

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CLAUDIO CORDEIRO MESSIAS

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO ENSINO DE TERMODINÂMICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL I**

CLAUDIO CORDEIRO MESSIAS
Ponta Grossa
2019

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO ENSINO DE TERMODINÂMICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL I**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta grossa - Polo 35- no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física. Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Facin

Ponta Grossa
2019

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado à minha família. À minha mãe, Venância Cordeiro dos Santos Messias, ao meu pai, Joaquim Aparecido Messias, que nunca mediram esforços para educar, proporcionar estudos e conhecimento aos seus filhos. Aos meus irmãos, Pricila Cordeiro Messias e Sidney Cordeiro Messias, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida. À minha filha, Nathaly Machado Messias, que é a minha fonte de energia e razão da minha vida e à minha companheira, Claudia Negime Elias, que esteve ao meu lado nos longos dias de estudos e escrita deste material, me auxiliando e orientando ortograficamente e não poderia deixar de homenagear postumamente à Marinês Machado Messias, que acreditou em um propósito, sempre me deu todo o apoio e suporte para concluir minha graduação, resultando conseqüentemente em minhas especializações.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
1.3 HIPÓTESE.....	19
1.4 OBJETIVOS.....	20
1.4.1 GERAL.....	20
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 CONSTRUTIVISMO.....	22
2.2 - O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL I.....	24
2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID PAUL AUSUBEL.....	28
2.4 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE PIAGET.....	32
2.4.1 ESTÁGIO SENSÓRIO-MOTOR.....	34
2.4.2 ESTÁGIO PRÉ-OPERATÓRIO.....	35
2.4.3 ESTÁGIO OPERACIONAL CONCRETO.....	36
2.4.4 ESTÁGIO OPERATÓRIO FORMAL.....	37
3. IMPORTÂNCIA DA TERMODINÂMICA.....	39
3.1 A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A TERMODINÂMICA.....	39
3.2 TERMODINÂMICA.....	43
3.3 TEMPERATURA.....	43
3.4 CALOR.....	46
4. MATERIAL DIDÁTICO PEDAGÓGICO PARA PROFESSORES DE ENSINO FUNDAMENTAL.....	49
4.1 O QUE SÃO GASES?.....	50
4.2 COMPORTAMENTO DO GÁS NO INTERIOR DE UM RECIPIENTE.....	52
4.3 TEMPERATURA E VELOCIDADE MOLECULAR.....	53
5. COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	71
6. PRODUTO.....	73
6.1 SIMULADOR.....	75
6.2 O CAMINHO DA DESCOBERTA.....	78
6.3 OBJETO DE ESTUDO.....	79

6.4 PROCEDIMENTOS PEDAGÓGICOS.....	80
6.5 MATERIAIS UTILIZADOS.....	81
7. APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	84
8. CONCLUSÃO	96
9. REFERÊNCIAS.....	99

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1: Máquina térmica de Savery.....	40
Figura 2: Máquina térmica de Newcomen.	41
Figura 3: Máquina térmica alterada por Watt.	42
Figura 4: Equivalente mecânico de Joule.	48
Figura 5: Gases que compõe nossa atmosfera.....	50
Figura 6: Movimento Browniano.	52
Figura 7: Relação entre temperatura e velocidade da molécula.....	53
Figura 8: Modelo atômico de Dalton.....	54
Figura 9: Modelo atômico de Thomson.....	55
Figura 10: Modelo atômico de Rutherford.....	56
Figura 11: Modelo atômico de Bohr.	57
Figura 12: Representação de um recipiente para movimentação das moléculas. 58	
Figura 13: Faces do recipiente onde ocorrerão as colisões das moléculas com as paredes	59
Figura 14: Simulação do movimento horizontal de uma molécula de gás.	60
Figura 15: Deslocamento da molécula no sentido positivo.....	62
Figura 16: Deslocamento da molécula no sentido negativo.....	62
Figura 17: CNSSC em 1963.	71
Figura 18: CNSSC atualmente.	72
Figura 19: Estados físicos da matéria	73
Figura 20: Simulador de propriedade da matéria	74
Figura 21: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.	87
Figura 22: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.	87
Figura 23: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.	88
Figura 24: Coleta de informações.....	90
Figura 25: Coleta de informações.....	90
Figura 26: Simulador PHET.....	93
Figura 27: Produto educacional.....	93
Figura 28: Alunos manipulando o produto educacional.	94

Figura 29: Alunos manipulando o produto educacional.	94
Figura 30: Destaque do termômetro no simulador PHET	96
Figura 31: Representação da transferência de energia.	97

SIGNIFICADO DAS GRANDEZAS UTILIDADAS NO TRABALHO

P = Pressão

F = Força aplicada

A = Área de contato entre a molécula e a face do recipiente

\vec{v} = Velocidade da molécula

$\vec{}$ = Este símbolo significa que a grandeza é uma grandeza vetorial necessitando de direção, intensidade e sentido

m = Massa da molécula

$\Delta\vec{p}$ = Variação da quantidade de movimento

\vec{v}_i = Velocidade inicial da molécula

\vec{v}_f = Velocidade final da molécula

n = Número de mols ou moles

M_M = Massa molar da molécula

E_c = Energia cinética

ΔX = Deslocamento

Δt = Intervalo de tempo

V = Volume ocupado pelo gás

R = Constante universal dos gases ideais

T = Temperatura absoluta

\vec{F} = Força aplicada

\vec{v}_x = Velocidade da molécula na direção X

L = Comprimento do recipiente

$2L$ = Distância percorrida pela molécula para obter dois contatos com a superfície de contato A

F_{xi} = Força aplicada por uma molécula que iremos denomina-la de molécula

"i" v_x^2 = Velocidade quadrada da molécula "i" na direção X

$\sum_{i=1}^N$ = Somatório das moléculas que estão dentro do recipiente, onde a molécula "i" equivale ao número 1 e N equivale ao número total de molécula

v_{x1}^2 = Velocidade quadrada da molécula 1 na direção X

v_{x2}^2 = Velocidade quadrada da molécula 2 na direção X

v_{x3}^2 = Velocidade quadrada da molécula 3 na direção X

v_{xN}^2 = Velocidade quadrada da molécula N na direção X, onde N é o número total de moléculas

$v_{x\text{média}}^2$ = Velocidade quadrada média de todas as moléculas na direção X

$F_{x\text{total}}$ = Somatório da força de todas as moléculas

$3v_{x\text{média}}^2$ = Soma das velocidades quadradas das moléculas

v_x^2 média = Velocidade quadrada da molécula na componente X

v_y^2 média = Velocidade quadrada da molécula na componente Y

v_z^2 média = Velocidade quadrada da molécula na componente Z

v^2 = Velocidade quadrática média das

moléculas $m_{\text{gás}}$ = Massa da molécula de gás

UNIDADES DE MEDIDA DAS GRANDEZAS UTILIZADAS NO TRABALHO

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	Metro	M
Massa	Quilograma	Kg
Tempo	Segundo	S
Temperatura	Kelvin	K
Área	Metro quadrado	m ²
Volume	Metro cúbico	m ³
Força	Newton	N
Temperatura	Kelvin	K
Velocidade	Metro por segundo	m/s
Pressão	Pascal	Pa; N/m ² ; atm
Energia	Joule	J
Potência	Watt	W
Quantidade de calor	Calorias ou Joules	cal ou J
Massa molar	Gramas por mol	g/mol
Quantidade de movimento	Quilograma metro por segundo	Kg m/s
Número de mol	Mol	Mol
Constante universal dos gases ideais (0,082)	Litro atmosfera por kelvin mol	L atm / K mol

RESUMO

Esta pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de apresentar uma sequência didática para o professor do Ensino Fundamental I de maneira a facilitar a compreensão dos conceitos de temperatura e calor. O trabalho foi escrito se baseando nas teorias construtivistas de aprendizagem de David Ausubel, em sua teoria de aprendizagem significativa e Jean Piaget, com sua teoria do desenvolvimento cognitivo. Foi feito um resgate histórico sobre a Termodinâmica, mais precisamente a evolução dos conceitos de temperatura e calor, abordando sua contribuição para o desenvolvimento da sociedade global. Nesta proposta sugere-se uma sequência de aulas experimentais para despertar o interesse científico e investigativo dos alunos, possibilitando ao aluno interpretar e compreender os fenômenos físicos de seu cotidiano. Para demonstrar a relação entre energia cinética das moléculas de um gás confinado em um recipiente e sua temperatura, foi desenvolvido um simulador manual de agitação de moléculas e energia. Os alunos do Ensino Fundamental I podem manipular o simulador de maneira que se possa estabelecer uma relação de energia, através das batidas no simulador, e a velocidade dos movimentos das bolinhas de isopor no interior do simulador.

Palavras-chave: sequência didática, temperatura, calor, aprendizagem significativa, desenvolvimento cognitivo, moléculas, Ensino Fundamental I, simulador.

ABSTRACT

This research was developed in order to present a didactic sequence for the Elementary School teacher 1 in order to facilitate the understanding of the concepts of temperature and heat. The work was written based on the constructivist learning theories of David Ausubel on his theory of meaningful learning and Jean Piaget on his theory of cognitive development. A historical review of thermodynamics, was made, specifically the evolution of the concepts of temperature and heat, addressing its contribution to the development of global society. This proposal suggests a sequence of experimental classes to arouse the students' scientific and investigative interest, enabling the student to interpret and understand the physical phenomena of their daily lives. To demonstrate the relationship between kinetic energy of molecules in a gas confined in a container and their temperature, a manual molecule stirring and energy simulator was developed. Elementary students 1 can manipulate the simulator so that an energy relationship can be established by tapping on the simulator and the speed of movement of the Styrofoam balls inside the simulator.

Keywords: didactic sequence, temperature, heat, significant learning, cognitive development, molecules, elementary school 1, simulator.

1. INTRODUÇÃO

Neste estudo, abordam-se conceitos de temperatura e calor, através de experimentação prática, simulando a transferência de energia térmica (calor) de um corpo para o outro ou entre duas substâncias, sugerindo a relação entre energia térmica e temperatura. A aplicação desse trabalho será direcionada para crianças com idade entre oito anos e doze anos, sugerindo ao professor de Ensino Fundamental I, uma sequência didática para desenvolver a relação entre os conceitos de calor e temperatura. Nesta fase da vida, segundo Piaget, a criança consegue desenvolver noções de velocidade, tempo, espaço, deslocamento e com isso é capaz de relacionar diferentes aspectos com seu cotidiano. Esta é uma proposta de enriquecimento para as aulas de Ciências através de aulas experimentais elaboradas de forma simples e objetiva, com situações diretamente ligadas ao cotidiano dos alunos. Para isto destaca-se a importância da experimentação no despertar da motivação do aluno, e também do próprio professor que está ministrando sua aula de forma mais relacionada com a rotina do aluno.

Para atingir o objetivo da aula, é necessário o envolvimento do professor em todo processo, servindo como mediador do conhecimento científico e aplicar uma boa transposição didática do saber sábio, passando para o saber a ensinar e, por este, ao saber ensinado. Segundo estudos de teorias de aprendizagem, como os de Jean Piaget em “a psicologia da inteligência”, David Ausubel em “psicologia educacional” e outros, são nessa fase da infância que a criança constrói conceitos e tem melhor absorção de conhecimentos. Para Piaget (2007 e 2013), e Ausubel (1980), a construção de conhecimento para este estágio se dá por assimilação e acomodação. Onde o indivíduo constrói mentalmente seus esquemas de assimilação relacionando-os com a sua realidade e, segundo Moreira (1999), a acomodação leva a construção de novos conceitos de assimilação, ou seja, seria a reestruturação chamada de equilíbrio, que segue até a idade adulta.

No geral, a educação brasileira é marcada por um conjunto de deficiências e problemas, que requerem urgentes mudanças, e em relação às ciências naturais o problema é ainda mais grave (GONCALVES, 1992). Para

GONÇALVES, a educação em nossa sociedade, através do processo de transmissão e assimilação ativa de conhecimentos e habilidades, deve ter em vista a preparação de crianças e jovens para uma compreensão mais ampla da realidade social.

No Brasil, enfrentamos algumas dificuldades de aprendizagem, principalmente nas séries iniciais, e em relação às ciências exatas. Neste trabalho será desenvolvida uma sequência de aulas da disciplina de Física, cujos conceitos não são abordados de forma mais direta, mesmo fazendo-se presente no cotidiano do educando. Os estudantes, em sua grande maioria, só se preocupam com a aprovação no final do ano, e isso é comprovado nas provas que existem de nível nacional, como prova Brasil, Olimpíadas de Matemática, Olimpíadas de Física, Enem entre outros (LUCKESI, 2008). Onde as escolas públicas estão sempre posicionadas nos últimos lugares.

Os alunos têm sua atenção centrada nas promoções, o que predomina é a nota, não importa como elas são obtidas, nem por quais caminhos. São operadas e manipuladas como se nada tivessem a ver com o percurso ativo do processo de aprendizagem. (LUCKESI, 2008).

A falta de conhecimento dos alunos, por se tratar de um fato novo, poderá ser minimizada com novas propostas de metodologias voltadas para o educando. Que em sua formação inicial dos primeiros anos de vida escolar não tem um contato com conceitos teóricos de Física, como acontece com conceitos e fundamentos de biologia como, por exemplo, a visualização de células, acompanhar o desenvolvimento de insetos dentro de uma estufa de vidro, etc.

Um grande desafio que se tem nas escolas, principalmente de Ensino Fundamental, é fazer atividades que envolvam a participação dos alunos. A transmissão do conhecimento é um desafio constante para o professor, seu papel é de extrema importância para o crescimento intelectual do aluno. É fundamental que o professor se perceba no papel de agente de transformação e estimule seus alunos a perceberem e discutirem a realidade ao qual estão

inseridos. Porém, nem sempre os professores têm uma formação adequada para exercer sua função, segundo Libâneo e Pimenta (1999), tem sido unânime a insatisfação de gestores, pesquisadores e professores com as formas convencionais de se formar professores em nosso país. A LDB 9.394/96, em seu art. 62, estabelece que uma formação mínima para um profissional lecionar nos anos iniciais, Fundamental e Médio e Ensino Superior.

Para o Ensino Fundamental I, os professores, em sua maioria, são graduados em Pedagogia, onde a grade curricular deste curso não dá muita ênfase nas disciplinas de ciências exatas, principalmente em disciplinas de práticas de laboratório que contemplem experimentos das disciplinas de Química, Física e Biologia. Muitas vezes esta deficiência na formação dificulta a metodologia do professor dentro da sala de aula onde ele tem que desenvolver atividades motivadoras para despertar o interesse aos estudantes.

Com intuito de minimizar esses problemas, será proposta a construção de um simulador composto por bolinhas de isopor dentro de um recipiente, que ao receber a batida de um bastão metálico, as bolinhas começam a se movimentar e a colidir entre elas, e este experimento irá representar o movimento de moléculas de gás e que possibilitará ao professor abordar o tema e demonstrar esse comportamento de forma macroscópica. Com o produto pedagógico, o professor poderá aplicar uma sequência de aulas de forma dinâmica, sendo capaz de explicar o comportamento microscópico de forma macroscópica, proporcionando aos alunos visualizarem o movimento nas suas causas e consequências. Além disso, será apresentado para o professor um texto base, contendo uma sugestão de sequência de aulas que servirá de suporte pedagógico e conceitual para o desenvolvimento do trabalho em sala de aula.

O professor José Carlos Antonio, do Projeto e Edição Instituto NET Claro Embratel, desenvolveu um trabalho semelhante, mas voltado para o Ensino Fundamental II. O professor José através de uma sequência de aulas relacionou conteúdos importantes como energia cinética, condução de calor e energia térmica. O trabalho do professor José está disponível no <https://www.institutonetclaroembratel.org.br/educacao/para-ensinar/planos-de-aula/16470/>. Trabalhos voltados para o Ensino Fundamental I, tentando

expressar a relação entre os conceitos de calor e temperatura não são desenvolvidos com certa frequência. Este trabalho é de grande valia para o processo de ensino de conceitos científicos, pois segundo Piaget (2007), a criança nesta fase da vida tem facilidade em relacionar conceitos e formar convicções sobre o contexto abordado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Através de observações em sala de aula, sobre o perfil do aluno que inicia o Ensino Médio, nota-se que ele chega nessa etapa de sua vida acadêmica praticamente sem o instinto investigativo, sem curiosidade de entender o funcionamento de equipamentos eletrônicos, como o celular, que ele fica, praticamente, em contato a maior parte do seu dia. Este é o perfil de aluno que temos, em sua grande maioria, nas escolas de todo o país, e cabe ao professor em sala de aula, propor atividades que cause entusiasmo em seus alunos.

A ciência pode ser fonte de prazer, caso possa ser concebida como atividade criadora [...] a curiosidade, a imaginação e a criatividade deveriam ser consideradas como base de um ensino que possa resultar em prazer. (Pietrocola, 2004, p.132-133)

O Ensino das Ciências como Física, Química e Biologia deveria ser mais explorado nas turmas de Ensino Fundamental, onde o aluno está construindo a base de seus conhecimentos que ficará enraizado em sua estrutura cognitiva, servindo como base para outros conhecimentos. Neste caso o Ensino das Ciências é de fundamental importância no quesito de orientar e desenvolver o sentimento de curiosidade e interesse do cidadão em entender o mundo que o cerca, formando cidadãos questionadores capazes de obter compreensão de seu cotidiano. A educação das Ciências nos anos iniciais deve privilegiar o conhecimento das complexas e vitais relações entre o homem, a natureza, a tecnologia e a sociedade (KINDEL, 1997 e FUMAGALLI, 1998).

Entre o Ensino Fundamental I e o Ensino Médio, onde são abordados os conceitos de Física, temos um longo intervalo de tempo e muitos alunos chegam ao ensino médio sem conhecer ou ter a simples noção de conceitos científicos simples. Nesta proposta de ensino para o Ensino Fundamental I, sugere-se a aplicação de aulas experimentais como forma de despertar o senso científico e investigativo do aluno, para que ao chegar ao Ensino Médio, ele tenha condições de agregar novas informações aos seus conhecimentos prévios, ancoradas em suas estruturas cognitivas. De acordo com Moreira

(1999, p.163 *apud* Ausubel, 1968, 78, 80) “...o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo”.

O tema proposto é relevante neste sentido, porque o professor tem a oportunidade de apresentar ao aluno o contexto científico e principalmente a demonstração de conceitos fundamentais e suas evoluções que ao longo da história são utilizados em nosso cotidiano. Assim o aluno receberá um conhecimento que irá auxiliar na compreensão de alguns fenômenos e ainda identificar as contribuições para a sociedade moderna. Nesta proposta os conceitos de física são abordados no Ensino Fundamental I, onde os alunos estão em plena transformação corporal e cognitiva, possibilitando a absorção da informação e conseqüentemente, a aprendizagem.

O tema que se deseja abordar é a relação entre o conceito de calor e de temperatura, que muitas vezes nos dias atuais é confundido como sendo a mesma coisa, esta confusão atinge até os meios de comunicação. A temperatura foi provavelmente uma das primeiras grandezas físicas que despertaram a curiosidade da humanidade durante muito tempo, até os séculos XVIII e XIX, o conceito de temperatura foi confundido com o conceito de calor.

1.3 HIPÓTESE

Aulas experimentais podem complementar as aulas de Ciências, de maneira que possa proporcionar ao aluno e ao professor de Ciências a oportunidade de visualizar uma representação do fenômeno Físico trabalhado em sala de aula.

Os conteúdos teóricos, trabalhados em sala de aula, podem ser associados com uma metodologia que possibilite ao aluno um maior protagonismo no processo de aprendizagem, uma vez que o professor será o mediador e não o detentor de todo conhecimento.

Os Fenômenos microscópicos podem ser compreendidos e explicados a partir de um modelo macroscópico que represente as circunstâncias reais do comportamento microscópico, possibilitando uma visualização, procurando relacionar a teoria com a prática.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GERAL

Elaborar uma sequência didática para a compreensão dos conceitos físicos de calor (energia térmica) e temperatura no Ensino Fundamental I, utilizando aulas experimentais para construir e compreender a relação direta entre os dois importantes para a história da Física.

1.4.2 ESPECÍFICOS

Desenvolver um simulador macroscópico e manual que expresse o comportamento de uma molécula de gás, confinada em um recipiente, para que se tenha noção do movimento aleatório das demais moléculas no interior de um recipiente.

Proporcionar aos alunos o contato com o simulador, de maneira que possam visualizar o movimento das bolinhas de isopor, à medida que se aumente a frequência de batidas no fundo do simulador, a velocidade e o número de colisões entre as bolinhas aumentem.

Desenvolver para o professor de Ciências, um material pedagógico que possa facilitar sua explanação teórica sobre os conceitos de temperatura e calor, auxiliando o aluno a construir os conceitos físicos.

Proporcionar ao professor, meios pedagógicos diversificados para despertar no aluno, de Ensino Fundamental I, a motivação no dia-dia da sala de aula frente aos conteúdos programáticos e conseqüentemente facilitar a transposição didática do professor referente aos conceitos fundamentais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTRUTIVISMO

Construtivismo é uma teoria de aprendizagem, que defende o entendimento da aprendizagem como sendo fruto da interação do indivíduo com o ambiente onde vive e como se dá esse processo. Esta linha de pensamento tem como um dos seus principais fundamentos a construção e formação da estrutura cognitiva, objetivando a transformação do conhecimento do ser humano.

As pessoas interagem com o ambiente por meio de categorias ou sistemas de classificação que lhes permitem tratar eventos ou objetos diferentes, como se fossem equivalentes. A informação de entrada é, dessa forma, organizada em categorias preexistentes ou leva à formação de novas. (Lefrançois, 2008, p.230).

Conhecida também como teoria cognitivista destaca como um indivíduo conhece seu mundo cotidiano ou até mesmo como adquire conhecimento a partir dele e principalmente como absorver este conhecimento. O crescimento da estrutura cognitiva do homem se dá em ambientes naturais de interação social, tendo a capacidade de aprender utilizando-se do próprio meio. O homem tem a necessidade de compreender o mundo a sua volta, segundo Moreira (1999, p.15) “o ser humano tem a capacidade criativa de interpretar e representar o mundo, não somente responder a ele”.

A construção do conhecimento humano se dá pelo uso da razão, tendo o objetivo de atingir níveis de raciocínio lógico e argumentativo na compreensão de fenômenos e situações cotidianas. Na aprendizagem cognitiva defende-se o armazenamento de forma organizada de informações na mente de quem está aprendendo, independentemente da idade, entende-se que o ser humano está em constante aprendizado. Segundo Lakomy (2008, p.30),

“como mecanismo de adaptação do indivíduo a uma situação inusitada, a inteligência implica o desenvolvimento contínuo de estruturas que viabilizem a adaptação do organismo ao meio.”

Nesta teoria de aprendizagem busca-se esclarecer o comportamento humano, em que o sujeito e meio onde ele vive se relacionam em um processo que resulta na construção de estruturas cognitivas.

...não pode ser concebido como algo predeterminado nem nas estruturas internas do sujeito, porquanto estas resultam de uma construção efetiva e contínua, nem nas características preexistentes do objeto, uma vez que elas só são conhecidas graças à mediação necessária dessas estruturas, e que essas, ao enquadrá-las, enriquecem-nas... (Piaget, 2007, p.1).

O papel do homem é conhecer e aprender com seu mundo e estes conhecimentos podem contribuir em suas tomadas de decisões e até mesmo em suas ações. Desta forma espera-se entender a mente no processo de aprendizagem, adquirindo um determinado conhecimento, por descoberta, e como, de que forma, isto é utilizado. Para Lefrançois (2008), “*essa ênfase na aprendizagem pela descoberta parte da premissa de que a formação de sistemas de codificação genéricos requer a descoberta de relações*”. No Brasil, somente após meados da década de 1950, é que esta forma de aprendizagem ganhou força com Jean Piaget e Lev Vygotsky, quando defendem que o conhecimento é constituído de ambientes de interação social. Os estudiosos desta teoria tentam explicar que a interação do sujeito e objeto, resulta em construção e reconstrução das estruturas cognitivas.

Na proposta de ensino construtivista o conhecimento é tratado como uma construção gradativa de conceitos interligados, recorrentes à sua rotina cotidiana. Para Lakomy (2008, p.31), à medida que a criança passa a interagir com o mundo ao seu redor, ela começa a atuar e a modificar ativamente a realidade que a envolve. A criança desenvolve sua estrutura cognitiva através de uma permuta infinita com o meio, interpretando e organizando ações colocadas em prática e posteriormente reutiliza-las, com rápidas modificações, em situações futuras para atingir novos objetivos.

O esquema de ação é a primeira condição da ação, isto é, da troca da criança com o meio. Ele é utilizado pela criança como estratégia de ação generalizável para que possa adaptar-se e desequilibra-se. Para superar este desequilíbrio e adaptar-se, constrói novos esquemas de ação, que levam à produção de conhecimentos cada vez mais complexos. (Lakomy, 2008, P.32)

No ensino baseado na teoria construtivista, o professor desempenha uma função fundamental na construção da estrutura cognitiva do aluno, pois, cabe a ele criar um ambiente propício ao desenvolvimento dos seus alunos. Ao desenvolver atividades para os alunos, o professor tem que ficar atento em alguns pontos como a interação professor-aluno, cooperação mútua entre alunos e principalmente a autonomia dos alunos. Durante as atividades propostas, o professor deve ficar atento a cada aluno e/ou grupo de alunos para auxiliar quando necessário, discutir regras a serem seguidos, elogios e reflexões aspirando ao desenvolvimento sociocultural do aluno.

Muitas pesquisas já demonstraram que, em um ensino, quando se aumentam as oportunidades de discussão e de argumentação, também se incrementa a habilidade de compreender os temas ensinados e os processos de raciocínio envolvidos. (Sasseron e Carvalho, 2011, p.29)

A conceituação é um processo que tem sua origem na reconstrução da informação armazenada, possibilitando a elaboração gradativa de noções que são base para a explicação dos fenômenos naturais. A necessidade de incorporar uma nova explicação sobre um determinado fenômeno é o princípio da consolidação de um conceito.

2.2 - O ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL I

O ensino de Ciências Naturais, segundo Kindel (2012), está à disposição dos alunos brasileiros desde 1930, onde eram reunidas três áreas: Biologia, Física e Química, que estão unidas até os dias atuais no ensino fundamental I e II. Até 1971, o ensino de Ciências era ofertado somente nas duas séries finais do curso ginásial (hoje Ensino Fundamental II), “com a lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971, os quatro anos iniciais e os quatro anos do ginásial deram origem ao 1º grau, esta disciplina passou a compor a grade curricular dos oito anos do Ensino Fundamental” (Constituição Federal). Em 1996, com a Lei das Diretrizes e Bases da Educação, (LDB), o 1º grau passa a ter a nomenclatura de Ensino Fundamental, fazendo parte da educação básica e obrigatória, contemplando conteúdos como Ensino de Língua Portuguesa,

matemática, conhecimentos do mundo físico e natural, bem como da realidade social e política (especialmente a brasileira), artes, educação física e música (LDB, 1996, Art,4 e Art,9)

A grade curricular do Ensino Fundamental I, contempla conceitos fundamentais de física englobados na disciplina de ciências. O primeiro contato acontece no chamado primeiro ciclo (Primeiro ciclo são alunos do 1º, 2º e 3º ano do Ensino Fundamental.), com realização de experimentos simples sobre objetos e materiais que fazem parte do ambiente do aluno, investigando suas características e propriedades. Já no segundo ciclo (Segundo ciclo são alunos do 4º e 5º ano do Ensino Fundamental), o aluno tem contato com o conteúdo de energia e suas diferentes manifestações, como luz, calor, eletricidade e som. Segundo o PCN de Ciências Naturais (1997, p.58), o objetivo “é conhecer alguns processos de transformação de energia na natureza por meio de recursos tecnológicos”.

Mostrar a ciência como conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, e a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental. A apropriação de seus conceitos e procedimentos pode contribuir para o questionamento de que se vê e ouve, para a ampliação das explicações acerca dos fenômenos da natureza para compreensão e valoração dos modos de intervir na natureza e utilizar seus recursos, para compreensão dos recursos tecnológicos que realizam essas medições, para a reflexão sobre questões éticas implícitas nas relações entre Ciência, Sociedade e tecnologia. (PCN, 1997, p.23-24)

No Ensino Fundamental I, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), o currículo escolar para o Ensino de Ciências é constituído pelas disciplinas Astronomia, Biologia, Física, Geociências e Química, para Campos (2009, p.25), “atualmente, o ensino de Ciências como investigação é sugerido principalmente para alunos a partir dos 10 anos”. Para Pietrocola (2004, p.132-133), “a ciência pode ser fonte de prazer, caso possa ser concebida como atividade criadora [...] a curiosidade, a imaginação e a criatividade deveriam ser consideradas como base de um ensino que possa resultar em prazer”.

Nos dias atuais, estamos cercados de tecnologias modernas, das quais nos beneficiamos diariamente, sendo empregadas em todos os lugares como, por exemplo, computadores, celulares, ferramentas, roupas, etc... são exemplos simples ao qual temos contato diariamente. Neste caso o Ensino de Ciências é de fundamental importância no quesito de orientar e desenvolver o sentimento de curiosidade e interesse do cidadão em entender o mundo que o cerca, formando cidadãos questionadores e usuários responsáveis dessa tecnologia.

Ser cidadão significa participar e lidar com segurança com a complexidade do mundo para intervir nele criativamente, para isso [é necessário compreender as relações humanas como complexas, diversas, situadas e historicamente construídas. (Kindel, 2012, p.14)

Nesta faixa de idade, entre 6 anos e onze anos, a criança já tem contato com filmes de ficção científica, onde são abordados conceitos físicos e tecnológicos que nem sempre estão corretos. Desta forma, o aluno começa a questionar algumas situações que podem ser abordadas e explicadas nas aulas de Ciências pelo professor, que pode sintetizar ideias e opiniões trazidas pelos alunos. Para Kindel (1997), “A educação em Ciências nos anos iniciais, deve privilegiar o conhecimento das complexas e vitais relações entre o homem, a natureza, a tecnologia e a sociedade”. Em muitas ocasiões os conceitos Físicos, demonstrados nos filmes, são passados de maneira equivocada e o Ensino de Ciências pode contribuir para o desenvolvimento da alfabetização científica.

...além de contribuir para despertar o prazer pelo estudo de Física, permite uma integração entre ela e a linguagem e supera as impossibilidades materiais usadas como argumento em diversas escolas e professores com falta de laboratórios e materiais específico... (Lima, 1995, p.117)

Para uma criança, o estudo da Ciência abre um mundo totalmente novo, mais complexo e extremamente rico, compreendendo detalhes e conseguindo destacar conceitos em todo seu cotidiano. Isto desperta na criança uma conscientização da importância de suas ações perante a sociedade, como por exemplo, a preservação do meio ambiente ao qual tudo

está interligado. Para This (1998), A criança pode não perceber, mas em sua própria casa existe um “laboratório de ciências” ao seu dispor, conhecida como cozinha. Neste ambiente acontecem reações químicas, transformações gasosas, mistura de soluções, transferência de energia e muitas situações onde são empregados diversos conceitos Físicos e Químicos, que são abordados na escola pelo professor.

Os alimentos são misturas químicas (mas o que não é uma mistura química no nosso ambiente?) e as qualidades que buscamos modificar pelo cozimento são manifestações das propriedades químicas dessas misturas: quando compostos aromáticos se formam na superfície de um assado é o resultado de uma reação química; quando os cogumelos escurecem após terem sido cortados é fruto de uma reação química; quando o arroz integral amolece no cozimento é ainda uma reação química. (This, 2008, p.11-12)

A intenção de exercitar a Ciência na sala de aula não é transformar estudantes em pequenos cientistas, como era a visão tecnicista do início da década de 1950, e sim fazer o aluno pensar e compreender o mundo em seu cotidiano, como o funcionamento de um equipamento eletrônico, conseguir ler e interpretar de maneira correta um manual de instalação de qualquer eletrodoméstico, entender o porquê da panela de pressão fica jogando vapor no ambiente, etc. Em 1996 a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9394/96 (BRASIL, 1996) tem em seu primeiro artigo “A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais, propondo que a educação escolar deixa de ser apenas transmissora do conhecimento, passando a agregar o mundo do trabalho e a prática social”.

“Além dos trabalhos nos espaços escolares comuns, sugerimos um conjunto de alternativas que possam contribuir para uma nova ecologia de aprendizado, levando os participantes a aprender também fora da sala de aula, para assim ampliar e fortalecer sua visão de mundo.” (Krasilchik, 2007, p.11)

O processo chamado de alfabetização científica é contínuo e extrapola o período escolar, sendo o conhecimento diariamente ampliado, estando sempre em um crescente. A educação científica está interligada com as

necessidades básicas da humanidade refletindo em tomadas de decisões, de forma consciente, na mudança de hábitos com intuito de preservar a saúde e bem-estar da população. Levar o conhecimento da Ciência, como um todo, à comunidade em geral é uma necessidade que influencia diretamente na sobrevivência do homem, ao qual tem a dependência de ampliar seus conhecimentos para usufruir de seus resultados tecnológicos. Na concepção de Lorenzetti; Delizoicov (2001), a alfabetização científica nos anos iniciais, é entendida “[...] como o processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade.”

Fica evidenciado a necessidade da inclusão da educação científica nas series iniciais para contribuir na formação do cidadão e na compreensão do mundo ao seu redor.

Numa sociedade em que se convive com a supervalorização do conhecimento científico e com a crescente intervenção da tecnologia no dia-dia, não é possível pensar na formação de um cidadão crítico à margem do saber científico (BRASIL, 1997, p.21).

2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID PAUL AUSUBEL

Filho de imigrantes judeus, David Paul Ausubel, nasceu em 25 de outubro de 1918 em Nova York, Estados Unidos. Formou em Psicologia pela University of Pensilvânia no ano de 1939, e graduou-se em Medicina na Middlesex University em 1943, prestando serviços médicos aos sobreviventes da segunda guerra mundial. Em 1950 concluiu o Doutorado em Psicologia, na University of Columbia, quando inicia seus estudos direcionados para a aprendizagem significativa, sua teoria contribuiu para o desenvolvimento de estudos que valorizaram a relação professor-aluno.

Ausubel (1918-2008) colocou em prática sua teoria de aprendizagem na década de 1960, ressaltando a aprendizagem de conceitos como sendo a mais relevante para o ser humano. O intuito dessa aprendizagem é buscar novas alternativas para práticas educacionais, que vem a ser uma inovação frente às ideias tradicionais de educação. Ausubel (1918-2008) afirma que os

conhecimentos que o aluno, traz em sua estrutura cognitiva, chamados de conhecimentos prévios, sejam valorizados de maneira que se possam construir estruturas mentais, e que possibilitam descobrir ou redescobrir conhecimentos. Para Moreira (1999, p.11) “os organizadores prévios são materiais instrucionais que se destinam a facilitar a aprendizagem significativa de tópicos específicos, ou série de ideias estreitamente relacionadas”. O conceito principal da teoria de aprendizagem de Ausubel é o de aprendizagem significativa, onde uma nova informação é armazenada pelo indivíduo em sua estrutura cognitiva juntando-se ou ancorando-se aos conhecimentos prévios, já existentes em sua estrutura cognitiva. A aprendizagem significativa implica na aquisição de novos conhecimentos, ou ainda, é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspectos relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com a estrutura de conhecimento específica... (Moreira, 1999, p.153)

Segundo Ausubel, para obter aprendizagem, uma nova informação tem que relacionar-se com o que ele chama de fator relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. No caso de uma sala de aula, o professor tem papel fundamental que é o de ensinar, aproveitando o que o aluno já traz na sua estrutura, o conhecimento do seu cotidiano, segundo Moreira, (1999, p.152) para Ausubel, “o fator isolado que mais contribui na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”. Este fator isolado, Ausubel chama de subsunçor, ou informações preexistentes na estrutura cognitiva ou estruturas hierárquicas de conceitos que é ancorado a uma nova informação. A aprendizagem significativa resulta na mudança de concepção e a reestruturação de um novo conceito, facilitando a compreensão de novas informações. As relações entre novos conhecimentos e antigos conhecimentos tem caráter hierárquico, de modo que a estrutura cognitiva é organizada de acordo com o grau de abstração e generalização dos conceitos.

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do

indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos. (Moreira, 1999, p.152)

A aprendizagem significativa acontece por diversas maneiras, porém destacamos a recepção do conhecimento, relatado por Moreira (2010), “como sendo, aquela que em todo o conteúdo que irá ser aprendido será apresentada ao aluno na sua forma final ou por descoberta onde se apresenta de forma mecânica”. Para ambos os casos a aprendizagem ocorre quando se tem uma interação entre conceitos relevantes (subsunçores) e o novo contexto a ser aprendido.

A aprendizagem significativa para Ausubel, só ocorre quando se tem algumas condições que devem ser priorizadas na construção do conhecimento.

- Subsunçores, definido por Ausubel como um conceito preexistente na estrutura cognitiva e capaz de ser relacionado com uma nova informação, trazendo para o indivíduo um novo significado.
- Aluno disposto a aprender, este é um fator fundamental no processo ensino e aprendizagem; o aprendiz tem que se manifestar de tal forma que ocorra uma disposição para aprender.
- Conteúdo escolar, que neste caso deve estar relacionado com a estrutura cognitiva do aluno, sendo potencialmente significativa sua relação com o subsunçor.

Ocorrendo relação entre as três condições aprendizagem, interconexões mentais e conhecimentos tornam-se peças fundamentais no processo de construção do conhecimento. Para ocorrer a aprendizagem significativa é necessário que o aluno esteja disposto a aprender e que o conteúdo a ser aprendido seja significativo e motivador. “...condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva”. (Moreira, 1999, p.156).

O novo conhecimento, agora ancorado à estrutura cognitiva do aprendiz, poderá se tornar um subsunçor que servirá de ponto de ancoragem para um conhecimento a ser aprendido. Desta forma o subsunçor inicial é alterado quando a nova informação foi absorvida, com isto a estrutura cognitiva

torna-se processada e agregada, possibilitando a compreensão de diversos conceitos posteriores. Algumas vezes não ocorre interação entre a nova informação e o subsunçor ancorado na estrutura cognitiva do aluno, sendo o conhecimento simplesmente armazenado, neste caso não ocorreu a aprendizagem significativa e sim uma aprendizagem mecânica. Este tipo de aprendizagem contribui muito pouco ou quase nada para mudança da estrutura cognitiva do aluno. Uma maneira de a aprendizagem mecânica contribuir para aprendizagem, será quando o aluno não possui um conceito ancorado na estrutura cognitiva, neste caso o resultado da aprendizagem mecânica irá se tornar um subsunçor para futuros conhecimentos.

O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, se ligando a subsunçores específicos é chamada por Ausubel de reconciliação interativa, que pode ser utilizada como retomada de conteúdos e com isso relembrar as atividades feitas em aulas anteriores. Para Lakomy (2008), “somos capazes de absorver novas informações sem, no entanto, associá-las a conceitos já existentes em nossa estrutura cognitiva”. Quando o aluno não possui o subsunçor, é necessário que utilize materiais introdutórios, chamados de organizadores prévios, onde o nível de abstração apresenta-se acima do nível do aluno. A aprendizagem de novas informações, com pouca ou nada de associação com conceitos ancorados na estrutura cognitiva, é chamado por Ausubel como rote learning. Desta forma a nova informação não tem interação com a informação já armazenada, ficando o conteúdo de forma arbitrária sem ligação com os subsunçores. Para Moreira (1979).

Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e rote learning como sendo uma dicotomia e sim como um continuum. Da mesma forma, essa distinção não deve ser confundida com a distinção entre a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção.

Nesta proposta pedagógica a criança é apresentada a uma sequência didática, onde é necessário possuir conhecimentos prévios e de ordem cronológica para manusear equipamentos como termômetros, frascos, substâncias e claro, a aplicação do produto educacional. A aprendizagem significativa é evidenciada cada vez que é proposto um tema novo e que para

obter êxito é necessário que se tenha assimilado de forma satisfatória o tema anterior, formando uma sequência lógica para compreensão de conceitos físicos. Em meio a está constatação fica demonstrado que ocorre uma assimilação de conceitos científicos e que diante de uma nova informação a criança tem condições de relacionar com a informação já existente, conseguindo alterar a informação antiga e reconstruir uma nova informação que servirá para assimilar novas informações.

2.4 TEORIA DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO DE PIAGET

Jean Willian Fritz Piaget, nasceu em 9 de agosto de 1896, em Neuchâtel, Suíça. Seu pai era professor de História Medieval, Piaget era uma criança excepcional, pois, aos 11 anos de idade, publicou seu primeiro artigo sobre um pardal albino que observara em um parque da cidade onde morava. Com 19 anos licenciou-se em Ciências Naturais e em seguida, em Filosofia, finalizando seu doutorado aos 22 anos. Aos 23 anos, Piaget mudou-se para França, onde estudou Psicopatologia, Lógica, Epistemologia e Filosofia da Ciência, e foi convidado a trabalhar com o psicólogo Alfred Binet (um dos criadores dos testes de QI). Foi nessa época, que Piaget começou a se interessar pelo desenvolvimento cognitivo de crianças e atentando para a evolução cognitiva da criança de acordo com a idade dela. Aos 25 anos Piaget foi convidado a fazer parte do Instituto Jean Jaques Rousseau em Genebra, onde iniciou suas pesquisas que resultaram em grandes descobertas como, por exemplo, a Epistemologia Genética.

A teoria desenvolvida por Jean Piaget, conhecida como Epistemologia Genética, tem como fontes, de um lado, o conhecimento científico (epistemologia) e, de outro, a gênese, ou seja, a origem desse conhecimento (genética). (Nogueira, 2015, p.125)

Piaget (1969), desenvolveu uma teoria interacionista e construtivista do desenvolvimento da inteligência humana, para ele “a vida é um sistema aberto, que depende de elementos externos a si próprio para se manter”. Desta forma a construção do conhecimento acontece pela interação sujeito-objeto, e não se

tem nada predeterminado entre sujeito e objeto, a inteligência pode ser definida como formas de adaptação biológica ou equilíbrio com o meio.

...é o alicerce da teoria de Piaget". Para Piaget "todo organismo vivo [...] procura manter um estado de equilíbrio ou de adaptação com o meio. O processo dinâmico e constante do organismo buscar um novo e superior estado de equilíbrio denominado processo de equilibração majorante. (Davis; Oliveira, 1994, p. 37).

Para Piaget, o desenvolvimento da cognição é estruturado em etapas ou períodos do desenvolvimento infantil, onde cada fase marcará a vida da criança em todo seu processo de aprendizagem até atingir a adolescência. As etapas são divididas em sensório-motor, pré-operatório, operacional concreto e operacional formal, cada uma das etapas é referente a certa faixa de idade da criança. Para Carreteiro (2002), "os estágios piagetianos costumam coincidir com aquisições e mudança de comportamentos infantis observáveis por qualquer pessoa", a concepção piagetiana supõe que, ao chegar a um estágio, as capacidades cognitivas sofrem forte reestruturação. Como cada pessoa tem seu tempo de aprendizagem, é evidente que teremos uma diferença de estágios de aprendizagem em crianças de uma mesma faixa de idade, mas ao final desta etapa ocorre a mudança comportamental possibilitando a passagem para o estágio seguinte.

É evidente que todas as crianças passarão por estes períodos e os superarão mais cedo ou mais tarde, dependendo não somente das condições de desenvolvimento biológico de cada uma, mas também do desenvolvimento nos meios sociocultural e familiar em que vivem. (Nogueira, 2015, p. 129)

Todos nós estamos aptos a aprender diariamente, porém como o aluno em idade escolar encontra-se em pleno desenvolvimento cognitivo, a possibilidade de obter sucesso de forma mais rápida na aprendizagem é muito alta, como esta proposta de ensino é para crianças de quarta série do Ensino Fundamental I os alunos estarão com idade entre nove e dez anos. Nesta idade, a criança possui uma maior habilidade para estabelecer relações entre sólidos, líquidos e gases, possibilitando ao professor a utilização de aulas experimentais. Como o produto representará de maneira macroscópica o comportamento microscópico da molécula de gás através da troca de energia,

a criança terá condições de fazer esta relação. O aluno, ao manusear o produto educacional, visualiza o seguinte fato, quanto mais rápido bater no recipiente com a haste de metal maior será a velocidade das bolinhas no interior do recipiente, e quanto maior for a força aplicada na batida sobre o recipiente, maior o número de colisões entre as bolinhas e maior será a altura atingida pelas mesmas devido a transferência de energia.

2.4.1 ESTÁGIO SENSÓRIO-MOTOR

Este período começa no nascimento da criança, com o começo da vida mental, e se estende até por volta dos seus dois anos de vida. Para o recém-nascido sua vida mental se resume aos reflexos hereditários, instintivamente voltados à sua nutrição, esses reflexos melhoram e se aprimoram a cada dia. Iniciando com a sucção para sua nutrição, poucas semanas depois começa a dominar movimentos das mãos e cabeça, possibilitando inclusive identificar de onde são emitidos sons, este fato é evidenciado quando a criança tem o gesto de virar a cabeça na direção do ruído. Após esta fase a evolução é evidente, pois, a criança começa a esboçar sorrisos, reconhece pessoas próximas, pega objetos e a manipula-os aumentando o conhecimento em sua estrutura cognitiva com novos hábitos. “Os conjuntos motores (hábitos) novos e os conjuntos perceptivos, no início, formam apenas um sistema; a esse respeito pode-se falar de esquemas senso-motores”. (Piaget 1999, p.19)

Antes do surgimento da fala, a inteligência se manifesta totalmente prática com a manipulação de objetos, utilizando-se da percepção e movimentos de objetos como forma de expressar sua comunicação. Para Carreteiro (2002), “ao final do período sensório-motor, alcançou-se uma grande interação e diferenciação sensorial dos espaços que produz uma perfeita distinção entre os diferentes espaços práticos”.

2.4.2 ESTÁGIO PRÉ-OPERATÓRIO

Conhecida como primeira infância, este período de desenvolvimento da criança vai dos dois anos de idade até por volta dos sete anos, nesta fase a criança vai reconstruir suas aquisições alcançadas no estágio anterior de forma verbal, ocorrendo mudanças no aspecto afetivo e intelectual. A criança passa a ter mudanças na sua conduta que passam por socialização, pensamento e intuição. Quando a criança começa a dominar a fala, se vê diante de mudanças que são agregadas ao seu mundo anterior, somente no universo físico, como o mundo social e o mundo das representações interiores. A troca de comunicação entre indivíduos é chamada por Piaget como socialização da ação, a criança começa a ter trocas de informações com adultos e com outras crianças. Esta é a fase dos “porquês”, período onde se manifesta a fase egocêntrica do seu pensamento, podendo dificultar a resolução de situações enfrentadas pela criança em seu cotidiano, pois, seu mundo baseia-se em seu próprio ponto de vista.

Este é um período de construção do conhecimento, que Piaget chama de função simbólica, envolvendo o desenho, a imitação, à linguagem e o jogo simbólico, para Piaget o pensamento egocêntrico é uma espécie de jogo simbólico.

Sabe-se que este jogo constitui a forma de atividade inicial de quase toda tendência, ou pelo menos um exercício funcional desta tendência, que ativa ao lado da aprendizagem propriamente dita, e que, agindo sobre este, o reforça. (Piaget 1999, p.28)

Estima-se que nesta fase existe uma inteligência onde a criança utiliza-se da intuição, e não a razão, para solucionar problemas, e essa inteligência prolonga a inteligência sensório-motora preparando a criança para noções técnicas. Para Carreteiro (2002, p.30),

...a aquisição da linguagem não é algo que apareça isolado, mas, sim, que, do ponto de vista piagetiano, faz parte da denominada função semiótica, ou seja, capacidade de utilizar representações dos objetos ou acontecimentos.

2.4.3 ESTÁGIO OPERACIONAL CONCRETO

Este estágio começa por volta dos seis/sete anos e vai até aos onze/doze anos, marcando avanços significativos na estrutura cognitiva, da criança. Surge a capacidade de estabelecer relações de conservação (quantidades de líquidos e sólidos), noções de quente e frio, dimensionar medidas de figuras, etc. Nesta fase da vida, a criança desenvolve o raciocínio lógico sobre as coisas concretas, desaparecendo o comportamento egocêntrico, vivido no estágio anterior, até mesmo com mudanças de atitudes simples, como obedecer às regras de um determinado jogo. Para Piaget (1999), “quanto o comportamento das crianças, constata-se que depois dos sete anos, notável mudança nas atitudes sociais como, por exemplo, no caso dos jogos com regras”. A criança nesta faixa de idade é capaz de estabelecer noções de espaço e tempo, peso e volume das substâncias, de forma que passa a agir pela razão.

Segundo Piaget, “A criança está, portanto, muito ligada à experiência imediata”, então nesta faixa de idade de 7 a 12 anos a criança está em seu estágio de operações concretas possibilitando ao educando maior facilidade de compreender o conceito físico, de maneira lúdica, observando todo o processo ou até mesmo manipulando o experimento até o resultado alcançado,

“Aos jogos e atividades lúdicas tornara-se significativa à medida que a criança se desenvolve com a livre manipulação de materiais variados, ela passa a reconstruir, reinventar as coisas, o que já existe uma adaptação mais completa. Essa adaptação só é possível, a partir do momento em que ela própria evolui internamente, transformando essas atividades lúdicas, que é o concreto da vida dela, em linguagem escrita que é o abstrato.” Piaget (1973).

Piaget (1999) afirma que, “estando em vias de se transformar em assimilação racional, isto é, em estruturação da realidade pela própria razão”. Isto significa que agora a criança é capaz de realizar ações, baseadas concretamente na realidade, no plano mental chamadas de operações mentais “...a criança é capaz de supor a operação inversa, ou seja, a reversibilidade operatória (aquilo que se faz no pensamento pode ser desfeito) ou ainda, de

intercalar novos elementos depois de ter finalizado a seriação.” (Nogueira, 2015, p.136).

Este período fica marcado pelo início do raciocínio lógico e concreto, como parte do processo de aprendizagem, a criança é capaz de manipular mentalmente representações já internalizadas anteriormente. Conceitos muito abstratos não são compreendidos na sua totalidade, as regras passam a fazer parte do seu cotidiano, sendo a criança capaz de decidir o que seria correto fazer. Para Piaget (1971), nessa etapa do fazer, o aluno conseguirá resolver o problema quando “compreender em ação de uma situação em grau suficiente para atingir os fins”.

2.4.4 ESTÁGIO OPERATÓRIO FORMAL

Varia de onze/doze anos em diante, conhecida como adolescência, este estágio também é conhecido como idade da razão, surge uma curiosidade natural de compreender o mundo a sua volta, despertando o interesse pelas causas sociais, capacidade de abstração, teorias científicas, teorização e experimentação. Para Piaget (1999), “o que surpreende no adolescente é o interesse por problemas inatuais, sem relação com as realidades vividas no dia-a-dia”. O adolescente tem a mudança do pensamento concreto para o formal, uma vez que as operações da inteligência infantil são unicamente concretas, pois, com o pensamento formal torna-se possível, pegar as operações lógicas e expressá-las em linguagens. O pensamento formal é capaz de deduzir as conclusões a partir de hipóteses e não somente através de observações reais, neste período surgem operações diferentes de todas, até então. Para Carretero (2002), “o adolescente possui um maior poder de abstração, de tal forma que pode compreender noções mais complexas, que tenham uma maior demanda cognitiva”.

Só depois que este pensamento formal começa, por volta dos 11 a 12 anos, é que se torna possível a construção dos sistemas que caracterizam a adolescência. As operações formais fornecem ao pensamento um novo poder, que consiste em destacá-lo e liberá-lo do real, permitindo-lhe, assim, construir a seu modo as reflexões e teorias. (Piaget, 1999, p.60)

A evolução do pensamento cognitivo nunca cessa, continuamos o processo de aprender durante toda a vida, do dia em que nascemos até o último dia de nossa vida. Desta forma a capacidade de aprender e adquirir novos conhecimentos são enormes, em todas as situações temos um crescimento cognitivo. Segundo Carretero (2002, p.37), "...as operações formais podiam ser adquiridas não só durante a adolescência, mas também entre os quinze e vinte anos...".

3. IMPORTÂNCIA DA TERMODINÂMICA

3.1 A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E A TERMODINÂMICA

A Revolução Industrial teve seu início entre os séculos XVII e XVIII, e foi evidenciada pela troca da mão de obra artesanal por máquinas, impulsionadas por energia a vapor tendo como principal combustível, o carvão. Sua origem foi na Inglaterra, mas em pouco tempo se estendeu para outros países da Europa, chegando aos Estados Unidos anos mais tarde.

O avanço da indústria também se refletiu nos meios de transporte, e logo a ligação entre lugares distantes se deu pela construção de ferrovias, que por sua vez causaram uma revolução nos meios de comunicação, permitindo uma integração (nem sempre de forma pacífica) dos continentes. (Landulfo, 2005, p.60)

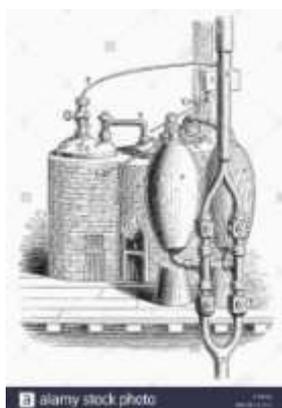
Em 1698, Thomas Savery (1650-1715), inventou a primeira máquina a vapor, intensificando a exploração de uma nova fonte motriz, proveniente da queima do carvão. A máquina de Savery foi inicialmente construída para extração de água das galerias, de dentro das minas de cobre. Essa máquina, de construção muito simples, utiliza dois tipos de força, que eram aplicadas conjuntamente, a pressão atmosférica para retirar a água e a força do vapor para jogá-la. Essa máquina era composta por uma caldeira e um reservatório contendo dois tubos, um descendente e outro ascendente, ambos fechados por válvulas. O funcionamento da máquina de Savery era simples, o vapor vindo da caldeira preenchia o reservatório, então se fechava a torneira de comunicação e regavam-se as paredes com água fria, este resfriamento brusco condensava o vapor criando um vácuo dentro do reservatório e a pressão atmosférica impulsionava a água fazendo-a subir no tubo de escoamento, esvaziando a mina.

Esta máquina, segundo Savery, poderia ser utilizada em várias situações, além de extrair água de minas inundadas, como apagar incêndios, girar moinhos e até mesmo abastecer casas com água potável. A máquina Savery, apesar de útil, tinha restrições entre elas, não retirava com eficiência água das galerias a grandes profundidades, tinha o funcionamento lento e quando tentava aumentar a pressão da caldeira, ela explodia. Segundo

Mantoux (1927), Savery teve mais sucesso quando foram instaladas várias máquinas, menos potentes em casas e jardins e também foram utilizadas para abastecimento de água nos arredores de Londres, atingindo cinquenta e dois galões bombeados por minuto.

Apesar de ser empregada para distribuir água para a população inglesa, foi abandonada devido aos perigos de explosões da caldeira, ao qual não podiam acompanhar o aumento da pressão interna, pois nesta época não existia manômetro para regular a pressão e nem regulador para moderá-la.

Figura 1: Máquina térmica de Savery

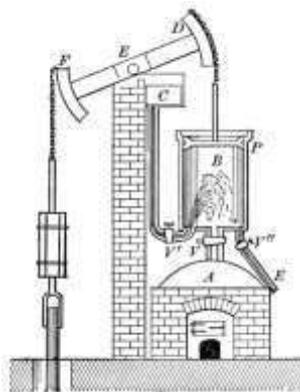


Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=máquina+a+vapor+de+thomas+savery>

Simultaneamente a este fato, Thomas Newcomen (1663-1729), também desenvolveu uma máquina semelhante que era chamada pelo inventor de bomba atmosférica. Segundo Mantoux (1927), a máquina inventada por Newcomen, usava o vapor para produzir um vácuo no corpo da bomba, por condensação. A máquina atmosférica de Newcomen consistia em uma caldeira, que era interligada a um cilindro onde era colocado um êmbolo, a haste do êmbolo ligada a uma extremidade de um balancim que oscilava num plano vertical, na outra extremidade uma segunda haste acionava uma bomba aspirante, um contrapeso em repouso mantinha a posição do balancim em uma posição oblíqua. Seu funcionamento era da seguinte forma, resfriava-se o cilindro com água fria, logo o vapor se condensava e a pressão atmosférica movimentava o êmbolo para baixo levantando assim a haste, quando o vapor entrava no cilindro tinha-se o efeito inverso, fazendo o êmbolo subir imediatamente quando a pressão atmosférica parava de atuar, desta maneira tinha-se um movimento harmônico simples, fazendo a bomba funcionar.

Mantoux (1927), a máquina recém-inventada por Newcomen tinha muitos problemas como, por exemplo, o êmbolo não adería perfeitamente na parede do cilindro onde seria preenchida com vapor, a condensação após utilizar água fria era incompleta, a abertura da torneira de comunicação era manual era repetida de sete a oito vezes por minuto. Após vários aperfeiçoamentos foram diminuídos estes incômodos, a condensação tornou-se mais completa e eficaz com a instalação de um sifão, a aceleração do funcionamento foi através de um sistema de fios e barras que ligavam as torneiras ao balancim, deixando este movimento alternado completamente automático. No ano de 1717, o risco de explosão foi completamente descartado com a utilização de uma válvula de segurança, ao qual, se conservou, com pequenas alterações, por mais de um século. A utilização dessas máquinas se espalhou rapidamente pela Europa, substituindo a força animal pela pressão do vapor, em alguns casos tinha-se uma despesa seis vezes menor, fazendo o trabalho de cinquenta cavalos.

Figura 2: Máquina térmica de Newcomen.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_vapor_de_Newcomen

Em pouco tempo, a utilização dessas máquinas ficou muito frequente na Inglaterra, resultando em desemprego da classe mais pobre e enriquecimento da mais rica. Em 1764, um jovem inventor escocês chamado James Watt (1736-1819), recebeu uma das máquinas de Newcomen, que pertencia à Universidade de Glasgow, para efetuar alguns consertos. Durante o conserto, Watt percebeu que durante o funcionamento da máquina ocorria um grande desperdício de energia, ao qual classificou como principal defeito.

...de um lado, uma grande quantidade de calórico era gasta para que, após cada batida de êmbolo, se reestabelecesse

uma elevada temperatura no interior do cilindro; e por outro lado a condensação era muito incompleta, por causa da insuficiência do resfriamento. (Mantoux, 1927, p.320)

Watt estava diante de um problema da máquina de Newcomen, o seu rendimento, apesar de atender as necessidades, ainda era baixo, desperdiçando uma quantidade de energia considerável. Para diminuir o desperdício era necessário que o cilindro, onde o vapor empurrava o êmbolo, deveria estar na mesma temperatura do vapor, e a condensação em um lugar diferente, onde a temperatura do cilindro não fosse alterada e outra alteração feita por Watt foi a substituição da força motriz, para baixar o êmbolo, da pressão atmosférica pela pressão do vapor, transformando a máquina atmosférica em uma máquina a vapor. Desta forma o emprego do vapor não era como uma força auxiliar, para provocar vácuo, mas sim, força principal para gerar movimento no funcionamento de uma máquina. Este fato empregado por Watt é conhecido nos dias atuais como equivalente mecânico do calor, onde certa quantidade de calor resultaria em certa quantidade de movimento.

Figura 3: Máquina térmica alterada por Watt.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=maquina+de+newcomen+aperfeicoada+por+Watt&source>

A relação entre a revolução industrial e os conceitos termodinâmicos é muito estreita, com o aperfeiçoamento dos mecanismos construídos para facilitar o trabalho executado. Com esses fatos obteve-se um grande avanço tecnológico para a época, proporcionando grande desenvolvimento econômico para as nações, que até então se utilizava da força “animal para efetuar trabalho”.

3.2 TERMODINÂMICA

A Ciência da Termodinâmica tem sua origem na necessidade de estudar e explicar a transformação do calor em outras formas de energia, ao qual foi denominado trabalho, segundo Schimidt (1996), a Termodinâmica envolve estudos que associam a energia com uma determinada quantidade de matéria, que se for fixa pode ser chamada de sistema termodinâmico. Esta interação é uma característica macroscópica da matéria, no qual a noção de temperatura e calor não deve ser descartada. As leis da Termodinâmica têm aplicabilidade em todos os seguimentos da Física e também da Química, como por exemplo, em as reações químicas, fenômenos elétricos e magnéticos, propriedades de sólidos, líquidos e gases.

Em termos globais a termodinâmica é a parte da física que estuda um sistema físico do ponto de vista macroscópico, tratando de mudanças que ocorrem no mesmo, mas não são abordadas nem pela mecânica e nem pelo Eletromagnetismo, como por exemplo, mudanças resultantes de troca de calor. (Rocha, 2002, p.139)

Termodinâmica é a junção de duas palavras gregas, thermé que significa calor e dynamics que significa força, resultando em uma transformação de energias. Com o desenvolvimento desta Ciência, a revolução industrial teve seu êxito em boa parte do mundo a partir do século XVII, mas a partir do século XVIII até século XIX, é que realmente a Termodinâmica começou a se desenvolver. Neste período ocorreram mudanças significativas nas questões econômicas e sociais, resultado da produção em larga escala devido à utilização de máquinas operando por horas seguidas com a mesma precisão.

3.3 TEMPERATURA

Apesar do conceito de temperatura ganhar força somente a partir do século XVII, o homem já observava a natureza e tinham-se noções de temperatura e calor, quando o homo erectus começou a dominar o fogo, a mais

ou menos 40.000 anos. A noção de temperatura ficou durante muito tempo relacionado com as sensações de quente e frio então podemos dizer que a temperatura foi a pioneira das grandezas da Termodinâmica a serem medidas. Segundo Rocha (2002), um grego chamado Héron, construiu um termoscópio segundo o qual o ar quente coloca em movimento a água contida dentro de um tubo de vidro com a extremidade superior aberta, em 1592, Galileu Galilei construiu um termoscópio muito semelhante ao de Héron que na verdade era um termômetro rudimentar.

Após Galileu, o duque Ferdinando II (1610-1670), constrói o primeiro termômetro utilizando álcool, este aparelho teve aplicação nas áreas de medicina, agricultura e meteorologia. Em 1713, o alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), constrói um termômetro de álcool e posteriormente coloca mercúrio no lugar do álcool, já em 1724, Fahrenheit passa a trabalhar com uma escala termométrica, que leva seu nome, estipulando pontos fixos da água determinando 212°F para o ponto de ebulição (vapor) e 32°F para o ponto de fusão (gelo). Já em 1730, o sueco Anders Celsius, na tentativa de obter medidas mais precisas, estabelece a escala Celsius, onde os pontos fixos da água são 100°C como ponto de ebulição (vapor) e 0°C para o ponto de fusão (gelo). O modelo dos termômetros, utilizados hoje pelos médicos, segundo Rocha (2002), são baseados no modelo criado em 1864, por Johann Heinrich Wilhelm Geissler (1824-1879).

A marcação da temperatura nos termômetros se dá por dilatação do fluido no interior do tubo, este fato intrigava os cientistas da época, pois, fluidos diferentes sofrem dilatações diferentes.

Nesta mesma época, são feitas observações sobre a dilatação dos líquidos: o meteorologista suíço Jean André Delec (1727-1817) observa em 1776, a dilatação irregular da água e mede o máximo de densidade; o cientista inglês John Dalton (1766-1844) e o químico francês Gay-Lussac (1778-1850) observam de forma independente, em 1801 e 1802, que os gases se dilatam igualmente. (Rocha, 2002, p.143)

Todos os termômetros têm o mesmo princípio de funcionamento, que é entrar em equilíbrio térmico com o corpo ou substância que se deseja medir a temperatura, ou seja, quando um corpo mais “quente” entra em contato com

outro corpo mais “frio”, depois de um intervalo de tempo, ambos estarão na mesma temperatura. Este fato foi aprimorado por James Clerk Maxwell (1831-1879), chegando a seguinte conclusão: “Que se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, pode-se dizer que ambos estão em equilíbrio térmico entre si, este fato oriundo de observação é conhecido como Lei Zero da Termodinâmica”. A partir dessa constatação, começa a surgir alguns questionamentos, como, qual será a substância que passa de um corpo para o outro quando ambos têm temperaturas diferentes? Porque sempre acontece de o mais quente baixar a temperatura e conseqüentemente o mais frio aumentar a temperatura?

Deste momento em diante surge uma separação entre os conceitos de temperatura e calor, vários cientistas tentam analisar e responder estas questões, mas somente em 1770, com o físico escocês Joseph Black (1728 – 1799), obteve-se uma constatação que tornou coerente a separação dos dois conceitos. Ele demonstra através de misturas de substâncias líquidas e com corpos sólidos que a temperatura é uma grandeza característica do corpo, não podendo ser transferida para qualquer outra substância ou corpo quando são colocados em contato.

Ele mostra que, misturando massas iguais de líquidos diferentes a diferentes temperaturas, as temperaturas das duas substâncias mudam radicalmente; no entanto, se colocarmos um corpo sólido numa mistura de gelo e água e isolarmos este sistema como um todo, o sólido sofre uma mudança de temperatura significativa enquanto que a temperatura da mistura não varia, ou no máximo, varia muito pouco. (Rocha,2002, p.144),

Fica evidenciado que a temperatura de um corpo não passa para outro, e o que é transmitido para o outro corpo é a energia térmica que conhecemos como calor, conhecida como grandeza fundamental para a Termodinâmica.

3.4 CALOR

Desde a antiguidade, estamos em busca de respostas para eventuais acontecimentos da natureza, com o tema calor não é diferente, o grande filósofo grego Aristóteles (384 a.C. — 322 a.C.), tentava explicar as sensações de quente e frio, entendendo que estes dois termos eram responsáveis pela evolução do universo. Nesta época, entendia-se que tudo era formado baseando-se em quatro elementos, chamados de canônicos, o fogo que era quente e seco, a água que era fria e úmida, o ar que era quente e úmido e a terra que era fria e seca. Esta ideia de formação do universo, baseada em observações, perdurou por quase dois mil anos até o século XVII, com a revolução industrial, onde o calor passa a ter uma proporção mais qualitativa e menos filosófica.

Em 1761 Joseph Black (1728 – 1799), após obter êxito com sua experiência, onde conseguiu distinguir os conceitos de temperatura e calor, concentra seus estudos no tema calor. Com base nos estudos do físico suíço Jean-André Deluc (1727-1817), Black consegue medir experimentalmente com muita precisão, a quantidade de calor necessária para atingir a fusão do gelo e chama isto de calor latente de fusão e no ano de 1765 obtém o calor latente de vaporização da água. Já em 1772, o físico alemão Johann Carl Wilcke (1732-1796), faz uma descoberta intrigante, ao colocar quantidades iguais de substâncias diferentes, notou que para atingir a mesma temperatura as substâncias absorviam quantidades diferentes de calor, esta característica de cada substância ou material foi denominada, anos mais tarde como calor específico. Como cada substância ou material tem valores diferente de calor específico, em 1783, dois cientistas franceses Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e Pierre Simon Laplace (1749-1827), conseguiram medir o calor específico de vários materiais e substâncias.

Nesta época, a ideia que dominava os cientistas sobre a natureza do calor, era a ideia de que o calor era um fluído que se propagava de um corpo para o outro analogamente ao que acontece com água escoada, por gravidade, de um local mais alto para um local mais baixo, este “fluído” foi chamado de calórico.

No que diz respeito à natureza do calor, a ideia predominante, e diríamos até mais natural na época, consistia em entender o processo de propagação de calor como se o calor “fluisse” de um corpo para o outro que estivesse, respectivamente, a temperatura mais alta e mais baixa. (Rocha, 2002, p.147)

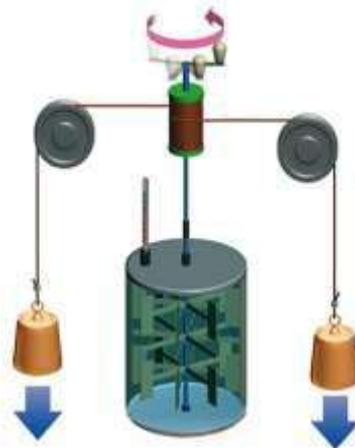
Uma parte da comunidade científica da época discordava da teoria do calórico, pois esta teoria não explicava certos acontecimentos como a produção de calor quando dois corpos são atritados. Entre os que discordavam da teoria do calórico, temos Isaac Newton (1643-1727), ele defendia a ideia de que o calor se constitui de um minúsculo movimento das partículas. O argumento dos defensores do calórico rebatia esse questionamento dizendo que o atrito entre os corpos pressiona o calórico para fora do corpo, ocorrendo assim uma produção do calor. Benjamin Thompson (1753-1814), conhecido como conde de Rumford aponta para uma situação difícil explicar pelos defensores da teoria do calórico, o fato de espremer o calórico para fora da substância através do atrito chegaria um momento que esse fluido se esgotaria. Segundo Rocha (2002), o próprio conde de Rumford quando trabalhava na perfuração de canhões relata:

Nas oficinas do arsenal militar de Munique, fiquei impressionado com o grau muito considerável de calor que um canhão de bronze adquire, em um curto tempo, ao ser perfurado e, com calor ainda mais intenso (muito mais elevado do que o da água em ebulição, como descobri pela experimentação) das aparas metálicas dele separadas pela furadeira (...). (Rocha, 2002, p.149)

Desta forma, novamente, de forma experimental Rumford conclui que a o calor gerado pelo atrito parecia ser inesgotável, uma vez que sempre que ocorria a perfuração tinha-se o aquecimento. Inicia-se então a decadência da teoria do calórico e começa a ser consolidada a ideia que Newton defendia que o calor é resultado do movimento de partículas e evidenciando que o calor é uma manifestação de energia. Em 1842, o físico e médico alemão, Julius Robert Von Mayer (1814 –1878), foi o primeiro a relacionar o calor com o trabalho mecânico, consolidando a ideia que ambos são formas de energia que podem se transformar uma na outra sem que ocorram perdas, criando o conceito de conservação de energia.

Anos mais tarde, um físico inglês chamado James Prescott Joule (1818-1889), construiu um aparato experimental que conseguiu comprovar o que Mayer defendia, conhecida mundialmente como equivalente mecânico de Joule.

Figura 4: Equivalente mecânico de Joule



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/experiencia-joule.htm>

Com a experimentação do equivalente mecânico do calor, apresentado por Joule, cai a hipótese da teoria do calórico, fica evidenciado que o calor é uma forma de energia e assim podendo se transformar qualquer tipo de energia em calor ou vice-versa. Após estes fatos, inicia-se oficialmente a história da termodinâmica com a primeira lei, batizada pelo físico e fisiologista alemão Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz (1821-1894), com o nome formal de princípio de conservação de energia. As leis da Termodinâmica se aplicam aos fenômenos físicos, químicos e biológicos, neste caso, podemos admitir que o conceito de estado termodinâmico não ficasse restrito ao estado físico do sistema (sólido, líquido e gasoso), mas ao conjunto de grandezas macroscópicas que representam um sistema.

4. MATERIAL DIDÁTICO PEDAGÓGICO PARA PROFESSORES DE ENSINO FUNDAMENTAL

Neste capítulo, vamos apresentar uma proposta para o entendimento da temperatura de um gás, relacionando-a a energia cinética média das moléculas do gás. Muitos professores, que lecionam, no Ensino Fundamental não possuem formação acadêmica em Física, e também nunca tiveram a oportunidade de estudar com mais profundidade um conceito tão popularizado e tão pouco compreendido, como o de temperatura, ou o de calor. Livros que são comuns nos cursos de Física, como os de Paul Tipler, ou de David Halliday e Robert Resnick, apresentam o conceito de temperatura do ponto de vista da Teoria Cinética dos Gases. Consideramos que estas duas referências já são o suficiente para o entendimento desse conceito, mas para quem provavelmente nunca teve contato com os conceitos envolvidos na explicação cinética da temperatura, torna-se necessário um texto que sirva de rota para o pensamento abstrato a que se irá enfrentar no desafio de entender o conceito cinético de temperatura.

Nosso primeiro desafio será entender o conceito de pressão, quando colocamos um objeto sobre uma superfície horizontal e sob a ação da gravidade temos, nesta situação o conceito de pressão, que é uma relação entre força aplicada distribuída perpendicularmente em uma área de contato, entre objeto e superfície.

Imagine que este fenômeno está acontecendo sobre você, enquanto você está sentado no sofá de sua casa assistindo TV e recebendo a pressão da atmosfera. Isto porque vivemos em um sistema composto por partículas gasosas microscópicas, chamadas de moléculas, que estão se movimentando constantemente com velocidades gigantescas. Mas porque você não consegue senti-las, já que seu corpo também é alvo de colisões dessas partículas? Qual a relação das velocidades de propagação dessas partículas e a temperatura? Estas e outras perguntas poderão ser respondidas e compreendidas através do estudo do comportamento de moléculas dos gases ideais.

4.1 O QUE SÃO GASES?

Segundo Halliday (1967), os gases são formados por partículas microscópicas chamadas moléculas, que se encontra em movimento desordenado e são constituídas por vários átomos. O movimento de suas moléculas acontece em altíssimas velocidades, ocorrendo em todas as direções e ainda o gás pode ser considerado como um fluido, ou seja, que não possui forma e nem volume definido, tomando a forma e o volume do recipiente que o contém. A atmosfera é composta por diversos tipos de gases que são de fundamental importância para o desenvolvimento da vida em nosso planeta, como por exemplo, o oxigênio (O_2), nitrogênio (N), gás carbônico (CO_2), hélio (He) e outros. Mas existem gases que são poluentes e prejudicam a natureza como monóxido de carbono (CO), óxido nítrico (NO), dióxido de enxofre (SO_2) e outros.

Os gases possuem características importantes como a expansão quando ocorre um aumento de volume, e contração quando o volume diminui. Tanto a expansão como a contração pode ocorrer em função de duas grandezas físicas, chamadas grandezas de estado, a temperatura e a pressão ou por seu número de moles que compõe a amostra de gás. Com a manipulação dessas duas grandezas, em alguns casos, o gás pode até sofrer uma mudança de estado físico, passando para líquido ou sólido. Abaixo é mostrada na figura 5 os gases que compõem a atmosfera.

Figura 5: Gases que compõe nossa atmosfera.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=gases+da+atmosfera&rlz>

Os gases podem ser classificados em três grupos:

Gases reais: São os gases que conhecemos e que estão presentes na atmosfera como, Oxigênio, Nitrogênio, Hélio e demais gases que encontramos descritos na tabela periódica, lembrando que Hélio, Neônio, Argônio, Criptônio, Xenônio e radônio são conhecidos como gases nobres ou gases monoatômicos, que em sua estrutura possuem apenas um único átomo e fazem parte da família 8A da tabela periódica.

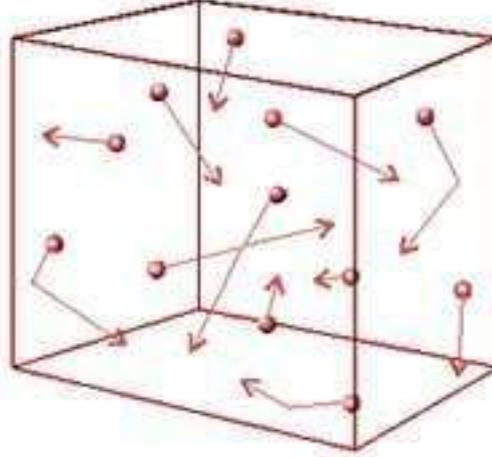
Gases ideais: Este gás como o próprio nome diz é um modelo idealizado pelos cientistas, com finalidade de entender o comportamento dos gases reais. Nesse modelo são assumidas as seguintes hipóteses:

- Que todas as moléculas do gás são pontos com volume desprezível movendo-se com velocidades aleatórias em todas as direções.
- Que o tempo de interação entre as moléculas com as paredes do recipiente e entre elas próprias são desprezíveis. O que significa que as moléculas não sofrem forças de atração de longo alcance.
- As colisões entre as partículas e também com as paredes do recipiente são perfeitamente elásticas, ou seja, não ocorre perda de energia para as paredes do recipiente.

O modelo de gás ideal é bastante utilizado devido a sua simplicidade de tratamento matemático, ou seja, a equação que relaciona as variáveis temperatura (T), pressão (P), volume (V) e número de moles (n) tem uma forma simples $PV = nRT$, onde R é a constante dos gases ideais.

Este comportamento aleatório das moléculas do gás é chamado movimento Browniano em homenagem ao cientista Escocês Robert Brown (1773-1858), um dos precursores na utilização do microscópio em suas pesquisas. Na figura 6 é demonstrado o movimento aleatório e desordenado das moléculas colidindo com as paredes do recipiente.

Figura 6: Movimento Browniano.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=movimento+browniano>

Gases perfeitos: São gases reais, que compõem a família 8 A da tabela periódica, que se comportam como gases ideais. Para que o gás real tenha comportamento parecido com gás ideal é necessário confiná-lo em um recipiente fechado, aumentar a temperatura e/ou diminuir a pressão. Pressão, volume e temperatura são conhecidos como grandezas ou variáveis de estado de um gás, podendo interferir no comportamento e propriedades gasosas.

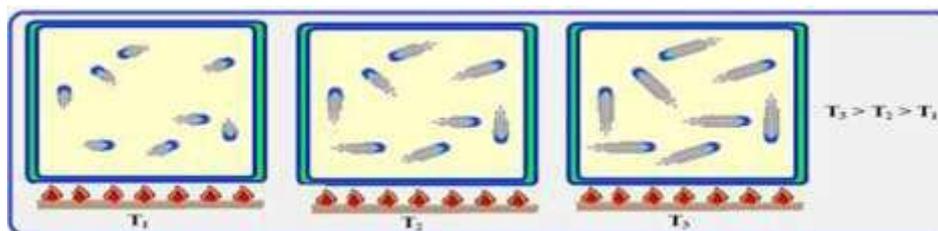
4.2 COMPORTAMENTO DO GÁS NO INTERIOR DE UM RECIPIENTE

Um gás, como já sabemos, não possui forma definida, tem suas moléculas em um constante e frenético movimento em todas as direções, chocando-se violentamente com as paredes do recipiente aumentando o que chamaremos de pressão interna do gás. A molécula de gás, quando comparada com o volume do recipiente, tem dimensões muito pequenas de modo que a probabilidade de choques entre moléculas seja muito pequena. As velocidades das moléculas possuem valores diferentes, assim quando falamos em velocidade da molécula de gás, estamos trabalhando com um valor médio das velocidades. A quantidade média de colisões, entre as moléculas de gás e as paredes do recipiente, poderá se relacionar com a pressão ao qual este fluido está sendo submetido. Independente do gás colocado dentro de um

recipiente, o comportamento será bem semelhante, quanto maior a pressão aplicada sobre o gás, menor será o volume ocupado pelo gás e conseqüentemente à temperatura também poderá sofrer alterações.

Daniel Bernoulli (1700-1782), foi o primeiro cientista a explicar, de forma satisfatória, a relação entre a temperatura e o movimento molecular. Segundo Halliday, (1967, p.620), “calculou a pressão de um gás a partir das colisões das moléculas contra a parede do recipiente e deduziu que as velocidades das mesmas aumentam com a temperatura.” Para relacionar o conceito de temperatura de um gás com a energia cinética das moléculas do gás, vamos precisar conhecer vários conceitos, entre eles: força, velocidade, volume, pressão, número de moles e momento linear. A figura 7 mostrada a seguir, demonstra a relação temperatura e velocidade das moléculas.

Figura 7: Relação entre temperatura e velocidade da molécula.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=movimento+de+moleculas,+relação+temperatura>

4.3 TEMPERATURA E VELOCIDADE MOLECULAR

Quando analisamos o movimento de um veículo, por exemplo, aplicamos os conceitos da mecânica newtoniana e obtemos resultados satisfatórios se tentássemos identificar a posição e a velocidade deste veículo por ser um único objeto de dimensões macroscópicas. No caso de um gás, por se tratar de moléculas microscópicas, é necessário à utilização de processos estatísticos que trabalham com valores médios de várias grandezas e não seus valores individuais. Se todos os gases têm comportamentos semelhantes, desde que suas densidades não sejam muito elevadas, se o valor das temperaturas não for muito baixo e o valor das pressões não forem muito altas, este comportamento simples do gás sob quaisquer condições seria considerado um gás ideal.

Quando pegamos uma barra de chocolate, podemos dividi-la em vários pedaços e se pegarmos um desses pedaços, podemos dividi-lo em pedaços menores, e se pegarmos um desses pedaços menores, podemos dividi-lo em pedaços menores ainda, este é o princípio da composição da matéria que cada pedaço, por menor que seja, pode ser subdividido até atingir a escala microscópica. Desde a antiguidade, essa concepção já tinha seus defensores, o primeiro foi o filósofo grego Leucipo (478 A.C.), e seu discípulo Demócrito que viveram entre (460 A.C.), eles acreditavam que a matéria era formada por partículas idênticas e indivisíveis denominadas átomo. Em 1803, o químico, físico e meteorologista inglês, John Dalton (1766-1844), comprovou experimentalmente a existência do átomo. Dalton desenvolveu várias pesquisas sobre o comportamento dos gases retomando a teoria atomista iniciada por Leucipo e Demócrito na Grécia antiga, iniciando a era moderna de teoria atômica. Dalton afirmava que todos os elementos eram constituídos por partículas muito pequenas denominadas átomos e que todos os átomos eram iguais em tamanho, massa, propriedades químicas e formato perfeitamente esférico, muito parecido com a bola de bilhar mostrado na figura 8.

Figura 8: Modelo atômico de Dalton.

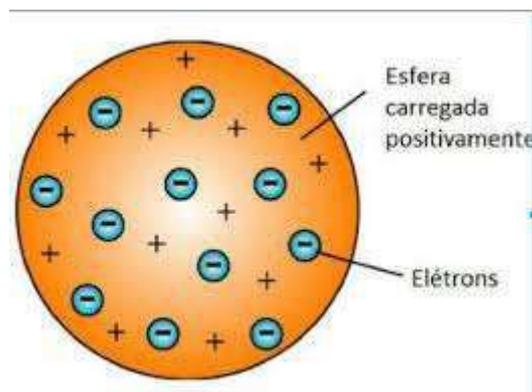


Fonte: <https://www.todamateria.com.br/modelo-atomico-de-dalton/>

Em 1898, o físico britânico Joseph John Thomson (1856-1940), foi o primeiro cientista a propor um modelo atômico, constituído por partículas negativas (elétron) e positivas (próton) e que os elétrons tinham seu tamanho

e massas muito menores que os prótons. Para Thomson, o átomo seria parecido com uma esfera constituída por cargas positivas e negativas, este modelo ficou conhecido como “pudim de passas”, representado pela figura 9.

Figura 9: Modelo atômico de Thomson.

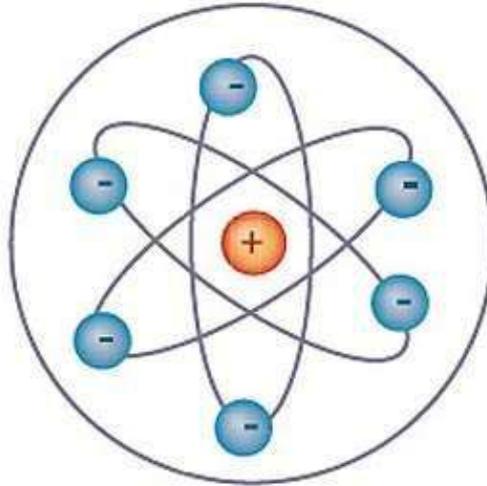


Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=modelo+de+pudim+de+passas+de+dalton>

Os Prótons, cargas positivas, foram descobertos através dos experimentos científicos do físico e químico neozelandês, Ernest Rutherford (1871-1937), e do físico alemão, Elgen Goldstein (1850-1930), no ano de 1886 através de um tubo de raios catódicos, consiste em experimento onde se transfere cargas elétricas com auxílio de eletrodos, gerando energia luminosa.

Em 1911 o Ernest Rutherford (1871-1937), revolucionou a comunidade científica ao apresentar um novo modelo atômico baseado no modelo do sistema solar, onde as cargas positivas, prótons, se concentrariam no centro do átomo (núcleo) e as cargas negativas, elétrons, ficariam orbitando em volta do núcleo. Este modelo é conhecido nos dias atuais, como modelo do sistema solar em analogia ao sistema de planetas que orbitam ao redor do sol, demonstrado na figura 10 a seguir.

Figura 10: Modelo atômico de Rutherford.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?biw=613&bih=378&tbm=isch&sa=1&ei=loBcW6zDNcKZwQTwrKMg&q=modelo+rutherford&oq=modelo+rutherford>

Entre os anos de 1913 e 1915, o físico dinamarquês Niels Henrick David Bohr (1885-1962), propôs um modelo atômico baseado no modelo de Rutherford com a existência de um núcleo. No modelo atômico de Rutherford tinha uma falha, se os elétrons emitissem energia continuamente então a velocidade dos elétrons iria diminuir até parar o movimento aproximando-se do núcleo, devido à força de atração excessiva das cargas nucleares, positivas e negativas. Bohr propôs um aperfeiçoamento do modelo de Rutherford baseados no estudo do espectro do átomo de hidrogênio e na teoria quântica proposta por Max Planck (1858-1947), que afirmava que a energia não seria contínua. Planck afirmava em sua teoria que a radiação será absorvida ou emitida por um corpo aquecido por meios de pacotes de energia chamados mais tarde por Einstein de fótons, conhecida como radiação de corpo negro.

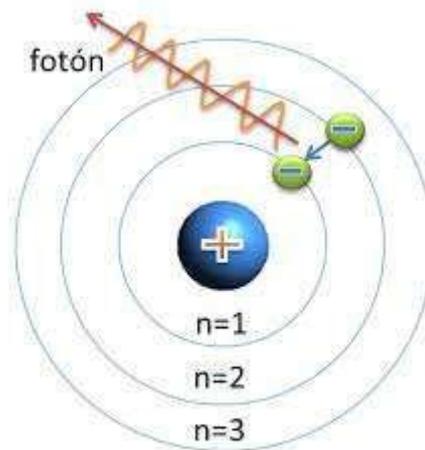
Bohr descobriu que o elétron do átomo de hidrogênio não emitia radiação enquanto permanecer na mesma “órbita”, ao qual conhecemos como nível de energia, emitindo luz somente quando mudava de órbita. Bohr criou os seguintes postulados:

- Os elétrons sempre percorrem orbitas circulares ao redor do núcleo atômico, chamadas níveis de energia.

- Cada um desses níveis tem um determinado valor de energia, quanto mais distante do núcleo maior será sua energia.
- Os elétrons só podem ocupar os níveis que tenham uma determinada quantidade de energia.
- Os elétrons podem saltar de um nível para o outro mais externo, desde que absorvam uma quantidade bem definida de energia.

O modelo atômico de Bohr com sua orbita circular e níveis de energia são representados pela figura 11:

Figura 11: Modelo atômico de Bohr.



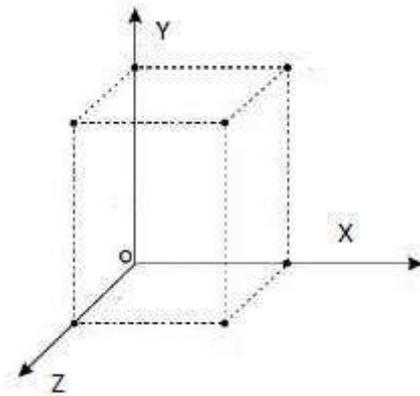
Fonte: https://www.google.com.br/search?biw=1093&bih=469&tbm=isch&sa=1&ei=Fr1cW9DxMYX4wATI_JbABA&q=modelo+atomico+de+borh

Ao analisar uma amostra de gás, nos deparamos com bilhões de moléculas que se movimentam com velocidades muito altas e que estão em constante agitação. Se estiverem em agitação, então podemos dizer que possuem energia cinética e quanto maior está agitação, maior será a quantidade de energia cinética das moléculas. Um gás, à temperatura ambiente, com todas as moléculas contidas no interior de um recipiente está se movimentando, com velocidades variadas inclusive em suas direções.

Veremos que para relacionar a temperatura de um gás ideal com a energia cinética das moléculas do gás, será necessário analisar o movimento de apenas uma das moléculas que compõem o gás. Vamos considerar um recipiente fechado em forma de paralelepípedo, também definiremos as direções do deslocamento em componentes X, Y e Z, associando X ao

movimento horizontal, ou seja, X é o comprimento do recipiente, Y ao movimento vertical, ou seja, Y é a altura do recipiente e Z ao movimento na direção perpendicular ao plano X-Y, ou seja, Z é a largura do recipiente. A figura 12 a seguir representara um recipiente com suas componentes vetoriais X, Y e Z com origem no ponto O.

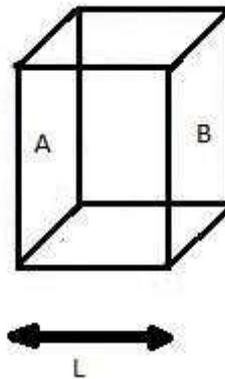
Figura 12: Representação de um recipiente para movimentação das moléculas.



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

Veremos que uma análise do movimento de uma partícula será suficiente para demonstrar a relação entre temperatura e a velocidade molecular do gás. Ao colocarmos as moléculas confinadas dentro de um recipiente elas estão em constante movimento com velocidades variadas para todas as direções (X, Y e Z), chocando-se com todas as faces do recipiente. Vamos inicialmente considerar a componente X da velocidade de uma molécula do gás, temos um recipiente em forma de um paralelepípedo de comprimento L e as moléculas deslocando-se nesta direção X ficam colidindo nas faces A e B do recipiente representadas na figura 13.

Figura 13: Faces do recipiente onde ocorrerão as colisões das moléculas com as paredes.



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

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 entre a força aplicada pela área de contato expressada pela equação (1):

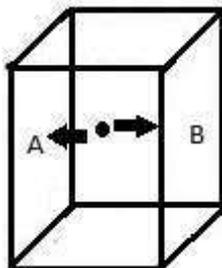
$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

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 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 14 demonstraremos 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 14: Simulação do movimento horizontal de uma molécula de gás.



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

A equação (1), visto 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 a 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 a velocidade) dos corpos se preserva.

Como visto na figura 14, a molécula de gás está se movimentando no eixo X e como sabemos, a velocidade tem seu valor positivo ou negativo

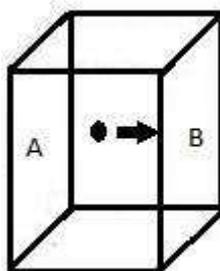
dependendo do sentido de movimento da molécula. Se o movimento da molécula de gás for da face A para a face B, o valor da velocidade será positivo e se o deslocamento da molécula de gás for no sentido da face B para a face A, o valor da velocidade será negativo. Neste fato podemos concluir que a velocidade 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 posição o deslocamento $\Delta\vec{x}$ é a o vetor posição final (\vec{x}_f) menos o vetor posição inicial (\vec{x}_i), desta forma se, por exemplo, temos a partida da molécula de uma posição em $X = -4\text{m}$ e chegada em uma posição em $X = 0\text{m}$, teremos um deslocamento positivo de $\Delta X = 0 - (-4) = 4\text{m}$. 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:

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

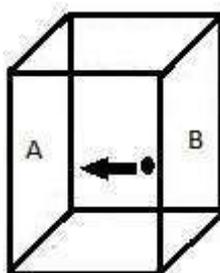
Como na equação (2), a velocidade como fator preponderante para a quantidade de movimento, podemos dizer que a quantidade de movimento, por ser uma grandeza vetorial, depende do sentido do movimento da molécula de gás, como mostra as figuras 15 e 16.

Figura 15: Deslocamento da molécula no sentido positivo.



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

Figura 16: 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 de X e velocidade de afastamento da molécula em relação a parede do recipiente sendo \vec{v}_{xf} , que aponta no sentido negativo de 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 abaixo por:

$$\begin{aligned}\Delta\vec{p} &= -m\vec{v}_{xf} - m\vec{v}_{xi} \\ \Delta\vec{p} &= -2 m\vec{v}_x\end{aligned}\tag{4}$$

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 molécula efetuar 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 e imagine o seguinte, ao colidir com a superfície B a molécula 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 aproxima 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 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, equação (4), e o intervalo de tempo, equação (5), a equação (6) quando isolamos a grandeza força 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 mantém a primeira fração e multiplica pelo inverso da segunda 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, 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 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:

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

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:

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

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 moles, 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 molar do 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:

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

Na equação (26) podemos constatar a relação diretamente proporcional entre a energia cinética (velocidade) das moléculas confinadas em um recipiente e a raiz quadrada da temperatura. Quer dizer quanto maior o movimento das moléculas, maior será a temperatura e esta regularidade é recíproca quando o ocorre o inverso, aumentando à temperatura a agitação das moléculas dentro do recipiente será maior.

Podemos ressaltar, se todas as velocidades das moléculas forem iguais existe um movimento de translação do sistema moléculas, como se o recipiente que as contém se deslocasse como de fosse arremessado, assim não poderemos atribuir uma temperatura do sistema neste caso. Para evitar isso consideramos as velocidades das moléculas sendo medidas em relação ao centro de massa, no caso de considerarmos todas as velocidades das moléculas iguais, as velocidades em relação ao centro de massa do sistema será nula. Neste caso o somatório demonstrado na equação 12 se anula não contribuindo para o aumento de temperatura do sistema

Este estudo permitiu mostrar, de forma resumida, uma relação direta entre a velocidade média de translação das moléculas de gás e a temperatura absoluta do gás, chegando a uma interpretação molecular da temperatura. Um eventual aumento de temperatura no interior de um recipiente contendo um determinado volume de gás, resulta diretamente no aumento da velocidade média das moléculas, explicando a figura 6 ou 7.

O aumento da velocidade das moléculas corresponde a um aumento de energia cinética e conseqüentemente a uma elevação da temperatura. Da mesma forma a diminuição da velocidade média das moléculas corresponde a uma diminuição da sua energia cinética média e, portanto, da temperatura. (GREF, 2005, p.54)

A velocidade média de translação das moléculas de um gás ideal, em seu movimento desordenado conhecido como movimento térmico, é diretamente proporcional à temperatura absoluta, ou seja, quanto mais elevada à temperatura de um gás, microscopicamente mais intenso será o movimento das moléculas.

5. COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO

O Colégio Nossa Senhora do Sagrado Coração fundamenta seu projeto educativo inspirado no apostolado e na espiritualidade do fundador da congregação das Filhas de Nossa Senhora do Sagrado Coração, mantenedora do Colégio e da Rede de Ensino Sagrado Coração, o padre Júlio Chevalier. A Escola Nossa Senhora do Sagrado Coração teve início de suas atividades em 24 de fevereiro de 1963 com 263 alunos, distribuídos em oito turmas de Ensino Fundamental de 1ª a 4ª série e Jardim de infância, que nos dias atuais conhecemos como educação infantil. Trinta anos depois, no ano de 1993, o ensino foi estendido com turmas de 5ª a 8ª séries, a partir de 2002 com a implementação do Ensino Médio, a Escola Nossa Senhora do Sagrado Coração muda de nome e passa a se chamar Colégio Nossa Senhora do Sagrado Coração (CNSSC).

Figura 17: CNSSC em 1963.



Fonte: Acervo particular do colégio

Figura 18: CNSSC atualmente.



Fonte: Acervo particular do colégio

O CNSSC possui Unidades em mais três Estados e Distrito Federal, sendo suas unidades distribuídas em Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Brasília, e vários países da Ásia e África. A Unidade Curitiba - PR está localizada à Rua Nicola Pelanda, 699, bairro pinheirinho. Atualmente o CNSSC atende 613 alunos distribuídos em, 77 na Educação Infantil, 190 no Ensino Fundamental I, 214 no Ensino Fundamental II e 72 alunos no Ensino Médio, com Educação Infantil no período integral, o Ensino Fundamental I no turno vespertino e o Ensino Fundamental II e Médio no período matutino.

6. PRODUTO

Este modelo de aula interativa extrapola o modelo tradicional que se baseia simplesmente na transferência de conhecimento do professor para o aluno de forma unilateral, deixando o professor como único detentor do conhecimento. As aulas práticas possibilitam aos alunos uma aquisição de conhecimentos mais significativos podendo ser utilizados recursos mais atrativos com objetivo de aproximar o conteúdo programático da realidade vivida pela sociedade.

O conhecimento científico é fruto de uma investigação científica, através de técnicas que buscam desvendar algumas situações problemáticas presentes em nosso cotidiano. Busca-se, por meio da investigação científica proporcionar explicações sistemáticas que possam ser verificadas, criticadas e comparadas por pesquisas ou estudos relacionados. “Enfim, acho que o primeiro princípio da educação científica é, no reino intelectual, esse ascetismo que é o pensamento abstrato. Só ele pode levar-nos a dominar o conhecimento experimental.” (Bachelard,

1996, p. 286)

Na natureza, a matéria pode ser encontrada em alguns estados físicos sólido, líquido, gasoso e o plasma, esses estados são caracterizados basicamente pelas distâncias entre as moléculas. No ensino básico são abordados apenas três desses estados o sólido, líquido e o gasoso, embasados no senso comum ao qual é compartilhado pela maioria das pessoas. Para transformar a mesma matéria nos diferentes estados físicos é necessário variar as chamadas variáveis de estado pressão, volume e temperatura.

Figura 19: Estados físicos da matéria

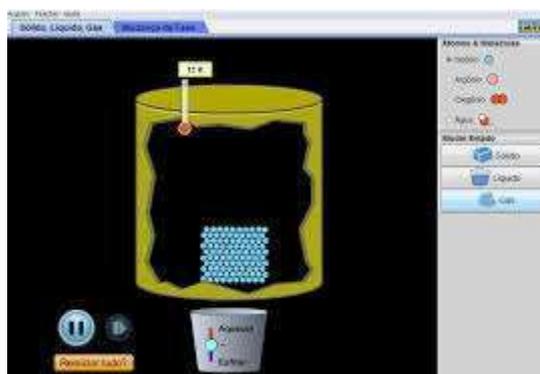


Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=estado+de+agregação+da+materia&source>

Estudar o comportamento dos corpos sólidos e líquidos quando são expostos a variações de pressão e temperatura é mais observável por se tratar de um fenômeno macroscópico. Já quando se aborda o comportamento dos gases é um pouco mais complexo devido à percepção ficar mais dificultosa por acontecer na esfera microscópica. Para o professor em sala de aula ao abordar temas referentes ao comportamento dos gases ficam muito abstratos para o aluno, pois não é possível enxergar as moléculas de ar que estão a sua volta e muito menos observar seu comportamento em relação a alterações de temperatura e pressão.

Para contribuir no processo ensino aprendizagem dos alunos do Ensino Fundamental I, a visualização do fenômeno facilitará a compreensão do aluno e nada mais pertinente do que um equipamento que possa representar o comportamento das moléculas de gás contidas em um recipiente. Por se tratar de um comportamento microscópico fica muito mais simples a compreensão do fenômeno quando se tem um recurso didático auxiliando o docente em sala de aula. Para demonstrar o comportamento dos gases temos a disposição alguns softwares de simuladores que conseguem reproduzir o movimento das moléculas de gás, quando expostas as variações das grandezas de estado (Pressão, Volume e Temperatura). Um desses programas é o software PHET *interactive simulations*, que trabalha com vários temas relacionados a física, química e biologia, uma das simulações ofertadas é a propriedade da matéria mostrada na figura (8) abaixo.

Figura 20: Simulador de propriedade da matéria



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy

Como nem todas as escolas possuem esse recurso tecnológico para auxiliar o professor em sala de aula propõe-se a construção de um simulador de propriedades gasosas, onde o aluno consiga manipula-lo de maneira simples e objetiva. Este produto educacional é um simulador manual de comportamento dos gases ao qual poderá ser construído em sala de aula, com o auxílio dos alunos, ou ser apresentado aos alunos, pronto para a manipulação. Com materiais simples e de baixo custo, este simulador será um aliado importante para o professor transmitir o conhecimento aos alunos e para os alunos será um ótimo instrumento para despertar o conhecimento científico, uma vez que os próprios alunos irão manipula-lo. Para tornar a aula experimental um momento de aprendizagem e motivar os alunos a participarem de forma efetiva, a ajuda pedagógica do professor é essencial. (Morais, 2014, p.5)

O trabalho em conjunto, professor e aluno pode desenvolver no educando a chamada alfabetização científica, que segundo Krasilchik e Marandino (2007, p.19), o cidadão cientificamente alfabetizado é capaz de não só identificar o vocabulário da ciência, mas também de compreender os conceitos e utiliza-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano. A experimentação é uma estratégia de ensino, mas somente a experimentação não será eficaz no processo de aprendizagem se não for trabalhada em conjunto com uma boa didática.

...os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa de que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas em pauta. (Giordan, 1999, p.43)

6.1 SIMULADOR

Para Santos (2012, p.73), a experimentação é um importante recurso didático utilizado pelo professor, contribuindo diretamente para aprendizagem no processo de construção do conhecimento. As aulas experimentais no Ensino de Ciências como uma ferramenta no processo ensino-aprendizagem são de extrema importância no desenvolvimento cognitivo do aluno.

Inicialmente os alunos deixam de serem apenas ouvintes e passam a ser protagonistas no andamento das aulas com mudanças de atitude e de comportamento começando a questionar, pensar, refletir, argumentar e discutir as propostas pedagógicas.

Na maioria das vezes quando se fala em aula experimental, temos a ideia de um laboratório com equipamentos avançados e modernos, mas, esta não é a realidade da maioria das escolas no Brasil. Segundo Santos (2012, p.73), a aula experimental não precisa ser necessariamente dentro de um laboratório, podendo o professor levar os materiais para sala de aula.

A construção de um simulador simples que representará o comportamento das moléculas de gás confinadas dentro de um recipiente, foi desenvolvido pedagogicamente com intenção de auxiliar o professor em sala de aula na complementação de aulas teóricas sobre o tema comportamento dos gases. Segundo Alberto Gaspar, “Admitidas às atividades experimentais como um recurso pedagógico eficiente para a promoção de interações sociais, quanto mais elas forem utilizadas, melhor.” (2014, p.28)

O comportamento dos gases, em nosso cotidiano, é um fenômeno microscópico ao qual será representado por um modelo macroscópico, que o professor poderá levar em sala de aula para que os alunos tenham uma noção deste fenômeno. O produto será desenvolvido para alunos do Ensino Fundamental I, que nesta fase está em pleno processo de aprendizagem e de integração com seu ambiente, incluindo seu entrosamento com outras crianças de seu cotidiano.

Para fazer o simulador, procuramos priorizar a utilização de materiais simples e de baixo custo para facilitar o acesso do professor na confecção do produto. A interação do aluno na manipulação do produto, fazendo o movimento das bolinhas (simbolizando moléculas) serem mais ou menos rápido dependendo da frequência de batidas no fundo do recipiente plástico. Para Giordan (1999. P.43), é de conhecimento dos professores de ciências o fato de a experimentação despertar um forte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização. A motivação para aprender necessita ser estimulada por várias ações, o professor pode aproveitar algum recurso transitório para

uma situação de aprendizagem específica. Os profissionais da educação sabem, por experiência, que um aluno motivado a aprender pode atingir resultados surpreendentes, por outro lado quando se tem um aluno desmotivado seu rendimento será sempre abaixo da sua real capacidade cognitiva. Para Bachelard (1996, p. 18), “o espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza”. A importância das atividades experimentais para o Ensino de Física também foi valorizada por Borges (2002), por acreditar que esse método de aprendizagem permite a mobilização do aprendiz, tirando-o da passividade.

Entende-se por atividade experimental toda atividade prática cujo objetivo inicial é a observação seguida da demonstração ou da manipulação, utilizando-se de recursos como vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos ou de materiais alternativos, a depender do tipo de atividade e do espaço pedagógico planejado para sua realização. (Paraná, 2008, p.71)

6.2 O CAMINHO DA DESCOBERTA

Nesta proposta aborda-se a relação direta da velocidade de movimentação de moléculas de um gás, confinadas dentro de um recipiente fechado e a temperatura da massa de gás. A aprendizagem significativa no ensino de Ciências implica na razão de que o estudante aprende conteúdos científicos escolares que fazem parte de seu meio e que possa lhe atribuir alguns significados. Isso põe o processo de construção de significados como elemento central do processo de ensino-aprendizagem (PARANÁ, 2008).

A escola é um ambiente de interações sociais entre indivíduos com finalidade de garantir a possibilidade de acesso ao conhecimento sistematizado.

Como espaço de sociabilidade secundário em relação à unidade familiar, é propício para a construção de relações sociais em grupo mais amplo, com regras mais formalmente constituídas, já que escolas têm regulamentos, muitas vezes escritos e as relações de poder e autoridade são mais hierarquizadas e definidas. (Delizoicov, 2002, p.141)

As Ciências Naturais surgiram em conjunto com os conhecimentos em suas formas e técnicas de explicar os fenômenos existentes na natureza, buscando a compreensão e a criação de novas tecnologias que venham a contribuir com a sociedade moderna. Segundo Krasilchik (2007), a escola possui um papel fundamental para instrumentalizar os indivíduos sobre os conhecimentos científicos básicos. É função do professor, em sala de aula, ser o disseminador e mediador de conhecimentos direcionados ao aluno, visando sempre a melhor forma de aprendizagem do aluno. A dinâmica estabelecida entre professor e aluno é uma convivência rica na troca de informações, onde o professor identifica o nível de conhecimento do aluno, permitindo ao professor contextualizar e relacionar o conteúdo programático com o cotidiano do aluno.

O aprendizado deve estar ligado ao dia a dia. “Aprender a viver juntos, aprender a viver com os outros” envolve a realização e a profissionalização de projetos comuns por grupos de composição variada, a compreensão e aceitação de diferenças... (Krasilchik, 2007, p.41)

Para Rocha (2008, p.48), cabe ao professor selecionar atividades de acordo com a capacidade cognitiva dos alunos, assim no Ensino Fundamental I, o professor, mediador do conhecimento, proporcionará atividades que propiciem a observação, manipulação, comparação, organização, relação causa-efeito e conclusão. Na aula experimental é necessária uma interação entre professor e alunos, mas outras ações serão importantes como cooperação entre os alunos, examinar livros e outras fontes do conhecimento seu próprio cotidiano, a este conjunto de fatores chamamos de investigação.

6.3 OBJETO DE ESTUDO

Os gases são constituídos por pequenas partículas denominadas moléculas, que possuem um movimento frenético e desordenado em todas as direções chamado movimento Browniano. As moléculas que constituem certo volume de gás estão distantes umas das outras, apresentando grande agitação em seu movimento aleatório devido às inúmeras colisões que ocorrem em todas as direções e em variadas velocidades.

Um estado gasoso se caracteriza por envolver pouca interação entre as moléculas a implicação desse comportamento das moléculas se resume em uma “quase indecência” e o gás ocupa todo volume do recipiente que o contém. Dentro do recipiente, o volume do gás confinado, exerce uma pressão sobre as paredes internas do recipiente devido ao seu movimento Browniano, segundo Ramalho (2007, p.156), as moléculas constituintes de um gás estão em movimento desordenado. Outro princípio físico importante usado para caracterizar um sistema é a temperatura, que está diretamente relacionada com a pressão interna, as três grandezas físicas pressão, volume e temperatura determinam o estado termodinâmico de um gás.

Decorrentes disto, estas grandezas são conhecidas como variáveis de estado ou variáveis termodinâmicas, e a associação entre elas apresenta uma completa descrição do estado macroscópico do sistema termodinâmico. Segundo Halliday (2011, p216), as três grandezas (pressão, volume e temperatura) estão relacionadas ao movimento dos átomos. A compreensão

desta associação permite um grande número de aplicações práticas e tecnológicas importantes para nossa sociedade e em nosso cotidiano.

6.4 PROCEDIMENTOS PEDAGÓGICOS

É provável, segundo Gaspar (2014), que os primeiros equipamentos experimentais destinados a demonstração de princípios científicos tenha sido criado por Arquimedes no século III a.C. As atividades experimentais devem obedecer a um critério básico, a adequação do conteúdo proposto pela atividade ao plano de trabalho docente referente à disciplina de Ciências. Em se tratando de atividades experimentais é necessário que o professor leve em consideração algumas particularidades:

- **Montagem:** É importante testar o experimento previamente, para evitar frustrações durante a aplicação.
- **Tempo de apresentação:** Os resultados devem ser alcançados e observados em um intervalo de tempo menor que a duração da aula.
- **Visibilidade:** No experimento é imprescindível que suas dimensões sejam adequadas e devem estar em local de fácil visualização.
- **Observação de resultados:** O professor deve ter certeza que todos os alunos participaram do processo de manipulação e observação dos fenômenos apresentados.
- **Intervenção:** Deve ser forma imediata quando o objetivo da aula experimental está se distanciando.

Esperamos, com o estudo da Ciência, tornar o aluno mais observador e questionador, sobre o acontecimento de fenômenos científicos em seu cotidiano. Além do conhecimento científico, as aulas experimentais funcionam como uma importante ferramenta pedagógica para as interações sociais dos alunos.

6.5 MATERIAIS UTILIZADOS

Para representar o movimento das moléculas, procuramos utilizar um material leve e simples o isopor, utilizando-se da forma esférica, que pode ser encontrado com facilidade em papelarias ou mercados. Essas esferas de isopor quando estimuladas sofrerão interações entre si e acontecerá a visualização da movimentação das mesmas no interior do recipiente. Este material poderá ser substituído por bolinhas de tênis de mesa se forem depositadas em um recipiente maior.

Para proporcionar a transferência de energia foi utilizada uma haste metálica de mais ou menos 20 centímetros, podendo ser substituída por um pedaço de madeira de cabo de vassoura. A utilização de um material leve facilita a manipulação, uma vez que estamos trabalhando com crianças e se o material utilizado possuir uma massa muito grande pode prejudicar os resultados do experimento.

Foi utilizado um suporte (tripé), para acoplar a tampa do primeiro pote plástico, fixando-o de maneira que suporte batidas, possibilitando a visualização do interior do frasco transparente. Este suporte pode ser construído com ferros de construção civil ou pode ser encontrado em laboratórios de Ciência, como a maioria das escolas possui algum equipamento de laboratório podemos encontrar este suporte já pronto.

Para representar o recipiente de confinamento das moléculas foi utilizado um pote cilíndrico, feito com material transparente (plástico) para facilitar a visualização do movimento interno. Foram utilizados dois potes para representar a transferência de energia entre moléculas, de um pote para o outro. No pote acoplado ao suporte metálico, a utilização se deu com a tampa em uma extremidade e na sua outra extremidade foi utilizando um plástico filme para impedir que as bolinhas de isopor caíssem fora do frasco, ou seja, o frasco foi cortado para facilitar o movimento das bolinhas de isopor.

Um segundo pote, também contendo esferas de isopor, é colocado “sem tampa” em contato com a parte superior do primeiro pote que estará com um plástico filme. Quando o aluno bater com a haste metálica na tampa do

primeiro pote, que está preso ao suporte metálico, e a tampa estará virada para baixo (parte inferior) as bolinhas de isopor começarão a se movimentar freneticamente, como já citado anteriormente este fato é denominado movimento Browniano. O aluno intuitivamente irá perceber um fato, quanto menor for o intervalo entre as batidas, mais rápido será o movimento das bolinhas de isopor dentro do pote de plástico. Quando o segundo pote é colocado em contato com o fundo do primeiro pote e a força aplicada na haste metálica é aumentada, as bolinhas de isopor começam a alcançar distâncias maiores.

Como as bolinhas de isopor atingem a parte superior do primeiro pote, que está revestida com papel filme, e o segundo pote cheio de bolinhas de isopor e sem tampa é colocado com a abertura para baixo, de forma que as bolinhas contidas em seu interior serão atingidas pelas bolinhas de isopor do primeiro pote. As bolinhas de isopor do segundo pote, separadas por uma película de plástico filme, são atingidas pelas bolinhas de isopor que estão se movimentando freneticamente no primeiro pote. Após serem atingidas as bolinhas de isopor do segundo pote começam a se movimentar aleatoriamente, com o aumento da frequência das batidas na parte inferior do primeiro pote o movimento interno das bolinhas de isopor aumenta e atinge mais rapidamente as bolinhas do segundo pote.

Este movimento das bolinhas de isopor é relacionado com o movimento real das moléculas de gás confinadas dentro de um recipiente, com o número de choques, das moléculas com as paredes do recipiente ocorre o aumento de pressão interna do recipiente. À medida que as bolinhas de isopor se chocam com as paredes do pote com velocidades diferentes, exercem uma força em uma determinada área de contato, este é o fundamento do conceito de pressão.

Para determinar a força total devemos somar as contribuições de todas as moléculas que colidem com a parede, levando em conta a possibilidade de que tenham velocidades diferentes. (Halliday, p. 221)

O conceito de pressão foi o ponto de partida para desenvolvermos a relação entre a velocidade das moléculas e a temperatura do sistema,

passando por conceitos interligados demonstrados matematicamente no item 4,3. Segundo Araújo e Abib (2003), o uso de atividades experimentais, como estratégia de Ensino na disciplina de Ciências, é considerado por muitos professores como uma das melhores maneiras para diminuir as dificuldades no ensino e aprendizagem de modo significativo e consistente. A atividade experimental possibilita ao aluno uma aprendizagem significativa e motivadora, neste caso para existir a motivação é de fundamental importância inseri-los no desenvolvimento do experimento.

À vista disso, poderíamos questionar se o problema da motivação encontra-se no aluno que não demonstra interesse e ou no professor que não utiliza estratégias eficientes para provocar a motivação. Certamente que uma parte importante da resposta para essa questão está situada numa certa dependência entre estratégias eficientes e a capacidade das mesmas em potencializar a motivação de grande parte dos alunos. (LABURÚ, 2006, p.384)

7. APLICAÇÃO DO PRODUTO

Os alunos que participaram da aplicação projeto pertencem ao quarto ano B, com aulas no período vespertino e contando com o total de 21 alunos matriculados no sistema regular de ensino. A escolha da turma para aplicação foi devido ao tema temperatura e calor terem sido abordados recentemente segundo o planejamento da instituição.

A aplicação do produto educacional aconteceu em cinco encontros de 50 minutos cada, nos dias 25/11/2017, 27/11/2017, 28/11/2017, 29/11/2017 e 30/11/2017. Os alunos participaram de várias etapas do processo científico que começa na observação, elaboração de problema, hipóteses, experimentação, análise de resultados e conclusão. O tema norteador da discussão é a Termodinâmica ao qual será demonstrada, através de um modelo construído com objetos de baixo custo, a relação entre os conceitos de energia (calor) e temperatura.

Os alunos passaram por etapas, assistindo vídeos de reportagens sobre os conceitos temperatura e calor em nosso cotidiano. Estes vídeos tem a finalidade de instigar o aluno e demonstrar que os conceitos científicos ensinados nas escolas estão diretamente relacionados ao nosso cotidiano. Outra etapa ofertada aos alunos foi à manipulação de vários tipos de termômetros, equipamentos científicos utilizados em laboratórios, com finalidade de medir a temperatura de determinadas substâncias de cores diferentes. O levantamento das hipóteses, sobre as relações entre os conceitos envolvidos, deve ser feito com muito cuidado porque é por meio delas que se projetam as dúvidas e será o ponto de partida da experimentação. A experimentação consiste no conjunto de processos utilizados para verificar as hipóteses levantadas após a observação e por meio da chamada educação “mão na massa”.

O ensino por meio da experimentação é quase uma necessidade no âmbito das ciências naturais. Ocorre que podemos perder o sentido da construção científica se não relacionarmos experimentação, construção de teorias e realidade socioeconômica e se não valorizarmos a relação entre teoria e experimentação, pois ela é o próprio cerne do processo científico. (SANTOS, 2012, p.61).

Durante o processo de experimentação os alunos serão os protagonistas, neste momento podem acontecer fatos inesperados ao qual não faziam parte do planejamento e podem acontecer resultados estranhos. Estes resultados não podem ser descartados, pois, quando estamos trabalhando com experimentação os resultados “errados” também serão aproveitados didaticamente. Muitas vezes quando os alunos atingem o objetivo em aulas logo na primeira tentativa, pode ocorrer de não haver discussão sobre os resultados atingidos e quando o experimento não tem o resultado esperado ocorre naturalmente uma discussão produtiva do fato. Geralmente nessas discussões os alunos reexaminam todo o processo e por conta própria descobrem onde está ocorrendo o erro e após fazerem a correção repetem o experimento, geralmente atingindo o objetivo.

Durante as aulas experimentais o professor não deve desconsiderar experimentos que apresentam erro ou que não deram certo, essas atividades devem ser aproveitadas para se descobrir o que não deu certo, que fator interferiu no resultado. (Morais, 2014, p.6)

As aulas experimentais são, de forma geral, o ponto de partida para que o aluno possa compreender conceitos e fazer a relação com as ideias abordadas e discutidas em sala de aula e seu cotidiano. Os alunos conseguem visualizar a conexão entre a teoria e a prática ao mesmo tempo despertando dúvidas e gerando discussões, entre os alunos, que são mediadas pelo professor.

Uma aula experimental, seja ela com a manipulação do material pelo aluno ou demonstrativa, não está associada a um aparato experimental sofisticado, mas, sim, à sua organização, discussão e análise, que possibilitam, interpretar os fenômenos químicos e a troca de informações entre o grupo que participa da aula. (Paraná, 2008, p.67)

As aulas ministradas neste formato tornam os alunos estimulados e interessados pelas aulas, o aluno constrói seu conhecimento, amadurece, cria um senso de responsabilidade e desenvolve a interação social por meio de trabalho em equipe.

1ª aula (tempo de duração 50 minutos) temperatura

1º momento: O professor passa um vídeo introdutório, onde os alunos poderão ver exemplos de diferentes temperaturas em diferentes regiões do Brasil. Compreender que apesar de estarmos em um mesmo País, podemos ter temperaturas diferentes dependendo de uma série de fatores, entre eles a estação do ano, o clima da região ou até mesmo um dia com ou sem nuvens podem influenciar na temperatura do ambiente. Este vídeo é uma reportagem do bom dia Brasil da rede globo de televisão que foi ao ar em 4 de julho de 2017. <https://globoplay.globo.com/v/5983577/>. (cinco minutos)

2º momento: O professor mediará uma discussão sobre o conteúdo visto cujo principal objetivo é identificar o tema central do vídeo, para iniciar as atividades propostas. Os alunos identificaram o tema norteador da aula como temperatura e foram capazes de relacionar a temperatura com a radiação solar. (dez minutos)

3º momento: Apresentação, em slides, de diversos tipos de termômetros aos alunos e suas utilizações específicas. Foram apresentados termômetros clínicos de mercúrio, digital e a laser, termômetros de mercúrio, termômetro de máximos e mínimos e termômetros de álcool. (dez minutos)

4º momento: Os alunos são divididos em grupos com quatro integrantes, e farão o manuseio dos termômetros para medir a temperatura de três frascos contendo uma mistura de água e corante, sendo cada um deles com temperaturas diferentes. Um frasco continha 200 ml de uma mistura amarelada (água + corante) e temperatura ambiente em torno de 20 °C, O segundo Frasco continha 200 ml de uma mistura azul (água + corante) que estava a uma temperatura inferior a 6 °C e um frasco contendo 200 ml de uma mistura verde (água + corante) que estava com temperatura superior a 50 °C. Cada grupo coletou os dados referente as temperaturas e fizeram anotação para discussão final e sobre as dificuldades para obter os dados. (quinze minutos)

Figura21: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 17: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 23: Medindo a temperatura de substâncias com termômetro.



Fonte: Acervo pessoal

5º momento: Discussão mediada pelo professor sobre os dados observados e os alunos comparavam seus valores obtidos e constatou-se que o valor da temperatura da substância, que inicialmente tinha a temperatura mais alta estaria diminuindo à medida que o tempo passava e a temperatura da mistura que, encontrava-se no início da aula com a temperatura mais baixa estava aumentando à medida que o tempo passava. (dez minutos)

2ª aula (tempo de duração 50 minutos) Variação de temperatura

1º momento: Professor fará a retomada do conteúdo temperatura e como se faz a medição desta grandeza utilizando-se do termômetro, para obter os valores referentes a temperatura. (cinco minutos)

2º momento: Professor apresenta um vídeo introdutório com reportagem da TV onde é exposta a sensação térmica e neste caso depoimentos de pessoas que estão em um ambiente com grande amplitude térmica.

<http://g1.globo.com/pernambuco/videos/v/fluxo-de-calor-e-tema-de-fisica-na-reportagem-do-projeto-educacao/2858895/>. A variação de temperatura está presente em nosso cotidiano desde a hora que levantamos até a hora de dormir. (cinco minutos)

3º momento: Os alunos são divididos em grupos com quatro integrantes e iniciam uma rápida discussão sobre o tema proposto no vídeo e em

uma folha de papel registram o tema central e o que chamou mais atenção no vídeo. (dez minutos)

4º momento: O professor apresentará três recipientes semelhantes ao apresentado na aula anterior contendo 200 ml de cada mistura, a mistura amarela tinha um misto de gelo e água, conseqüentemente sua temperatura estava próxima de 0° C a mistura azul estava a temperatura ambiente, próximo dos 20° C e a mistura verde água fervente, com temperatura próxima de 90°C. Como os alunos aprenderam no dia anterior como manusear o termômetro, irão coletar os valores da temperatura dos três frascos, a temperatura do frasco com água fervente foi coletada pelo professor. Após a marcação da temperatura de todos os recipientes o professor sugere misturar os conteúdos dos três recipientes em um único recipiente, com capacidade volumétrica maior. Após alguns instantes o professor orienta os alunos para fazerem uma nova medição de temperatura e todos encontraram uma temperatura diferente das três temperaturas medidas anteriormente. Os alunos, empiricamente, constatam que todas as três misturas, quando são colocadas no mesmo frasco, se encontram na mesma temperatura, por ser água com corantes a mistura fica homogênea. O professor propõe que os alunos determinem a diferença de temperatura de cada uma das três misturas, em relação ao início do procedimento. Com isto é possível determinar quantos graus Celsius cada mistura ganhou ou perdeu, atingindo o objetivo da aula com o conceito de variação de temperatura. (vinte minutos)

Figura24: Coleta de informações.



Fonte: Acervo particular

Figura25: Coleta de informações.



Fonte: Acervo particular

5º Discussão mediada pelo professor sobre os dados observados e a comparação entre eles com questionamentos sobre a de variação de temperatura. Neste momento os alunos tiveram a oportunidade de obter o equilíbrio térmico entre as três misturas, atingindo certa temperatura após um determinado intervalo de tempo. (dez minutos)

3ª aula (tempo de duração 50 minutos) troca de calor

1º momento: Professor fará a retomada do conteúdo abordado na aula anterior, variação de temperatura. (cinco minutos)

2º momento: O professor dividirá a turma em grupos com quatro integrantes e distribuirá um termômetro digital para cada grupo em seguida passara um vídeo introdutório da aula. <https://www.youtube.com/watch?v=nFgA9akiGQQ> (seis minutos)

3º momento: O professor distribuirá para cada grupo quatro frascos, três deles contendo água com corante e com temperaturas diferentes, o quarto frasco possui um tamanho relativamente maior que os outros três. Os alunos serão envolvidos em todas as etapas deste processo, desde a medida de temperatura dos líquidos dos frascos menores, passando por anotação das informações, medirão a temperatura dos líquidos contidos nos três frascos irão registrar com auxílio do termômetro as temperaturas das três substâncias (água+corante). (dez minutos)

4º momento: Os alunos, orientados pelo professor, irão misturar as duas substâncias no frasco que estará vazio e, medirão novamente a temperatura, agora com as duas substâncias juntas no mesmo frasco e farão as anotações em folha de papel. Os alunos poderão perceber que dos três líquidos utilizados, quando misturados, alguns sofrerão aumento de temperatura e outros sofrerão diminuição de temperatura. O líquido utilizado é água e corante, cada um dos frascos possuem cores e temperaturas diferentes, ao serem misturados os três líquidos tornam-se uma mistura homogênea devido à densidade dos três líquidos serem iguais. (quatorze minutos).

5º momento: Discussão mediada pelo professor sobre os dados observados e eventuais situações ocorridas durante a aula, finalizando a aula os alunos serão capazes de compreender a dinâmica do conceito de transferência de calor. (quinze minutos)

4ª aula (tempo de duração 50 minutos) calor

1º momento: O professor fará a retomada de conteúdos abordados na aula anterior e dividirá os alunos em grupos com quatro integrantes. (cinco minutos)

2º momento: O professor apresentará uma animação introdutória onde será abordado o tema energia térmica relacionado com situações

cotidianas. <https://www.youtube.com/watch?v=fNWwz8AI9Ro> (cinco minutos)

3º momento: O professor distribuirá para cada grupo um termômetro e um frasco contendo água a temperatura ambiente e um aquecedor elétrico. (cinco minutos)

4º momento: O professor orienta os alunos a medir a temperatura da quantidade de água a temperatura ambiente anotando-a em uma folha de papel, em seguida o professor liga os aquecedores elétricos e pede para os alunos utilizarem um celular para cronometrar o tempo de oito minutos de aquecimento. Após esse intervalo de tempo e supervisionada pelo professor, os alunos medirão novamente a temperatura da água. (vinte minutos)

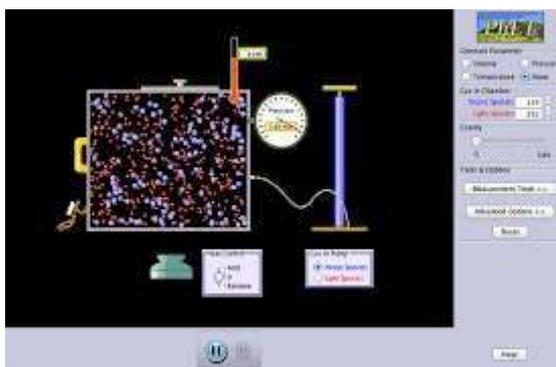
5º momento: Discussão mediada pelo professor sobre os dados observados, onde os alunos poderão perceber uma suposta relação da energia transmitida para a água. A relação de transferência de energia para a água pelo aquecedor é proporcional ao tempo de utilização do aquecedor imerso dentro do frasco com água. (quinze minutos)

5ª aula (tempo de duração 50 minutos) apresentação do produto

1º momento: Professor fará a retomada de todos os conteúdos abordados nas aulas anteriores de forma cronológica onde os alunos relacionaram todos os conteúdos trabalhados durante a sequência de aulas. (cinco minutos)

2º momento: O professor apresenta aos alunos um simulador onde os alunos poderão visualizar os efeitos microscópicos relacionados a transferência de energia, com a agitação das partículas. https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties (cinco minutos)

Figura26: Simulador PHET.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy

3º momento: O professor apresenta aos alunos o produto educacional que irá demonstrar de forma macroscópica a interação entre energia e temperatura que ocorre nos gases de forma microscópica, através da manipulação e principalmente da visualização do movimento de bolinhas de isopor, devido a transferência de energia que será empregada com contato direto. (cinco minutos)

Figura27: Produto educacional.



Fonte: Acervo pessoal

4º momento: Os alunos farão a manipulação do produto educacional de maneira que todos consigam visualizar a relação entre as batidas distribuídas no funcho do recipiente e o movimento das bolinhas de isopor. Nesta manipulação os alunos terão livre arbítrio para colocar situações como, por exemplo, velocidade de batidas na parte inferior do produto e comparar os resultados. Com as várias situações

proporcionadas os alunos poderão comparar com o simulador eletrônico phet.colorado.edu/pt, apresentado minutos antes, onde o número e a intensidade das batidas, estão relacionados com quantidade de energia transferida. (vinte minutos)

Figura28: Alunos manipulando o produto educacional.



Fonte: acervo pessoal

Figura29: Alunos manipulando o produto educacional.



Fonte: acervo pessoal

5º momento: Os alunos farão um relatório final onde será feita a devolutiva, em forma de discussão aberta envolvendo todos os alunos e mediada pelo professor, entre toda a sequência apresentada e sua relação dos conceitos de temperatura e calor. (quinze minutos)

8. CONCLUSÃO

Na sequência didática apresentada pelo professor aos alunos de maneira simplificada e objetiva, obtiveram-se 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 em sala de aula ao final de cada etapa.

Os alunos manipulam um modelo macroscópico que estabelece uma relação microscópica da energia cinética média das moléculas com a temperatura das moléculas no interior do recipiente, conseguindo perceber a proporcionalidade entre as duas grandezas. Se a incidência de batidas no recipiente aumentarem, o movimento das bolinhas de isopor também aumentará, e se a frequência se mantiver constante podemos sugerir que a temperatura das moléculas é constante e que a energia cinética média das moléculas se mantenha estável. Observa-se que todos os alunos se mostraram receptivos ao conteúdo proposto, relacionando os conceitos ensinados de forma fragmentada. As aulas experimentais podem ser desenvolvidas e aplicadas com diferentes objetivos e prover importantes contribuições no ensino e aprendizagem de Ciências.

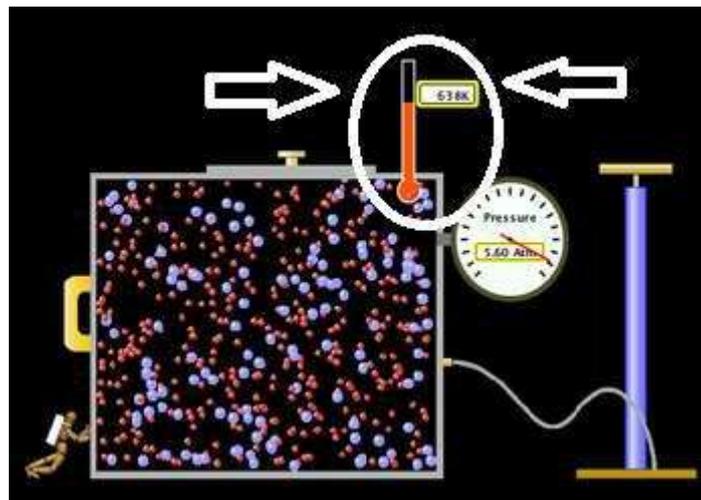
Espera-se que este material venha dar grande contribuição ao professor de Ciências estabelecendo um ambiente adequado e motivador para o aluno de modo a propiciar um maior envolvimento resultando em uma melhor aprendizagem em seu meio escolar. As atividades experimentais servem como excelentes ferramentas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

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)

Nas atividades onde temos a participação efetiva dos alunos o teor das discussões sobre os resultados obtidos foi muito significativo e observou-se que os alunos saíram das aulas conseguindo perceber a relação entre a energia cinética das moléculas e a temperatura. Por se tratar de alunos do Ensino Fundamental I, logicamente que os alunos não fizeram a comprovação matemática da energia cinética e a temperatura, chegaram às convicções com o auxílio do simulador PHET, que possui um termômetro onde se pode visualizar o movimento das moléculas e o aumento da temperatura.

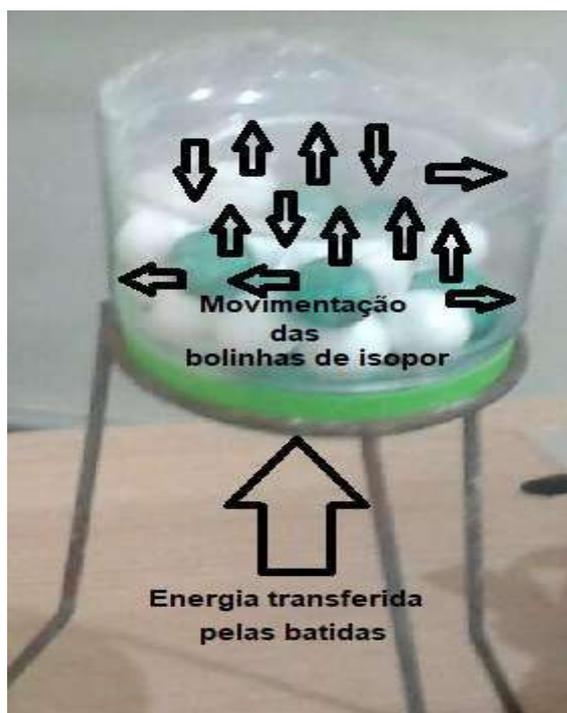
Figura30: Destaque do termômetro no simulador PHET



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy

Quando os alunos manipularam o produto educacional perceberam uma relação entre a transferência de energia, provenientes das batidas da barra de ferro no fundo do recipiente, e a movimentação das bolinhas de isopor no interior do recipiente. O uso da aula experimental proporcionou aos alunos um desenvolvimento na compreensão dos conceitos físicos aproximando a teoria dos conceitos estudados nos livros para o cotidiano do aluno, temos aí indícios de uma aprendizagem significativa.

Figura 31: representação da transferência de energia.



Fonte: Acervo próprio.

A educação básica no Brasil é um direito social e uma das peças da consolidação da cidadania de uma nação garantida pela constituição e ratificada pela Lei das Diretrizes e Bases (LDB), Lei 9394/96. No estado do Paraná os conteúdos programáticos são contemplados baseados nas Diretrizes Curriculares Estaduais (DCEs), onde em cada disciplina o conteúdo é tratado de modo contextualizado. Baseados nos referenciais teóricos o produto educacional foi desenvolvido com intenção de se tornar a aula mais atrativa e motivadora para que o aluno possa ser mais independente e desenvolvendo seu protagonismo no processo de ensino aprendizagem.

Os alunos do Ensino Fundamental I aprendem na disciplina de Ciências muitos conceitos físicos, químicos e biológicos onde muitas vezes os conceitos são abordados de forma superficial. Nesta proposta de ensino o tema norteador foi desenvolver a relação direta entre a energia cinética das moléculas, de uma amostra de gás confinada em um recipiente e a temperatura das moléculas. Este conteúdo não é abordado com ênfase neste período acadêmico da criança, em alguns casos este tema nem é abordado

pelos professores devido a sua complexidade. A proposta é abordar este conteúdo de uma forma lúdica, onde o aluno pode visualizar com auxílio de um simulador essa transferência de energia.

Os alunos desenvolveram uma boa linha de raciocínio, atingindo resultados satisfatórios em se tratando de um conteúdo complexo da área acadêmica. O trabalho foi desenvolvido e baseado nas teorias de aprendizagem das obras literárias de Piaget, Ausubel e outros autores, onde procuramos desenvolver o trabalho norteado por estes e outros autores construtivistas. Tais escritores desenvolveram trabalhos voltados para a construção do conhecimento da criança, no caso de Piaget, a construção de conhecimento acontece por estágios que variam com a idade e em relação à Ausubel temos a aprendizagem significativa.

A maneira ao qual demonstraram entusiasmo e interesse sobre o tema proposto foi muito gratificante, pois são crianças entre oito e nove anos de idade, mostrando-se sempre dispostos a aprender. O professor licenciado em física, química ou biologia não é habilitado a lecionar para o Ensino Fundamental I, mas ao aplicar o projeto para este público os resultados foram surpreendentes.

9. 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 Republica 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 N° 10, NOVEMBRO 1999

GONCALVES, C.L; PIMENTA, S.G. Revendo o ensino de 2° 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 Vera 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, *Print version* ISSN 1806-1117 *On-line version* ISSN 1806-9126 Rev. Bras. 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-e-conceitos.pdf> acesso 12/06/2017

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

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfWP4AG/explicacao-fisica-funcionamento-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-transformacao-isotermica.htm> acesso em 21/06/2017

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

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA - UEPG
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CLAUDIO CORDEIRO MESSIAS

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO ENSINO DE TERMODINÂMICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL I**

CLAUDIO CORDEIRO MESSIAS

Ponta Grossa
2019

**UMA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO ENSINO DE TERMODINÂMICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL I**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Ponta Grossa - Polo 35- no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física. Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Facin

Ponta Grossa
2019

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
MATERIAL PEDAGÓGICO DO PROFESSOR	6
SENSAÇÃO TÉRMICA	6
EQUILÍBRIO TÉRMICO	7
TEMPERATURA	9
CALOR	12
PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO	14
PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONVECÇÃO	14
PROPAGAÇÃO DE CALOR POR IRRADIAÇÃO	15
TEORIA CINÉTICA DOS GASES	16
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
MATERIAL DO EDUCANDO	43
ATIVIDADE AULA 1	43
ATIVIDADE AULA 2	45
ATIVIDADE AULA 3	47
ATIVIDADE AULA 4	49
ATIVIDADE AULA 5	51
REFERÊNCIAS	53

SUMÁRIO DE FIGURAS

Figura 1: Representação da sensação térmica pela pele.....	7
Figura 2: Bacia com água sobre a mesa	8
Figura 3: Isolante térmico para impedir que a temperatura do corpo baixe	8
Figura 4: Suor atuando como isolante térmico para impedir que a temperatura do corpo aumente	9
Figura 5: Modelo do comportamento das moléculas de gases existentes na atmosfera	10
Figura 6: Termômetro comum em residências	11
Figura 7: Relação entre escalas.....	12
Figura 8: Perfuração de tubos de canhão	12
Figura 9: Transferência de calor de um corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura	13
Figura 10: Transferência de calor por condução	14
Figura 11: Transferência de calor por convecção	15
Figura 12: Transferência de calor por ondas eletromagnéticas.....	16
Figura 13: Modelo do comportamento de um gás confinado.....	17
Figura 14: Molécula de gás em movimento aleatório dentro do recipiente	18
Figura 15: Simulação do movimento horizontal de uma molécula de gás.....	19
Figura 16: Deslocamento da molécula no sentido positivo.....	21
Figura 17: Deslocamento da molécula no sentido negativo.	21
Figura 18: Simulador de colisões	30
Figura 19: Simulação da molécula 1	31
Figura 20: Simulação da molécula 2	32
Figura 21: Simulação da molécula 3	32
Figura 22: Simulação da molécula 4	33
Figura 23: Simulação da molécula 5	34
Figura 24: Simulação da molécula 6	34

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, 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?

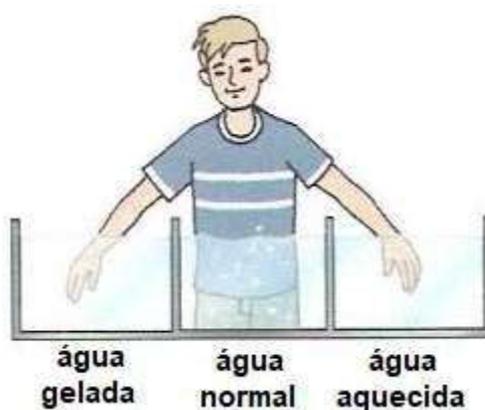
- Certamente Godofredo responderá que o recipiente onde está sua mão direita estará com água fria e a água do recipiente que estará sua mão esquerda vai estar quente.

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



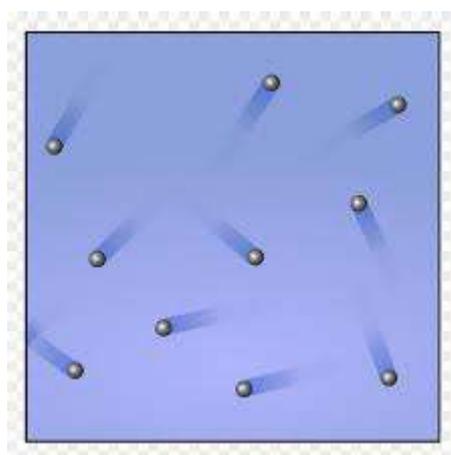
Fonte: https://www.google.com.br/search?rlz=1C1NHXL_pt-BRBR738BR738&biw

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 \longrightarrow 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.

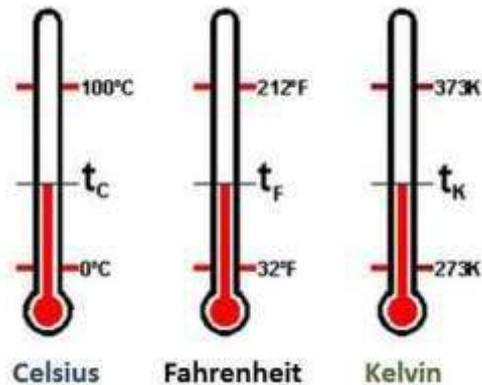
Figura 6: Termômetro comum em residências



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

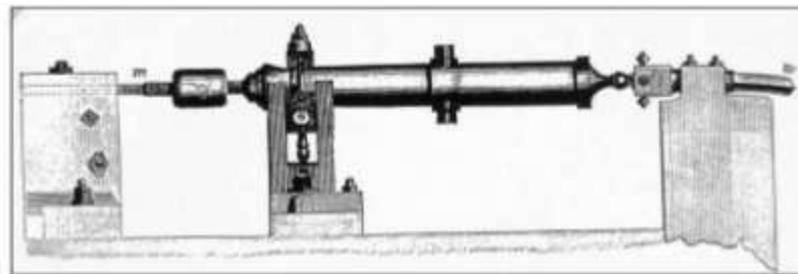


Fonte: <https://www.google.com.br/imgres?imgurl=https://static.todamateria.com.br>

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 esta 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 têm 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 mesmo comportamento ocorrido nas substâncias líquidas acontece com os gases, concentrando as moléculas menos densas na parte superior e as moléculas mais densas na 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



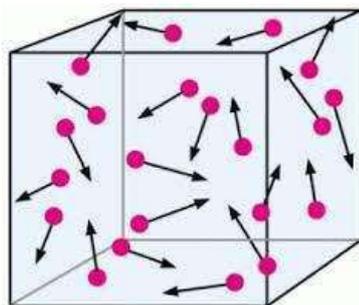
Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/radiacao-conducao-conveccao.htm>

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.

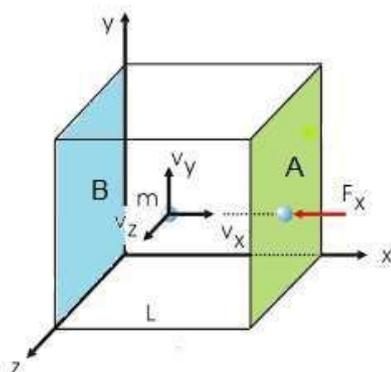
Com base nestas hipóteses, é possível adotar um modelo microscópico mostrado na figura 13, onde é demonstrado um grande espaço vazio entre as moléculas e com movimento em todas as direções. Devido ao seu tamanho e a sua velocidade de locomoção, uma molécula pode colidir por milhares de vezes por segundo, 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

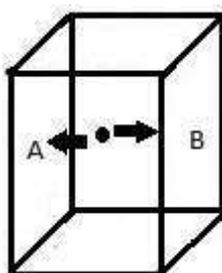
a face do recipiente. A força aplicada pela molécula do gás sobre a área da face A, resultará numa pressão sobre a face A que será calculada com a razão (divisão) entre a força aplicada e área de contato expressada pela equação (1):

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

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&tbm=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.

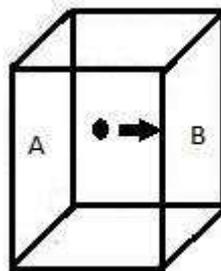
A velocidade instantânea então é a razão entre o deslocamento infinitesimal $d\vec{x}$ e o intervalo de tempo infinitesimal dt . Para a velocidade média

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:

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

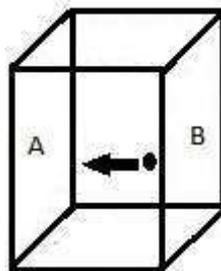
Como na equação (2), a velocidade é o fator preponderante para a quantidade de movimento, podemos dizer que a quantidade de movimento, por ser uma grandeza vetorial, depende do sentido do movimento da molécula de gás, como mostra as figuras 16 e 17.

Figura 16: Deslocamento da molécula no sentido positivo.



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

Figura 17: Deslocamento da molécula no sentido negativo.



Fonte: adaptada <https://www.google.com.br/search?biw=1093&bih=508&tbm=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 retirar-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:

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

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:

$$P = \frac{\frac{m}{L} (Nv_x^2 \text{ média})}{A} = \frac{m (Nv_x^2 \text{ média})}{AL} \quad (15)$$

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:

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

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 $M=28 \times 10^{-3}$ Kg/mol. ($R=8,3$ J/mol.K; 20,0°C=293 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. ($R=8,3$ J/mol.K; 35,0°C=309 K)

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

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

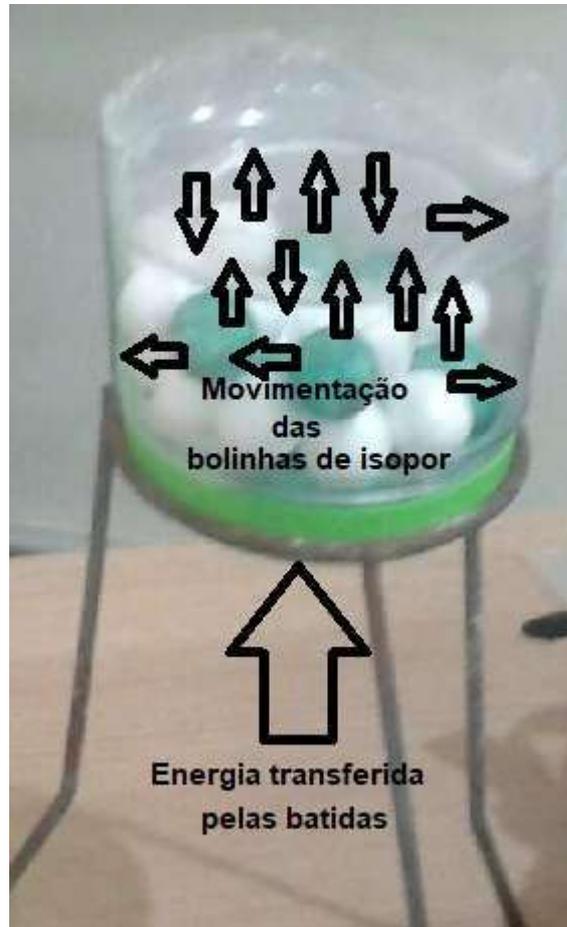
Obs.: Ao fazer as substituições dos valores, utilizando a equação 26, podemos determinar com precisão o valor da velocidade unidimensional da molécula utilizada no exemplo 2.

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 $3,0 \cdot 10^{-3}$ kg supondo que suas velocidades são: ($R=8,31$ J/mol.K)

Figura 18: Simulador de colisões



Fonte: Acervo próprio

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

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

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

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

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

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

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

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

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

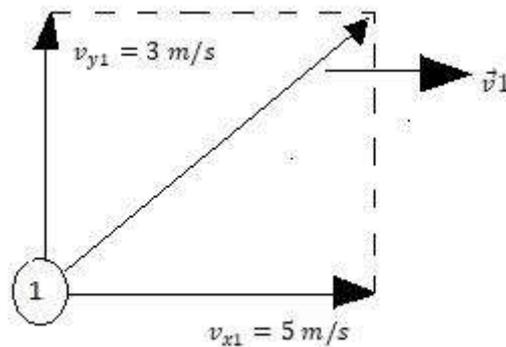
$$v_{y5} = |\vec{v}_{y5}| = 1 \frac{m}{s} \quad (14)$$

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

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

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

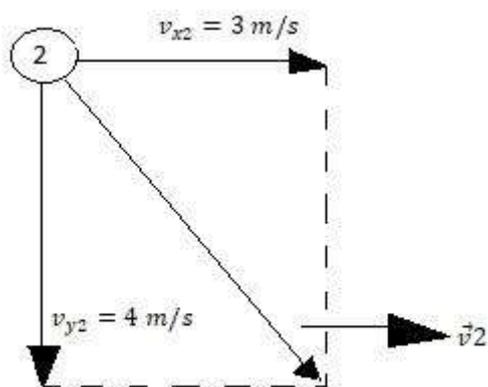
$$|\vec{v}1| = \sqrt{v_{x1}^2 + v_{y1}^2} \quad (17)$$

$$|\vec{v}1| = \sqrt{5^2 + 3^2} \quad (18)$$

$$|\vec{v}1| = \sqrt{36} \quad (19)$$

$$|\vec{v}_1| = 6 \text{ m/s} \quad (20)$$

Figura 20: Simulação da molécula 2



Fonte: Acervo próprio

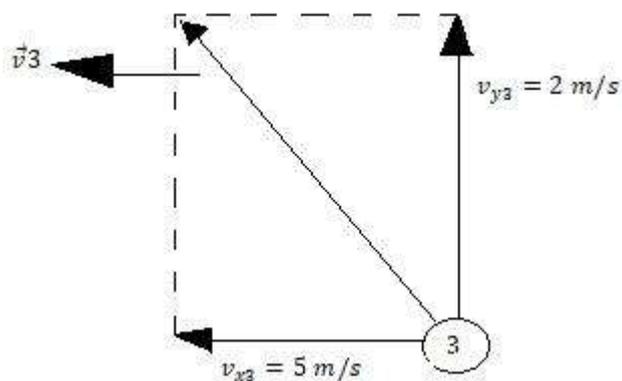
$$|\vec{v}_2| = \sqrt{v_{x2}^2 + v_{y2}^2} \quad (21)$$

$$|\vec{v}_2| = \sqrt{3^2 + 4^2} \quad (22)$$

$$|\vec{v}_2| = \sqrt{25} \quad (23)$$

$$|\vec{v}_2| = 5 \text{ m/s} \quad (24)$$

Figura 21: Simulação da molécula 3



Fonte: Acervo próprio

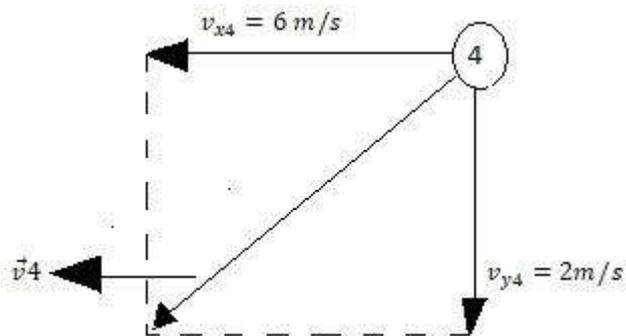
$$|\vec{v}_3| = \sqrt{v_{x3}^2 + v_{y3}^2} \quad (25)$$

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

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

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

Figura 22: Simulação da molécula 4



Fonte: Acervo próprio

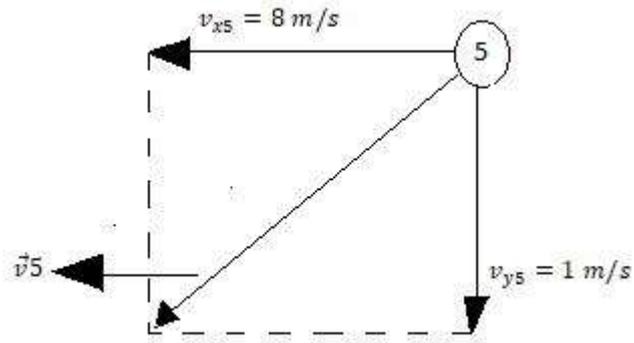
$$|\vec{v}_4| = \sqrt{v_{x4}^2 + v_{y4}^2} \quad (29)$$

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

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

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

Figura 23: Simulação da molécula 5



Fonte: Acervo próprio

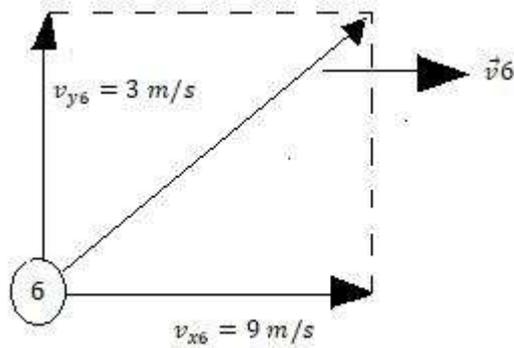
$$|\vec{v}_5| = \sqrt{v_{x5}^2 + v_{y5}^2} \quad (33)$$

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

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

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

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 Republica 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 N° 10, NOVEMBRO 1999

GONCALVES, C.L; PIMENTA, S.G. Revendo o ensino de 2° 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 Vera 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, Print version ISSN 1806-1117 On-line version ISSN 1806-9126 Rev. Bras. 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-e-conceitos.pdf> acesso 12/06/2017

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

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfWP4AG/explicacao-fisica-funcionamento-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-transformacao-isotermica.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	DATA

- 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	DATA

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) Ascenda 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	DATA

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 intervalor 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 N° 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.