

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

FÍSICA TÉRMICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E  
EXPERIMENTAL

Juleane Boeira Michelena



Porto Alegre 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**INSTITUTO DE FÍSICA**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física**

**Mestrado Profissional em Ensino de Física**

**FÍSICA TÉRMICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL\***

**Juleane Boeira Michelena**

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Machado Mors, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2008

.....  
\* Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

## RESUMO

Em nossas escolas de ensino médio a Física é, freqüentemente, apresentada aos alunos como algo fragmentado, descontextualizado, sem relação com a vida do aluno, e como um conhecimento pronto e acabado. Desenvolvemos um material didático fundamentado nas teorias de aprendizagem significativa, de David Ausubel, e da interação social, de Lev Vygotsky, como sugestão de alternativa para esta situação. Este material é sobre Física Térmica, e possui uma abordagem histórica e experimental desta área da Física. O material desenvolvido é constituído de seis módulos, sendo que em todos os módulos se faz a abordagem histórica do conteúdo. Para cada conceito trabalhado são propostas atividades experimentais com material de baixo custo, numa tentativa de minimizar os efeitos da pobreza material da maioria das escolas no que diz respeito a seus laboratórios. Ao final de cada módulo são propostos exercícios conceituais. O material foi desenvolvido de modo a estimular discussões entre os alunos e com o professor, promovendo a interação social e a troca de experiências na construção do conhecimento. Este projeto foi aplicado de março a agosto de 2008, em uma escola estadual de Porto Alegre.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Nível Médio, Física Térmica, História da Física, Experimentação, Ausubel, Vygotsky

## ABSTRACT

It is frequent, in our high school teaching, to introduce Physics to the students in a fragmented and out-of-context manner, with no relation to the student's daily life and as a final and complete knowledge. We have developed an instruction material founded on the basis of the theories of significant learning, of David Ausubel, and of social interaction, of Lev Vygotsky, as an alternative proposal to this situation. The material is on Thermal Physics, and presents a historical and experimental approach to this area of Physics. The developed material has six sections, and in all of the sections a historical approach of the contents is done. For each topic some experimental activities are proposed, with low cost material, in an attempt to minimize the lack of laboratory facilities of most of our schools. Conceptual exercises are proposed at the end of each section. The material was developed in order to stimulate discussions among the students and with the teacher, aiming the social interaction and the share of experiences in the construction of knowledge. This project was applied from March to August 2008, in a public school of Porto Alegre.

**Keywords:** Physics Teaching, High School Level, Thermal Physics, History of Physics, Experimentation, Ausubel, Vygotsky

## **AGRADECIMENTOS**

- Agradeço ao meu orientador, Paulo Machado Mors, pela dedicação e incentivo durante todo o trabalho;
- à minha família, pela compreensão nas horas ausentes;
- aos professores do Instituto de Física da UFRGS, pela contribuição na construção dos nossos conhecimentos;
- aos colegas do MPEF, pelo apoio e amizade;
- aos funcionários e professores da escola onde foi aplicado o projeto, pelo apoio e incentivo;
- aos alunos participantes do projeto, pelo empenho e dedicação com que trabalharam;
- aos funcionários da secretaria e da biblioteca do Instituto de Física da UFRGS, pela colaboração nesta jornada.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>                                                                              | <b>8</b>  |
| <b>CAPÍTULO 2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....</b>                                                               | <b>10</b> |
| <b>CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                                                     | <b>15</b> |
| <b>3.1 A TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE LEV VYGOTSKY.....</b>                                                     | <b>15</b> |
| <b>3.2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....</b>                                          | <b>17</b> |
| <b>CAPÍTULO 4 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                                                   | <b>20</b> |
| <b>4.1 A UTILIZAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA.....</b>                                                   | <b>20</b> |
| <b>4.2 A UTILIZAÇÃO DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA FÍSICA NA<br/>        APRENDIZAGEM DE NOVOS CONCEITOS.....</b> | <b>22</b> |
| <b>4.3 ANÁLISE DE ALGUNS LIVROS DIDÁTICOS.....</b>                                                               | <b>23</b> |
| <b>4.4 TEXTOS RELEVANTES NA ELABORAÇÃO DO MATERIAL.....</b>                                                      | <b>24</b> |
| <b>CAPÍTULO 5 – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                      | <b>26</b> |
| <b>5.1 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO.....</b>                                                                          | <b>26</b> |
| <b>5.2 O MATERIAL INSTRUCIONAL.....</b>                                                                          | <b>27</b> |
| <b>CAPÍTULO 6 – APLICAÇÃO DA PROPOSTA.....</b>                                                                   | <b>31</b> |
| <b>CAPÍTULO 7 – AVALIAÇÃO QUALITATIVA.....</b>                                                                   | <b>34</b> |
| <b>7.1 A AVALIAÇÃO DOS ALUNOS.....</b>                                                                           | <b>34</b> |
| <b>7.2 A AVALIAÇÃO DO PROJETO.....</b>                                                                           | <b>36</b> |
| <b>CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                    | <b>46</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                          | <b>49</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>                                                                                            | <b>52</b> |

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>APÊNDICE A – MÓDULO I.....</b>                | <b>53</b>  |
| <b>APÊNDICE B – MÓDULO II.....</b>               | <b>64</b>  |
| <b>APÊNDICE C – MÓDULO III.....</b>              | <b>74</b>  |
| <b>APÊNDICE D – MÓDULO IV.....</b>               | <b>83</b>  |
| <b>APÊNDICE E – MÓDULO V.....</b>                | <b>91</b>  |
| <b>APÊNDICE F – MÓDULO VI.....</b>               | <b>103</b> |
| <b>APÊNDICE G – PRIMEIRA PROVA.....</b>          | <b>114</b> |
| <b>APÊNDICE H – SEGUNDA PROVA.....</b>           | <b>118</b> |
| <b>APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO.....</b> | <b>124</b> |



## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

Um grande problema enfrentado por um número significativo de professores de Ensino Médio é o desinteresse dos alunos pelo que a escola ensina. Este desinteresse ocorre, em parte, devido à falta de significado, para os alunos, do conteúdo tratado, o que leva à indisciplina em sala de aula, à repetência e à evasão escolar. A disciplina de Física é apresentada, geralmente, sem relação com o dia-a-dia, sendo vista como uma disciplina difícil, desinteressante e uma grande lista de equações a serem decoradas para o dia da prova.

Procuramos, neste trabalho, uma maneira de minimizar este quadro inquietante. Para tanto, construímos um material sobre a Física Térmica com uma abordagem histórica e experimental. Este material relaciona o conteúdo a ser estudado com situações do dia-a-dia vivenciadas pelos alunos, relaciona a Física com a sociedade em que vivemos e procura demonstrar que o conhecimento humano está em constante construção.

O material desenvolvido foi aplicado em uma escola estadual de Ensino Fundamental e Médio de Porto Alegre, nas turmas de segundo ano, nos turnos da manhã e da noite.

Utilizamos, para a elaboração do material e sua aplicação, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria da interação social de Lev Vygotsky. Tivemos como objetivo o desenvolvimento de um material realmente significativo para o trabalho com os alunos em sala de aula. O texto começa com conceitos básicos, aos quais vão sendo agregados conceitos mais gerais e abrangentes. O recurso instrucional foi desenvolvido para estimular o trabalho em sala de aula e a interação entre os alunos, e entre os alunos e o professor.

Este trabalho foi recebido com muito entusiasmo pelos alunos. Encontramos atualmente, na escola, uma realidade bastante diferente daquela do início da aplicação da proposta. Pelos resultados encontrados, consideramos que a proposta alcançou os objetivos esperados.

O produto educacional resultante deste trabalho tem a forma de um texto a ser utilizado pelo aluno. A idéia é a de que o texto seja utilizado em sala de aula, em atividades que envolvam a participação de todos os alunos e do professor. Não se trata de um texto de estudo puramente individual, para ser lido apenas fora do ambiente de sala de aula. Este recurso educacional propõe-se a ser um instrumento facilitador do aprendizado dos conceitos

básicos de Física Térmica no nível médio, e é colocado à disposição dos professores que estiverem dispostos a utilizá-lo.

Apresentamos, no próximo capítulo, a justificativa e os objetivos deste trabalho.

## **CAPÍTULO 2**

### **A PROPOSTA: JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS**

O ensino de ciências em nossas escolas de nível médio é muito fragmentado e descontextualizado: estuda-se Física na aula de Física, Química na aula de Química, Português na aula de Português. É muito comum ouvir dos alunos que numa prova de Física não se corrigem erros de gramática ou grafia, por exemplo.

O conhecimento científico é usualmente apresentado aos alunos de forma fragmentada, sem relação entre as disciplinas e sem relação com o dia-a-dia. Apresenta-se um conhecimento pronto, acabado e “verdadeiro”.

O ensino de Física no Brasil, em geral, pouco tem se preocupado com o estudo dos fenômenos, sendo visto como uma coletânea de fórmulas. Para verificar isto, basta que se dê uma olhada nos livros didáticos de nível médio; uma boa quantidade deles são listas de fórmulas (equações), como afirma Almeida (1992):

Muitas vezes, no prefácio ou no primeiro capítulo, a Física é apresentada como ciência da natureza, mas, no restante do livro, na metalinguagem na qual ele é escrito, transparece uma ciência estática, consensual e, principalmente desarticulada da sociedade que a produz. (p. 21)

Assim, a aprendizagem torna-se estéril, mecânica, sem significado para os alunos e sem conexão com o cotidiano.

Isto faz com que persistam as concepções espontâneas. Os alunos têm as respostas para o dia da prova, que estão de acordo com o que o professor espera, e outras para os seus problemas do dia-a-dia. Conforme Ben-Dov (1996):

Em sua maioria, os métodos de ensino atuais não levam em conta de maneira alguma nosso “aristotelismo espontâneo”, responsável pelo que os pesquisadores em pedagogia chamam de “conceitos errôneos”. Muitos estudantes não aprendem corretamente os conceitos da mecânica newtoniana e interpretam os diferentes fenômenos ensinados em termos aristotélicos mais familiares. Assim, com muita freqüência, a aprendizagem da física se reduz para eles a um trabalho extremamente frustrante de assimilação de técnicas destinadas unicamente à resolução dos problemas propostos por ocasião das provas. (p. 15)

Isto leva a que as pessoas, em geral, ao saírem da escola tenham uma visão distorcida da Física, tida como algo muito difícil e desnecessário. Segundo Cherman (2004):

Assim, retirada de seu contexto mais amplo (e belo), a física de nossa infância (ou adolescência) torna-se algo árido e penoso, uma sucessão de regras pouco claras e bem distantes do nosso dia-a-dia. Uma sucessão de planos inclinados, pêndulos, giroscópios, circuitos elétricos, transformações adiabáticas e o que mais houver nos livros de colégio, tudo isso vai afastando as pessoas da beleza de que trata a física. (p.12)

Ou seja, esta maneira de ensinar tem se mostrado ineficiente para motivar os alunos a aprender ciências, a mudarem sua postura frente ao conhecimento.

Felizmente, esforços no sentido de alterar este quadro já estão sendo feitos, principalmente dentro de programas de qualificação que têm recebido apoio de órgãos governamentais.

Como o conhecimento é uma construção humana, e depende de interação entre os indivíduos, o que é verdade hoje, em ciências, pode não sê-lo amanhã. Uma abordagem histórica da Física pode auxiliar os alunos a se motivarem na aprendizagem desta ciência. Conforme Matthews (1995):

A história, a filosofia e a sociologia... podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam. (p. 165)

O conhecimento passa por uma evolução, é uma constante busca de perguntas e respostas que evoluem ao longo do tempo. Logo, uma abordagem histórica da Ciência pode auxiliar os alunos a formularem perguntas e serem mais críticos em relação às informações que lhes chegam.

O objetivo da escola e do professor deve ser formar cidadãos críticos e atuantes, que possam intervir em sua realidade e mudá-la quando acharem conveniente. A escola deve formar pessoas que encontrem soluções para problemas fora da rotina, que consigam improvisar e inventar algo novo, com criatividade, sempre apoiadas em conhecimento já adquirido, sem se limitar a eles.

Acreditamos que uma abordagem histórica da Física possa auxiliar os alunos na sua formação de cidadãos críticos atuantes e competentes.

Historicamente, a estrutura curricular no Brasil tem privilegiado o estudo da mecânica, desde os gregos antigos até Newton. Conforme Ben-Dov (1996):

O ensino da física no secundário é, em grande parte, dedicado à mecânica newtoniana. Trata-se de uma consequência normal da história do pensamento físico: por mais de dois séculos, a mecânica newtoniana foi considerada o exemplo por excelência de uma ciência exata. (p. 46)

O estudo do calor desenvolveu-se acentuadamente a partir do século XIX. No entanto, o tratamento da Física Térmica continua recebendo uma atenção menor em nossas escolas de nível médio.

Aulas práticas podem ser de grande ajuda para motivar os alunos a se envolverem no processo de construção de novos conceitos em Ciência. Estas aulas, quando concomitantes com as aulas teóricas, melhoram o rendimento e a compreensão do conteúdo, como afirmam Ventura e Nascimento (1992) e Alves Filho (2000).

As aulas práticas também podem apresentar situações motivadoras, para que os alunos percebam como os conceitos foram mudando ao longo da História. As concepções alternativas dos alunos, algumas vezes, coincidem com as primeiras idéias na Ciência e aulas práticas juntamente com a História da Ciência podem auxiliá-los na reconstrução dessas concepções.

Muitos professores têm trabalhado com aulas práticas, com o objetivo de motivar e estimular os alunos na aprendizagem dos conceitos em Física. Parece que há um consenso de que aulas de Física não podem ser dissociadas de aulas práticas, mas, segundo alguns autores, muitas vezes essas aulas têm servido apenas como um apêndice das aulas teóricas.

Podemos citar Priante Filho e Rinaldi (1996), Ventura e Nascimento (1992), Alves Filho (2000), Blosser (1988), como alguns autores que acreditam que as aulas práticas, sendo demonstrativas ou não, servem para melhorar o desempenho dos alunos na disciplina de Física e para auxiliá-los na construção de novos conceitos. Em geral, estes autores concordam que essas aulas devem ser concomitantes às aulas teóricas, e não devem seguir um roteiro tipo “receita de bolo”.

Segundo Farias (1992), quando a construção do material para o laboratório envolve os alunos, estes demonstram mais facilidade e domínio na forma de proceder a investigação.

Algumas tentativas, por parte dos professores, envolvendo uma abordagem histórica, também têm ocorrido. Existe um consenso de que uma abordagem histórica da Ciência auxilia na formação de cidadãos críticos e atuantes; humaniza a Física, tornando as aulas mais estimulantes; e principalmente mostra a Ciência como um processo histórico, uma construção humana.

Em seu artigo intitulado “História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau”, Castro e Carvalho (1992) comentam as vantagens de uma abordagem histórica dos conceitos de temperatura e calor, e a ajuda desta abordagem no tratamento das concepções alternativas.

Para nós, é de grande importância a motivação, o querer aprender, para assim haver uma aprendizagem significativa. Os alunos, tendo a oportunidade de montar e manipular experiências, podem ter um ganho na motivação em aprender significativamente o conteúdo, conforme Barreiro e Bagnato (1992):

Há vários anos, este tipo de despertar era introduzido no curso secundário através das chamadas aulas demonstrativas, onde as explicações e argumentos teóricos dos conceitos básicos da ciência eram exemplificados e demonstrados. Infelizmente isto não é feito mais e os estudantes chegam à universidade achando que os conhecimentos básicos não passam de mero exercício acadêmico e só existem nos livros, nada tendo a ver com a vida real. (p. 239)

Também é necessário que os alunos percebam que o conhecimento é uma construção humana, que a Ciência evolui e que o que se sabe hoje é fruto de muitos acertos e erros ao longo da História. Para educar para a cidadania temos que formar pessoas críticas que não aceitem todas as informações que recebem como verdades absolutas.

Neste aspecto, uma visão histórica da Ciência inserida no contexto social e econômico em que surgiram as teorias e descobertas, pode ser de grande ajuda. Segundo Castro e Carvalho (1992):

Outra contribuição desta abordagem reside em sua inevitável interdisciplinaridade que propicia uma compreensão da estrutura do conhecimento, das relações entre ciência e poder, da ciência como força produtiva e não mais como atividade neutra. A atitude crítica, necessária a quem se propõe a ensinar desencadeando um processo de construção, comparece, então, no saber científico e no ensino, objeto de estudo e de trabalho do professor de Física. Ao deixar de encarar a Física como algo incompreensível em suas tramas – a história pode ajudar-nos a compreendê-las – o professor poderá, inclusive, iniciar a ruptura no discurso autoritário do saber como instrumento de opressão. (p. 232)

Portanto, com o objetivo de: motivar os alunos na aprendizagem de Física; envolvê-los no processo de aprendizagem; auxiliar na formação de cidadãos críticos e atuantes; e mostrar que a Física é uma construção humana, passível de erros e tem íntima relação com a realidade econômica, política e social, elaboramos um material permeando uma abordagem histórica da Física Térmica com aulas práticas.

O projeto teve como objetivo a elaboração de um material que adota uma abordagem histórica do conhecimento sobre o calor, desde a idéia de calórico até a mecânica estatística de Boltzmann. Atividades experimentais, que auxiliam na construção dos novos conceitos, foram incluídas.

Passamos a descrever, no próximo capítulo, o referencial teórico que adotamos neste projeto.

## **CAPÍTULO 3**

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

A fundamentação teórica deste trabalho reside na teoria da interação social como pré-requisito para o desenvolvimento cognitivo, de Lev Vygotsky, e na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

#### **3.1 A TEORIA DA INTERAÇÃO SOCIAL DE LEV VYGOTSKY**

Um dos pontos centrais da teoria de Vygotsky é que o desenvolvimento cognitivo ocorre concomitantemente à socialização do indivíduo. Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo se dá na interação do indivíduo com o meio, ou seja, está relacionado com o contexto social, histórico e cultural. Segundo Driscoll (1995 *apud* Moreira 1999, p. 110):

Não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo se torna capaz de socializar, é na socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores.

Para que ocorra o desenvolvimento cognitivo é necessário que os indivíduos interajam com o meio, fazendo uso de instrumentos e signos para a mediação. As relações sociais são convertidas em funções mentais superiores através da mediação. No ensino, o papel do professor é mediar a conversão da interação social em desenvolvimento cognitivo. Para que esta mediação ocorra são utilizados instrumentos e signos. Instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa e signo é algo que significa alguma coisa. Como exemplos de signos, podemos citar a palavra escrita, os números e os gestos, e como exemplos de instrumentos podemos citar as máquinas.

Tanto instrumentos como signos são criações humanas que influenciam o desenvolvimento social e cultural de uma sociedade. Ao se apropriar dos instrumentos e signos, por meio da interação social, o indivíduo se desenvolve cognitivamente. O desenvolvimento cognitivo passa por duas fases: uma externa, no nível social e uma interna, no nível individual.



De acordo com a teoria de Vygotsky, existem dois níveis de desenvolvimento. São eles: a zona de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal.

A zona de desenvolvimento real define o conhecimento já adquirido pelo sujeito. Quando o indivíduo apresenta de forma independente a solução de um problema, isto significa que foram utilizados conhecimentos já internalizados pelo sujeito em sua estrutura cognitiva; estes conhecimentos estão compreendidos na zona de desenvolvimento real.

A zona de desenvolvimento proximal define o conhecimento em processo de formação. Quando o indivíduo apresenta a solução de um problema com o auxílio de alguém mais capaz, isto significa que o conhecimento utilizado para a solução do problema ainda não está suficientemente maduro na estrutura cognitiva do sujeito. Este conhecimento está compreendido na zona de desenvolvimento proximal. Esta é uma zona dinâmica; seus limites estão constantemente mudando à medida que o indivíduo aprende. A solução de problemas dentro da zona de desenvolvimento proximal depende da interação social.

A aprendizagem que conduz ao desenvolvimento cognitivo deve ocorrer na zona de desenvolvimento proximal do indivíduo. Portanto a interação social, isto é, o intercâmbio de significados que provoca esta aprendizagem também deve ocorrer dentro da mesma zona.

O ensino deve estar à frente do desenvolvimento cognitivo dos alunos, e cabe ao professor o papel de mediar o grupo até que passem a compartilhar os mesmos significados.

O sujeito terá aprendido determinado conteúdo quando demonstra compartilhar os significados aceitos no contexto social, pela comunidade de usuários. No caso da Física, o usuário é a comunidade científica. Conforme Moreira (1999):

...na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou os significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto da matéria de ensino, para determinado signo - da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira, “devolver” ao professor o significado que captou. O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados. (p. 120)

A Ciência é uma construção humana; portanto, é passível de mudanças. Ao longo da história da Física houve muitas mudanças, e interpretações da natureza deixaram de ser aceitas para serem substituídas por outras. Esta visão de que o que hoje se aceita como correto

pode deixar de sê-lo, que o conhecimento evolui, não estando pronto e acabado, deve ser considerada no ensino, segundo Moreira (1999):

No ensino, é igualmente necessário considerar que o conhecimento a ser ensinado é também um sistema de construção. As teorias, os princípios, os conceitos são construções humanas e, portanto, sujeitas a mudanças, reconstruções, reorganizações. Se o conhecimento humano é construído, não tem sentido ensiná-lo como se fosse definitivo. (p. 137)

A apresentação dos conteúdos da Física sob uma abordagem histórica pode ser de grande importância para que os alunos percebam as contínuas mudanças nas verdades científicas. Outrossim, sob uma abordagem histórica, os alunos podem ter uma visão mais abrangente de como a Física, a Tecnologia e o progresso da Humanidade estão relacionados.

Moreira e Ostermann (1999) destacam em seu texto a importância das aulas de laboratório para o ensino. Estes autores destacam que o laboratório, nas aulas de Física, estimula o processo de formação da zona de desenvolvimento proximal.

Conforme Gaspar (2003a), conciliar questões teóricas com situações do dia-a-dia, assim como atividades experimentais, geram a discussão e a interação do grupo, o que propicia uma aprendizagem significativa da Física. A idéia de que atividades experimentais de demonstrações em sala de aula estimulam o ensino e a aprendizagem da Física, segundo uma análise de acordo com a teoria de Vygotsky, é apresentada em Monteiro e Gaspar (2005).

A oportunidade de construir e manipular experiências tende a abrir um canal para o diálogo entre os alunos e entre o professor e aluno, proporcionando assim a interação e a troca de significados.

### 3.2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

A teoria de David Ausubel é centrada na aprendizagem significativa, que consiste no resultado do armazenamento de informações de forma organizada, na mente do indivíduo.

Ausubel (1978 *apud* Moreira, 1999) afirma que, para ocorrer a aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve se ancorar no conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva do aluno, isto é, em subsunçores relevantes. O aluno deve ter uma

predisposição a aprender significativamente e também é importante ter um material potencialmente significativo. Segundo Moreira (1999):

Portanto, uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com estas características é dito potencialmente significativo. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não-arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados. (p. 156)

A nova informação relaciona-se de forma relevante com a estrutura cognitiva do sujeito, ficando retida e enriquecendo o conhecimento prévio, que se torna mais elaborado.

A aprendizagem significativa se dá por dois processos (princípios): a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O professor deve levar em consideração estes dois princípios, quando organiza o material de ensino. Na diferenciação progressiva, conceitos mais gerais devem ser vistos primeiramente e, depois, vão-se incluindo conceitos mais específicos. Para ocorrer à reconciliação integrativa, deve-se trabalhar com relações entre as idéias, identificando semelhanças e diferenças.

O material apresentado neste trabalho busca contemplar estes dois princípios, apresentando inicialmente conceitos mais gerais e, depois, conceitos mais específicos. Também, ao longo do texto retomam-se os conceitos já apresentados nos módulos anteriores, relacionando-os com o novo conceito, na busca de semelhanças e diferenças. Ademais, situações do dia-a-dia são usadas para exemplificar o conteúdo que está sendo abordado. O objetivo é proporcionar, aos alunos, oportunidades de relacionarem o novo conhecimento aos conhecimentos pré-existentes em sua estrutura cognitiva, buscando assim uma aprendizagem significativa.

Para trabalhar na prática com a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa é possível usar os mapas conceituais. De acordo com Moreira (1999):

Outra maneira de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa é através da utilização de mapas conceituais. (p. 161)

Novak (1989) aponta a importância dos mapas conceituais como auxiliares na aprendizagem significativa, e este recurso foi por nós adotado na aplicação do projeto.

Este trabalho, portanto, teve como base teórica o trabalho de Vygotsky e de Ausubel, como fundamento para a elaboração de um produto que venha a proporcionar uma aprendizagem significativa da Física Térmica.

No próximo capítulo passamos a apresentar uma revisão sucinta do que foi publicado nas principais revistas de ensino de Física, assim como uma análise de alguns livros didáticos.

## **CAPÍTULO 4**

### **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo apresenta, inicialmente, uma revisão sucinta do que foi publicado nas principais revistas da área de ensino de Física - Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e Revista Investigações em Ensino de Ciências - no que se refere ao uso do laboratório nas aulas de Física e a uma abordagem histórica na apresentação dos conceitos em Ciências.

As referências citadas neste capítulo foram separadas em quatro categorias. As três primeiras são: (4.1) a utilização da experimentação em sala de aula; (4.2) a utilização de uma abordagem histórica da Física na aprendizagem de novos conceitos; (4.3) análise de alguns livros didáticos no que diz respeito ao tratamento experimental e histórico, além de uma avaliação sobre a abrangência com que tratam a Segunda Lei da Termodinâmica. Finalmente, em (4.4) comentamos alguns textos que nos foram relevantes na elaboração do material didático.

#### **4.1 A UTILIZAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**

Existe um consenso entre os professores de Ciências, e de Física em particular, de que aulas de laboratório auxiliam na aprendizagem dos conceitos, na motivação e no desempenho dos alunos. Barreiro e Bagnato (1992) defendem a idéia de que, com aulas demonstrativas, ocorre uma melhora no desempenho e no estímulo dos alunos para aprenderem o conteúdo apresentado pelo professor. O benefício de se visualizar, na prática, os conceitos estudados em aula é tese defendida por esses autores.

Priante Filho e Rinaldi (1996) são outros a defenderem as aulas experimentais como auxiliares dos alunos na aquisição de conceitos em Física: situações preparadas pelo professor, no laboratório, podem auxiliar os alunos na construção de novos conceitos.

Também Axt, Moreira e Silveira (1990) ressaltam a importância da experimentação na melhoria da compreensão dos conceitos. Segundo os autores, a pouca participação no processo ensino-aprendizagem faz com que as contradições passem despercebidas por

professores e alunos. A experimentação ajuda o aluno a verbalizar e o professor a identificar um conflito conceitual. Ainda segundo esses autores, a experimentação possui um potencial heurístico, desafiador, motivador para a aprendizagem de conceitos e para a reformulação conceitual.

O laboratório, segundo Ventura e Nascimento (1992), Alves Filho (2000), Axt e Moreira (1991), tem sido usado de forma incorreta, não sendo aproveitadas todas as suas potencialidades. A experimentação, freqüentemente, é utilizada como um apêndice das aulas expositivas, servindo para verificar o que é informado em aula, muitas vezes sendo utilizado um horário diferente do das aulas teóricas. De acordo com estes autores, a experimentação deve ocorrer concomitante à teoria, servindo como instrumento para aquisição de conceitos, comprovação de relações e reformulação conceitual.

Quando o aluno se envolve na construção de material para o laboratório, ele demonstra mais facilidade e domínio na forma de proceder à investigação. Neste caso, o aluno se sente responsável pelo sucesso da experimentação, conforme Farias (1992).

Aulas experimentais com equipamento de baixo custo estimulam o desenvolvimento da criatividade dos alunos, é o que afirmam Axt e Moreira (1991). Os autores ressaltam a importância dos professores buscarem alternativas para programarem e implementarem aulas experimentais com equipamento de baixo custo, também porque as escolas, em geral, carecem de equipamentos para o laboratório. Contudo, os autores afirmam que os professores não devem desistir de lutar por laboratórios bem equipados na escola. Ter material de baixo custo não significa abrir mão de um bom laboratório.

A utilização de aulas experimentais é defendida por todos os envolvidos no processo de ensino como benéfica para a motivação, para desenvolvimento da criatividade e para a aquisição de novos conceitos em Ciências. No entanto esta prática é muito pouco utilizada nas escolas de Ensino Médio, de acordo com Laburú, Barros e Kanbach (2007). Estes autores investigaram as razões para a quase ausência de aulas experimentais nas escolas de Ensino Médio e relacionam este fato com os saberes do professor.

Moreira, Caballero e Saraiva-Neves (2006) defendem a idéia de que aulas experimentais promovem a aprendizagem significativa. Entre os professores por eles pesquisados, poucos trabalham com atividades experimentais no Ensino Médio. Muitas vezes as atividades experimentais se limitam a aulas demonstrativas, que são as que menos contribuem para a aprendizagem significativa.

No entanto, Monteiro e Gaspar (2005) ressaltam algumas características que justificam a utilização das atividades experimentais demonstrativas de acordo com a teoria de Vygotsky. Os autores apresentam os resultados da aplicação de sua proposta em sala de aula.

Guridi e Islas (1998) apresentam um estudo comparativo entre a utilização de aulas de laboratório com roteiros tradicionais e roteiros abertos. Descrevem que o uso de roteiros abertos promove a aprendizagem significativa, pois permite que os alunos confrontem suas idéias durante a experimentação.

#### 4.2 A UTILIZAÇÃO DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA FÍSICA NA APRENDIZAGEM DE NOVOS CONCEITOS

Uma abordagem histórica auxilia os alunos na compreensão de que a Ciência é uma construção humana, da relação da Ciência com a Tecnologia e do porquê de aprender Ciências, contribuindo, portanto, na formação de cidadãos críticos e atuantes, segundo afirmam Guerra, Freitas, Reis e Braga (1998).

Matthews (1995) afirma que uma abordagem histórica da Física é uma forma de humanizar a Física, tornando as aulas mais estimulantes, desafiadoras e reflexivas, auxiliando, assim, o desenvolvimento do espírito crítico dos professores e alunos. O desenvolvimento do espírito crítico pode contribuir para a compreensão integral do conteúdo, do porquê de estudar Física e para a superação da idéia de que as aulas de Física são apenas uma grande memorização de fórmulas e equações sem sentido. Também, conforme o autor, a História ajuda a diferenciar os modelos elaborados para a interpretação da Natureza das situações reais em que eles são aplicados.

Dias (2001) relata as conclusões a que chegou ao trabalhar com uma abordagem histórica da Termodinâmica. A autora afirma que a História contribui para a análise conceitual, contribui para tornar menos “mágicos” conceitos pouco intuitivos e permite rever conceitos, criticá-los e recuperar significados. O uso da História da Física realça os problemas e questões que forçaram Carnot e Clausius a formularem a Termodinâmica. A abordagem histórica contribui para responder questões como: O que é a segunda lei da Termodinâmica? O que é entropia? O que a entropia mede?

Outro relato enaltecendo as vantagens de uma abordagem histórica da Física, com experiências sobre temperatura e calor, é apresentado por Castro e Carvalho (1992). Segundo estes autores, uma abordagem histórica contribui para humanizar a Ciência, tornando-a mais compreensível, e também auxilia a evidenciar as relações entre as Ciências e o poder. Isto permite modificar a falsa visão da Ciência como um produto acabado, evidenciando-a como um processo em eterna construção. Ademais, uma abordagem histórica com experimentação ajuda a fazer emergir as concepções alternativas dos alunos.

#### 4.3 ANÁLISE DE ALGUNS LIVROS DIDÁTICOS

Os livros didáticos, segundo Almeida (1992), apresentam problemas e evidenciam a ineficiência do ensino de Física para a vida do estudante. Os livros didáticos, em geral, trabalham com uma didática de resolução de problemas. Gil, Torregrosa, Ramirez, Carrée, Gofard e Carvalho (1992) trazem uma alternativa, que seria a didática de resolução de problemas abertos (sem dados numéricos) pois, segundo eles, esta didática ajuda a aprender a pensar.

Passamos, agora, a apresentar uma ligeira análise de alguns livros didáticos colocados à disposição dos professores de Física do Ensino Médio focando, principalmente, aspectos sobre a abordagem histórica, o uso de experiências ao longo dos textos e a resolução numérica de exercícios. Os autores analisados são: Penteado e Torres (2005); Sampaio e Calçada (2005); Luz e Álvares (2008) e Gaspar (2003).

Em relação a uma abordagem experimental, os autores Penteado e Torres (2005) e Sampaio e Calçada (2005) não apresentam sugestões de experiências. Já Luz e Álvares (2008), assim como Gaspar (2003), apresentam sugestões de experiências ao final de cada capítulo. Observamos que não há uma sintonia entre o discurso de que aulas experimentais ao longo das aulas teóricas auxiliam os alunos na aprendizagem dos conceitos, e os livros didáticos analisados.

Quando o assunto é uma abordagem histórica da Física, verificamos que Luz e Álvares (2008) e Gaspar (2003) apresentam uma preocupação em trazer uma abordagem histórica do conteúdo, sendo que os primeiros fazem esta apresentação ao final de cada capítulo; já Gaspar apresenta a História ao longo dos textos. No entanto, Penteado e Torres (2005) têm pouca



preocupação em relação à abordagem histórica, feita apenas em alguns tópicos ou, às vezes, como introdução a um novo conteúdo.

Três dos textos analisados têm preocupação em relacionar o conteúdo com o cotidiano e com a tecnologia. A exceção fica com Sampaio e Calçada (2005), onde poucas vezes os autores relacionam o conteúdo com o cotidiano e poucas vezes explicitam aplicações tecnológicas.

Sampaio e Calçada (2005) também são exceção quando analisamos os exercícios propostos. Estes autores apresentam uma excessiva preocupação com exercícios numéricos, enquanto os demais autores permeiam exercícios numéricos e exercícios conceituais em seus textos.

Quando o item analisado nos textos didáticos é a Segunda Lei da Termodinâmica, verificamos que Luz e Álvares (2008) incluem esta lei apenas no apêndice, sendo dada grande ênfase ao cálculo do rendimento de uma máquina térmica e não às implicações mais gerais desta lei. O mesmo se observa no texto de Penteado e Torres (2005), sendo que neste texto o assunto é mais sucintamente tratado.

Em Sampaio e Calçada (2005) e Gaspar (2003), a Segunda Lei da Termodinâmica é tratada com mais profundidade, apresentando-se seus diferentes enunciados. Gaspar (2003), diferentemente dos demais textos analisados, destaca a importância das descobertas de Boltzmann no tratamento estatístico da Física Térmica.

#### 4.4 TEXTOS RELEVANTES NA ELABORAÇÃO DO MATERIAL

Durante a confecção do material alguns textos foram significativos. Axt e Brückmann (1989) chamam a atenção para o fato do conceito de calor ser mal apresentado nos livros didáticos, existindo confusão entre os conceitos de temperatura, calor e energia interna. Os autores sugerem que o conteúdo deva ser permeado com exemplos e contra-exemplos. Procuramos, portanto, especificar bem as semelhanças e diferenças entre esses conceitos.

Bucussi (2006) ressalta as dificuldades de compreensão que existem em relação ao conceito de energia. O autor sugere uma ordem em que os conceitos de calor, calor específico, etc. devam ser apresentados em sala de aula, assim como a diferença entre funções de estado e

processos que envolvam mudanças de estado como, por exemplo, energia interna e trabalho. Acatamos as sugestões deste autor, na elaboração de nosso material.

Alguns livros foram consultados sobre a história e evolução da Física, dentre os quais destacamos: Ben-Dov (1996), Cherman (2004), Rocha (2002), White (2003) e Einstein e Infeld (1962). Estes autores explicitam a ordem dos acontecimentos; as rivalidades que resultaram em progresso para a Ciência; a relação entre a Física, o poder e a Tecnologia; o fato da Física Térmica ter sido desenvolvida por físicos não profissionais e a importância histórica, social e econômica da Física Térmica.

Piaget e García (1984) dissertam sobre a relação entre o contexto histórico e o desenvolvimento da Ciência, em particular da Física, ressaltando sua importância para o aprendizado da Ciência.

Um sítio eletrônico muito inspirador é a Seara da Ciência, da Universidade Federal do Ceará, e em especial sua seção “Apostilas eletrônicas de Dona Fifi”, que nos valeu em uma abordagem da segunda lei da Termodinâmica (UFC, 2008).

Comentamos, no próximo capítulo, o contexto em que foi aplicado projeto.

## **CAPÍTULO 5**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho teve como proposta a elaboração e a aplicação de um material instrucional sobre Física Térmica, com uma abordagem histórica, sendo o conteúdo relacionado com situações do dia-a-dia. Atividades experimentais foram sugeridas ao longo dos textos. Neste capítulo tratamos (5.1) do contexto onde foi aplicado o projeto e (5.2) em que consiste o material instrucional.

#### **5.1 O CONTEXTO DA APLICAÇÃO**

O projeto foi aplicado na Escola Estadual Dr. Glicério Alves no bairro Belém Novo, zona sul de Porto Alegre. A aplicação se deu em cinco turmas de segundo ano do Ensino Médio, sendo três no turno da manhã e duas no turno da noite, com dois períodos de aula por semana. Cada período é de 50 minutos, no turno da manhã, e de 40 minutos, no turno da noite.

Participaram 157 alunos, com idades entre 15 e 60 anos. No turno da manhã, os alunos estão entre os 15 e os 20 anos, são imaturos e inquietos, muitos com interesse em prosseguir os estudos e cursar uma faculdade ou um curso técnico. Quanto aos alunos do noturno, estes são mais maduros e com idades entre 17 e 60 anos. Seus interesses são os mais variados, sendo que um grande número deles está retomando os estudos após uma interrupção quando eram mais jovens. As turmas noturnas são bem mais numerosas do que as diurnas, de forma que, do total de alunos participantes, 80 estavam matriculados à noite.

Propomos, no material instrucional, atividades experimentais que possam ser realizadas com material de baixo custo. Existe, na escola, uma sala destinada ao laboratório. Nesta sala há duas mesas grandes de pedra, com duas pias em cada mesa e um grande armário, de tijolos, onde são guardados os materiais do laboratório, que se resumem a termômetros e vidraria. Não há bancos nem local para que os alunos guardem seu material. Isto os obriga a permanecerem de pé durante as aulas. Por não ter estrutura adequada, o

laboratório não é utilizado pelos professores da escola. Portanto, a opção por material de baixo custo é uma alternativa a esta situação.

O projeto teve uma aplicação piloto no segundo semestre de 2007, no mês de novembro, o que permitiu aferir a recepção dos alunos e avaliar a metodologia a ser adotada. A aplicação efetiva do projeto ocorreu entre março e agosto de 2008.

## 5.2 O MATERIAL INSTRUCIONAL

O material compreende seis módulos que abordam a Física Térmica com uma perspectiva histórica e experimental. Em cada módulo são sugeridas atividades experimentais concomitantes ao desenvolvimento da teoria, e ao final de cada módulo são propostos exercícios sobre os conceitos trabalhados.

As atividades experimentais apresentadas no texto não são aplicadas com os tradicionais roteiros, seguidos pelos alunos, com muita frequência, como receita de bolo. Isto proporciona o diálogo e o confronto de idéias. Estas vão surgindo concomitantemente à apresentação da teoria, sendo discutidas naturalmente em aula. O texto sugere materiais e indica como realizar as experiências, mas cabe aos alunos desenvolverem a atividade da forma que acharem mais conveniente. Esta atitude proporciona a interação entre os alunos e desenvolve a criatividade. Montar as experiências melhora o domínio na forma de proceder à investigação. Como consequência, os alunos se sentem responsáveis pelo sucesso do trabalho. Foi fácil verificar que as atividades experimentais proporcionam um momento lúdico, de prazer com a Física.

Durante a elaboração do material instrucional procuramos sempre respeitar o referencial teórico escolhido. Ao longo de todo o trabalho os alunos são solicitados a interagir com seus colegas e com o professor. Esta interação ocorre na solução dos exercícios propostos, na realização das atividades experimentais, e na leitura e discussão dos textos. A teoria de Vygotsky está centrada na idéia de que a interação social é fundamental para o desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Para a aprendizagem ser efetiva, a interação deve ocorrer na zona de desenvolvimento proximal. Procuramos atuar de acordo com esta idéia. Também, na confecção do material instrucional respeitamos a teoria de Ausubel. Esta teoria revela que para a aprendizagem ser significativa o aprendiz deve ter acesso a um material potencialmente significativo, isto é, o material deve respeitar dois princípios: diferenciação

progressiva e reconciliação integrativa. O texto começa com conceitos mais gerais e depois inclui conceitos mais específicos. Durante todo o texto retomamos os conceitos já trabalhados anteriormente relacionando-os com os novos conhecimentos, ressaltando semelhanças e diferenças.

Apresentamos, agora, um breve resumo de cada um dos módulos do material instrucional. Os módulos constam como Apêndices deste trabalho.

### Módulo I- Temperatura, Calor e Sensação Térmica

Neste módulo apresentamos os conceitos de temperatura e de calor como conceitos fundamentais no estudo da Física Térmica. É apresentado um breve histórico do interesse do homem por esta área do conhecimento, mencionando-se a Revolução Industrial e outros marcos históricos.

Fazemos um breve histórico da discussão sobre a constituição da matéria e a evidência da existência dos átomos para, finalmente, apresentar o conceito de temperatura e sua medida. Em seguida, é apresentada a Lei Zero da Termodinâmica.

O texto comenta a história do surgimento do conceito de calor e como este conceito é aceito atualmente. No início do módulo propomos uma experiência para evidenciar o fato de que os conceitos de quente e frio são subjetivos e, portanto, relativos, não podendo ser relacionados ao conceito de temperatura.

Este módulo é apresentado no Apêndice A.

### Módulo II- Capacidade Térmica, Calor Específico e Calor Latente

Neste módulo retomamos o que foi estudado no Módulo I, para situar no tempo os novos conceitos a serem estudados, e chamando a atenção que esses são conceitos mais específicos que os do módulo anterior. Os conceitos são apresentados na ordem: Capacidade Térmica, Calor Específico e Calor Latente.

Tomamos o cuidado de sempre relacionar esses conceitos com situações e exemplos do dia-a-dia, apresentando as diferenças e semelhanças entre Capacidade Térmica e Calor Específico. Sugerimos como uma das atividades experimentais deste módulo o cálculo da Capacidade Térmica de uma garrafa térmica, sendo esta experiência retomada como discussão em sala de aula no módulo seguinte.

Este módulo é apresentado no Apêndice B.

### Módulo III- Transmissão de Calor

Novamente, aqui retomamos os conceitos tratados nos módulos anteriores para trabalhar as formas de transmissão de calor. Os três processos: condução, convecção e irradiação, são apresentados e relacionados com exemplos. Procuramos chamar a atenção dos estudantes para as diferenças entre os processos e identificá-los em situações do dia-a-dia. Evidenciamos a aplicação destes conhecimentos numa garrafa térmica, retomando a experiência sobre o cálculo da Capacidade Térmica de uma garrafa térmica no módulo anterior.

Este módulo é apresentado no Apêndice C.

### Módulo IV- Primeira Lei da Termodinâmica

Neste módulo, retomamos o contexto histórico, social e econômico do desenvolvimento da Física Térmica. Evidenciamos o esforço de físicos não profissionais para desenvolver esta disciplina, isto é, chamamos a atenção para o fato de ela ter sido inicialmente desenvolvida por químicos e engenheiros. Novamente, trazemos à tona a história do conceito de calor.

Apresentamos a Primeira Lei da Termodinâmica como conservação de energia e a equacionamos. Chamamos a atenção para a diferença entre funções de estado e grandezas como calor e trabalho. E, para finalizar, explicamos a convenção de sinais utilizada na equação da Primeira Lei.

Este módulo é apresentado no Apêndice D.

### Módulo V- Comportamento Térmico dos Gases

Apresentamos, inicialmente, como começou o estudo dos gases, chamando a atenção para o fato de que as leis dos gases têm origem empírica. As leis dos gases são discutidas e exemplificadas com situações do dia-a-dia.

Os diagramas  $p$ - $V$  são apresentados e explicados, sendo, então, sugeridos exercícios que envolvam a discussão entre os colegas para a compreensão desses diagramas.

Este módulo é apresentado no Apêndice E.

### Módulo VI- Segunda Lei da Termodinâmica

Iniciamos este módulo comentando sobre as máquinas térmicas, seu papel na Revolução Industrial e como são protagonistas de nossa vida cotidiana.

Introduzimos as noções de transformações irreversíveis e reversíveis ou quase-estáticas. São exploradas, em particular, as trajetórias isotérmicas e adiabáticas, em um diagrama  $p$ - $V$ .

É trabalhado, então, o ciclo de Carnot, e são propostos exercícios para despertar a discussão entre os alunos.

Citamos alguns diferentes enunciados equivalentes da Segunda Lei. Comentamos, então, que a Segunda Lei da Termodinâmica se refere à seta do tempo, com um sentido permitido e o outro proibido, mesmo que a Primeira Lei seja respeitada.

Apresentamos o conceito de Entropia e a interpretação estatística de Boltzmann, e os conceitos associados de probabilidade e de desordem. Finalmente, comentamos que Boltzmann, com esta nova visão da Física Térmica, criou a Mecânica Estatística.

Durante o desenvolvimento deste módulo são propostos exercícios que estimulam os alunos a relacionar os novos conceitos com suas experiências do dia-a-dia.

Este módulo é apresentado no Apêndice F.

No próximo capítulo tratamos da aplicação do projeto.

## **CAPÍTULO 6**

### **APLICAÇÃO DA PROPOSTA**

Segue um relato da aplicação deste trabalho, que ocorreu entre março e agosto de 2008, e que foi precedida de uma aplicação piloto que nos subsidiou em questões de ordem prática.

Em novembro de 2007 foi feita uma breve aplicação piloto do primeiro módulo do material instrucional. O objetivo desta pré-aplicação foi, principalmente, o de aferir a recepção que o projeto teria por parte dos alunos, bem como colher subsídios de ordem prática para sua aplicação. A recepção inicial foi muito boa, mas observamos que a opção inicial de leitura individual dos módulos tornava as aulas cansativas e, conseqüentemente, desinteressantes. Tentamos, então, a leitura em voz alta por parte da professora, alternativa que não trouxe melhora em termos de estímulo para os alunos. Finalmente, optamos pela leitura em voz alta feita pelos alunos, que se alternavam na tarefa. Esta opção levou a bons resultados, os alunos passando a interagir e a participar das aulas. Mesmo com as dificuldades naturais de quem não tem o hábito da leitura em público, os alunos passaram a se oferecer espontaneamente para ler para os colegas.

No primeiro dia de aula de 2008 explicamos, para os alunos do segundo ano do ensino médio, de forma bastante resumida, como seria desenvolvido o trabalho durante o primeiro e o segundo trimestres do ano. Explicamos como seria a avaliação, avisamos que eles deveriam adquirir cópias dos módulos junto à copiadora da escola, e, também, que deveriam trazer os materiais para as experiências. A seguir, foi pedido que redigissem um pequeno texto, sem necessidade de identificação, em que deveria constar o que entenderam da proposta e se estavam dispostos a participar do trabalho. Uma análise desses textos consta do Capítulo 7.

Os alunos adquiriam cada módulo à medida que era concluído o trabalho com o módulo anterior.

Os alunos se alternavam na leitura do texto, a cada parágrafo. No início houve alguma resistência, por timidez ou por dificuldades na leitura, mas superada esta fase inicial a dificuldade foi organizar a fila dos alunos que queriam ler.



Durante a leitura, ao final de alguns parágrafos, era feita uma interrupção, quando o conteúdo lido era explicado e debatido entre a professora e os alunos. Quando alguma experiência era sugerida, os alunos passavam a discutir como iriam montá-la e quem levaria o material para a escola. As experiências eram realizadas em pequenos grupos, de cerca de cinco alunos. Portanto, não havia necessidade de que a totalidade dos alunos providenciasse o material de cada experiência. Quando do final da aplicação do projeto, todos os alunos tinham, de alguma forma, se envolvido na busca de materiais para as experiências. As atividades práticas foram desenvolvidas no laboratório da escola. Inicialmente, foi necessário que a professora interviesse efetivamente na organização do trabalho, mas, com o passar do tempo, os próprios alunos se organizavam e realizavam os procedimentos necessários para as atividades experimentais. Ao final de cada atividade, os alunos deveriam redigir suas observações. A idéia inicial não era a de apresentar os textos para a professora, mas os alunos sempre fizeram questão de solicitar sua leitura e correção.

Ao final do primeiro módulo foi construído um mapa conceitual, em cada uma das cinco turmas. Foi explicado o que é um mapa conceitual (Moreira, 1992), e como elaborá-lo, e em seguida os alunos elaboraram um no quadro, com todos participando ativamente da tarefa. Como vários alunos desejavam ir ao quadro, eles próprios organizaram um rodízio. Demos total liberdade para a realização desta tarefa, tendo havido interferência, por parte da professora, apenas quando ocorria alguma discrepância muito grande. Também foi construído um mapa conceitual, da mesma maneira, ao final da aplicação do projeto.

Ao final dos módulos os alunos realizavam os exercícios em pequenos grupos, formados por iniciativa própria, e depois era feita a correção com o grande grupo. Este era sempre um momento em que os alunos participavam, intensamente, com uma importante interação entre eles.

Os tempos de aplicação dos módulos variaram em função das necessidades de cada turma, não tendo havido uma padronização neste sentido.

Provas com questões conceituais foram realizadas ao final do terceiro e do sexto módulos. A maioria das questões foi objetiva, e a alternativa escolhida deveria ser justificada por escrito, a justificativa sendo levada em consideração na avaliação. Quando foi realizada a primeira prova, solicitamos aos alunos que redigissem um pequeno texto, expressando sua opinião sobre se a prova estava de acordo com o trabalho realizado durante as aulas. Este texto foi recolhido à parte das provas, sem identificação dos alunos. As provas aplicadas são o conteúdo dos Apêndices G e H.

Quando concluída a aplicação do material instrucional, os alunos responderam ao questionário de opinião apresentado no Apêndice I.

Apresentamos, no próximo capítulo, uma avaliação qualitativa da aplicação do projeto.

## **CAPÍTULO 7**

### **AVALIAÇÃO QUALITATIVA**

Neste capítulo vamos discorrer sobre a avaliação deste trabalho. A avaliação compreende: (7.1) a avaliação do desempenho dos alunos e (7.2) a avaliação do projeto.

#### **7.1 A AVALIAÇÃO DOS ALUNOS**

Conforme o regimento da escola, o período letivo consiste de três trimestres, o que fez com que o trabalho desenvolvido ocupasse dois trimestres, tendo duração de março a agosto de 2008. Também, de acordo com o regimento da escola, os alunos devem ser submetidos a pelo menos três instrumentos de avaliação durante o trimestre, para compor a nota final. Estes instrumentos, para cada um dos dois trimestres, foram: a participação e o envolvimento nas aulas, que correspondeu a 40% da nota final; a participação e o envolvimento na construção do mapa conceitual, que correspondeu a 10% da nota final; e uma prova conceitual cumulativa, que correspondeu a 50% da nota final.

O primeiro item da avaliação foi a participação e o envolvimento dos alunos nas aulas. Esta avaliação era feita em todas as aulas, sendo que os alunos tinham conhecimento dos registros ao final de cada aula. Fazia parte das observações da professora a assiduidade, o compromisso em portar o material necessário, o envolvimento nos momentos de discussão, a conduta no laboratório e o desempenho nas atividades experimentais. Esta avaliação foi muito positiva, e raras foram as anotações por esquecimento do material ou por não envolvimento nas discussões. Quanto à assiduidade, a presença em aula ao longo de todo o trabalho ficou em 94%, não havendo diferença significativa entre o turno da manhã e o turno da noite. Os alunos diziam, com muita frequência, que haviam ido à escola porque tinham aula de Física

O segundo item da avaliação foi a participação e o envolvimento na construção do mapa conceitual. Ao término do primeiro módulo os alunos construíram um mapa conceitual envolvendo os conceitos até ali abordados e, ao final da aplicação, quando terminou o trabalho com o sexto módulo, construíram outro mapa conceitual que compreendia todos os conceitos trabalhados durante a aplicação do projeto. A construção deste segundo mapa foi

uma solicitação dos próprios alunos, pois eles acharam interessante e prazerosa a realização desta atividade. Conforme os próprios alunos, com as discussões que eram feitas durante a construção do mapa conceitual eles conseguiam preencher algumas lacunas na compreensão do conteúdo. Muitos alunos relataram que estavam utilizando este instrumento para estudar para as provas de outras disciplinas. A participação nestas atividades foi intensa, sendo que muitos relataram que leram o material em casa a fim de se prepararem para a atividade. Alguns destes mapas conceituais, assim como a análise deles, consta do item 7.2.

O último item da avaliação dos alunos foi a realização de uma prova ao final de cada trimestre. A primeira prova foi aplicada quando concluímos o estudo do terceiro módulo e a segunda prova foi aplicada após a conclusão do sexto módulo. As duas provas foram elaboradas com questões de vestibulares; como as questões eram objetivas, os alunos deveriam justificar por escrito a alternativa escolhida em cada questão. As provas continham todos os conceitos estudados até o dia da aplicação, isto é, foram cumulativas. Estas provas constam dos Apêndices G e H. No turno da manhã quinze alunos obtiveram nota inferior a 60% na primeira prova, o que corresponde a 20% do total de alunos deste turno. No turno da noite doze alunos obtiveram aproveitamento inferior a 60% na primeira prova, o que corresponde a 15% do total de alunos deste turno. Na segunda prova, o percentual de alunos que obtiveram aproveitamento inferior a 60% diminuiu, os números passando a representar 17% (13 alunos) no turno da manhã e 7% (5 alunos) no turno da noite.

Após a realização da primeira prova pedimos aos alunos que redigissem um pequeno texto relatando suas impressões a respeito da prova, sem a necessidade de identificação. Os alunos foram unânimes em afirmar que a prova estava de acordo com os conteúdos trabalhados em sala de aula e, se não haviam tirado melhor nota foi porque não haviam se empenhado o suficiente nas aulas. Do total, 10% dos alunos registraram que encontraram algumas dificuldades para justificar as respostas escolhidas. Após a realização da segunda prova solicitamos aos alunos que respondessem ao questionário de opinião. Este questionário encontra-se no Apêndice I, e a análise de suas respostas consta da avaliação do projeto, item 7.2.

O resultado da prova do primeiro semestre foi, a nosso ver, excelente, sendo um dos motivos do grande empenho, por parte dos alunos, no decorrer do segundo trimestre. Somente dez alunos, dos 157 que participaram das atividades, tiveram a necessidade de realizar a prova de recuperação trimestral, por terem tido nota inferior à média exigida pela escola. Destes alunos, três eram do turno da manhã e sete do turno da noite. Já no segundo trimestre, apenas

5 alunos realizaram a prova de recuperação, sendo 2 do turno da manhã e 3 do turno da noite. O grande número de alunos aprovados nos dois trimestres em que foi desenvolvido o trabalho é um dos motivos que nos faz considerar este trabalho um sucesso, visto que a Física é uma das disciplinas com maior número de alunos nas provas de recuperação.

## 7.2 A AVALIAÇÃO DO PROJETO

No início da aplicação do projeto, no primeiro dia de aula, os alunos receberam uma explicação resumida de como seria desenvolvido o trabalho durante o primeiro e o segundo trimestres do ano, de como seria a avaliação e das responsabilidades que esperávamos que assumissem. A seguir, solicitamos que redigissem um pequeno texto, sem necessidade de identificação, expondo o que haviam entendido do trabalho, quais eram suas expectativas e se estariam dispostos a participar. Nosso objetivo, com esta atitude era que eles se sentissem envolvidos no trabalho e responsáveis pelo seu aprendizado e pelo sucesso do trabalho.

Nestes textos os alunos demonstraram grande expectativa em relação ao trabalho. Comentaram nunca terem tido aulas experimentais, sentiam curiosidade em relação ao trabalho e acreditavam que aulas no laboratório seriam um ponto positivo na aprendizagem dos novos conteúdos, além de aproximar a turma. Os alunos acreditavam que, com esta nova maneira de trabalhar, eles iriam estudar em todas as aulas e não apenas para as provas. Citaram as aulas de laboratório e os polígrafos como vantagem para não cair na rotina, e os trabalhos em grupo como um fator importante para a interação da turma. Entre todos os alunos, apenas um demonstrou insegurança em sair da sala de aula e ir para o laboratório. Ao compararmos os relatos dos alunos do turno da manhã com os do turno da noite não encontramos diferenças nas expectativas. Seguem, abaixo, alguns relatos.

“Na minha modesta opinião, acho que o trabalho que será realizado este ano será muito gratificante, por vários motivos sendo eles: a possibilidade de trabalhar em grupos será extremamente importante para o crescimento da turma, pois sentando em grupos poderemos aprender com nossos próprios colegas às vezes em uma linguagem mais simples. Resumindo, deste trabalho espero muito, pois faremos experiências de diversos tipos e passaremos por variadas situações que ajudarão no aprendizado.”

“Acho que este ano as aulas vão ser bem interessantes, pois vai ser uma novidade para todos trabalhar com experiências. Considerando que todos estes anos que estudo nunca houve

algo parecido. Pelo modo que a senhora falou a matéria é interessante, e diferente de tudo que nós estudamos o ano passado. E porque na prática é mais fácil de entender e pegar a matéria.”

“Eu espero que esse trabalho seja muito interessante, que a gente se divirta, que as experiências sejam bem fáceis e que os trabalhos valham bastante nota. Que as matérias sejam bem legais e fáceis. Que os alunos descubram bastantes coisas desconhecidas e que os polígrafos sejam bem baratos.”

“Eu acredito que o trabalho deste ano vai ser muito diferente, mas também será melhor, pois iremos ler e poder botar em prática com as experiências. Espero me adaptar a esta nova maneira de trabalhar, conseguir entender melhor a matéria e poder realizar ótimas experiências ao longo deste ano.”

“Eu espero que este trabalho una a turma e seja um trabalho interessante. Eu nunca trabalhei com experiências em nenhuma matéria, por isso acho que vai ser muito interessante e um novo jeito de aprender e trazer novas informações para todos nós. O ano passado eu já gostava de Física e me interessei muito pelo assunto, então para mim vai ser um trabalho produtivo.”

“Espero que seja um ano bom! Eu já gostava de Física, agora acho que vou gostar mais, pois não vai ficar naquela função de contas e mais contas para resolver. Talvez seja uma maneira mais divertida e interessante que as aulas anteriores. Nunca fiz nenhum tipo de experiência, então estou curiosa e animada pra começar as aulas pra valer.”

“Eu acho que o trabalho que vai ser realizado esse ano, vai ser muito bom para o aprendizado de todos, pois desse modo os alunos terão mais vontade de aprender. Acho que com as experiências todos vão vir às aulas com mais vontade de aprender, pois haverá coisas diferentes para ver e fazer. Também acho que o polígrafo irá facilitar o estudo.”

“O trabalho desse ano parece ser bem interessante. Espero que a turma se interesse e goste das experiências feitas, que a turma seja responsável e traga os materiais necessários.”

“Bom, para mim, esse novo jeito vai ser bem melhor, assim vamos poder trabalhar e interagir melhor com os colegas. Espero poder aprender e entender melhor a matéria, através das experiências. Espero que os colegas se unam e ajudem uns aos outros, colaborando e sabendo aproveitar a aula.”

“Muito legal a idéia de poder trocar de ambiente durante as aulas”

“Eu gostei do modo que a gente vai trabalhar esse ano, espero que a turma sempre colabore. Eu entendi que sempre vamos ter um pouco de trabalho, até porque para fazer experiências temos que ter um pouco de cuidado, mesmo elas sendo simples.”

“Eu acho que este trabalho vai ser muito legal e interessante, vai ser uma coisa diferente. Eu acho que vou gostar porque é sempre bom aprender coisas novas. Também vai ser bom porque vamos trocar de ambiente durante as aulas.”

“O trabalho fora da sala de aula se torna menos cansativo e fica mais divertido. As experiências sempre nos trazem novos conhecimentos e isso torna a aula sempre diferente, não fica aquela coisa chata e repetitiva. O trabalho em grupo acaba aproximando as pessoas.”

“Eu espero que seja algo muito diferente e interessante. Acho um trabalho bem diferente e tenho certeza que será um sucesso. Caso não seja, valeu a tentativa.”

“Um trabalho de Física no laboratório seria bom por um lado e ruim por outro. O lado bom é que será outro ambiente e eu nunca fiz experiência de nenhuma matéria, mas ficar em sala de aula tem seu lado bom, para mim é melhor para se concentrar.”

“As aulas de Física serão mais dinâmicas, vai sair daquela mesmice, não vai ser aquela chatice de copiar, fazer exercícios e escutar as explicações, isso era realmente muito chato. Com esse modo de aula de Física também teremos que ter um pouco mais de responsabilidade por ter que trazer o material e não deixar os demais colegas na mão.”

“Bom, acho que vai ser interessante. Experiências, aulas práticas, com novidades faz o aluno se interessar mais e aprender mais também. Ouvir alguém falar sobre aquilo não tem o mesmo gosto de vê-lo acontecer pessoalmente. Gostei, afinal adoro coisas diferentes.”

“Eu acho que este trabalho vai ser interessante, pois será em laboratório e a professora passou uma segurança de que o trabalho não será muito difícil, então isso nos cria uma expectativa, uma vontade de fazê-lo.”

“Bom eu espero que essa experiência seja muito show. Nunca fiz nenhum tipo de experiência até hoje, mas acho que vamos adorar essa aula.”

“Pra mim eu espero que seja uma experiência que marque pra todos nós, trabalharmos em grupo vai ser bem diferente. Todos juntos falando e comentando sobre o trabalho. Espero que seja uma experiência inesquecível para termos de recordação, e depois podermos comentar com outras pessoas sobre nosso trabalho.”

“Eu espero que seja muito interessante e que sirva para o nosso conhecimento ao longo da vida. Que as experiências nos ensinem muito e sejam fáceis de fazer. Não me lembro de ter feito alguma experiência.”

“Acho que tirando as experiências do papel e botando na prática poderemos entender bem melhor, sabendo sua história, quem inventou o que será bem melhor.”

“Espero que seja divertido e gostoso de trabalhar, que a turma coopere e mostre interesse pelo novo jeito de aprender Física, porque para trabalhar em grupo precisa de respeito.”

Na aula seguinte começamos o trabalho, e realmente os alunos mostraram-se envolvidos durante toda a aplicação do projeto, não tendo ocorrido nenhum incidente digno de nota, apenas casos isolados de esquecimento do material. Mesmo estes casos foram contornados com a ajuda de colegas.

Quando terminamos o trabalho do primeiro módulo solicitamos a construção de um mapa conceitual. O desenvolvimento desta atividade foi exposto no Capítulo 6. A construção do mapa conceitual teve intensa participação dos alunos. Muitos relataram que haviam se preparado para a realização desta atividade lendo o material em casa e levando para a aula uma lista de conceitos que consideravam relevante relacionar. A seguir, apresentamos um mapa construído pelos alunos do turno da manhã e um mapa construído pelos alunos do turno da noite, ao final do primeiro módulo. Em todos os mapas os alunos identificaram muitas relações entre os conceitos escolhidos. Observamos que inicialmente tentavam fazer relações simples, tentando fazer apenas uma relação com cada um dos conceitos, e com o desenvolvimento do trabalho perceberam que, segundo eles, “tudo estava relacionado com tudo”. Outra dificuldade encontrada pelos alunos no início da realização da atividade foi encontrar conectivos nas relações dos conceitos.



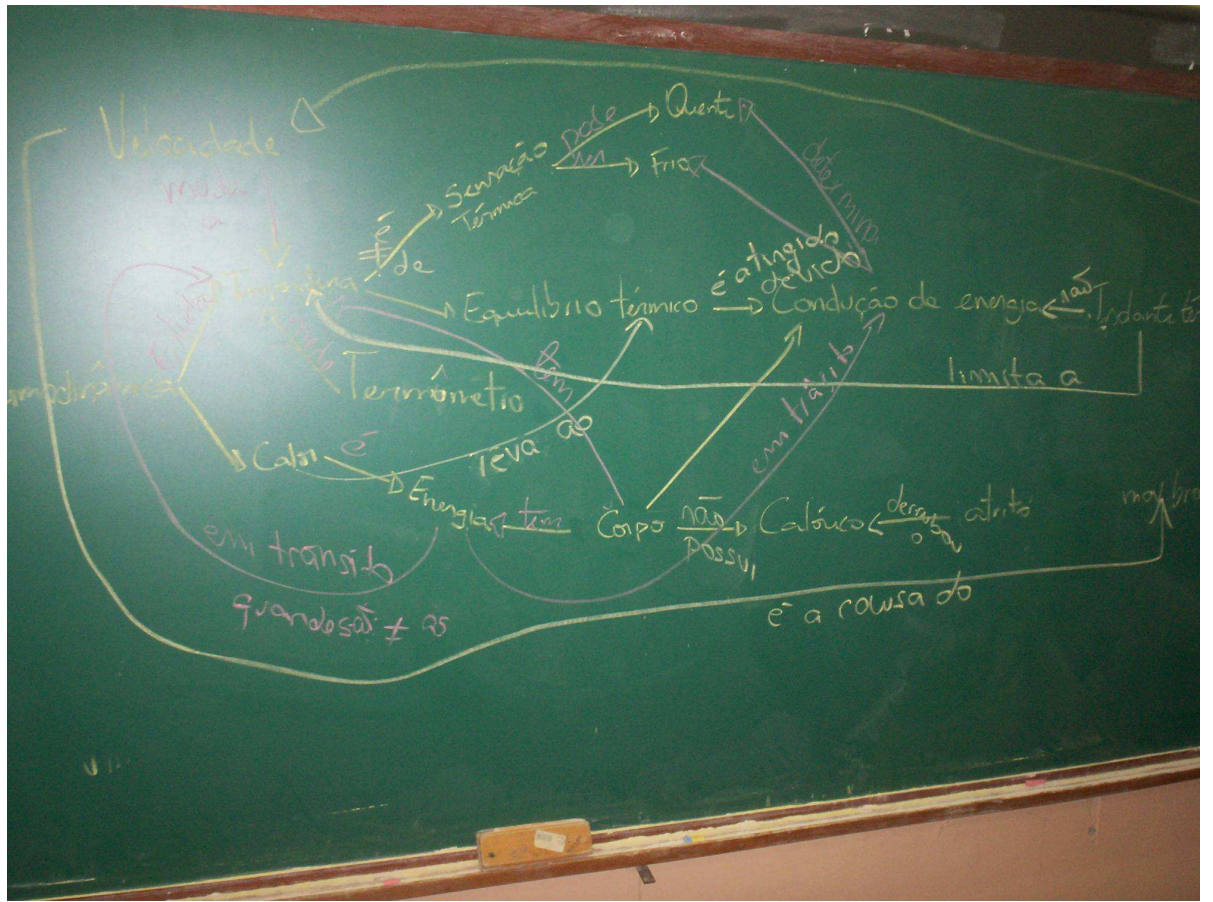
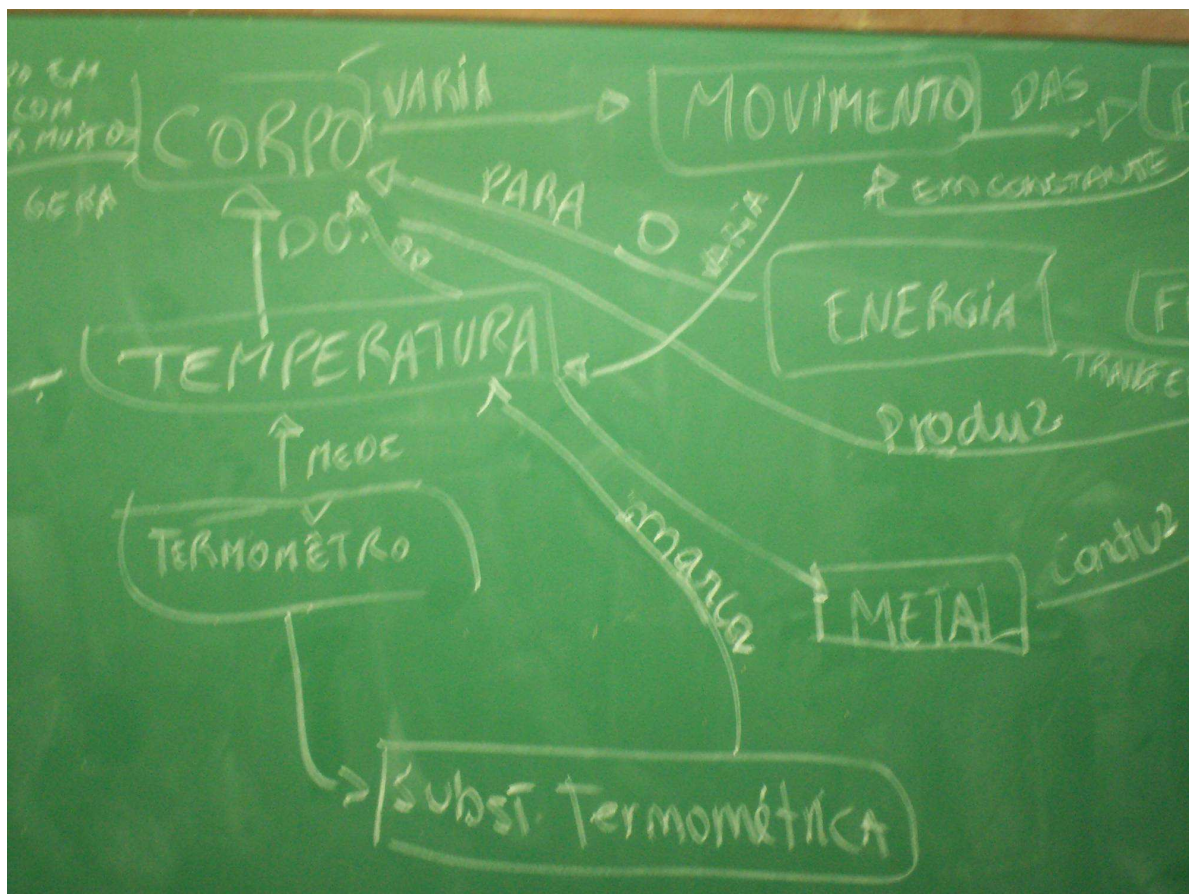


Ilustração 1: Mapa conceitual dos alunos do turno da manhã (primeiro módulo).



**Ilustração 2: Mapa conceitual dos alunos do turno da noite (primeiro módulo).**

Quando terminamos o trabalho com o sexto e último módulo, solicitamos a construção de um novo mapa conceitual. Este mapa deveria abranger todos os conceitos trabalhados durante a aplicação do trabalho. Conforme exposto anteriormente, a solicitação da construção deste mapa partiu dos próprios alunos, mas mesmo assim eles se mostraram apreensivos com a idéia de que deveriam construir um mapa que abrangesse todos os conceitos estudados. Enquanto a tarefa era realizada, os alunos observaram que, conforme suas próprias palavras, “como tudo está relacionado, colocar todo o conteúdo no mapa não era o problema”. Durante a realização desta atividade a professora não interferiu nenhuma vez. A organização da tarefa, desde o início até sua conclusão, foi obra dos próprios alunos. O trabalho se desenvolveu com grandes discussões, havendo participação de todos, até mesmo dos alunos mais tímidos. Uma boa dica para conseguir a participação de todos é encorajá-los deixando claro que não existe relação errônea, desde que seja bem justificada, o que foi feito durante todas as discussões em sala de aula. Observamos que os conectivos nem sempre foram colocados. A professora optou por não chamar a atenção para este fato durante a realização da tarefa, uma vez que as relações eram expressas oralmente pelos alunos, para justificar para os colegas o acerto de

suas opiniões. Algumas turmas incluíram mais conceitos do que outras, mas de uma maneira geral houve a preocupação de que o mapa mostrasse todo o conteúdo. Novamente, não notamos nenhuma diferença significativa entre o turno da manhã e o turno da noite. A seguir, apresentamos um mapa construído pelos alunos do turno da manhã e um mapa construído pelos alunos do turno da noite, ao final do último módulo. As fotos foram tiradas do quadro, logo após a realização de cada mapa. A baixa qualidade das fotos não invalida a intenção de mostrar a boa interação que se estabeleceu entre os alunos e o empenho deles na realização da tarefa.



**Ilustração 3:** Mapa conceitual dos alunos do turno da manhã (sexto módulo).



**Ilustração 4: Mapa conceitual dos alunos do turno da noite (sexto módulo).**

Os mapas foram construídos pelos alunos antes da aplicação da última prova. Conforme foi exposto anteriormente, esta prova conteve todo o conteúdo, e a construção do mapa serviu para que os alunos fizessem uma boa revisão da matéria. Após a aplicação da prova, solicitamos que eles respondessem um questionário de opinião para avaliar a proposta, não havendo necessidade de identificação.

Este questionário teve o objetivo de verificar se os alunos consideraram contempladas as expectativas expressas antes do desenvolvimento do trabalho. O questionário consta como Apêndice I.

Passamos, agora, a comentar os resultados obtidos com o questionário de opinião. Na primeira questão, “Você já trabalhou, em anos anteriores, com experiência em sala de aula?”, 90% dos alunos do turno da manhã responderam que nunca haviam assistido a aulas experimentais e 94% dos alunos do turno da noite também responderam que não. Na segunda questão, “Aulas experimentais em Física são estimulantes para a aprendizagem?”, os alunos foram unânimes em afirmar que sim. Na terceira questão, “Aulas experimentais em Física facilitam a aprendizagem do conteúdo?”, apenas um aluno do turno da manhã respondeu que

não facilita a aprendizagem. Na quarta questão, “Textos em que o contexto histórico e a História da Física estão presentes estimulam a leitura e a aprendizagem dos conteúdos em Física?”, apenas 9 alunos do turno da manhã responderam que não, mas no turno da noite todos os alunos responderam acreditar que o contexto histórico e a História da Física estimulam a leitura e a aprendizagem do conteúdo. A última questão foi: “Você prefere aprender Física através de: aulas expositivas; resolução de exercícios numéricos; discussão em grupos; aulas experimentais”. Os alunos deveriam optar por até duas das quatro alternativas. A alternativa “aulas expositivas” foi assinalada por apenas 6 alunos do turno da manhã e 4 alunos do turno da noite. A alternativa “resolução de exercícios numéricos” foi assinalada por 13 alunos do turno da manhã e 4 alunos do turno da noite. A alternativa “discussão em grupos” foi assinalada por 52 alunos do turno da manhã e 74 alunos do turno da noite. Finalmente, a alternativa “aulas experimentais” foi assinalada por todos os alunos, com exceção de um aluno do turno da manhã.

Ao final do questionário, deixamos espaço para que os alunos expressassem alguns comentários e/ou sugestões sobre o desenvolvimento do trabalho, visando possíveis alterações para o ano seguinte. As observações dos alunos foram muito elogiosas ao trabalho desenvolvido, sugerindo sua continuidade no trimestre seguinte. Alguns alunos elogiaram a idéia de se fazer mapas conceituais. Três alunos reclamaram do tamanho dos textos e 5 alunos solicitaram que as provas fossem aplicadas ao final de cada módulo. Seguem, abaixo, alguns destes relatos.

“Adorei ter aulas experimentais tendo um polígrafo, mas os polígrafos devem ser mais resumidos.”

“Não tenho nada a falar porque as provas são boas e os trabalhos muito legais.”

“As aulas de Física têm sido muito legais porque a professora tem feito experiências muito interessantes para nós aprendermos o conteúdo.”

“Para mim tá muito bom e pode continuar como tá.”

“Queria continuar trabalhando desse modo durante outros anos.”

“A minha sugestão é de fazermos isto mais vezes.”

“Adorei trabalhar com experiência nesses dois trimestres que tivemos aula, a minha sugestão seria que todos os trimestres poderiam ser assim.”

“Gosto de fazer experiências para comprovar aquilo que está escrito. Gostei muito desse processo que fizemos no primeiro trimestre, e no segundo trimestre ficou mais clara a matéria e fácil de entender.”

“Eu acho que as aulas de Física estão muito boas, acho que não deveria mudar.”

“É muito bom fazer os mapas, aprendemos bem mais.”

“Gosto da sua aula porque é bem dinâmica, a senhora cita exemplos do cotidiano, facilitando o aprendizado.”

“Acho que foi muito bom este ano as aulas de Física, pois a professora fez o máximo para fazer com que nós nos interessássemos pela Física de uma forma legal. Parabéns.”

“Menos polígrafos para a prova, mas fora isso as aulas foram ótimas e as explicações bem claras. Adorei as experiências.”

“Adorei a experiência de poder mudar as aulas, sair da rotina de cálculos e fórmulas, saber mais sobre a história e contexto histórico da Física e poder fazer experiências é bem mais estimulante e ajuda a entender melhor o conteúdo. Se fosse com cálculo não seria tão estimulante.”

“Gostei muito do novo método de ensino, pois eu aprendi muito mais a matéria, pois foi exigido mais interesse e de uma forma interessante e nova. Também gosto de seu método de ensino, pois você passa todo seu conhecimento com segurança.”

No próximo capítulo apresentamos alguns comentários e discussões sobre o desenvolvimento e sobre os resultados da aplicação da proposta.

## **CAPÍTULO 8**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ensino de Física no Brasil tem, em geral, uma forma fragmentada e sem relação com o cotidiano. Os alunos vêm, com frequência, a Física como uma grande e interminável lista de fórmulas, totalmente desvinculada de suas vidas. O sentimento geral em relação a esta disciplina é de medo e descrença. Costumamos ouvir dos alunos, com frequência, expressões de alívio ao concluírem seu tempo na escola, por finalmente “se verem livres” da Física.

Este sentimento de rejeição com a disciplina de Física, somado à pouca valorização profissional, causa desestímulo aos professores. Com o passar do tempo de exercício profissional a tendência é o comodismo: “damos o nosso recado” em sala de aula e isso já basta.

Um dos objetivos que tínhamos no início deste trabalho era transcender esta realidade. Queríamos realizar um trabalho que motivasse os alunos no estudo desta disciplina tão interessante e desafiadora, um trabalho que evidenciasse, aos alunos, que a Física não é uma interminável coletânea de fórmulas, desvinculada da vida. Também tínhamos como interesse mexer com a estrutura da escola, mostrar aos outros professores da escola em que trabalhamos que vale a pena fazer diferente, que um esforço para mudar, mesmo que pequeno, encontra eco nos alunos, fazendo com que o dia-a-dia profissional seja gratificante e prazeroso.

Pudemos comprovar, durante o tempo da aplicação do projeto, a idéia de que, se alguém começa a fazer um trabalho diferenciado e este trabalho dá resultados, o grupo se engaja e passa a acreditar na proposta. Várias vezes, ao longo desses meses, ouvimos comentários elogiosos ao trabalho desenvolvido com os alunos por parte dos colegas, professores e funcionários da escola. O trabalho em sala de aula extrapola as paredes da sala e se torna de conhecimento público. Alguns professores da escola, em diversas ocasiões, vieram nos perguntar sobre o trabalho, buscando sugestões e idéias de como desenvolver um trabalho diferenciado em suas disciplinas. A sala destinada ao laboratório deixou de ser um espaço vazio e passou a ser disputado por alguns professores, tanto que estamos pensando em organizar uma agenda para evitar constrangimentos. Também recebemos muitas perguntas sobre a fundamentação teórica utilizada neste trabalho. Ademais, o mais surpreendente foi

observar que muitos colegas resolveram voltar a estudar e estão pensando em procurar cursos de especialização ou de mestrado.

Os alunos percebem quando o professor se importa com eles e com seu aprendizado. Quando começamos a fazer algo novo em sala de aula, atividades diferenciadas visando à melhor compreensão do conteúdo, e tornando as aulas momentos prazerosos e gratificantes, imediatamente recebemos a resposta a esta iniciativa. Se o professor deixa claro aos alunos seus objetivos, estes mostram empenho durante a realização das atividades na tentativa de corresponderem às expectativas.

Alguns alunos mostraram alguma resistência a fazer algo novo, desconhecido por eles, como sair da rotina de resolução de exercícios numéricos e entrar numa sala para realizar experiências, mas com o desenvolvimento das atividades esta dificuldade foi superada com êxito. À medida que entendiam a proposta, passaram a desenvolver as atividades com boa desenvoltura. Nas respostas do questionário de opinião alguns alunos afirmaram que preferem aprender Física com a resolução de exercícios numéricos, mas nenhum deles dispensou as aulas experimentais.

Um dos resultados mais surpreendentes com os alunos foi que os que melhor aproveitaram as aulas, participando das discussões e se mostrando sempre prontos a providenciar os materiais para a realização das experiências, foram os alunos tidos como alunos-problemas por professores de algumas outras disciplinas e os alunos do turno da noite, que, na maioria, são alunos com idade mais avançada e que geralmente apresentam mais resistência a novidades.

Alguns alunos relataram, no início das atividades, que esperavam vivenciar uma experiência significativa para suas vidas, a ponto de poder comentá-la no futuro, com amigos e parentes, e ao final da atividade relataram que este objetivo foi alcançado.

A construção dos mapas conceituais foi, para nós, um desafio, pois não sabíamos como seria a receptividade a esta atividade, nem como poderíamos conduzi-la ou avaliá-la. A receptividade foi ótima e a compreensão dos alunos com o objetivo foi imediata, tanto que não houve nenhuma dificuldade em sua realização e avaliação. Conforme foi exposto anteriormente, a elaboração do segundo mapa conceitual foi uma solicitação dos próprios alunos, que afirmaram ser este exercício importante para o aprendizado, tanto que o estão utilizando no estudo outras disciplinas.



Algumas das aulas, durante a aplicação do projeto, foram assistidas por dois estagiários, nossos ex-alunos do Ensino Médio, que relataram terem aprendido muito com as aulas e que gostariam de trabalhar com mapas conceituais, que não conheciam, também durante suas futuras atividades profissionais.

Ao longo dos meses de aplicação do projeto pudemos verificar que nossos objetivos foram alcançados com grande êxito. O novo desafio, agora, será o de introduzir alterações significativas aos demais conteúdos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. Ensino de Física: para pensar algumas concepções. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 20-26, abr. 1992.
- ALVES FILHO, J. P. Regras de Transposição Didática Aplicadas ao Laboratório Didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, ago. 2000.
- AXT, R.; BRÜCKMANN, M. E. O Conceito de Calor nos Livros de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 128-142, ago. 1989.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A. O Ensino Experimental e a Questão do Equipamento de Baixo Custo. *Revista de Ensino de Física*, São Paulo, v. 13, p. 97-103, dez, 1991.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A.; SILVEIRA, F. L. Experimentação Seletiva e Associada à Teoria como Estratégia para Facilitar a Reformulação Conceitual em Física. *Revista de Ensino de Física*, São Paulo, v. 12, p. 139-158, dez. 1990.
- BARREIRO, A C. M.; BAGNATO. V. Aulas Demonstrativas nos Cursos Básicos de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 238-244, dez. 1992.
- BEN-DOV, Y. *Convite à Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.
- BUCUSSI, A. A. *Introdução ao Conceito de Energia*. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 2006. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 17, n. 3).
- BRASIL. Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília: MEC, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o Ensino Médio*, Brasília: MEC, 2006. v. 3.
- CASTRO, R. S.; CARVALHO, A M. P. de. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, dez. 1992.
- CHERMAN, A. *Sobre os Ombros de Gigantes*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.
- DIAS, P. M. C. A (Im) pertinência da História ao Aprendizado da Física (um estudo de caso). *Revista de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 226-235, jun. 2001.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. *A Evolução da Física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1962.
- FARIAS, A. J. O. A Construção do Laboratório na Formação do Professor de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 245-251, dez. 1992.

GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Ática, 2003.

GASPAR, A. *Experiências em Ciências*. São Paulo: Ática, 2003a.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. Atividades Experimentais de Demonstrações em Sala de Aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 227-254, maio/ago. 2005.

GIL, D.; TORREGROSA, J. M.; RAMIREZ, L.; CARRÉE, A. D.; GOFARD, M.; CARVALHO, A. M. P. de. Questionando a Didática de Resolução de Problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 7-19, abr. 1992.

GUERRA, A.; FREITAS J.; REIS J. C.; BRAGA M. A. A Interdisciplinaridade no Ensino das Ciências a Partir de uma Perspectiva Histórico-Filosófica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 32-46, abr. 1998.

GURIDI, V. M.; ISLAS, S. M. Guías de laboratorio tradicionales y abiertas en Física elemental: propuesta para diseñar guías abiertas y estudio comparativo entre el uso de este tipo de guías y guías tradicionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 203-220, set/dez. 1998.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A Relação com o Saber Profissional do Professor de Física e o Fracasso da Implementação de Atividades Experimentais no Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 305-320, dez. 2007. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigos\\_ID172/v12\\_n3\\_a2007.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigos_ID172/v12_n3_a2007.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2008.

LUZ, A. M. R. da.; ÁLVARES, B. A. *Física*. São Paulo: Scipione, 2008.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais no Ensino da Física*. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1992. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 3).

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. *Teorias Construtivistas*. Porto Alegre: Instituto de Física-UFRGS, 1999. (Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 10).

NOVAK, J. D. Estratégias Metacognitivas para Ajudar Alunos a Aprender a Aprender. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 32-36, abr. 1989.

PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. *Física Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2005.

PIAGET, J.; GARCÍA, R. *Psicogénesis e história de la ciência*. 2.ed. México: Siglo Veintiuno, 1984.

PRIANTE FILHO, N.; RINALDI, C. Laboratório Didático de Física como Produção Científica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 121-138, ago. 1996.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em Sala de Aula: dificuldades e possibilidades. *Física na Escola*, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 8-11, maio. 2003.

ROCHA, J. F. (org). *Origens e Evolução das Idéias da Física*. Salvador: EDFBA, 2002.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. *Universo da Física*. São Paulo: Atual, 2005.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o Papel do Trabalho Experimental, na Aprendizagem da Física, em Sala de Aula: um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 383-401, dez. 2006. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID159/v11\\_n.3\\_a2006.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID159/v11_n.3_a2006.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2008.

UFC. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br/donafifi/entropia/entropia0.htm>>. Acesso em: 04 ago. 2008.

VENTURA, P. C. S.; NASCIMENTO, S. S. do. Laboratório não Estruturado: uma abordagem do ensino experimental de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 54-60, abr. 1992.

WHITE, M. *Rivalidades Produtivas*. Rio de Janeiro: Record, 2003.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICE A – MÓDULO I**

## MÓDULO I – TEMPERATURA, CALOR E SENSAÇÃO TÉRMICA

Os conceitos fundamentais no estudo da Física Térmica são os conceitos de temperatura e calor. Foi necessário um tempo extraordinariamente longo na história das ciências para que estes conceitos fossem distinguidos, mas a partir daí houve um rápido progresso na compreensão desta área do conhecimento.

Este progresso aconteceu entre o século XVIII e o século XIX, ao mesmo tempo em que ocorreu a Revolução Industrial. Esta sintonia não foi obra do acaso.

Com o surgimento da máquina a vapor, e o conseqüente aumento de produtos manufaturados, acontece a Revolução Industrial, com tantas conseqüências sociais e econômicas para a sociedade. Este é apenas um exemplo de como as ciências e a história da humanidade caminham juntas.

O homem desde a antiguidade já distinguia entre o quente e o frio e fazia tentativas de explicar esta distinção. Podemos citar Aristóteles com os quatro elementos (água, ar, terra, fogo) que compunham as substâncias com as características: quente, frio, úmido e seco.

Quando queremos determinar se um corpo está quente ou frio costumamos fazer uso do nosso sentido do tato; por exemplo, para verificar se alguém está com febre o tocamos com nossa mão e associamos a sensação de quente a uma temperatura elevada.

Será que nosso sentido do tato é confiável para determinar a temperatura de um corpo? Para responder a esta pergunta vamos realizar uma experiência bastante simples.

### Experiência das bacias

Para realizar esta experiência serão necessárias três bacias, além de água quente, gelo e água na temperatura ambiente (água da torneira). Coloque em uma das bacias água quente, na outra bacia coloque gelo com água e, na última, água na temperatura ambiente.



Mergulhe uma das mãos na bacia com água quente e a outra mão na bacia com água e gelo. Após alguns minutos retire as mãos e as coloque na bacia com água na temperatura ambiente. O que você pode dizer sobre a sensação em cada uma das mãos?

.....

.....

.....

.....

.....

A idéia de quente e frio, portanto, não pode ser associada ao conceito de temperatura. Afinal, o que é temperatura?

Desde há muito que o homem se indaga sobre a constituição da matéria. Os gregos Demócrito de Abdera (470-380 a.C.) e Leucipo de Mileto (460-370 a.C.) postularam a existência de uma partícula indivisível, o átomo, que constituiria todas as coisas, inaugurando a escola atomista de pensamento. Esta visão foi partilhada por outros, como Epicuro (340-270 a.C.) e Lucrécio (98-55 a.C.). Após foi posta de lado, e ficou esquecida até o século XVI, por ocasião do Renascimento, quando considerações religiosas na explicação dos fenômenos naturais perderam importância e a hipótese atomista voltou à tona. A aceitação ou rejeição da idéia atomista fundava-se em considerações filosóficas, por falta de evidências experimentais. Somente no século XIX é que a idéia atomista começou a apresentar vantagens na explicação dos fenômenos e no final do século XIX finalmente o átomo foi aceito.

Atualmente sabe-se que o átomo é muito diferente, mais complexo, do que o átomo proposto pelos antigos gregos. Temos evidências de que a matéria que nos rodeia seja composta por moléculas, e estas, por átomos. Nos gases e nos líquidos as moléculas estão em constante movimento, com sua velocidade média relacionada à temperatura. Quanto maior a temperatura, maior é a velocidade média das partículas.



O botânico inglês Robert Brown observou, em 1827, com o auxílio de um microscópio, que grãos de pólen suspensos num líquido apresentavam um movimento contínuo, mudando constantemente de direção. Constatou que este movimento não era devido a organismos vivos, e que se mantinha por meses. Este fenômeno, que passou a ser conhecido como movimento browniano, ficou sem explicação por aproximadamente oitenta anos. Em 1905 Einstein propôs que o movimento browniano acontecia devido ao impacto de inúmeras moléculas do líquido, isto é, as moléculas do líquido encontram-se em movimento constante e desordenado e quando a partícula (grão de pólen) recebe mais impacto de um lado que do outro ela se movimenta, mudando de direção. Portanto, as moléculas estão em constante movimento.

Temperatura é uma grandeza macroscópica que está relacionada com o estado microscópico do corpo. Quando a temperatura de um corpo varia algumas outras grandezas físicas também podem se alterar como, por exemplo, a cor e o volume do corpo. Como temperatura é uma grandeza física ela deve poder ser medida, e para tanto é necessária a construção de um instrumento que possa fazer esta medição. Temperatura foi a primeira grandeza termodinâmica a ser medida, ainda quando não se sabia exatamente o que era. O homem, fazendo uso das variações que um corpo sofre ao ter sua temperatura alterada, construiu o termômetro.

O primeiro a construir um instrumento para verificar a temperatura de um corpo foi Galileu Galilei (1564-1642). Como seu instrumento era capaz apenas de comparar as temperaturas de dois corpos, foi chamado de termoscópio. Este aparelho sofreu várias transformações e aperfeiçoamentos até chegarmos ao termômetro atual.

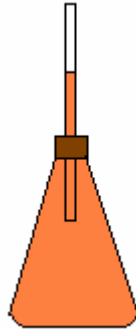
O modelo mais usual de termômetro consiste em um tubo de vidro com mercúrio ou álcool colorido dentro. Estas são chamadas de substâncias termométricas. Quando a temperatura da substância termométrica aumenta, aumenta a altura da coluna e para cada altura se associa um número correspondente à temperatura que determinou aquela altura.

#### Experiência da construção de um termômetro

Para realizar esta experiência você irá precisar de um pequeno frasco de vidro, água, tinta (pode ser tinta de carimbo), um tubo vazio de tinta de caneta esferográfica, cola e rolha.

Dilua a tinta na água e encha o frasco até a borda. Faça um furo na rolha, introduza o tubo e vede com cola. Coloque a rolha no frasco e vede com cola.

Observe que a água colorida sobe até uma certa altura no tubo.



Mergulhe o frasco num recipiente com uma mistura de água e gelo, aguarde um momento e marque a altura da coluna de água colorida. Depois, mergulhe o frasco num recipiente com água fervendo, aguarde um momento e marque a altura da coluna de água colorida.

As marcas que você fez correspondem aos pontos fixos de um termômetro, que na escala Celsius correspondem aos valores  $0^{\circ}\text{C}$  e  $100^{\circ}\text{C}$ . Agora, se você dividir o espaço entre as marcas em cem partes iguais, numerando de 1 a 99, terá construído um termômetro graduado na escala Celsius. Este é o princípio de construção de um termômetro centígrado, isto é, que possui 100 divisões entre aqueles pontos fixos.

Se você determinar valores diferentes para os pontos fixos e/ou a divisão entre eles for diferente de 100 partes, você terá construído um termômetro particular e, para que seus colegas compreendam as leituras do seu termômetro, terão que converter para a escala Celsius.

Anote abaixo suas observações.

.....

.....

.....

.....

.....

Quando colocamos em contato corpos com temperaturas diferentes, após um certo tempo suas temperaturas serão iguais; por exemplo, ao misturarmos água quente com água fria para fazer uma gelatina, o que obtemos após um certo tempo é água morna a uma temperatura intermediária entre a quente e a fria. Dizemos, então, que a mistura entrou em equilíbrio térmico. Podemos, então, enunciar a Lei Zero da Termodinâmica:

“Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si”.

Ainda resta uma questão: o que é transmitido do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, para que eles entrem em equilíbrio térmico?

Em 1770 o químico escocês Joseph Black (1728-1799) demonstrou, através de um experimento, que o que é transmitido não é temperatura. O experimento consistiu em colocar um corpo sólido com temperatura muito elevada em uma mistura de água e gelo. Após um tempo a temperatura do sólido diminuiu significativamente, mas a temperatura da mistura pouco variou. Se a temperatura fosse transferida, ela deveria variar bastante também na mistura.

O químico francês Lavoisier (1743-1794), considerado o pai da Química moderna, batizou em 1787 este “algo”, que passa de um corpo para outro quando estão com temperaturas diferentes, de calórico. Calórico seria uma substância que permearia todos os corpos e escoaria de um corpo para outro enquanto estivessem com temperaturas diferentes.

Esta foi uma teoria aceita por grande parte da comunidade científica, porém alguns cientistas discordaram, entre eles Bacon, Hooke e Newton. Eles argumentavam que, apesar dessa teoria explicar alguns fenômenos de forma satisfatória, não explicava a produção de calor quando dois corpos são atritados como, por exemplo, quando esfregamos as mãos, uma na outra. Segundo eles, o calor seria o resultado do movimento das partículas do corpo. Os adeptos da teoria do calórico explicavam o fenômeno dizendo que o calórico era espremido do corpo pelo atrito, assim como a água é extraída de uma esponja quando esta é espremida.

Havia então duas teorias concorrentes e, como a idéia de que a experimentação faz parte das ciências já estava estabelecida nesta época (diferente do que acreditavam os antigos gregos como, por exemplo, Aristóteles, para quem bastavam conjecturas filosóficas), os cientistas começaram a realizar experiências para provar ou refutar a teoria do calórico.

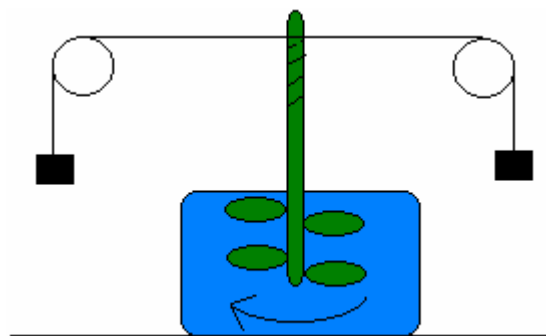
Benjamin Thompson (1753-1814), engenheiro americano, que apoiava a Coroa britânica na época da independência americana e se viu forçado a emigrar para a Inglaterra,

foi um dos que contribuíram nesta questão. Thompson recebeu o título de Conde Rumford e o encargo de supervisionar a perfuração de canhões como Ministro da Guerra da Baviera. Ao observar a perfuração, em 1798, verificou que havia uma produção contínua de calor ao se perfurar as barras de ferro. Se o calor fosse uma substância, esta deveria ser finita. Isto o levou a rejeitar a teoria do calórico e a apoiar a teoria do movimento. Em 1804 mudou-se para Paris e casou-se com a viúva de Lavoisier, cientista que cunhou o termo calórico e defendeu esta teoria, tendo morrido na guilhotina em 1794 durante a Revolução francesa.

Curiosamente, o trabalho fundamental sobre calor foi realizado por físicos não-profissionais. Em 1843 James Prescott Joule (1818-1889), um fabricante de cerveja que nas horas vagas realizava experiências como cientista amador, realizou uma experiência que demonstra que calor é uma das formas de manifestação da energia, efetuando medidas precisas sobre a criação de calor por atrito.

Sua experiência consistia na queda de dois pesos que faziam girar, por meio de polias, uma roda de palhetas imersas na água. A energia potencial dos pesos era transformada em energia cinética das palhetas que atritavam a água, aumentando a temperatura. Joule concluiu que existe um equivalente mecânico do calor. Conseqüentemente, como o calor não é uma entidade física em si, não pode ser uma substância, sendo uma forma de trabalho mecânico.

Historicamente a unidade de calor é a caloria (cal), que corresponde à quantidade de calor necessária para elevar de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperatura de 1g de água. Como calor é uma das formas de manifestação da energia, e energia tem como unidade SI o joule (J), podemos relacionar estas duas unidades:  $1 \text{ cal} = 4,1860 \text{ J}$ . A Caloria (com C maiúsculo) é a unidade usada pelos nutricionistas, e corresponde a 1 kcal:  $1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal}$ .



“Calor é a transferência de energia de um corpo de maior temperatura para outro com menor temperatura, quando colocados em contato”.

A idéia de que calor é energia em trânsito e que a energia total de um sistema se conserva, podendo apenas ser convertida em outra forma de energia, foi formalizada pelo físico e fisiologista alemão Hermann Von Helmholtz (1821-1894) em 1847. O princípio da conservação da energia é conhecido atualmente, também, como a Primeira Lei da Termodinâmica. Termodinâmica é um termo que foi cunhado por Lorde Kelvin em 1848, referindo-se ao movimento do calor.

Lembra da experiência das bacias? Como podemos explicar que, ao colocar as mãos na água morna, tivemos sensações diferentes? Com a mão que estava inicialmente mergulhada na água quente a água morna pareceu fria e, com a mão que estava na água fria, a água morna pareceu quente.

Sabemos, também, que corpos que estão em contato por um longo tempo encontram-se em equilíbrio térmico. Como explicar, então, que a maçaneta metálica da porta parece mais fria que a porta de madeira?

Estamos, neste caso, observando o fenômeno da sensação térmica. O nosso corpo se encontra a uma temperatura de aproximadamente  $36^{\circ}\text{C}$  e a temperatura ambiente é normalmente inferior; logo, estamos continuamente perdendo calor para o meio ambiente.

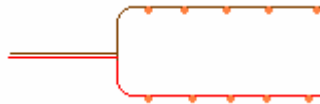
Quando esta perda aumenta temos a sensação de frio e, se a perda diminui, temos a sensação de calor. Esta é a razão de usarmos agasalhos de lã em dias frios. Como a lã é um isolante térmico, diminui a perda de calor do nosso corpo, diminuindo a sensação de frio.

Aqui, vale uma observação. Quando falamos em perda de calor, por um corpo, o que estamos querendo dizer é que está havendo uma transferência de energia do corpo para o ambiente. Inversamente, um ganho de calor significa uma transferência de energia para o corpo. No entanto são muito usuais as expressões pouco rigorosas “perda de calor” e “ganho de calor”.

Existem materiais que são melhores condutores de calor, isto é, neles o calor se propaga com mais facilidade. Vamos verificar isto realizando uma experiência.

### Experiência sobre condução de calor

Pegue dois fios de arame de materiais diferentes e mesmo diâmetro e prenda uma extremidade de um deles a uma extremidade do outro, enrolando-as uma na outra. Prenda percevejos com pedaços de cera ao longo das extremidades livres dos fios. Com uma chama, aqueça a parte enrolada dos fios. O que você observa?



.....

.....

.....

.....

.....

### EXERCÍCIOS

Resolva, agora, algumas questões conceituais de provas de vestibulares, não esquecendo de justificar todas as respostas.

1) (Fatec-SP) Calor é energia que se transfere de um corpo para outro em determinada condição. Para essa transferência de energia é necessário que entre os corpos exista:

- (a) vácuo.
- (b) contato mecânico rígido.
- (c) ar ou um gás qualquer.
- (d) uma diferença de temperatura.
- (e) um meio material.

2) (Cesgranrio) Dois blocos de madeira estão, há longo tempo, em contato direto com um outro de mármore, constituindo um sistema isolado. Pode-se concluir que:

- (a) a temperatura de cada bloco é distinta dos demais.
- (b) a temperatura dos blocos de madeira é maior do que a do bloco de mármore.
- (c) os três blocos estão em equilíbrio térmico entre si.
- (d) os blocos estão à mesma temperatura apenas se possuem a mesma massa.
- (e) os blocos estão à mesma temperatura apenas se possuem o mesmo volume.

3) (Mack-SP) Numa noite fria, preferimos usar cobertores de lã para nos cobrirmos. No entanto, antes de deitarmos, mesmo que existam vários cobertores sobre a cama, percebemos que ela está fria, e somente nos aquecemos depois que estamos sob os cobertores algum tempo. Isto se explica porque:

- (a) o cobertor de lã não é um bom absorvedor de frio, mas nosso corpo sim.
- (b) o cobertor de lã só produz calor quando está em contato com nosso corpo.
- (c) o cobertor de lã não é um aquecedor, mas apenas um isolante térmico.
- (d) enquanto não nos deitamos, existe muito frio na cama que será absorvido pelo nosso corpo.
- (e) a cama, por não ser de lã, produz muito frio e a produção de calor pelo cobertor não é suficiente para seu aquecimento sem a presença humana.

4) (PUC-RS) Quando se passa álcool na pele, sente-se que ela esfria naquele local. Isso se deve ao fato de o álcool:

- (a) ser normalmente mais frio do que a pele.
- (b) ser normalmente mais frio do que o ar.
- (c) absorver calor da pele para evaporar-se.
- (d) ser um isolante térmico.
- (e) ter baixa densidade.

5) (UFGO) Das afirmações:

I- Uma pessoa sente frio quando ela perde calor rapidamente para o meio ambiente.

II- Quando tocamos em uma peça de metal e em um pedaço de madeira, ambos à mesma temperatura, o metal nos dá a sensação de estar mais frio do que a madeira porque, sendo o metal melhor condutor térmico do que a madeira, haverá uma melhor transferência de calor de nossa mão para a peça metálica de que para o pedaço de madeira.

III- Um pássaro eriça suas penas no inverno para manter ar entre elas, evitando, assim, que haja transferência de calor de seu corpo para o meio ambiente.

Podemos afirmar que:

- (a) somente I e II são corretas.
- (b) somente I e III são corretas.
- (c) somente II e III são corretas.
- (d) todas são corretas.
- (e) nenhuma está correta.

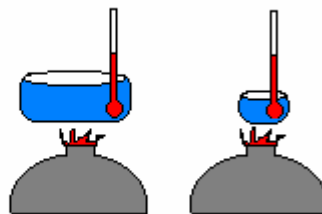


## **APÊNDICE B – MÓDULO II**

## MÓDULO II – CAPACIDADE TÉRMICA, CALOR ESPECÍFICO E CALOR LATENTE

No Módulo I aprendemos que, quando colocamos em contato corpos com temperaturas diferentes, ocorre transferência de energia do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura até que eles entrem em equilíbrio térmico. A esta transferência de energia damos o nome de calor. Portanto, calor é uma das formas de transferência da energia. Este fato foi comprovado experimentalmente em 1843, por James Prescott Joule. Antes mesmo desta comprovação os conceitos de capacidade térmica, calor específico e calor latente já haviam sido estabelecidos, e é a eles que dirigimos agora nossa atenção.

Já em meados do século XVIII se tinha observado que corpos de mesmo material, mas com massas diferentes, necessitam de quantidades de energia diferentes para sofrerem uma mesma variação de temperatura. Por exemplo, considere um copo com água a 20°C e uma saladeira cheia de água também a 20°C. Será necessário um tempo muito mais longo para aquecer a água da saladeira até 50°C do que para elevar a temperatura da água do copo, também até 50°C, se utilizarmos a mesma chama de gás, isto é, será necessária uma maior quantidade de energia para provocar a mesma variação de temperatura no corpo de maior massa.



Define-se, então, a capacidade térmica de um corpo como sendo a quantidade de energia que lhe deve ser fornecida para elevar em um grau a sua temperatura. Assim,

$$C = \frac{Q}{\Delta t},$$

onde  $C$  é capacidade térmica do corpo que teve sua temperatura elevada em  $\Delta t$  ao receber a quantidade de energia  $Q$ .

A unidade de medida da capacidade térmica é a razão entre a unidade de medida da energia e a da temperatura. Unidades usuais de capacidade térmica são a cal / C° e o J / K.

Quanto maior for a capacidade térmica de um corpo, maior será a quantidade de energia que deve ser fornecida ou retirada deste corpo para provocar uma determinada elevação ou redução de temperatura.

Como exemplo de um corpo com grande capacidade térmica podemos citar a batata: é necessário que ela perca muita energia para que sua temperatura se reduza apreciavelmente. Daí se dizer que alguém está falando com uma batata quente na boca, quando a pessoa fala assoprando.

O físico alemão Johann Carl Wilcke (1732-1797) observou, em 1772, que amostras de substâncias diferentes, com a mesma massa, necessitam de diferentes quantidades de energia para sofrerem uma determinada variação de temperatura. Por exemplo, observe que se colocarmos sobre uma chama de gás duas panelas iguais, uma contendo 2 kg de água e a outra 2 kg de areia, a areia aquecerá mais rapidamente.

O químico sueco Johan Gadolin definiu, então, em 1784, o calor específico de uma substância como sendo a quantidade de energia que deve ser fornecida a uma unidade de massa da substância para elevar em um grau a sua temperatura. Assim,

$$c = \frac{Q}{m\Delta t},$$

onde  $c$  é o calor específico da substância cuja amostra de massa  $m$  teve a temperatura elevada em  $\Delta t$  ao receber uma quantidade de energia  $Q$ .

A unidade de medida do calor específico é a razão entre a unidade de medida da energia e o produto das unidades de medida da massa e da temperatura. Unidades usuais de calor específico são a cal / g C° e o J / kg K.

Capacidade térmica é uma propriedade dos corpos, já calor específico é uma propriedade das substâncias. Considere, por exemplo, um copo contendo água e uma piscina cheia de água. A água da piscina necessitará uma maior quantidade de energia para sofrer a mesma variação de temperatura que a água do copo. Logo, a quantidade de água da piscina

possui uma maior capacidade térmica do que aquela que está no copo. No entanto, o calor específico é o mesmo nos dois casos, já que a substância é a mesma. Cada substância possui seu próprio calor específico, cujos valores são encontrados em tabelas como a que segue.

| Substância | $c$ (cal / g C°) | Substância   | $c$ (cal / g C°) |
|------------|------------------|--------------|------------------|
| Água       | 1,0              | Gelo         | 0,55             |
| Alumínio   | 0,22             | Latão        | 0,094            |
| Areia      | 0,20             | Mercúrio     | 0,033            |
| Cobre      | 0,093            | Ouro         | 0,032            |
| Chumbo     | 0,031            | Prata        | 0,056            |
| Estanho    | 0,055            | Vapor (água) | 0,48             |
| Ferro      | 0,11             | Vidro        | 0,20             |

Observe, na tabela, os calores específicos da areia e da água. Na beira do mar, durante um dia ensolarado, encontramos a areia com temperatura elevada e a água do mar a uma temperatura inferior e, durante a noite, o que observamos é o inverso, a areia está a uma temperatura mais baixa do que a da água. A explicação deste fenômeno se deve aos valores do calor específico dessas substâncias: durante o dia o sol emite energia que é absorvida tanto pela areia como pela água, mas, como o calor específico da areia é menor que o da água, a areia aquece mais facilmente que a água. Durante a noite, o resfriamento da areia também se dá mais facilmente que o da água.

O elevado valor do calor específico da água também explica o fato de, em regiões que não possuem grandes massas de água, ocorrerem bruscas variações de temperatura entre o dia e a noite, como acontece em regiões desérticas.

Conhecendo o fato empírico de que durante a fusão o gelo mantém sua temperatura invariável, em 1761 o cientista britânico Joseph Black (1728-1799) estabeleceu o conceito de calor latente de fusão, que corresponde à quantidade de energia, por unidade de massa, que deve ser fornecida a uma dada quantidade de substância para que ocorra a mudança do estado sólido para o estado líquido, quando a substância já se encontra na temperatura de fusão e a pressão é mantida constante.

Alguns anos mais tarde, em 1765, Black determinou, experimentalmente, o calor latente de vaporização da água, que corresponde à quantidade de energia, por unidade de

massa, que deve ser fornecida à água para que ocorra a mudança do estado líquido para o estado gasoso, quando a água já se encontra na temperatura de vaporização e a pressão é mantida constante.

De maneira geral, o calor latente de transformação de uma substância é a quantidade de energia, por unidade de massa, que deve ser fornecida ou retirada de uma dada quantidade da substância para que ocorra uma mudança de seu estado físico. Durante a mudança de estado a temperatura não varia. Assim,

$$L = \frac{Q}{m},$$

onde  $L$  é o calor latente de transformação da substância cuja amostra de massa  $m$  recebeu ou cedeu a quantidade de energia  $Q$ .

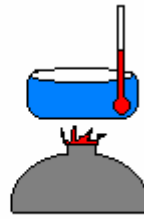
Verifica-se que, para qualquer substância, o calor latente de fusão coincide com o calor latente de solidificação e o calor latente de vaporização coincide com o calor latente de liquefação (condensação). A transformação direta sólido  $\leftrightarrow$  gasoso é associada ao calor latente de sublimação da substância.

A unidade de medida de calor latente é a razão entre a unidade de medida de energia e a de massa. Unidades usuais de calor latente são a cal / g e o J / kg.

É muito fácil verificar experimentalmente que a temperatura de um corpo não varia durante a mudança de estado. Para tanto, vamos realizar a experiência que segue.

#### Experiência sobre mudança de estado

Para realizar esta experiência serão necessários uma chama de gás, um recipiente com água e um termômetro. Coloque o termômetro no recipiente com água e o conjunto sobre a chama de gás.



Observe o que acontece com a temperatura da água antes e durante a ebulição. Escreva suas observações abaixo.

.....

.....

.....

.....

.....

O calorímetro é um recipiente que reduz as trocas de energia entre os corpos colocados em seu interior (sistema) e o ambiente (meio). Dizemos que o calorímetro é ideal quando não ocorrem trocas de calor entre o sistema e o meio. Podemos citar como exemplo de um calorímetro a garrafa térmica. Para uma garrafa térmica ter boa qualidade, as trocas de energia entre o que é colocado dentro dela e o ambiente devem ser mínimas. Quando colocamos água quente, por exemplo, a água deve permanecer por um longo tempo com temperatura elevada.

Quanto menor sua capacidade térmica, melhor será a garrafa térmica, já que ela exigirá uma menor quantidade de energia para uma dada variação de temperatura. Vamos, agora, realizar uma experiência para medir a capacidade térmica de uma garrafa térmica.

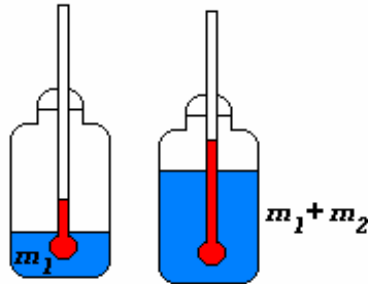
#### Experiência do calorímetro

Nesta experiência vamos precisar de uma garrafa térmica, um termômetro, 100 g de água à temperatura ambiente ( $\sim 25^{\circ}\text{C}$ ), 200 g de água a uma temperatura de aproximadamente  $80^{\circ}\text{C}$  e uma rolha que se adapte à garrafa.

Faça um orifício na rolha e introduza o termômetro, coloque  $m_1 = 100$  g de água à temperatura ambiente na garrafa térmica, feche com a rolha e aguarde alguns instantes até que

a garrafa e a água entrem em equilíbrio térmico. A seguir, anote o valor da temperatura, chamando-a de  $t_1$ .

Meça a temperatura de  $m_2 = 200$  g de água quase fervente, chamando-a de  $t_2$ . Coloque essa massa de água quente na garrafa térmica e a feche novamente com a rolha. Aguarde até que o termômetro estabilize e anote a nova temperatura de equilíbrio, chamando-a de  $t_3$ .



Nesta experiência são três os envolvidos: a garrafa, a massa  $m_1$  de água e a massa  $m_2$  de água. Toda a quantidade de energia cedida por  $m_2$  é recebida por  $m_1$  e pela garrafa térmica.

Então:

$$m_1 c (t_3 - t_1) + m_2 c (t_3 - t_2) + C (t_3 - t_1) = 0,$$

onde  $c$  é o calor específico da água e  $C$  é a capacidade térmica da garrafa térmica.

Observe que quando subtraímos  $t_1$  de  $t_3$  resultado é um número positivo. Isto significa que  $m_1$  e a garrafa térmica receberam energia. Já quando subtraímos  $t_2$  de  $t_3$  o resultado é um número negativo. Isto significa que  $m_2$  cedeu energia.

Com base nas informações acima, calcule o valor da capacidade térmica da garrafa usada em sua experiência e compare com os valores encontrados pelos seus colegas.

.....

.....

.....

.....

.....

## EXERCÍCIOS

Resolva, agora, algumas questões conceituais de provas de vestibulares, não esquecendo de justificar todas as respostas.

1) (PUC-RS) A quantidade de calor liberada por um corpo por unidade de temperatura e por unidade de massa é denominada:

- (a) capacidade térmica.
- (b) calor específico.
- (c) calor latente.
- (d) caloria.
- (e) coeficiente calorimétrico.

2) (PUC-RS) A geografia ensina que o clima de regiões perto do mar caracteriza-se por uma grande estabilidade térmica, contrariamente a regiões no interior do continente, onde a temperatura varia muito entre o dia e a noite. Esse fenômeno é devido:

- (a) à grande condutividade térmica da água.
- (b) à pequena condutividade térmica da água.
- (c) à grande densidade da água.
- (d) ao grande calor específico da água.
- (e) ao pequeno calor específico da água.

3) (UFV-MG) Uma chaleira, em fogo brando, contém água em ebulição. Uma estudante, após aumentar a intensidade da chama, tira as seguintes conclusões:

- I. A temperatura da água em ebulição aumenta.
- II. O vapor d'água sai da chaleira a uma maior temperatura.
- III. A taxa de vaporização da água aumenta.

Em relação às conclusões da estudante, a opção correta é:

- (a) apenas I e II correspondem à realidade.



- (b) apenas II corresponde à realidade.
- (c) apenas I corresponde à realidade.
- (d) apenas III corresponde à realidade.
- (e) todas correspondem à realidade.

4) (FUVEST-SP) Dois corpos, A e B, inicialmente às temperaturas  $t_A = 90^\circ\text{C}$  e  $t_B = 20^\circ\text{C}$ , são postos em contato e isolados termicamente do meio ambiente. Eles atingem o equilíbrio térmico à temperatura de  $45^\circ\text{C}$ . Nessas condições, podemos afirmar que o corpo A:

- (a) cedeu uma quantidade de calor maior do que a absorvida por B.
- (b) tem uma capacidade térmica menor do que a de B.
- (c) tem calor específico menor do que o de B.
- (d) tem massa menor do que o de B.
- (e) cedeu metade da quantidade de calor que possuía para B.

5) Um amolador de facas, ao operar um esmeril, é atingido por fagulhas incandescentes, mas não se queima. Isso acontece porque as fagulhas:

- (a) têm calor específico muito grande.
- (b) têm temperatura muito baixa.
- (c) têm capacidade térmica muito pequena.
- (d) estão em mudança de estado.
- (e) não transportam energia.

6) (Vunesp-SP) Massas iguais de cinco líquidos distintos, cujos calores específicos estão dados na tabela, encontram-se armazenadas, separadamente e à mesma temperatura, dentro de cinco recipientes com boa isolamento e capacidade térmica desprezível. Se cada líquido receber a mesma quantidade de calor, suficiente apenas para aquecê-lo, mas sem alcançar seu ponto de ebulição, aquele que apresentará temperatura mais alta, após o aquecimento, será:

| Líquido   | Calor específico (J / g C°) |
|-----------|-----------------------------|
| Água      | 4,19                        |
| Petróleo  | 2,09                        |
| Glicerina | 2,43                        |
| Leite     | 3,93                        |
| Mercúrio  | 0,14                        |

- (a) a água.
- (b) o petróleo.
- (c) a glicerina.
- (d) o leite.
- (e) o mercúrio.

## **APÊNDICE C – MÓDULO III**

### MÓDULO III – TRANSMISSÃO DE CALOR

Conforme já estudamos nos módulos anteriores, calor é energia transferida entre corpos com temperaturas diferentes. A questão a ser discutida neste módulo é: como ocorre esta transferência de energia?

Esta transferência de energia pode ocorrer de três formas distintas: condução, convecção e irradiação.

Quando colocamos em contato dois corpos com temperaturas diferentes, a energia se transfere do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. A agitação térmica das partículas constituintes do corpo mais quente propaga-se para as partículas do outro corpo. Este processo de transmissão de calor chama-se condução.

Considere um corpo em forma de barra. Se colocamos uma das extremidades da barra sobre uma chama, esta extremidade aumenta de temperatura. O calor se propaga para a outra extremidade da barra, a que não foi exposta à chama, por condução. Isto é, a vibração se propaga de partícula para partícula até atingir a outra extremidade, e a temperatura da barra, como um todo, aumenta. Neste processo não ocorre deslocamento das partículas, é somente a vibração que se propaga.

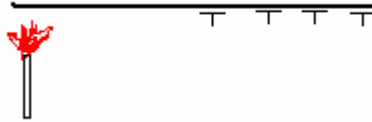
Existem materiais para os quais, devido ao estado de agregação de suas partículas, a transmissão de calor por condução ocorre com mais facilidade. O exemplo mais evidente é o dos metais. Estes materiais formam um grupo que chamamos de bons condutores de calor. Já os materiais em que a condução não ocorre com a mesma facilidade, como é o caso, por exemplo, da madeira, do plástico, da lã e do ar, formam o grupo que chamamos de isolantes térmicos.

O processo de condução ocorre principalmente em substâncias no estado sólido, pois, neste estado, as ligações entre as partículas são mais rígidas.

Um caso em que se percebe facilmente a transmissão de calor por condução é o de uma panela metálica com cabo de material isolante. Quando sobre a chama do fogão, o calor se propaga por toda a panela; o cabo é isolante para preservar o(a) cozinheiro(a) de queimaduras. Outro exemplo é o aquecimento das roupas quando em contato com um ferro de passar, aquecido. O calor se propaga do ferro de passar para as roupas por condução, sem que ocorra deslocamento efetivo de partículas.

### Experiência sobre condução

Nesta experiência vamos observar a propagação de calor ao longo de um fio metálico. Para tanto, vamos precisar de um fio de cobre de uns 30 cm de comprimento, 4 percevejos e uma vela. Cole os percevejos, com a cera da vela, no fio, a partir de uma das extremidades, mantendo uma distância de aproximadamente 5 cm entre eles. Segure o fio com um grampo e coloque-o sobre a chama da vela, conforme o desenho. Observe o que acontece com os percevejos e anote abaixo suas observações e conclusões.



.....

.....

.....

.....

.....

Quando as substâncias se encontram nos estados líquido ou gasoso a transmissão de energia ocorre, principalmente, por convecção. Com o aumento da temperatura de uma substância, aumenta a agitação de suas partículas (moléculas) que, neste caso, estão mais livres para se deslocar. Considere, por exemplo, a lareira acesa na sala de estar, em uma noite de inverno. As moléculas do ar aquecido se afastam umas das outras, em virtude da agitação térmica. Com isto, a densidade do ar nesta região da sala diminui. Estas moléculas, portanto, ascenderão ao topo da sala, dando lugar, na parte de baixo, para aquelas que estavam em cima. Assim, se estabelecerá um fluxo contínuo vertical de moléculas do ar, caracterizando um processo de transferência de calor por convecção. Outro exemplo é o da panela d'água sobre a chama recém acesa do fogão. Aqui, você percebe facilmente o fluxo de água quente do fundo da panela para o topo.

É para tirar proveito da convecção que, nos refrigeradores, o congelador é colocado na parte superior e as prateleiras são feitas de grade. O ar que entra em contato com o congelador é resfriado e desce, empurrando o ar com maior temperatura para cima, formando o que chamamos de correntes de convecção. As prateleiras são feitas de grade para que o ar possa circular no interior do refrigerador. Vamos observar a existência de correntes de convecção em substâncias no estado gasoso realizando a experiência que segue.

Experiência sobre corrente de convecção em substância no estado gasoso

Para realizar esta experiência serão necessários uma vela, um barbante e uma folha de desenho. Recorte a folha de desenho em forma espiral, conforme a figura. Prenda o barbante no centro da espiral.



Segure a espiral pelo barbante, sobre a chama da vela e observe o que acontece. Anote a seguir suas observações.

.....

.....

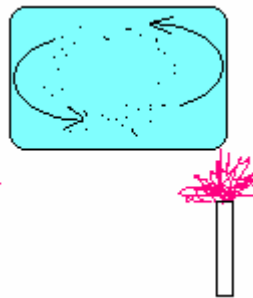
.....

.....  
.....

Vamos, agora, realizar uma experiência para observar corrente de convecção na água.

### Experiência sobre corrente de convecção em substância no estado líquido

Para realizar esta experiência será necessário um recipiente de vidro com um diâmetro de aproximadamente 20 cm, água, serragem e uma chama. Coloque, no recipiente, a água e a serragem e o recipiente sobre a chama. Deve-se tomar o cuidado de colocar a chama apenas no canto do recipiente e não em seu centro. Aguarde certo tempo e observe o que acontece com a serragem. Escreva, a seguir, suas observações.



.....  
.....  
.....  
.....

O processo de transmissão de energia por irradiação não necessita de um meio físico para ocorrer, porque mesmo no vácuo a energia se propaga através de ondas eletromagnéticas. Todos os corpos emitem ondas eletromagnéticas cujas características dependem do grau de aquecimento do corpo. Quando as ondas eletromagnéticas são absorvidas por um corpo, a energia que elas transportam é transferida para o corpo. É através de ondas eletromagnéticas que a energia emitida pelo Sol atinge a Terra.

As ondas eletromagnéticas que são mais facilmente absorvidas são as ondas da região do infravermelho. As ondas eletromagnéticas atravessam tanto o vácuo como os meios físicos, sendo refletidas por espelhos e superfícies metálicas polidas.

Os corpos negros e com cores escuras absorvem praticamente toda a radiação incidente sobre eles, sendo esta a razão de se recomendar a utilização de roupas escuras em dias frios. Já corpos brancos e de cores claras refletem grande parte da radiação que incide sobre eles. Recomenda-se, então, a utilização de roupas claras em dias quentes. Podemos observar o fenômeno da transferência de calor por irradiação através da experiência que segue.

### Experiência sobre irradiação

Nesta experiência vamos precisar de dois termômetros, duas garrafas pet de refrigerante pequenas, papel alumínio, tinta preta e uma lâmpada de 100 W. Embrulhe uma das garrafas com papel alumínio e pinte de preto a outra garrafa. Encha as garrafas com água até uma altura de aproximadamente dois dedos, meça a temperatura da água nos dois casos e tampe as garrafas. Coloque as garrafas sob a lâmpada acesa e aguarde aproximadamente 10 min. Meça novamente a temperatura da água nas duas garrafas. Escreva abaixo suas observações e suas conclusões sobre a diferença entre os valores medidos para as temperaturas da água antes e depois de expor as garrafas à lâmpada, e sobre a diferença entre as temperaturas dos conteúdos das duas garrafas após a exposição.



.....

.....

.....

.....

.....



A transmissão de energia entre os corpos com temperaturas diferentes, normalmente, ocorre através de mais de um dos processos (condução, convecção e irradiação). Mesmo assim, com dois ou três processos ocorrendo simultaneamente, um deles é o principal responsável pela transmissão do calor. Por exemplo, quando colocamos a mão sobre uma vela acesa, recebemos energia, principalmente, por convecção, e quando colocamos a mão ao lado da chama, recebemos energia, principalmente, por irradiação.

Uma aplicação prática do conhecimento dos processos de transmissão de calor é a utilização da garrafa térmica. Na verdade, utilizamos a garrafa térmica para impedir que ocorram os processos de transmissão de calor. O nosso objetivo, quando colocamos água quente dentro de uma garrafa térmica, é que esta água não esfrie, e quando colocamos água gelada, é que ela não esquente. Isto é, queremos que não haja trocas de energia entre o meio e o líquido colocado no interior da garrafa. Uma garrafa térmica possui tampa para impedir a troca de energia por convecção, com a atmosfera imediatamente acima do líquido. Possui, também, uma ampola dupla de vidro espelhado, com vácuo entre as paredes. As paredes são espelhadas para impedir a troca de energia por irradiação. As ondas eletromagnéticas provenientes do líquido no interior da garrafa, assim como as ondas oriundas do meio, são refletidas pelas paredes espelhadas, não se permitindo, assim, que o líquido perca ou receba calor por irradiação. O vácuo entre as paredes espelhadas impede a condução, uma vez que para ocorrer o processo de transmissão de calor por condução é necessário que haja um meio físico.

### **EXERCÍCIOS**

Resolva, agora, algumas questões conceituais de provas de vestibulares, não esquecendo de justificar todas as respostas.

1) (UFRGS) Num planeta completamente desprovido de fluidos, apenas pode ocorrer propagação de calor por:

- (a) convecção e condução.
- (b) convecção e irradiação.
- (c) condução e irradiação.

- (d) irradiação.
- (e) convecção.

2) (PUC-SP) Nas garrafas térmicas, há uma parede dupla de vidro. As paredes são espelhadas e entre elas há vácuo. Assinale a alternativa correta:

- (a) O vácuo entre as paredes evita perdas de energia por irradiação.
- (b) As paredes são espelhadas para evitar perdas de energia por condução.
- (c) As paredes são espelhadas para evitar perdas de energia por convecção.
- (d) O vácuo entre as paredes acelera o processo de convecção.
- (e) As paredes são espelhadas para evitar perdas de energia por irradiação.

3) (Med. Taubaté-SP) Se você tivesse que entrar num forno quente, preferiria ir:

- (a) nu.
- (b) envolto em roupa de seda.
- (c) envolto em roupa de lã recoberta de alumínio.
- (d) envolto em roupa de lã.
- (e) envolto em roupa de linho preto.

4) (UnB-DF) Quando se passa roupa com um ferro elétrico, o principal processo de transmissão de calor do ferro para a roupa é a:

- (a) condução.
- (b) convecção.
- (c) irradiação.

5) (UFES) Um ventilador de teto, fixado acima de uma lâmpada incandescente, apesar de desligado, gira lentamente algum tempo após a lâmpada estar acesa. Este fenômeno é devido à:

- (a) convecção do ar aquecido.
- (b) condução do calor.
- (c) irradiação da luz e do calor.

- (d) irradiação da luz.
- (e) irradiação do calor.

6) (MACKENZIE-SP) Uma pessoa que se encontra perto de uma fogueira recebe calor principalmente por:

- (a) convecção do dióxido de carbono.
- (b) convecção do monóxido de carbono.
- (c) convecção do ar.
- (d) condução.
- (e) irradiação.

## **APÊNDICE D – MÓDULO IV**

## MÓDULO IV – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Ao longo do tempo, o homem utilizou ferramentas, seu esforço muscular e o de animais para o processo de produção, mas, a partir do século XVIII, aprendeu a controlar o processo de transformação de energia em trabalho.

O rápido progresso ocorrido entre os séculos XVIII e XIX foi devido à chamada Revolução Industrial. Com o surgimento da máquina a vapor, e o conseqüente aumento de produtos manufaturados, muitas foram as repercussões sociais e econômicas. Este é apenas um exemplo de como as ciências e a história da Humanidade caminham juntas.

Conforme estudamos no Módulo I, houve um grande esforço para compreender e explicar o que é calor e o que se transmite entre corpos com temperaturas diferentes, quando colocados em contato. Este esforço deve-se principalmente a físicos não profissionais.

Benjamin Thompson (1753-1814), engenheiro americano que se tornou o Conde Rumford verificou, em 1798, que havia uma produção contínua de calor ao se perfurar barras de ferro. Em 1843 James Prescott Joule (1818-1889), um fabricante de cerveja inglês, que nas horas vagas realizava experiências como cientista amador, realizou uma experiência que demonstrou que o calor é uma das formas de manifestação da energia (em trânsito), efetuando medidas precisas sobre a geração de calor por atrito. Joule concluiu que existe um equivalente mecânico do calor. Conseqüentemente, o calor não é uma entidade física em si, e sim algo que, trocado, pode resultar em trabalho mecânico.

A idéia de que calor é energia e que a energia total de um sistema se conserva, podendo apenas ser convertida em outra forma de energia, foi formalizada pelo físico e fisiologista alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894) em 1847. O princípio da conservação da energia é conhecido atualmente, também, como a Primeira Lei da Termodinâmica.

Vamos imaginar um cilindro com um êmbolo móvel, na parte superior, e com paredes termicamente isolantes, para que não haja, através delas, trocas de calor com o meio externo. Dentro deste cilindro existe ar. É este o gás que, aqui, consideramos nosso sistema. Se colocarmos o cilindro sobre uma chama, o ar receberá certa quantidade de calor e irá se expandir, fazendo com que o êmbolo suba. Isto é, o sistema realiza trabalho quando recebe calor, enquanto sofre um aumento de temperatura.

Neste caso, o sistema, ao receber calor, realizou trabalho e também sofreu um aumento de sua energia interna.

Energia interna é uma função de estado relacionada à temperatura do sistema; aumentando a temperatura do sistema, aumenta a energia interna.

Uma função de estado expressa uma propriedade de estado de um sistema, não dependendo de como o sistema chegou ao estado em questão. Pressão, volume e temperatura são funções de estado de um sistema termodinâmico. Agora, você está sendo apresentado a uma nova função de estado, a energia interna de um sistema.

Já calor e trabalho de um sistema não são funções de estado, porque não expressam propriedades associadas a cada estado que ele pode alcançar.

A primeira Lei da Termodinâmica pode ser equacionada da seguinte forma:

$$\Delta U = Q - \tau,$$

onde  $\Delta U$  é a variação da energia interna  $U$  ocorrida durante um intervalo de tempo,  $Q$  representa o calor recebido pelo sistema neste intervalo de tempo e  $\tau$  é o trabalho realizado pelo sistema no mesmo intervalo de tempo.

Observe que o lado esquerdo da equação tem uma grandeza que é função de estado; já o lado direito da equação tem grandezas que não são funções de estado. Todas estas grandezas são formas de manifestação de energia; portanto, todas têm como unidade SI de medida o joule.

Convenciona-se utilizar o sinal positivo para a grandeza  $Q$  quando o sistema recebe calor, e o sinal negativo quando cede calor. Usa-se o sinal positivo para a grandeza  $\tau$  quando o sistema realiza trabalho e o sinal negativo quando o trabalho é realizado sobre o sistema, isto é, quando o meio realiza trabalho sobre o sistema. O sinal de  $\Delta U$  é positivo quando aumenta a energia interna do sistema (aumenta a temperatura), e negativo quando diminui a energia interna do sistema.

Quando um sistema sofre uma transformação em que a temperatura permanece constante, diz-se que a transformação é isotérmica. Neste caso, não há variação da energia interna ( $\Delta U = 0$ ). A equação da Primeira Lei da Termodinâmica passa a ser, então, escrita como:

$$Q = \tau .$$

Neste caso, todo o calor recebido do meio resulta em trabalho realizado pelo sistema sobre o meio.

Quando um sistema sofre uma transformação em que o volume permanece constante, diz-se que a transformação é isométrica. Neste caso, não ocorre realização de trabalho ( $\tau = 0$ ). A equação da Primeira Lei da Termodinâmica passa a ser escrita, então, como:

$$Q = \Delta U .$$

Neste caso, todo o calor recebido do meio resulta em variação da energia interna do sistema.

Quando um sistema sofre uma transformação em que não ocorrem trocas de calor com o meio (por exemplo, sistema contido em recipiente termicamente isolado), diz-se que a transformação é adiabática ( $Q = 0$ ). A equação da Primeira Lei da Termodinâmica passa a ser escrita, então, como:

$$\Delta U = -\tau .$$

Neste caso, se o sistema realiza, por exemplo, um trabalho positivo, a consequência será uma redução de sua energia interna.

Um exemplo, bastante corriqueiro, é quando pressionamos a válvula de um aerossol. Como a transformação é bastante rápida, não há tempo para que trocas de calor ocorram. A transformação que ocorre, portanto, é adiabática. O gás expande-se e realiza trabalho positivo sobre o meio. Logo, sua energia interna diminui. Consequentemente, o mesmo ocorre com a temperatura e isto pode ser sentido por quem aciona a válvula.

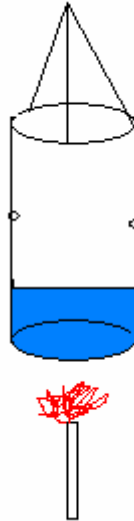
Vamos realizar uma experiência que consiste na construção de uma máquina térmica.

### Experiência I de construção de uma máquina térmica

Para a realização desta experiência será necessária uma lata de refrigerante contendo um pouco de água, cordões para suspender a lata e uma chama. Faça dois pequenos furos na lata, diametralmente opostos, em sua parede. Produza, em cada furo, uma saliência com a

ponta de um lápis na própria lata, do lado direito do furo. Tampe a lata com durepoxi, para que o vapor somente possa sair pelos orifícios.

Suspenda a lata, com os barbantes, sobre a chama, conforme a figura. Observe o que acontece e anote abaixo suas observações e conclusões.



.....

.....

.....

.....

.....

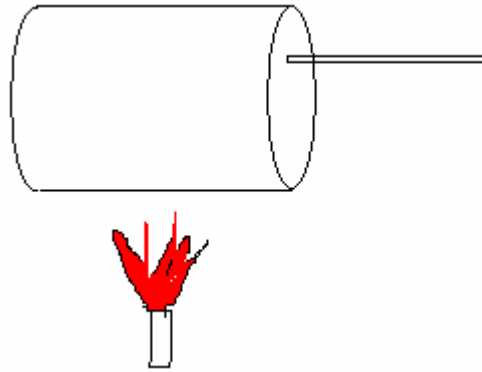
Como alternativa a esta experiência, podemos realizar a experiência que segue. Também é uma experiência que consiste na transformação de uma quantidade de calor, que é fornecida a um sistema, em trabalho mecânico.

### Experiência II de construção de uma máquina térmica

Para realizar esta experiência vamos precisar de uma lata de refrigerante vazia, água, uma fonte de calor, um tubo fino de aproximadamente 10 cm (por exemplo, uma agulha grossa de uso veterinário), um catavento e cola durepoxi.

Coloque em torno de 100 ml de água no interior da lata, coloque o tubo no orifício da lata e vede com durepoxi. Aqueça a água e direcione o vapor, que sai pelo tubo, para o catavento. Observe o que acontece e escreva suas observações a seguir.





.....

.....

.....

.....

.....

### EXERCÍCIOS

Resolva, agora, algumas questões de provas de vestibulares, não esquecendo de justificar todas as suas respostas.

1) (UECE) Através de uma transformação termodinâmica, uma massa gasosa absorve uma quantidade de calor  $\Delta Q$  e realiza um trabalho  $\tau$ , sofrendo uma mudança  $\Delta U$  em sua energia interna. Assinale as alternativas corretas.

- (a)  $\Delta Q = 0$  se a transformação for adiabática.
- (b)  $\Delta U = 0$  se a transformação for adiabática.
- (c)  $\Delta U = \Delta Q$  se a transformação for isométrica.
- (d)  $\tau = 0$  se a transformação for isotérmica.

2) (PUC-RS) Um gás contido em um cilindro com pistão, ao ser comprimido adiabaticamente:

- I. necessariamente aquece.
- II. necessariamente recebe calor.
- III. diminui de volume isotermicamente.

Analisando essas afirmativas pode-se concluir que:

- (a) somente I é correta.
- (b) somente II é correta.
- (c) somente III é correta.
- (d) I e II são corretas.
- (e) II e III são corretas.

3) (VUNESP) Um gás, que se comporta como um gás ideal, sofre expansão sem alteração de temperatura quando recebe uma quantidade de calor de 6 J.

- (a) Determine o valor da variação da energia interna do gás.
- (b) Determine o valor do trabalho realizado pelo gás durante esse processo.

4) (UFRO) Um gás perfeito rejeita 100 J de calor enquanto que o ambiente realiza um trabalho de 300 J sobre o gás. De quanto varia sua energia interna?

- (a) -400 J
- (b) -200 J
- (c) 100 J
- (d) 200 J
- (e) 400 J

5) (UFRN) Uma dada massa gasosa sofre uma transformação na qual estão envolvidos transferências de calor ( $Q$ ), realização de trabalho ( $\tau$ ) e variação de energia interna ( $\Delta U$ ). Assinale a alternativa correta.

- (a)  $Q < \tau$  se a transformação for isotérmica.
- (b)  $Q > \tau$  se a transformação for uma expansão isobárica.
- (c)  $\Delta U = 0$  se a transformação for adiabática.
- (d)  $\Delta U = \tau$  se a transformação for isométrica.
- (e)  $Q = 0$  se a transformação for isotérmica.

6) (MED. POUSO ALEGRE-MG) Sobre mudanças de estado nos gases ideais, afirmou-se que:

I- Na expansão isotérmica, a pressão do gás aumenta.

II- Na compressão adiabática, o gás perde calor para o ambiente.

III- Na expansão isobárica, a temperatura do gás aumenta.

Assinale, abaixo, a alternativa correta.

(a) Apenas I e II são verdadeiras.

(b) Apenas I e III são verdadeiras.

(c) Apenas II e III são verdadeiras.

(d) Apenas uma delas é verdadeira.

(e) Todas são verdadeiras.

## **APÊNDICE E - MÓDULO V**

## MÓDULO V – COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS GASES

Neste módulo estudaremos o comportamento térmico dos gases. Gás é uma palavra que foi usada pela primeira vez por um naturalista belga chamado Jan Baptist van Helmont (1579-1644). Esta palavra deriva do grego *chaos* e significa espaço vazio. Helmont observou que, quando algum material era queimado, o aspecto da fumaça desprendida era dependente do material. A esta fumaça ele deu o nome de gás. Portanto, havia diferentes fumaças porque havia diferentes tipos de gases.

O estudo dos gases iniciou-se somente no século XVII, quando Torricelli mediu e explicou pela primeira vez a pressão atmosférica. Como os gases não possuem volume determinado e são, quase todos, invisíveis, para estudá-los normalmente acondiciona-se uma amostra, isto é, uma pequena quantidade do gás, em um recipiente.

Os gases ocupam todo o volume disponível; o volume do gás passa a ser o mesmo volume do recipiente em que ele está contido.

Para estudarmos os gases será necessário determinar algumas grandezas macroscópicas. As grandezas macroscópicas fáceis de serem medidas em gases são: a pressão, o volume e a temperatura.

Para determinar o volume da amostra de gás, como já vimos, basta saber o volume do recipiente em que o gás está contido.

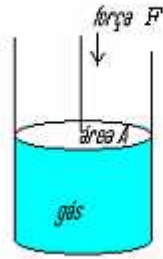
Para determinar a temperatura utilizamos um termômetro. Quando o termômetro entra em equilíbrio térmico com o gás, o valor medido é a temperatura do gás.

E finalmente, para determinarmos a pressão da amostra do gás é necessário um instrumento chamado manômetro. Manômetro é um instrumento utilizado para medir a pressão de um gás.

Também é possível determinar a pressão de um gás colocando a amostra em um recipiente provido de um êmbolo (um pistão). A pressão será dada pela equação

$$p = \frac{F_R}{A},$$

uma vez estabelecido o equilíbrio, sendo  $p$  a pressão do gás,  $F_R$  a força normal resultante aplicada no êmbolo (incluindo seu próprio peso) e  $A$  a área da superfície de contato entre o êmbolo e o gás.



A pressão e a força resultante são grandezas diretamente proporcionais, já que o aumento da força aplicada no êmbolo implica no aumento da pressão do gás.

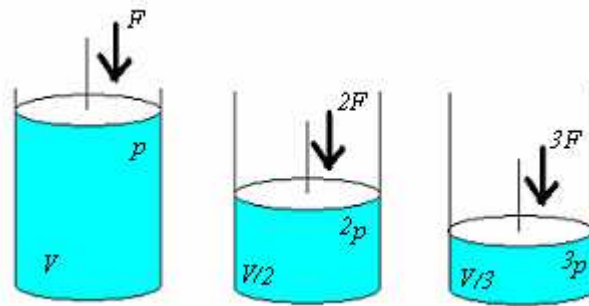
As leis dos gases foram estabelecidas empiricamente, isto é, com base na experimentação foram estabelecidas as relações entre as grandezas macroscópicas pressão, volume e temperatura.

Verifica-se experimentalmente que todos os gases se comportam da mesma forma simples, desde que a temperatura não seja extremamente baixa, nem a pressão seja extremamente alta. Este fato sugeriu o conceito de gás ideal ou gás perfeito, um gás que se comporta de determinada maneira simples sob quaisquer condições. As relações apresentadas a seguir são válidas para gases ideais.

Em 1662 o químico irlandês Robert Boyle (1627-1691) estabeleceu a relação entre pressão e volume de uma amostra de gás quando mantida à temperatura constante.

Quando a temperatura se mantém constante dizemos que o gás sofreu uma transformação isotérmica.

Vamos imaginar uma amostra de um gás em um pistão com um êmbolo que possa se mover livremente, conforme a figura a seguir. Podemos, variando as grandezas macroscópicas, comparar diferentes configurações de equilíbrio.



Com a temperatura constante verifica-se, experimentalmente, que, duplicando  $F$  e, portanto, duplicando  $p$ , o volume é reduzido à metade. Triplicando-se a pressão, o volume é reduzido a um terço, etc.

Isto é expresso matematicamente como

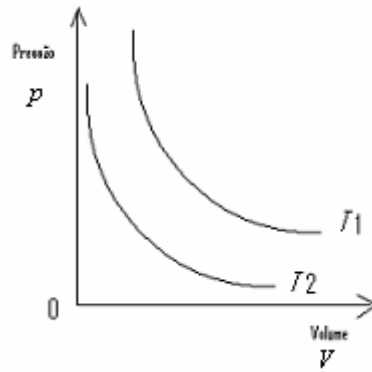
$$pV = a,$$

sendo  $a$  uma constante que depende da temperatura do gás e do tipo de gás da amostra.

Uma determinada amostra de um gás tem seu volume e pressão medidos antes do gás sofrer uma transformação isotérmica, sendo que o volume inicial do gás é  $V_0$  e a pressão inicial é  $p_0$ . Como  $a$  é uma constante, o produto de  $V_0$  por  $p_0$  será igual ao produto de  $V$  por  $p$ , volume e pressão medidos após a transformação ter ocorrido. Isto é escrito como

$$p_0V_0 = pV.$$

Em um diagrama  $p$ - $V$ , como a pressão e o volume são grandezas inversamente proporcionais, este tipo de transformação (isotérmica) é representado por curvas como as do gráfico a seguir. Cada curva, correspondente a uma determinada temperatura invariável, é uma isoterma. Quanto mais afastada da origem estiver a curva, maior será a temperatura associada a ela. Neste gráfico,  $T_1 > T_2$ .



Exercício: Discuta com seus colegas, e encontre argumentos que tornem claro que, neste gráfico,  $T_1 > T_2$ . Escreva abaixo os argumentos encontrados.

.....

.....

.....

.....

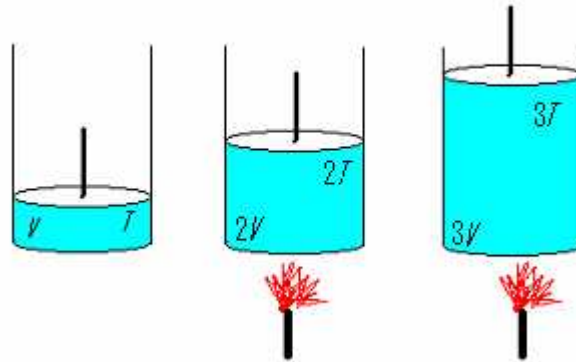
.....

Esta relação também foi descoberta em 1676, de forma independente, pelo físico francês Edmé Mariotte (1620-1684) e ficou conhecida como Lei de Boyle-Mariotte.

Mais de um século depois de Boyle ter estabelecido a relação entre pressão e volume de uma amostra de gás numa transformação isotérmica, o físico francês Jacques Alexandre Charles (1746-1823) e o químico francês Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) estabeleceram, em 1802, a relação entre volume e temperatura de uma amostra gasosa numa transformação isobárica, isto é, com a pressão mantida constante.

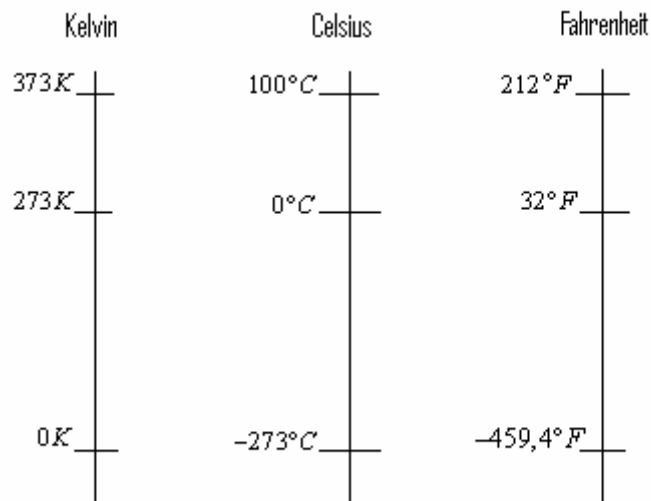
Vamos imaginar uma amostra gasosa em um pistão com êmbolo móvel, de modo que o volume da amostra pode aumentar ou diminuir sem que a pressão do êmbolo sobre o gás se altere.





Vamos colocar este recipiente sobre uma chama. Verifica-se, experimentalmente, que quando a temperatura do gás aumenta o volume também aumenta. Se a temperatura absoluta dobra, o volume também dobra; triplicando-se a temperatura absoluta, o volume também triplica, e assim por diante. Aqui, é muito importante ressaltar que esta relação simples entre volume e temperatura, quando a pressão é mantida constante, só é válida com a temperatura medida na escala absoluta, aquela que não admite valores negativos.

A escala absoluta de temperatura é a escala Kelvin. Não existe limite máximo para temperaturas, mas a menor temperatura que pode teoricamente ser atingida corresponde a  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Este valor, na escala Kelvin, corresponde ao zero (0K). Esta escala ficou conhecida como escala Kelvin em homenagem ao seu idealizador, o engenheiro e físico inglês William Thomson (1824-1907), lorde Kelvin. Esta escala é chamada de escala absoluta por não admitir valores negativos de temperatura. Abaixo está mostrada uma comparação entre as escalas Kelvin e as duas escalas mais usuais fora do meio científico, a Celsius e a Fahrenheit.

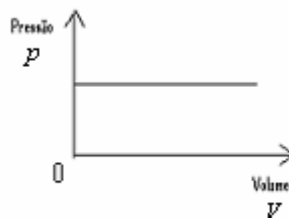


Charles e Gay-Lussac estabeleceram que volume  $V$  e temperatura absoluta  $T$  são grandezas diretamente proporcionais e esta relação pode ser expressa matematicamente como

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T},$$

onde  $V_0$  e  $T_0$  são o volume e a temperatura absoluta da amostra do gás antes deste sofrer uma transformação isobárica, e  $V$  e  $T$  são os respectivos valores após a referida transformação.

O diagrama  $p$ - $V$  para uma transformação isobárica é tão simples como o indicado na figura a seguir. Naturalmente, cada ponto da linha horizontal corresponde a uma temperatura diferente.



Exercício: Discuta com seus colegas, e encontre argumentos que tornem claro o fato de que cada ponto do diagrama (linha horizontal) corresponde a uma temperatura diferente. Escreva seus argumentos abaixo.

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Vamos considerar uma amostra gasosa contida em um pistão. Se o gás se expande, ele realiza trabalho, deslocando o êmbolo. O trabalho realizado pelo gás é expresso como:

$$\tau = F_R d$$

onde  $\tau$  é o trabalho realizado,  $F_R$  é a força normal aplicada pelo gás sobre o pistão e  $d$  é o deslocamento sofrido pelo pistão. Como já visto no início deste módulo, a pressão pode ser calculada como

$$p = \frac{F_R}{A}.$$

Logo,

$$F_R = pA.$$

Portanto, quando a pressão for mantida constante, a expressão para o trabalho realizado pelo gás pode ser escrita como:

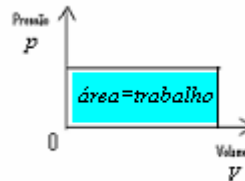
$$\tau = pAd.$$

Sabemos que a área  $A$  do êmbolo, multiplicada pelo deslocamento  $d$  que ele sofre, corresponde à variação do volume da amostra gasosa,  $\Delta V$ . Como consequência, o trabalho realizado pelo gás pode ser expresso como

$$\tau = p\Delta V ,$$

no caso de pressão mantida constante.

Em um diagrama  $p$ - $V$ , com a pressão mantida constante, este valor corresponde à área de um retângulo, como o da figura a seguir.



De maneira geral, mesmo quando a pressão não é constante, o trabalho corresponde à área sob a curva da transformação, em um diagrama  $p$ - $V$ .

Se ocorrer uma expansão do gás, o trabalho realizado por ele será positivo, pois o volume final é maior que o volume inicial ( $\Delta V = V_f - V_i$ ). Já numa compressão, o trabalho será negativo, o que significa que o trabalho foi realizado sobre o gás.

### Experiência sobre a relação entre volume e temperatura de um gás

Para realizar esta experiência vamos precisar de um balão de aniversário, uma garrafa pet de aproximadamente um litro, uma panela com água fervente e outra com uma mistura de água e gelo. Ajuste o balão parcialmente inflado ao gargalo da garrafa. Mergulhe a garrafa na água fervente e observe o que acontece com o balão. Agora, mergulhe a garrafa na mistura de água e gelo e observe o que acontece com o balão. Escreva abaixo suas observações.

.....

.....

.....

.....

.....

A lei de Boyle-Mariotte estabelece a relação  $p_0V_0 = pV$ , quando  $T$  é constante, e a lei de Charles e Gay-Lussac estabelece a relação  $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}$ , quando  $p$  é constante. Agrupando-se estas duas relações obtemos uma expressão que relaciona as três grandezas macroscópicas pressão, volume e temperatura. A esta expressão denominamos Lei Geral dos Gases Ideais.

$$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{pV}{T} \quad (T: \text{temperatura absoluta}).$$

Exercício: Mostre que esta relação geral implica nas leis de Boyle-Mariotte e de Charles e Gay-Lussac.

#### Experiência sobre a relação entre pressão e temperatura de um gás

Para realizar esta experiência vamos precisar de uma lata de refrigerante vazia, um pires com água e uma chama. Aqueça a lata na chama e a seguir emborque-a na água. Observe o que acontece com a água após a lata esfriar e discuta com seus colegas. Escreva abaixo suas observações e conclusões. Quais as grandezas que variaram e/ou se mantiveram constantes?

.....

.....

.....

.....

.....

### **EXERCÍCIOS**

Resolva, agora, algumas questões conceituais de provas de vestibulares, não esquecendo de justificar todas as respostas.

1) (FuvestSP) Uma bola de futebol, impermeável e murcha, é colocada sob uma campânula num ambiente hermeticamente fechado. A seguir, extrai-se lentamente o ar da campânula até que a bola acabe por readquirir sua forma esférica. Durante o processo, a temperatura é mantida constante. Ao final do processo, tratando-se o ar como um gás perfeito, podemos afirmar que:

- (a) a pressão do ar dentro da bola diminuiu.
- (b) a pressão do ar dentro da bola aumentou.
- (c) a pressão do ar dentro da bola não mudou.
- (d) o peso do ar dentro da bola diminuiu.

2) (FuvestSP) Certa quantidade de gás perfeito passa por uma transformação isotérmica. Os pares de pontos pressão ( $p$ ) e volume ( $V$ ) que podem representar esta transformação são:

- (a)  $p=4$ ;  $V=2$  e  $p=8$ ;  $V=1$ .
- (b)  $p=3$ ;  $V=9$  e  $p=4$ ;  $V=16$ .
- (c)  $p=2$ ;  $V=2$  e  $p=6$ ;  $V=6$ .
- (d)  $p=3$ ;  $V=1$  e  $p=6$ ;  $V=2$ .
- (e)  $p=1$ ;  $V=2$  e  $p=2$ ;  $V=8$ .

3) (VunespSP) Dois recipientes se comunicam por meio de uma válvula inicialmente fechada. O primeiro, de volume  $V_1$ , contém gás ideal (perfeito) sob pressão  $p_1$ , e o segundo, de volume  $V_2$ , está completamente vazio (em seu interior fez-se vácuo). Quando a válvula é aberta, o gás passa a ocupar os dois recipientes e verifica-se que sua temperatura final, medida depois de algum tempo, é idêntica à que tinha antes de abertura da válvula. Nestas condições, a pressão final do gás nos dois recipientes será dada por:

- (a)  $\frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2}$ .
- (b)  $\frac{p_1 V_2}{V_1 + V_2}$ .
- (c)  $\frac{p_1 V_1}{V_2}$ .

(d)  $\frac{p_1 V_2}{V_1}$ .

(e)  $\frac{p_1 V_1}{V_1 - V_2}$ .

4) (UCBA) Uma amostra de gás está armazenada em um recipiente fechado e rígido. A pressão da amostra é de 5 atm e sua temperatura de 273 K. Qual será, aproximadamente, a pressão da amostra quando sua temperatura chegar a 410 K?

(a) 5,0 atm.

(b) 7,5 atm.

(c) 10 atm.

(d) 352 atm.

(e) 685 atm.

5) (EFOAMG) Um gás perfeito, a uma pressão de 10 atm, ocupa um volume de 4 litros. Ele sofre uma transformação isotérmica e seu volume atinge 10 litros. A nova pressão exercida pelo gás é:

(a) 4 atm.

(b) 25 atm.

(c) 100 atm.

(d) 10 atm.

(e) 250 atm.

**APÊNDICE F – MÓDULO VI**



## MÓDULO VI – SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

O homem, ao longo da história, tem buscado fontes de energia e formas de realização de trabalho, mas somente no século XVIII foi possível controlar o processo de transformação de energia em trabalho, com a construção da máquina térmica ou máquina a vapor.

Thomas Savery (1650-1705), engenheiro militar inglês, foi quem criou a primeira máquina térmica de interesse comercial e industrial. Sua máquina tinha por objetivo retirar água dos poços das minas de carvão.

Com a criação das máquinas térmicas surgiram as fábricas e as grandes cidades, e uma nova organização social, fruto da Revolução Industrial.

Máquinas térmicas são máquinas que produzem trabalho mecânico a partir do calor. Uma máquina térmica comum, hoje em dia, é o motor de automóveis.

Para podermos entender o funcionamento de uma máquina térmica torna-se necessário que tenhamos em mente as transformações termodinâmicas estudadas no módulo anterior. As transformações podem ser reversíveis ou irreversíveis.

Para uma transformação ser reversível, o sistema deve passar apenas por situações de equilíbrio termodinâmico.

Vamos imaginar, como um sistema termodinâmico, um gás contido em um recipiente provido de um êmbolo móvel (um pistão). O sistema está em equilíbrio termodinâmico quando o pistão está em repouso, nenhuma força resultante é aplicada sobre ele, e o gás está em equilíbrio térmico. Isto é, o sistema está em equilíbrio termodinâmico quando é possível determinar, sem ambigüidade, a pressão, o volume e a temperatura do sistema. Se alguma destas grandezas tiver valores diferentes ao longo do sistema, ele não está em equilíbrio termodinâmico.

Quando o volume de um gás é diminuído bruscamente, por exemplo, a temperatura e a pressão podem passar a ter valores diferentes em diferentes pontos do gás e, portanto, o sistema está sofrendo uma transformação irreversível.

Uma transformação irreversível é a transformação em que ao final do processo o sistema não pode retornar, espontaneamente, à situação inicial.

Por exemplo, imagine um recipiente dividido pela metade por uma parede móvel. Uma das metades contém ar e a outra metade está vazia. Quando a parede que divide o recipiente é retirada o ar espalha-se por todo o volume disponível. O que ocorreu foi uma transformação irreversível, pois o ar não volta para uma das metades espontaneamente e, se quisermos voltar à situação inicial, com todo o ar em uma das metades, terá que haver gasto de energia.

Vamos realizar uma experiência bastante simples sobre transformações irreversíveis. Como todos os processos naturais são processos irreversíveis, é muito importante à compreensão deste conceito.

### Experiência sobre processos irreversíveis

Para realizar esta experiência será necessária apenas uma bola qualquer. Pode ser uma bola de vôlei, ou de futebol, etc. Solte a bola de certa altura; por exemplo, do seu umbigo. Observe a altura que a bola atinge após rebater no chão. Para este processo ser reversível, qual a altura que a bola deveria atingir após rebater no chão? Escreva abaixo suas observações e conclusões.

.....

.....

.....

.....

.....

Imagine um sistema em equilíbrio termodinâmico; por exemplo, um gás contido em uma seringa. Neste sistema é possível determinarmos a temperatura, a pressão e o volume do gás. Vamos provocar neste sistema uma transformação reversível, isto é, uma transformação em que cada passo do processo apresenta equilíbrio termodinâmico. Se quisermos provocar uma transformação reversível em que o volume do gás diminua, é necessário que o êmbolo da seringa seja empurrado muito lentamente, pois assim a pressão e a temperatura do gás poderão atingir o equilíbrio, em cada passo do processo. Uma transformação reversível é, portanto, uma transformação quase-estática, na qual, em cada instante do processo, ocorre um estado de equilíbrio do sistema. Obviamente, o que estamos descrevendo é uma situação

ideal, mas situações reais podem se aproximar mais ou menos da situação ideal, dependendo das condições em que o processo ocorre.

Para termos uma transformação isotérmica, transformação em que a temperatura se mantém constante, devemos manter o sistema em um chamado banho térmico, uma outra idealização, que usamos para justificar a não alteração da temperatura. Banhos térmicos reais podem ser um balde de gelo, o interior de um forno, etc.

Definimos também a transformação chamada adiabática, aquela em que não ocorre troca de calor com o ambiente. Adiabática é uma palavra que vem do grego *adiabatos*, que significa impenetrável.

Para provocarmos uma transformação adiabática, o processo deve ser realizado ou com isolamento térmico, ou bruscamente, para que não haja tempo de ocorrer troca de calor com o meio. Quando provocada bruscamente, a transformação é necessariamente irreversível. No caso em que o isolamento térmico é providenciado, caso provocada de forma lenta, a transformação pode ser reversível.

As transformações reversíveis isotérmica e adiabática têm importante função no assunto que passamos a tratar, o da máquina térmica.

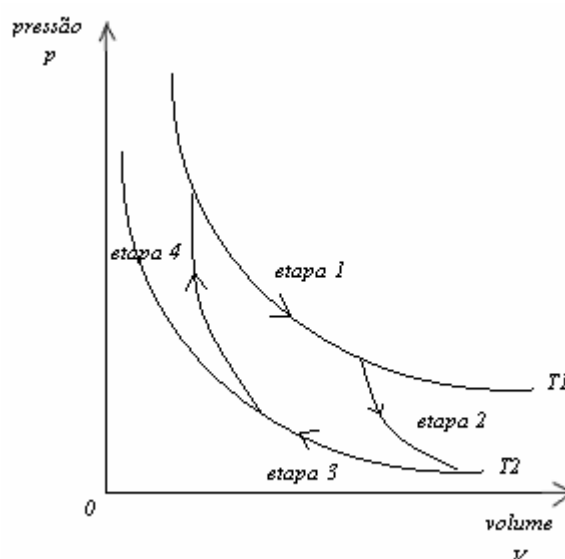
Uma máquina térmica executa etapas que se repetem periodicamente, ou seja, executa uma série de transformações que farão o sistema retornar ao estado inicial. Dizemos que uma máquina térmica funciona em ciclos. Se o ciclo é formado apenas por transformações reversíveis, trata-se de um ciclo reversível.

Um ciclo termodinâmico reversível importante é o ciclo de Carnot. Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832), físico e engenheiro francês, foi um dos primeiros a perceber a importância da nova tecnologia que era a máquina a vapor. Nesta época a Inglaterra e a França eram nações militarmente importantes e dependentes do aço, para a produção de canhões e navios, e do carvão, para o funcionamento dos fornos que fabricam o aço. Este carvão deveria ser retirado das minas com o auxílio da máquina a vapor. Em 1824 Carnot publicou, em *Reflexões sobre a potência motora do fogo*, as conclusões a que chegou sobre o rendimento de máquinas térmicas, isto é, máquinas que produzem trabalho mecânico a partir do calor.

O ciclo de Carnot é formado por duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas que se alternam, como veremos a seguir. É importante frisar que o ciclo de Carnot é um ciclo reversível, isto é, constituído de transformações reversíveis.

O ciclo de uma máquina térmica é cumprido por uma substância homogênea que realiza trabalho; por exemplo, um gás confinado. Esta é a chamada substância de trabalho. Se ela é um gás ideal, a máquina é dita uma máquina ideal. Tratamos, aqui, apenas do ciclo ideal de Carnot, isto é, do ciclo de Carnot que utiliza como substância de trabalho um gás ideal.

O diagrama  $p$ - $V$  a seguir representa as transformações sofridas pelo gás nas quatro etapas do ciclo de Carnot ideal.



As transformações isotérmicas se alternam. As etapas 1 e 3 são transformações isotérmicas, e as etapas 2 e 4 são transformações adiabáticas. Note que a isoterma 1 e a adiabata 2 representam aumento de volume (expansão) e diminuição de pressão (descompressão): relacionam-se, portanto, com um trabalho positivo realizado pelo gás. Já a isoterma 3 e a adiabata 4, por serem percorridas da direita para a esquerda, representam diminuição de volume e aumento de pressão (compressão): relacionam-se com trabalho negativo realizado pelo gás, ou seja, trabalho positivo realizado pelo meio externo sobre o gás.

Durante as etapas 1 e 3, para que as temperaturas sejam mantidas, o sistema deve estar em um banho térmico. Dizemos que a temperatura mais alta,  $T_1$ , é mantida porque o sistema está em contato com um “reservatório quente”, e que a temperatura mais baixa,  $T_2$ , é mantida

porque o sistema está em contato com um “ reservatório frio”. Você já viu, no Módulo V, o porquê de ser  $T_1 > T_2$ . Assim, o sistema retira calor do reservatório quente, na etapa 1, para se manter à temperatura  $T_1$ , e entrega calor para o reservatório frio, na etapa 3, para se manter à temperatura  $T_2$ . Nas etapas 2 e 4, já sabemos, não existe troca de calor com o ambiente. O calor retirado do reservatório quente menos o calor entregue ao reservatório frio é a quantidade total de calor entregue ao sistema, em um ciclo.

Fixemo-nos, agora, na etapa 2. Você deve se lembrar da Primeira Lei,

$$\Delta U = Q - \tau,$$

que nos diz que a variação da energia interna de um sistema é igual à quantidade de calor transferida para o sistema menos o trabalho que ele realiza sobre o exterior. A energia interna de um gás ideal, já sabemos também, depende apenas da temperatura absoluta  $T$ . Assim, aumento de temperatura absoluta significa aumento de energia interna, diminuição de temperatura absoluta significa diminuição de energia interna. Na etapa 2, como se trata de uma transformação adiabática, temos  $Q = 0$  e, como o trabalho realizado é positivo, a variação da energia interna é negativa. Logo, a temperatura diminui. É por isto que a curva 2, associada à transformação adiabática, “desce” da temperatura  $T_1$  para a temperatura  $T_2$ , cortando as isotermas.

Carnot procurava a máquina que produzisse o máximo rendimento possível. Ele demonstrou, teoricamente, que esta máquina térmica é a que cumpre o ciclo que, hoje, leva o seu nome. A cada ciclo cumprido, a substância de trabalho volta ao mesmo estado termodinâmico (mesmos  $p$ ,  $T$  e  $V$  – mesmo ponto do diagrama  $p$ - $V$ ) e passa a percorrer novamente o ciclo. À medida que os ciclos vão sendo cumpridos, a máquina vai realizando trabalho.

Exercício: Discuta com seus colegas, e encontre argumentos que tornem claro que o trabalho realizado pela máquina, ao término de cada ciclo, equivale à área envolvida pelas quatro etapas. Escreva abaixo os argumentos encontrados.

.....  
 .....

.....  
.....  
.....

Exercício: Discuta com seus colegas, e encontre argumentos que tornem claro que o trabalho realizado pela máquina, ao término de cada ciclo, equivale à quantidade total de calor entregue ao sistema, em um ciclo. DICA: Utilize a Primeira Lei da Termodinâmica, e lembre-se de que cada ponto de um diagrama  $p$ - $V$  está associado a uma única temperatura  $T$ . Registre, abaixo, suas conclusões.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Assim, a máquina de que estamos tratando realiza trabalho retirando calor da fonte quente (para manter  $T_1$ ) e despejando uma quantidade menor de calor na fonte fria (para manter  $T_2$ ).

O ciclo de Carnot é o ciclo cumprido pela máquina térmica mais eficiente. Isto foi demonstrado por Carnot, e não nos deteremos nesta demonstração. Quando o ciclo é operado no sentido contrário, deixamos de ter uma máquina e passamos a ter um refrigerador, que recebe trabalho para retirar calor da fonte fria e despejar uma quantidade maior de calor na fonte quente. No caso do refrigerador que você tem em casa, este trabalho provém da energia elétrica: se não ligado na tomada, o refrigerador não funciona!

De acordo com William Thomson (1824-1907), lorde Kelvin, é impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho, sem despejar algum calor em um reservatório mais frio. Esta afirmativa é uma das formas de se enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica. Ela destaca a necessidade de duas fontes térmicas, a “quente” e a “fria”.

Segundo Rudolf Clausius (1822-1888), físico alemão, é impossível realizar um processo cujo único efeito seja retirar calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente, isto é, é impossível a passagem de calor, de um corpo de menor temperatura para um corpo de

maior temperatura, sem que seja necessário realizar trabalho sobre o sistema. Por exemplo, experiente resfriar seu refrigerante com a geladeira desligada.

Esta é outra forma de enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica, é uma generalização de observações experimentais e foi publicada em 1850, sob o título *Sobre a força motriz do calor*. Ela destaca a necessidade de ter que aceitar uma conta de “luz”, ao final de cada mês, para manter os alimentos conservados na geladeira.

Já aprendemos que, de acordo com a Lei Zero da Termodinâmica, dois corpos com temperaturas diferentes, quando colocados em contato, acabam com a mesma temperatura, isto é, atingem o equilíbrio térmico. Além disso, de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, a energia total de um sistema se conserva. Portanto, se colocamos dois corpos com temperaturas diferentes em contato, o corpo de maior temperatura cede energia para o corpo de menor temperatura, até que os dois atinjam o equilíbrio térmico.

Imaginemos, agora, o processo inverso, o corpo de menor temperatura cedendo energia para o corpo de maior temperatura. A Primeira Lei da Termodinâmica continua sendo respeitada, pois energia ainda é conservada. Mas, você já viu este fenômeno ocorrer?

Em outro exemplo, colocando água quente e gelo em um copo se, depois de um tempo, você verificar que a água ficou mais quente e o gelo “mais gelado”, então ocorreu transferência de energia do corpo de menor temperatura para o corpo de maior temperatura. A Primeira Lei, expressão da conservação da energia, ainda aqui foi respeitada. Mas, você já viu este fenômeno ocorrer?

Pela nossa experiência, sabemos que processos como esses não ocorrem espontaneamente, e é a Segunda Lei da Termodinâmica que nos indica que existe um sentido permitido e um sentido proibido. A Segunda Lei complementa a Primeira, informando quais processos que, mesmo conservando energia, não ocorrem.

Uma grandeza associada à Segunda Lei da Termodinâmica é uma função chamada Entropia. A Segunda Lei nos diz que, para um sistema isolado, a entropia nunca pode diminuir, e é isto que garante que o gelo “não fará a água esquentar”. O termo entropia vem do grego e significa transformação, tendo sido cunhado, em 1865, por Clausius.

Clausius definiu entropia como a disponibilidade de calor de um sistema, o que pode ser entendido como a capacidade de um sistema termodinâmico de realizar trabalho.

O físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), convencido da idéia de que os sistemas termodinâmicos são compostos por um imenso número de partículas, propôs em 1872 uma abordagem estatística para estes sistemas. Ele mostrou que a Segunda Lei da Termodinâmica é uma lei estatística e que os sistemas termodinâmicos tendem ao estado de equilíbrio térmico porque este é o estado mais provável. Seus estudos deram origem à Mecânica Estatística.

Segundo a Mecânica Estatística, para se determinar o estado de um sistema termodinâmico, sua pressão e sua temperatura, é somente necessário conhecer o comportamento médio de suas moléculas.

Dois corpos com temperaturas diferentes, quando colocados em contato, tendem a um estado em que a temperatura dos dois se iguala, atingindo o equilíbrio térmico. Este estado de equilíbrio térmico corresponde ao estado de entropia máxima do sistema por eles constituído. Na situação inicial havia ordem, um corpo com temperatura elevada e outro com temperatura mais baixa. No final do processo, a ordem inicial desaparece e não há mais como saber qual dos dois corpos possuía maior temperatura. Repetimos: *No final do processo, a ordem inicial desaparece e não há como saber qual dos dois corpos possuía maior temperatura – informação foi perdida!*

Boltzmann concluiu que os processos naturais são sempre irreversíveis e que tendem para um aumento da desordem. Como nos processos irreversíveis a entropia sempre aumenta, relacionou entropia com desordem. Temos, então, o enunciado mais moderno da Segunda Lei da Termodinâmica: Em qualquer sistema físico isolado, isto é, que não tem nenhuma troca de energia com o exterior, a tendência natural é o aumento da desordem; o restabelecimento de ordem só é possível mediante o dispêndio de energia.

È muito fácil compreender a idéia exposta acima. Faça uma boa arrumação no seu quarto, e observe como ele estará depois de uma semana.

Vamos, agora, realizar uma experiência que nos ajuda a compreender que a tendência natural é a desordem e que, para se restabelecer a ordem, é necessário o consumo de energia.

### Experiência sobre desordem

Para realizar esta experiência será necessária uma pequena caixa, ou vidro, com tampa, um punhado de grãos de arroz e um punhado de grãos de feijão. Preencha um terço da caixa



com os grãos de arroz e um terço com os grãos de feijão. Observe que os grãos estão organizados dentro da caixa, os grãos de arroz embaixo e os grãos de feijão em cima.

Feche a caixa e sacuda. Abra a caixa e observe. A ordem inicial ainda existe? Este é um processo reversível ou irreversível? Por quê? Se continuarmos a sacudir a caixa, a ordem inicial se restabelece? Escreva abaixo suas observações e conclusões.

.....

.....

.....

.....

.....

Se lhe são apresentadas duas fotografias desta experiência, uma tirada antes da “sacudidela” e a outra depois, você não terá nenhuma dificuldade em identificar qual das duas é anterior à outra. Você sabe que nunca verá um caso em que a foto do depois passe a se referir ao antes, e vice-versa. Esta é a idéia: a Segunda Lei da Termodinâmica estabelece a inevitabilidade da “seta do tempo”. A melhor grandeza a quantificar esta “fatalidade” é a Entropia.

Boltzmann demonstrou, matematicamente, que atingir o equilíbrio térmico é a configuração mais provável de acontecer, e não a única. Isto é, quando colocamos juntos dois corpos com temperaturas diferentes poderia acontecer de, após um tempo, o corpo quente estar mais quente e o corpo frio mais frio, ou seja, o calor teria passado do corpo de menor temperatura para o corpo de maior temperatura. Mas esta transformação é tão improvável, que você teria que viver mais do que o próprio universo, para vê-la acontecer.

#### Experiência sobre probabilidade

Nesta experiência vamos precisar apenas de um baralho usual de 52 cartas. O baralho é distribuído entre 4 jogadores, sendo que cada um recebe 13 cartas. Neste jogo a contagem de pontos é a seguinte: O ás vale 4 pontos, o rei vale 3 pontos, a dama vale 2 pontos e o valete vale 1 ponto; as demais cartas valem zero. Após a distribuição das cartas entre os jogadores um deles recebe todos os ases, todos os reis, todas as damas e um valete, fechando 37 pontos.

Outro jogador recebe os outros três valetes, fechando 3 pontos. Os demais jogadores pontuam zero.

Existem apenas quatro maneiras de se fazer 37 pontos: basta substituir os valetes de naipes diferentes, mas existem inúmeras maneiras de formar zero pontos. Portanto, a probabilidade de receber uma mão com 37 pontos é muito menor do que a probabilidade de receber uma mão com zero pontos. A probabilidade de cada mão é a mesma, ocorre que um número muito menor de mãos “premia” o jogador com os esperados 37 pontos. É fiando-se na Segunda Lei da Termodinâmica que os cassinos enriquecem, e é não a conhecendo que os jogadores empobrecem.

Relate abaixo situações em que uma situação é mais provável de ocorrer do que outra, explicando o porquê.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Boltzmann teve suas idéias duramente combatidas por filósofos e cientistas que não acreditavam na visão atomística. Somente no final do século XIX foram confirmadas suas idéias, quando finalmente foi aceita a existência do átomo. Boltzmann, doente e depressivo, suicidou-se em cinco de setembro de 1906.

### **EXERCÍCIOS**

Sem exercícios! Este assunto não é pouco complexo, e nós nos abstermos, propositadamente, de entrar em análises quantitativas. Apenas um exercício é indicado: que você discuta, com seus colegas, seus amigos, parentes, vizinhos, namorado(a)s, a Segunda Lei da Termodinâmica, a seta do tempo, o conceito de desordem (entropia). Leia mais, procure na Internet, viaje bastante no assunto.

**APÊNDICE G – PRIMEIRA PROVA**

**PRIMEIRA PROVA****QUESTÃO 1:**

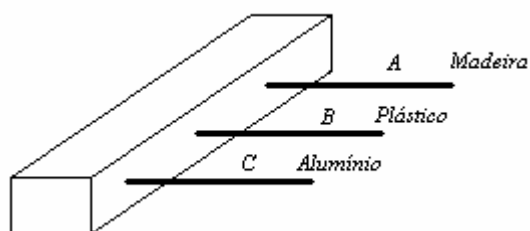
Massas iguais de cinco líquidos distintos, cujos calores específicos estão dados na tabela, encontram-se armazenadas, separadamente e à mesma temperatura, dentro de cinco recipientes com boa isolamento e capacidade térmica desprezível. Se cada líquido receber a mesma quantidade de calor, suficiente apenas para aquecê-lo, mas sem alcançar seu ponto de ebulição, aquele que apresentará temperatura mais alta, será:

| Líquido   | Calor Específico<br>(J/g°C) |
|-----------|-----------------------------|
| Água      | 4,19                        |
| Petróleo  | 2,09                        |
| Glicerina | 2,43                        |
| Leite     | 3,93                        |
| Mercúrio  | 0,14                        |

- a) a água      b) o petróleo      c) a glicerina      d) o leite      e) o mercúrio

**QUESTÃO 2:**

Num recipiente, como o mostrado na figura, são colocadas três barras de materiais diferentes: madeira, plástico e alumínio. Na extremidade de cada uma coloca-se um pedaço de cera. Enchendo-se o recipiente com água fervendo, podemos afirmar:



- a) os três pedaços de cera fundem-se simultaneamente.
- b) funde-se primeiro o pedaço de cera da haste C.
- c) fundem-se simultaneamente os pedaços de cera das hastes A e C.
- d) fundem-se simultaneamente os pedaços de cera das hastes B e D.
- e) funde-se primeiro o pedaço de cera de haste B.

### QUESTÃO 3:

Certa vez um jornal publicou a seguinte notícia:

“Ontem os termômetros registraram a temperatura mais quente dos últimos dez anos.”

Nessa frase há um erro conceitual. Qual?

### QUESTÃO 4:

Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a) trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) é uma forma de energia contida nos sistemas.
- c) é uma energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d) é uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e) é uma forma de energia em trânsito, do corpo mais frio para o corpo mais quente.

## QUESTÃO 5:

Ao contato da mão e à temperatura ambiente de  $25^{\circ}\text{C}$ , o mármore parece mais frio que a madeira porque:

- a) a madeira está sempre acima da temperatura ambiente.
- b) o mármore não alcança a temperatura ambiente.
- c) o calor da mão se escoa rapidamente para o mármore, em virtude da grande condutibilidade térmica desse material.
- d) a madeira possui mais condutibilidade térmica do que o mármore.
- e) a capacidade térmica do mármore tem valores muito diferentes para pequenas variações de temperatura.

**APÊNDICE H – SEGUNDA PROVA**

## SEGUNDA PROVA

### QUESTÃO 1:

Certos povos nômades que vivem no deserto, onde as temperaturas durante o dia podem chegar a  $50^{\circ}\text{C}$ , usam roupas de lã branca para se protegerem do intenso calor da atmosfera. Essa atitude pode parecer-nos estranha, pois, no Brasil, usamos a lã para nos protegermos do frio. O procedimento dos povos do deserto pode, contudo, ser explicado pelo fato de que:

a) a lã é naturalmente quente (acima de  $50^{\circ}\text{C}$ ) e, no deserto, ajuda a esfriar os corpos das pessoas, enquanto o branco é uma “cor fria”, ajudando a esfriá-las mais ainda.

b) a lã é bom isolante térmico, impedindo que o calor de fora chegue aos corpos das pessoas, e o branco absorve bem a luz em todas as cores, evitando que a luz do Sol os aqueça ainda mais.

c) a lã é bom isolante térmico, impedindo que o calor de fora chegue aos corpos das pessoas, e o branco reflete bem a luz em todas as cores, evitando que a luz do Sol os aqueça mais ainda.

d) a lã é naturalmente quente (embora esteja abaixo de  $50^{\circ}\text{C}$ ) e, no deserto, ajuda a esfriar os corpos das pessoas, e o branco também é uma “cor quente”, ajudando a refletir o calor que vem de fora.

### QUESTÃO 2:

Se um pesquisador descobre que uma fonte de calor, quando colocada no vácuo, aumenta a temperatura de outro objeto colocado nesse mesmo vácuo, ele está observando o fenômeno conhecido como:

a) condução.

b) conservação.

c) convecção.

d) irradiação.



e) isolamento.

### QUESTÃO 3:

Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica:

- a) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão.
- b) não troca energia na forma de calor com o meio exterior.
- c) não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior.
- d) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás.
- e) o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

### QUESTÃO 4:

Um gás está confinado em um cilindro provido de um pistão. Ele é aquecido, mas seu volume não é alterado. É possível afirmar que:

- a) a energia interna do gás não varia.
- b) o trabalho realizado nessa transformação é nulo.
- c) o pistão sobe durante o aquecimento.
- d) a força que o gás exerce sobre o pistão permanece constante.
- e) a energia cinética média das partículas do gás diminui.

### QUESTÃO 5:

No quadro estão descritas circunstâncias nas quais um gás perfeito sofre algumas transformações:

| Transformação | Como acontece                          |
|---------------|----------------------------------------|
| 1             | a temperatura constante                |
| 2             | sob pressão constante                  |
| 3             | sem troca de calor com o meio exterior |
| 4             | a volume constante                     |

As transformações 1, 2, 3 e 4 são nessa ordem:

- a) adiabática; isobárica; isométrica; isotérmica.
- b) isotérmica; isométrica; isobárica; adiabática.
- c) isobárica; adiabática; isotérmica; isométrica.
- d) isométrica; isobárica; adiabática; isotérmica.
- e) isotérmica; isobárica; adiabática; isométrica.

#### QUESTÃO 6:

Nas transformações isotérmicas dos gases perfeitos, é incorreto afirmar que:

- a) não há variação de temperatura.
- b) a variação de energia interna do gás é nula.
- c) não ocorre troca de calor entre o gás e o ambiente.
- d) o calor trocado pelo gás com o exterior é igual ao trabalho realizado no mesmo processo.

#### QUESTÃO 7:

Na compressão adiabática de um gás:

- a) a pressão aumenta e a temperatura diminui.
- b) a pressão diminui e a temperatura não se altera.

- c) a pressão e a temperatura aumentam.
- d) a pressão e a temperatura permanecem constantes.

### QUESTÃO 8:

Um grupo de amigos compra barras de gelo para um churrasco em um dia de calor. Como as barras chegam com algumas horas de antecedência, alguém sugere que sejam envolvidas em um grosso cobertor para evitar que derretam demais. Essa sugestão:

- a) é absurda porque o cobertor vai aquecer o gelo, derretendo-o ainda mais depressa.
- b) é absurda porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, fazendo com que ele derreta ainda mais depressa.
- c) é inócua, pois o cobertor não fornece nem absorve calor ao gelo, não alterando a rapidez com que o gelo derrete.
- d) faz sentido porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.
- e) faz sentido porque o cobertor dificulta a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.

### QUESTÃO 9:

Na tabela a seguir estão relacionados os calores específicos ( $c$ ) e as massas ( $m$ ) de três corpos. Se uma mesma quantidade de calor for absorvida pelos corpos 1, 2 e 3, eles sofreram variações de temperaturas  $\Delta T_1$ ,  $\Delta T_2$  e  $\Delta T_3$ , respectivamente. Então é correto afirmar:

| Corpo | $c$  | $m$  |
|-------|------|------|
| 1     | $2c$ | $2m$ |
| 2     | $c$  | $2m$ |
| 3     | $c$  | $m$  |

- a)  $\Delta T_1 > \Delta T_2 > \Delta T_3$ .

b)  $\Delta T_1 \rangle \Delta T_3 \rangle \Delta T_2$ .

c)  $\Delta T_2 \rangle \Delta T_1 \rangle \Delta T_3$ .

d)  $\Delta T_3 \rangle \Delta T_2 \rangle \Delta T_1$ .

e)  $\Delta T_2 \rangle \Delta T_3 \rangle \Delta T_1$ .

## QUESTÃO 10:

O enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica, proposto por Clausius é o seguinte:  
“O calor não passa espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente.”

Em um refrigerador observa-se uma transferência de calor naquele sentido. Explique porque o funcionamento de um refrigerador não contraria o enunciado de Clausius.

## **APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO**

**QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO PARA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA**

1) Você já trabalhou, em anos anteriores, com experiências em sala de aula?

sim     não

2) Aulas experimentais em Física são estimulantes para a aprendizagem?

sim     não

3) Aulas experimentais em Física facilitam a aprendizagem do conteúdo?

sim     não

4) Textos em que o contexto histórico e a História da Física estão presentes estimulam a leitura e a aprendizagem dos conteúdos em Física?

sim     não

5) Você prefere aprender Física através de (assinale no máximo duas opções):

- aulas expositivas
- resolução de exercícios numéricos
- discussão em grupos
- aulas experimentais

Comentários e/ou sugestões:

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)