

ANEXO A: PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA
ADRIANA DA SILVA FONTES

CAMPO MOURÃO
2018

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes

CAMPO MOURÃO
2018

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS

1. Apresentação da sequência didática

Seguindo as orientações da Diretrizes Curriculares da Educação Básica, onde se espera que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação, esta sequência didática para o ensino da termodinâmica, é um material de apoio que pode ser utilizada pelos professores de Física, que almejam permitir que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. Para isso, é necessário também que essa cultura no ensino de Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da Física requer a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz, portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a proposta de trabalho busca permear uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. É preciso rediscutir como ensinar Física para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos que não existem soluções simples ou únicas, muito menos receitas prontas que garantam o sucesso, sendo esta a grande questão a ser encarada por todos os educadores, conforme cada realidade social. Portanto, pretende-se, com esta sequência didática, desenvolver atividades teóricas e práticas que provoquem os estudantes a compreenderem a termodinâmica e sua relação com a ciência, tecnologia e sociedade.

Essa proposta está pautada em atividades potencialmente significativas, que na sua maioria serão desenvolvidas em equipe/grupo priorizando o trabalho coletivo e a cordialidade em eles.

Justificativa

Acreditamos que os conceitos abordados pela Termodinâmica sejam essenciais aos estudantes, garantindo-lhes o direito de conhecerem e atuarem na sociedade que vivem, rompendo com conhecimentos provenientes do senso comum, ou seja, de sua vivência, passando a conhecer conceitos e ideias de cunho científico, que possam fazer diferença em suas ações cotidianas. Partindo do tema escolhido, pretendemos desenvolver uma proposta de ensino contextualizada com base no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade e também da História e Filosofia da Ciência.

Objetivos da sequência didática

Compõe-se como objetivos gerais:

- Estimular o interesse do estudante pelo estudo de termodinâmica, por meio da interação professor aluno nas discussões sobre o papel da Termodinâmica na Revolução Industrial;
- Promover a aprendizagem dos conceitos relacionados a Termodinâmica;
- Compreender que o conteúdo trabalhado está presente em nosso cotidiano;
- Colaborar para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com questões sociais, que presem pela qualidade de vida da sociedade e equilíbrio ambiental.

Público alvo:

Alunos do 2º ano do Ensino Médio.

Metodologia

A sequência didática proposta tem por pretensão possibilitar uma aprendizagem significativa, pautada nas relações de diálogo entre alunos e professor, onde todos tenham a oportunidade e sejam instigados a participarem ativamente das atividades a serem desenvolvidas.

As atividades a serem desenvolvidas, foram escolhidas visando permitir discussões, debates, pesquisas e trabalho em grupo. Estas serão: textos históricos e conceituais, experimentos demonstrativos e jogo pedagógico. Como recursos tecnológicos e audiovisuais, serão utilizados recortes de filmes, vídeo, imagens, simuladores, experimentos virtuais e aplicativos.

O papel do professor nessa proposta

Durante o desenvolvimento da proposta cabe ao professor dialogar com os alunos provocando discussões por meio de questionamentos, visando que os mesmos interajam com as atividades propostas a fim de se apropriarem do conteúdo proposto. Levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos, norteando-os até o conhecimento científico.

Avaliação

A avaliação será realizada de forma contínua observando a participação e envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Também será avaliado o desenvolvimento de atividades práticas, debates, discussões, argumentações, análises dissertativas produzidas pelos discentes e aplicação de um jogo pedagógico. Serão desenvolvidas atividades individuais e coletivas que visem ampliar o conhecimento trabalhado, uma vez que, a utilização de vários métodos avaliativos pode verificar as diferentes formas de aprendizado.

1.1 Organização da sequência didática

O trabalho com essa sequência didática exige do estudante conhecimentos prévios sobre “Calor”, uma vez que no momento em que o conteúdo de termodinâmica é proposto, o mesmo já foi abordado, por se tratar de um conhecimento específico que inicia o estudo da calorimetria. Ainda, deverão ter conhecimento sobre o comportamento térmico dos gases.

No decorrer das aulas serão trabalhadas as Leis da Termodinâmica e as Máquinas Térmicas. Também será abordado as transformações cíclicas, rendimento, Ciclo de Carnot e noções de entropia. Esses temas estão divididos em dois módulos, cada módulo contém três encontros e cada encontro são de duas aulas conjugadas. Porém, nem sempre as aulas de Física se encontram organizadas dessa forma. Por esse motivo e para melhor direcionar os professores que possam utilizar este material, cada encontro está subdividido em duas aulas.

1.2 Encaminhamento das atividades da sequência didática

Quadro 1: Organização do encaminhamento das atividades do módulo 1.

| Módulo 1 | História da Termodinâmica e suas Leis. | |
|-----------------|--|---|
| Número de aula | Conteúdo | Metodologias e Ferramentas |
| 2 | Descoberta e desenvolvimento da Termodinâmica | <p>Responder de forma descritiva questão chave: “Como funciona um motor de um automóvel?”</p> <p>Pré-teste com os alunos como forma de levantar o conhecimento prévio referente a Termodinâmica.</p> <p>Análise de texto científico referente a história da termodinâmica e debate confrontando as ideias do texto com os conhecimentos prévios dos alunos.</p> <p>Recorte de filme sobre revolução industrial.</p> |
| 2 | Máquinas Térmicas e Leis da Termodinâmica. | <p>Análise de texto histórico envolvendo a Termodinâmica.</p> <p>Vídeos e animações das primeiras máquinas a Vapor.</p> <p>Experimento Máquina a Vapor e estudo do enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica.</p> |
| 2 | Primeira Lei da Termodinâmica; Transformações Cíclicas; Segunda Lei da Termodinâmica; Noção de | Análise de textos e vídeos; Uso de simuladores; Análise do Enunciado e Cálculo do Rendimento das Máquinas Térmicas. |

| | | |
|--|--|---|
| | entropia: processos reversíveis e irreversíveis; Ciclo de Carnot. | Dedução das equações e resolução de atividades. |
|--|--|---|

Fonte: Autora (2018)

Quadro 2: Organização do encaminhamento das atividades do módulo 2.

| Módulo 2 | | |
|--|----------------------------------|---|
| Aplicações da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico | | |
| Número de aula | Conteúdo | Metodologias e Ferramentas |
| 2 | Aplicações da Termodinâmica | Pesquisa sobre as contribuições da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico desde sua descoberta até os dias atuais (extraclasse). Estudo do Motor de quatro tempos diferenciando-o do Motor de dois tempos. Análise de vídeos e simulações. |
| 2 | Retomada dos Conteúdos abordados | Desenvolvimento do aplicativo Kahoot.it. Formulação de perguntas e respostas para o Jogo “Na Trilha da Termodinâmica” Seminários referente à pesquisa. (Avaliação) |
| 2 | Avaliação | Desenvolvimento/aplicação do jogo “Na Trilha da Termodinâmica” e Pós-teste. |

Fonte: Autora (2018)

ENCAMINHAMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1: História da Termodinâmica e suas Leis

PRIMEIRO ENCONTRO: Duração de 2 horas aula

Papel do professor

No primeiro encontro será apresentado vídeos, imagens e pequenos textos que contextualizam a descoberta da Termodinâmica e suas contribuições no desenvolvimento tecnológico e social durante a Primeira Revolução Industrial. Assim, sugere-se ao professor mediar o debate entre os alunos utilizando questionamentos e argumentações, a fim de motivá-los a participarem ativamente da aula, despertando-lhes curiosidade e interesse ao tema estudado. Esse momento também oportunizará o professor a conhecer as concepções prévias dos alunos relacionadas ao tema, o que irá embasar os trabalhos futuros.

O que se espera

De acordo com a participação dos alunos no debate, o professor poderá fazer um levantamento dos conhecimentos prévios que eles possuem em relação a Termodinâmica. Partindo do conhecimento que o aluno já possui, o professor terá condições de encaminhar os conteúdos conceituais fundamentais no processo de ensino-aprendizagem.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Projetor multimídia
- Vídeo
- Imagens
- Texto para leitura e discussão

Objetivos específicos:

- Investigar o conhecimento prévio dos estudantes relacionados ao conteúdo de Termodinâmica.
- Permitir que os mesmos relacionem situações cotidianas com a Termodinâmica.

- Aguçar a curiosidade dos estudantes a respeito do conteúdo abordado relacionando-os a primeira revolução industrial.

AULA 1

Encaminhamento metodológico

Iniciar a aula com uma questão chave “**Como funciona o motor de um automóvel?**” Dar um tempo para eles pensarem e pedir que registrem sua resposta na folha de atividade abaixo e entreguem para o professor. É importante ressaltar aos alunos que essa questão não será computada como atividade avaliativa e, que se eles preferirem, não é necessário se identificar. Explicar também que esta questão será retomada em aulas futuras.

Pense e responda!!!

Como funciona o motor de um automóvel? (carro, moto, caminhão, ônibus...)



Fonte: <http://satiscorretora.com/index.php/seguros/automovel-2>

Observação: É importante lembrar que estamos interessados no princípio físico de acordo com a termodinâmica, que é igual para todos esses motores. Se fossemos analisar mecanicamente, o funcionamento deles são diferentes.

Em seguida, questionar oralmente os estudantes, a fim de investigar o que eles sabem sobre o tema “Termodinâmica” e promover um debate envolvendo os conhecimentos prévios dos alunos. As contribuições dos alunos poderão ser anotadas no quadro por meio de tópicos ou de um mapa conceitual.

Questionário inicial:

- 1) Você já deve ter ouvido falar sobre locomotiva e barcos a vapor. Como explicaria o princípio de funcionamento dessas máquinas?
- 2) Qual o papel da máquina térmica na Revolução Industrial?
- 3) Essas máquinas chegaram ao Brasil? Quando e como?
- 4) Será que os motores térmicos ainda são utilizados nos dias de hoje?
- 5) Podemos afirmar que tanto uma locomotiva como um ônibus utilizam energia térmica para obter energia cinética? Como é feita essa transformação?

Após esta etapa será trabalhado recortes do artigo “As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”, Revista Física na Escola, v. 16, n.1, 2018. Esse artigo, por meio de um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da termodinâmica, mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural. Assim, discutiremos como a abordagem histórica das leis da termodinâmica permitem entender como ciência, tecnologia e sociedade estão inter-relacionadas.

Paralelo ao estudo do artigo, serão apresentados aos alunos, algumas imagens, figuras 1, 2, 3 e 4, relacionadas ao contexto histórico, a fim de proporcionar uma melhor compreensão. Tanto as imagens quanto os textos serão apresentados, para os alunos, em Power point.

Para refletir

...O céu cheio de nuvens, fumaça saindo pelas chaminés, pessoas sujas de carvão. Revolta com as condições salariais, fome e desemprego... Esses fatos se contrapõem à Paris, a Cidade das Luzes, onde palácios iluminados ilustrava o conhecimento que chegava com a eletricidade. Mas as duas situações retratam a França, e talvez outros países europeus, durante o século XIX. Como pode? O conhecimento não trazia avanços, progressos?...(PINTO e SILVA, 2018)

Figura 1: Palácio da Eletricidade, 1900. Paris-França



Fonte: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16>

Figura 2: Paisagem Inglesa durante a Revolução Industrial



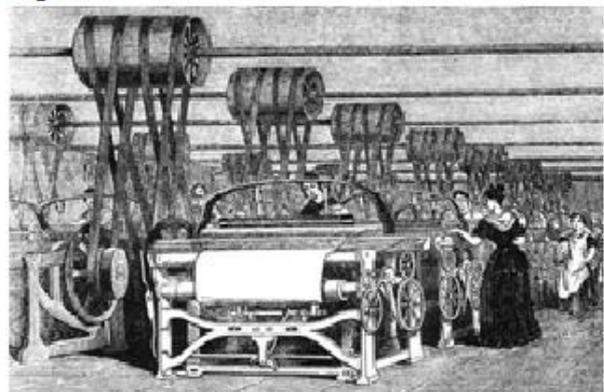
Fonte: <https://www.infoescola.com/historia/revolucao->

Figura 3: O motor a vapor usado para aumentar a produção das máquinas e a velocidade dos transportes



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/revolucao-industrial>

Figura 4: Mulheres e crianças eram usadas como mão de obra barata nas fábricas inglesas



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/revolucao-industrial>

AULA 2

Na sequência, apresentar o vídeo “A modernidade chega a vapor” da Série 500 anos, figura 5, que mostra o desenvolvimento tecnológico e social no Brasil após a chegada das máquinas a vapor. O Vídeo revela também que a modernidade andava lado a lado com a miséria no interior do país, ou seja, nem todos foram beneficiados com a chegada das máquinas a vapor. E também, o recorte do filme Tempos Modernos, figura 6, por meio do qual se faz uma crítica à “modernidade” e ao capitalismo representado pelo modelo de industrialização onde o operário é engolido pelo poder do capital e perseguido por suas ideias “subversivas”. Discutir com os alunos, a exploração da mão-de-obra operária.

Figura 5: Imagem do vídeo “A modernidade chega a vapor”



Fonte: <https://youtu.be/DMYTjEv26K0>

Figura 6: Cenas do filme Tempos modernos



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=XFXg7nEa7vQ>

Atividade em Equipes (Debate):

Após os alunos assistirem o vídeo, observarem as imagens, deverá ser solicitado a eles que, em equipes, discutam sobre o assunto e façam anotações dos fatos que mais chamaram a atenção. Em seguida, por meio de uma roda de conversa, um representante de cada grupo, ou mais, deverá apresentar os pontos destacados bem como a opinião do grupo. O professor deve mediar a discussão, de forma a conduzir os alunos a compreensão dos conceitos físicos abordados. Em seguida, rediscutir as questões abordadas anteriormente no questionário inicial.

SEGUNDO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

O papel do professor

Cabe ao professor organizar os alunos para a realização da leitura e análise do texto, permitindo o trabalho em grupos e também tempo hábil para execução desta atividade. É importante que o professor incentive os alunos a conhecerem o contexto no qual as leis da Termodinâmica foram construídas.

O que se espera

Com a discussão sobre contexto histórico das leis da Termodinâmica, espera-se que os alunos possam compreender a não linearidade da ciência, que por meio da

história da ciência, o aluno estuda o presente, fazendo relações com o passado, podendo desmistificar a ciência como uma atividade individual, neutra, linear e cumulativa. Identificar momentos históricos da produção de alguns conhecimentos científicos possibilita a inovação das aulas e ainda contribui para desenvolver o pensamento crítico dos alunos ao discutir que teorias científicas não são definitivas e incontestáveis.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Texto digitalizado para discussão em grupo
- Imagens e vídeos
- Projetor multimídia

Objetivos específicos:

- Analisar os fatores (sociais, econômicos, políticos) que, no final do século XVIII, contribuíram para o surgimento da máquina a vapor;
- Compreender como se desenvolveram os princípios físicos que regem a Termodinâmica.

AULA 3

Encaminhamento metodológico

Apresentar aos alunos o texto abaixo e solicitar que eles realizem a leitura do mesmo.

Texto envolvendo as leis da termodinâmica

Nos livros didáticos do Ensino Médio, as leis da termodinâmica, na maioria das vezes aparece uma questão cronológica: a lei zero veio depois da primeira lei, a segunda lei veio antes da primeira e outras divagações. Afinal por que as leis estão “ordenadas” dessa maneira? Historicamente, estas “leis” apareceram em momentos

quase simultâneos e de forma independente. Sua “ordenação” ocorreu num momento muito posterior, em que já havia muito conhecimento sobre termodinâmica, e, possivelmente, mais com fins didáticos do que de ordenação do conhecimento de um conteúdo. Aquilo que denominamos atualmente de “**primeira lei da termodinâmica**” está relacionado com as ideias de conservação de energia. Estudos relacionados à conservação e transformação de energia ocorreram durante o século XIX por estudiosos em vários países ao mesmo tempo, sem que fosse adotado o nome energia. Julius Robert von Mayer (Alemanha, 1814- 1878), James Prescott Joule (Inglaterra, 1818-1889) e outros, aproximadamente em 1850, investigavam como determinadas forças se transformavam em outras, ou mudavam de forma. Por exemplo: forças liberadas em reações químicas pareciam fornecer calor (outro tipo de força) ou transformavam-se em forças elétricas. Calor podia ser usado como força mecânica (o que denominamos atualmente de trabalho). As transformações das forças eram baseadas em diferentes hipóteses, muitas delas originárias de pressupostos filosóficos. O que levava um estudioso a investigar que formas as forças podiam assumir nem sempre estava claro. Ludwig August Colding (Dinamarca, 1815-1888), um dos estudiosos que investigavam as transformações das forças, afirmou: “Todas as vezes que uma força parece se aniquilar realizando um trabalho mecânico, químico ou de qualquer outra natureza, ela apenas se transforma e reaparece sob uma nova forma, onde ela conserva toda a sua grandeza primitiva”. O que eles chamavam de força é muito semelhante ao que chamamos atualmente de energia. Por exemplo, Mayer define força como “coisas que podem assumir diferentes formas, mas cuja quantidade não varia, e que se distinguem da matéria por não possuírem peso”. Nesse sentido, calor, movimento e força de queda são equivalentes ao que denominamos hoje energia térmica, energia cinética e energia potencial. A transformação de uma força em outra, de modo que, no geral, haja a conservação da grandeza primitiva, como afirma Colding, é muito semelhante ao “princípio de conservação da energia” que utilizamos atualmente. Nenhum destes estudiosos escreveu a primeira lei da termodinâmica como fazemos hoje. Cada um deles estava investigando as transformações das forças com objetivos e hipóteses diferentes.

Atualmente temos que os créditos pela formulação da primeira lei são divididos por Robert Mayer e James Prescott Joule, que, trabalhando independentemente e por motivações diferentes, ambos chegaram as mesmas

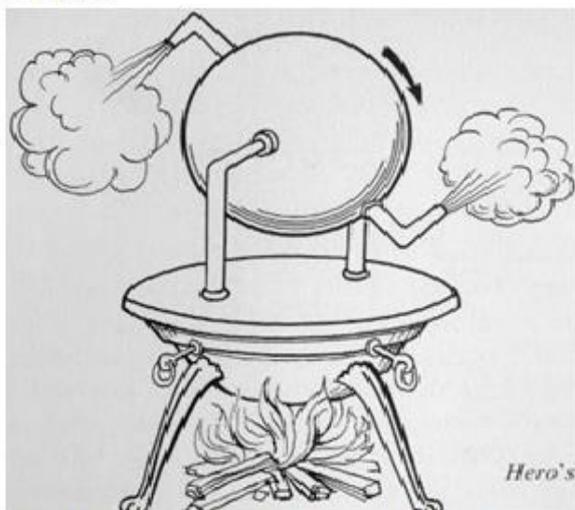
conclusões: *Calor é uma das muitas formas de energia e essa energia é conservada, podendo ser transformada, mas não ser criada ou destruída.* (PINTO e SILVA, 2018)

O professor deverá sugerir aos alunos, como atividade extraclasse, a leitura na íntegra deste artigo **“As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”**, Revista Física na Escola, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf>.

Esse artigo, por meio de um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da termodinâmica, mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural. Assim, discutir como a abordagem histórica das leis da termodinâmica permitem entender como ciência, tecnologia e sociedade estão inter-relacionadas.

Mostrar aos alunos as figuras, animações e vídeo abaixo por meio de um projetor multimídia, algumas máquinas térmicas em ordem cronológica de desenvolvimento, promovendo um debate por meio de questionamentos e indagações.

Figura 7: Máquina de Heron criada no Século I



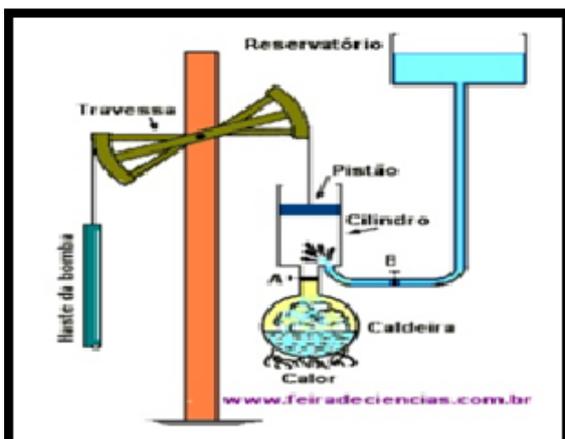
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAr4AE>

Figura 8: Vídeo da Máquina de Heron feita por alunos



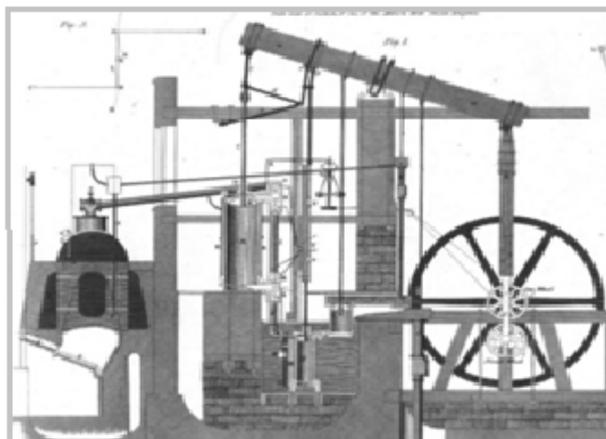
Fonte: <https://youtube.com/watch?v=1z3DbBDRrIU>

Figura 9: Animação da Máquina de Newcomen



Fonte: <https://pt.slideshare.net/jlp1973/mquinas-trmicas-e-frigorificas-slideshow-by-jair-lp-47684996>

Figura 10: Máquina de Watt (1763)



Fonte: <https://pt.slideshare.net/jlp1973/mquinas-trmicas-e-frigorificas-slideshow-by-jair-lp-47684996>

Para refletir com os alunos

Para mediar o debate, o professor poderá discutir alguns pontos relevantes para cada figura analisada. Em relação a figura 7, é importante destacar que desde muito tempo já se tinha conhecimento que o calor poderia ser usado para produzir vapor. O vapor por sua vez poderia realizar trabalho mecânico. Essa foi a ideia de Heron, um inventor grego que no século I, elaborou um equipamento formado por uma esfera metálica com dois furos. Colocava-se água no interior da esfera e quando aquecida liberava vapor, o que fazia que ela girasse. Nos dias atuais, sabemos que o dispositivo construído por Heron, tratava-se de uma máquina térmica, uma vez que transformava calor em trabalho mecânico. No entanto, na época não foi utilizada na produção de quantidades significativas de energia mecânica.

A figura 8 mostra uma reprodução desta máquina nos dias atuais confeccionada por alunos do ensino médio. Por meio deste dispositivo é possível observar seu funcionamento, bem como a empolgação dos alunos ao constatar a conversão de energia térmica em energia mecânica.

Com relação a figura 9, pode-se debater que apenas no século XVIII, as primeiras máquinas térmicas capazes de realizar grandes quantidades de trabalho foram construídas, ou seja, trabalho em escala industrial. Essas primeiras invenções de máquinas térmicas apresentavam um rendimento muito pequeno, consumiam

quantidades gigantesca de combustível e apresentavam a realização de um trabalho muito pequeno.

Por meio da figura 10, explicar aos alunos que foi no século XVIII que James Watt, um inventor escocês exibiu um dispositivo mais eficiente que as máquinas existentes até o momento. Essa máquina térmica apresentava várias vantagens se comparada com as suas precursoras. Assim, podemos afirmar que a máquina construída por Watt retirava calor da fonte quente, usando parte desse calor realizava trabalho movimentando um pistão e rejeitava para uma fonte fria parte do calor que não era utilizado. A máquina de James Watt foi utilizada em moinhos e também para acionar bombas d'água. Com o passar dos anos, foi empregada em locomotivas e barcos a vapor. Foi muito utilizada nas fábricas acionando dispositivos industriais. Podemos dizer que esse foi um fator determinante na motivação da Revolução Industrial.

É importante discutir com os alunos que a grande contribuição de Watt foi na separação entre a fonte fria e fonte quente. Esse fato possibilitou aumentar o rendimento das máquinas e alavancar o seu uso em escala industrial.

AULA 4

AULA EXPERIMENTAL - MÁQUINA TÉRMICA

Papel do professor

Cabe ao professor encaminhar a aula prática buscando contextualizar o conteúdo estudado em sala de aula, consentindo que os estudantes aprendam a usar ativamente o conhecimento adquirido e, dessa forma, possam estabelecer novas afinidades com o mundo. Para isso, é necessário instigar os alunos a refletirem sobre o que eles estão fazendo, provocando-os a encontrar significado no que estão desenvolvendo ou vendo na aula prática.

O que se espera

Espera-se que a partir de materiais simples o aluno tenha a oportunidade de construção/compreensão de uma pequena máquina térmica, um princípio básico de

funcionamento, que o homem vem utilizando há décadas tanto na indústria como no transporte.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Tubo de vidro ou metal
- Seringa
- Tubo flexível “tripa de mico”
- Cola
- Fita adesiva
- Álcool gel
- Placa de madeira
- Tampinha de garrafa
- Placa de alumínio ou lata (pode ser cortada de uma lata de refrigerante).
- Fósforo
- Bloquinhos de madeira
- Arame fina dobrável

Objetivos específicos:

- Observar os efeitos causados no gás pelo aumento da temperatura e a sua capacidade de realizar trabalho.
- Proporcionar ao aluno ou grupo novas discussões sobre temas relacionados às leis da termodinâmica.

Encaminhamento metodológico

Por meio de um diálogo com os alunos, o professor encaminha-os ao laboratório de ciências e propõe a confecção do aparato abaixo (figura 11), em equipes, utilizando materiais de baixo custo e/ou recicláveis.

O professor deve providenciar materiais suficientes para formar as equipes com 4 a 5 alunos, de acordo com a turma. Também pode solicitar anteriormente, aos alunos, que tragam os materiais propostos.

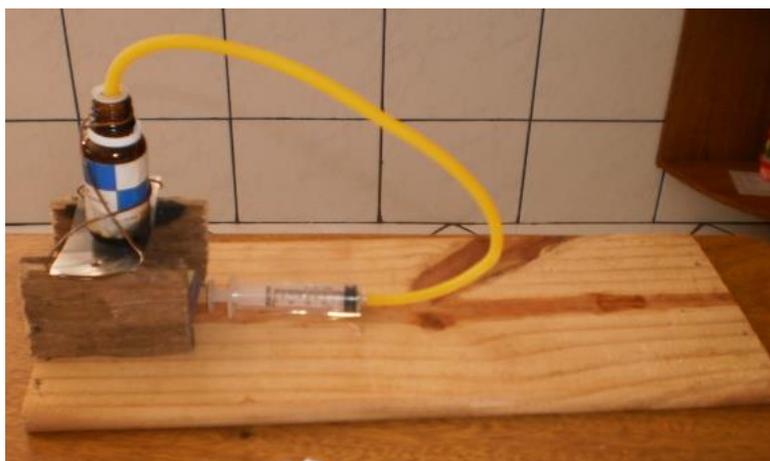
No caso da falta de tempo para a confecção, o professor poderá levar pronto ou pedir que os alunos tragam feitos de casa. Então trabalhar o experimento na forma de demonstração.

Procedimento de montagem:

Com uso dos dois bloquinhos de madeira e uma chapa metálica de aproximadamente 3cm x 4cm monte um suporte. Fixe o tubo de vidro no suporte com uso de um pedaço de arame. Teste a seringa, verifique se o embolo não se encontre emperrado ou demasiadamente duro, se for o caso, desmonte, coloque um pouco de vaselina ou óleo. Prenda uma extremidade do tubo de borracha no bico da seringa e a outra na boca do vidro.

Fixe a seringa na placa de madeira com uso da fita adesiva, esta deve ficar com o embolo voltado para o suporte do vidro. Coloque a tampinha de garrafa com um pouco de álcool em gel sob o suporte. Entre a seringa e a tampinha de garrafa deve haver um isolante térmico, use um pedaço de madeira. A máquina térmica deve ficar como a figura 11. Depois de pronta, colocar fogo no álcool que está na tampinha e observar.

Figura 11: Máquina térmica construído pelo próprio autor



Fonte: Autora (2018).

Cada equipe deve receber as questões abaixo e respondê-las antes da discussão.

Para refletir e discutir

- 1) Identifique se há, nesse aparato, uma fonte quente e a uma fonte fria.
- 2) Que tipo de conversão de energia podemos observar nesse experimento? Explique.
- 3) Descreva o que foi observado em relação ao movimento do pistão da seringa; o que provocou o movimento?
- 4) Houve perda de energia para o meio ambiente? De qual forma?
- 5) Em relação ao gás, o que aconteceu com sua pressão enquanto a temperatura aumentava?
- 6) Houve trabalho realizado?

Sugestões de outros experimentos relacionados a Máquinas Térmicas

Além do experimento anterior, o professor poderá trabalhar com outros. Como sugestão seguem o link de mais dois, a Máquina de Heron, que representa um experimento histórica disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=1z3DbBDRrIU> e também a Turbina a Vapor disponível em http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_08.asp.

TERCEIRO ENCONTRO: Duração de 2 horas aulas.

O papel do professor

Esta aula trata-se de uma abordagem teórica que será trabalhada por meio de aula expositiva dialógada. Cabe ao professor discutir e dialogar sobre o conteúdo, permitindo a participação efetiva do aluno, tanto na oralidade, quanto em suas produções escritas.

O que se espera

Por meio das argumentações e respostas dos alunos, o professor terá possibilidades de avaliar e intervir, se necessário, no processo de ensino aprendizagem dos alunos, de forma a aproximar, cada vez mais, dos objetivos propostos. Espera-se que o estudante tenham condições de discutir o tema fundamentados em conhecimentos científicos.

Objetivos específicos:

- Compreender o calor como energia transferida em sistemas onde os corpos encontram-se a diferentes temperaturas e que ele se transfere espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.
- Entender o equilíbrio térmico como resultado de um processo irreversível que ocorre espontaneamente, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, nunca o contrário.
- Perceber a Primeira Lei da Termodinâmica como o Princípio da Conservação de Energia.
- Analisar que a variação da energia interna de um sistema pode ocorrer através da realização de trabalho ou pela troca de calor.
- Compreender que calor e trabalho são formas de transferências de energia e que ambos podem produzir variação da energia interna de um sistema.
- Entender a degradação da energia nos processos físicos espontâneos como um princípio universal, enunciado pela Segunda Lei da Termodinâmica, tal qual o princípio da conservação da energia, enunciado pela Primeira Lei da Termodinâmica.
- Perceber a equivalência entre o aumento da desordem nos processos espontâneos e a impossibilidade de transformar integralmente calor em trabalho em operações cíclicas, e, também, que essa impossibilidade limita o rendimento das máquinas térmicas.
- Compreender a linguagem matemática nos modelos físicos e utilizar estes modelos em aplicações práticas, reconhecendo os limites de validade para cada situação, por exemplo, a necessidade de uma Teoria Cinética dos Gases para o entendimento das máquinas térmicas durante o desenvolvimento das leis da termodinâmica.

Materiais utilizados

- Projetor multimídia
- Texto para discussão em grupo

- Atividades digitalizadas
- Imagens e vídeos

AULA 5

Encaminhamento metodológico

Com base nas observações e discussões realizadas com e pelos alunos após a aula prática, introduzir o enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica e suas equações, também as transformações cíclicas por meio dos textos, imagens e vídeos a seguir.

A 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

A conservação da energia em sistemas termodinâmicos é expressa por meio da 1ª lei da Termodinâmica. Em outras palavras, podemos definir como o princípio da conservação de energia aplicada à termodinâmica, o que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

Ao analisar o princípio da conservação de energia ao contexto da termodinâmica temos que um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra, como trabalho, ou ambas as situações simultaneamente, então, ao receber uma quantidade Q de calor, esta poderá realizar um trabalho W e aumentar a energia interna do sistema ΔU .

Dizemos assim que existe uma função U (energia interna) onde a variação durante uma transformação depende exclusivamente de dois estados, inicial e final. Em um sistema fechado, esta variação é dada como:

$$\Delta U = Q - W \quad (1a)$$

Onde Q é a quantidade de calor trocado pelo sistema; W é o trabalho realizado, o mesmo depende da variação do volume $W = \int p \cdot dV$ e para uma pressão constante pode-se escrever $W = p \cdot \Delta V$, logo se o volume aumentar, temos uma expansão, na qual o gás realiza um trabalho sobre o meio (trabalho positivo, $W > 0$).

ΔU é a variação da energia interna de um gás. A energia interna pode ser definida como a soma de todas as energias existentes em um sistema termodinâmico. A mesma está relacionada a

temperatura do sistema, por exemplo, para um sistema constituído por um gás monoatômico ela é expressa por

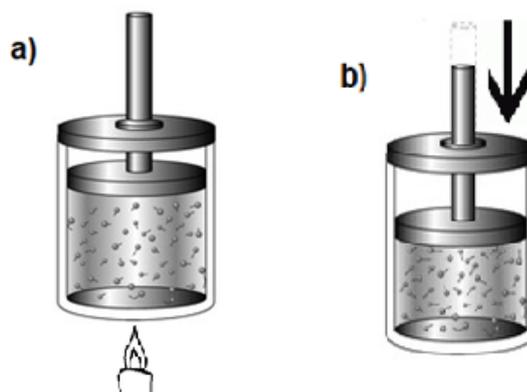
$U = \frac{5}{2}nRT$ e para um gás diatômico $U = \frac{5}{2}nRT$ (n é o número de mols e R é a constante dos gases ideais), assim se a temperatura do sistema aumentar ($\Delta T > 0$) a energia interna do sistema aumenta ($\Delta U > 0$) e vice-versa.

Este princípio enuncia, então, a conservação de energia independente do percurso escolhido.

Para melhor compreender, vamos pensar em como é possível aumentar a energia interna de um sistema observando a figura 12. Existem maneiras de aumentar a temperatura e a energia interna do gás contido num recipiente. A primeira ideia é aquecer um sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo (a); considere que esse êmbolo possa se deslocar livremente sem atrito. Nesse caso, o gás recebe calor do ambiente e expande seu volume. A segunda, e menos óbvia (b), é a compressão do gás, ou seja, realizar trabalhos sobre o gás, fazendo com que seu volume diminua. Em geral, na compressão há o aumento da temperatura e da energia interna, porém esses exemplos não são absolutos, há casos em que a compressão não leva a um aumento da temperatura, mas ajudam a compreender que existe uma relação entre as grandezas.

Do mesmo modo, podemos pensar sobre o que acontece quando fornecemos uma quantidade de energia em forma de calor para a um sistema. Parte dessa energia pode ser transformada em trabalho, fazendo o gás expandir, e parte é absorvida e convertida em energia interna.

Figura 12: Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/termodinamica.html>

Por meio desses exemplos, podemos verificar que a energia interna de um gás, o trabalho realizado ou sofrido por ele e o calor trocado com o ambiente estão interconectados e que a

expressão (1) que os relaciona pode também ser escrito da seguinte forma:

$$Q = \Delta U + W \quad (1 \text{ b})$$

Essa é a primeira lei da Termodinâmica e nela está implícita a seguinte convenção de sinais:

$\Delta U > 0$: a energia interna do sistema aumenta.

$\Delta U = 0$: a energia interna do sistema não varia, mantém-se constante (isotérmica).

$\Delta U < 0$: a energia interna do sistema diminui.

$Q > 0$: o sistema recebe calor do ambiente.

$Q = 0$: o sistema não troca calor com o ambiente (adiabática).

$Q < 0$: o sistema sede calor para o ambiente.

$W > 0$: trabalho realizado pelo sistema (expansão do gás).

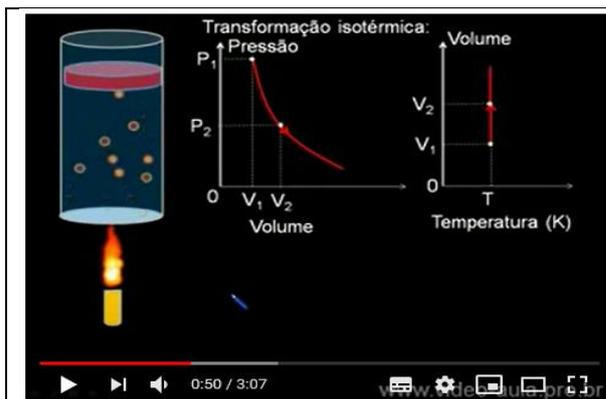
$W = 0$: não há trabalho realizado nem pelo sistema nem pelo ambiente (isométrica).

$W < 0$: trabalho realizado pelo ambiente sobre o sistema (compressão do gás).

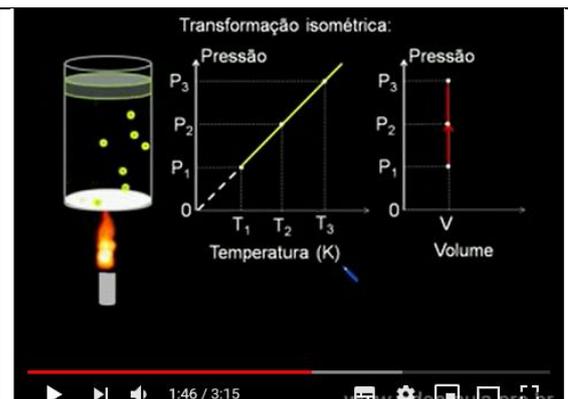
Os vídeos abaixo, explica detalhadamente os processos termodinâmicas que ocorrem com uma amostra de gás contida em um cilindro.

Figura 13: Vídeos sobre Transformação adiabática, isobárica, isotérmica e isométrica.

| | |
|--|---|
| <p>Transformação adiabática:</p> <p>Pressão</p> <p>Temperatura (K)</p> <p>P_2 T_2</p> <p>P_1 T_1</p> <p>V_2 V_1 V_2 V_1</p> <p>Volume</p> <p>Volume</p> <p>A quantidade de calor trocada com o meio é nula: $Q = 0$</p> <p>1ª Lei da Termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U$</p> <p>$0 = \tau + \Delta U \Rightarrow \tau = - \Delta U$</p> <p>www.video-aula.pro.br</p> <p>Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=nMZWJhwfq9g</p> | <p>Transformação isobárica:</p> <p>Pressão</p> <p>Volume</p> <p>P V_1</p> <p>0 V_2 0 T_1</p> <p>Volume</p> <p>Temperatura(K)</p> <p>www.video-aula.pro.br</p> <p>Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=gCHu8gGcW-0</p> |
|--|---|



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=EtKKpRzB-y0>



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=ceMyUcII4jY>

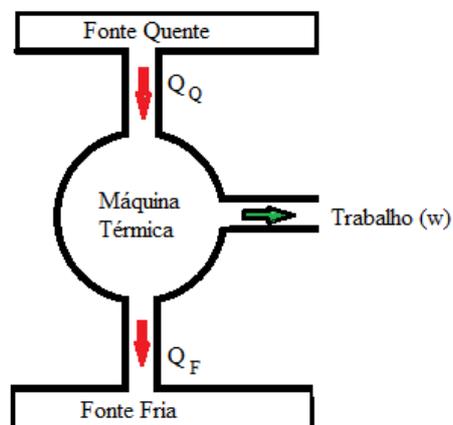
Após assistir e analisar os vídeos, retomar a expressão relacionada a primeira lei da Termodinâmica e também as transformações gasosas isotérmica, isométrica, isobárica e adiabática.

TRANSFORMAÇÕES CÍCLICAS

Podemos verificar que máquinas térmicas funcionam em ciclos entre duas fontes de diferentes temperaturas, retirando calor da fonte quente, transformando parte dele em trabalho útil (energia mecânica), e transferindo para uma fonte fria, parte do calor. Em outras palavras, as transformações cíclicas têm a característica de, ao final de cada ciclo, retornar ao estado inicial. Além de etapas intermediárias, pelo menos duas devem ocorrer: uma etapa na qual a máquina recebe calor convertendo-o em trabalho e outra em que cede calor para teoricamente retornar ao estado inicial.

Esquematizando uma máquina térmica, como podemos observar na figura 14, a partir de duas fontes de calor, uma com temperatura alta e outra com temperatura baixa, percebemos que a fonte quente cede calor Q_Q para a máquina térmica. Essa, por sua vez, transforma parte do calor em trabalho, e entrega o calor restante Q_F para a fonte fria.

Figura 14: Esquema de funcionamento de uma máquina térmica

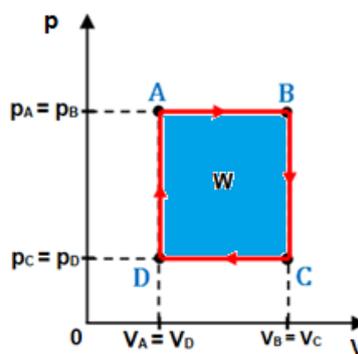


Fonte: Autora (2018).

Assim podemos interpretar a figura matematicamente como o calor fornecido ao sistema pela fonte quente é sempre igual ao trabalho realizado mais a quantidade de calor rejeitado pela fonte fria ($Q_Q = W + Q_F$).

Considerando o diagrama da figura 15, temos a representação de uma amostra de gás perfeito que realiza uma transformação cíclica saindo do estado A, passando pelos estados intermediários B, C e D e retornando ao estado inicial A.

Figura 15: Diagrama pressão versus volume num processo cíclico.



Fonte: Autora (2018).

Do estado A para o estado B, a pressão permaneceu constante (ocorreu uma transformação isobárica); já de B para C foi o volume que permaneceu constante (ocorreu uma transformação isovolumétrica); e de C para D a pressão permanece constante (transformação isobárica). E, para fechar o ciclo, o gás retorna ao ponto A com o volume constante, por meio de uma transformação isovolumétrica.

Como o estado final do gás é o mesmo que o estado inicial, temos que a variação da energia interna sofrida pelo gás é nula:

$$\Delta U = 0$$

Vimos na primeira lei da Termodinâmica que: $\Delta U = Q - W$

Como $\Delta U = 0$

Temos que $0 = Q - W$

Logo $W = Q$

Quando $W = Q$, significa que o trabalho realizado pelo gás numa transformação cíclica corresponde à quantidade de calor fornecida ao sistema.

Esse resultado é muito relevante, pois mostra que em um ciclo completo o trabalho é totalmente convertido em calor ou vice-versa. O sentido dessa conversão, de fato, é dado pelo sentido da execução do ciclo no diagrama $p \times V$.

Quando o ciclo é executado no sentido horário, o trabalho é positivo, ou seja, há conversão de calor em trabalho. Como exemplo da importância desse ciclo nas máquinas térmicas, podemos indicar as máquinas a vapor.

Quando o ciclo é executado no sentido anti-horário, o trabalho é negativo, ou seja, o trabalho é convertido em calor. Isso significa que o ambiente exerce um trabalho sobre o gás, que ao perder calor está aquecendo o ambiente. Esse ciclo é importante nas máquinas frigoríficas, é o caso da geladeira, ar condicionado entre outros. Enunciamos assim, a segunda lei da termodinâmica:

“É impossível construir um dispositivo térmico, que operando em ciclos, transforme integralmente em trabalho todo calor que recebe”.

AULA 6

Encaminhamento metodológico

Encaminhar esta aula partindo da última frase da aula anterior, e então enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica. Discutir com os alunos que a segunda Lei da Termodinâmica nos diz que o calor só pode fluir espontaneamente de uma fonte quente para uma fonte fria. Por isso, para que as máquinas térmicas funcionem, elas necessitam de fontes quentes e frias. A Segunda Lei, entretanto, não impede que o calor possa fluir de uma fonte fria para uma fonte quente de forma forçada.

Existem máquinas térmicas que operam no sentido inverso, ou seja, retiram calor de uma fonte fria e entregam para uma fonte quente, usando energia de uma fonte externa.

O aparelho de ar condicionado é um exemplo de máquina térmica que funciona retirando calor do interior da residência e liberando calor para o lado de fora.

Ele retira calor da fonte fria e libera calor para a fonte quente. Para isso, é necessário que se use uma energia extra proveniente da rede elétrica. O trabalho, neste caso, é realizado pelo compressor do aparelho.

É importante relembrar com os alunos as ideias presentes em parte do artigo **“As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”** referente a Segunda Lei da Termodinâmica. Na sequência, introduzir o estudo sobre o ciclo de Carnot.

Texto envolvendo A 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

A “segunda lei da termodinâmica” apareceu num contexto diferente. Nas primeiras décadas do século XIX, engenheiros e estudiosos independentes buscavam encontrar uma máquina que produzisse mais, consumindo menos combustível. Portanto, esses estudiosos estavam preocupados com o rendimento das máquinas térmicas. Isso significava encontrar uma máquina térmica que aproveitasse quase todo o combustível, utilizado no aquecimento, para produzir trabalho. Há registros de patentes de várias máquinas térmicas criadas nesse período, principalmente entre os ingleses. Para construir máquinas térmicas mais rentáveis não era preciso dominar o conhecimento sobre a natureza do processo. A natureza do processo era a mesma para qualquer máquina: calor produzindo trabalho. Para dominar esse processo, era preciso ter conhecimentos técnicos e levar em consideração problemas técnicos e questões práticas. Portanto, o desenvolvimento das máquinas térmicas é mais pertinente à história da tecnologia do que à história da ciência. Porém, se a natureza do processo fosse mais bem conhecida, ou seja, o entendimento das condições que proporcionavam o rendimento da máquina, isso poderia levar a uma melhoria da tecnologia que o empregava. Quem vai formalizar esse rendimento mínimo desejado é o engenheiro e militar Sadi Carnot (1796- 1832), num trabalho que ele publicou em 1824, anteriormente à discussão já feita aqui sobre a transformação das forças. Tanto nos estudos sobre transformações de forças quanto naqueles preocupados com máquinas térmicas, considerava-se implicitamente que o calor ia do corpo de temperatura mais alta para aquele de temperatura mais baixa, como se ele se movesse, seja como fluido ou através do atrito das menores partes da matéria. Mas essa “lei” só foi explicitada e entendida como “lei” depois de 1824. Ou seja, não é possível especificar uma data, um nome, um lugar, nem mesmo uma finalidade, para as leis da física, principalmente para as leis da termodinâmica. Elas não têm “donos” nem foram determinadas da mesma forma e com a mesma intenção. Há todo um complexo desenvolvimento por trás das equações e

fórmulas que utilizamos nos livros didáticos. Apenas a compreensão dos aspectos históricos de forma contextualizada permite entendermos o papel do conhecimento científico, seja na sala de aula ou na sociedade de forma geral. (PINTO e SILVA, 2018)

Ciclo de Carnot

O Ciclo de Carnot consiste em uma série de processos reversíveis que proporciona a obtenção de uma máquina térmica com o maior rendimento possível. Foi proposto pelo físico, matemático e engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832).

Relembrando que máquinas térmicas são dispositivos que funcionam de acordo com o que estabelece a segunda lei da Termodinâmica:

“O calor não pode passar de forma espontânea de um corpo de menor temperatura para outro de temperatura mais alta.”

Assim, estas máquinas operam em ciclos, retirando uma quantidade de calor (Q_Q) de uma fonte quente, convertendo parte desse calor em trabalho mecânico (W) e rejeitando outra quantidade de calor para uma fonte fria (Q_F), como já vimos anteriormente na figura 6.

A partir do ciclo em que opera a máquina térmica, podemos definir o seu rendimento (η), que é a grandeza que define a quantidade de calor fornecida pela fonte quente convertida em trabalho pela máquina. O rendimento é calculado com a equação:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} \quad (2)$$

A primeira lei da termodinâmica fornece-nos a equação que permite calcular o trabalho realizado em função das quantidades de calor das duas fontes:

$$W = Q_Q - Q_F \quad (3)$$

Substituindo essa relação na equação anterior, podemos encontrar outra forma de calcular o rendimento de uma máquina térmica, observe:

$$\eta = \frac{Q_Q - Q_F}{Q_Q} \quad (4)$$

Simplificando a expressão, temos:

$$\eta = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad (5)$$

Quanto maior o valor do rendimento η , maior é a eficiência da máquina térmica e menor é a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.

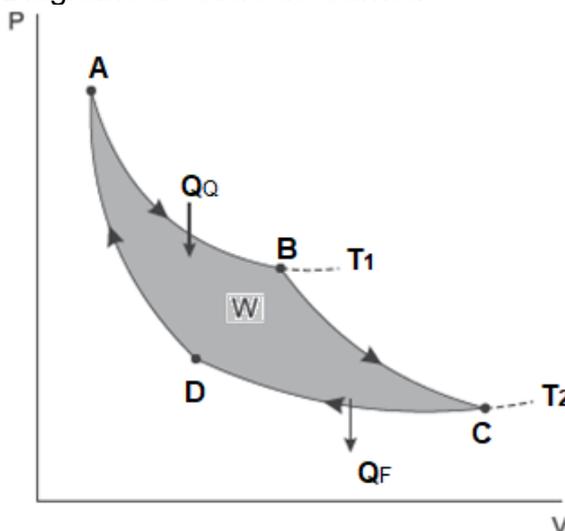
Uma observação importante a ser feita é que é impossível construir uma máquina térmica com rendimento ideal, isto é, que transforme todo o calor recebido em trabalho mecânico. Mas até o ano de 1824 isso ainda não havia sido comprovado e vários cientistas buscavam a construção de uma máquina que operasse com 100% de rendimento.

Quando Carnot propôs uma máquina térmica idealizada, estabelecendo um ciclo ideal, ele conseguiu demonstrar que qualquer máquina térmica que opere entre duas fontes com temperaturas absolutas (ou seja, na escala Kelvin) atingirá seu rendimento máximo se seu funcionamento ocorrer a partir de processos reversíveis.

“Denominam-se processos reversíveis os que, após terem ocorrido em um sentido, também podem ocorrer em sentido oposto e voltar ao estado inicial”.

A figura 16 representa cada uma das etapas do ciclo de Carnot.

Figura 16: Diagrama do Ciclo de Carnot.



Fonte: Savi e Colucci (2010).

Os processos que podem ser observados nesse diagrama são:

- Expansão isotérmica de A até B, que ocorre quando o gás retira calor da fonte quente;
- Expansão adiabática de B até C, sendo que o gás não troca calor;
- Compressão isotérmica de C até D, pois o gás rejeita calor para a fonte fria;
- Compressão adiabática de D para A, pois não ocorre troca de calor.

Além disso, Carnot também mostrou matematicamente a relação de proporcionalidade entre as quantidades de calor da fonte fria e da fonte quente, com as suas respectivas temperaturas:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \quad (6)$$

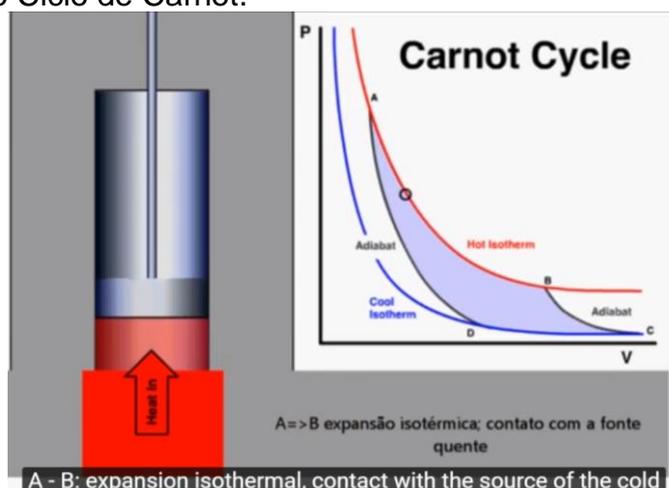
Se substituirmos os termos na equação do rendimento (equação 10), poderemos obtê-lo em função das temperaturas:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q} \quad (7)$$

A análise dessa equação fornece a prova matemática de que o rendimento de uma máquina térmica nunca pode ser 100%, uma vez que, para que isso acontecesse, a razão entre as temperaturas T_F e T_Q deveria ser igual a zero. Isso somente seria possível se T_F fosse igual ao zero absoluto, valor que não pode ser atingido.

O vídeo a seguir demonstra o Ciclo de Carnot e os processos que nele ocorrem.

Figura 17: Vídeo Ciclo de Carnot.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>

Os processos ou fenômenos reversíveis e irreversíveis, podem ser abordados e discutidos por meio de vídeos⁵, onde os alunos poderão compreender e visualizar esses fenômenos. Em seguida, abordar o conceito de Entropia (vídeos⁶). O primeiro vídeo inicia falando um pouco sobre a 2ª Lei da Termodinâmica e o início do desenvolvimento do conceito de entropia. O segundo, fala da origem da palavra entropia e o que ela significa no contexto da Física.

⁵ Vídeos sobre Processos reversíveis e irreversíveis:

https://www.youtube.com/watch?v=q3_7HDkEKOu, <https://www.youtube.com/watch?v=F0BAVIVfF4o>

⁶ Vídeos sobre Entropia:

<https://www.youtube.com/watch?v=VxGPieQTcAo>, <https://www.youtube.com/watch?v=zqd8k9PfleM>

ATIVIDADES DE FÍSICA PARA RESOLVER EM SALA DE AULA

1.(Ufrj) Um sistema termodinâmico ao passar de um estado inicial para um estado final, tem 200 J de trabalho realizado sobre ele, liberando 70 cal. Usando a 1ª lei da termodinâmica e considerando que 1cal equivale a 4,19J, indique o valor, com os respectivos sinais, das seguintes grandezas: $W =$ $Q =$ $\Delta U =$

2.(Ufv) Em um quarto totalmente fechado há uma geladeira que pode ser ligada à energia elétrica. Com o objetivo de resfriar o quarto, um garoto, que nele se encontra, liga a geladeira, mantendo-a de porta aberta. Você acha que esse objetivo será alcançado? Explique.

3. (Unesp) Um gás, que se comporta como gás ideal, sofre expansão sem alteração de temperatura, quando recebe uma quantidade de calor $Q = 6 \text{ J}$. a) Determine o valor ΔU da variação da energia interna do gás. b) Determine o valor do trabalho W realizado pelo gás durante esse processo.

4. (Ufsm) Um gás ideal sofre uma transformação: absorve 50cal de energia na forma de calor e se expande realizando um trabalho de 300J. Considerando 1cal=4,2J, a variação da energia interna do gás é, em J, de

- a) 250 b) -250 c) 510 d) -90 e) 90

5. (Unesp) Transfere-se calor a um sistema, num total de 200 calorias. Verifica-se que o sistema se expande, realizando um trabalho de 150 joules, e que sua energia interna aumenta. a) Considerando 1 cal = 4J calcule a quantidade de energia transferida ao sistema, em joules. b) Utilizando a primeira lei da termodinâmica, calcule a variação de energia interna desse sistema.

6. (Ufmg) A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que o aumento ΔU da energia interna de um sistema é dado por $\Delta U = Q - W$, onde Q é o calor recebido pelo sistema, e W é o trabalho que esse sistema realiza. Se um gás real sofre uma compressão adiabática, então,

- a) $Q = \Delta U$. b) $Q = W$. c) $W = 0$. d) $Q = 0$. e) $\Delta U = 0$.

7. (Ufrs) Enquanto se expande, um gás recebe o calor $Q=100\text{J}$ e realiza o trabalho $W=70\text{J}$. Ao final do processo, podemos afirmar que a energia interna do gás

- a) aumentou 170 J b) aumentou 100 J c) aumentou 30 J d) diminuiu 70 J
e) diminuiu 30 J.

8. (Unesp) A primeira lei da termodinâmica diz respeito à:

- a) dilatação térmica b) conservação da massa
c) conservação da quantidade de movimento d) conservação da energia
e) irreversibilidade do tempo

9. (Unirio) Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80J durante uma compressão isotérmica?

10. (Ufla-MG) Numa transformação gasosa reversível, a variação da energia interna é de +300 J. Houve compressão e o trabalho realizado pela força de pressão do gás é, em módulo, 200 J. Então, é verdade que o

- a) cedeu 500 J de calor ao meio b) cedeu 100 J de calor ao meio
c) recebeu 500 J de calor do meio d) recebeu 100 J de calor do meio
e) sofreu uma transformação adiabática

ALUNO(A):.....Nº....

TRABALHO DE FÍSICA (Em dupla)

01. (UESC-04) De acordo com a primeira lei da termodinâmica, a energia interna de um sistema:
- 01) É sempre constante.
 - 02) Independe da variação de temperatura do sistema.
 - 03) Pode variar mediante trocas energéticas com o meio ambiente.
 - 04) É calculada pela razão entre a quantidade de calor trocada e o trabalho realizado no processo termodinâmico.
 - 05) É o resultado do balanço energético entre duas grandezas físicas vetoriais.
02. (UEFS-99.2) A expressão matemática que representa analiticamente o primeiro princípio da termodinâmica relaciona as grandezas:
- 01) Pressão, massa e temperatura.
 - 02) Calor, trabalho e energia interna.
 - 03) Volume, força e pressão.
 - 04) Trabalho, energia interna e massa.
 - 05) Força, calor e temperatura.
03. (UFV-MG) As afirmativas referem-se à Segunda Lei da Termodinâmica.
- I. Nenhuma máquina térmica que opere entre duas temperaturas dadas pode apresentar maior rendimento que uma máquina de Carnot que opere entre as mesmas temperaturas.
 - II. É impossível qualquer transformação cujo único resultado seja absorção de calor de um reservatório a uma temperatura única e sua conservação total em trabalho mecânico.
 - III. Uma máquina de Carnot apresenta menor rendimento ao operar entre $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do que a o operar entre $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Dentre as afirmativas, são verdadeiras:
- a) I e II.
 - b) I, II e III.
 - c) I e III.
 - d) Apenas I.
 - e) II e III.
04. (PUC-SP) O rendimento de uma máquina térmica:
- a) Depende apenas da temperatura da fonte quente
 - b) É tanto maior quanto maior for a diferença de temperaturas das fontes quente e fria.
 - c) Depende apenas da temperatura da fonte fria.
 - d) Não depende das temperaturas das fontes e sim das transformações envolvidas.
 - e) Nunca pode ultrapassar a 30%
05. (UC-MG) Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2 . Afirma-se que seu rendimento:
- a) Máximo pode ser 100%.
 - b) Pode ser maior que 100%.
 - c) Nunca será inferior a 80%.
 - d) Será máxima se operar em ciclos.
 - e) Será máxima se operar em ciclo de Carnot.

06. (Ufal 2000) Analise as proposições a seguir:

- () Máquina térmica é um sistema que realiza transformação cíclica: depois de sofrer uma série de transformações ela retorna ao estado inicial.
- () É impossível construir uma máquina térmica que transforme integralmente calor em trabalho.
- () O calor é uma forma de energia que se transfere espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.
- () É impossível construir uma máquina térmica que tenha um rendimento superior ao da Máquina de Carnot, operando entre as mesmas temperaturas.
- () Quando um gás recebe 400 J de calor e realiza um trabalho de 250 J, sua energia interna sofre um aumento de 150J.

07. (Ufscar 2006) Inglaterra, século XVIII. Hargreaves patenteia sua máquina de fiar; Arkwright inventa a fiandeira hidráulica; James Watt introduz a importantíssima máquina a vapor. Tempos modernos!

(C. Alencar, L. C. Ramalho e M. V. T. Ribeiro, "História da Sociedade Brasileira".)

As máquinas a vapor, sendo máquinas térmicas reais, operam em ciclos de acordo com a segunda lei da Termodinâmica. Sobre estas máquinas, considere as três afirmações seguintes:

- I. Quando em funcionamento, rejeitam para a fonte fria parte do calor retirado da fonte quente.
- II. No decorrer de um ciclo, a energia interna do vapor de água se mantém constante.
- III. Transformam em trabalho todo calor recebido da fonte quente.

É correto o contido apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

08. (Ufsm 2003) Considere as afirmações:

- I - É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, retire energia na forma de calor de uma fonte, transformando-a integralmente em trabalho.
- II - Refrigeradores são dispositivos que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para outro de maior temperatura.
- III - A energia na forma de calor não passa espontaneamente de um corpo de menor temperatura para outro de maior temperatura.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas I e III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

MÓDULO 2: Aplicações Tecnológicas da Termodinâmica

QUARTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

O papel do professor

Cabe ao professor dialogar com os alunos através de questionamentos, buscando meios para que haja interação com as atividades propostas para que possam se apropriarem do conteúdo proposto e consigam relaciona-lo a situações do seu dia-a-dia.

O que se espera

Por meio das discussões e desenvolvimento das atividades propostas é esperado que os alunos passem a conhecer um pouco mais sobre máquinas de combustão interna. Que consigam trassar paralelos entre uma máquina térmica e os automóveis atuais. Ainda, é esperado que os alunos desmistifiquem alguns mitos envolvendo o motor de quatro tempo, tido por eles como verdade.

Objetivos específicos:

- Apresentar o princípio de funcionamento e os principais aspectos dos motores de combustão interna e dos motores de combustão externa;
- Compreender o significado da terminologia e dos princípios básicos da termodinâmica;
- Identificar os tipos de motores de combustão;
- Apresentar os principais componentes de cada sistema;
- Capacitar o aluno a analisar o desempenho das máquinas térmicas.

Materiais utilizados

- multimídia;
- software de apresentação;
- quadro de giz;
- giz.

AULA 7

Encaminhamento metodológico

1. Retomada de conteúdo e análise de algumas aplicações da termodinâmica:

É importante retomar com os alunos o questionário inicial, principalmente a questão “*Será que os motores térmicos ainda são utilizados nos dias de hoje?*”. Discutir com os alunos que a Termodinâmica tem diversas aplicações, descrevendo tanto situações simples como situações complexas, uma vez que a termodinâmica estuda os fenômenos que lidam com temperatura, calor e pressão, analisando as propriedades da matéria em condições específicas. Melhor dizendo, a termodinâmica estuda as variações macroscópicas e microscópicas, incluindo a mudança de temperatura e de pressão de um grupo de partículas. Esses estudos conglomeram, por exemplo, as mudanças de estado físico da matéria de sólido para líquido, ou de líquido para gasoso. Como a termodinâmica é uma ciência interdisciplinar, a química e a física de fundem numa só. Em todos os processos químicos, essa ciência está envolvida.

Uma das aplicações da termodinâmica refere-se à ciência dos materiais, que estuda meios para obtenção de novos tipos de materiais, constituindo assim, uma das bases da engenharia dos materiais, pois os processos de fabricação de novos materiais envolvem bastante a transferência de calor e trabalho para as matérias primas.

Os processos industriais transformam matéria-prima em produtos acabados usando máquinas e energia. Na indústria de laticínios, a transferência de calor é usada na pasteurização e na fabricação de queijos e manteiga. Nas siderúrgicas, as altas temperaturas dos fornos causam a fusão de várias substâncias, permitindo a sua combinação e produzindo diferentes tipos de aço.

Na arquitetura, o desenho e a construção de habitações devem sempre levar em consideração os aspectos de troca de energia. Os projetos urbanos e residenciais levam em consideração esses limites, mas devem considerar também o bom aproveitamento dos recursos naturais. Um exemplo é o uso da energia solar para

substituir aquecedores de água que funcionam com energia elétrica ou com queima de combustível.

Esses são apenas algumas das muitas aplicações da termodinâmica. No entanto vamos estudar, de forma sistematizada, a aplicação desta ciência no motor dos automóveis.

2. Aula expositiva dialógica: Motor de Quatro tempo

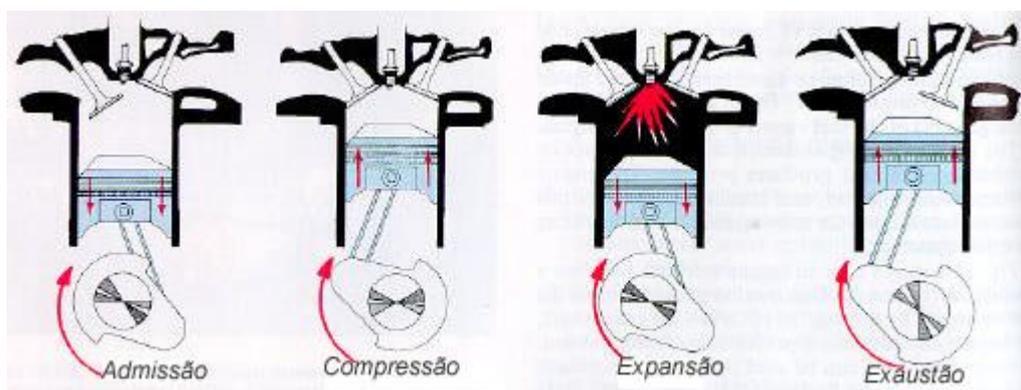
Entendendo o Motor de Um Carro

O cilindro, a vela, o bico injetor de combustível e o pistão são mecanismos que atuam para o funcionamento do motor de um carro, ou seja, motor de quatro tempos. Esses motores são exemplo de Máquinas de Combustão Interna.

O veículo automotor é o meio de transporte mais utilizado no mundo moderno. Acredita-se que essa fascinante máquina tenha surgido ainda no século XVII, na China. Os primeiros carros inventados eram movidos a vapor, hoje temos motores movidos a combustíveis fósseis, eletricidade, energia solar, entre outros.

Dentro do motor existe um mecanismo chamado cilindro, dentro dele estão posicionados: vela, bico injetor de combustível e pistão. A vela é responsável por gerar faíscas dentro do cilindro e dar ignição no combustível liberado pelo bico injetor. Esse processo gera uma explosão dentro do cilindro, com energia suficiente para colocar o pistão em movimento. O pistão, por sua vez, provoca, através de um sistema de engrenagens, a rotação do eixo do motor.

Figura 18: Etapas da combustão dentro do cilindro.



De toda a energia gerada pela explosão, apenas 30% é convertida em energia mecânica, e a grande parte dessa energia é dissipada na forma de calor, gerando o aquecimento do motor. Outra parte da energia é utilizada no sistema de refrigeração da água do radiador.

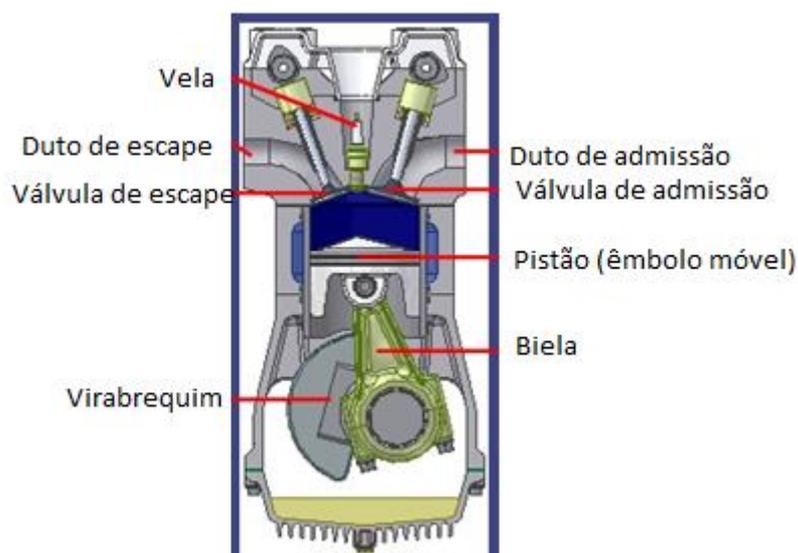
A energia mecânica gerada pelo motor é reaproveitada pelo alternador, que é convertida em energia elétrica, suficiente para dar continuidade ao ciclo de combustão e para o funcionamento de toda a parte elétrica do veículo.

O combustível mais utilizado atualmente no mundo inteiro é a gasolina. O motor que normalmente equipa os automóveis movidos a gasolina é o motor de combustão interna, também chamado de motor de explosão interna ou motor a explosão de quatro tempos.

Os termos “combustão” e “explosão” são usados no nome desse motor porque o seu princípio de funcionamento baseia-se no aproveitamento da energia liberada na reação de combustão de uma mistura de ar e combustível que ocorre dentro do cilindro do veículo. Esse motor também é chamado de “motor de quatro tempos” porque seu funcionamento ocorre em quatro estágios ou tempos diferentes.

As máquinas à combustão interna do tipo Otto e Diesel, inventadas no final do século XIX, são compostas de no mínimo um cilindro, contendo um êmbolo móvel (pistão) e diversas peças móveis. A figura 2 é uma representação esquemática e simplificada das partes principais de uma máquina Otto.

Figura 19: Descrição dos componentes internos de um motor de quatro tempos.



Temos a seguir a descrição detalhada do funcionamento de um motor tipo Otto para cada ciclo de funcionamento. Esse ciclo descreve como funcionam os motores mais comumente usados com os combustíveis de gasolina e álcool.

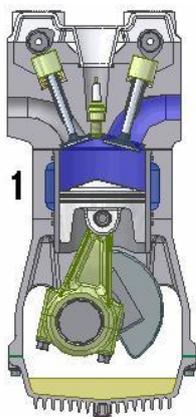


Figura 20: Admissão

1- A primeira etapa, também denominada de primeiro tempo, é denominada admissão. Nessa etapa a válvula de admissão permite a entrada, na câmara de combustão, de uma mistura de ar e combustível enquanto o pistão se move de forma a aumentar o espaço no interior da câmara.

2- A segunda etapa é a compressão. Nesta o pistão se move de forma a comprimir a mistura, fazendo seu volume diminuir. Aqui ocorre uma compressão adiabática e em seguida a máquina térmica recebe calor numa transformação isocórica.

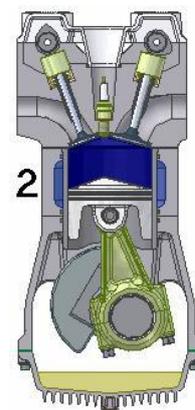


Figura 21:
Compressão

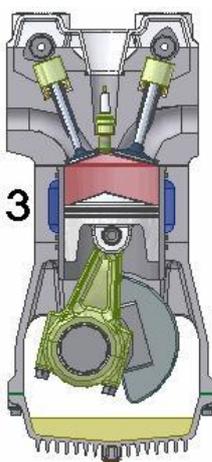


Figura 22: Explosão

3- A terceira etapa denomina-se explosão. No término da compressão um dispositivo elétrico gera uma centelha que ocasiona a explosão da mistura ocasionando sua expansão.

4- Após isto ocorre então o quarto tempo quando a válvula de saída abre e permite a exaustão do gás queimado na explosão. A expansão adiabática leva a máquina ao próximo estado, onde ela perde calor e retorna ao seu estado inicial, onde o ciclo se reinicia.

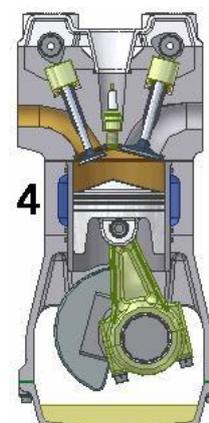
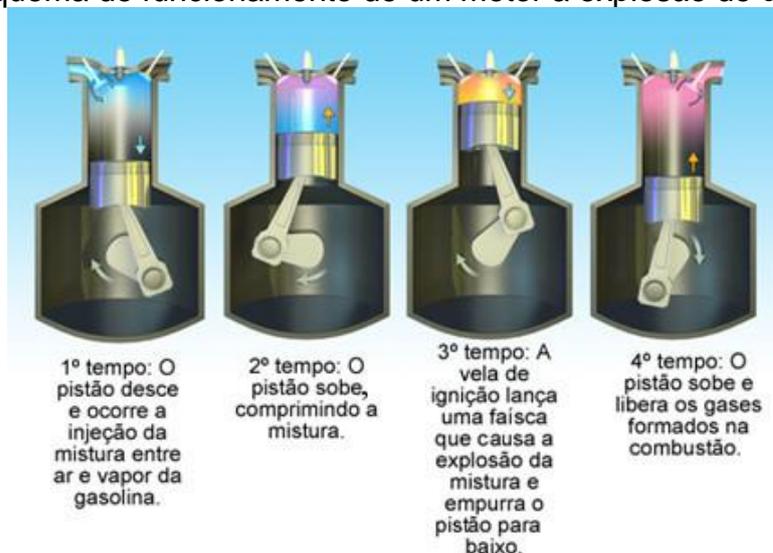


Figura 23: Exaustão

Esquemáticamente, temos:

Figura 24: Esquema de funcionamento de um motor a explosão de quatro tempos.



Esse processo inicia-se novamente, e os quatro tempos ocorrem de modo sucessivo. Os pistões (carros de passeio costumam ter de quatro a seis pistões), que ficam subindo e descendo, movem um eixo de manivela, chamado virabrequim, que está ligado às rodas por motores, fazendo-as girar e, conseqüentemente, o carro andar.

Isso nos mostra que energia química (da reação química de combustão) é transformada em energia mecânica, que, por sua vez, faz as rodas do carro movimentarem-se. A energia que faz o combustível explodir vem da bateria do automóvel. Essa corrente elétrica é amplificada pela bobina, e um distribuidor faz a sua divisão entre as velas em cada cilindro.

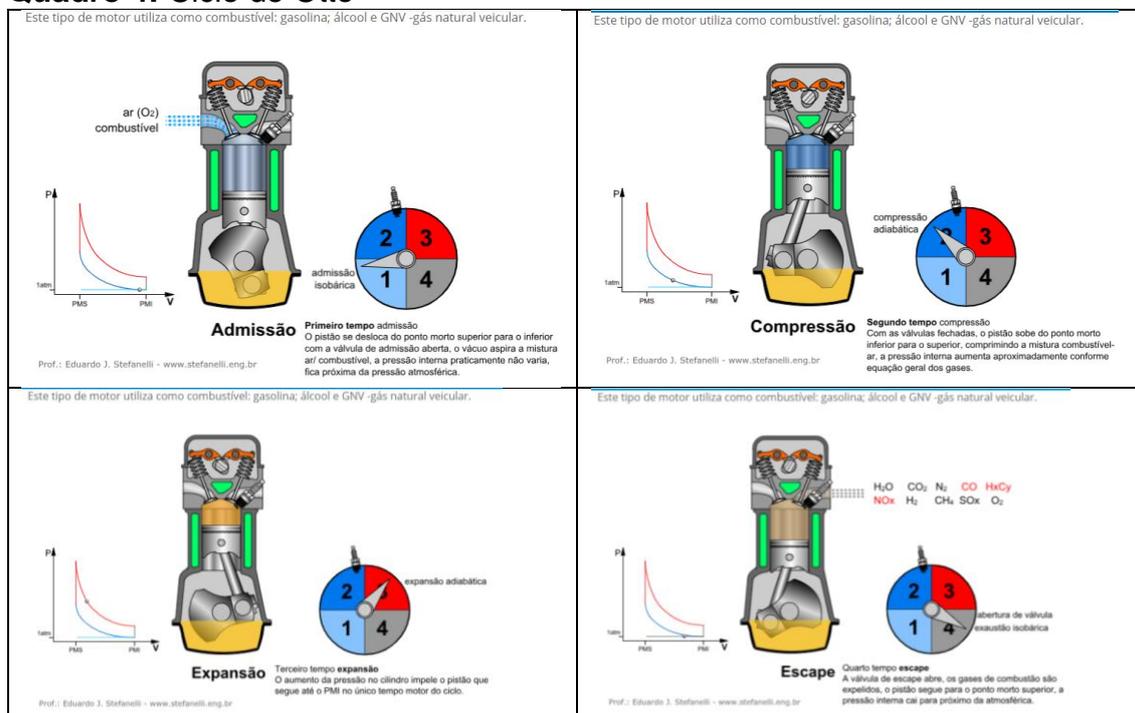
Além disso, a combustão é uma reação exotérmica, liberando grande quantidade de calor. Assim, é preciso que o radiador use água para resfriar o motor e garantir que ele continue funcionando.

Veja que, no 2º tempo, se a gasolina for de baixa qualidade, os seus componentes não aguentarão tamanha pressão e poderão estourar antes da hora, antes da faísca soltar da vela, que é o que acontece no próximo estágio. Isso resulta em um menor desempenho do motor, que começa a bater pino, pois a explosão ocorre de forma tumultuada.

Assim, é importante conhecer como esses estágios do funcionamento do motor de combustão interna ocorrem, pois nos ajuda a compreender por que é importante usar gasolinas de qualidade com alto índice de octanagem.

Demonstrar o funcionamento de um motor, explicando cada um dos tempos por meio dos simuladores disponíveis no site <https://www.stefanelli.eng.br/category/termodinamica/>.

Quadro 4: Ciclo de Otto



Fonte: <https://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos/>

APRENDENDO UM POUCO MAIS....

Sugerir que as questões abaixo sejam respondidas em uma entrevista com um mecânico. Caso não seja possível, desconsiderar a primeira questão e fazer uma pesquisa na internet. Pode ser no laboratório de informática da escola. Discutir as respostas das questões em sala de aula.

- 1) Quanto tempo tem de experiência como mecânico?
- 2) Quais as partes essenciais de um motor a combustão?
- 3) Qual a diferença entre um motor de quatro tempos e um de dois tempos?
- 4) Como eles funcionam?
- 5) Quais as diferenças entre os motores a álcool, a gasolina e a diesel?
- 6) Como funciona o motor de um carro flex?

AULA 8

Encaminhamento metodológico

Após o debate em sala, apresentar os vídeos disponíveis nos endereços abaixo relacionados, complementando as ideias dos alunos e sanando quaisquer dúvidas que possam ter ficado. O vídeo “Diferença entre motores Diesel e Gasolina” explica detalhadamente como acontece cada etapa do funcionamento do motor. Já o vídeo “Diferença entre um motor de 2 e 4 tempos”, deixa claro, além da diferença entre eles, quais as vantagens e onde são utilizados. O Terceiro vídeo deve ser assistida até os 3 min e 36 seg. Intitulado de “Motor flex: mitos ou verdades?” explica o funcionamento do Motor flex e ainda busca sanar algumas dúvidas que costumamos ter sobre o mesmo.



Figura 25: Diferença entre motores Diesel e Gasolina
<https://www.youtube.com/watch?v=RcV6OAZiGSE>

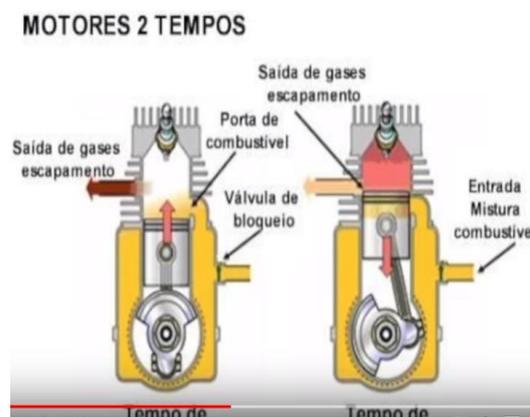


Figura 26: Diferença entre um motor de 2 e 4 tempos
<https://www.youtube.com/watch?v=QDng-C56o1o>



Figura 27: Motor flex: mitos ou verdades?
 Fonte:
<https://www.youtube.com/watch?v=dgXJNiSNRNq>

QUINTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

Papel do professor

O professor poderá usar o Kahoot.it para atender seus objetivos educacionais. É uma boa ferramenta para discutir com os alunos os temas abordados nas questões. Pode ser usada também para resumir um tópico de uma forma divertida, interativa e envolvente. O Kahoot.it será usado para investigar os conhecimentos dos alunos sobre o conteúdo abordado em sala de aula, uma vez que é exemplo de avaliação formativa.

O que se espera

Por tratar-se de um jogo virtual, que utiliza ferramentas do cotidiano dos alunos, espera-se despertar o interesse, revisar os conteúdos trabalhados, aprofundar determinados temas e avaliar o desempenho dos mesmos em sala de aula.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Projetor multimídia
- Vídeo
- Imagens
- Smartphone
- Notebook

Objetivos específicos:

- Aumentar o interesse dos alunos em relação ao conteúdo bem como despertar o gosto pela disciplina;
- Retomar conhecimentos estudados trazendo-os para discussão em grupo.

AULA 9

Encaminhamento metodológico

Trabalhar com o aplicativo kahoot.it, dez questões na qual estará avaliando os alunos e também retomando o conteúdo de forma diferente e agradável.

O professor deve preparar as questões usando o link <http://create.kahoot.it>. Essas questões a serem respondidas deverão ser projetadas para todos os participantes por meio do projetor multimídia.

Para os participantes, é fornecido um código PIN pelo professor, por meio deste código o aluno ou equipe, escolhe um nome e passarão a ter acesso a uma tela que contém as opções de resposta para as questões projetadas. Este layout pode ser transmitido através de diversos dispositivos (PC, tablet, aparelho celular) desde que estejam conectados à internet, através do link, <https://kahoot.it>.

Para elaborar um questionário no Kahooti.it, o professor deverá acessar o link <https://create.kahoot.it> e criar uma conta. Na sequência clique em **Quiz**. Então vai abrir uma janela pedindo para dar um título ao questionário que pretenda criar. Para essa Sequência Didática o título foi “**Termodinâmica**”. Após criar o título no campo destinado, clique em **Go!**

Na tela seguinte aparecerá *Question 1*, onde será digitada a pergunta. Para cada questão, tem a opção de acrescentar imagens ou vídeos para ilustra-la. No canto superior esquerdo aparece as opções **Image** e **Video**. Clique em qual deseja utilizar e depois em **Choose file** para selecionar vídeos ou imagens salvas em seu computador. Para vídeos, basta colar o link diretamente do Youtube na janela que pede ID. O Kahoot dá a opção de escolher em qual ponto o vídeo começa ou termina. Selecione também o **time limit**, indicando o tempo necessário para responder à questão.

Na sequência, role a barra da tela até aparecer quatro janelas em branco destinadas as opções de respostas. Após inserí-las, clique no botão vermelho abaixo da alternativa correta. Ele vai mudar de **Incorrect** para **Correct** e ficará verde. Se tiver mais de uma opção correta, repita o procedimento.

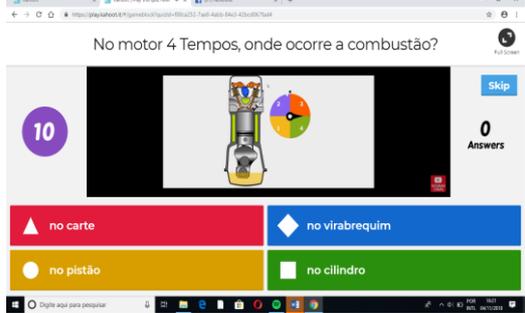
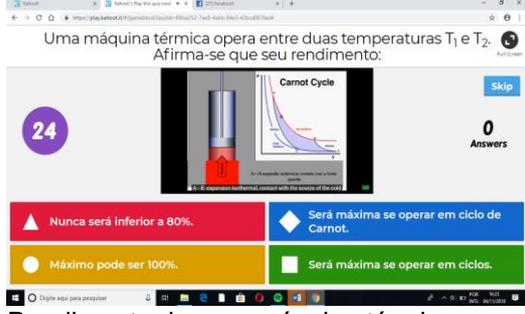
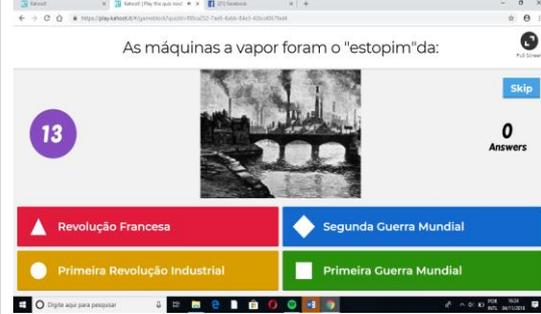
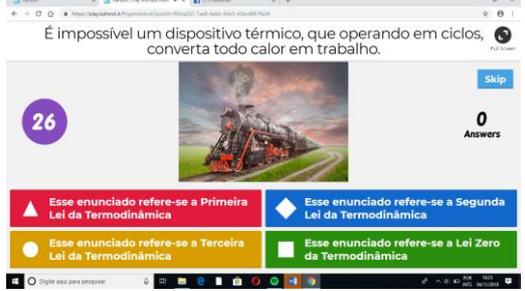
Para criar mais questões, buscar a opção **Add question** no rodapé. Ao clicar nela, outra aba aparecerá com a **Question 2**. Repita os mesmos passos e crie quantas questões julgar necessário. Quando terminar o questionário, no canto inferior direito, clique no botão verde **Save end continue**. Vai aparecer outra tela com a opção de

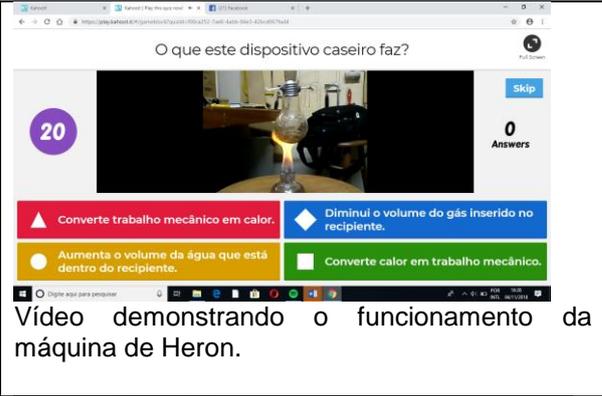
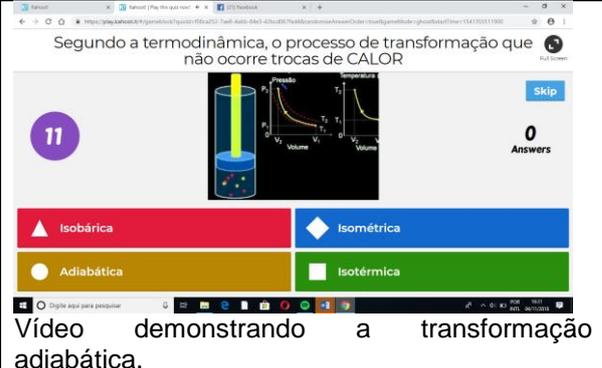
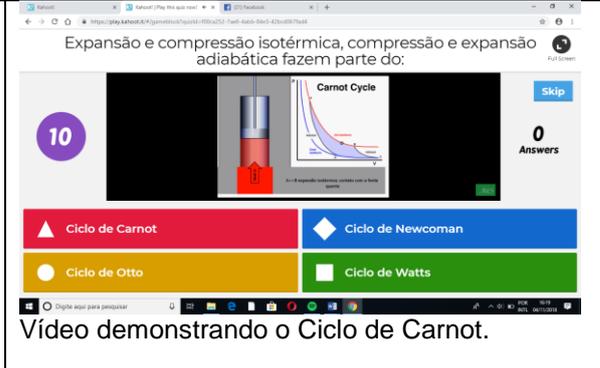
alterar a ordem das questões. Se julgar que está bom, clique novamente em **Save end continue**.

Para jogar clique em **Play** e aparecerá um número **Game Pin**, que deverá ser repassado aos jogadores.

O vídeo disponível no endereço <https://youtu.be/RXgo4HqGpYw>, trata-se de um tutorial que ensina o passo-a-passo de como criar um Quiz com perguntas e respostas utilizando diferentes recursos como imagens, vídeos, animações entre outros.

As questões propostas nesta sequência Didática estão disponíveis no quadro 5 a seguir:

| | |
|---|--|
|  <p>No motor 4 Tempos, onde ocorre a combustão?</p> <p>no cárter no virabrequim no pistão no cilindro</p> |  <p>A expressão que representa o primeiro princípio da termodinâmica relaciona as grandezas:</p> <p>Força, calor e temperatura. Trabalho, energia interna e massa. Calor, trabalho e energia interna. Pressão, massa e temperatura.</p> |
| <p>Vídeo demonstrando os quatro tempos de um motor de combustão interna.</p>  <p>Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2. Afirma-se que seu rendimento:</p> <p>Nunca será inferior a 80%. Será máxima se operar em ciclo de Carnot. Máximo pode ser 100%. Será máxima se operar em ciclos.</p> | <p>Simulador de uma máquina térmica.</p>  <p>As máquinas a vapor foram o "estopim" da:</p> <p>Revolução Francesa Segunda Guerra Mundial Primeira Revolução Industrial Primeira Guerra Mundial</p> |
| <p>Rendimento de uma máquina térmica.</p>  <p>É impossível um dispositivo térmico, que operando em ciclos, converta todo calor em trabalho.</p> <p>Esse enunciado refere-se a Primeira Lei da Termodinâmica Esse enunciado refere-se a Segunda Lei da Termodinâmica Esse enunciado refere-se a Terceira Lei da Termodinâmica Esse enunciado refere-se a Lei Zero da Termodinâmica</p> <p>Locomotiva a vapor.</p> | <p>Grandes chaminés demonstrando o papel das máquinas térmicas na Revolução Industrial.</p>  <p>Um sistema termodinâmico tem 200 J de trabalho realizado sobre ele. Qual o sinal do trabalho?</p> <p>$W = 200 \text{ J}$ $W = -200 \text{ J}$ $W = 200 \text{ kcal}$ $W = -200 \text{ kcal}$</p> <p>Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.</p> |

| | |
|--|---|
|  <p>Vídeo demonstrando o funcionamento da máquina de Heron.</p> |  <p>Imagem de uma máquina térmica.</p> |
|  <p>Vídeo demonstrando a transformação adiabática.</p> |  <p>Vídeo demonstrando o Ciclo de Carnot.</p> |

AULA 10

Atividade Extracurricular

Após as indagações realizadas sobre o jogo, solicitar aos alunos que formulem questões, de preferência, com respostas curtas referente a Termodinâmica, que serão usadas no Jogo de Tabuleiro “Na Trilha da Termodinâmica” em aulas futuras. Cabe ao professor, organizar e digitaliza-las para aproveitar no jogo. Essa atividade poderá ser desenvolvida em casa pelos alunos e ser computadas como atividade avaliativa. Caso haja tempo, podem ser realizadas em sala de aula.

Seminário

Os alunos deverão apresentar suas pesquisas realizadas em equipe em forma de seminário, envolvendo os tópicos a seguir.

- 1- Defina Termodinâmica, levando em consideração a história desta área, sua evolução e as respectivas aplicações.

- 2- Em qual contexto histórico surgiram às máquinas térmicas? Comente utilizando textos, vídeos, imagens e exemplos.
- 3- Caracterize quais as duas ideias essenciais da Segunda Lei da Termodinâmica.
- 4- Defina Ciclo de Carnot relacionando a teoria com exemplos do dia a dia, podem ser usados reportagens, imagens e vídeos.
- 5- Comente qual a diferença entre as máquinas térmicas do tipo frigoríficas e as máquinas térmicas convencionais. Qual a razão desta diferença?
- 6- Quando ouvimos a expressão máquinas térmicas, é comum associá-la à máquina a vapor. Os barcos a vapor, certas locomotivas e as panelas de pressão são máquinas térmicas. Mas você sabia que carros também são máquinas térmicas? Descreva o que ocorre num motor de quatro tempos que funciona em ciclos, com imagens, vídeos ou texto.

A sugestão do trabalho de pesquisa foi retirado da Revista CIATEC – UPF, vol.9 (2), p.p.74-83, 2017 O ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DE PESQUISAS EM FERRAMENTAS DA INTERNET Simone Bonora Mazaro, Luiz Marcelo Darroz.

SEXTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

AULA 11

Papel do professor

O professor deverá explicar as regras do jogo aos alunos e mediar as discussões em relação às questões que os alunos apresentarem dúvidas.

O que se espera

Espera-se que os alunos se sintam motivados a participarem da aula, desenvolvendo o jogo com entusiasmo e comprometimento, assimilando melhor os conteúdos estudados.

Objetivos específicos:

- Trabalhar conceitos relacionados à Termodinâmica
- Relembrar e assimilar os conteúdos estudado
- Desenvolver a cooperação por meio de atividades em equipes

Encaminhamento metodológico: JOGO DE TABULEIRO “NA TRILHA DA TERMODINÂMICA”

O Jogo Pedagógico “Na Trilha da Termodinâmica” tem por objetivo trabalhar conceitos relacionados à disciplina de Física, ou seja, os conteúdos abordados de Termodinâmica no Ensino Médio. Espera-se com o desenvolvimento do jogo os alunos possam relembrar os conteúdos estudados e até mesmo aprender novos conceitos, uma vez que estarão se esforçando para ganhar o jogo.

Série adequada para o jogo

2º ano do ensino médio

Quantidade de jogadores ou equipes

Podem participar até três equipes ou três jogadores.

Material

- 1 tabuleiro.
- 30 cartões com perguntas e respostas referente ao estudo da termodinâmica.
- 01 dado comum (01 a 06).
- 03 marcadores.

Como jogar

A trilha será composta de cinquenta casas ou mais, distribuídas em números e perguntas. As cartas deverão ser colocadas viradas par baixo em forma de monte. As equipes sorteiam entre si a ordem de jogada (par ou ímpar; maior número no dado etc.). A primeira equipe deve jogar o dado e andar a quantidade de casas que tirou.

Caso caia numa casa com ponto de interrogação deve tirar uma carta do monte e, sem olhar para ela, passar à equipe adversária que irá ler para eles. Se conseguirem responder, continua na casa que está após tem andado a quantidade de casas tiradas no dado. Se errar, retorna para onde estava. Se parar numa casa marcada, deverá seguir as instruções do tabuleiro e passar a vez para a outra equipe. Repetir os procedimentos com as outras equipes ou jogadores. Ganha a equipe que chegar primeira ao final da trilha.

Importante: O professor poderá comentar as respostas dadas pelos alunos, fazer correções ou complementações, se necessário, escutar as experiências dos estudantes entre outras coisas que considerar pertinentes.

Variação do Jogo: O jogo de tabuleiro pode ser usado para trabalhar diversos conteúdos, sendo necessário somente trocar as cartas perguntas e respostas. Dessa forma, o professor pode utilizar o jogo para qualquer conteúdo trabalhado ou disciplina. Observação: Neste jogo foi utilizada algumas perguntas respostas formuladas pelos próprios alunos, outras pelo professor e embasadas em algumas questões do jogo Conhecendo a Física, elaboradas pelos professores Marcos Cesar Danhoni Neves e Ricardo Francisco Pereira, o qual serviu de inspiração para desenvolver o Jogo. Porém, é possível formular questões de acordo com a série a ser trabalha. Por exemplo: elaborar questões envolvendo Movimento para trabalhar com o 1º ano do ensino médio, sobre Física Térmica, Óptica e Ondas para o 2º ano, Eletromagnetismo e Física Moderna para o 3º ano.

O tabuleiro demonstrado foi construído no PowerPoint, personalizado com imagens relacionadas a termodinâmica e poderá ser impresso em papel sulfite A3 ou de acordo com a preferência do professor. Também é necessário confeccionar mais jogos, de acordo com o número de alunos da turma que pretenda aplicar. Para atender uma turma de aproximadamente 30 alunos, com grupos de 6 alunos por tabuleiro e estes divididos em 2 equipes de 3 integrantes, são necessários 5 tabuleiros. Os marcadores e os dadinhos podem ser construídos pelo professor ou ser utilizados

brinquedos, como o demonstrado na figura 28, que são fáceis de serem encontrados e com um custo bem acessível. A figura 29 ilustra o tabuleiro do jogo.

Figura 28: Acessórios do Jogo Na Trilha da Termodinâmica.



Figura 29: Tabuleiro do Jogo Na Trilha da Termodinâmica (tamanho real A3).

NÀ TRILHA DA TERMODINÂMICA

JOGO DE TABULEIRO – Prof. Robineide Borges de Souza

L A R G A D A

Se chegou até aqui é porque mandou muito bem. Como prêmio avance 1 casa.

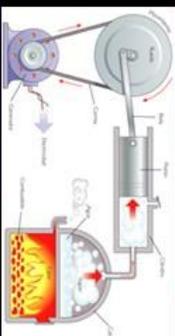
Você sabia que máquina de Heron inventado no século I não teve uma aplicação prática na época. Volte para a largada.

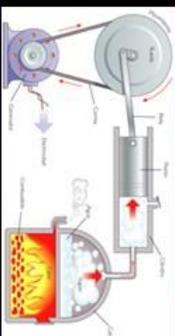
As máquinas térmicas tiveram um papel significativo no desenvolvimento tecnológico do mundo. Avance 3 casas.

O motor de um foguete usa o calor de combustão para realizar trabalho impulsionando o veículo de lançamento. Avance 2 casas.

A Termodinâmica está presente em nosso cotidiano. Como exemplo podemos citar os fenômenos meteorológicos. Volte 3 casas.

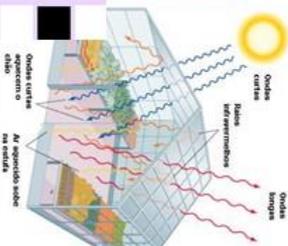
Os automóveis são exemplos de máquinas de combustão interna. Vá para a casa 44.











| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 1 | 2 | 3 | ? | 5 | ? | 7 | 8 | ? | ? | 11 | 12 | ? | 14 | 15 | 16 | | | |
| 38 | 32 | ? | 30 | 29 | 28 | 27 | ? | 25 | 24 | 23 | ? | 22 | 21 | ? | 19 | | | |
| 34 | ? |  | | 36 | 37 | ? | 39 | 40 | 41 | ? | 43 | 44 | ? | 46 | 47 | 48 | ? | 50 |
| ? | ? | | | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? |
| ΔU = Q - W | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C H E G A D A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| <p style="text-align: center;">NA TRILHA DA TERMODINÂMICA</p> <p style="text-align: center;">Cartões perguntas e respostas</p> | |
|--|---|
| <p>Em que etapa da história ocorreu a descoberta da utilidade da energia liberada da queima do carvão como uma forma de impulsionar as máquinas a fazerem um trabalho que antes dependeria de muita força bruta humana?</p> <p>R: Primeira Revolução Industrial</p> | <p>A primeira lei da Termodinâmica relaciona três grandezas físicas presentes na natureza. Quais são elas?</p> <p>R: Trabalho, calor e energia</p> |
| <p>Que parte é responsável por lançar uma faísca que explode a mistura “ar e combustível” impulsionando violentamente o pistão para baixo?</p> <p>R: Vela</p> | <p>Como são chamadas as válvulas responsáveis por abrir passagem para os gases da explosão para fora do cilindro?</p> <p>R: Válvulas de exaustão</p> |
| <p>Que parte é responsável por lançar uma faísca que explode a mistura “ar e combustível” impulsionando violentamente o pistão para baixo?</p> <p>R: Vela</p> | <p>Dentro de qual parte do motor ocorre a explosão?</p> <p>R: Cilindro</p> |
| <p>No motor de quatro tempos, em qual fase ocorre a entrada do ar e do combustível no cilindro?</p> <p>R: Admissão</p> | <p>Em qual fase do motor de quatro tempos, o pistão queima o combustível comprimindo a mistura?</p> <p>R: Compressão</p> |
| <p>O que ocorre com a entropia do Universo em um processo natural espontâneo?</p> <p>R: Aumenta</p> | <p>O experimento Berço de Newton representa qual tipo de processo termodinâmico?</p> <p>R: Processo reversível</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Verifique se a afirmação abaixo é verdadeira ou falsa: A única máquina térmica que tem eficiente de 100% é a Máquina de Carnot. R: Falso, não existe máquina térmica que operando em ciclos obtenha rendimento de 100%.</p> | <p>Como são chamados os processos termodinâmicos que ocorrem em um determinado sentido, porém não ocorrem em sentido contrário? R: Processos irreversíveis</p> |
| <p>Quais são as etapas de um motor de quatro tempo? R: Admissão, compressão, expansão e exaustão</p> | <p>O sonho dos inventores é produzir uma máquina térmica perfeita. O que faria tal máquina? R: A conversão total de calor em trabalho</p> |
| <p>Essa afirmação é verdadeira ou falsa: “Não é recomendado calibrar os pneus após o veículo ter percorrido um longo percurso por que o ar do interior do pneu aquece com o atrito com o solo e passa a ocupar mais espaço. Ao esfriar, o pneu terá a pressão abaixo da calibrada inicialmente”. R: Verdadeira</p> | <p>Como é chamada a Lei da termodinâmica que trata sobre o equilíbrio térmico dos corpos? R: Lei Zero da Termodinâmica</p> |
| <p>O que é necessário para que se tenha uma transformação isovolumétrica? R: Que o volume do gás permaneça constante</p> | <p>Em uma transformação isotérmica, se aumentarmos o volume, o que acontece com a pressão do gás? R: A pressão diminui</p> |
| <p>Como é chamada a transformação onde a temperatura permanece constante e variam somente a pressão e o volume do gás? R: Transformação isotérmica</p> | <p>Qual a transformação onde a pressão permanece constante e há variação da temperatura e do volume do gás? R: Transformação isobárica</p> |

O estado termodinâmico de um gás é definido por três grandezas físicas. Quais são elas?

R: Volume, pressão e temperatura

Quando um gás sofre uma expansão, qual o sinal do trabalho realizado?

R: Trabalho é positivo

Quando um gás sofre compressão, o trabalho é negativo, pois o meio realiza trabalho sobre o ele. O que acontece com o volume do gás nessa situação?

R: Diminui

Cite pelo menos um tipo de combustível utilizado nas primeiras máquinas térmicas?

R: Carvão/lenha/madeira...

Qual o trabalho realizado numa transformação isovolumétrica ao receber calor do meio externo?

R: O trabalho é nulo.

Como é chamada a transformação onde uma massa gasosa, partindo do estado inicial, sofre uma transformação e retorna ao estado inicial?

R: Transformação cíclica

Cite pelo menos uma das vantagens dos Motores Quatro Tempos em relação aos Motores de Dois Tempos.

R: Baixo consumo/baixa emissão de gases

Apesar de raro, o Motor de Dois Tempos ainda são utilizados nos dias atuais. Dê um exemplo.

R: Motos de Corridas

O calor não migra espontaneamente de um corpo de temperatura mais baixa para outro de temperatura mais alta. Esse é o enunciado de qual lei da termodinâmica?

R: Segunda Lei da Termodinâmica

O princípio da conservação de energia afirma que o valor da energia de um sistema é constante, não podendo ser criada ou destruída, apenas transformada. A qual lei da termodinâmica esse princípio se refere?

R: Primeira Lei da Termodinâmica

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO

A implementação dessa sequência didática por si só não garante a eficiência do processo de ensino-aprendizagem, tão pouco tem essa pretensão, pois somos conhecedores dos diversos fatores que impedem a aquisição total do conhecimento. No entanto, o produto educacional proposto tem como objetivo, auxiliar os professores de Física na preparação de suas aulas, buscando proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem motivador. Assim, foi elaborado utilizando recursos didáticos diferenciados, que contribuem para a aprendizagem, motivação, participação e discussão nas aulas de Física, sem perder o rigor científico necessário.

A sequência didática foi construída de acordo com as orientações de Zabala (1998), explorando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, atendendo a documentos oficiais que orientam a educação brasileira e assinalam para a formação de cidadãos críticos, que saibam agir e atuar no ambiente em que vive.

Com esse olhar, a sequência didática sobre Leis da Termodinâmica e Máquinas Térmicas foi desenvolvida em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma instituição pública. Por meio da implementação dessa sequência foi possível perceber alguns resultados, que podem ser considerados positivos, uma vez que os alunos se mostraram bastante participativos e empolgados com as atividades propostas. Em todas as atividades houve participação dos mesmos, mas não podemos deixar de destacar a relevância dos jogos educacionais, que tanto o virtual quanto o de tabuleiro, proporcionaram um diferencial durante as aulas. Foi notório a colaboração entre os alunos e a participação do trabalho em equipe. Podemos afirmar ainda que o enfoque diferenciado que foi apresentado nesta sequência, minimizaram o peso que a disciplina tem perante os alunos, tornando-os mais próximos da disciplina e do conhecimento abordado.

Verificamos ainda, o desenvolvimento da habilidade da expressão oral, que por meio das rodas de conversa, debates e seminários, os alunos tiveram bastante participação, mesmo aqueles mais quietos. Desse modo, podemos inferir que o material proposto possui potencial pedagógico e pode ser aplicado por outros professores a alunos de diversas regiões, visto que os materiais utilizados são de fácil acesso e podem ajudar no desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem.

Referências

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio da Silva. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia, óptica**, Vol 2 – 3ª Edição. São Paulo: FTD, 2016.

CASSETTARI, Fernando Taranto. **Estudo de caso: uso de um quiz game para revisão de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2015.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. **A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física**. Rev. Ensaio. Belo Horizonte. Volume 09 , n.02 (p.222-237) 2007.

PEREIRA, R. F. **Recursos de Física**. Disponível em: <<http://www.recursosdefisica.com.br/>>. Acesso em: 27 out. 2017.

PINTO, Ingrid Kelly L. dos S., SILVA, Ana Paula B. da. **As Leis Da Termodinâmica, Sadi Carnot e as Transformações Sociais**. Física na Escola, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf> . Acesso: 17 jun. 2018.

SAVI, Arlindo. A. COLUCCI, César Canesin. **Termodinâmica** – Coleção Formação de Professores em Física – EAD, v. 10, Eduem. Maringá, 2010.

Valadares, E. C. **Física mais que divertida**. Belo Horizonte: UFMG, 2000. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>> Acesso: 26 mai. 2018.

YOUNG, H. D. FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky Física II Termodinâmica e Ondas**. 12 ed. São Paulo: Pearson, 2013.

ZABALA, A. **A Prática Educativa - como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.