



## O USO DO MOTOR STIRLING NO ENSINO DE TERMODINÂMICA: UMA ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

**ASSIS, A. (1); AMORIM, C. (2) y CARVALHO DE, F. (3)**

(1) Departamento de Física e Química. Universidade Estadual Paulista [alice@feg.unesp.br](mailto:alice@feg.unesp.br)

(2) Universidade Estadual Paulista. [amorim@feg.unesp.br](mailto:amorim@feg.unesp.br)

(3) Universidade Estadual Paulista. [camposc@feg.unesp.br](mailto:camposc@feg.unesp.br)

---

### Resumen

Neste trabalho propomos a utilização do motor Stirling de forma contextualizada, em aulas de Física, no Ensino Médio, mediante uma estratégia metodológica fundamentada na teoria de Ausubel, a partir dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Nessa perspectiva, sugerimos uma abordagem que utilize questionamentos que possam viabilizar o ancoramento dos novos conhecimentos nos referidos subsunçores, tornando-os mais elaborados. Com isso, acreditamos que essa estratégia pode facilitar a aprendizagem significativa do ciclo de Carnot, bem como o tratamento dos aspectos sócio-ambientais relacionados ao motor Stirling.

---

### Objetivos

Propomos a utilização do motor Stirling em aulas de Física, com o objetivo de abordar alguns conteúdos relativos à termodinâmica de modo articulado, contemplando diferentes âmbitos do conhecimento, visando desenvolver as seguintes competências e habilidades (BRASIL, 2000): -

Investigação e compreensão relativas aos conceitos da termodinâmica e sua articulação com conhecimentos de outras áreas do saber científico; - Contextualização sócio-cultural associada ao tema.

## Marco Teórico

Neste trabalho sugerimos a utilização do motor Stirling para o ensino do ciclo de Carnot, mediante uma abordagem fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que corresponde ao processo por meio do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. A "não arbitrariedade" implica que o novo conhecimento não se ancora em qualquer conhecimento presente na estrutura cognitiva, mas nos conhecimentos especificamente relevantes, denominados por Ausubel (1963) de "subsunoeres". A substantividade refere-se à essência do conhecimento aprendido. Nesse contexto, o fator que mais favorece a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio do aprendiz.

Para a facilitação da aprendizagem significativa é imprescindível a interação pessoal e o questionamento (MOREIRA, 2000). Nesse sentido, destacamos alguns procedimentos que podem ser adotados pelo professor, a fim de propiciar a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999): - Identificação dos subsunoeres necessários para a ocorrência da aprendizagem significativa dos conteúdos; - Diagnóstico dos subsunoeres relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno; - Utilização de uma estratégia metodológica que priorize a articulação entre os novos conhecimentos e os subsunoeres relevantes disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.

## Desenvolvimento do Tema

Os fenômenos termodinâmicos, em geral, são apresentados como fenômenos associados à transferência de energia a partir de uma diferença de temperatura. Nesse contexto, o estudo da transferência de energia relega aos motores a argumentação referente ao tema transformação, poucas vezes abordado em sala de aula.

Os pontos centrais do tema transformação de energia em processos termodinâmicos são o ciclo de Carnot e as máquinas térmicas. Nesse sentido é definido o rendimento dessas máquinas e as características de uma máquina térmica ideal. Os ciclos termodinâmicos associados às máquinas térmicas nem sempre são abordados de forma a articular aspectos teóricos e a realidade e tratar do impacto sócio ambiental de tais máquinas. Desse modo, esse conteúdo é apresentado de maneira fragmentada, descontextualizada e sem articulação com outras áreas das ciências da natureza, o que dificulta a aprendizagem significativa. Em busca da superação dessa prática, Flores Almazán *et al*

(2005) utilizaram uma estratégia metodológica fundamentada na teoria da aprendizagem significativa em aulas práticas de termodinâmica.

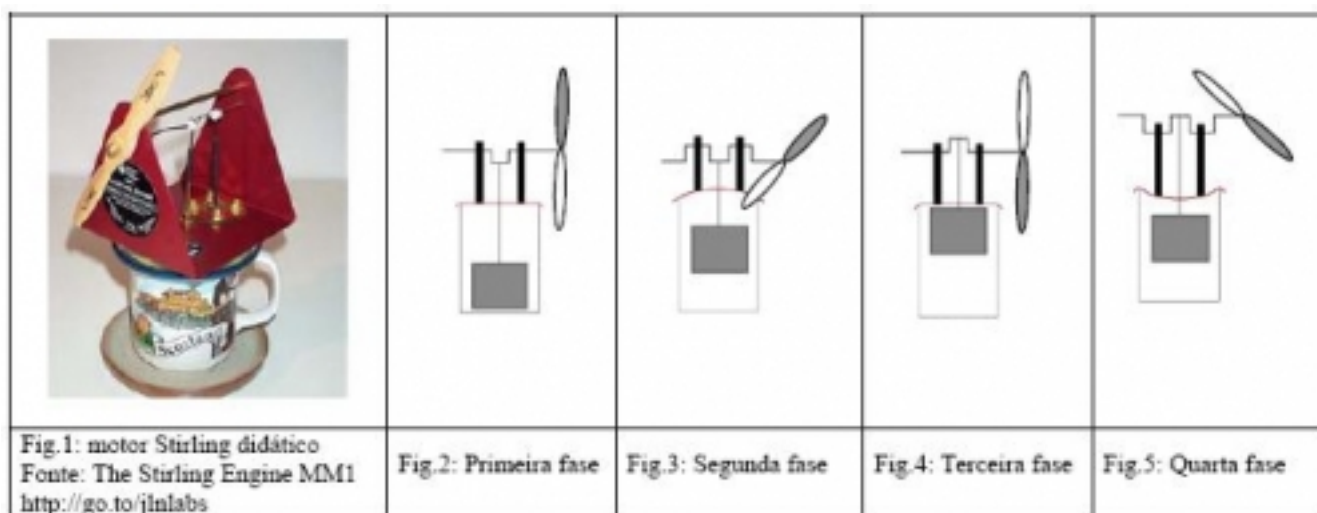
Na introdução do funcionamento das máquinas térmicas, o ciclo de Carnot é apresentado por meio do diagrama  $p - V$ , sem a ilustração de como um motor real poderia se aproximar de uma máquina térmica funcionando baseado naquele ciclo. Os motores, quando apresentados, funcionam usando combustíveis fósseis, cujo impacto ambiental não é confrontado com a atual tendência mundial, que aponta para a busca de alternativas a esse tipo de combustível. Desse modo, consideramos que a escolha do uso do motor de Stirling em aulas de física pode favorecer a aprendizagem significativa do ciclo de Carnot, bem como a articulação entre os conceitos físicos e os aspectos sociais e ambientais.

Para tanto, sugerimos que a introdução do motor Stirling em sala de aula anteceda a abordagem do ciclo de Carnot, a fim de que a compreensão do ciclo que ocorre no motor Stirling favoreça a aprendizagem do ciclo de Carnot.

O motor Stirling é um motor radicalmente diferente dos motores movidos a combustíveis fósseis. O seu ciclo térmico é mais parecido com o ciclo de Carnot que o dos outros motores. Os conceitos sobre calor, temperatura, pressão, volume, sistemas abertos e fechados, transformações isotérmicas, isobáricas, isométricas e adiabáticas já devem ter sido trabalhados com os estudantes.

A partir da apresentação de um exemplar do motor Stirling em sala de aula (Fig. 1), o professor poderá levantar questionamentos, a fim de que sejam explicitados os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Essa abordagem poderá ser iniciada por meio do seguinte questionamento: O que gera o movimento mecânico do motor? A partir desse questionamento pode-se levar o aluno a perceber que a fonte de energia é o calor fornecido pela fonte quente. A partir da percepção de que o calor é responsável pelo movimento, podem-se levantar as questões: Como esse calor chega a movimentar a máquina? Como se dá esse processo? O que acontece com a fonte de calor e a máquina? Que transformação de energia ocorre? O que ocorre com o ar?

Esses questionamentos podem levar o aluno a relacionar a expansão do gás com a transformação isotérmica no diagrama  $p - V$ , visualizada pela elevação do diafragma, que corresponde à primeira fase do ciclo (Fig. 2). Ao final dessa primeira fase, o professor poderá chamar a atenção para o resfriamento isométrico do gás ocorrido em virtude do seu contato com a fonte fria (ar ambiente – Fig. 3). Na terceira fase, o aluno observará a diminuição do volume do gás por meio do rebaixamento do diafragma (Fig. 4). Na quarta fase, o professor poderá destacar o aquecimento isométrico do gás em contato com a fonte quente (Fig. 5).



A percepção do funcionamento do motor Stirling e seu ciclo térmico pode viabilizar a abstração do aluno para o estudo do ciclo de Carnot. Essa abordagem pode favorecer maior elaboração dos subsunçores dos alunos, de modo a facilitar a aprendizagem significativa do ciclo de Carnot. A transição do ciclo de Stirling para o de Carnot pode ser feita com a substituição das transformações isométricas (Stirling – Fig. 6) pelas transformações adiabáticas (Carnot – Fig. 7). Ao trabalhar o conceito de rendimento, o professor poderá frisar a equivalência dos rendimentos de ambos os ciclos.

Na sequência, o professor poderá contextualizar o conteúdo trabalhado com exemplos relativos às várias máquinas térmicas e seus respectivos combustíveis. O motor Stirling pode ser confrontado com as demais máquinas do ponto de vista do potencial de utilização de fontes de energia ecologicamente mais adequadas.

Esse motor pode ser utilizado para a geração de energia elétrica a partir do calor que flui através de um sistema de câmara contendo diafragma e pistão, que pode ser produzido a partir de fontes alternativas, renováveis e inesgotáveis de energia, como a solar, a da biomassa, a eólica e outras, constituindo assim uma máquina ecologicamente apropriada para a geração de energia elétrica. Entretanto, a sua utilização esbarra na baixa relação entre potência desenvolvida e volume do motor. Assim, a substituição dos motores instalados em veículos pelo motor Stirling não tem sido adotada. Entretanto, na qualidade de motor estacionário, ou seja, como gerador elétrico para fazendas não eletrificadas, esse motor apresenta-se como uma alternativa (ex: motores diesel) promissora do ponto de vista sócio-ambiental.

## Conclusões

Acreditamos que a proposta da utilização do motor Stirling mediante uma estratégia metodológica fundamentada na teoria de Ausubel pode viabilizar a aprendizagem significativa do ciclo de Carnot.

## Referências bibliográficas

AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*, New York, Grune and Stratton, 1963, 685 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, Brasília: MEC/SEMT, 2000.

FLORES ALMAZÁN, S.; ALONSO VIVEROS, G.; DELGADO HERRERA, T.; TREJO CANDELAS, L.M. Innovación en el laboratorio de termodinámica. *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congreso.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, p. 33-35, set, 2000.

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

## CITACIÓN

ASSIS, A.; AMORIM, C. y CARVALHO, F. (2009). Ouso do motor stirling no ensino de termodinâmica: uma estratégia metodológica. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 218-222

<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-218-222.pdf>