

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA - POLO CAMPO MOURÃO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

Joslaine de Lima

Campo Mourão
2016



Joslaine de Lima

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a Dra^a Roseli Constantino Schwerz

Co-orientador: Prof^o Dr^o Michel Corci Batista

Campo Mourão
2016

,

.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

L732s Lima, Joslaine de

Sequência didática para o ensino da termodinâmica/ Joslaine de Lima.--. 2016.

44 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Profa. Dra. Roseli Constantino Schwerz.

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Campo Mourão, 2016.

Inclui bibliografias.

1. Termodinâmica. 2. Física (Ensino médio) 3. Física – Dissertações. I. Schwerz, Roseli Constantino, orient. II. Batista, Michel Corci, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Campo Mourão
Lígia Patrícia Torino CRB 9/1278

TERMO DE APROVAÇÃO

Titulo da dissertação:

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

por

Joslaine de Lima

Esta dissertação foi apresentada às 15h45min do dia **26 de agosto de 2016** como requisito parcial para a obtenção do titulo de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de **Mestrado** Profissional em *Ensino de Física* do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho Aprovada (aprovado ou reprovado).

Michel Corci Batista

Prof. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ivan Marcelo Laczowski

Prof. Dr. Ivan Marcelo Laczowski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Otávio A. Sakai

Prof. Dr. Otávio Akira Sakai
Instituto Federal do Paraná

Dedico esta dissertação a minha família.

Agradecimentos

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida. Aos meus Orientadores pelo auxílio em todas as fases dessa pesquisa. E ao Colégio Agrícola de Campo Mourão, direção e alunos, pela oportunidade de aplicar o projeto de pesquisa.

RESUMO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

Joslaine de Lima

Orientadora:
Prof^a Dra^a Roseli Constantino Schwerz

Co-orientador:
Prof^o Dr^o Michel Corci Batista

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF - Polo 32), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

A proposta deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma sequência didática para o ensino da termodinâmica com a utilização de TIC. O desenvolvimento deste material foi baseado principalmente na orientação de Marco Antônio Moreira (2012) sobre Unidades de Ensino Potencialmente Significativa e aplicado em uma turma do 2º ano do Ensino médio, em um Colégio da rede pública de ensino de Campo Mourão, no Paraná. Foram utilizados vídeos e simuladores como forma de propor uma situação/problema para levar os alunos a discutirem sobre os temas, além de questões levantadas de modo a identificar o conhecimento prévio dos alunos referente ao conteúdo abordado.

Palavras-chave: Ensino de Física. Recursos Didáticos. Termodinâmica.

Campo Mourão
2016

ABSTRACT

DIDATIC SEQUENCE FOR THERMODYNAMICS TEACHING

Joslaine de Lima

Supervisor(s):
Roseli Constantino Schwerz
Michel Corci Batista

Submitted Thesis to Post Graduation Program at Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Federal Technological University of Paraná) Mastering in Physics Professional Teaching (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree at Mastering in Physics Teaching.

The purpose of this study was to develop and to implement a didactic sequence for thermodynamics teaching with the use of ICT. The development of this material was mainly based on the guidance of Marco Antônio Moreira (2012) concerning Potentially Significant Teaching Units. It was implemented in a 2nd grade class at a public High School, in the city of Campo Mourão PR. Videos and simulators were used in order to propose a contextualization to lead students to discuss the issues, besides raising other issues in order to identify the students' background knowledge regarding the target content.

Keywords: Physics education. Pedagogical Resources. Thermodynamics.

Campo Mourão
2016

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Reposta dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria	15
Tabela 2: Reposta dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria	16
Tabela 3: Reposta dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria	17
Tabela 4: Reposta dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria	18
Tabela 5: Reposta dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria	19
Tabela 6: Respostas dos alunos as questões propostas no vídeo	30

LISTA DE FÍGURAS

Figura 1: página inicial do simulador sobre propriedades dos gases	21
Figura 2: interface do simulador do site Educacional que permite o estudo de processos isotérmicos, isobáricos e isocóricos	28
Figura 3: Situações demonstradas no vídeo sobre transformações gasosas	29
Figura 4: Máquina térmica construída com materiais de baixo custo	37
Figura 5 – Simulador utilizado no vídeo	37

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2: REFERÊNCIAL TEÓRICO	3
2.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	4
2.1.1 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.....	4
2.1.2 Organizadores Prévios.....	5
2.1.3 Avaliações.....	6
2.2 O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO....	7
2.3 A UTILIZAÇÃO DO VÍDEO EM SALA DE AULA.....	8
2.4 O USO DAS SIMULAÇÕES EM SALA DE AULA.....	9
CAPÍTULO 3: PERCURSO METODOLÓGICO.....	11
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	11
3.2 SUJEITOS DA PESQUISA.....	11
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	11
3.4 AÇÕES DA PESQUISA E COLETAS DE DADOS.....	12
3.5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E COLETA DE DADOS..	12
CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 PRIMEIRO MÓDULO: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE.....	14
4.2 SEGUNDO MÓDULO: ENERGIA E TRABALHO.....	17
4.3 TERCEIRO MÓDULO: A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.....	25
4.4 QUARTO MÓDULO: SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA E O FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS.....	33
4.5 O FECHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	35
4.6 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EM FORMA DE OFICINA PARA PROFESSORES DE FÍSICA DO NÚCLEO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE CAMPO MOURÃO.....	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL.....	44

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Atualmente muito se tem feito para melhorar o ensino da física, tendo em vista as dificuldades encontradas pelo professor, seja pela redução da carga-horária ou pelo desinteresse do educando pela disciplina. Além disso a termodinâmica tem sido um dos conteúdos que os alunos possuem maior dificuldade em compreender os conteúdos físicos envolvidos, pois possuem dificuldade em visualizar os fenômenos, levando a um desinteresse do aluno pela disciplina.

O professor de física também enfrenta problemas em ministrar seus conteúdos devido a diminuição na carga-horária da disciplina, a falta de laboratórios de física para a realização de experimentos, ou se a escola possui o laboratório, na maioria das vezes o professor não foi capacitado para trabalhar com os equipamentos, o excesso de alunos nas turmas também impossibilita o professor de realizar atividades no laboratório.

É necessário que o professor consiga atrair a atenção do aluno para o novo conhecimento, neste ponto, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios a fim de realizar uma ligação significativa entre o novo conhecimento e o conhecimento já existente. Além disso, outro fator que influencia a aprendizagem significativa é a disposição do aprendiz para aprender.

Baseado nessas premissas da aprendizagem significativa é que surgem as TIC, podendo ser utilizadas como um modo de inserção de “realidade”, ou aproximação da teoria com o mundo real, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vêm cada vez mais sendo agregadas ao ensino. As TIC podem assumir a forma de texto, vídeo, imagem ou som, sendo que o seu uso influenciou profundamente o surgimento da atual sociedade da informação.

De acordo com Gonçalves (2003), as novas TIC são recursos auxiliares do aprendizado, visto que podemos obter conhecimento por meio da interatividade e da visualização de modelos baseados na realidade,

combinando interação e entretenimento para auxiliar o ensino-aprendizagem. Além disso, a inserção de aulas em laboratório de informática pode ser um fator motivacional para os alunos.

Este trabalho também é embasado teoricamente nas UEPS, segundo Moreira (2012, p.2) as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas UEPS “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”.

Deste modo, considerando dois pontos importantes no processo de aprendizagem significativa, para o desenvolvimento de uma UEPS, material potencialmente significativo e a pré-disposição a aprender, as TIC surgem como potenciais ferramentas a serem utilizadas neste processo. Vídeos e simuladores, por exemplo, podem ser utilizados tanto como organizadores prévios, fazendo a ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve aprender, ao mesmo tempo que também pode despertar ou impulsionar sua vontade para aprender.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma sequência didática para o ensino da termodinâmica com a utilização de TIC. O desenvolvimento deste material foi baseado principalmente na orientação de Marco Antônio Moreira (2012) sobre UEPS e aplicado em uma turma do 2º ano do Ensino médio, do Centro Estadual de Educação Profissional da cidade de Campo Mourão – Paraná. Para isso fez-se necessário pensar em alguns objetivos específicos:

- Propor a utilização de TIC no ensino de Termodinâmica;
- Aplicar as orientações de uma UEPS na construção da sequência didática;
- Análise do processo de ensino e aprendizagem utilizando o material aplicado em sala de aula.

CAPÍTULO 2

REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Ausubel (1980, 2000), o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Para ele, aprendizagem é organização e integração do novo material na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel (2000) parte da premissa de que na mente do indivíduo há uma estrutura na qual a organização e a integração da informação se processam: é a estrutura cognitiva, entendida por este, como o conteúdo total de ideias de um indivíduo e sua organização, ou o conteúdo e a organização de suas ideias, em uma determinada área de conhecimento.

Portanto, a aprendizagem significativa ocorre quando novos conceitos, ideias, interagem com outros conhecimentos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade. Ou seja, novos conhecimentos são associados a conhecimentos pré-existentes.

Para Moreira (2013), a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e essa interação não é literal e nem arbitrária. Ou seja, além de ser capaz de fazer essa associação o aprendiz deve apresentar disposição para aprender. Nesse processo, os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

Ainda de acordo com o mesmo autor, este conhecimento que o aluno já possui é relevante à nova aprendizagem, Ausubel chamava de subsunçor ou “ideia-âncora”. Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles.

É fundamental identificar o conhecimento prévio do educando, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores. Porém, como alerta Moreira (2013), dizer que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora, pode, em alguns casos, ser a bloqueadora dos conhecimentos. Segundo ele, existem duas condições para a aprendizagem significativa: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

A primeira condição implica que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e a segunda que o aprendiz tenha em sua estrutura cognitiva idéias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado. Quer dizer, o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-literal (MOREIRA. p. 11. 2013).

Para Santos (2008) O que faz com que um aluno mostre maior ou menor disposição para aprender? Digamos que é um misto de condições que pertencem ao universo do aluno e a própria situação de ensino, ao “contexto físico” da aprendizagem, que é resultante da pré-disposição do professor em promover uma aprendizagem superficial ou profunda. Perseguir, pois uma aprendizagem profunda significa organizar os elementos que compõem a situação de ensino de uma forma motivacional, desafiadora, e cuidar da relação pessoal com os alunos para que ela possa ser suporte para o despertar no universo do aluno, um panorama favorável ao “mergulho necessário”

Portanto promover a aprendizagem significativa é parte de um projeto educacional libertador, que visa à formação de homens conscientes de suas vidas e dos papéis que representam nelas. É impossível ensinar liberdade, cerceando ideias, oprimindo participações e ditando verdades.

2.1.1 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

Conforme Moreira (2011) na escola formal os professores apresentam para os alunos conhecimentos que eles deveriam saber, enquanto os alunos

copiam esses conhecimentos como se fossem informações que eles deveriam decorar para preencher a prova, esquecendo-as logo após. Este modelo de ensino configura a forma clássica de ensinar e aprender, que se baseia na narrativa do professor e na aprendizagem mecânica do aluno.

Para tentar mudar esse quadro de ensino clássico, surgem as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, que conforme define Moreira (2011, p.67) UEPS “são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula”.

Moreira (2011) cita alguns aspectos sequencias a serem seguidos para uma UEPS:

Definir o tópico a ser abordado identificando seus aspectos e procedimentos a serem incluídos no contexto do conteúdo a ser inserido no contexto da matéria. Propor situações-problema em nível introdutório, para identificar o conhecimento prévio dos alunos, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento.

Criar/propor situações para serem discutidas em sala de aula. Após serem trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento (conteúdo) a ser aprendido/ensinado. Retomar o conteúdo em seus aspectos mais gerais, após o estruturante, que é aquilo que efetivamente se pretende ensinar, através de uma nova apresentação. Concluir a unidade retomando as características mais relevantes do conteúdo através da leitura de um texto, ou o uso de um recurso computacional, áudio-visual. O importante é a forma de trabalhar o conteúdo não a estratégia em si.

A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua aplicação e ao final devera haver uma avaliação somativa e individual. A existência da UEPS somente será considerada se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidencias de aprendizagem significativa.

2.1.2 Os organizadores prévios

Ausubel et al (1980), defende o uso dos Organizadores Prévios pois, facilitam a incorporação e longevidade do material aprendido significativamente

de em dois modos. No primeiro, eles se apoiam em conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, não apenas o novo material se torna familiar e significativo para o aprendiz, mas os conceitos já existentes são selecionados e utilizados de forma integrada. No segundo, os organizadores, quando elaborados em um nível adequado de inclusividade, tornam possível a subordinação sob condições especificamente relevantes, oferecem uma ótima base. Caberá sempre ao educador a elaboração dos Organizadores Antecipatórios, pois ele possui o conhecimento necessário para compor o organizador com a generalidade e relevância necessárias. Segundo Moreira e Masini (1982), organizador é:

Material introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, porém em nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si e, explicitamente, relacionado às idéias relevantes existentes na estrutura cognitiva e à tarefa de aprendizagem. Destina-se a facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender o novo material de maneira significativa. É uma espécie de ponte cognitiva (MOREIRA e MASINI, 1982, p. 103).

Organizadores prévios são propostos como um recurso instrucional potencialmente facilitador da aprendizagem significativa, no sentido de servirem de pontes cognitivas entre novos conhecimentos e aqueles já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Moreira (2013), organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

2.1.3 Avaliações

Conforme Moreira (2011), a avaliação da aprendizagem se dá de várias formas e cabe ao professor escolher qual utilizar, ou até mesmo utilizar todas

as formas de avaliação, entre elas o professor poderá avaliar a atividade colaborativa do aluno, analisando a resolução de tarefas (problemas, mapas conceituais, construção de um modelo, realização de uma experiência de laboratório, etc.) em pequenos grupos (dois a quatro participantes), com participação de todos integrantes e apresentação, ao grande grupo, do resultado, do produto, obtido; esse resultado deve ser alcançado como um consenso do pequeno grupo a ser apreciado criticamente pelo grande grupo.

O professor também pode fazer uma avaliação formativa onde ele irá avaliar o progresso do aluno ao longo de uma fase de sua aprendizagem; a que contribui para a regulação da aprendizagem, em andamento, no progressivo domínio de um campo conceitual; é uma avaliação contínua e ocupada com os significados apresentados e em processo de captação pelo aluno.

E ainda realizar uma avaliação somativa buscando avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade, em exames finais.

2.2 O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO

A sociedade atual está passando por um período de transformações devido aos impactos causados pelas TIC. Para Lévy (1999), esta é a sociedade do conhecimento, na qual há grande relação da sociedade com o saber, que está associado às novas formas de aprender, transmitir e produzir conhecimentos. Castells (2000) define a sociedade atual como uma sociedade em rede, ou sociedade da informação é caracterizada pela aparência social que sobressai sobre a ação social, que é dominada pelo capitalismo podendo ser percebida pela presença de redes e sua relação com outras redes, ou seja, as pessoas em todas as partes do mundo estão conectadas através da internet, e se relacionam virtualmente. Essas redes “têm a capacidade de expansão global sem limite, de forma aberta, dinâmica, capaz de integrar outros nós que compartilham a mesma forma de comunicação” (CASTELLS, 2000, p. 498).

Para ambos autores, as tecnologias eliminaram as fronteiras físicas e temporais, que favorece a troca de informações, negócios e ideias, resultando na necessidade de competitividade baseada na qualidade de produtos e serviços. Sendo assim, Moraes (2002) também reforça que há sinais evidentes de um novo ciclo com traços e características cada vez mais globalizados. É um mundo que se tornou pequeno, homogêneo e plural, articulado e multiplicado mediante o uso de recursos interativos de voz, de dados, de imagens e de textos.

Conforme Maia (2003), as TIC dizem respeito aos métodos, procedimentos e equipamentos usados para processar a informação e transmiti-la aos interessados. As TIC podem assumir a forma de texto, vídeo, imagem ou som, sendo que o seu uso influenciou profundamente o surgimento da atual sociedade da informação.

De acordo com Gonçalves (2003), as novas TIC são recursos auxiliares do aprendizado, visto que podemos obter conhecimento por meio da interatividade e da visualização de modelos baseados na realidade, combinando interação e entretenimento para auxiliar o ensino-aprendizagem. Além disso, a inserção de aulas em laboratório de informática pode ser um fator motivacional para os alunos.

2.3 A UTILIZAÇÃO DO VÍDEO EM SALA DE AULA

MORAN (2002) diz que “o vídeo explora o ver, o visualizar, o ter diante de nós as situações, as pessoas, os cenários, as cores, as relações espaciais.” Sendo importante para o ensino da física, já que muitos conceitos o aluno não consegue visualizar somente com a explicação do professor. Couto (2008) define o vídeo como uma animação composta por fotos sequenciais,

O vídeo, do latim *eu vejo*, é uma tecnologia de processamento de sinais eletrônicos analógicos ou digitais para capturar, armazenar, transmitir ou apresentar imagens em movimento. A aplicação principal da tecnologia de vídeo resultou na televisão, com todas as suas inúmeras utilizações, seja no entretenimento, na educação, engenharia, ciência, indústria, segurança, defesa, artes visuais. O termo vídeo ganhou com o tempo uma grande abrangência. Chama-se também de vídeo uma gravação de imagens em movimento, uma animação composta por fotos sequenciais que resultam em uma imagem animada, e principalmente as diversas formas de gravar

imagens em fitas (analógicas ou digitais) ou outras mídias (COUTO, 2008, p. 52).

O vídeo é uma forma de envolver o aluno no conteúdo, de aproximá-lo da teoria, conforme Moran (1995):

O vídeo parte do concreto, do visível, do imediato, próximo, que toca todos os sentidos. Mexe com o corpo, com a pele - nos toca e "tocamos" os outros, estão ao nosso alcance através dos recortes visuais, do close, do som estéreo envolvente. Pelo vídeo sentimos, experienciamos sensorialmente o outro, o mundo, nós mesmos (MORAN, p. 1, 1995).

O professor deve escolher com cuidado o vídeo que irá inserir em seu conteúdo didático. Para Moran (1995), ao apresentar um vídeo em sala de aula, o professor deve seguir alguns passos. Antes da exibição, recomenda-se: informar aos alunos os aspectos gerais do vídeo, não interpretar o vídeo antes e não pré-julgar. O professor deve assistir ao vídeo antes de passar aos alunos, conhecê-lo, ver se possui qualidade de conteúdo. Durante a sua exibição, recomenda-se que seja anotadas as cenas mais importantes, observar as reações do grupo. Após a exibição, deve-se voltar o vídeo ao começo e rever as cenas mais importantes ou difíceis. Se o vídeo for complexo, é necessário exibi-lo uma segunda vez, chamando a atenção dos alunos para determinadas cenas, para a trilha musical, diálogos, situações. Passar quadro a quadro as imagens mais significativas. Observar o som, a música, os efeitos, as frases mais importantes.

2.4 O USO DAS SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

Para Medeiros (2002), as simulações não são simples animações, elas envolvem vários tipos de tecnologias, indo do vídeo à realidade virtual e podendo ser classificadas em diversas categorias gerais fundamentadas no grau de interatividade entre o aprendiz e computador. Essa interatividade se dá ao fato de que o programa é capaz de fornecer não apenas uma animação isolada de um fenômeno em causa mas, muitas animações alternativas. Sendo que, qualquer simulação está baseada em um modelo de uma situação real, modelo este que é calculado e processado pelo computador a fim de fornecer animações de uma realidade virtual. Assim, a construção de uma

simulação computacional está baseada na existência de um modelo que lhe dá suporte e que lhe confere significado.

Medeiros (2002) lista os benefícios trazidos pelas simulações computacionais no ensino da ciência:

“Reduzir o 'ruído' cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos; fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos; permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente; permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses; engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade; envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica; apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos; tornar conceitos abstratos mais concretos; reduzir a ambigüidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos; servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão do papel de um laboratório; desenvolver habilidades de resolução de problemas; promover habilidades do raciocínio crítico; fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos; auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta; acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual” (MEDEIROS, p. 3. 2002).

CAPÍTULO 3

PERCURSO METODOLÓGICO

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este trabalho foi realizado no Colégio Agrícola de Campo Mourão - Paraná, em uma turma de segundo ano do ensino médio, no 3º bimestre do ano letivo de 2015.

Definido o conteúdo do trabalho e após a revisão de literatura, foram elaborados os planos de aula, que dariam o suporte para a construção da sequência didática. De acordo com Batista (2016), sequência didática pode ser entendida como uma proposta metodológica determinada por um conjunto de atividades ordenadas e articuladas entre si.

Então foram realizadas as intervenções em sala de aula no período que foi de 24/08/2015 a 09/11/2015, data que correspondeu ao 3º bimestre do ano letivo de 2015.

3.2 SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com 26 alunos de ambos os gêneros da 2ª série do Ensino Médio de um colégio público estadual localizado na periferia do município de Campo Mourão-PR. Esta participação foi voluntária e os sujeitos, seus responsáveis e a direção escolar tinham conhecimento prévio de todos os procedimentos experimentais realizados.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os dados utilizados nesse trabalho foram coletados no decorrer da aplicação do projeto em sala de aula, por meio de questionários e observações realizadas pelo professor em sala de aula. Também foram utilizados os vídeos produzidos pelos alunos ao final da implementação da sequência didática.

Salientado que os registros referente às observações foram parciais e temporários, sendo realizados ao final de cada aula, seguindo instruções de Moreira e Caleffe (2008), para que pudessem ser utilizados na elaboração de registros permanentes.

A utilização dos questionários prévios teve como objetivo identificar o conhecimento dos alunos referente ao conteúdo das leis da termodinâmica. Em cada aula foram aplicadas questões para levantar discussões sobre o assunto a ser trabalhado no dia.

3.4 AÇÕES DA PESQUISA E COLETA DE DADOS

Durante 9 encontros, de duas aulas por encontro, os alunos foram direcionados ao laboratório de informática do Colégio onde participaram da implementação da sequência didática proposta. Após a aplicação dos planos de aula, constatou-se que a sequência didática (Apêndice A) poderia ser reestruturada em 12 aulas.

Os alunos se reuniram em duplas ou trios, conforme suas afinidades, e responderam a questionários aplicados para identificar seus conhecimentos prévios, assistiam vídeos e visualizavam simuladores. Nestes momentos, tiveram a oportunidade de interagir com o professor e os colegas, e responderam as atividades propostas pelo professor.

Todas as respostas dadas pelos alunos foram recolhidas pelo professor, que também registrava os comentários relevantes em um diário de aula. Os alunos também produziram vídeos para explicar o que compreenderam sobre o conteúdo. Por fim, também realizaram uma avaliação com questões discursivas e objetivas ao final da aplicação da sequência didática.

3.5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA E COLETA DE DADOS

A sequência didática desenvolvida neste trabalho foi estruturada seguindo os pressupostos do modelo de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostos por Moreira (2013). Ela foi desenvolvida tendo como base a utilização de vídeos, simuladores e animações, classificados como TIC. Também se buscou centralizar o ensino no aluno, com questões introdutórias e situações-problemas mediadas pelo professor, de tal modo que o aluno pudesse expressar e discutir seus conceitos com seus pares e com o professor. Esse conjunto de ações principais tem por objetivo propiciar um processo de ensino com aprendizagem significativa.

Essa proposta buscou tornar a aula mais dinâmica, modificando o processo tradicional de ensino a fim de despertar no aluno a predisposição para aprender, sempre se utilizando de meios para relacionar o seu conhecimento prévio, da sala de aula ou cotidiano, com os novos conceitos apresentados pelo professor.

Estratégias facilitadoras para aprendizagem significativa, como organização sequencial do conteúdo e consolidação dos conhecimentos prévios dos alunos, foram levadas em consideração nesta proposta. Assim, além da sequência didática ter a intensão de apresentar uma ordem lógica, hierárquica do conteúdo, procurou-se sempre analisar o domínio dos conhecimentos prévios pelos alunos para a partir de então introduzir novos conceitos. Isso foi realizado por meio, por exemplo, de exercícios e situações-problemas, com progressivos graus de dificuldades, almejando o processo contínuo de diferenciação e integração dos conceitos pelos alunos.

A sequência didática proposta nesse trabalho, e que está em anexo no Apêndice, foi dividida em cinco módulos para uma melhor descrição.

- Módulo 1 - Ciência Tecnologia e Sociedade: Discutindo o conceito de trabalho
- Módulo 2 - Energia e Trabalho
- Módulo 3 - Primeira Lei da Termodinâmica e as Transformações dos gases
- Módulo 4 - Segunda Lei da Termodinâmica e as Máquinas Térmicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRIMEIRO MÓDULO: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE: DISCUTINDO O CONCEITO DE TRABALHO

Este primeiro módulo é utilizado para analisar o conhecimento prévio dos alunos e introduzir o conteúdo da termodinâmica. Assim, o professor iniciou a aula com enfoque na revolução industrial que se iniciou na Inglaterra. Para isto foi utilizado um vídeo¹. Esse vídeo relata sobre a criação da primeira máquina de tear manual, passando pelo aperfeiçoamento da máquina mecânica, movida por meio da força da água corrente, até a máquina à vapor desenvolvida por de James Watts. A animação apresenta as condições da sociedade nas diferentes épocas, e como o advento das máquinas modificaram a vida do trabalhador e sua relação com o trabalho, além das resistências da sociedade pela substituição de boa parte do trabalho manual pelas máquinas então utilizadas.

Posteriormente ao vídeo, foram levantadas com os alunos as questões iniciais sobre a temática da aula: (1) Qual a relação da revolução industrial com a física?; (2) Você conhece o termo termodinâmica? Saberá definir?; (3) Como a termodinâmica aparece na nossa vida cotidiana? Onde ela pode ser observada? No que ela é importante?.

Os alunos discutiram as questões em dupla, transcreveram em uma folha de papel. Após responderem, o professor solicitou que algumas duplas fizessem a leitura de suas respostas para o grande grupo, a fim de gerar um debate na classe. Ao final do debate entregaram as respostas ao professor. Com o intuito de visualizar a tendência das respostas dos alunos, foi adotado um critério de categorização para cada uma delas. Na primeira questão, apresentada na Tabela 1, separamos as repostas em três categorias: (1) alunos que apresentam uma visão de senso comum para a relação da Física com a revolução industrial; (2) alunos que, além da visão do sendo comum, apresentam algum conceito físico para justificar a relação da Física com a revolução industrial; (3) alunos com uma visão errônea a respeito da Física e sua relação com a revolução industrial.

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=TtDgBoky3fo>

Tabela 1: Respostas dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria.

Questão 1: Qual a relação da revolução industrial e a Física?		
Categoria	Número	Respostas
1	14	<ul style="list-style-type: none"> - A revolução industrial só existe graças a física. - Os Físicos utilizam seus conhecimentos para inventar máquinas que facilitam o seu trabalho. A relação com a revolução industrial é que a produção se tornou mais rápida. - Sem a física não existiria a revolução industrial. - A física está presente desde a máquina de tecer até a máquina a vapor. - Sem a física não existiria a revolução industrial, porque as máquinas foram criadas através da física. - Só através da física com a invenção das máquinas a vapor é que a revolução industrial foi possível. - A revolução industrial só começou com o uso da física na construção das primeiras máquinas.
2	6	<ul style="list-style-type: none"> - A física foi fundamental no surgimento da revolução industrial, desde pequenas máquinas a vapor até grandes locomotivas. - A física ajudou na revolução industrial, o processo que as máquinas faziam, usando força, vapor, calor e tudo isso tem relação com a física. - A física revolucionou a revolução industrial, pois explora a força mecânica estudada em física para beneficiar o homem.
3	2	<ul style="list-style-type: none"> - Sim, porquê a física só existiu a partir da revolução industrial com o surgimento de máquinas.

Fonte: autoria própria

Apenas dois alunos, uma dupla, respondeu à pergunta de forma equivocada. Demonstrando desconhecimento do desenvolvimento da Física antes da revolução industrial. Os demais, todos relacionaram a Física com a revolução industrial, sendo que 6 deles responderam de forma mais completa, associando processos e conceitos físicos para justificar suas respostas.

Na tabela 2, que questiona sobre o conceito de termodinâmica, as respostas são apresentadas de acordo com as seguintes categorias: (1) já ouviu falar e mencionou o termo calor (ou algo relacionado) e trabalho ou movimento; (2) já ouviu, mas não sabe definir ou a resposta é equivocada; (3) não ouviu ou não sabe falar.

Tabela 2: Repostas dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria.

Questão 3: Você conhece o termo termodinâmica? Saberá definir?		
Categoria	Número	Respostas
1	6	<ul style="list-style-type: none"> - Sim, é a utilização do calor para produzir um movimento. - Sim, termodinâmica envolve o movimento, o trabalho e resulta em troca de calor. - Sim, a partir da queima de combustível, ela é importante para produzir um movimento.
2	10	<ul style="list-style-type: none"> - Sim, é o estudo da física que estuda a mudança de temperatura. - Já escutei, é uma relação entre troca de calor. - Sim, é a transformação de um material através de calor em movimento. - Sim, não. - Sim, mas não sei definir.
3	6	<ul style="list-style-type: none"> - Nunca ouvi falar sobre o assunto, não saberia o que é. - Não. - Não sei.

Fonte: autoria própria

Nota-se na tabela 2, que a maioria dos alunos, 16 alunos, já ouviram falar no termo termodinâmica, mas dentro deste grupo, apenas 6 relacionaram a produção de trabalho (ou movimento), com o calor.

Uma terceira pergunta foi feita aos alunos: Como a termodinâmica está presente na nossa vida cotidiana? Onde ela pode ser observada? No que ela é importante?

As repostas, vistas na tabela 3, foram categorizadas do seguinte modo: (1) mencionou alguma situação cotidiana, com exceção das máquinas térmicas, vistas no vídeo; (2) mencionou as máquinas térmicas que foram vistas nos vídeos; (3) respondeu “não sei”; (4) resposta incorreta ou sem relação com a pergunta.

Tabela 3: Repostas dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria.

Questão 4: Como a termodinâmica aparece na nossa vida cotidiana? Onde ela pode ser observada? No que ela é importante?		
Categoria	Número	Respostas
1	2	- Em todo o dia, pode ser observada no motor dos carros, na queima do combustível, é importante para a vida moderna.
2	6	- Um exemplo de termodinâmica foi apresentado no vídeo, é a máquina a vapor. - Em máquinas a vapor, como o trem. - Nas máquinas térmicas, no funcionamento das grandes indústrias, produzindo em grandes quantidades, e até sustentando o capitalismo.
3	10	- Não sei.
4	4	- Sim, churrasqueiras. No estudo da física. - Sim, Termodinâmica é a transformação do calor em energia.

Fonte: autoria própria

A intensão da pergunta, era investigar se, além das máquinas térmicas, mencionadas no vídeo, os alunos conseguiriam fazer a relação entre a termodinâmica e situações cotidianas. Apenas uma dupla fez a relação do tema com os motores a combustão dos carros. Após os alunos discutirem entre eles e entregarem as repostas, o professor mediu uma discussão sobre essas questões, com toda a sala.

As repostas apresentadas nestas três tabelas mostram que o vídeo, na grande maioria dos casos, fez seu papel de organizador prévio no estudo da termodinâmica. Poucos alunos demonstraram conhecimento mais elaborado sobre o assunto, ou sobre o conceito de termodinâmica, mas a grande maioria pareceu relacionar o novo conteúdo que será trabalhado em sala de aula com o funcionamento de algumas máquinas térmicas e sua relação com o desenvolvimento da sociedade, com o mundo industrializado no qual convivemos hoje.

Os alunos também demonstraram disposição para aprender, e adquirir novos conhecimentos, o que possibilitou um melhor andamento das atividades.

Uma aluna escreveu o seguinte relato sobre este módulo:

“...foi possível ampliar meus conhecimentos sobre a importância da física para o ser humano. O conteúdo apresentado me auxiliou na compreensão de alguns conceitos da física que fazem parte de meu cotidiano e que, portanto, possui grande relevância o seu entendimento.”

Foi perceptível o entusiasmo dos alunos, ao se envolverem nas discussões e realizarem as atividades propostas.

Este primeiro módulo, com este vídeo introdutório, teve como objetivo ser utilizado como um organizador prévio para todo o conteúdo de termodinâmica a ser trabalhado posteriormente. Por meio dos nossos dados foi possível perceber que os alunos conseguiram relacionar o desenvolvimento de nossa sociedade moderna com o desenvolvimento da Ciência, mais especificamente, com o desenvolvimento da termodinâmica.

4.2 SEGUNDO MÓDULO: ENERGIA E TRABALHO

Neste módulo o professor trabalha os conceitos de trabalho e energia. Em ambos os casos ele resgata o conteúdo trabalhado em mecânica para introduzir os novos conceitos de trabalho termodinâmico e energia interna.

Para dar início a este módulo, os alunos assistiram a uma animação sobre trabalho em equipe. Este vídeo foi utilizado para de forma lúdica iniciar a discussão sobre trabalho. Depois, o professor questionou os alunos: para a Física, qual a definição de trabalho?

A tabela 4 mostra as respostas dos alunos, em quatro categorias: (1) relaciona trabalho apenas à presença de força; (2) relaciona trabalho com força e realização de um deslocamento ou movimento; (3) Relaciona trabalho com energia; (4) não soube responder.

Tabela 4: Respostas dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria.

Questão - Para a Física, qual é a definição de trabalho?		
Categoria	Número	Respostas
1	6	- Para a física trabalho é uma força. - Na física o trabalho tem relação com a força aplicada para realizar atividades. - É uma força
2	10	- Quando uma força é aplicada em um corpo, é realizado um trabalho, que produz um deslocamento. - É toda força aplicada no corpo que gera um movimento. - Uma força aplicada que gera movimento. - É uma força aplicada em um corpo que realiza um trabalho quando produz um deslocamento no corpo. - Realizado por uma força que é aplicado em um corpo fazendo ele deslocar-se. Não é o mesmo.
3	4	- Para a física trabalho é a forma de gastar energia.

		- É o movimento realizado que é transformado em energia.
4	2	Não sabemos.

Fonte: autoria própria

A partir destes dados, notamos que a grande maioria dos alunos (16 alunos) compreende que para haver trabalho é necessário que haja força. Uma grande parcela deles apresenta um conceito completo sobre trabalho: deslocamento produzido por uma força (categoria 2).

O professor prossegue interrogando os alunos, qual seria a relação entre trabalho e energia. Todos os alunos, como mostrado na Tabela 5, mencionaram a relação de diferentes formas: (1) indicam a necessidade de energia para realizar trabalho; (2) afirmam que o trabalho gera energia; (3) alegam que quando há realização de trabalho, há transferência de energia.

Tabela 5: Respostas dos alunos, categoria na qual se enquadra e o número de alunos que responderam de acordo com cada categoria.

Questão - Qual a relação entre trabalho e energia		
Categoria	Números	Respostas
1	14	<ul style="list-style-type: none"> - Para trabalhar você precisa de energia, e energia se adquire com alimentação. - Para realizar um trabalho é preciso de energia. - A energia está associada ao movimento, o qual é necessário para realizar um trabalho. - Todo trabalho precisa de uma fonte de energia para ser realizado. - Para se trabalhar é preciso de energia. - Gastasse energia para realizar o trabalho. - Para trabalhar é preciso gastar um tipo de energia
2	6	<ul style="list-style-type: none"> - Movimento que gera energia. - Na física o trabalho é utilizado para ser transformado em energia. - Trabalho (movimento) gera energia.
3	2	<ul style="list-style-type: none"> - Trabalho é a medida de energia que é transferido para um corpo, em razão da aplicação de uma força ao longo de um deslocamento.

Fonte: autoria própria

A partir das análises destas duas perguntas, podemos concluir que a grande maioria dos alunos possuem conhecimento sobre definição de trabalho utilizada na Física, visto em mecânica, e o relacionam com energia. Deste modo, o professor iniciou a introdução de novos conceitos relacionados ao

trabalho, já que se verifica a consolidação do conhecimento prévio necessário para se ancorar um novo conceito: o trabalho termodinâmico.

Continuando a relembrar o conceito e instigar o aluno a analisar uma situação real de realização de trabalho, o professor utilizou um vídeo do canal Manual do Mundo². Neste, uma garrafa, após ser aquecida, é tampada com um balão de festa, ainda vazio. Durante seu processo de resfriamento, é possível observar que o balão se enche de ar, mas para dentro da garrafa. As diferenças de pressão dentro da garrafa e fora fazem com que um balão de festa possa ser enchido, para dentro da garrafa, sem ninguém necessitar assopra-la. Trata-se de uma situação na qual alunos possam observar o trabalho realizado pela pressão atmosférica. Lembrando que na primeira parte do vídeo assistido pelos alunos, eles não são apresentados a nenhuma explicação sobre o fenômeno.

O professor, criando uma discussão entre os alunos, lançou a pergunta “Quem realizou trabalho sobre o balão?”. Eles apresentaram as repostas em dupla. A maioria dos alunos disse que havia algo relacionado à pressão e alguns deles, 8 alunos, deram respostas ainda mais completas, indicando a pressão atmosférica como a causa do trabalho realizado sobre o balão.

Este vídeo já introduz um conceito de trabalho termodinâmico, mesmo que este termo ainda não tenha sido apresentado. Ele também foi utilizado como um organizador prévio, no qual o aluno observa o trabalho termodinâmico e posteriormente à apresentação de seus conceitos, permitirá a ele relacionar com o que já visualizou neste vídeo.

Após estes dois momentos de discussão, o professor, no quadro, relembrou a definição de trabalho mecânico, como um deslocamento realizado por uma força resultante. Fez uma breve revisão deste tema, que foi estudado na série anterior.

A partir de então, se iniciou as atividades exploratórias do conceito de trabalho em um sistema termodinâmico por meio de um simulador³.

Este simulador, assim como muitos outros disponíveis na página web do mesmo grupo, foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Colorado. Neste simulador, especificamente, podemos controlar as três

² <https://www.youtube.com/watch?v=qjpY5gVCtCA>

³ <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>

variáveis de estado de um sistema termodinâmico: pressão, temperatura e volume. Também pode-se controlar o fornecimento e retirada de calor e as dimensões da caixa, além de permitir a visualização da temperatura por meio de um termômetro e acompanhar as mudanças de pressão no sistema. Na Figura 1 podemos ver a interface gráfica deste simulador.

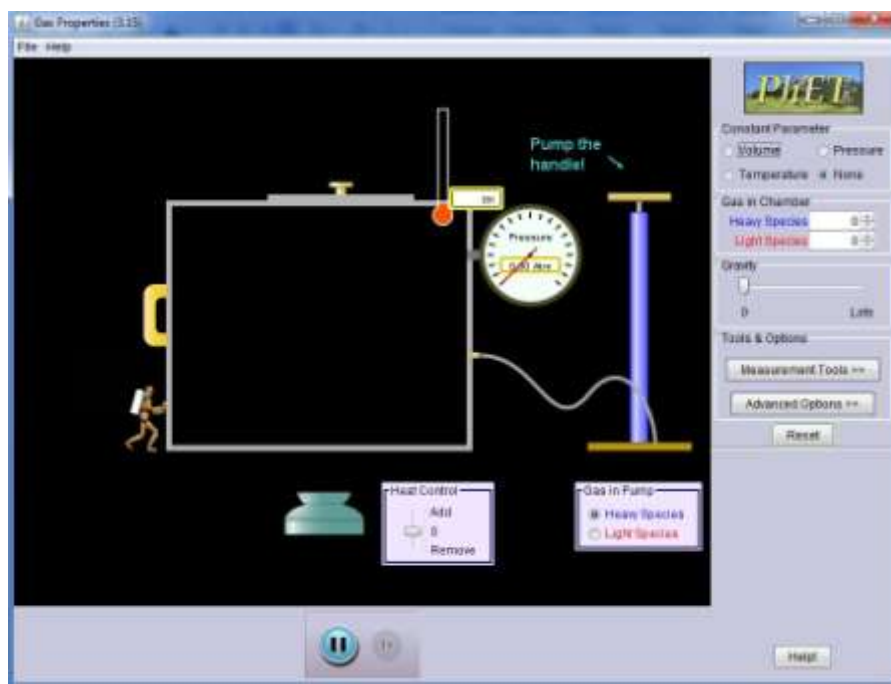


Figura 1: página inicial do simulador sobre propriedades dos gases.

Fonte: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>>.

Primeiro, ao chegar no laboratório, o professor permitiu aos alunos se familiarizassem com o simulador, compreendendo cada uma das funções disponíveis. Só a partir de então, passou o procedimento a eles para iniciarem o estudo.

Orientados pelo professor, os alunos adicionaram gás no compartimento fechado, com parede móvel. O professor questionou o que visualizavam nos indicadores de pressão e temperatura. O primeiro comentário feito por eles, foi sobre a visualização da agitação térmica das moléculas do gás, que antes quando foi passado o conceito de temperatura “temperatura está relacionada com o grau de agitação térmica das partículas” eles não conseguiam compreender este conceito por não estar claro para eles o que seria essa agitação e que agora através do simulador ficava mais claro o conceito. Eles,

de modo geral, observaram que esta ação inicial causou aumento de pressão e temperatura dentro do recipiente e que depois de um tempo o sistema se estabilizou.

Como o objetivo era o estudo de um processo isobárico, a primeira ação proposta pelo professor foi fixar a variável pressão no simulador para então questionar:

- Há algum trabalho sendo realizado nesse sistema?
- Que forças pode haver nesse sistema?

Neste simulador eles podem ver que há um “homem” do lado de fora da caixa fazendo força sobre a parede móvel e que do lado de dentro há moléculas colidindo com todas as paredes. Ou seja, há uma força externa (homem) e uma força interna (moléculas do gás) sobre a parede móvel. Deste modo, o professor encaminhou uma discussão com eles sobre força resultante, evidenciando que quando as duas forças possuem intensidades iguais, há equilíbrio, pois, a parede permanece imóvel.

O passo seguinte foi simular uma expansão isobárica, fornecendo calor ao sistema e causando um deslocamento da parede móvel.

Neste momento, o professor questionou os alunos: o que aconteceu para que a parede se movesse? Por que o fornecimento de gás causou desequilíbrio entre as forças interna e externa? Neste momento foram instigados a iniciar uma discussão sobre o que estava acontecendo com o gás dentro do embolo, e os alunos conseguiram perceber que as moléculas ficaram mais agitadas e começaram a empurrar a parede.

A partir desta situação, os alunos concluíram, com mediação do professor, que o gás realizou trabalho. Ou seja, quando há uma expansão, dizemos que o gás realizou trabalho.

A situação inversa também foi proposta: retirando calor o volume da caixa diminui. Deste modo, eles concluíram que a força externa se tornou maior e que o gás recebeu trabalho neste processo de compressão.

A principal intenção desta atividade, foi permitir ao aluno visualizar o que é um trabalho recebido e realizado por um gás. Com as questões lançadas a eles, ao invés de trabalhar de forma expositiva, permitiu aos alunos participar de forma ativa neste processo, expor suas observações dialogar e negociar os conceitos entre eles. O professor observou, por meio das discussões, que os

alunos, de modo geral, visualizaram a relação entre expansão com trabalho realizado pelo gás e compressão com trabalho recebido pelo gás.

Os alunos demonstraram muito interesse no simulador utilizado e espontaneamente pediram o endereço eletrônico do mesmo para que eles pudessem o explorar fora da sala de aula. É interessante salientar que o maior envolvimento e participação foi dos alunos da turma que antes era considerada uma turma difícil de trabalhar pelo professor.

O professor, utilizando como apoio o livro didático Conexões com a Física, apresentou no quadro o que seria a definição formal do conceito de trabalho termodinâmico. Abordou a realização de trabalho sob pressão constante, nos processos de expansão e compressão de um gás.

Após discutirem o conceito de trabalho termodinâmico assistiram a continuação do vídeo⁴ sobre o balão, no qual se explora os conceitos discutidos até o momento por meio de um experimento. Com a discussão desse vídeo foi possível perceber que os alunos conseguiram relacionar o experimento com o conteúdo abordado através do livro didático pelo professor.

Em seguida, o professor resolveu alguns exemplos do livro sobre trabalho termodinâmicos à pressão constante e posteriormente os indicou alguns exercícios para os alunos resolverem em equipe.

Na aula seguinte introduziu-se o tema energia. A análise e o resgate do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema energia foi iniciada questionando os alunos sobre e o que seria energia e quais os tipos de energia eles conheciam.

Alguns relacionaram a energia com a necessidade de realizar um movimento, força ou trabalho. Um deles ainda mencionou: “*energia é aquilo que utilizamos para mover todas as coisas, das máquinas até o homem*”.

Os alunos citaram a existência de vários tipos de energia, como nuclear, térmica, elétrica, eólica, solar, cinética, termoquímicas e química.

Nota-se que o aluno já possui em sua estrutura cognitiva o conceito de energia e que ela pode se apresentar de diversas formas no nosso cotidiano.

⁴ <<https://www.youtube.com/watch?v=qjpY5qVCtCA>>

Para finalizar a discussão sobre energia e sua conservação, um vídeo foi utilizado como organizador prévio⁵. A partir de uma animação-documentário, o presente vídeo aborda as Leis de Conservação da energia, quantidade de movimento (linear e angular), carga e massa, e uma discussão conceitual sobre a equivalência massa-energia, é também apresentada. Depois deste vídeo, o professor retornou nas questões anteriores para discutir novamente e sanar possíveis dúvidas que tenham aparecido durante o vídeo.

A partir deste momento, um vídeo do Novo Telecurso, que discute trabalho, energia interna, calor e suas relações com a primeira lei da termodinâmica⁶ foi assistido parcialmente pelos alunos. Ele apresenta uma situação no qual um agente externo realiza trabalho sobre um sistema, aquecendo-o. Com a seguinte situação problema: ao se utilizar uma bomba manual para encher um pneu, ele se aquece? O vídeo é pausado logo após os personagens notarem que o aumento de temperatura tinha relação com trabalho.

Neste momento, o professor conversou e explorou a situação com os alunos, questionando-os se já observaram isso em seu cotidiano. Onde os alunos relataram já ter observado.

A partir de então, o professor começou a discutir a relação entre o aumento da temperatura e a energia interna do gás dentro da bomba, relacionando com as velocidades média das moléculas do gás. Assim, utilizando o livro texto, o professor explorou o que seria o conceito de energia interna.

O restante do vídeo, mostrado posteriormente aos alunos, continuou corroborando com que o professor acabou de trabalhar no quadro, falando sobre a energia interna total do gás, que é a soma de todas as energias que ele pode ter, como as energias cinética de rotação e de translação das moléculas.

O vídeo também auxilia na fixação das relações aumento de temperatura com aumento de energia interna e decréscimo de temperatura com diminuição da energia interna.

⁵ https://www.youtube.com/watch?v=BUK_bxyqsec

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=GkPsPiMeCp4>

Para finalizar, um vídeo do Mundo de Beakman⁷ é utilizado para trabalhar de forma lúdica e complementar a discussão do conceito de energia interna. Neste episódio, o “cientista” explora o nível de agitação das moléculas com relação a sua temperatura e energia interna.

Neste módulo, foi discutido os conceitos de trabalho e energia com os alunos. Conceitos estes que não são novos para eles, pois estes assuntos fazem parte do conteúdo da disciplina de mecânica do primeiro ano. Assim, o professor trabalhou de forma a resgatar e analisar o conhecimento prévio dos alunos por meio de vídeos e discussões. Posteriormente, trouxe algo novo. Apresentou o trabalho de forma nova para eles, trabalhos em sistemas termodinâmicos, e um novo tipo de energia, a energia térmica.

Deste modo, o conceito prévio de trabalho e energia que o aluno possuía, passou a ser modificado, diferenciado, mais elaborado. Antes, trabalho estava basicamente relacionado à corpos (normalmente blocos) deslocados sob ação de uma força, que na maioria das vezes não se sabia de onde originava. Agora, eles têm a possibilidade de ver outra situação, na qual forças de um sistema termodinâmico, devido pressão interna e externa, podem realizar trabalho. No caso da energia térmica, também lhe foi apresentado um novo tipo de energia que possui relação com a agitação molecular.

Entendemos que esta é a busca pelo processo de diferenciação progressiva, no qual os conhecimentos prévios, trabalho e energia, com sucessivas interações com os novos conceitos, trabalho termodinâmico e energia interna, passam ter novos significados.

4.3 TERCEIRO MÓDULO: A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

O segundo módulo foi aplicado com o objetivo de o aluno poder rememorar e compreender a conservação de energia e as variáveis trabalho e energia interna. Lembrando que o conceito de calor foi trabalhado anteriormente a esta sequência didática. Deste modo, no terceiro módulo o professor tem a possibilidade de estudar todos estes conceitos simultaneamente, na primeira lei da termodinâmica.

⁷ https://www.youtube.com/watch?v=99yNZ_NFZY

Como continuação, o professor explorou a primeira lei utilizando situações-problemas relacionadas aos processos termodinâmicos: adiabático, isotérmico, isocórico e isobárico.

A primeira lei da Termodinâmica exprime a conservação de energia, segundo a equação:

$$Q = W + \Delta U$$

No qual Q é calor, W é trabalho e ΔU a variação da energia interna do gás. Conceitualmente, a primeira lei da termodinâmica é enunciada:

“Primeira lei da termodinâmica é uma lei que expressa o princípio de conservação de energia de um sistema considerando três formas diferentes de energia: o trabalho termodinâmico, a variação de energia interna e o calor” (MARTINI et al. 2013)

Ela traduz matematicamente que uma energia recebida por um sistema ($Q > 0$) pode se transformar em outro tipo de energia ($\Delta U > 0$) e/ou permitir ao sistema realizar um trabalho ($W > 0$). Do mesmo modo, se o sistema cede calor ($Q < 0$), ele perde energia ($\Delta U < 0$) e/ou forças externas realizam trabalhos sobre o sistema ($w < 0$).

Ao invés de apresentar a teoria sobre a primeira lei da termodinâmica, utilizar a apenas a forma expositiva, o professor novamente trabalhou com o simulador do grupo Phet, utilizado anteriormente no estudo de expansões e compressões isobáricas. Foi utilizado um projetor multimídia por meio do qual os alunos puderam ver a tela do computador do professor manipulando o simulador. Esta seria uma alternativa que também pode ser utilizada quando a escola não possui laboratório de informática ou o professor não possui tempo suficiente para deslocar os alunos.

Mesmo os alunos não estando manipulando o simulador, o professor buscou que eles participassem do processo de análise das situações, da discussão. O professor apenas trabalhou como mediador do processo, permitindo a eles externalizar suas conclusões.

O procedimento adotado no estudo de trabalho termodinâmico do módulo 2, referente aos processos isobáricos, foi novamente aplicado no simulador. Nesta primeira situação, o professor acionou o fornecimento de

calor para o sistema. Questionados, os alunos disseram observar aumento de volume e temperatura do sistema. A partir de então, junto com o professor, eles puderam concluir que o calor recebido pelo sistema foi transformado em trabalho (expansão) e energia interna do sistema (aumento de temperatura).

O processo inverso também foi realizado. Quando o professor retirou calor do sistema, os alunos disseram observar uma compressão do gás e uma diminuição da temperatura. Aqui alguns alunos já conseguiram relacionar a variação de temperatura mostrada no simulador com mudança na energia interna do gás.

Deste modo, o professor, no quadro pôde definir com ao alunos suas observações, levando à definição matemática expressa por $Q = W + \Delta U$, que seria denominada de primeira lei da termodinâmica.

Este processo de manipulação do simulador pelo professor com as diversas questões direcionadas pelos alunos, os permitiu aos alunos compreenderem juntos a primeira lei da termodinâmica. Assim, o aluno não recebeu a informação de modo passivo, mas atuou de forma ativa neste processo de conhecimentos dos conceitos desta relação entre energia e trabalho, buscando deste modo, uma aprendizagem que tenha significado para eles.

A partir deste momento, o professor utilizou o livro texto para analisar a teoria sobre a primeira lei da termodinâmica apresentada, resolveu alguns exemplos e por fim indicou alguns exercícios para eles resolverem em sala de aula, em dupla.

Para dar tais condições descritas acima, neste módulo, os processos termodinâmicos foram trabalhados com simuladores e animações, vídeo com situações problemas e resoluções de exercícios.

Na aula seguinte para encerrar o módulo e dar condições para uma aprendizagem efetiva, o professor discute os processos termodinâmicos por meio de um simulador, diferente do utilizado anteriormente, de um vídeo com situações problema e de exercícios.

O simulador foi utilizado para os alunos visualizarem cada tipo de processo termodinâmico: isotérmico, isocórico, isobárico e adiabático.

Para os três primeiros processos, foi utilizado um simulador⁸ disponibilizado no site www.educacional.com.br, que é um repositório de objetos de aprendizagem. A interface pode ser vista na Figura 2.



Figura 2: interface do simulador do site Educacional que permite o estudo de processos isotérmicos, isobáricos e isocóricos.

Fonte: <www.educacional.com.br>

Os alunos em duplas acessaram o simulador no computador do laboratório de informática, o simulador é acessado direto no site, não há possibilidade de baixar ele, então foi solicitado aos alunos que realizassem as 9 atividades que há no simulador. Ao clicar na atividade 1, eles recebem valores para inserir no volume e na pressão, de um gás que recebeu uma compressão e verificar o que ocorre com a pressão, em seguida foi conduzida uma discussão com os alunos sobre o que visualizaram no simulador, buscando interpretar a transformação ocorrida por meio do gráfico que aparece no lado esquerdo do simulador.

Assim, deram sequência as outras atividades. Cada atividade demonstrava uma transformação, os alunos comentaram que ficou mais fácil do que só resolver os exercícios, pois no simulador era possível, além de observar no embolo o que acontecia com o gás, o gráfico também demonstrava o que eles tinham certa dificuldade em retirar os dados do exercício quando

⁸ <http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>

este apresentava um gráfico e que com o simulador tornou-se mais perceptível.

Após finalizado o trabalho com o simulador, o professor continuou o estudo dos processos termodinâmicos, agora com a utilização de uma animação⁹ na qual o autor questiona como ocorreu as mudanças nos valores das variáveis de estado em quatro situações apresentadas. As situações demonstradas foram: (1) uma panela de pressão, contendo apenas ar em seu interior, é totalmente vedada, inclusive a válvula, e colocada para aquecer sobre uma chama; (2) Uma bomba de pneu de bicicleta, com a válvula de saída bloqueada, tem o êmbolo pressionado rapidamente; (3) Uma sacola lacrada contendo certa quantidade de ar em seu interior é pressionada por um peso e exposta à luz solar; (4) Uma bomba de pneu de bicicleta, com válvula lacrada, tem o êmbolo comprimido, mas ao contrário da segunda situação, a compressão ocorre lentamente.



Figura 3: Situações demonstradas no vídeo sobre transformações gasosas.
Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=8IYLWBp2Bbo>>

Os alunos assistiram ao vídeo, discutiram em grupo e responderam as perguntas feitas em cada situação.

A primeira situação trata-se de um processo isocórico: o volume do ar é limitado dentro da panela, ($\Delta V = 0$) o ar recebe calor ($Q > 0$), fazendo com que a temperatura aumente ($T \uparrow$) e, como as moléculas colidem mais com as paredes da panela, temos um aumento da pressão ($P \uparrow$)

Na análise sobre volume, apenas uma dupla respondeu incorretamente, dizendo que o volume diminuía durante o processo.

⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=8IYLWBp2Bbo>

A segunda situação refere-se a um processo adiabático: ao ser comprimido ($V \downarrow$), a temperatura aumenta ($T \uparrow$), pois as moléculas ganham energia, ficando mais rápidas e também a pressão irá aumentar ($P \uparrow$). Como a compressão ocorre muito rapidamente, não há troca de calor com o meio externo ($Q = 0$).

A terceira situação é um processo Isobárico: Como o peso sobre a sacola, parcialmente cheia de ar, não se altera, logo, a pressão permanece constante ($\Delta P = 0$). O ar recebe o calor do sol ($Q > 0$), ficam mais agitadas ($T \uparrow$) e sacola estufa ($V \uparrow$), para manter a pressão inalterada.

A quarta situação trata-se de um processo isotérmico: O êmbolo comprime as moléculas de ar, No entanto, como este movimento é feito lentamente, esta energia pode ser transferida para o meio externo ($Q < 0$), mantendo a temperatura constante ($\Delta T = 0$). O volume disponível para o ar diminui ($V \downarrow$) e assim, a pressão tende a aumentar ($P \uparrow$).

Um resumo das respostas das duplas está na tabela 6, a seguir. Do lado direito de cada grupo de respostas estão as variáveis analisadas de forma incorreta pelos alunos. Estas mesmas respostas estão sublinhadas.

Tabela 6: Respostas dos alunos às questões propostas no vídeo.

Questões: Análise de P, V, T e Q em cada processo.								
Dupla	Processo Isocórico	Erro	Processo Adiabático	Erro	Processo Isobárico	Erro	Processo Isotérmico	Erro
1	P aumenta T aumenta V constante Q entra		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		P constante T aumenta <u>V constante</u> <u>Q aumenta</u>	V	P aumenta T constante V diminui Q sai	
2	P aumenta T aumenta V continua igual Q entra		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> T aumenta <u>V diminui</u> Q entra	P V	P aumenta T constante V diminui Q sai	
3	P aumenta T aumenta V igual Q entra		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> T aumenta V constante Q entra	P V	P aumenta <u>T aumenta</u> V diminui Q sai	T
4	P aumenta T aumenta V é o mesmo Q entra		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> T aumenta <u>V diminui</u> Q entra	P V	P aumenta T constante V diminui Q sai	

5	P aumenta T aumenta V constante Q <i>aumenta</i>		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		P constante T aumenta <u>V diminui</u> Q nulo	V Q	P aumenta <u>T aumenta</u> <u>V constante</u> <u>Q constante</u>	T V Q
6	P aumenta T aumenta V constante Q <i>aumenta</i>		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> <u>T a mesma</u> V o mesmo Q <i>aumenta</i>	P T V	P aumenta T constante V diminui Q sai	
7	P vai aumentar T vai aumentar V não muda Q entra		P aumenta <u>T a mesma</u> V é o mesmo Q o mesmo	T	P constante T aumenta V aumenta Q <i>aumenta</i>		P aumenta T constante V diminui Q sai	
8	P aumenta T aumenta V constante Q entrando		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		P constante T aumenta V aumenta Q entra		P aumenta T constante V diminui Q sai	
9	P aumenta T aumenta V constante Q entra		P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> T aumenta <u>V diminui</u> Q entra	P V	P aumenta T constante V diminui Q sai	
10	P aumenta T aumenta <u>V diminui</u> Q <i>aumenta</i>	V	P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		P constante T aumenta V aumenta Q entra		P aumenta T constante V diminui Q sai	
11	P aumenta T aumenta V constante Q <i>permanece na panela</i>	Q	P aumenta T aumenta V diminui Q nulo		<u>P aumenta</u> T aumenta <u>V constante</u> Q entra	P V	P aumenta T constante V diminui Q sai	

Fonte: autoria própria

O que podemos notar é que a situação 3, do processo isobárico, é a que os alunos tiveram mais dificuldades para compreender o comportamento das variáveis. Mais da metade dos alunos não responderam corretamente, sendo que alguns (8 alunos) disseram que o volume aumentava e os demais (8 alunos) disseram que ele não sofria alteração.

Os alunos que responderam que o volume não se alterava, possivelmente não notaram no vídeo anterior que a sacola não estava completamente cheia, ou seja, havia espaço para a expansão. Os demais que responderam que o volume diminuía, talvez pensassem na possibilidade de a sacola murchar quando sob o sol.

Nesta mesma situação, observa-se que 10 alunos responderam erroneamente, dizendo que a pressão aumentava. Essa resposta pode se justificar pois, se estas mesmas duplas, em sua grande maioria, não observaram aumento de volume, seria razoável também pensarem que isso acarretaria em um aumento de pressão associado ao aumento de temperatura do ar. Ou seja, uma visão errônea de um parâmetro (volume), possivelmente resultou em uma avaliação equivocada da variável pressão (P). Diante desse resultado percebemos ser importante, depois do vídeo, o professor frisar as condições em cada um dos casos.

Outra observação feita nas respostas dos alunos é em relação ao calor. Alguns, ao invés de dizer que o calor é recebido (entra) pelo sistema, mencionaram que o “calor aumenta”. Consideramos esta resposta como correta, levando em conta que ele quis expor a mesma ideia. No entanto, deve-se lembrar que o calor não é uma propriedade do sistema, não aumenta ou diminuiu, mas é uma energia em trânsito, em que sempre está sendo cedida e recebida por um sistema.

Após discutirem e responderem todas estas questões em dupla, os alunos puderam assistir à segunda parte do vídeo¹⁰ no qual todas as questões lançadas anteriormente são analisadas e respondidas. Os alunos compararam as respostas apresentadas no vídeo com as suas, e foi realizada uma discussão com o grande grupo para que conseguissem perceber onde e porque haviam errado suas respostas. Alguns alunos buscaram defender a sua resposta de forma calorosa, o que tornou a aula mais participativa por parte desses alunos.

O vídeo não abordou diretamente as variáveis energia interna e trabalho, na primeira lei da termodinâmica, mas o professor, ao analisar o vídeo com eles, discutiu com essas duas grandezas se comportam em cada uma das situações propostas.

Por meio desta atividade, o professor pode avaliar o entendimento dos alunos sobre estes quatro processos analisados e quais suas dificuldades.

¹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=YWNPIvbKfp0>

Apesar dos equívocos, vistos na Tabela 6, podemos notar que de modo geral os alunos foram capazes de avaliar muito bem cada variável em cada situação.

Estas mesmas situações poderiam ser propostas por texto e figuras apenas, mas o vídeo, por ser dinâmico, modifica o processo tradicional da aula e busca despertar o interesse dos alunos pela resolução de problemas e almejando também visualizá-los com mais facilidade.

Depois de analisar a primeira lei da termodinâmica nos quatro tipos de processos apresentados em vídeo e simulador, o professor retornou ao livro texto, resolveu alguns exemplos que o livro didático Conexões com a Física trás e indicou alguns exercícios do livro para aos alunos resolverem em dupla.

Cabe lembrar, que mesmo antes deste módulo, o aluno já conhecia o princípio da conservação de energia, principalmente energia mecânica. Esse era seu conhecimento prévio. Neste caso, ele foi apresentado a um novo conceito: a primeira da termodinâmica. Nesse sentido, foi dado condições aos alunos para que este conceito tenha sido ancorado nos conhecimentos seus prévios do aluno, e pelo processo de diferenciação e integração, tenha tornado o conceito de conservação de energia mais elaborado.

4.4 QUARTO MÓDULO: SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA E O FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Rudolf Clausius (1822-1888) enunciou assim a Segunda Lei da Termodinâmica:

“O calor não passa de forma espontânea de um corpo de menor temperatura para outro que esteja em temperatura mais alta”

Para tanto, neste módulo, o professor explorou o funcionamento de máquinas frigoríficas e térmicas (trem e barco a vapor), analisando os processos térmicos envolvidos. Posteriormente trabalhou o ciclo de Carnot e analisou os rendimentos dos motores, enunciando pela primeira vez a segunda lei da termodinâmica. William Thomson (1824-1907) e Max Planck (1848-1947) propuseram o seguinte enunciado para a segunda lei da termodinâmica:

“É impossível construir uma máquina térmica que, ao operar em ciclos, transforme integralmente em trabalho todo o calor que recebe”.

Para iniciar o assunto de sobre transformações cíclicas, o professor lançou uma questão sobre o funcionamento das geladeiras:

- Por que as geladeiras podem ser utilizadas para esquentar?

Em suas respostas os alunos tentaram relacionar com pressão e temperatura, onde através de um dispositivo, que ele não souberam dizer qual. Essa questão introdutória gerou uma calorosa discussão entre os alunos tornando a aula mais interessante, já que a discussão também aumentou a curiosidade dos mesmos em tentar resolver o problema proposto.

Em seguida, os alunos assistiram a um vídeo sobre a geladeira, disponível no canal da editora FTD no YouTube¹¹. Ele aborda brevemente o contexto histórico para o desenvolvimento deste eletrodoméstico e explora os conceitos físicos envolvidos em seu funcionamento, explicitando os três princípios básicos: (1) o calor flui de regiões quentes para regiões mais frias; (2) a pressão é proporcional à temperatura; (3) os líquidos absorvem calor quando evaporam. Mostra a importância do fluido refrigerante e todo o seu caminho percorrido no processo de absorver calor no interior da geladeira e durante o processo de ceder calor ao ambiente externo.

O vídeo sobre o funcionamento das geladeiras e as discussões sobre esse tema, foram utilizados pelo professor para introduzir os conceitos de transformações cíclicas, na qual o funcionamento das geladeiras é um exemplo. Dessa forma, as atividades foram utilizados como organizador prévio para este assunto.

Neste contexto, o professor explora, utilizando quadro e o livro didático, os conceitos de um processo cíclico e o funcionamento de uma máquina refrigeradora. Deste modo, a segunda lei da termodinâmica é declarada pelo enunciado de Kelvin:

“É impossível construir uma máquina térmica que, ao operar em ciclos, transforme integralmente em trabalho todo o calor que recebe.”

Em seguida o professor apresenta uma nova questão para discussão: Qual o princípio básico de funcionamento do trem a vapor?

Na discussão entre os alunos, surgiu como resposta que era movida pelo calor, e relacionaram ainda com os conceitos de pressão e trabalho.

¹¹ https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U

Também citaram que era uma situação semelhante ao que aconteceu no primeiro simulador que visualizaram.

A partir deste momento, os alunos assistiram um trecho do vídeo do mundo de Beakman¹², onde se explora o funcionamento desta máquina térmica. Ele mostra um protótipo de pistão de um trem e analisa como ele se movimenta pela pressão do vapor d'água, girando a roda.

O professor então encaminhou uma aula expositiva dialogada sobre máquinas térmicas seguindo o livro didático conexões com a física, nesta a turma permaneceu disposta em duplas.

Para explorar o funcionamento do ciclo de Carnot, o professor utilizou um vídeo¹³ no qual mostra todos os processos destes ciclo. Ele pediu aos alunos que observassem quais seriam as duas fontes e quais as transformações que ocorriam durante todo o ciclo.

Após esta discussão, o professor voltou ao livro texto e continuou a explorar os conceitos envolvidos no ciclo de Carnot.

Na sequência o professor conduziu a explicação do conteúdo, conforme o livro didático conexões com a física, abordando o funcionamento dos motores e rendimento de um motor.

Após o professor resolveu exemplos no quadro e propôs alguns exercícios do livro texto para os alunos sobre rendimento de uma máquina térmica.

O objetivo deste módulo foi fazer com que o educando relacionasse a segunda lei da termodinâmica com o funcionamento das máquinas a vapor e conseguisse fazer um link com o primeiro módulo, que teve como objetivo ser um organizador prévio exatamente para a inserção deste conteúdo. Foi possível observar que durante as discussões, mesmo sem o professor citar a primeira aula, os alunos fizeram comentários relacionados com o vídeo da revolução industrial e as primeiras máquinas térmicas.

4.5 O FECHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA

Além das observações feitas através da participação dos alunos no decorrer da aplicação do projeto, também foi realizada com avaliação a

¹² <https://www.youtube.com/watch?v=YklxxxkTWz8>

¹³ <https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>

gravação de um vídeo pelos alunos, neste vídeo eles poderiam se reunir em até 4 alunos por grupo, e uma avaliação individual ao final do bimestre com questões descritivas e objetivas para avaliar o rendimento dos mesmos.

Ao final foi proposto que os alunos em grupos gravassem um vídeo sobre termodinâmica podendo abordar um conteúdo específico que mais se identificaram, sendo que esses vídeos seriam utilizados como um dos métodos de avaliação. O que resultou em 11 vídeos na turma, os alunos ficaram livres para fazerem uso de imagens, animações, experimentos ou simuladores, a fim de externalizarem sua criatividade. O simulador que foi utilizado na aplicação da sequência didática apareceu em 8 vídeos, em 2 vídeos os alunos gravaram em forma de vídeo aula e em 1 vídeo o aluno utilizou um experimento e um simulador que ele mesmo encontrou.

Quanto ao tema dos vídeos, o mais abordado foi específico sobre máquinas térmicas, demonstrando que a dificuldade inicial em compreender o funcionamento das máquinas térmicas foi minimizada com a proposta de ensino utilizada.

Os alunos no geral se mostraram interessados em gravar os vídeos. Eles utilizaram um software para gravar a tela do computador ao fazerem uso do simulador, e a câmera do celular para gravar pequenas vídeo-aulas sobre o conteúdo, isso tornou possível o acesso de todos os alunos a produção dos vídeos. Como o trabalho foi em grupo, todos puderam ter acesso ao computador e a câmera de um celular, já que hoje em dia a grande maioria já possui essas tecnologias e quem não tinha entrava no grupo do colega que possuía. Os alunos relataram que no começo não queriam gravar o vídeo por vergonha, mas que depois gostaram do resultado.

Foi possível observar na análise dos vídeos que os alunos conseguiram compreender os conceitos termodinâmicos que foi trabalhado nas aulas. Na imagem abaixo do vídeo, os alunos foram muito criativos, foi construído um experimento que simula uma máquina térmica para após explicar os conteúdos de termodinâmica. Eles gravaram a tela do computador onde fizeram uso de um simulador que foi trabalhado com eles no início das aulas para explicarem as leis da termodinâmica, demonstrando que a utilização do simulador fez com que os alunos compreendessem o conteúdo, já que o simulador foi utilizado há dois meses com eles, e eles não esqueceram o conteúdo ensinado.



Figura 4: Máquina térmica construída com materiais de baixo custo.
Fonte: Banco de imagens do autor.

O simulador abaixo foi utilizado em sala de aula, e ao final os alunos gravaram um vídeo onde explicavam através do simulador conceitos termodinâmicos.

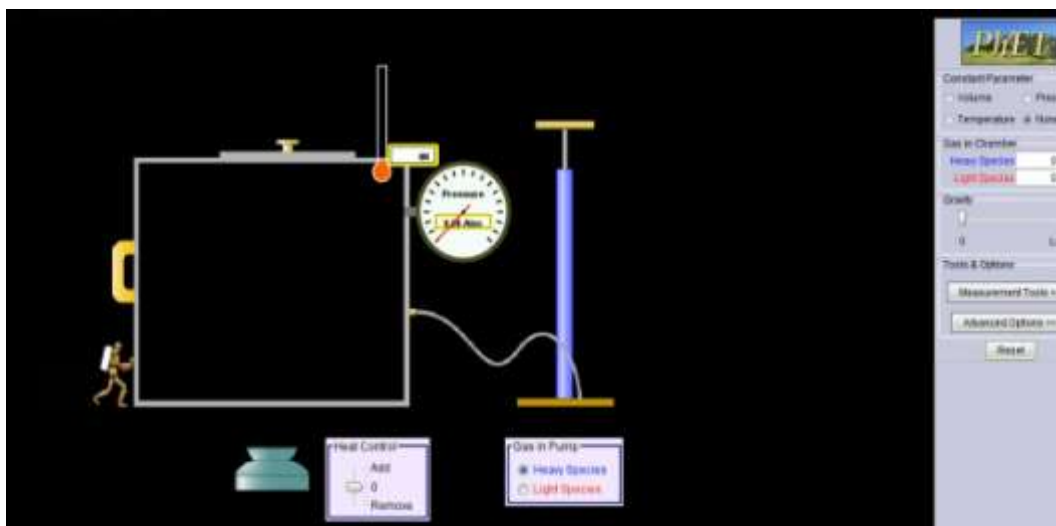


Figura 5 – Simulador utilizado no vídeo
Fonte: <<http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>>

Ao final da implementação da sequência didática os alunos realizaram uma avaliação no formato de uma prova. Esta foi composta por questões descritivas e objetivas, observou-se grande melhora no desempenho dos alunos na questão de média quando comparado aos bimestres anteriores, já

que nenhum aluno ficou para recuperação paralela, atingindo médias acima de 70 no geral.

Também foi possível observar que alunos que apresentam dificuldade de aprendizagem também melhoraram seu rendimento quanto as notas se comparadas com os 2 primeiros bimestres.

4.6 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EM FORMA DE OFICINA PARA PROFESSORES DE FÍSICA DO NÚCLEO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE CAMPO MOURÃO

No dia 07 de maio de 2016, foi apresentado a sequência didática para vinte professores estaduais da área de física e alunos da 2ª turma do Mestrado Profissional do Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal de Campo Mourão. Após a apresentação foi aberto a discussões com os professores, e feito alguns questionamentos aos mesmos sobre o produto educacional.

Primeiro foi questionado sobre sugestões de melhoria para a sequência didática, os professores se mostraram bastante animados e interessados em aplicá-las com seus alunos, segue relato de um dos professores *“a impressão que se tem é que o trabalho está completo. Fiquei muito impressionado e animado para tentar aplica-lo em sala. Ano passado ministrei esse conteúdo com bastante dificuldade, e sem utilizar nenhum vídeo ou simulador. E percebo que desse modo é bem mais interessante para o ensino-aprendizagem de melhor qualidade”*.

Então foi questionado se eles realizariam essas atividades com os alunos ou se havia alguma impossibilidade para a realização da sequência didática, os professores responderam que utilizariam e que também gostariam de receber a sequência didática para utilizá-la, conforme um professor salienta *“sim, pois são possíveis pela facilidade de baixar os vídeos e simuladores e trabalhar em sala de aula usando projetor multimídia”*.

Para finalizar foi questionado se os alunos se interessariam pela metodologia sugerida, os professores afirmaram que sim, *“acredito que sim, muito melhor que aulas teóricas baseadas somente em listas de exercícios”*, este foi o relato de um dos professores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver, aplicar e verificar o potencial pedagógico de uma sequência didática para o ensino da termodinâmica com a utilização de TIC.

Durante a montagem da sequência didática, optou-se por vídeos de curta duração, que não ultrapassassem 15 minutos, e também que não fossem no estilo vídeo aula, e sim, vídeos animados, mais dinâmicos, para atrair a atenção dos alunos, pois vídeos longos e em forma de vídeo aula depois de decorrido um certo tempo o aluno acaba desviando sua atenção para algo que lhe agrade mais. Os simuladores foram escolhidos de acordo com a possibilidade de sua utilização dentro do assunto abordado.

Através da aplicação da sequência didática, foi possível perceber que a turma que se mostrava mais agitada e desinteressada pelos conteúdos no decorrer do ano letivo durante a aplicação do projeto mostrou-se participativa e interessada, comprovando que um dos fatores que levam a aprendizagem significativa é a disposição do aprendiz para aprender. Quanto às análises relacionadas através dos conhecimentos prévios dos alunos e do novo conhecimento sobre o conteúdo ensinado, foi possível perceber uma mudança, atingindo o novo conhecimento um nível mais elaborado, representando assim, de acordo com Moreira (2013), uma aprendizagem significativa.

Os alunos mostraram-se interessados pelos simuladores, e além de solicitarem o arquivo dos simuladores utilizados, foram atrás de outros simuladores referente aos conteúdos de física dos períodos passados. Isso mostra uma maior motivação do aluno para as aulas de física. Além disso os simuladores e vídeos fizeram seu papel quando utilizados como forma Organizadores Prévios do conteúdo, para inserir novo conceito e como forma de retornar o conteúdo, conforme os passos seguidos para a construção de uma UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativas).

Ao ser avaliado o rendimento dos alunos, observou-se uma melhora significativa nas notas, onde até mesmo os alunos que possuíam certa dificuldade conseguiram alcançar uma nota acima da média 6,0 do Colégio. A proposta da gravação de vídeos pelos alunos sobre o conteúdo de termodinâmica teve uma boa aceitação por parte dos alunos, e quanto a metodologia utilizada por eles, a maioria fez o uso de simuladores para

gravarem seus vídeos, o que mais uma vez revela a motivação e o envolvimento dos alunos com a proposta de ensino feita pelo professor.

A sequência didática teve boa aceitação por parte dos professores estaduais por ser de fácil aplicação, e ter uma estrutura de fácil compreensão. Onde demonstraram interesse em aplica-la em suas aulas.

Assim, podemos dizer que a sequência didática sobre termodinâmica elaborada como produto educacional constitui-se com bom potencial pedagógico pois, durante sua aplicação, foi possível evidenciar uma mudança de postura por parte da turma, estando esta ao final do trabalho mais motivada para aulas de física. Somente este resultado já seria suficiente para ressaltar o potencial da sequência pois, a aprendizagem significativa só ocorreu a partir do momento em que o aluno se envolve no processo (MOREIRA, 2013). No entanto, os vídeos gravados pelos alunos e o desempenho na avaliação realizada ao final do trabalho apresentam indícios de que os alunos internalizaram conceitos importantes sobre termodinâmica devido à utilização das TIC. Sendo assim, podemos dizer que esta proposta teve um resultado satisfatório junto aos objetivos propostos.

REFERÊNCIAS

Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanesian, J. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: ROJO, R.; CORDEIRO, G. S. (orgs). **Gêneros orais e escritos na escola**. São Paulo: Mercado de Letras, 2004, p. 95-128.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede – a era da informação: economia, sociedade e cultura**. 4.ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000. Vol. 1. p.497-98.

COUTO, H. H. O. M. **Vídeos @ Juventudes. BR – Um estudo sobre vídeos compartilhados por jovens na internet**. 186 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, 2002.

GONÇALVES, L. **Textos, animações, e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio**. 2003. Disponível em <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID17/pdf/2006_1_1_17.pdf> Acesso em 04. Mar. 2016.

KAMERS, N. J. **O Youtube Como Ferramenta Pedagógica no Ensino de Física**. 2013.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

MAIA, M. C. **O Uso da Tecnologia de Informação para a Educação a Distância no Ensino Superior**. São Paulo, FGV-EAESP, 2003, 294f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas).

MARTINI, SPINELLI, REIS, SANTÁNNA. **Conexões com a Física**. São Paulo. Moderna, 2013.

MEC. Ministério da Educação. **Objetos Educacionais**. Disponível em <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20218>>. Acesso em 5 mar. 2015.

MEDEIROS, A. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Rev. Bras. Ensino Fís.** vol.24. no.2. São Paulo. Junho. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S180611172002000200002&script=sci_arttext> Acesso 25 fev. 2016.

MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. Campinas-SP: Papirus, 2002. p.69-125

MORAN, J. M. Desafios da televisão e do vídeo à escola. **Revista Comunicação e Educação**, São Paulo, v. 22, n. 4, 35 p. nov. 2002.

MORAN. J. M. O Vídeo na Sala de Aula. **Comunicação & Educação**. São Paulo, ECA-Ed. Moderna: 27 a 35, jan./abr. de 1995. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/vidsal.htm>>. Acesso 25 fev. 2016.

MOREIRA, Marco e MASINI, Elcie (1982). **Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2 ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOREIRA. M. A. **Mapas Conceituais e Digramas V**. Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

MOREIRA. M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. 2013. Disponível em <<http://moreira.if.ufrgs.br>>. Acesso 20 fev. 2015.

MOREIRA. M.A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>> Acesso em 30 de abr. 2016.

NOVAK. D. CANÃS. A. A Teoria Subjacente aos Mapas Conceituais e Como Elaborá-los e Usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29 , jan.-jun. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso 15 mar. 2016.

PIRES. M. Tecnologias de informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de física no ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 241 - 248, 2006. Disponível em: <www.sbfisica.org.br> Acesso 10 mar. 2016.

SANTOS, Júlio César F. **Aprendizagem Significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor**. 2 ed. Porto Alegre, Rio Grande: Editora Mediação Distribuidora e Livraria Ltda, 2008.

SASAKI, D. **Ensinando as Leis da Termodinâmica através de simulações em Java sobre máquinas térmicas**. Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/ensinandoasleisdatermodi.trabalho.pdf>> Acesso em 15 mar. 2016.

SOUZA, R. R. **Uma experiência de uso de mapas conceituais para avaliação de conhecimentos**. Sociedade Brasileira de Computação: biblioteca digital. 2005. Disponível em: <<https://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=62>>. Acesso 12 mar. 2016

STEFANELI. E. **Simulador de Transformações Termodinâmicas**. Disponível em <http://www.stefanelli.eng.br/webpage/simtermo/p_sim_tp.html>. Acesso em 10 mar. 2016.

LINKS DOS VÍDEOS

<https://www.youtube.com/watch?v=TtDgBoky3fo>. Acesso em 01 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=GWET5PUn7BQ>. Acesso em 10 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA> Acesso em 05 de jul. 2015.

https://www.youtube.com/watch?v=BUK_bxyqsec . Acesso em 01 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=GkPsPiMeCp4>. Acesso em 05 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=xHTpjyO2WbE> . Acesso em 05 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=8IYLWBP2Bbo> . Acesso em 10 de jul. 2015.

https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U . Acesso em 01 de jul. 2015.

https://www.youtube.com/watch?v=jY4cG_-cg4. Acesso em 01 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>. Acesso em 01 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=VxGPieQTcAo>. Acesso em 20 de jul. 2015.

<https://www.youtube.com/watch?v=zgd8k9PfleM>. Acesso em 01 de jul. 2015

LINKS DOS SIMULADORES

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>. Acesso em 01 de jul. 2015

<http://www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp>. Acesso em 10 de jul. 2015

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/19082>. Acesso em 05 de jul. 2015

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/20219>. Acesso em 01 de jul. 2015

APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - CAMPO MOURÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

JOSLAINE DE LIMA

Campo Mourão
2016

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



JOSLAINE DE LIMA

Produto Educacional

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof^a Dra. Roseli Constantino Schwerz
Co-orientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

Campo Mourão
2016

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	4
1.1 OBJETIVOS DA SEQUENCIA DIDÁTICA	4
1.2 O PAPEL DO PROFESSOR NESSA PROPOSTA	5
1.3 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	5
2 MÓDULO 1 – CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE, DISCUTINDO O CONCEITO DE TRABALHO	6
3 MÓDULO 2 – ENERGIA E TRABALHO	16
4 MÓDULO 3 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA E AS TRASNFORMAÇÕES DOS GASES	20
5 MÓDULO 4 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA E A TRANSFORMAÇÃO DOS GASES	34

1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática apresentada segue os pressupostos teóricos do modelo de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostos por Moreira. Esta, foi desenvolvida tendo como base a utilização de diferentes recursos didáticos, tais como: vídeos, simuladores e animações, classificados como TIC. Buscou-se como referencial teórico um ensino no qual o aluno deixa de ser mero espectador, tendo importante papel na construção do conhecimento. Para isso elaboramos questões introdutórias e situações-problemas mediadas pelo professor de tal modo que o aluno tem a oportunidade de se expressar e discutir conceitos com seus pares e com o professor. Esse conjunto de ações principais, tem por objetivo, propiciar um processo de ensino com aprendizagem significativa.

Essa sequência didática visa tornar a aula mais dinâmica, buscando despertar no aluno uma predisposição para aprender de forma significativa, sempre utilizando de meios para relacionar o seu conhecimento prévio, da sala de aula ou cotidiano, com os novos conceitos apresentados pelo professor. Esse produto educacional buscou utilizar estratégias facilitadoras para aprendizagem significativa, como organização sequencial do conteúdo e a consolidação dos conhecimentos prévios dos alunos. Isso foi realizado por meio de questionamentos, de exercícios e situações-problemas, com progressivos graus de dificuldade, almejando o processo contínuo de diferenciação e integração dos conceitos pelos alunos.

1.1 Objetivos da sequência didática

Constituem-se como objetivos dessa proposta de ensino :

- promover a interação entre professor e alunos, bem como a interação entre os próprios alunos;
- motivar os alunos para o estudo da termodinâmica;
- promover condições de aprendizagem dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de termodinâmica;
- contribuir para a formação de cidadãos;

1.2 O papel do professor nessa proposta

Esse produto educacional se pauta numa proposta de ensino, na qual o professor tem o papel de estimular o debate entre os alunos, de forma que cada aluno tenha liberdade para participar e interagir.

Tem ainda a função de distribuir as atividades e criar um ambiente propício para que ocorra o ensino e a aprendizagem, sempre buscando alcançar os objetivos da proposta.

1.3 Organização da sequência didática

A sequência didática apresentada aqui como produto educacional, foi estruturada em cinco módulos, totalizando 12 aulas, como apresentado no quadro 1:

MÓDULOS	TEMAS	Nº DE AULAS
Módulo 1	Ciência Tecnologia e Sociedade: Discutindo o conceito de trabalho	2
Módulo 2	Energia e Trabalho.	2
Módulo 3	1ª Lei da Termodinâmica e as Transformações dos gases.	4
Módulo 4	Segunda Lei da Termodinâmica e as Máquinas Térmicas.	2

Quadro 1: Esquema de organização dos módulos da sequência didática

O número de aulas previsto é de doze aulas, mas esse número pode ser alterado caso haja necessidade.

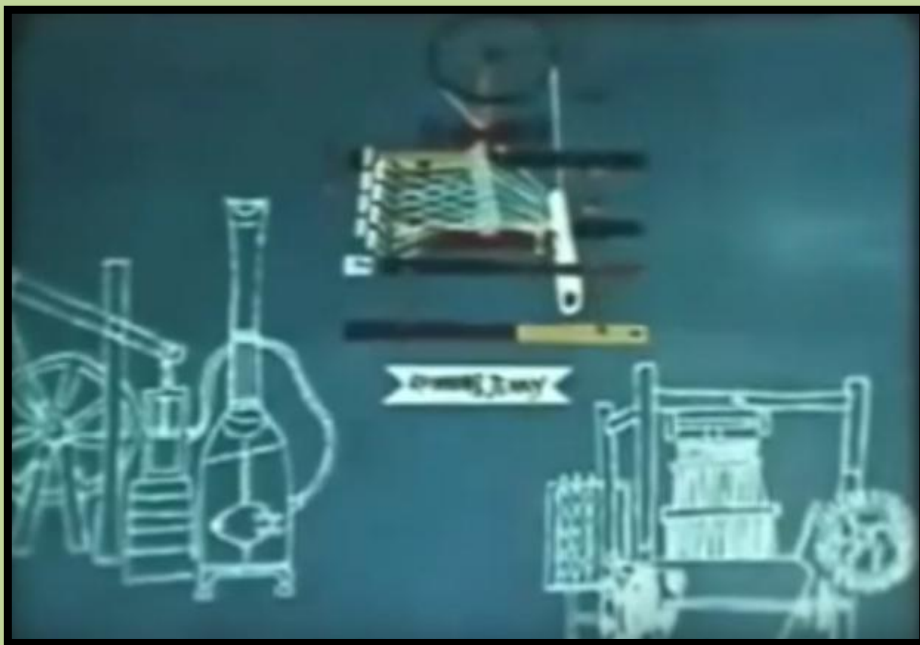
2 MÓDULOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1: CIÊNCIA TECNOLOGIA E SOCIEDADE: DISCUTINDO O CONCEITO DE TRABALHO

Atividade 1: Discussão sobre a revolução industrial

O objetivo dessa atividade é identificar se os alunos conseguem relacionar esse momento histórico com a física, conseqüentemente, com a termodinâmica.

Inicialmente os alunos devem assistir ao vídeo 1 intitulado Revolução Industrial, breve resumo.



Vídeo 1

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=TtDgBoky3fo>

Após os alunos assistirem ao vídeo introdutório, o professor pode separar a turma em pequenos grupos e em seguida, deve propor para as duplas a discussão e resolução das seguintes questões:

1) Qual a relação da revolução industrial e a física?

2) Você já escutou sobre o termo termodinâmica? Saberá definir?

3) Como a termodinâmica aparece na nossa vida cotidiana? Onde ela pode ser observada? No que ela é importante?

Após respondida as questões acima o professor solicita que um integrante de cada grupo leia sua resposta para o grande grupo (a sala) gerando assim um debate sobre a temática. O professor pode registrar no quadro as ideias chave para o desenvolvimento da aula.

Atividade 2: Introdução ao estudo do tema: trabalho.

Para dar início ao conteúdo sobre trabalho o professor pode apresenta aos alunos o vídeo 2, de animação, intitulado trabalho em equipe, esse vídeo apresenta um conceito cotidiano de trabalho, a partir dele o professor deve levantar o que os alunos já sabem sobre o conceito de trabalho, pode ainda relacionar alguns conceitos físicos .



Vídeo 2

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GWET5PUn7BQ>

Ao final do vídeo antes de encaminhar a discussão sobre o conceito de trabalho o professor solicita aos alunos responderem os seguintes questionamentos:

4) Para a Física, qual a definição de trabalho? É o mesmo? Explique.

5) Qual a relação entre energia e trabalho?

É importante que essas respostas sejam discutidas com os alunos pois, pode gerar uma melhor compreensão da temática estudada.

Atividade 3: Explorando o conceito de trabalho termodinâmico.

O professor deve iniciar a atividade 3 propondo que os grupos assistam o vídeo 3, este já envolve conhecimentos físicos sobre variáveis de estado de um gás. Esse vídeo tem aproximadamente 3,5 minutos e apresenta um experimento com balão, onde é possível observar a expansão e compressão realizada pelo gás, no entanto, o professor deverá passar para os alunos apenas os 2,5 minutos iniciais do vídeo pois, é esse fragmento do vídeo que apresenta os conceitos básicos que o professor necessita para encaminhar a discussão.



Vídeo 3

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=qipY5qVCtCA>

Então nos mesmos grupos, eles deverão discutir as questões, e anotarem na folha que irão entregar posteriormente ao professor:

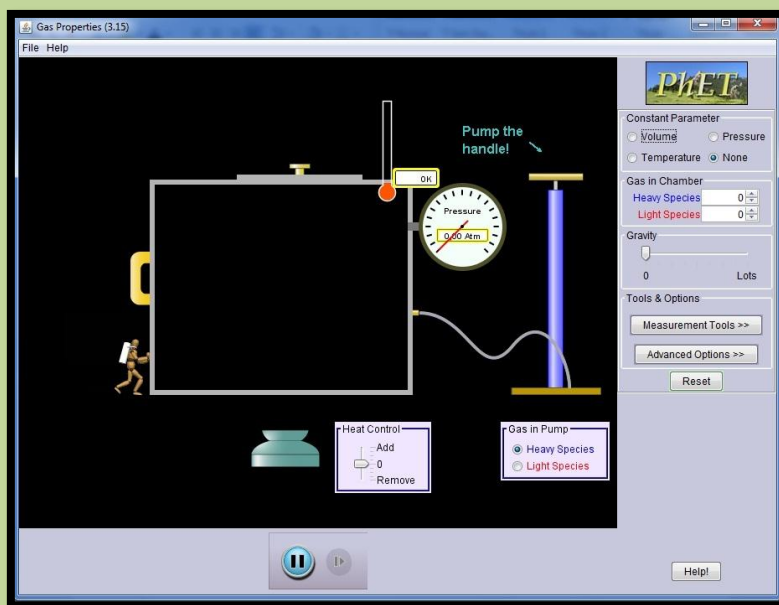
6) O que foi possível observar no experimento? Como isso acontece? Saberia explicar quais conceitos físicos envolvidos?

7) Quem realizou trabalho sobre a bexiga?

Após responderem, deverão socializar as respostas com os outros alunos. É importante que o professor não de a resposta das questões neste momento, somente instigue a discussão dos alunos, o vídeo do experimento com a bexiga será dado continuidade após a explicação sobre trabalho.

Atividade 4: Apresentação oral do conteúdo pelo professor.

Nesta etapa da aula o professor apresenta para os alunos o simulador 1 da plataforma do grupo Phet da Universidade do Colorado.



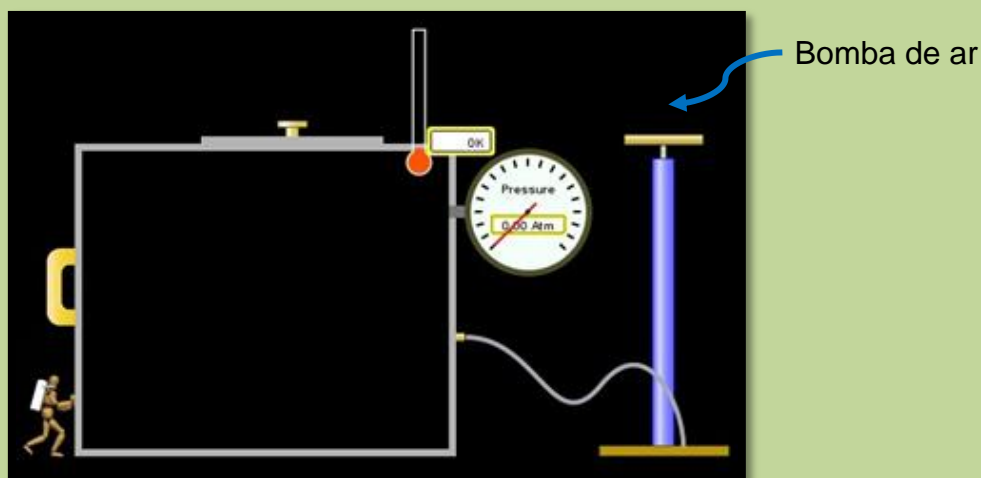
Simulador 1

Fonte: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>

Após mostrar para os alunos o simulador, o professor encaminha uma atividade para despertar o interesse dos alunos. Nessa atividade os alunos poderão verificar o que ocorre com as variáveis de estado de um gás.

Roteiro para utilização simulador

Primeiramente ejetar o gás dentro do recipiente, para isso basta utilizar a bomba de ar.



Forneça calor ao sistema. “Observe que ao fornecer calor ao sistema, as partículas tornam-se mais agitadas chocando-se contra as paredes do recipiente fazendo uma pressão (p) contra as paredes e o êmbolo”.

Espera estabilizar o sistema e marque a opção Pressure (isto significa que irá trabalhar com um aquecimento isobárico).

“Considere esse gás contido nesse reservatório fechado por um êmbolo móvel que desliza sem atrito e está perfeitamente ajustado às paredes do recipiente”.

“Ao receber calor suas moléculas adquirem maior agitação de translação e conseqüentemente ocorre maior número de choques entre elas provocando expansão do gás, no entanto a pressão interna do recipiente permanece constante porque o êmbolo pode se deslocar livremente e porque não ocorre alteração da pressão externa, o deslocamento do êmbolo se dá pela ação de uma força resultante F proveniente da interação entre as moléculas do gás e as paredes do recipiente que o contem”.

Nesse momento, o professor pode fazer uma explanação sobre o que aconteceu para que o êmbolo se deslocasse, e inserir a linguagem matemática para os alunos.

Momento da Física

“Uma força aplicada em um corpo realiza um trabalho quando produz um deslocamento no corpo”. Para uma força constante aplicada no mesmo sentido do deslocamento temos:

$$w = F \cdot d \quad \text{eq. 1}$$

onde, F é a força constante medida em newtons, d é o deslocamento medido em metros e w é o trabalho medido em joules.

Essa expressão pode ser escrita nos termos da grandeza pressão e volume, que estão associadas as transformações gasosas. Como a pressão p é obtida pela razão entre o módulo da força F e a área A , ou seja

$$p = \frac{F}{A} \quad \text{eq. 2}$$

onde, F é a força constante medida em newtons, A é a área medida em metro quadrado e p é a pressão medida em newton por metro quadrado.

Assim podemos reescrever a expressão 2 isolando a força.

$$F = p \cdot A \quad \text{eq. 3}$$

Consideramos que força e deslocamento tem a mesma direção e sentido e que Área x deslocamento do êmbolo = Variação do volume $A \cdot d = \Delta V$, substituímos a equação 3 na equação 1 e assim temos:

$$w = F \cdot d$$

$$w = p \cdot A \cdot d$$

$$w = p \cdot \Delta V$$

$$w = p \cdot (V_{final} - V_{inicial}) \quad \text{eq. 4}$$

Após apresentar o modelo matemático para os alunos o professor utiliza o livro didático e discorre sobre o tema trabalho, mantendo a variável de estado

pressão, constante. Deve ser complementada a ideia do simulador, quando fornecemos calor para um sistema com pressão constante, a temperatura do gás aumenta e ocorre um aumento do volume, ou seja uma expansão gasosa. Essa também pode ser compreendida analisando -se a equação de Clapeyron, para a pressão constante:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$V = \left(\frac{n \cdot R}{p} \right) \cdot T \quad \text{eq. 5}$$

onde, o número de mols (n), a constante dos gases ideais (R) e a pressão (p) são constantes.

Dessa forma se fornecemos calor ao sistema, aumentamos sua temperatura, e de acordo com a equação 5, se a temperatura aumenta o volume aumenta, ocasionando o processo de expansão.

Após essa explicação teórica, o professor solicita que cada grupo elabore uma explicação física para o experimento assistido no vídeo 3. Depois de um tempo necessário para a resposta cada grupo socializa sua explicação, e o professor vai formalizando os conceitos físicos apresentados nas respostas.

Em seguida o professor apresenta para os alunos uma situação diferente da estudada até então.

Atividade 5: Exemplos

Pergunta: "pessoal, e se a pressão do sistema também mudar? Como poderemos descobrir o trabalho realizado pelo gás ao receber calor?"

O professor aguarda algumas tentativas de resposta dos alunos e em seguida encaminha a explicação para o questionamento levantado.

Momento da Física

Imagine que um gás hipotético recebe calor, ao receber calor sua temperatura aumenta (aumentando assim sua energia interna - que vamos estudar na próxima aula), isso faz aumentar a pressão e conseqüentemente o volume. Para melhor entender vamos representar essa situação física numa linguagem gráfica:

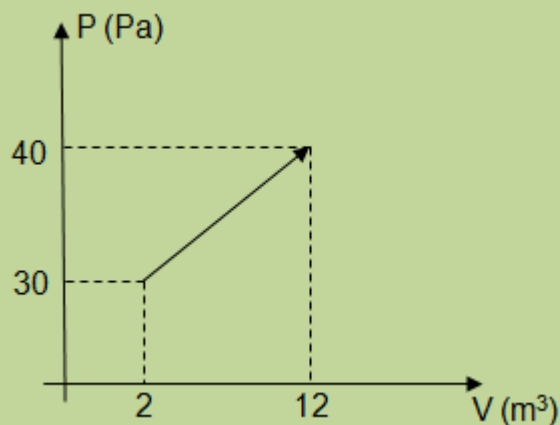


Gráfico de pressão x volume

Percebam que no gráfico que ao receber calor, a pressão do gás aumentou de 30Pa para 40Pa - pascal (unidade de medida de pressão no sistema internacional) e o volume aumentou de 2m³ para 12m³ (unidade de medida de volume no sistema internacional).

Nesse caso o trabalho não pode ser determinado pela equação 4 pois, essa só pode ser utilizada se a pressão for constante, portanto, temos uma nova maneira de se determinar o trabalho termodinâmico de um sistema gasoso. Quando a pressão varia devemos fazer uma interpretação física da área do gráfico pois, o número calculado da área será exatamente o valor do trabalho termodinâmico.

O trabalho será numericamente igual a área do gráfico de p x V

$$w = \text{Área}$$

Para exemplificar podemos calcular o valor do trabalho utilizando os dados do gráfico acima.

$$w = \text{Área}$$

$$w = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$$

$$w = \frac{(40 + 30) \cdot 10}{2}$$

$$w = 350J$$

MÓDULO 2 – ENERGIA E TRABALHO

Atividade 1 : Relembrando o Conceito de Energia e Conservação de Energia.

Para identificar os conhecimentos prévios os alunos deverão responder as questões:

1) O que é energia (definição pessoal)?

2) Quais são os tipos de energia que você conhece?

Atividade 2 – Vídeo sobre Conservação da Energia

Após será passado o vídeo:



Vídeo 4

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=BUK_bxyqsec

Esse vídeo deve servir como um organizador prévio do conteúdo de conservação de energia. Os alunos deverão voltar às questões anteriores e discutir as respostas que deram antes do vídeo e após.

Atividade 3: introdução à Primeira Lei da Termodinâmica.

Para continuar a discussão sobre trabalho e inserção dos conceitos de energia térmica e a primeira lei da termodinâmica será passado o vídeo



Vídeo 5

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GkPsPiMeCp4>.

O professor deverá iniciar este vídeo em 1:15 e terminar (pausar) em 2:29, neste momento deve-se encaminhar uma discussão com os alunos se já observaram esse fenômeno em seu cotidiano, como ocorre com a bomba no vídeo, por que ela aquece ao ser “bombeada” pelos atores?

Volta-se para a continuação do vídeo para ver a explicação dada ao fenômeno. Mostra-se o vídeo entre 2:20 e 2:43.

Então, no quadro, o professor poderá entrar na questão da energia interna, seu conceito, o que acontece quando comprime a bomba, falando das velocidades das moléculas do gás.

Momento da Física

Nos gases, a energia interna é resultante de várias energias, entre elas a energia de translação, rotação e de vibração de suas moléculas, outra parcela dessa energia interna é a das partículas intra-atômicas. Há ainda energia potencial associada as forças internas e energia cinética associada a agitação térmica de suas moléculas.

Segundo a teoria cinética dos gases, a energia cinética (E_c) dos gases monoatômicos pode ser determinada pela expressão:

$$E_c = \frac{3}{2}nRT \quad \text{eq. 6}$$

Podemos definir a variação de energia interna ΔU em uma transformação gasosa pela diferença entre as energias cinéticas medias de seus estados final e inicial

$$\begin{aligned}\Delta U &= E_{cf} - E_{ci} \\ \Delta U &= \frac{3}{2}nRT_f - \frac{3}{2}nRT_i \\ \Delta U &= \frac{3}{2}nR\Delta T \quad \text{eq. 7}\end{aligned}$$

Dessa forma podemos dizer que para os gases ideais, “a variação da energia interna de determinada massa gasosa é função única e exclusiva de sua temperatura.”

Volta-se para o vídeo entre 2:35 e 6:23, mas antes lembrando a situação em discussão. Este vídeo além de fazer uma revisão sobre energia e trabalho e ainda faz uma ponte com a primeira lei da termodinâmica que será abordada na próxima aula.

Atividade 4 – Fechamento da aula

Para finalizar os conceitos discutidos, sobre energia interna, os alunos devem assistir ao vídeo sobre termodinâmica do mundo de Beakman.



Vídeo 6

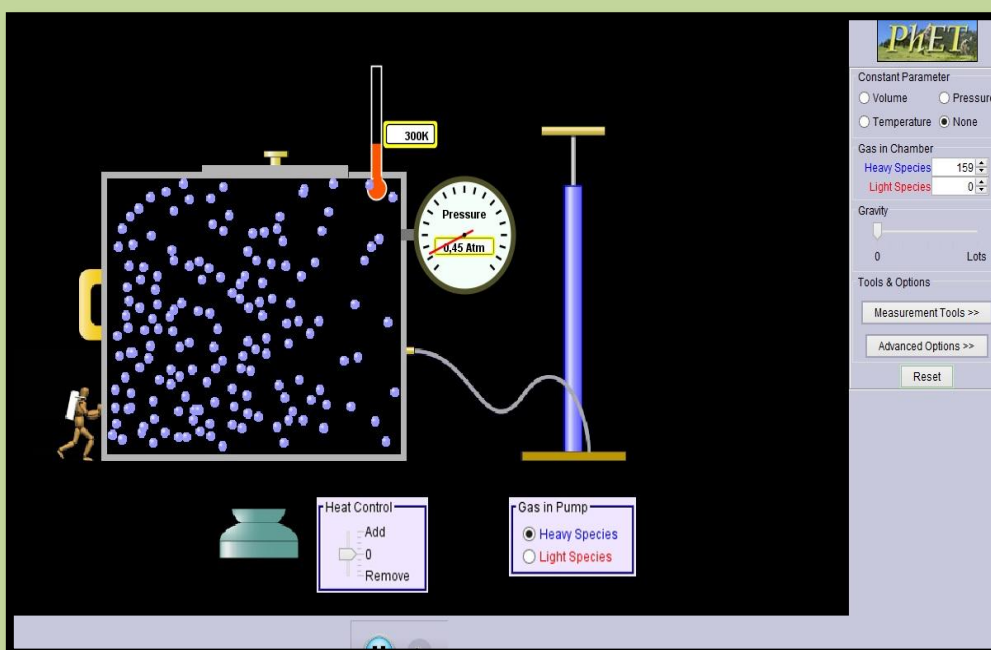
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=xHTpjoyO2WbE>

No vídeo é explicado de uma maneira lúdica e de fácil compreensão sobre o conceito de termodinâmica, calor e energia interna. Que poderá ser utilizada como uma revisão de todos os conteúdos abordados até o momento e já servindo como uma ponte de ligação para os próximos conteúdos.

MÓDULO 3 – PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA E AS TRANSFORMAÇÕES DOS GASES

Atividade 1 : Definição da Primeira Lei da Termodinâmica.

O professor inicia este módulo projetando em uma tela, ou na parede, o simulador já utilizado anteriormente. Inicialmente o professor comprime a bomba de ar (pistão) e solicita que os alunos registrem o que ocorre com a temperatura do sistema (observação o cadeado do pistão deve estar travado).



Simulador 1

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/gas-properties>

Roteiro para utilização do simulador:

Para demonstrar a relação da Primeira Lei, primeiro deixe sem parâmetro constante (lado direito da tela, parte superior), ejete o gás e espere a pressão e a temperatura estabilizar. Com o sistema estável, fixe a pressão (teremos uma transformação isobárica).

Agora forneça calor ao sistema, pergunte aos alunos quais variáveis termodinâmicas estão sofrendo alteração (espera-se que o aluno perceba uma expansão do gás pois, o mesmo recebeu calor e realizou trabalho, espera-se ainda que ele note

uma alteração na temperatura do sistema e essa mudança na temperatura teria ocasionado uma mudança energia interna).

Nesse sentido o professor pode questionar os alunos:

1) O que ocorreu com o sistema apresentado? O que está sendo alterado?

Em seguida o professor realiza o processo inverso, retirando calor do sistema. Após a simulação lance o questionamento.

2) E agora o que está acontecendo com o sistema?

Atividade 2 – Conceituando a Primeira Lei da Termodinâmica

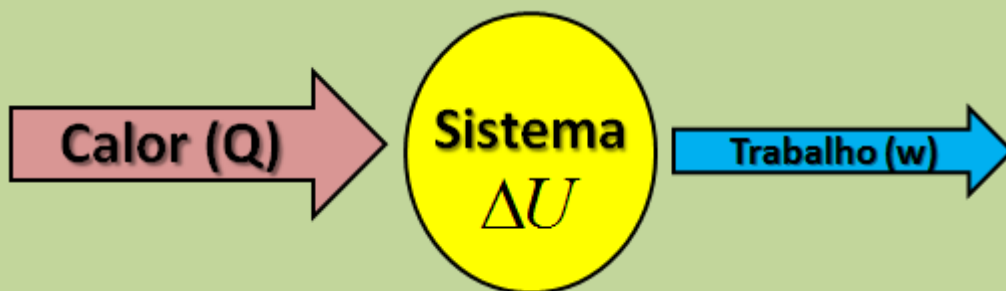
Então, após essa discussão, o professor, no quadro, poderá definir a primeira lei da termodinâmica, voltando a lei da conservação de energia discutida anteriormente:

Momento da Física

“A energia não pode ser criada nem destruída, pode apenas ser transformada de uma forma em outra, e sua quantidade total permanece constante”

A primeira lei da termodinâmica expressa o princípio de conservação de energia de um sistema considerando três formas diferentes de energia: o trabalho mecânico, a variação da energia interna e o calor.

Considere um sistema recebendo calor (Q). O calor recebido será transformado integralmente em trabalho (w) ou integralmente em energia interna (ΔU) ou ainda uma parte do calor recebido será transformado em trabalho e o restante em energia interna.



$$Q = w + \Delta U \text{ eq. 8}$$

Perceba que a quantidade de calor que entra em um sistema é a responsável pela mudança de estado de um gás, e, portanto, pela alteração da pressão, do volume e/ou da temperatura, sempre ocorrendo conservação de energia.

A seguir temos um quadro que descreve o comportamento das diferentes transformações termodinâmicas:

Transformação gasosa	Descrição	Primeira lei da Termodinâmica
Isotérmica	A transformação ocorre com a temperatura constante. $\Delta U = 0$	$Q = w$ Todo calor fornecido ao sistema é integralmente transformado em trabalho.
Isométrica	A transformação ocorre com a volume constante. $w = 0$	$Q = \Delta U$ Todo calor fornecido ao sistema é integralmente transformado em energia interna.
Isobárica	A transformação ocorre com a pressão constante.	$Q = w + \Delta U$ uma parte do calor fornecido ao sistema será transformado em trabalho e o restante em energia interna.
Adiabática	Não há trocas de calor entre o sistema termodinâmico e o meio externo. $Q = 0$	$w = -\Delta U$ Todo trabalho recebido ou realizado é convertido em energia interna do próprio gás.

APROFUNDAMENTO

Aplicações da primeira lei da Termodinâmica

Transformação Isométrica

Na transformação isométrica, não há deslocamento do êmbolo, logo não há alteração no volume, assim:

$$w = p \cdot \Delta V$$

$$\Delta V = 0$$

$$w = 0$$

Aplicando a primeira lei da Termodinâmica para a transformação isométrica temos:

$$Q = w + \Delta U$$

$$Q = \Delta U$$

Toda quantidade de calor é utilizada para a variação da energia interna do gás.

- Se o gás recebe calor $Q > 0$, ocorre um aumento de sua energia interna e, com isso, um aumento da temperatura T do gás.
- Se o gás cede calor $Q < 0$, ocorre uma redução de sua energia interna e, conseqüentemente, uma redução de sua temperatura T .
- Se desenvolvermos a igualdade $Q = \Delta U$, teremos para o gás monoatômico:

$$Q = \Delta U$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \Delta T$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \Delta T$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m \cdot c = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R$$

$$M \cdot c = \frac{3}{2} \cdot R$$

$$M \cdot c = C_V$$

$$C_V = \frac{3}{2} \cdot R \quad \text{eq. 9}$$

onde,

m é a massa do gás.

c é o calor específico do material.

M é a massa molar.

R é a constante universal dos gases perfeitos.

C_V é o calor molar do gás a volume constante.

O calor molar do gás a volume constante representa a quantidade de calor que um mol desse gás precisa para variar uma unidade de temperatura na escala absoluta Kelvin.

Transformação Isobárica

A aplicação da primeira lei da Termodinâmica na transformação isobárica ocorre de forma integral:

$$Q = w + \Delta U$$

Desenvolvendo essa igualdade para um gás monoatômico temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$w = p \cdot \Delta V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \Delta T$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = p \cdot \Delta V + \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$w = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = n \cdot R \Delta T + \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = \Delta T \left(n \cdot R + \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \right)$$

$$M \cdot c = \frac{5}{2} \cdot R$$

$$M \cdot c = C_p$$

$$C_p = \frac{5}{2} \cdot R \quad \text{eq. 10}$$

onde,

C_p é o calor molar do gás à pressão constante.

O calor molar do gás à pressão constante representa a quantidade de calor que um mol desse gás absorve ou cede para variar uma unidade de temperatura na escala absoluta Kelvin.

Relação entre os calores molares

Uma massa gasosa pode sofrer um aquecimento isométrico ou um aquecimento isobárico; assim, as grandezas definidas como calor molar poderão ser úteis no cálculo da quantidade de calor envolvido. Elas podem ser relacionadas da seguinte forma:

$$C_p - C_v = \frac{5}{2} \cdot R - \frac{3}{2} \cdot R$$

$$C_p - C_v = R \quad \text{eq. 11}$$

Conhecida como relação de Mayer, a expressão acima é válida para gases ideais monoatômicos, diatômicos ou poliatômicos.

Outra relação envolvendo essas grandezas é o coeficiente de Poisson, utilizado nas transformações térmicas rápidas. É dado por:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad \text{eq. 12}$$

Para o gás monoatômico temos:

$$\gamma = \frac{\frac{5}{2} \cdot R}{\frac{3}{2} \cdot R}$$

$$\gamma = \frac{5}{3} \cdot R \cong 1,67 \quad \text{eq. 13}$$

Transformação adiabática

Essa transformação pode ser obtida utilizando um recipiente com paredes isolantes ou por meio de uma compressão ou expansão muito rápida, o que garante que não há trocas de calor durante a transformação.

Nesse tipo de transformação todas as variáveis de estado se alteram.

Para a transformação adiabática, considerando a massa do constante, vale a lei geral dos gases ideais:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{eq. 14}$$

Verifica-se ainda que no decorrer de uma transformação adiabática, vale a seguinte relação:

$$p \cdot V^\gamma = \text{constante}$$

Assim,

$$p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma \quad \text{eq. 15}$$

Atividade 3 – Resolução de Exemplos e Exercícios Propostos

Tempo estimado: 30 minutos

Exemplo: Um sistema gasoso recebe do meio externo 200 cal, em forma de calor. Sabendo que 1 cal = 4,2 J, determinar a variação de energia interna numa transformação isométrica.

Vamos transformar em Joules:

$$Q = 200\text{cal} = 200 \cdot 4,2 = 840\text{J}$$

Numa transformação isométrica o volume permanece constante, ou seja $\Delta V = 0$ e o trabalho w é nulo, o calor recebido é transformado em variação da energia interna. Logo,

$$Q = w + \Delta U$$

$$840 = 0 + \Delta U$$

$$\Delta U = 840\text{J}$$

Exercícios Propostos:

1. Numa transformação isobárica, um gás realiza o trabalho de 400 J, quando recebe do meio externo 500 J. Qual a variação de energia interna do gás nessa transformação ?

Resolução:

Pela lei da conservação de energia, sabemos que: $Q = w + \Delta U$

Logo,

$$500 = 400 + \Delta U$$

$$\Delta U = 100J$$

2. Sobre um sistema realiza-se um trabalho de 3000J e, em consequência ele fornece 500 cal ao meio externo durante o mesmo intervalo de tempo. Se 1 cal = 4,2J, determine a variação de energia do sistema.

Resolução:

Transformando em Joule:

$$Q = 500cal = 500 \cdot 4,2 = 2100J$$

Pela lei da conservação de energia, sabemos que: $Q = w + \Delta U$

Logo,

$$2100 = 3000 + \Delta U$$

$$\Delta U = -900J$$

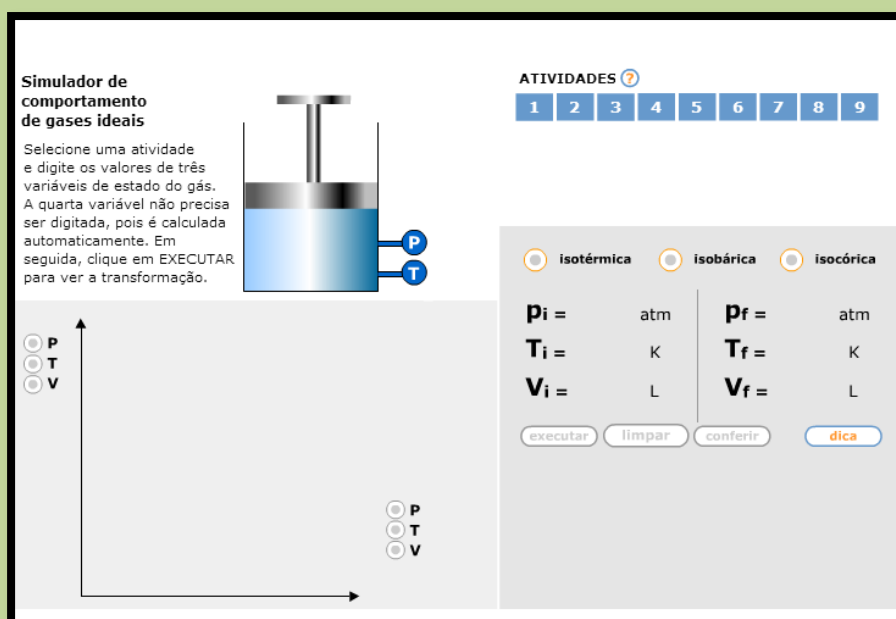
Como devemos considerar o módulo, temos que $\Delta U = 900 J$

Atividade 4: Visualização dos processos termodinâmicos e análise gráfica.

O professor utilizará um simulador e novamente falará sobre os processos termodinâmicos. Agora os alunos poderão utilizar a calculadora e deverão trabalhar em pequenos grupos.

Roteiro para utilização do simulador

Acesse o simulador de comportamento de gases ideais.



Simulador 2

Fonte: www.educacional.com.br/recursos/conteudomultimedia/21/quimica/gases/gases3.asp

Como se pode verificar na imagem do simulador 2, o simulador é composto de três partes. A primeira no canto superior direito chamada atividades, essas são tarefas que o professor deve seguir junto com os alunos.

Importante!

Atividades 1, 2 e 3 correspondem a transformação isotérmica.

Atividades 4, 5 e 6 correspondem a transformação isobárica.

Atividades 7, 8 e 9 correspondem a transformação isométrica.

A segunda parte está abaixo das atividades, aqui o professor ao ler a atividade deverá inicialmente a partir da interpretação do enunciado verificar se a transformação gasosa é isotérmica, isométrica ou isobárica, a seguir seleciona o ícone do simulador correspondente a transformação. O professor deve preencher essa parte do simulador com os dados encontrados na atividade, com os dados preenchidos solicite que os grupos encontrem o valor da variável que está faltando, para isso devem utilizar a equação geral dos gases ideais.

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Importante!

Quando a temperatura for fornecida pela atividade na unidade graus Celsius, deverá ser convertida em Kelvin.

$$T_K = T_C + 273$$

Após os grupos responderem o valor da variável, clique no botão executar, imediatamente aparecerá o valor da variável que estava faltando e ao lado esquerdo do simulador será plotado um gráfico referente a transformação termodinâmica.

Nesta parte do simulador o professor consegue alterar as variáveis do gráfico, por isso, nas atividades 1, 2 e 3 mantenha na parte vertical do gráfico a variável pressão - P e na parte horizontal do gráfico a variável volume - V.

Faça as atividades 1, 2 e 3 e dê condições para o aluno perceber que o gráfico tem sempre a mesma forma, a linha descrita pelo gráfico chama-se isoterma e em qualquer ponto dela a temperatura da massa gasosa é a mesma.

Em seguida fixe na parte vertical do gráfico a variável volume - V e na parte horizontal temperatura - T, faça as atividades 4, 5 e 6 evidenciando os gráficos encontrados.

Para finalizar fixe na parte vertical do gráfico a variável pressão - P e na parte horizontal temperatura - T, faça as atividades 4, 5 e 6 evidenciando os gráficos encontrados.

Em cada caso, quando o professor simular o processo termodinâmico deverá solicitar que os alunos observarem as variáveis temperatura, pressão e volume e então a

partir tirar conclusões sobre a primeira lei da termodinâmica: calor, trabalho e variação de energia interna.

Atividade 6: Análise de processos exemplificados em vídeo.

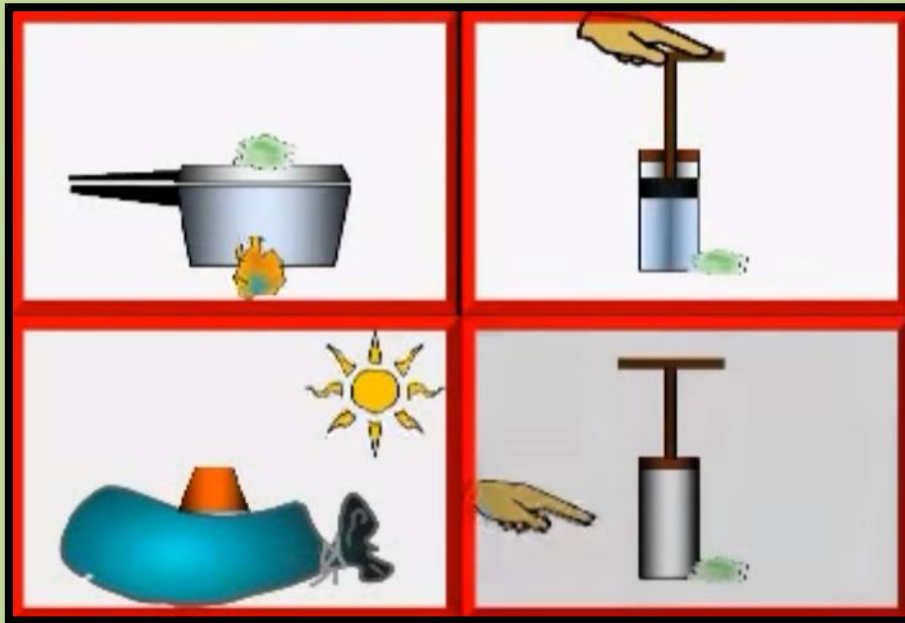
Para finalizar o trabalho com as transformações gasosas os alunos assistirão a um vídeo composto de 4 experimentos. Após assistir os alunos deverão responder as perguntas feitas no vídeo e entregar as respostas ao professor.



Vídeo 7

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=8IYLWBp2Bbo>

Após os alunos nos pequenos grupos tentarem responder o que acontece com a pressão, temperatura, volume e calor em cada situação descrita, o professor apresenta a segunda parte do vídeo, com a explicação física de cada situação o vídeo com as respostas, os alunos deverão discuti-las e compara-las com as respostas dadas por eles.



Vídeo 8

<https://www.youtube.com/watch?v=YWNPIvbKfp0#t=12.420241>

Para finalizar solicite que os alunos resolvam a questão a seguir.

3. Um recipiente indeformável, hermeticamente fechado, contém 10 litros de um gás perfeito a 30°C, suportando a pressão de 2 atmosferas. A temperatura do gás é aumentada até atingir 60° C.

- Calcule a pressão final do gás.
- Esboce o gráfico pressão (atm) versus temperatura (°C) da transformação descrita.

Resolução

a)

- O termo indeformável na primeira linha do enunciado significa que o volume do gás é constante, logo a transformação é isométrica.
- A temperatura inicial e final no enunciado aparece em graus Celsius, mas no estudo dos gases a unidade de temperatura é Kelvin, assim o primeiro passo é converter a temperatura para a escala adequada.

$$T_1 = 30 + 273 = 303K$$

$$T_2 = 60 + 273 = 333K$$

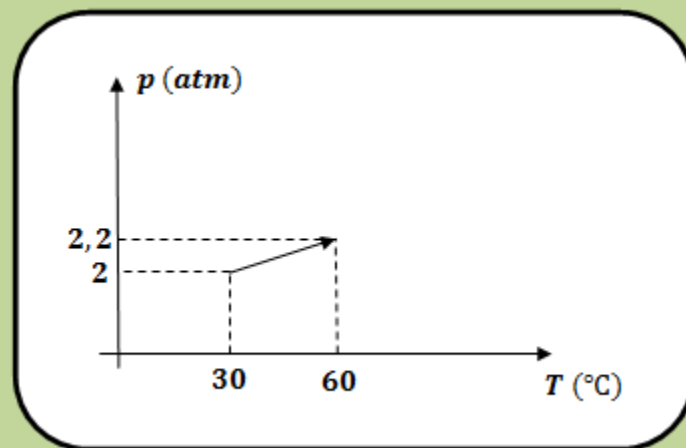
Substituindo os valores fornecidos pelo problema na equação da geral dos gases ideais, considerando o volume constante temos:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$\frac{2}{303} = \frac{p_2}{333}$$

$$p_2 \cong 2,2 \text{ atm}$$

b) A partir da resolução do item anterior, podemos esboçar o gráfico da pressão em função da temperatura (pressão x temperatura).



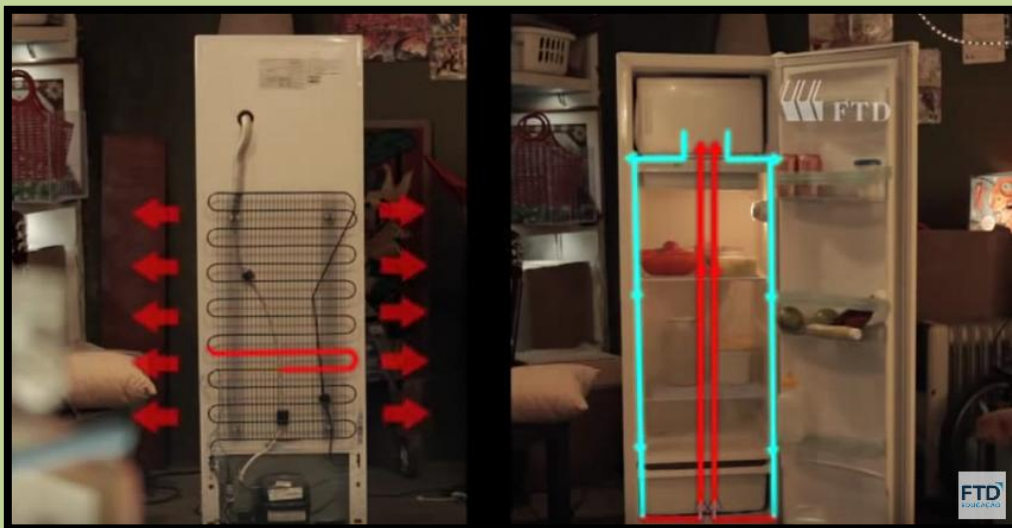
MÓDULO 4 – SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA E AS MÁQUINAS TÉRMICAS

Atividade 1: Conhecendo os Refrigeradores

Iniciamos o módulo 4 com uma questão para os alunos discutirem nos pequenos grupos.

1) Por que utilizamos uma geladeira? Como ela funciona?

Eles deverão discutir e cada pequeno grupo deverá apresentar a resposta. Após mediar as respostas dos pequenos grupos o professor apresentará um vídeo produzido pela editora FTD de aproximadamente 8 minutos sobre o princípio de funcionamento de um refrigerador.



Vídeo 9

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U

O vídeo 9 responde de maneira muito didática os questionamentos iniciais. É muito importante que o professor deixe claro para os alunos que a geladeira apenas retira calor dos alimentos. Deverá enfatizar ainda, que o gás utilizado em um refrigerador trabalha em ciclo, o que chamamos de ciclo termodinâmico.

Atividade 2 – Transformações Cíclicas

O professor deverá introduzir o conteúdo teórico referente as transformações cíclicas

Momento da Física

A transformação cíclica é um conjunto de transformações tais que o estado final do gás coincide com seu estado inicial. A última dessa série traz o gás de volta à pressão, ao volume e à temperatura iniciais.

Em qualquer transformação cíclica, temos as seguintes condições:

- A variação da energia interna é nula ($\Delta U = 0$), porque a temperatura final é igual a inicial;
- A quantidade de calor trocada com o meio externo é igual ao trabalho realizado na transformação;

$$Q_{ciclo} = w_{ciclo} \quad \text{eq. 16}$$

- O trabalho realizado na transformação cíclica pode ser obtido pelo cálculo da área do ciclo;

$$w_{ciclo} = \text{Área}_{ciclo} \quad \text{eq. 17}$$

- Se o ciclo do gás realiza trabalho, este deve receber calor de uma fonte. Neste ciclo ocorre a transformação de calor em trabalho mecânico, caso, por exemplo das máquinas térmicas.

$$w_{ciclo} = \text{Área}_{ciclo}$$

Obs: Ciclo no sentido horário

- Se durante o ciclo for realizado trabalho sobre o gás, este cede calor ao meio, nesse tipo de transformação cíclica, ocorre a transformação de trabalho mecânico em calor, como nos refrigeradores e aparelhos de ar condicionado.

$$w_{ciclo} = - \text{Área}_{ciclo}$$

Obs: Ciclo no sentido anti-horário

Atividade 3 – Trem a Vapor

Questão introdutória para discussão: Qual o princípio básico de funcionamento do trem a vapor?

O professor permite aos alunos interagirem na busca pela resposta, após a discussão inicial apresenta o vídeo sobre o funcionamento dos trens a vapor do mundo de Beakman (a partir do instante 14 minutos do vídeo) que responde a questão que os alunos tiveram que responder antecipadamente.



Vídeo 10

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=jY4cG_-_cg4

Após assistirem ao vídeo solicite que os alunos nos pequenos grupos respondam as questões abaixo:

2) Explique qual a condição necessária para converter água em vapor.

3) Explique como funciona uma locomotiva a vapor.

4) Por que as locomotivas a vapor deixaram de ser utilizadas?

Atividade 4 – Enunciando a Segunda Lei da Termodinâmica

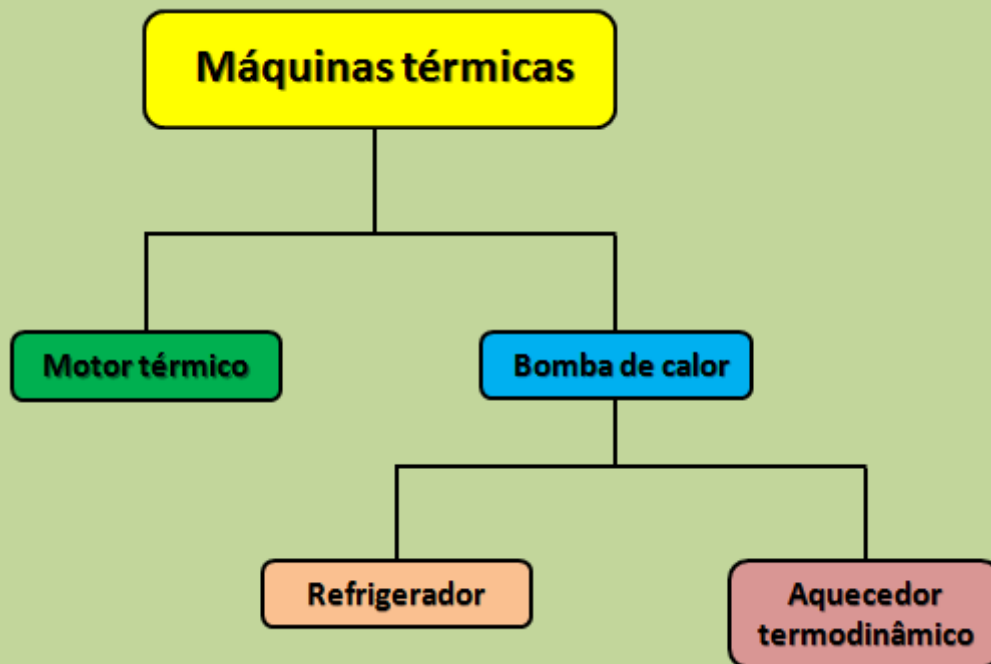
Aqui o professor deve enunciar o princípio de funcionamento de uma máquina térmica.



Momento da Física

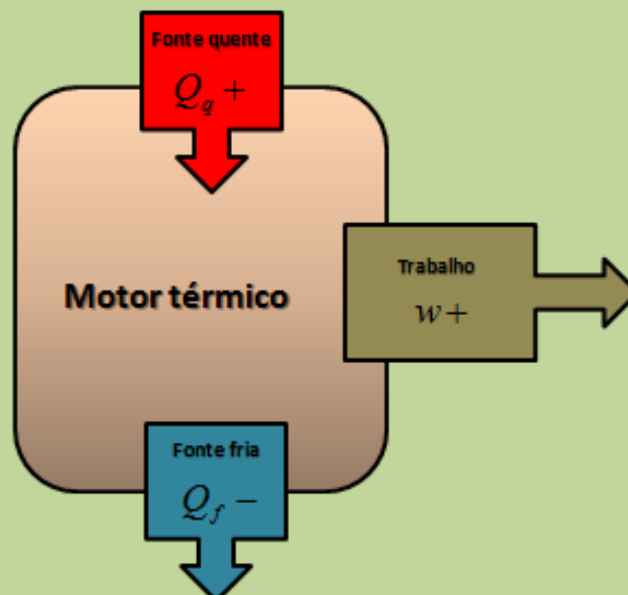
Máquinas térmicas são dispositivos em que as trocas de energia com o meio externo acontecem tanto na forma de calor como na forma de trabalho, em um processo cíclico. Os motores dos automóveis, as geladeiras e os aparelhos de ar-condicionado são exemplos de máquinas térmicas.

De acordo com sua finalidade, as máquinas térmicas pode ser classificadas em:



Motor térmico

É uma máquina que tem por finalidade transformar calor em energia mecânica. Ele recebe energia na forma de calor de uma fonte quente, disponibiliza energia mecânica (realiza trabalho) e, para que possa voltar ao estado inicial e começar um novo ciclo, cede energia na forma de calor para uma fonte fria.



De acordo com o princípio da conservação da energia, temos:

$$Q_q = w + Q_f \quad \text{eq. 18}$$

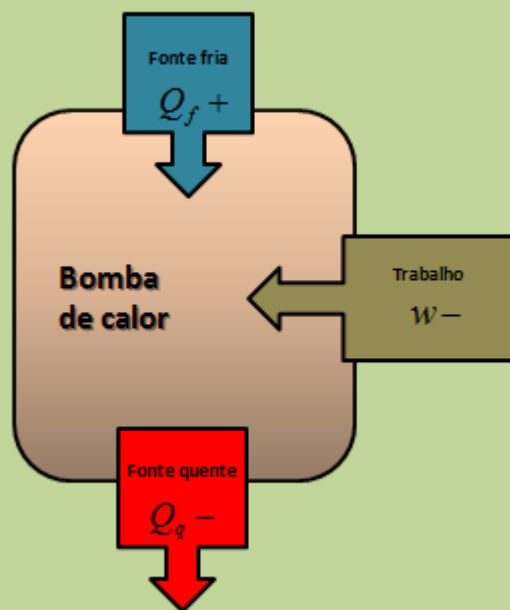
O aproveitamento de uma máquina é normalmente expresso pela relação entre a quantidade útil de energia que se obtém (trabalho) e a quantidade total de energia fornecida à máquina. Essa grandeza é denominada rendimento (η):

$$\eta = \frac{w}{Q_q} \quad \text{eq. 19}$$

Bomba de calor

O calor flui espontaneamente do corpo mais quente para o corpo mais frio. É possível, entretanto, "bombear" calor do corpo mais frio para o corpo mais quente, utilizando-se um processo forçado por trabalho mecânico.

A figura abaixo representa esquematicamente as trocas de energia em uma bomba de calor.



A bomba de calor recebe calor da fonte fria e cede calor para a fonte quente, devido ao trabalho realizado pelo compressor. De acordo com o princípio da conservação da energia temos:

$$Q_f = w + Q_q \quad \text{eq. 20}$$

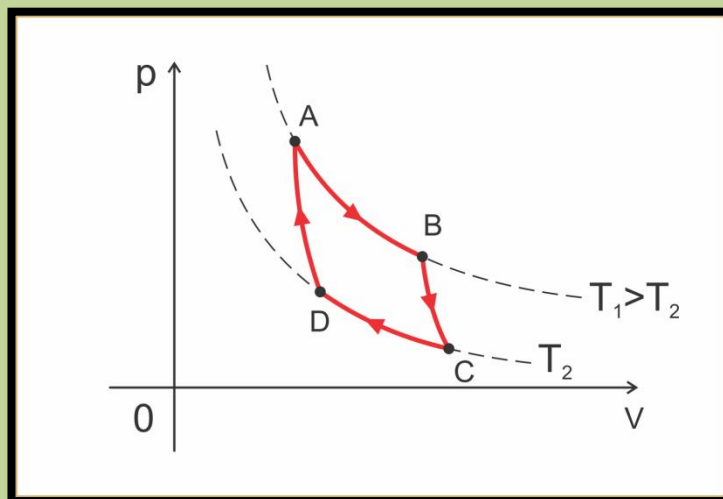
Nas bombas de calor, o termo rendimento é substituído por eficiência (e), definido pelo quociente entre a quantidade de calor recebida da fonte fria e o trabalho mecânico realizado pelo compressor:

$$e = \frac{Q_f}{w} \quad \text{eq. 20}$$

Máquina de Carnot

As máquinas a vapor foram os primeiros motores térmicos. Sua fonte quente provinha da queima do carvão e elas possuíam um rendimento muito baixo (menor que 5%).

Tentando melhorar esse rendimento, Sadi Carnot propôs um ciclo constituído de duas transformações isotérmicas e duas transformações adiabáticas, alternadas, conforme a figura abaixo.



Fonte: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/06/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_18.html

Na figura temos:

- AB - expansão isotérmica;
- BC - expansão adiabática;
- CD - compressão isotérmica;
- DA - compressão adiabática.

De acordo com Carnot, em cada ciclo, ABCDA, as quantidades de calor Q_f e Q_q , trocadas com as fontes quente e fria, são proporcionais às respectivas temperaturas das fontes, ou seja,

$$\frac{Q_f}{Q_q} = \frac{T_f}{T_q} \quad \text{eq. 20}$$

Assim o ciclo de Carnot proporciona um rendimento dado por:

$$\eta_{Carnot} = \frac{w}{Q_q} = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} \rightarrow \eta_{Carnot} = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

Em função das temperaturas das fontes quente e fria, temos:

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

Essa expressão nos dá o rendimento máximo de qualquer motor térmico operando em ciclos entre duas temperaturas, em Kelvin, sendo $T_q > T_f$.

Obs: Não existe máquina térmica com 100% de rendimento.

Atividade 5 – Resolução de Exercícios

- 1) Qual o rendimento de uma máquina térmica que retira de uma fonte quente 200 cal e passa para uma fonte fria 50 cal.

Solução:

$$\eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

$$\eta = 1 - \frac{50}{200}$$

$$\eta = 1 - 0,25$$

$$\eta = 0,75 = 75\%$$

2) Uma máquina térmica recebe de uma fonte quente 100 cal e transfere para uma fonte fria 70 cal. Qual o rendimento desta máquina ?

Sabemos que

$$\eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

$$\eta = 1 - \frac{70}{100}$$

$$\eta = 1 - 0,7$$

$$\eta = 0,3 = 30\%$$

3) Uma máquina térmica de Carnot recebe de uma fonte quente 1000 cal por ciclo. Sendo as temperaturas das fontes quente e fria, respectivamente, 427°C e 127°C, determinar

- o rendimento da máquina
- o trabalho, em joules, realizado pela máquina em cada ciclo
- a quantidade de calor, em joules, rejeitada para a fonte fria

Usar como equivalência 1 cal = 4,2 J

Convertendo as medidas, temos:

$$T_q = 427^\circ\text{C} + 273 = 700\text{K}$$

$$T_f = 127^\circ\text{C} + 273 = 400\text{K}$$

$$Q_q = 1000\text{cal} \cdot 4,2 = 4200\text{J}$$

- cálculo do rendimento

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{400}{700}$$

$$\eta_{Carnot} = 1 - 0,57$$

$$\eta_{Carnot} = 0,43 = 43\%$$

b) cálculo do trabalho em cada ciclo

$$\eta = \frac{w}{Q_q}$$

$$0,43 = \frac{w}{4200}$$

$$w = 1806J$$

c) cálculo da quantidade de calor rejeitada.

$$Q_q = w + Q_f$$

$$Q_f = Q_q - w$$

$$Q_f = 4200 - 1806$$

$$Q_f = 2394J$$

2) O rendimento de uma máquina térmica de Carnot é de 25% e a fonte fria é a própria atmosfera a 27°C. Determine a temperatura da fonte quente.

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_q}$$

$$0,25 = 1 - \frac{300}{T_q}$$

$$1 - 0,25 = \frac{300}{T_q}$$

$$T_q = \frac{300}{0,75} = 400K$$