + |v_6|^2}{6} \quad (37)$$

$$v^2 = \frac{|6,00|^2 + |5,00|^2 + |5,38|^2 + |6,32|^2 + |8,06|^2 + |9,49|^2}{6} \quad (38)$$

$$v^2 = \frac{|36,00| + |25,00| + |28,94| + |39,94| + |64,96| + |90,06|}{6} \quad (38)$$

$$v^2 = \frac{287,9}{6} \quad (39)$$

$$v^2 = 47,98 \text{ m/s} \quad (40)$$

Para obter a temperatura da amostra de gás temos que manipular a equação 26 da página 121 da seguinte maneira, fazendo a substituição do valor da velocidade média quadrática encontrada na equação 40:

$$T = \frac{mv^2}{3R} \quad (41)$$

$$T = \frac{0,03 \cdot 47,98}{3 \cdot 8,31} \quad (42)$$

$$T = 0,05 \text{ K} \quad (43)$$

“Esta seria a temperatura medida por um termômetro composto por moléculas do tamanho das bolinhas”.

Obs.: Neste exemplo temos o confinamento de seis moléculas com deslocamentos e, duas dimensões (eixos X e Y) e com valores diferentes para cada uma delas. Para provar que a proposta pedagógica é válida utilizamos a equação (17) para determinar a velocidade quadrática média de cada uma das seis moléculas utilizadas no exemplo 3. Após isto, foi feita uma média das velocidades quadráticas para extrair um valor médio das velocidades quadráticas médias contidas na amostra de gás do exemplo 3. Após obter o valor da velocidade quadrática média da amostra de gás utilizamos a equação

(25) para determinar a temperatura média da amostra de gás. Podemos observar que, à medida em que se aumenta a velocidade das moléculas, sua temperatura também aumenta e para o aluno que está manipulando o simulador, fica evidenciado que quanto maior for a sua energia empregada na batida no fundo do recipiente maior será a velocidade de movimentação da bolinha no interior do recipiente.

CONCLUSÃO

Na sequência didática apresentada pelo professor aos alunos de maneira simplificada e objetiva obteve resultados diferentes de aluno para aluno. Como nesta faixa de idade segundo Piaget (1969) a criança está em fase construção do conhecimento, e cada criança tem seu próprio tempo de aprendizagem, é obvio que alcançamos resultados desiguais em nossos instrumentos de avaliação. Mesmo com alunos apresentando dificuldade de compreensão em alguns momentos, obtivemos evolução na construção dos conceitos trabalhados em sala de aula de maneira satisfatória. Esta concepção foi comprovada pelos relatos, expressos de forma oral nos debates e registrados em folhas de papel.

Espera-se que este material venha dar grande contribuição ao professor de Ciências, estabelecendo um ambiente adequado e motivador para o aluno de modo a propiciar um maior envolvimento resultando em uma melhor aprendizagem em seu meio escolar. As atividades experimentais transformam se em excelentes ferramentas para que os alunos relacionem o conteúdo estudado em sala de aula com seu cotidiano podendo assim estabelecer a relação entre a teoria e prática são inseparáveis.

A inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se como uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando mediada pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos. (Paraná, 2008, p.76)

REFERÊNCIAS

AGUIAR JR., Planejar o ensino considerando a perspectiva da aprendizagem: uma análise de abordagens didáticas na instituição à física térmica. Caderno brasileiro de ensino de física. Belo Horizonte, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 19, n.2, p.219-241, ago.2002.

ARAÚJO, Mauro S. T.; ABIB, Maria Lúcia V. S.. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n.2, p. 176, jun, 2003.

ARISTÓTELES. Metafísica. São Paulo: Editora Abril, 1979. Livro A, cap. I. (Coleção Os Pensadores) Orig. do século IV a.C

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. A Aquisição dos Conceitos. In: AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. (trad. De Eva Nick et al.)Psicologia educacional. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 5ª. ed. Tradução de Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

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

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza e Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Secretaria de educação Fundamental. Parâmetros Curriculares nacionais. Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL/MEC. Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF: 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais : ciências naturais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

CAMPOS, R. I. et. al. Uma perspectiva interdisciplinar para o curso de Educação do Campo na Regional Goiás – UFG. In: Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC. Águas de Lindóia, São Paulo. Novembro de 2015.

CARRETEIRO, Mario. Construtivismo e educação; tra. Jussara Haubert Rodrigues. - 2ª. ed. ver. Aum.- Porto Alegre: Artmed editora S.A., 2002

CARVALHO, A. M. P. Et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. (Cord.) Termodinâmica: um ensino por investigação. São Paulo: Feusp, 1999.

CARVALHO, A. M. P. de GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de ciências. São Paulo: Cortez, 2000. 120p.

DAVIS, C. e Oliveira, Z. Psicologia na Educação. São Paulo: Cortez, 1994.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

FAGUNDES, L.C. A inteligência construída: a inteligência distribuída. Pátio, v.1, n.1, maio/jul. 2002.

FERRAZ, M.H.M. As ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): O texto conflituoso da química. SÃO PAULO: EDUC, 1997.

FONSECA, M.R.M. Interatividade Química: Cidadania, participação e transformação: volume único. São Paulo, Ed. FTD - 2003

FUMAGALLI, Laura. O ensino das Ciências Naturais no nível fundamental da educação formal: argumentos a seu favor. In: WEISSMANN, Hilda. (Org.). Didática das Ciências Naturais. Contribuições e reflexões. Porto Alegre: Artmed, 1998. p.13-29.

GASPAR, A. Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. Editora Livraria da Física 1 ed. São Paulo, 2014.

GARDNER, H. Nova escola. Curitiba: v. 24. n, 226, p. 39-42, Set, 2009. Entrevista concedida a Luciana Zenti

GIORDAN, M. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Experimentação e Ensino de Ciências Nº 10, NOVEMBRO 1999

GONCALVES, C.L; PIMENTA, S.G. Revendo o ensino de 2º grau: propondo a formação de professores, 2ª. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

GRAF Vol. 2: Grupo De Reelaboração Do Ensino De Física. Editora da Universidade de São Paulo, 1995 (5ª. ed) – São Paulo.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica. Volume 2. 8ª. edição. Editora LTC, 2009.

KINDEL, Eunice Aita Isaia. Reflexões sobre o ensino de ciências. In: XAVIER, Maria Luisa M.; DALLA ZEN, Maria Isabel H. (Orgs.). O ensino nas séries iniciais. Porto Alegre: Mediação, 1997. P. 47-50.

KRASILCHIK, M., MARANDINO, M. Ensino de Ciências e Cidadania. 2ª ed. São Paulo: Editora Moderna. 2007 (Cotidiano escolar: ação e docente).

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Santa Catarina, V.23, N 3, p.382 – 402, Dez. 2006.

LAKOMY, A. M. Teorias Cognitivas da Aprendizagem- 2ª edição. rev.- Curitiba: Ibpex, 2008.

LEFRANÇOIS, G. R. Teorias da aprendizagem/ Guy R. Lefrançois ; tradução era Magyar; revisão técnica José Fernando B. Lomônaco. — São Paulo : Cengage Learning, 2008

LIBÂNIO, J. C. e PIMENTA, S. G. Formação de profissionais da educação: Visão crítica e perspectiva de mudança - Educação e Sociedade- revista ciência da educação ano XX nº 68, Dez/99.

LIMA, M. da C. B. Nascimento e evolução de uma proposta de apresentação da Física no primeiro segmento do primeiro grau. &DGHUQR %UDVLOHLUR GH (QVLQR GH)tVLFD, v.12, n.2, p.107- 122, ago.1995.

LUCKESI, C.C. Avaliação da Aprendizagem Escolar, 19ª. ed. São Paulo: Cortez, 2008.

LUCKESI, C. L. História da educação. São Paulo: Cortez, 1994.

MANTOUX, P. A Revolução Industrial no Século XVIII. São Paulo: Editora Hucitec, 2ª Edição, 1927.

MORAIS, E. A. Os desafios da escola pública paranaense - Na perspectiva do professor PDE – Paraná 2014

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem – São Paulo: EPU 1999.

NOGUEIRA, C. M. I.; BELINI, M.; PAVANELLO, R. M. O ensino de Matemática e das Ciências Naturais nos anos iniciais na perspectiva da epistemologia genética. Curitiba: CRV, 2015.

NUSSENZVEIG, H. M. (1996). Curso de física básica. Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 23ª. ed. [S.l.]: Edgard Blücher. ISBN 85-212-0045-5

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Superintendência da educação. Diretrizes Curriculares de Ciências para o Ensino Fundamental. Paraná, 2008.

PARANÁ - Secretaria de Estado da Educação. Departamento da Educação Básica. Diretrizes Curriculares de Educação Básica: Química. Curitiba: Imprensa Oficial, 2008

PARANÁ - Secretaria de Estado da Educação. Departamento da Educação Básica. Diretrizes Curriculares de Educação Básica: Física. Curitiba: Imprensa Oficial, 2008.

PARANÁ - Secretaria de Estado da Educação. Departamento da Educação Básica. Diretrizes Curriculares de Educação Básica: Ciências. Curitiba: Imprensa Oficial, 2008.

PIAGET, Jean. Epistemologia genética. Tradução de Álvaro Cabral. 3ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007

PIAGET, J. Tratado de psicologia experimental Vol. 7. Tra. Da 1ª. Ed. Francesa de 1963 por E.D.B. de Menezes. Rio de Janeiro, Zahar, 1971.

PIAGET, J. A psicologia da inteligência. Petrópolis – RJ: Vozes, 2013.

PIAGET, J. Seis estudos de psicologia. 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999. PIAGET, Jean. O Tempo e o Desenvolvimento Intelectual da Criança.

In: Piaget. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

PIETROCOLA, M. Ensino de ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Cengage Learning, p. 119-134. 2009.

ROCHA, J. F. M. Origens e evolução das ideias da física. Salvador: EDUFBA, 2002.

SANTOS, C. S. Ensino de Ciências: abordagem histórico – crítica. Campinas: Armazém do ipê, 2012.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol, 16, 2011b.

SCHIMIDT, F.W., HENDERSON, R.E., WOLGEMUTH, C.H. *Introdução às ciências térmicas*. Tr. Jose Roberto Simões Moreira. Ed. Edgar Blucher, Ltda. São Paulo, 1996

THIS, H. *Um cientista na cozinha*. Trad. de Marcos Bagno. 1 ed. São Paulo: Ática, 1998.

TIPLER, P. A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros - Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica*. 5ª.ed. LTC, 2006.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. 8ª. ed. São Paulo: Martins Fontes. 1998.

https://issuu.com/allynnebyron/docs/livro_psicologia_da_aprendizagem
acesso em 12/06/2018.

DELIZOICOV, D. (1991). *Conhecimento, tensões e transições*. São Paulo:

Faculdade de Educação da USP. Tese de Doutorado.

Revista Brasileira de Ensino de Física. Ensino Fís. vol.28 no.1 São Paulo 2006

PRANDEL, L. V. *Evolução do conceito de temperatura nas diferentes abordagens da física*. 2005. Monografia apresentada no Bacharelado em Física Departamento de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa. (Orientador: Prof Dr Jeremias Borges da Silva)

<http://www.analogica.com.br/arquivos/art-002-teperatura-historico-econceitos.pdf> acesso 12/06/2017

<http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/pressao/n/dados/anexo8/index.htm>
l acesso em 12/06/2017

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfWP4AG/explicacaofisica-fncionamento-termometro> acesso em 16/06/2017

<http://super.abril.com.br/historia/o-termometro/> Publicado em 31 mar 1989
acesso em 19/06/2017

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/lei-boyle-sobre-transformacaoisotermica.htm> acesso em 21/06/2017

<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/claper.htm> acesso em 24/06/2017

MATERIAL DO EDUCANDO**ATIVIDADE AULA 1
TEMPERATURA**

NOME		NÚMERO	TURMA	DATA

MATERIAIS**UTILIZADOS**

- Termômetro clínico
- Termômetro de álcool
- Termômetro de mercúrio
- Termômetro digital
- Frascos com misturas líquidas
- Lápis, borracha, caneta e folha de papel

1. Relacione a segunda coluna de acordo com a primeira coluna:

(1) TERMÔMETRO DIGITAL	 ()
(2) TERMÔMETRO DE MÁXIMOS E MÍNIMOS	 ()
(3) TERMÔMETRO DE ALCOOL	 ()
(4) TERMÔMETRO CLÍNICO	 ()

2. Qual a função do termômetro?

3. Medir a temperatura das três misturas:

		
TEMPERATURA: _____	TEMPERATURA: _____	TEMPERATURA: _____

ATIVIDADE AULA 2
VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

NOME	NÚMERO	TURMA

MATERIAIS

- Termômetro
- Três frascos com misturas de cores e temperaturas diferentes
- Um frasco com maior capacidade volumétrica
- Lápis, borracha e folha de papel > Frascos com misturas líquidas
- Lápis, borracha, caneta e folha de papel

1. Medir a temperatura das três misturas.



2. Derramar o conteúdo dos três frascos em um frasco com capacidade volumétrica maior e após certo intervalo de tempo medir a temperatura do líquido dentro deste frasco.



3. Após medir a temperatura da mistura dentro do frasco maior, o que ocorreu com a temperatura das três misturas?

4. Complete a lacuna abaixo determinando quantos graus Celsius cada mistura GANHOU ou PERDEU:

		
TEMPERATURA: _____	TEMPERATURA: _____	TEMPERATURA: _____

5. Como é chamada essa diferença de temperatura entre as misturas?

ATIVIDADE AULA 3

TRANSFERÊNCIA DE CALOR

NOME	NÚMERO	TURMA

MATERIAIS UTILIZADOS

- Termômetro
- Frascos de vidro contendo água
- Clips
- Cronômetro ou aparelho de celular
- Haste metálica
- Vela
- Lâmpada
- Bocal de luz
- Lápis, borracha e papel

*Cada grupo recebe um aparato formado por uma haste metálica com clips presos na haste e uma vela.

1. Acenda a vela e coloque em contato com a ponta da haste de metal e marque o tempo para os clips começarem a cair:
 - a) Primeiro clip: _____
 - b) Segundo clip: _____
 - c) Terceiro clip: _____
 - d) Quarto clip: _____

2. Como você explica o fato ocorrido na os clips caindo um a um, e porque eles não caem ao mesmo tempo:

3. Cada grupo receberá um circuito elétrico com uma lâmpada, um frasco contendo água e um termômetro.

4. Marcar em quanto tempo, a partir de quando ligar a lâmpada, o líquido começa a aumentar a temperatura.

5. Como você explica o aumento de temperatura do líquido contido no frasco.

ATIVIDADE AULA 4

TRANSFERÊNCIA DE CALOR

NOME	NÚMERO	TURMA

MATERIAIS UTILIZADOS

- Termômetro
- Aquecedor
- Pó de café
- Frascos, contendo uma mistura líquida amarela e outra azul
- Cronômetro ou aparelho de celular

1. Medir a temperatura das duas misturas.



2. Misturar as duas substâncias em um mesmo frasco e medir a temperatura.



3. Ao aquecer o frasco com água por cinco minutos e medir a temperatura:

4. Após aquecer o frasco contendo água colocar a pitada de pó de café na água e voltar a aquecer, com o termômetro inserido no líquido. Descreva o comportamento das moléculas de café misturadas na água.

5. Que conclusão podemos chegar em relação do movimento das partículas de café e o tempo de aquecimento.

ATIVIDADE AULA 5**SIMULADOR MANUAL DO MOVIMENTO DE MOLÉCULAS**

NOME	NÚMERO	TURMA	DATA

MATERIAIS UTILIZADOS ➤ Uma haste metálica.

- Suporte.
- Dois potes plásticos.
- Bolinhas de isopor, verdes e brancas.
- Lápis, borracha e papel.

- 1) Bata com a haste de metal com intervalo de cinco segundos entre uma batida e outra. Descreva o comportamento das bolinhas de isopor no interior do pote.

- 2) Repita o mesmo procedimento, mas com intervalos de tempo de 3 segundos entre uma batida e outra. Descreva o comportamento das bolinhas de isopor no interior do pote.

- 3) Agora vamos fazer o mesmo procedimento com intervalo de 1 segundo entre uma batida e outra. Descreva o comportamento das bolinhas de isopor no interior do pote.

- 4) Descreva que tipo de relação que ocorre entre as batidas no fundo do pote e o movimento das bolinhas no interior do pote.

- 5) Como é possível obter movimento das bolinhas de isopor no interior do pote.

- 6) Qual a relação entre o simulador eletrônico PHET e o simulador manual?

REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 5 ed. Tradução de Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

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

CARVALHO, APM. Et al. Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. N. P. (Cord.) Termodinâmica: um ensino por investigação. São Paulo: Feusp, 1999.

CARVALHO, A. M. P. de GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de ciências. São Paulo: Cortez, 2000. 120p.

FERRAZ, M.H.M. As ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): O texto conflituoso da química. SÃO PAULO: EDUC, 1997.

FONSECA, M.R.M. Interatividade Química: Cidadania, participação e transformação: volume único. São Paulo, Ed. FTD - 2003

GIORDAN, M. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Experimentação e Ensino de Ciências Nº 10, NOVEMBRO 1999

GRAF Vol. 2: Grupo De Reelaboração Do Ensino De Física. Editora da Universidade de São Paulo, 1995 (5ª Ed) – São Paulo.

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica. Volume 2. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

KRASILCHIK, M., MARANDINO, M. Ensino de Ciências e Cidadania. 2ª ed. São Paulo: Editora Moderna. 2007 (Cotidiano escolar: ação e docente).

LABURÚ, Carlos Eduardo. Fundamentos para um experimento cativante. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Santa Catarina, V.23, N 3, p.382 – 402, Dez. 2006.

MAXIMO, F.; ALVARENGA, B. Física (Ensino Médio). 1ª edição 2008
NUSSENZVEIG, H. M. (1996). Curso de física básica. Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 2 3ª ed. [S.l.]: Edgard Blücher.

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.F.; TOLEDO, P.A. Os fundamentos da física 10ª edição, Vol. 2. São Paulo Editora Moderna, 2009

TIPLER, P. A.; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros - Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5.ed. LTC, 2006.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I - **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melódia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

Jairo Rodrigo Corrêa

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilha Igual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPG  **F**
ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX