

N469p Neto, Francisco Noberto

Proposta de Atividade Experimental para o cálculo da
variação de entropia a partir da Segunda Lei da
Termodinâmica. Patos:
UEPB, 2010.
15f.

Artigo Científico (Trabalho de conclusão de Curso –
TCC) - Universidade Estadual da Paraíba.
Orientador: prof. Dr. Pedro Carlos de Assis Júnior

1. Ensino de Física 2. Educação I. Título
II Assis Junior, Pedro Carlos de

CDD 530.7



Universidade Estadual da Paraíba
 Campus VII – Patos
 Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas
 Curso de Licenciatura em Ciências Exatas

ATA DE DEFESA DE TCC

Aos QUINZE dias do mês de Dezembro do ano de 2010, às 10:30 horas, no laboratório de Informática, do Campus VII da Universidade Estadual da Paraíba, ocorreu a apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, requisito da disciplina TCC, do(a) aluno(a) FRANCISCO NOBERTO NETO

tendo como tema "PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA O CÁLCULO DA VARIACÃO DE ENTROPIA A PARTIR DA SEGUNDA LEZ DA TERMODINÂMICA".
 Constituíram a Banca Examinadora os professores:

- Professor(a) MS. Dr. Pedro Carlos de Assis Júnior (Orientador(a)),
 Professor(a) MS. Valdenez Carvalho Gomes (Examinador(a)),
 Professor(a) MS. Dr. José Roberto Rezende da Silva (Examinador(a)).

Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, definiu-se que o trabalho foi Aprovado, com nota 10,0 (Dez).
 Eu, Pedro Carlos de Assis Júnior, Professor(a) – Orientador(a), lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Pedro Carlos de Assis Júnior
 PROFESSOR(A) – NOME COMPLETO – ORIENTADOR(A)

Valdenez Carvalho Gomes
 PROFESSOR(A) – NOME COMPLETO – EXAMINADOR

José Roberto Rezende da Silva
 PROFESSOR(A) – NOME COMPLETO – EXAMINADOR



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA-UEPB
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS EXATAS

FRANCISCO NOBERTO NETO

**PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA O CÁLCULO
DA VARIAÇÃO DE ENTROPIA A PARTIR DA SEGUNDA LEI DA
TERMODINÂMICA**

PATOS-PB
DEZEMBRO DE 2010

FRANCISCO NOBERTO NETO*

**PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA O CÁLCULO
DA VARIAÇÃO DE ENTROPIA A PARTIR DA SEGUNDA LEI DA
TERMODINÂMICA**

Trabalho de conclusão de curso, em forma de artigo científico, apresentado para obtenção do grau de Graduado no curso de Licenciatura em Ciências Exatas, da Universidade Estadual da Paraíba, campus VII, Patos-PB.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Carlos de A. Júnior**

**PATOS-PB
DEZEMBRO DE 2010**

FRANCISCO NOBERTO NETO

**PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL PARA O CÁLCULO
DA VARIAÇÃO DE ENTROPIA A PARTIR DA SEGUNDA LEI DA
TERMODINÂMICA**

Trabalho de conclusão de curso aprovado pela banca
examinadora para obtenção do grau de graduado do
curso de Licenciatura em Ciências Exatas, da UEPB.

Patos-PB, ____ de _____ de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Carlos de Assis Júnior - UEPB

Orientador

Prof. MSc. Valdenes Carvalho Gomes - UEPB

Examinador

Prof. Dr. José Roberto Bezerra da Silva - UFCG

Examinador

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma proposta de atividade experimental para o cálculo da variação de entropia na termodinâmica estudada no ensino médio. É ressaltada a importância de atividades experimentais nas escolas de ensino médio, diante da necessidade de representações práticas do conteúdo teórico lecionado em sala de aula. Serão mostrados, de forma seqüencial os procedimentos que devem ser utilizados para execução do experimento, que ocorre em duas etapas: uma à temperatura variável e, a outra com temperatura constante. Serão apresentadas as equações utilizadas para determinação do cálculo da variação de Entropia do sistema e feita uma estimativa da energia perdida para vizinhança do sistema sobre a forma de calor. Estatisticamente é feito o cálculo do erro experimental associado ao cálculo da variação de entropia no experimento. Com essa atividade experimental objetiva-se mostrar a importância da utilização da segunda lei da termodinâmica no ensino médio. O experimento é realizado de forma didática, trabalhando diversos conceitos físicos relacionados com a termodinâmica. É notória a ausência de atividades experimentais com a segunda lei da termodinâmica nos livros-texto tradicionais de física do ensino médio. De forma acessível e simplificada, o experimento foi produzido e executado com materiais de baixo custo levando em conta os poucos recursos financeiros e a inexistência de equipamentos laboratoriais adequados na maioria das escolas públicas de ensino médio no Brasil. Dessa forma, possibilitando posteriormente a confecção e o uso deste modelo experimental nas salas de aulas. Espera-se que esta proposta seja bastante relevante, visto que não são comuns atividades experimentais dessa natureza em literaturas de ensino básico.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade Experimental, Entropia, Ensino de Física.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho está vinculado a uma das mais importantes áreas da física e da ciência em geral, a termodinâmica. Trata-se de uma proposta de atividade experimental que tem como objetivo principal calcular a variação de entropia num sistema termodinâmico (YOUNG & FREDMAN, 2003) voltado para o ensino médio. É uma atividade simples, porém de grande relevância para o ensino médio, já que a esse nível a compreensão do conceito de entropia ainda é considerada muito complexa. Além disso, esta atividade experimental, ainda pode ser usada para trabalhar outros conceitos físicos dentro da terminologia.

O conceito de entropia tem sido pouco explorado pelos professores do ensino médio, existe certa rejeição em abordá-lo no ambiente de aprendizagem, principalmente no que tange a experimentação. No geral, a grande maioria das escolas públicas do ensino médio não realiza aulas de laboratório, apesar de sua grande importância na formação do conhecimento.

De acordo com SICHAU (2000). “Vários autores consideram a Física Térmica, especialmente no que se refere ao conceito de energia e Leis da Termodinâmica, como sendo um tópico impopular entre os estudantes.”

No paradigma de ensino atual (LIBANEO, 1994), exige-se dos professores de ensino médio uma abordagem diferenciada dos conceitos estudados ou ministrados em sala de aula, porém poucas escolas utilizam de recursos essenciais para mostrar aplicações dos conceitos teóricos ministrados em sala de aula. É relevante que o professor saiba identificar as dificuldades pedagógicas e estruturais da escola e busque pelo menos amenizar tais problemas. Para isso, uma alternativa viável é a inserção de novos métodos de ensino experimental utilizando material de fácil acesso e de baixo custo e dessa forma possa trabalhar os conceitos que compõe o conteúdo programático através de práticas experimentais simples que facilitem a assimilação da teoria e mostre, de fato, a aplicação dos dados obtidos nas equações referentes aquele conteúdo, dando um sentido lógico com um aspecto realista dos resultados para os discentes.

O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média. (PCN+ ENSINO MÉDIO, 2002)

A proposta apresentada neste trabalho foi planejada para ser construída com materiais e objetos comuns de baixo custo provenientes de equipamentos de uso doméstico e de fácil acesso para todos, possibilitando a confecção do mesmo por qualquer professor ou até mesmo o professor em conjunto com seus alunos. Além disso, o aparato uma vez construído pode ser transportado e usado em diversos ambientes, bastando apenas ter uma rede de alimentação elétrica, podendo ser utilizada diversas vezes por inúmeras turmas ou grupos de alunos.

As práticas usuais de laboratórios utilizam material sofisticado, não disponível nas escolas de ensino secundário e, sobretudo, limitam-se a um processo de verificação, ao estilo de receita de conzinha, o que não contribui em absoluto a compreensão da atividade científica. (CARVALHO & GIL-PÉREZ, 2003)

É perceptível o grau de dificuldade encontrado pelos docentes da educação básica para a aplicação deste conceito no ambiente escolar, como também, a não associação do conceito a situações práticas, por parte dos discentes. Com esse experimento pretende-se facilitar a compreensão do conceito de entropia no ensino básico, bem como, desenvolver nos discentes habilidades em instrumentação. A utilização de uma atividade experimental de baixo custo e

que pode ser construída com certa facilidade representa uma possibilidade de inovação no que tange a métodos atuais e eficientes de ensino.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição do trabalho desenvolvido

Criamos um sistema termodinâmico isolado no qual calculamos a variação de entropia da água a partir da segunda lei da termodinâmica (CALLEN, 1985). Nossa atividade experimental é composta por duas etapas, nas quais serão analisados dois processos termodinâmicos com características físicas diferentes. Inicialmente mediremos a quantidade de massa de água total que utilizaremos para a realização do experimento, bem como buscaremos na literatura o valor do calor específico (Tabela 1) da água. Na primeira etapa a variação de entropia referente ao calor absorvido pela água durante o aquecimento até que ela atinja sua temperatura de ebulição. Para uma transformação termodinâmica de transferência de calor entre dois estados termodinâmicos com temperatura T_I e T_F a variação de entropia é obtida a partir da Eq.(1), dada por

$$\Delta S_1 = m_1 c \ln(T_F / T_I) \quad (1)$$

No caso particular do nosso experimento, consideraremos uma determinada massa de água na qual adicionaremos calor. As medidas da massa inicial e do calor específico da água estão definidas na Tabela 1. O valor da temperatura T_F da água é medida no final da primeira etapa do experimento.

A segunda etapa começa quando a água inicia o processo de vaporização, imediatamente após a primeira etapa, e é facilmente observada pelas medidas de temperatura dos termômetros. A variação de entropia é calculada a partir da Eq.(2), utilizando a medida de massa da água que vaporiza durante um determinado tempo¹, o calor latente de vaporização da água e a temperatura constante de ebulição da água.

$$\Delta S_2 = Q_2 / T \quad (2)$$

onde Q_2 é definido pela Eq.(3).

¹Esse tempo é contabilizado a partir do instante que inicia o processo de ebulição da água até o final da segunda etapa do experimento.

$$Q_2 = m_2 L_v \quad (3)$$

Após medirmos a variação da entropia nas duas etapas do nosso experimento, analisamos o gasto energético total. Com os dados fornecidos pelo fabricante do aquecedor elétrico e contabilizando todo o tempo que o aquecedor permaneceu ligado, podemos calcular a energia total utilizada para a realização do experimento. Com a Eq.(4) calculamos a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma substância em certo valor

$$Q_1 = mc\Delta T \quad (4)$$

A Eq.(5) nos fornecerá a energia total, em joule, adicionada ao sistema

$$E = P.\Delta t \quad (5)$$

A equação anterior nos permitirá estimar a quantidade de energia perdida pelo sistema. Este experimento pode ser realizado dentro do ambiente de sala de aula e tem duração de cerca de uma hora.

2.2 Material Utilizado no Experimento

O quadro abaixo mostra o material utilizado para a construção do aparato experimental e suas respectivas funções.

Material	Função
Água	Substância a ser aquecida
Panela de pressão	Recipiente fechado para o aquecimento da água
Aquecedor elétrico	Fornecer calor à água
Caixa de isopor	Evitar a troca de calor com o meio externo
Termômetros	Medir a temperatura dentro do recipiente fechado e dentro da caixa de isopor
Mangueira	Escape do vapor d'água na ebulição
Tábua de madeira	Evitar o contato do recipiente fechado com o isopor
Fita adesiva	Vedar a caixa de isopor para diminuir a perda de calor para o meio externo

Quadro 1: Material utilizado para execução do experimento

A caixa de isopor utilizada possui dimensões internas de 34,5 x 34,5 x 28 centímetros; o recipiente fechado (panela de pressão de uso doméstico) tem capacidade total de 4 litros; o aquecedor de água elétrico possui potência máxima de 1000 watts (de acordo com fabricante), que é também de uso doméstico; os dois termômetros (tipo usados em experimentos de laboratórios) possuem aproximadamente 30 centímetros de comprimento e medem de -10°C até 110°C ; a mangueira de plástico que direciona o vapor d'água para fora da caixa de isopor possui aproximadamente 0,8 centímetros de diâmetro por 30 centímetros de comprimento e a tábua de madeira possui espessura de 1,5 centímetros e dimensões retangulares de (20 x 10) centímetros. Esses materiais são mostrados na figura a seguir.



Figura 1: Principal material utilizado no experimento.

2.3 Experimental

Utilizando os materiais descritos no Quadro 1, o experimento foi montado da seguinte forma: inicialmente, colocamos a água dentro do recipiente fechado e o tampamos. Em seguida, o colocamos dentro da caixa de isopor, sobre a tábua de madeira. Na sequência tampamos a caixa de isopor de modo que, um termômetro e a mangueira que já estavam inseridos na panela, atravessassem a tampa por orifícios, para serem visualizados fora da caixa, o outro termômetro foi colocado noutro orifício para medir a temperatura dentro da caixa e ser visualizado externamente e num pequeno orifício entre a caixa e sua tampa, o cabo foi posicionado para ser ligado à energia elétrica. Por fim, a caixa de isopor foi vedada com fita adesiva para fixar bem os espaços na interface com a tampa para não haver perda significativa de energia térmica para o meio. A figura 2, a seguir, mostra o experimento montado.

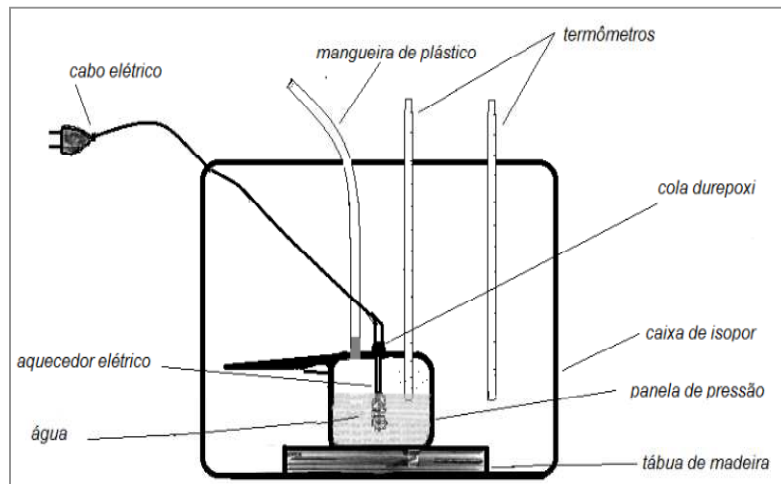


Figura 2: Visão interna do aparato experimental utilizado

Com o experimento montado, iniciou-se a fase de execução e observação que prosseguiu da seguinte maneira: o aquecedor foi ligado à energia elétrica e ao mesmo tempo, foi ligado um cronômetro para marcação do tempo. Após, aproximadamente 15 minutos, a água começou a vaporizar, fato observado na parte externa da mangueira, assim foram anotados os dados referentes à temperatura e quantidade de água, sendo concluída a primeira etapa do experimento. O experimento foi reiniciado novamente com as mesmas medidas, marcando novamente o tempo e logo após, a primeira etapa no início da ebulição, foram cronometrados mais 25 minutos com a temperatura da água constante, temperatura de ebulição. Foram observadas e anotadas, a quantidade de água que evaporou, medindo a quantidade que restou e fazendo a diferença da quantidade inicial e a final, a temperatura dentro e fora da panela de pressão que foram observadas através dos termômetros, concluindo assim a segunda etapa do experimento. As duas etapas foram feitas nas mesmas condições ambientes. Com os dados obtidos foi feito o procedimento matemático e obtidos os resultados que serão expostos a seguir. Na tabela 1 abaixo apresentamos os dados que dispomos antes de iniciarmos o experimento.

Tabela 1: Dados iniciais do experimento

Massa m_1 (água)	Temp. inicial interior T_i e exterior T_1 da panela	Calor específico c (água)	Calor latente de vap. L_v (água)
2,5 kg	29°C = 302K	4190J/kg.K	2256kJ/kg

Estes valores de calor específico e de calor latente de vaporização da água são encontrados nas literaturas de ensino médio e superior (com pequena variância). É válido salientar que o calor específico pode variar com a temperatura, porém será considerado constante, visto que esta variação é muito pequena (menos de 1%) se à água não muda de estado, portanto não influenciará significativamente nos resultados. A variação de entropia inicial foi considerada nula, visto que ainda não teria sido fornecido calor para a água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente a temperatura da água no interior do recipiente fechado e em sua vizinhança é a ambiente, em torno de 29°C , indicada pelos termômetros. Utilizando o aquecedor elétrico adicionamos calor ao sistema, ao ligarmos diretamente na rede elétrica. A potência do aquecedor elétrico pode oscilar do valor nominal, no entanto, esta oscilação foi desprezada por fins didáticos. Notamos claramente que o aquecedor elétrico ao fornecer calor para água também eleva a temperatura da vizinhança do sistema, indicando perda de calor para o interior do isopor. As figuras, 3(a) e 3(b) ilustram o comportamento da variação de entropia versus temperatura para a primeira e segunda etapa do experimento respectivamente. Para temperaturas próximas da temperatura ambiente a variação de entropia é nula, como esperado, pois não podemos definir fluxo de calor entre objetos de mesma temperatura. À medida que a temperatura se eleva com relação à temperatura ambiente a variação de entropia aumenta até que a água atinge seu ponto de ebulição, a partir desse ponto a entropia passa a aumentar a taxas constantes.

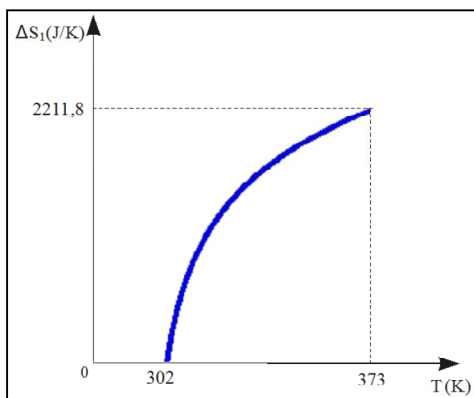


Figura 3(a). Comportamento teórico da variação de entropia quando a temperatura está variando.

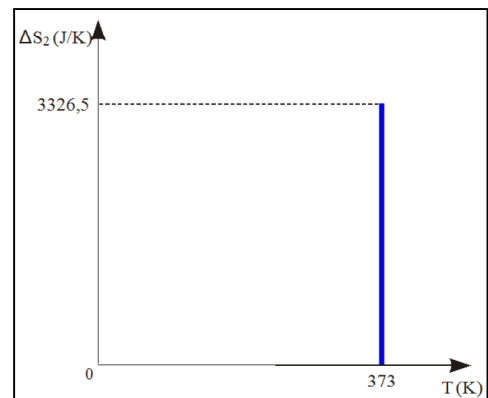


Figura 3(b). Comportamento teórico da variação de entropia para valores constantes de temperatura.

3.1 Primeira etapa

Nesta fase, calculamos a variação de entropia a partir da Eq.(1) e utilizamos os seguintes valores de medidas: temperatura inicial, $T_I = 302\text{K}$ (Tabela 1) e temperatura final, dentro do recipiente fechado, $T_F = 373\text{K}$. A variação de entropia ΔS_1 é dada por

$$\Delta S_1 = m_1 c \ln \left(\frac{T_F}{T_I} \right) = 2211,8 \text{ J/K} \quad (6)$$

A variação de entropia ΔS_1 é positiva, pois foi adicionado calor ao sistema.

3.2 Segunda etapa

Na segunda etapa foram obtidos os seguintes valores de massa e temperatura: massa de água vaporizada, $m_2 = 0,55\text{kg}$ e temperatura dentro do recipiente fechado $T = 373\text{K}$. O calor latente de vaporização (Tabela 1) está relacionado com o calor, Q_2 , pela Eq.(3). A variação de entropia ΔS_2 é dada por

$$\Delta S_2 = \frac{Q_2}{T} = \frac{m_2 L_v}{T} = 3326,5 \text{ J/K} \quad (7)$$

A variação de entropia também é positiva, pois o sistema continua ganhando calor. A massa vaporizada poderia ter sido maior, desde que, tivesse sido permitido um tempo maior para essa etapa do experimento. Contudo, não é interessante que a massa de água mude de fase totalmente, pois o aquecedor elétrico não ficaria mais imerso na região de água, sendo esta, condição necessária para seu funcionamento correto.

O postulado da aditividade da entropia (CALLEN, 1985), nos informa que a variação de entropia total do sistema ΔS_T é dada pela soma das respectivas variações em cada etapa, portanto:

$$\Delta S_T = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 5538,3 \text{ J/K} \quad (8)$$

A variação ΔS_T nos informa que a variação total de entropia da água é positiva. O conceito de entropia é mais facilmente entendido quando usamos conceitos de física estatística (BORGES, 1999), por exemplo, desordem do sistema. É possível fazer uma análise microscópica do nosso experimento, usando fundamentos da teoria cinética das partículas, contudo, não é esse o objetivo desse trabalho, queremos enfatizar o conceito de entropia como definido pela segunda lei da termodinâmica.

3.3 Estimativa da quantidade de energia perdida no sistema

Na primeira etapa do experimento, a água contida no recipiente fechado é aquecida por um tempo de 900s. Assumimos que o aquecedor elétrico desenvolveu sua potência máxima (1000 W), portanto pela Eq.(5), determinamos quanto de energia E_1 foi fornecida para o sistema

$$E_1 = P.\Delta t_1 = 900kJ \quad (9)$$

No final da primeira etapa do experimento a temperatura no interior do recipiente fechado é de 373K. De acordo com a tabela 1 e a eq.(4) calculamos o calor absorvido pela água

$$Q_1 = m_1 c \Delta T = 743,7kJ \quad (10)$$

A diferença entre E_1 e Q_1 refere-se à quantidade de energia perdida na primeira fase do experimento. Logo, essa quantidade é dada por

$$Q_{p_1} = 156,3kJ \quad (11)$$

A temperatura medida pelo termômetro no interior da caixa pode ser usada caso seja de interesse, para calcular separadamente o calor perdido para o ar contido no volume da caixa.

Na segunda etapa do experimento a água contida no recipiente fechado vaporiza por um tempo de 1500s. Assim, determinamos de maneira análoga à primeira, o quanto de energia E_2 foi fornecida para o sistema

$$E_2 = P.\Delta t_2 = 1500kJ \quad (12)$$

Medindo a massa final de água no estado líquido, observamos que a massa de água vaporizada neste período foi aproximadamente 0,55kg. Com o valor do calor latente de vaporização da água, Tab.1 e pela Eq.(3) determinamos a quantidade necessária de calor que devemos fornecer ao sistema para que essa massa se transforme do estado líquido para o estado gasoso, que é dada por

$$Q_2 = m_2 L_v = 1240,8kJ \quad (13)$$

A diferença entre E_2 e Q_2 refere-se à quantidade de energia perdida na segunda fase do experimento. Logo, essa quantidade é dada por

$$Q_{P_2} = 259,2\text{kJ} \quad (14)$$

Em termos percentuais, o valor total de energia perdida, $Q_{P_1} + Q_{P_2}$, em todo o experimento equivale, aproximadamente, a 17,3% da energia total, $E_1 + E_2$, fornecida ao sistema.

Este resultado nos mostra o quanto de energia é perdido, sob a forma de calor, quando cozinhamos alimentos ou queremos, por alguma razão, aquecer determinadas substâncias ou objetos. No geral, quando cozinhamos os alimentos não estamos preocupados com a quantidade de calor que perdemos para a vizinhança e sim, no cozimento dos alimentos. Algo semelhante ocorre quando analisamos o consumo de combustível de um carro. Queremos saber se o motor é econômico, sem efetivamente levarmos em conta outros fatores relevantes como: o atrito dos pneus com o asfalto; queima correta do combustível; bom funcionamento das engrenagens, dentre outros. Reduzir perdas de energia pode representar ganho ambiental e financeiro.

3.4 Erro experimental

Para a primeira etapa desconsideramos o erro experimental referente à variação de entropia na água, pois a dispersão nas medidas é desprezível. Na segunda etapa a dispersão das medidas é significativa. No quadro 2 informamos a variação de entropia para uma amostra de seis eventos. Representamos as variações de entropia por x_i , nos quais, para cada evento obtivemos os valores mostrados no quadro abaixo.

$x_1 = 3024,1 \text{ J/K}$	$x_2 = 3326,5 \text{ J/K}$	$x_3 = 3628,9 \text{ J/K}$	$x_4 = 3032,2 \text{ J/K}$	$x_5 = 3328,6 \text{ J/K}$	$x_6 = 3157,4 \text{ J/K}$
----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

Quadro 2: Valores de entropia obtidos em repetidas realizações do experimento.

Com os valores das medidas de cada evento calculamos o erro aleatório provável do conjunto de medidas. O valor mais provável é simplesmente a média aritmética das medidas realizadas, onde n o número de medidas.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}{n} = 3249,6 \text{ J/K} \quad (15)$$

O desvio de cada medida é dado por

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x} \quad (16)$$

onde \bar{x} é o valor mais provável. O Quadro 3 abaixo mostra os valores do desvio de cada medida de entropia.

Δx_1	Δx_2	Δx_3	Δx_4	Δx_5	Δx_6
-225,5J / K	76,9J / K	379,3J / K	-217,4J / K	79J / K	-92,2J / K

Quadro 3: Desvio dos valores testes utilizados

O erro aleatório provável é dado por

$$\text{erro} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i)^2}{n-1}} \quad (17)$$

De acordo com o quadro 3 e utilizando a Eq.(17), determinamos o erro experimental procurado.

$$\sigma = 229,18 J/K \quad (18)$$

O erro percentual do experimento na segunda etapa corresponde ao valor 7,05%. A medida x_2 foi a que mais se aproximou do valor mais provável apresentando um erro percentual de 6,88%. Consideramos esse resultado bem razoável, pois o aparato experimental foi construído de forma artesanal e com materiais de baixo custo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos com esta atividade experimental contribuir de maneira significativa no ensino de física e, em particular, facilitar a compreensão da segunda lei da termodinâmica em nível de ensino médio. A utilização desse experimento como ferramenta complementar no processo de ensino aprendizagem, favorecerá a compreensão do conceito de entropia com situações vivenciadas pelos discentes em sua vida cotidiana. A interatividade do docente com os discentes na construção do experimento poderá despertar nestes o interesse consciente em aprender os conceitos de termodinâmica com vista em sua importância e aplicabilidade. Por ser uma atividade de caráter prático e de baixo custo, representa uma alternativa viável para auxiliar os docentes de física em suas aulas, possibilitando a abordagem de diversos conceitos

termodinâmicos e, sobretudo de forma experimental. Em geral, não são comuns experimentos relacionados com o conceito de entropia, a partir de modelos termodinâmicos. Quase sempre relacionamos o conceito de entropia à desordem dos sistemas, no entanto, esse tipo de definição surgiu com a expressão matemática da entropia desenvolvida por Ludwig Boltzmann, em 1877, considerada uma das primeiras expressões da física estatística. A conscientização do desperdício de energia nos leva a refletir na busca por novos equipamentos que proporcionem uma redução do custo energético. Precisamos nos conscientizar quanto ao uso controlável de energia como forma de preservar o meio ambiente e reduzir custos financeiros.

PROPOSAL OF EXPERIMENTAL ACTIVITY FOR THE CALCULATION OF THE VARIATION OF ENTROPY STARTING FROM THE SECOND LAW OF THE THERMODYNAMICS

ABSTRACT

In this work a proposal of experimental activity is presented for the calculation of the entropy variation in the thermodynamics studied in the medium teaching. We emphasized the importance of experimental activities in the schools of medium teaching, due to the need of practical representations of the theoretical content taught at classroom. We showed in a sequential way the procedures that should be used for execution of the experiment that happens in two stages: one to the variable temperature and, the other with constant temperature. We showed which equations used to determine the calculation of the variation of Entropy of the system and we make the estimate of the lost energy for neighborhood of the system on the form of heat. We accomplished the calculation of the mistake experimental associate to the calculation of the entropy variation in the experiment. We want with that experimental activity to show the importance of the use of the second law of the thermodynamics in the medium teaching. The experiment is accomplished in a didactic way, working several physical concepts related with the thermodynamics. We noticed the absence of experimental activities with the second law of the thermodynamics in the book-text traditional of physics of the medium teaching. In an accessible way and simplified, the experiment was produced and executed with materials of low cost taking into account the few financial resources and the inexistence of equipments appropriate laboratories in most of the public schools of medium teaching in Brazil. In that way making possible the making and the use of this experiment model later in the rooms of classes. It is waited that this proposal is quite relevant, because they are not common experimental activities of that nature in literatures of basic teaching.

WORD-KEY: Experimental activity, Entropy, Teaching of Physics.

Notas explicativas

* Graduando em Licenciatura Plena em Ciências Exatas pela Universidade Estadual da Paraíba. Email: noberto-jn@hotmail.com

** Professor adjunto da Universidade Estadual da Paraíba, doutor em Física Teórica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Email: pedro_fisica2005@yahoo.com.br

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, E. P.. Irreversibilidade, Desordem e Incerteza: Três Visões da Generalização do Conceito de Entropia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 21, p. 453-463, 1999.

CALLEN, H. B.. **Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics**. 2 ed., John Wiley & Sons, New York, 1985.

CARVALHO, Anna M. Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações**. 7 ed. São Paulo: Cortez, 2003.

LIBANEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Média e Tecnológica **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 2**. 5 ed. Tradução: PACHECO et al, Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SICHAU, C. Practicing Helps: Thermodynamics, History and Experiment. **Science and Education**. v. 9, p. 389 – 398, 2000.

YOUNG, Hugh D; FREDMAN, Roger A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. Tradução e revisão técnica: Adir Moysés Luiz. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2003.