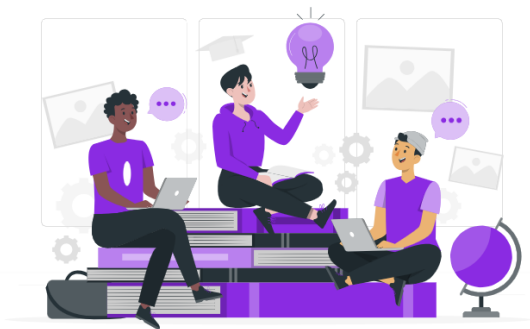


Sala de Aula Invertida no Ensino de Física

Uma sequência didática abordando
as Leis da Termodinâmica

Dante Ronaldo Doleski Deon
Marcos André Betemps Vaz da Silva
Maykon Gonçalves Müller



Ficha Técnica

Autores

Dante Ronaldo Doleski Deon

Marcos André Betemps Vaz da Silva

Maykon Gonçalves Müller

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D418s Deon, Dante Ronaldo Doleski

Sala de aula invertida no ensino de física: uma sequência didática abordando as leis da Termodinâmica / Dante Ronaldo Doleski Deon. – 2024.
62 f. : il.

Produto educacional (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, Câmpus Pelotas Visconde da Graça, Programa de Pós - graduação em Ciências e Tecnologias da Educação, 2024.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Marcos André Betemps Vaz da Silva.
Co-orientação: Prof. Dr. Maykon Gonçalves Müller.

1. Metodologias ativas. 2. Tecnologias educacionais. 3. Física. 4. Aprendizagem significativa. I. Silva, Marcos André Betemps Vaz da (orient.). II. Müller, Maykon Gonçalves (co-orient.). III. Título.

CDU: 37.02

Catalogação na fonte elaborada pelo Bibliotecário

Emerson da Rosa Rodrigues CRB 10/2100

Câmpus Pelotas Visconde da Graça



Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons*

Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional

Sala de Aula Invertida no Ensino de Física:

Uma sequência didática abordando as Leis da Termodinâmica

Dante Ronaldo Doleski Deon
Marcos André Betemps Vaz da Silva
Maykon Gonçalves Müller

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
INTRODUÇÃO.....	3
SALA DE AULA INVERTIDA.....	5
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	7
PENSANDO E CONTRUINDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	9
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Temas, conteúdos e objetivos de aprendizagem	11
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 1ª semana de Sala de Aula Invertida.....	13
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 2ª semana de Sala de Aula Invertida.....	14
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 3ª semana de Sala de Aula Invertida.....	15
SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 4ª semana de Sala de Aula Invertida.....	16
CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
APÊNDICE A – Questões da 1ª atividade elaborada para o 1º encontro presencial	20
APÊNDICE B – Tarefa da 2ª atividade elaborada para o 1º encontro presencial	22
APÊNDICE C – Tarefa elaborada para o 2º encontro presencial.....	23
APÊNDICE D – Questões da 1ª atividade elaborada para o 3º encontro presencial	25
APÊNDICE E – Questões da 2ª atividade elaborada para o 3º encontro presencial	27
APÊNDICE F – Tarefa elaborada para o 4º encontro presencial	29
APÊNDICE G – Descrição das experiências para o 4º encontro presencial	30
APÊNDICE H – Questões da 1ª atividade elaborada para o 5º encontro presencial	34
APÊNDICE I – Tarefa da 2ª atividade elaborada para o 5º encontro presencial.....	35
APÊNDICE J – Demonstração elaborada para o 6º encontro presencial	36
APÊNDICE K – Atividade prática elaborada para o 6º encontro presencial.....	37
APÊNDICE L – Construindo as caixas para a atividade “A desordem dos feijões” ...	38
APÊNDICE M – Questões da atividade elaborada para o 7º encontro presencial	39
APÊNDICE N – Tarefa da atividade elaborada para o 8º encontro presencial	42
ANEXO A – Texto selecionado para o estudo prévio da 1ª semana	43
ANEXO B – Texto selecionado para o estudo prévio da 2ª semana	45
ANEXO C – Texto selecionado para o estudo prévio da 3ª semana.....	48
ANEXO D – Texto selecionado para o estudo prévio da 4ª semana.....	51

APRESENTAÇÃO

Com o intuito de promover uma abordagem inovadora no ensino de Física, desenvolvemos o produto educacional "**Sala de Aula Invertida no Ensino de Física: Uma sequência didática abordando as Leis da Termodinâmica**". Convidamos os docentes a realizarem a leitura deste trabalho e a refletirem sobre as possibilidades e benefícios da implementação da Sala de Aula Invertida (Bergmann e Sams, 2016; Oliveira, Araujo e Veit, 2016) em suas práticas pedagógicas.

Este produto surgiu como resultado da dissertação de mestrado intitulada "**Sala de Aula Invertida no Ensino de Física: Uma experiência didática abordando as Leis da Termodinâmica**", realizada por intermédio do curso de Mestrado Profissional em Ciências e Tecnologias na Educação, oferecido pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias na Educação, pelo Câmpus Pelotas-Visconde da Graça do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul).

O propósito principal deste trabalho foi desenvolver e implementar uma sequência didática que empregasse o método Sala de Aula Invertida, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (Ausubel, 2003; Moreira, 2010), para abordar as Leis da Termodinâmica em uma turma de Ensino Médio na disciplina de Física. Procuramos não apenas ensinar conceitos teóricos, mas também promover a construção ativa do conhecimento pelos estudantes, incentivando sua participação ativa e engajamento com o conteúdo.

A sequência didática foi elaborada a partir de uma seleção de conteúdos relacionados às Leis da Termodinâmica, divididos em quatro temas, um por semana. Para atender ao método da Sala de Aula Invertida, foram desenvolvidos materiais instrucionais para o estudo prévio dos estudantes, incluindo textos, questões e, principalmente, videoaulas. Para os encontros presenciais, foram elaboradas atividades e tarefas para promover a revisão e a aplicação dos conhecimentos adquiridos no estudo prévio, por meio de discussões em grupo, resolução de problemas, observação de experimentos e outras estratégias pedagógicas. Desde a seleção de conteúdos, passando pela elaboração dos materiais instrucionais até a construção das atividades e tarefas, os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa foram considerados, com o objetivo de promover e valorizar a construção ativa do conhecimento pelos estudantes e sua aplicação em contextos reais.

Para os docentes que desejam conhecer a descrição de todos os processos realizados, convidamos a consultar a referida dissertação de mestrado, onde são detalhados os procedimentos adotados, os resultados obtidos e as reflexões sobre a implementação da Sala de Aula Invertida no ensino de Física, especialmente no contexto das Leis da Termodinâmica.

INTRODUÇÃO

Vivemos uma era de rápidas mudanças tecnológicas que afetam a interação social. A hiperconectividade¹ proporciona acesso instantâneo a uma ampla variedade de informações por meio de dispositivos como computadores e smartphones. Os alunos do ensino básico refletem essa mudança, aproveitando a conectividade para interagir, buscar informações e conhecimento em diversas plataformas online (Oliveira; Araujo; Veit, 2016).

Em contrapartida, a educação formal ainda se concentra principalmente nas salas de aula físicas, com pouca integração de tecnologia digital. O modelo tradicional de ensino, centrado no professor e na transmissão de conhecimento por meio de aulas expositivas, mantém os alunos como receptores passivos de informação.

Estruturalmente, a escola atual não difere daquela do início do século passado. No entanto, os estudantes de hoje não aprendem da mesma forma que os do século anterior. Crianças e jovens estão cada vez mais conectados às tecnologias digitais, configurando-se como uma geração que estabelece novas relações com o conhecimento e que, portanto, requer que transformações aconteçam na escola (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015, p. 47).

Na Educação Básica, o ensino de Física é principalmente limitado ao Ensino Médio, com um extenso currículo e poucas aulas por semana. Os conceitos complexos e a necessidade de habilidades matemáticas podem dificultar a aprendizagem e desmotivar os alunos, que muitas vezes não veem a Física como relevante para entender o mundo ao seu redor.

Moreira (2017) propõe que o ensino de Ciências, especialmente de Física, adote uma abordagem centrada no aluno, visando o desenvolvimento de competências científicas e integrando Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Nesse contexto, o papel do professor seria o de organizador do conhecimento, enquanto o computador facilitaria a aprendizagem. Reconhecemos a necessidade de métodos de ensino mais envolventes na educação formal, alinhados com as transformações sociais. Os professores devem refletir sobre suas práticas

¹ Termo frequentemente usado para descrever a realidade atual da sociedade, onde as pessoas estão constantemente conectadas a dispositivos eletrônicos, como *smartphones*, *tablets* e computadores, bem como às redes sociais e outras formas de comunicação online.

pedagógicas, considerando os contextos sociais dos alunos, com o objetivo de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais prazeroso e significativo.

A adaptação às transformações tecnológicas traz estratégias inovadoras, como a Sala de Aula Invertida (SAI), que coloca os alunos como protagonistas do aprendizado. Oliveira, Araujo e Veit (2016) destacam seu potencial para redefinir os papéis de professores e alunos, promover a aprendizagem significativa e integrar as TDIC, especialmente no ensino de Física. Nesse modelo, os alunos têm o primeiro contato com os conteúdos fora da sala de aula, através de recursos como videoaulas, material online ou jogos. O tempo presencial é reservado para atividades práticas e discussões sobre os temas previamente estudados.

Moran (2015) destaca a SAI como um método de ensino relevante diante das possibilidades tecnológicas, haja vista que utiliza o ambiente virtual para fornecer informações básicas, transferindo para a sala de aula as atividades que demandam maior esforço cognitivo, com a orientação do professor e colaboração entre os colegas. Ele também ressalta que o estudo prévio dos alunos possibilita ao professor identificar as principais dificuldades em relação ao conteúdo, permitindo um planejamento mais direcionado das atividades em sala de aula.

Atualmente, os estudantes recorrem com frequência à internet, especialmente às videoaulas, para se prepararem para provas e trabalhos escolares. Nesse contexto, a SAI emerge como um método viável para integrar as TDIC de forma mais eficaz no processo de ensino e aprendizagem, reduzindo a distância entre professores e alunos, bem como entre a escola e os pais.

A SAI representa um modelo de aprendizagem ativa e alinhado com o perfil dos estudantes contemporâneos, baseando-se na inversão e flexibilização dos tempos e espaços de ensino, contrastando com a rigidez habitual das salas de aula e métodos tradicionais. Nesse sentido, entendemos que a adoção da SAI representa uma alternativa para os professores, possibilitando a otimização do tempo em sala de aula para atividades além da simples abordagem do conteúdo.

SALA DE AULA INVERTIDA

Apresentando a Sala de Aula Invertida como uma alternativa para transformar o ensino de Física, visando melhorar a aprendizagem dos alunos na disciplina, Oliveira, Araujo e Veit (2016) abordam os conceitos fundamentais, as origens, os métodos associados, bem como os principais motivos e desafios enfrentados pelos professores interessados em adotar esse método.

A Sala de Aula Invertida é uma metodologia de ensino que inverte a lógica tradicional de ensino. O aluno tem o primeiro contato com o conteúdo que irá aprender através de atividades extraclases, prévias à aula. Em sala, os alunos são incentivados a trabalhar colaborativamente entre si e contam com a ajuda do professor para realizar tarefas associadas à resolução de problemas, entre outras (Oliveira; Araujo; Veit, 2016 apud Bergmann; Sams, 2012).

De acordo com Oliveira, Araujo e Veit (2016), os motivos para implementar a Sala de Aula Invertida incluem a ressignificação do papel do professor, promovendo-o de transmissor de informação para orientador e gestor do aprendizado do aluno, colocando o aluno no centro do processo educativo para promover autonomia e responsabilidade sobre a aprendizagem. Além disso, considera os conhecimentos prévios dos alunos para uma aprendizagem significativa, lidando com a diversidade de conhecimentos e habilidades dos alunos. Por fim, auxilia no desenvolvimento de hábitos de estudo, estimulando o desenvolvimento da capacidade de reflexão e de formular boas perguntas, bem como fomentando o trabalho colaborativo.

Na obra "Sala de Aula Invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem", os autores Jonathan Bergmann e Aaron Sams descrevem como incorporaram o método em suas aulas de Química, destacando vários aspectos positivos observados e defendendo que inverter a sala de aula é uma iniciativa acessível para qualquer professor:

Basicamente, o conceito de sala de aula invertida é o seguinte: o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que é tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula (Bergmann; Sams, 2016, p.11).

Conforme os autores (*Ibid.*), desde que começaram a usar a Sala de Aula Invertida, a apresentação teórica dos conteúdos de Química ocorre por meio de

videoaulas produzidas por eles e disponibilizadas antecipadamente aos estudantes. Para que a inversão seja eficaz, é crucial treinar os estudantes para o estudo prévio: desconectar-se das redes sociais e outras distrações, aprender a assistir aos vídeos, pausar e retroceder as explicações do professor e fazer anotações dos pontos cruciais do conteúdo. Essas anotações são fundamentais para a aula presencial, pois servem como base para revisão do conteúdo.

Durante o encontro presencial, a aula é dividida em dois momentos: começa com uma breve discussão sobre o estudo prévio, onde as principais dúvidas são esclarecidas; em seguida, os alunos recebem as tarefas do dia, que podem incluir experimentos de laboratório, atividades de pesquisa, resolução de problemas, entre outros (Bergmann; Sams, 2016).

Nitidamente, a aula gira em torno dos alunos, não do professor. Os estudantes têm o compromisso de assistir aos vídeos e fazer perguntas adequadas. O professor está presente unicamente para prover feedback especializado. Também compete aos alunos a realização e apresentação de trabalhos escolares. Como também se oferece um guia de soluções, os alunos são motivados a aprender, em vez de apenas realizar os trabalhos pela memória. Além disso, os alunos devem recorrer ao professor sempre que precisarem de ajuda para a compreensão dos conceitos. O papel do professor na sala de aula é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações. (Bergmann; Sams, 2016, p.14).

Apesar disso, o professor continua a avaliar os trabalhos, os experimentos de laboratório e os testes. No entanto, seu papel em sala de aula é diferente, passando a assumir funções de orientação e tutoria, circulando pela sala e auxiliando os alunos na compreensão de conceitos, especialmente aqueles com mais dificuldades (Bergmann; Sams, 2016).

Acreditamos nas potencialidades da Sala de Aula Invertida para tornar o processo de ensino e aprendizagem mais interessante e motivador para os alunos. Com as TDIC, o ato de ensinar não precisa mais estar limitado à sala de aula; explorar diferentes tempos e espaços para a apresentação dos conteúdos pode ser uma prática comum para os professores que desejam atualizar seus métodos para os alunos contemporâneos.

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A essência do processo de aprendizagem significativa é que novas ideias simbolicamente expressas se conectam de maneira não arbitrária e não literal ao conhecimento prévio do aprendiz em uma área específica de estudo. Essa interação resulta na emergência de um novo significado que reflete a natureza substantiva do produto da interação. Em outras palavras, o material de instrução relaciona-se a elementos específicos ou gerais da estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 2003). Esse conhecimento prévio, que pode assumir a forma de conceitos, ideias ou observações, é referido por Ausubel como "subsunçor" (Moreira, 2010).

Os subsunçores podem variar em estabilidade cognitiva e elaboração de significados. Quando um subsunçor serve como base para a assimilação de um novo conhecimento, ele mesmo se transforma, adquirindo novos significados e fortalecendo os já existentes. Ao longo desse processo, ele se torna mais estável, diferenciado e rico em significados, facilitando cada vez mais novas aprendizagens (Moreira, 2010).

Segundo Ausubel, a mente humana organiza informações em uma hierarquia conceitual, conectando elementos específicos do conhecimento a conceitos mais gerais e inclusivos. Ele contrasta a aprendizagem significativa com a aprendizagem mecânica ou memorística, onde o novo conhecimento é simplesmente memorizado de forma literal e arbitrária, sem interagir com o conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do aprendiz (Ostermann; Cavalcanti, 2011).

De acordo com Ausubel, as condições essenciais para a aprendizagem significativa são as seguintes: (1) conhecimento prévio relevante, onde os alunos possuem algum entendimento prévio relacionado ao novo conteúdo; (2) material de ensino potencialmente significativo, apresentado de forma clara, lógica e relevante, facilitando a conexão entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios dos alunos.

Na perspectiva da Aprendizagem Significativa, a elaboração do material de aprendizagem deve começar apresentando situações amplas e inclusivas, conceitos abrangentes, e gradualmente explorar os mais específicos. Isso proporciona aos estudantes condições para realizarem uma diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conhecimentos adquiridos.

O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na *diferenciação progressiva* de conceitos ou proposições, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e numa potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores. Quando se apreendem conceitos ou proposições através de novos processos de aprendizagem de subsunção, subordinante ou combinatória, podem desenvolver-se significados novos e diferenciados e é possível que se possam resolver os significados conflituosos através de um processo de *reconciliação integradora* (Ausubel, 2003, p. 106).

Na visão de Ausubel, a variável mais importante para a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio, ou seja, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aluno. No entanto, pode ocorrer que o aluno não possua subsunçores adequados para assimilar novos conhecimentos. Uma solução para superar essa dificuldade é o uso de organizadores prévios antes de apresentar o novo conhecimento ao aluno (Moreira, 2010).

O organizador prévio é um recurso instrucional com maior abstração, generalidade e inclusividade em comparação ao material de aprendizagem. Diversos recursos educacionais podem servir como organizadores prévios, contudo, a condição fundamental para sua utilização é que ele preceda a apresentação do material de aprendizagem e seja mais abrangente, geral e inclusivo do que este.

No contexto da avaliação da aprendizagem significativa, que é oposta à aprendizagem mecânica, podemos concluir que os métodos de avaliação dos estudantes não devem seguir os mesmos padrões do ensino tradicional. Avaliar por meio de provas objetivas, que buscam respostas do tipo certo ou errado, promove uma aprendizagem memorística, carente de significado e compreensão.

A avaliação da aprendizagem significativa deve ser predominantemente formativa e recursiva. É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não. É importante a recursividade, ou seja, permitir que o aprendiz refaça, mais de uma vez se for o caso, as tarefas de aprendizagem. É importante que ele ou ela externalize os significados que está captando, que explique, justifique, suas respostas. (Moreira, 2010, p. 24).

Portanto, para identificar a aprendizagem significativa nos estudantes, é essencial avaliar não apenas a memorização de conteúdos, mas também a compreensão e assimilação de significados. Além disso, é importante avaliar a capacidade dos alunos de transferir o conhecimento adquirido para situações diferentes, demonstrando assim a aplicabilidade e a profundidade do aprendizado.

PENSANDO E CONTRUINDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com Ostermann e Cavalcanti (2011), o ensino de Física com uma abordagem ausubeliana requer quatro tarefas fundamentais para o professor. O primeiro passo seria estabelecer a estrutura conceitual e proposicional do conteúdo a ser ensinado, com uma organização hierárquica dos conceitos e princípios. Em seguida, seria necessário identificar quais são os subsunçores relevantes para a aprendizagem desse conteúdo, ou seja, quais conhecimentos prévios o aluno precisa ter para uma aprendizagem significativa. Uma etapa subsequente seria determinar quais desses subsunçores estão presentes na estrutura cognitiva do aluno. Por fim, o processo de ensino deve ser conduzido de forma a facilitar a assimilação da estrutura do conteúdo pelo aluno, promovendo a aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis e a organização de suas próprias estruturas cognitivas nessa área específica de conhecimento.

A sequência didática deste produto educacional aborda os conteúdos de Física relacionados às Leis da Termodinâmica, organizando os conceitos, propriedades e processos térmicos. Acreditamos que esses conteúdos podem motivar os alunos, pois abrangem conceitos essenciais em diversas áreas da Física.

Para organizar e desenvolver os materiais de estudo com base na Teoria da Aprendizagem Significativa, iniciamos com o conceito de energia de forma abrangente, contextualizando-o nos fenômenos físicos do cotidiano. Destacamos os princípios de conservação e degradação da energia e apresentamos as Leis da Termodinâmica como consequência desses princípios. Estabelecemos uma organização hierárquica do conhecimento, partindo de conceitos gerais e amplos e avançando para conceitos mais específicos e detalhados, proporcionando a diferenciação progressiva. Além disso, buscamos promover a reconciliação integradora, permitindo que os alunos conectem novos conceitos de forma coesa e resolvam conflitos de significado, visando a uma melhor compreensão do conteúdo.

A sequência didática foi planejada para ser executada em quatro semanas do ano letivo, com dois encontros presenciais semanais. O primeiro encontro inclui duas aulas consecutivas, enquanto o segundo conta com apenas uma aula, totalizando oito encontros e doze aulas. Consideramos 50 minutos a duração de cada aula, completando assim 10 horas de encontros presenciais.

Segundo Schneiders (2018), o sucesso da Sala de Aula Invertida (SAI) requer quatro ações fundamentais: planejamento prévio de cada unidade de aprendizagem, elaboração e disponibilização dos materiais de estudo antes das aulas presenciais, incentivo ao comprometimento dos alunos com a autonomia e protagonismo do seu aprendizado, e comprometimento do professor em atuar como organizador dos conhecimentos antes da aula, orientador durante a aula, e avaliador da aprendizagem ao término da aula.

Para o estudo prévio, nossa proposta inclui três atividades para os alunos: leitura de um texto; resposta para uma questão; e visualização de uma videoaula produzida pelo professor – que foi o principal material didático elaborado para abordar os conteúdos relacionados ao tema da semana. Na seleção e elaboração dos materiais e atividades, priorizamos a clareza e a contextualização dos conteúdos. Todo o material instrucional destinado ao estudo prévio foi disponibilizado com antecedência no Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) antes do encontro presencial.

Os textos indicados são artigos de sites de divulgação científica, relacionados ao conteúdo da semana, e acreditamos que possuem um nível de leitura acessível aos estudantes. A questão elaborada foi projetada para provocar reflexões nos estudantes sobre o tema que seria abordado na videoaula, além de reconhecer os conhecimentos prévios relacionados ao que seria estudado na semana.

Na videoaula, os conteúdos foram apresentados de modo que os estudantes pudessem relacionar o que foi lido no texto indicado e o que foi respondido na questão instigante. Os conceitos foram organizados e apresentados considerando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, atendendo à Teoria da Aprendizagem Significativa.

Para os encontros presenciais, planejamos atividades em grupos para promover a discussão, compreensão, integração e colaboração entre os colegas sobre os conhecimentos do estudo prévio, com o professor atuando como orientador no processo de aprendizagem. Também incluímos atividades individuais com o objetivo de verificar a aprendizagem dos alunos.

A seguir, apresentamos a sequência didática elaborada, primeiramente a definição dos temas, conteúdos e objetivos de aprendizagem e, logo em seguida, as atividades e tarefas realizadas em cada semana.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – Temas, conteúdos e objetivos de aprendizagem

1ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema	Energia: suas formas e conservação.
Conteúdos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conceito de energia; 2. Formas de energia; 3. Transformação de energia; 4. Lei da conservação da energia; 5. Energia interna; 6. Calor.
Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender e associar o conceito de energia a situações reais; • Reconhecer e exemplificar diferentes formas de energia em situações reais; • Identificar transformações de energia de uma forma em outra em situações reais; • Entender a conservação da energia como uma lei geral e reconhecê-lo em situações do cotidiano; • Compreender o conceito de energia interna de um corpo como o conjunto das energias de movimento e de interação das suas partículas; • Reconhecer o conceito de calor como energia em trânsito entre um sistema e sua vizinhança em razão de uma diferença de temperatura entre eles.
2ª semana adotando a Sala de Aula Invertida	
Tema	A primeira lei da termodinâmica.
Conteúdos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variação da energia interna de um gás ideal; 2. Trabalho mecânico na expansão e na compressão de gases; 3. Primeira lei da Termodinâmica; 4. Transformações gasosas: isobárica, isocórica, isotérmica e adiabática.
Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o conceito de energia interna de um gás ideal e sua variação nas transformações termodinâmicas; • Reconhecer a aplicação do conceito de trabalho nos sistemas que contenham gases; • Compreender a relação entre as grandezas calor, trabalho e variação de energia interna como um princípio da conservação da energia;

<ul style="list-style-type: none">• Compreender a 1ª lei da Termodinâmica como uma expressão do princípio da conservação da energia;• Aplicar a 1ª lei da Termodinâmica às diferentes transformações gasosas.
3ª semana adotando a Sala de Aula Invertida
Tema
Entropia e a segunda lei da termodinâmica.
Conteúdos
<ol style="list-style-type: none">1. Transformações reversíveis e irreversíveis;2. Ordem, desordem e entropia;3. Princípio da degradação da energia;4. Segunda lei da Termodinâmica.
Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
<ul style="list-style-type: none">• Compreender transformações reversíveis e irreversíveis e analisar a probabilidade de ocorrência dessas em fenômenos cotidianos;• Compreender que no universo há uma tendência natural para o estado de maior desordem;• Compreender o conceito de entropia na perspectiva microscópica;• Compreender que a segunda lei da termodinâmica é uma expressão do princípio da degradação da energia.
4ª semana adotando a Sala de Aula Invertida
Tema
Máquinas térmicas.
Conteúdos
<ol style="list-style-type: none">1. Transformações cíclicas;2. Máquinas térmicas;3. Ciclo de Carnot;4. Máquinas frigoríficas.
Objetivos de aprendizagem a serem alcançados pelos estudantes
<ul style="list-style-type: none">• Compreender, interpretar e utilizar diagramas que representem transformações gasosas cíclicas;• Reconhecer as partes e compreender as etapas do funcionamento de uma máquina térmica;• Compreender as relações entre calor e trabalho nas máquinas térmicas;• Compreender e avaliar o rendimento de uma máquina térmica;• Compreender e aplicar o ciclo de Carnot no funcionamento das máquinas térmicas ideais;• Reconhecer as partes e compreender as etapas do funcionamento de uma máquina frigorífica.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 1ª semana de Sala de Aula Invertida

Tema	
Energia: suas formas e conservação.	
Tarefas antes do encontro presencial (estudo prévio em casa)	
1ª tarefa	Fazer a leitura do texto (ver anexo A) Título: A descoberta que mudou a humanidade
2ª tarefa	Responder à questão <i>O termo “energia” é muito presente no cotidiano das pessoas. Precisamos de energia em nossos corpos, em nossas residências, nos automóveis, nas máquinas, nos aparelhos, etc. Existem diversas situações onde o termo “energia” é empregado. Sendo assim, baseado na sua percepção, responda: O que é energia e como podemos obtê-la?</i>
3ª tarefa	Assistir a videoaula 01 (acessar vídeo) Título: As leis da Termodinâmica – Energia: suas formas e conservação
Atividades durante os encontros presenciais (na sala de aula).	
1º encontro – 2 aulas (100 min)	
1º momento	O professor deve fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. <i>Tempo estimado: no máximo 15 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro (ver apêndice A). A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 01, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. <i>Tempo estimado: 60 minutos</i>
3º momento	Separar os grupos para os alunos realizarem de forma individual a segunda atividade para o encontro (ver apêndice B). A atividade elaborada solicita que o aluno se expresse escrevendo sobre os conceitos de energia, conservação da energia, energia interna e calor. <i>Tempo estimado: 25 minutos</i>
2º encontro – 1 aula (50 min)	
1º momento	Encaminhar os alunos para o laboratório de informática. <i>Tempo estimado: 5 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em dois alunos por computador e entregar a atividade para o encontro (ver apêndice C). A atividade foi elaborada para ser realizada explorando a simulação sobre “Formas de Energia e Transformações”, do projeto PhET. <i>Tempo estimado: 45 minutos</i>

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 2ª semana de Sala de Aula Invertida

Tema	
A primeira lei da termodinâmica.	
Antes do encontro presencial (estudo prévio)	
1ª tarefa	Fazer a leitura do texto (ver anexo B) Título: Os segredos que o frio esconde
2ª tarefa	Responder à questão <i>Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?</i>
3ª tarefa	Assistir a videoaula 02 (acessar vídeo) Título: As leis da Termodinâmica – A primeira lei da Termodinâmica
Durante os encontros presenciais (na sala de aula)	
3º encontro – 2 aulas (100 min)	
1º momento	O professor deve fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. <i>Tempo estimado: no máximo 10 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro (ver apêndice D). A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 02, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. <i>Tempo estimado: 70 minutos</i>
3º momento	Separar os grupos para os alunos realizarem de forma individual a segunda atividade para o encontro (ver apêndice E). A atividade elaborada solicita que o aluno responda cinco questões de múltipla escolha, acerca dos conteúdos desenvolvidos na primeira atividade. <i>Tempo estimado: 20 minutos</i>
4º encontro – 1 aula (50 min)	
1º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a atividade elaborada para o encontro (ver apêndice F). Nela, o grupo precisa explicar os fenômenos observados nas demonstrações experimentais realizadas pelo professor, relacionando-os com a primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas. <i>Tempo estimado: 5 minutos</i>
2º momento	Realizar as demonstrações experimentais, contando com o auxílio de um ou dois alunos, quando necessário (ver apêndice G). Durante a realização dos experimentos, fazer questionamentos aos alunos sobre os fenômenos observados. <i>Tempo estimado: 45 minutos</i>

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 3ª semana de Sala de Aula Invertida

Tema	
Entropia e a segunda lei da termodinâmica.	
Antes do encontro presencial (estudo prévio)	
1ª tarefa	Fazer a leitura do texto (ver anexo C) Título: O caos e a ordem
2ª tarefa	Responder à questão <i>Você já deve ter ouvido que "é preciso economizar energia". Por exemplo: desligar as luzes para economizar eletricidade, dirigir de forma mais suave para economizar gasolina, etc. No entanto conhecemos o princípio da conservação da energia, importante lei da Física que diz: a energia total do Universo é constante; não pode ser criada nem destruída, mas apenas transformada em diversas modalidades. Sabendo disso, responda: Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?</i>
3ª tarefa	Assistir a videoaula 03 (acessar vídeo) Título: As leis da Termodinâmica – Entropia e a segunda lei da Termodinâmica
Durante os encontros presenciais (na sala de aula)	
5º encontro – 2 aulas (100 min)	
1º momento	O professor deve fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. <i>Tempo estimado: no máximo 10 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a primeira atividade para o encontro (ver apêndice H). A atividade elaborada pretende resgatar o conteúdo apresentado na videoaula 03, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. <i>Tempo estimado: 70 minutos</i>
3º momento	Separar os grupos para que os alunos realizem, de forma individual, a segunda atividade do encontro (ver apêndice I). A atividade elaborada solicita que o aluno retorne ao estudo prévio e responda novamente à pergunta 'Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?', considerando as Leis da Termodinâmica. <i>Tempo estimado: 20 minutos</i>
6º encontro – 1 aula (50 min)	
1º momento	O professor apresenta um experimento que envolve a dissolução em água de uma pastilha efervescente de vitamina C (ver apêndice J). Durante o experimento, o professor faz questionamentos aos alunos sobre o que é observado. <i>Tempo estimado: 15 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a atividade elaborada para o encontro, intitulada de "a desordem dos feijões", cujo objetivo é compreender o conceito de entropia (ver apêndice K). Para realizar a atividade, cada grupo deve receber uma caixa contendo 30 feijões pretos e 30 feijões cariocas (ver apêndice L). <i>Tempo estimado: 35 minutos</i>

SEQUÊNCIA DIDÁTICA – 4ª semana de Sala de Aula Invertida

Tema	
Máquinas térmicas.	
Antes do encontro presencial (estudo prévio)	
1ª tarefa	Fazer a leitura do texto (ver anexo D) Título: Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje
2ª tarefa	Responder à questão <i>Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.</i>
3ª tarefa	Assistir a videoaula 04 (acessar vídeo) Título: As leis da Termodinâmica – Máquinas térmicas
Durante os encontros presenciais (na sala de aula)	
7º encontro – 2 aulas (100 min)	
1º momento	O professor deve fazer questionamentos aos alunos referentes ao estudo prévio. Perguntar se houve dificuldades em realizá-lo, se existem dúvidas pertinentes ao conteúdo apresentado, ou ainda, se alguém tem alguma outra manifestação a fazer. <i>Tempo estimado: no máximo 10 minutos</i>
2º momento	Dividir a turma em grupos de três alunos e distribuir a única atividade elaborada para o encontro (ver apêndice M). A atividade pretende resgatar os conteúdos apresentados na videoaula 04, visando a colaboração dos colegas e, se necessário, o auxílio do professor. <i>Tempo estimado: 90 minutos</i>
8º encontro – 1 aula (50 min)	
1º momento	Organizar os alunos para realizarem de forma individual a tarefa elaborada para o encontro. <i>Tempo estimado: 5 minutos</i>
2º momento	Distribuir a cada aluno a tarefa elaborada para o último encontro, na qual é solicitado que se desenvolva um mapa mental abordando os conceitos relacionados às Leis da Termodinâmica (ver apêndice N). Para o auxiliar os alunos, foi adicionado na tarefa uma lista com palavras-chave/conceitos relacionados ao tema da proposta. <i>Tempo estimado: 45 minutos</i>

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional foi desenvolvido para oferecer uma experiência didática alternativa ao ensino tradicional, baseado na Sala de Aula Invertida (SAI), com o objetivo de revitalizar e aprimorar o ensino de Física. Elaboramos e aplicamos uma sequência didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa e na SAI para ensinar as Leis da Termodinâmica a alunos do Ensino Médio.

A sequência didática sobre as Leis da Termodinâmica, utilizando a SAI, representa uma abordagem inovadora para o ensino desse conteúdo essencial em Física. Baseamos nossos materiais na Teoria da Aprendizagem Significativa para garantir um ensino mais relevante e significativo, promovendo uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos.

Ao implementar a SAI, buscamos enriquecer a experiência de aprendizagem dos alunos e facilitar a construção ativa do conhecimento. Esta abordagem oferece uma oportunidade significativa de avançar nas práticas pedagógicas adaptadas às demandas do século XXI, proporcionando uma educação mais relevante e alinhada com as necessidades e expectativas dos estudantes.

Uma recomendação importante para o sucesso da Sala de Aula Invertida (SAI) é garantir que as atividades realizadas em sala estejam diretamente ligadas ao estudo prévio. Essa conexão deve ser clara em todas as etapas do processo, não apenas no momento de esclarecer dúvidas. As questões do estudo prévio devem preparar os alunos para os dois momentos: o estudo individual e as atividades colaborativas realizadas em sala. Para fortalecer esse elo, é essencial que o material prévio seja indispensável para a realização das atividades presenciais, incentivando o engajamento contínuo dos estudantes.

Para aumentar o engajamento dos alunos, recomendamos que todas as atividades, tanto do estudo prévio quanto dos encontros presenciais, sejam avaliadas. No caso das atividades em grupo realizadas em sala de aula, sugerimos que a avaliação foque na participação dos alunos, e não apenas na correção das respostas. As respostas corretas devem ser construídas coletivamente, com a orientação do professor. Avaliar o processo de colaboração pode aumentar o interesse dos alunos e melhorar a percepção deles sobre a importância das tarefas, promovendo uma participação mais ativa e contínua.

Esperamos que este produto educacional inspire e auxilie professores a adotar a SAI, não apenas para o ensino de Física, mas também em outras disciplinas. Acreditamos no potencial dessa estratégia didática para transformar a experiência de aprendizagem dos alunos, promovendo uma educação mais significativa e engajadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BACICH, L.; TANZI NETO, A. e TREVISANI, F. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

BERGMANN, J & SAMS, A. **A Sala de Aula Invertida**: Uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio: LTC, 2016.

MORAN, J. M. **Mudando a educação com metodologias ativas**. In Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2017.

MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea**. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 7 ago. 2017.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, *Qurriculum*, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

OLIVEIRA, T. E.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (Flipped Classroom)**: inovando as aulas de física. Física na Escola, v. 14, n. 2, 2016.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf; UFRGS, 2011.

SCHNEIDERS, L. A. **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**. Lajeado: Ed. da Univates, 2018.

APÊNDICE A

Questões da 1ª atividade elaborada para o 1º encontro presencial

Questão 01. (ENEM 2008) A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem 4.000 °C. Essa energia é primeiramente produzida pela decomposição de materiais radiativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até 370 °C sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

Roger A. Hinrichs e Merlin Kleinbach. Energia e meio ambiente.
Ed. ABDR (com adaptações).

Depreende-se das informações acima que as usinas geotérmicas

- (A) utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.
- (B) funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
- (C) podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
- (D) assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
- (E) transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.

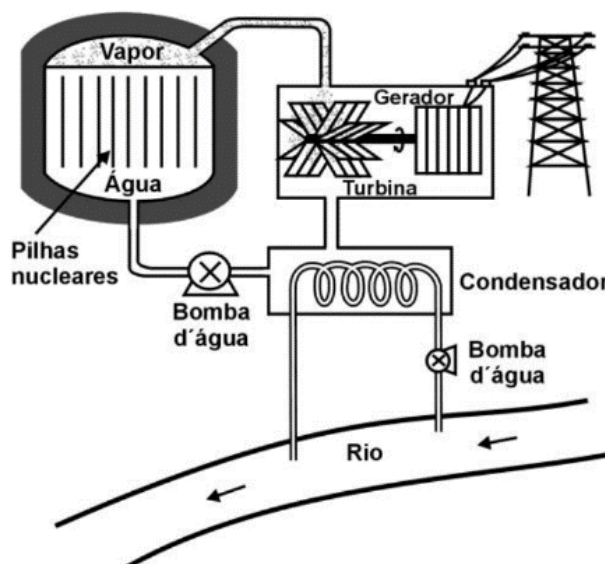
Questão 02. (ENEM 2000) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.

A partir do esquema são feitas as seguintes afirmações:

- I. a energia liberada na reação é usada para ferver a água que, como vapor a alta pressão, aciona a turbina.
- II. a turbina, que adquire uma energia cinética de rotação, é acoplada mecanicamente ao gerador para produção de energia elétrica.
- III. a água depois de passar pela turbina é pré-aquecida no condensador e bombeada de volta ao reator.

Dentre as afirmações acima, somente está(ão) correta(s):

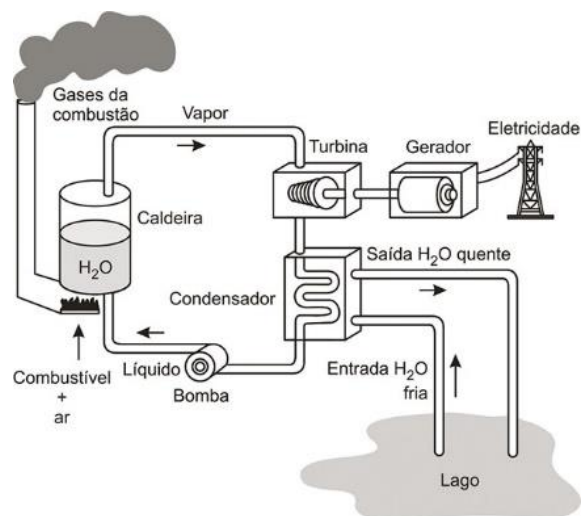
- (A) I.
- (B) II.
- (C) III.
- (D) I e II.
- (E) II e III.



Questão 03. (ENEM 2009) O esquema mostra um diagrama de bloco de uma estação geradora de eletricidade abastecida por combustível fóssil.

Se fosse necessário melhorar o rendimento dessa usina, que forneceria eletricidade para abastecer uma cidade, qual das seguintes ações poderia resultar em alguma economia de energia, sem afetar a capacidade de geração da usina?

- (A) Reduzir a quantidade de combustível fornecido à usina para ser queimado.
- (B) Reduzir o volume de água do lago que circula no condensador de vapor.
- (C) Reduzir o tamanho da bomba usada para devolver a água líquida à caldeira.
- (D) Melhorar a capacidade dos dutos com vapor conduzirem calor para o ambiente.
- (E) Usar o calor liberado com os gases pela chaminé para mover um outro gerador.



HINRICHES, R. A.; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Questão 04. Para colaborar com segurança no trânsito, as motocicletas devem dispor de sinalizadores, como a lanterna de freio. A energia necessária para acender a lâmpada da lanterna é proveniente de um dínamo, um dispositivo que utiliza o movimento da motocicleta para transformar energia. Responda:

- a) Que tipos de energia são transformados no dínamo?
- b) Porque, ao acelerar uma motocicleta, o brilho da lâmpada da lanterna de freio fica mais intenso?

Questão 05. Uma usina termelétrica converte, após diversos estágios de processamento, a energia térmica proveniente da queima de alguns combustíveis, como gás natural e óleo *diesel*, em energia elétrica. Após a transformação, a energia elétrica é transportada pelos fios da rede elétrica até os edifícios, residenciais ou empresariais. Responda:

- a) Após o processo de transformação, a energia total final é igual, maior ou menor que a energia total inicial? Justifique sua resposta.
- b) Dê alguns exemplos de eletrodomésticos e os tipos de transformação de energia envolvidos em seu funcionamento.

Questão 06. É correto afirmar que a maior parte dos tipos de energia com os quais lidamos no dia a dia é proveniente, de algum modo, do Sol? Explique.

Questão 07. Identifique as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento de um(a):

- a) televisor;
- b) ferro elétrico de passar roupas;
- c) controle remoto;
- d) computador;
- e) secador de cabelos;
- f) celular (sem estar conectado ao carregador).

Questão 08. A água é uma substância em abundância na natureza e fundamental para existência da vida. Facilmente ela pode ser encontrada nos estados sólido, líquido e gasoso. Sabendo disso e com base em seus conhecimentos, indique em cada uma das situações abaixo qual possui maior energia interna ou se não há diferença:

- a) 300 ml de água a 20 °C ou 300 ml de água a 60 °C
- b) 40 g de gelo a 0 °C ou 40 g de água a 0 °C
- c) 100 g de água a 100 °C ou 100 g de vapor da água a 100 °C
- d) 200 g de água a 50 °C ou 400 g de água a 50 °C

APÊNDICE B

Tarefa da 2ª atividade elaborada para o 1º encontro presencial

Tarefa: Você tem um amigo que estuda em outra escola e precisa muito da sua ajuda para compreender alguns conceitos de Física. Os conceitos são: energia, conservação da energia, energia interna e calor. Ajude seu amigo a compreender esses conceitos. Descreva com suas palavras esses conceitos como se você estivesse ajudando seu amigo. Utilize exemplos. Seja criativo, explore suas ideias.

APÊNDICE C

Tarefa elaborada para o 2º encontro presencial

Tarefa: explorar a simulação sobre Formas de Energia e Transformações do projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes).

Tópicos abordados: formas, sistemas, transferência, conversão e conservação de energia

Tempo máximo de atividade: 50 minutos

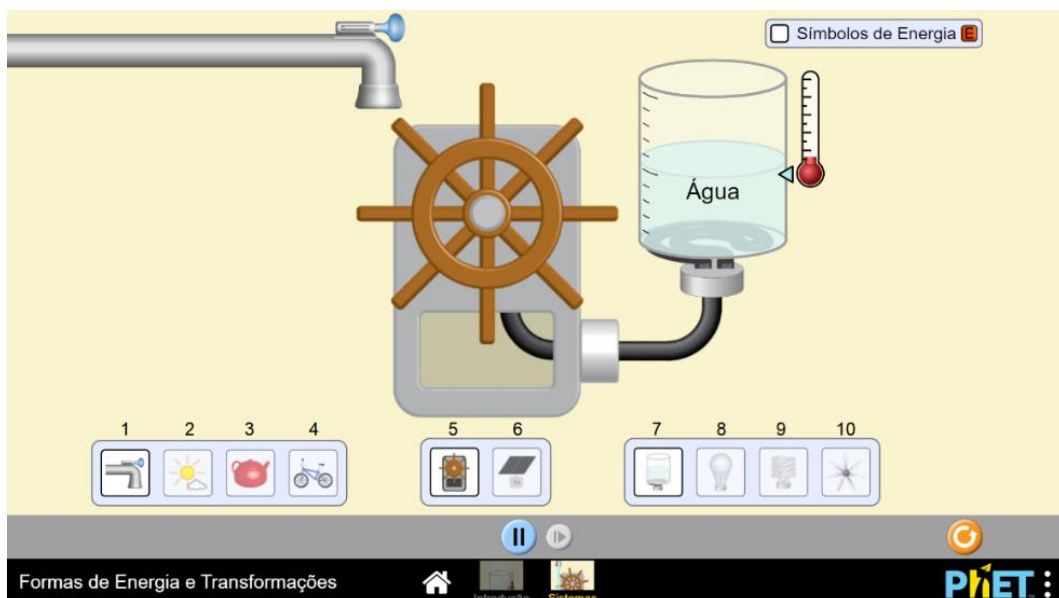
Passo a passo:

- 1º) Acessar o site do projeto PhET e buscar a simulação Formas de Energia e Transformações;
- 2º) Clicar e acessar a simulação;
- 3º) Escolher a opção “Sistemas”;



4º) Reconhecer

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Torneira com registro | 6. Placa fotovoltaica |
| 2. Sol e nuvens | 7. Água e resistor |
| 3. Chaleira e aquecedor | 8. Lâmpada incandescente |
| 4. Menino e bicicleta | 9. Lâmpada fluorescente |
| 5. Roda (gerador elétrico) | 10. Ventilador |



Atividades:

01. 1º) Abra o registro da torneira e observe o que acontece na roda, no termômetro e no resistor (embaixo do recipiente com água); 2º) Clique para mostrar os “Símbolos de Energia”; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existem “perdas” de energia (energia dissipada)? Em qual forma? De onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

02. 1º) Clique no item 8 para observar as transformações de energia; 2º) Clique no item 9 para observar as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações em cada lâmpada?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) Qual das lâmpadas aparentemente é mais eficiente? Porquê?

03. 1º) Clique no item 10 e no item 3, ativando o aquecimento; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

04. 1º) Clique no item 8 e no item 4, selecionando a velocidade máxima do ciclista; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; b) Existe energia dissipada? Em qual forma? Onde e para onde?; c) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

05. 1º) Clique nos itens 6, 7 e 2, selecionando a menor quantidade de nuvens; 2º) Observe as transformações de energia; 3º) Responda: a) Quais são as transformações de energia? Onde?; c) Existe energia dissipada? Em qual forma? De onde e para onde?; c) Como a quantidade de nuvens altera o sistema?; d) A energia total aumentou, diminuiu ou permaneceu constante.

Extra: Discuta com seu colega situações reais onde são observadas semelhanças com as atividades simuladas.

APÊNDICE D

Questões da 1ª atividade elaborada para o 3º encontro presencial

Questão 01. Defina a primeira lei da Termodinâmica completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras ou expressões encontradas na tabela.

1 conservação	3 diferença	5 trocas	7 energia interna	9 energia
2 primeira	4 trabalho	6 calor	8 natural	10 meio

- A _____ de uma dada quantidade de um gás ideal é função exclusiva de sua temperatura.
- A variação da _____ de um sistema é dada pela _____ entre o _____ trocado com o _____ exterior e o _____ realizado no processo termodinâmico.
- A _____ lei da Termodinâmica é uma reafirmação do princípio da _____ da _____, válida para qualquer processo _____ que envolva _____ de energia.

Questão 02. Nomeie os termos das equações a seguir.

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \quad \tau = p \cdot \Delta V \quad \Delta U = Q - \tau$$

ΔU		τ	
n		p	
R		ΔV	
ΔT		Q	

Questão 03. Reveja os conceitos de transformações gasosas completando as frases a seguir.

Em uma transformação _____ a temperatura é constante.

Em uma transformação _____ a pressão é constante.

Em uma transformação _____ o volume é constante.

Em uma transformação _____ o gás não troca calor com o meio exterior.

Questão 04. Indique como se dá cada transformação gasosa completando a tabela abaixo.

Transformações	Isobárica	Isocórica	Isotérmica	Adiabática
Varição da energia interna	$\Delta U = Q - \tau$			
Calor	$Q = \Delta U + \tau$			
Trabalho	$\tau = Q - \Delta U$			

Questão 05. Complete a tabela abaixo.

	Expansão adiabática	Compressão adiabática
Trabalho é realizado	Pelo gás	
Volume		
Temperatura		Aumenta
Pressão		
Energia interna		

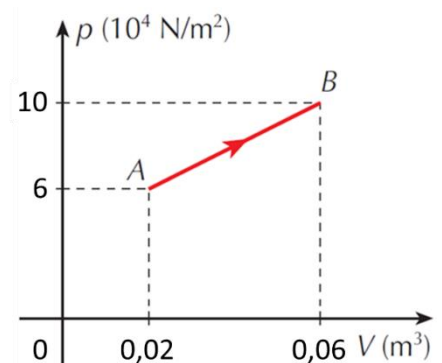
Questão 06. Responda: a) Qual é a condição necessária para se afirmar que em uma transformação gasosa houve realização de trabalho? b) Quando é que o trabalho de um gás é considerado positivo, quando é considerado negativo e quando é considerado nulo?

Questão 07. Responda: É possível aumentar ou diminuir a temperatura de um gás sem fornecer ou retirar calor dele? Dê pelo menos um exemplo de cada caso e explique como se dá a variação de temperatura nessas condições.

Questão 08. Dois mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico.

Sendo $R = 8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$, determine:

- as temperaturas inicial e final do gás;
- a variação de energia interna do gás no processo AB ;
- o trabalho realizado pelo gás ao passar do estado A para o estado B ;
- a quantidade de calor trocada pelo gás na transformação de A para B .



APÊNDICE E

Questões da 2ª atividade elaborada para o 3º encontro presencial

Questão 01. (Uepa) Um estudante verifica a ação do calor sobre um gás perfeito inserido em uma seringa de vidro, aquecendo-a com uma vela e mantendo fechada a sua saída.



Desprezando-se o atrito entre o êmbolo da seringa e o vidro, pode-se afirmar que, durante o aquecimento:

- (a) o gás se tornará mais denso. Com isso, a pressão do ar atmosférico empurrará o êmbolo da seringa, comprimindo o gás.
- (b) se a pressão do gás se mantiver constante, a energia interna do sistema aumenta, fazendo com que o gás realize trabalho, deslocando o êmbolo da seringa.
- (c) se a pressão do gás se mantiver constante, o sistema gasoso recebe trabalho, diminuindo o volume interno da seringa.
- (d) se a energia interna do sistema aumenta, certamente o gás sofrerá uma transformação isométrica.
- (e) toda a energia recebida será integralmente utilizada para deslocar o êmbolo, tratando-se, por tanto, de uma transformação isobárica do gás.

Questão 02. A primeira coluna descreve uma transformação sofrida pelo gás; a segunda contém a denominação utilizada para indicar essa transformação.

- | | |
|--|-----------------------------|
| (A) O gás realiza trabalho e sua energia interna não varia. | (1) Compressão isotérmica. |
| (B) O gás tem sua energia interna aumentada e não troca trabalho com o meio externo. | (2) Compressão adiabática. |
| (C) O gás não troca calor com o meio externo, mas sua temperatura aumenta. | (3) Aquecimento isométrico. |
| (D) O gás recebe trabalho e sua energia interna não varia. | (4) Expansão isotérmica. |

Em qual das alternativas as associações estão corretas?

- (a) A-1, B-2, C-3 e D-4.
- (b) A-4, B-2, C-1 e D-3.
- (c) A-4, B-3, C-2 e D-1.
- (d) A-3, B-1, C-4 e D-2.
- (e) A-2, B-4, C-1 e D-3.

Questão 03. Um estudante manuseava uma bomba manual (metálica) de encher bola de futebol. Mantendo o orifício de saída do ar tapado com seu dedo, ele comprimia rapidamente o êmbolo e observava que o ar dentro da bomba era aquecido.

Das afirmativas a seguir, qual você usaria para explicar o fenômeno descrito?

- (a) Quando se comprime rapidamente um gás, facilita-se a troca de calor entre o ar que está dentro da bomba e o meio externo.
- (b) A compressão rápida do ar foi feita isobaricamente, provocando aumento na velocidade de suas partículas.
- (c) O fenômeno descrito é impossível de ocorrer, pois, sendo o corpo da bomba metálico, qualquer energia que seja fornecida para o ar interno será imediatamente transferida para o meio externo.
- (d) Quando se comprime um gás, sua temperatura sempre aumenta.
- (e) Devido à rapidez da compressão, o ar que está dentro da bomba não troca calor com o meio externo; assim, o trabalho realizado provoca aumento da energia interna desse ar.

Questão 04. A primeira lei da Termodinâmica, aplicada a uma transformação gasosa, se refere à:

- (a) conservação da energia total.
- (b) relatividade do movimento de partículas subatômicas, que constituem uma massa de gás.
- (c) expansão e contração do binômio espaço-tempo no movimento das partículas do gás.
- (d) conservação da quantidade de movimento das partículas do gás.
- (e) conservação de massa do gás.

Questão 05. Na transformação de um gás perfeito, os estados final e inicial acusaram a mesma energia interna. Nesse caso, certamente:

- (a) não houve troca de calor entre o gás e o ambiente.
- (b) não houve troca de trabalho entre o gás e o ambiente.
- (c) são iguais as temperaturas dos estados inicial e final.
- (d) a transformação foi cíclica.
- (e) a transformação foi isométrica.

APÊNDICE F

Tarefa elaborada para o 4º encontro presencial

Tarefa: explicar os fenômenos observados nas experiências abaixo relacionando-os com a os termos da primeira lei da Termodinâmica e as transformações gasosas.

1ª experiência – Produzir uma neblina dentro de uma garrafa PET.

Montagem: Uma garrafa PET com uma válvula de pneu conectada a uma bomba manual de ar e uma rolha no bocal da tampa de rosca. Um termômetro com termopar para medir a temperatura no interior da garrafa. Um borrifador com álcool.

Procedimento: Borrifar álcool no interior da garrafa, tampar a garrafa com a rolha e bombear o ar. Logo após, retirar a rolha. Observar o que ocorre no interior da garrafa e na medida da temperatura registrada pelo termômetro antes e após retirar a rolha.



2ª experiência – Vaporizar o jato de um aerossol em um termômetro.

Montagem: Um frasco de “spray gelado” (aerossol para alívio de dor em contusões) e um termômetro com termopar.

Procedimento: Vaporizar o jato de um aerossol em um termômetro com termopar e observar a medida de temperatura registrada.



3ª experiência – Inflar uma bexiga.

Montagem: Uma lata de alumínio de 473 ml com uma vela acesa no seu interior. Uma lata de alumínio de 350 ml com uma seringa sem êmbolo de 3 ml colada no seu bocal. Cerca de 10 ml de água no seu interior. Uma bexiga pequena vestindo a extremidade da seringa.

Procedimento: Colocar a lata de 350 ml sobre a lata de 473 ml e observar.

Após inflar a bexiga, mergulhar a lata com a seringa em água fria e observar.



4ª experiência – Mover o êmbolo de uma seringa.

Montagem: Uma lata de alumínio de 473 ml com uma vela acesa no seu interior. Uma lata de alumínio de 350 ml com uma seringa com êmbolo de 10 ml colada no seu bocal. Cerca de 10 ml de água no seu interior.

Procedimento: Colocar a lata de 350 ml sobre a lata de 473 ml e observar.

Após mover o êmbolo, mergulhar a lata com a seringa em água fria e observar.



APÊNDICE G

Descrição das experiências para o 4º encontro presencial

1ª experiência – Produzir uma neblina dentro de uma garrafa PET.

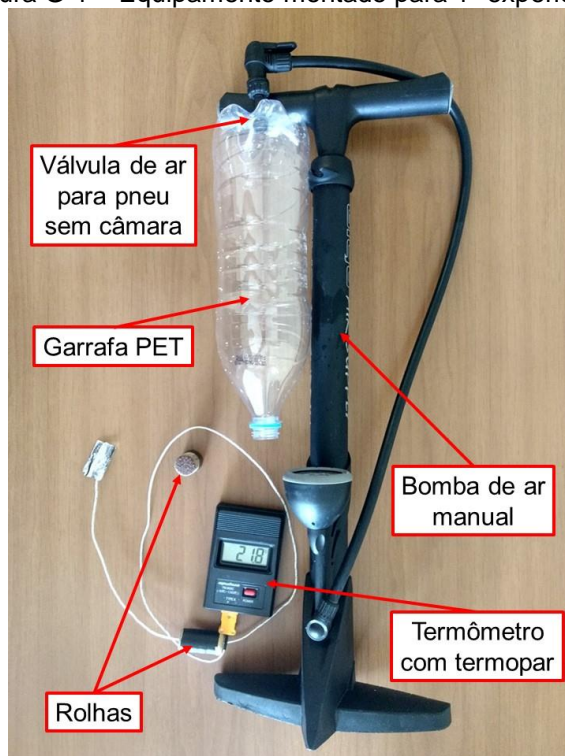
Objetivos

- Demonstrar a formação de neblina dentro de uma garrafa PET.
- Abordar o conceito de transformação adiabática.
- Permitir a observação de variações de temperatura e pressão em uma amostra gasosa.
- Relacionar o fenômeno observado aos termos da primeira lei da termodinâmica.

Montagem

- Materiais necessários: 1 garrafa PET transparente (de água mineral com gás), 1 válvula para vedação de ar em pneus sem câmara, 1 bomba de ar manual, 1 rolha para vedar a saída de ar pelo bocal da garrafa, 1 termômetro com termopar e álcool etílico hidratado 96°GL.
- Montagem do equipamento: Acople a válvula de vedação à garrafa PET. Conecte a bomba manual à válvula. Insira o termopar na rolha e fixe-o para que permaneça dentro da garrafa.

Figura G-1 – Equipamento montado para 1ª experiência



Fonte: Autoria própria.

Procedimento

- Preparação: Borrife uma pequena quantidade de álcool etílico dentro da garrafa. Tampe a garrafa com a rolha, assegurando que o termopar esteja no interior.
- Pressurização: Bombeie ar para dentro da garrafa usando a bomba manual. Segure firmemente a rolha para evitar a saída do ar. Observe o aumento da pressão e temperatura na garrafa através da leitura do termopar.
- Despressurização e formação da neblina: Solte a rolha rapidamente para diminuir a pressão no interior da garrafa. Note a formação de neblina dentro da garrafa devido à condensação do vapor de álcool.
- Monitoramento da temperatura: Registre as variações de temperatura durante o aumento e a diminuição da pressão.

Observações

- Transformação adiabática: Explique que a rápida despressurização provoca uma queda de temperatura, característica de uma transformação adiabática. Relacione a observação prática à primeira lei da termodinâmica, destacando a ausência de uma fonte de calor bem definida.
- Participação dos alunos: Envolver os alunos na prática, um para bombear o ar e outro para filmar as leituras do termômetro.

2ª experiência – Vaporizar o jato de um aerossol em um termômetro.

Objetivos

- Demonstrar uma transformação adiabática utilizando um spray gelado.
- Permitir a observação de variações de temperatura durante a vaporização de um aerossol.
- Relacionar o fenômeno observado aos termos da primeira lei da termodinâmica.

Montagem

- Materiais necessários: 1 frasco de “spray gelado” (aerossol para alívio de dor em contusões) e 1 termômetro com termopar.
- Preparação do equipamento: Configure o termômetro com termopar de modo que possa exibir para os alunos a leitura da temperatura.

Figura G-2 – Materiais para a 2ª demonstração experimental.



Fonte: Autoria própria.

Procedimento

- Vaporização do aerossol: Direcione o jato do spray gelado diretamente para o sensor do termopar. Observe a leitura da temperatura registrada pelo termômetro.
- Monitoramento da temperatura: Registre as variações de temperatura durante a vaporização do aerossol.

Observações

- Transformação adiabática: Explique que a vaporização do aerossol provoca uma rápida diminuição de temperatura, característica de uma transformação adiabática. Relacione a observação prática à primeira lei da termodinâmica, destacando a expansão gasosa.

- Relação com estudo prévio: Discuta com os alunos a questão proposta previamente: “Por que o desodorante aerossol parece frio em contato com a pele?”. Explique que a sensação de frio é devido à rápida evaporação do líquido do aerossol, que absorve calor da pele, causando a diminuição da temperatura.
- Participação dos alunos: Envolver os alunos na prática: um para filmar a leitura do termômetro e projetar para toda a turma.

3ª e 4ª experiências – Inflar uma bexiga e mover o êmbolo de uma seringa.

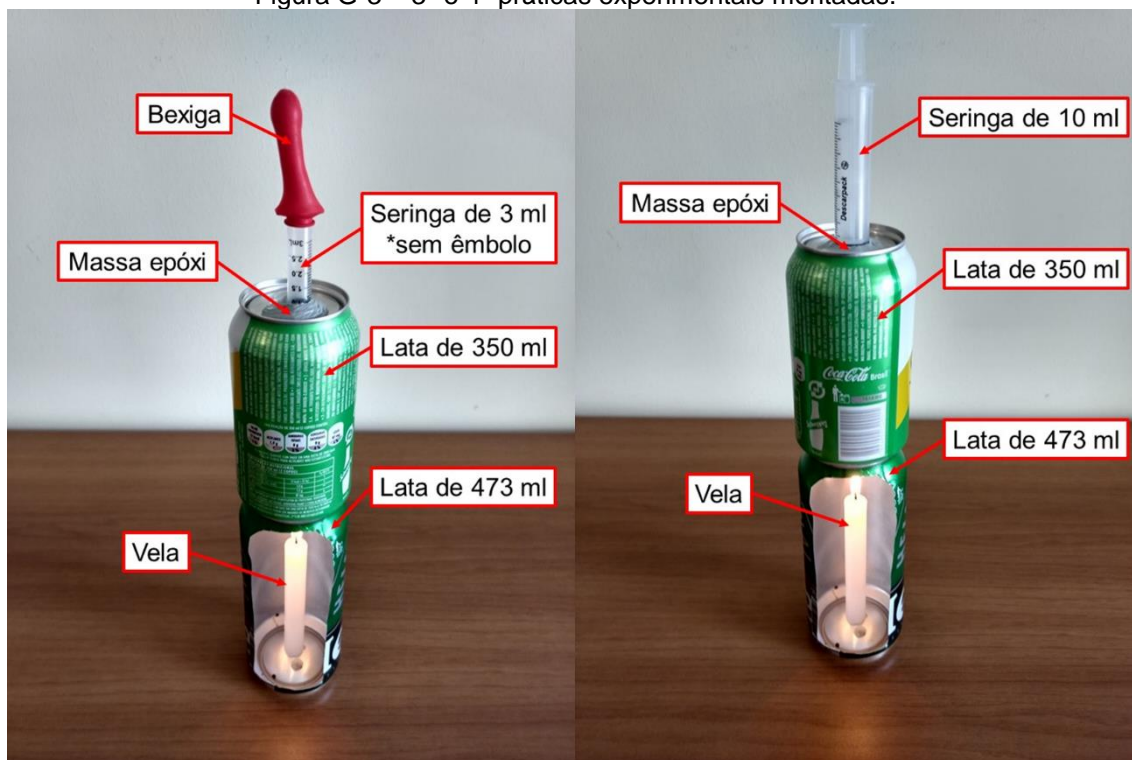
Objetivos

- Demonstrar o trabalho realizado por uma massa gasosa utilizando vapor de água.
- Permitir a visualização do inflar de uma bexiga e o movimento do êmbolo de uma seringa
- Relacionar os fenômenos observados aos termos da primeira lei da termodinâmica, incluindo a identificação da fonte de calor, o trabalho realizado e a variação da energia interna.

Montagem

- Materiais necessários: 8 latas de alumínio de 350 ml, 8 latas de alumínio de 473 ml, 4 seringas de 3 ml (sem êmbolo), 4 seringas de 10 ml (com êmbolo), 4 bexigas, 8 velas, 4 potes de plástico (de sorvete) com água e gelo e 4 mesas.
- Preparação das latas: Colar uma seringa de 3 ml (sem êmbolo) com uma bexiga na abertura em 4 latas de 350 ml. Colar uma seringa de 10 ml (com êmbolo) na abertura em outras 4 latas de 350 ml. Remover a tampa superior de 8 latas de 473 ml e recortar uma abertura lateral para a entrada de ar. Colocar uma vela dentro de cada uma dessas latas de 473 ml para servir como fonte de calor.
- Configuração das mesas: Dispor 4 mesas, cada uma com 2 latas de 473 ml (com velas), 1 lata com bexiga e seringa de 3 ml, e 1 lata com seringa de 10 ml.

Figura G-3 – 3ª e 4ª práticas experimentais montadas.



Fonte: Autoria própria.

Procedimento

- Início do experimento: Adicionar 10 ml de água morna em cada lata de 350 ml. Acender as velas nas latas de 473 ml e colocar as latas de 350 ml com água sobre estas.

- Observação dos fenômenos: Dividir os alunos entre as mesas para observar o inflar da bexiga e o movimento do êmbolo da seringa. Registrar as observações e anotações necessárias. Notar que a bexiga começa a inflar à medida que a água se transforma em vapor. Observar o movimento do êmbolo da seringa após um certo tempo, percorrendo rapidamente todo o espaço disponível na seringa.
- Finalização do experimento: Mergulhar as latas em potes de plástico com água e gelo após a bexiga inflar e o êmbolo se mover. Observar e registrar as mudanças ocorridas ao resfriar as latas.

Observações

- Trabalho realizado por uma massa gasosa: Explicar que o vapor de água ao se expandir realiza trabalho ao inflar a bexiga e mover o êmbolo da seringa. Relacionar os fenômenos observados com a primeira lei da termodinâmica, identificando a fonte de calor (vela), o trabalho realizado (inflar bexiga, mover êmbolo), e a variação da energia interna.
- Transformação gasosa e energia interna: Discutir a transformação gasosa e o impacto do resfriamento ao mergulhar as latas em água gelada. Mostrar a diminuição de volume da bexiga e o movimento de retração do êmbolo ao resfriar, associando à diminuição da energia interna.
- Participação dos alunos: Envolver os alunos na observação direta dos fenômenos e na realização de anotações. Promover discussões e tirar dúvidas para reforçar a compreensão dos conceitos abordados.

APÊNDICE H

Questões da 1ª atividade elaborada para o 5º encontro presencial

Questão 01. Classifique as frases abaixo como transformações reversíveis e irreversíveis marcando R nas reversíveis e I nas irreversíveis.

- () Transformações que podem se efetuar em ambos os sentidos.
- () Transformação inversa que só pode ser efetuada como parte de um processo mais complexo, envolvendo interações com outros corpos.
- () Um cubo desliza em um plano inclinado e se choca elasticamente em uma mola ideal voltando à posição inicial.
- () Um cubo desliza em um plano inclinado com atrito chocando-se com uma mola, sendo necessário fornecer energia para voltar à posição inicial.

Questão 02. Defina a segunda lei da Termodinâmica e o conceito de máquina térmica completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras encontradas na tabela.

1 ciclos	3 impossível	5 trabalho	7 alta	9 espontânea
2 calor	4 temperatura	6 quente	8 frio	10 integralmente

- I. O _____ não passa de forma _____ de um corpo para outro de _____ mais _____.
- II. É _____ construir uma máquina, operando em _____, cujo único efeito seja retirar _____ de uma fonte e convertê-lo _____ em _____.
- III. Para que uma máquina térmica converta _____ em _____ de modo contínuo, ela deve operar em _____ entre duas fontes térmicas, uma _____ e outra _____. A máquina térmica retira _____ da fonte _____, converte-o parcialmente em _____ e rejeita o restante para a fonte _____.

Questão 03. A energia interna de um enorme *iceberg* pode ser aproveitada para realizar trabalho? Justifique.

Questão 04. Entropia é uma medida da desordem de um sistema. Sempre que a energia se converte espontaneamente de uma forma para outra, o sentido da transformação é para um estado maior de desordem e, portanto, com maior entropia. Exemplifique uma situação em seu cotidiano em que a entropia esteja envolvida.

Questão 05. A soma das energias cinéticas moleculares da água de um lago frio resulta num valor de energia maior do que a soma das energias cinéticas moleculares de uma xícara de chá quente. Imagine que você tenha imergido parcialmente a xícara de chá quente na água do lago, de onde o chá absorve 10 calorias da água e esquenta, enquanto a água que cedeu as 10 calorias esfria. Essa transferência de energia violaria a primeira lei da termodinâmica? Ela violaria a segunda lei? Justifique suas respostas.

APÊNDICE I

Tarefa da 2ª atividade elaborada para o 5º encontro presencial

Tarefa: Você já deve ter ouvido que "é preciso economizar energia". Por exemplo: desligar as luzes para economizar eletricidade, dirigir de forma mais suave para economizar gasolina, mudar hábitos para reduzir o consumo de produtos industrializados, etc. No entanto, o princípio da conservação da energia, importante lei da Física, que diz: a energia total do Universo é constante; não pode ser criada nem destruída, mas apenas transformada em diversas modalidades. Sabendo disso, responda: **Se a energia se conserva, por que precisamos economizá-la?** Elabore sua resposta com base nas leis da Termodinâmica.

APÊNDICE J

Demonstração elaborada para o 6º encontro presencial

DISSOLUÇÃO EM ÁGUA DE UMA PASTILHA EFERVESCENTE DE VITAMINA C

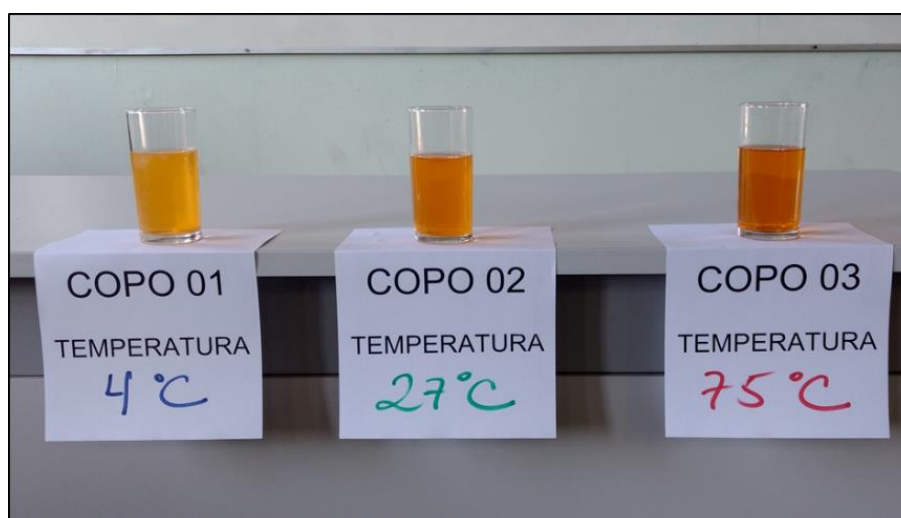
O propósito desta demonstração experimental é apresentar aos estudantes um processo irreversível, com o intuito de que eles façam associações com os conceitos de ordem e desordem, e conseqüentemente, com a entropia de um sistema. Além disso, visa promover a discussão entre os estudantes e o professor durante a observação do fenômeno.

A demonstração deve ser realizada pelo professor na sala de aula, diante de todos os estudantes. O professor deve utilizar três copos e depositar água em cada um deles, um contendo água gelada, outro com água à temperatura ambiente e o último com água quente.

Logo após, o professor deve medir a temperatura da água nos três copos com um termômetro, apresentando aos estudantes os valores registrados. Em seguida, deve adicionar uma pastilha de vitamina C efervescente em cada um dos copos. Os estudantes devem acompanhar o processo de dissolução das pastilhas, verificando e comparando o conteúdo dos copos.

Após um certo intervalo de tempo, verificaremos que no copo com água quente a pastilha se dissolve rapidamente, não sendo possível diferenciá-la do restante do líquido. Entretanto, no copo com água gelada, uma grande porção da pastilha ainda estará sendo dissolvida, sendo nítida a sua diferenciação do restante do líquido. No copo com água à temperatura ambiente, a dissolução da pastilha será menor que a observada no copo com água quente e maior que a observada no copo com água gelada.

Figura J-1 – Resultado da dissolução das pastilhas efervescentes.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE K

Atividade prática elaborada para o 6º encontro presencial

Título: A desordem dos feijões.

Objetivo: compreender o conceito de entropia por meio de um modelo experimental.

Material: uma pequena caixa de papel com dois compartimentos separados por uma tira de papel possuindo uma pequena abertura que permite a passagem entre os compartimentos; uma tira de papel dobrado sobreposta a passagem entre os dois compartimentos; uma tampa de papel com parte plástica que permite visualizar o interior da caixa fechada; 30 feijões pretos e 30 feijões cariocas (marrom claro).

Para realizar a atividade, o grupo irá receber a caixa fechada, com 30 feijões pretos em um compartimento e 30 feijões marrons no outro. Uma tira de papel sobreposta a separação dos compartimentos irá impedir a passagem dos feijões de um lado para outro.

Procedimentos e questões:

1º) Ao receber a caixa, observe a disposição dos feijões. Essa é a ordem inicial (estado inicial). Tire uma foto da caixa onde aparece a disposição dos feijões.

2º) Agite a caixa por 10 segundos, sem incliná-la, mantendo sua base sempre em um plano horizontal. Após, observe a disposição dos feijões. Compare com a ordem inicial.

Questão 01: Houve mudança na ordem inicial? Se você continuar agitando a caixa, é possível que os feijões retornem espontaneamente para as suas posições iniciais? Cite uma maneira de colocar os feijões na sua ordem inicial.

3º) Abra a caixa e retire a tira de papel sobreposta a separação dos compartimentos. Após, feche a caixa.

4º) Observe a disposição dos feijões. Tire uma foto da caixa onde aparece a disposição dos feijões.

5º) Agite a caixa por 20 segundos, sem incliná-la, mantendo sua base sempre em um plano horizontal. Após, observe a disposição dos feijões. Compare com a ordem inicial.

Questão 02: O que é possível afirmar sobre o nível de organização dentro da caixa antes e depois da agitação? Qual estado é mais organizado?

Questão 03: Após a agitação, o número de feijões de um tipo ficou próximo à quantidade dos feijões do outro tipo em cada lado ou houve uma tendência a ficarem separados?

Questão 04: Os resultados das duas agitações são reversíveis ou irreversíveis? Explique os resultados obtidos do ponto de vista do conceito de entropia.

Questão 05: Após a nova agitação, provavelmente ficou mais evidente a dificuldade em conseguir que o sistema volte à situação inicial. Para retornar ao estado inicial, ou seja, antes da agitação, possivelmente você teria de reorganizar os feijões um a um. Identifique a relação que essa constatação tem com a 2ª lei da Termodinâmica.

Questão 06: Porque, quanto mais feijões utilizarmos nessa experiência, mais difícil será para voltar ao estado inicial?

APÊNDICE L

Construindo as caixas para a atividade “A desordem dos feijões”

Materiais necessários

- 10 caixas de papel Kraft com visor
- Folha de papel Kraft ou cartolina
- Tesoura
- Régua
- Lápis
- Adesivo instantâneo para artesanato
- Feijões pretos e marrons (30 de cada)

Construção da caixa

- Divisão interna: Corte uma tira de papel, adequada ao tamanho da caixa escolhida. Com o auxílio de uma régua e um lápis, faça marcações para as dobras e cortes na tira. No meio da tira, faça uma fenda, esta permitirá a passagem dos feijões de um lado para o outro. Cole a tira de papel com a fenda na posição central dentro da caixa, dividindo-a em duas partes iguais.

Figura L-1 – Construção da caixa para a atividade “A desordem dos feijões”.



Fonte: Autoria própria.

Preparação da caixa

- Fechar a fenda: Corte uma tira de papel, adequada ao tamanho da tira de divisão interna. Essa tira deve ser dobrada e sobreposta a tira que possui a fenda, dessa forma ela servirá de barreira e impedirá a passagem de feijões de um lado para o outro, até que a mesma seja retirada da caixa.
- Colocação dos feijões: Coloque 30 feijões pretos de um lado da divisão e 30 feijões marrons do outro lado.

Figura L-2 – Caixa entregue aos estudantes.



Fonte: Autoria própria.

APÊNDICE M

Questões da atividade elaborada para o 7º encontro presencial

Questão 01. Complete as frases abaixo de acordo com o conceito de transformação cíclica.

Ciclo de sentido horário: conversão de _____ em _____.

Ciclo de sentido anti-horário: conversão de _____ em _____.

Questão 02. Reveja o ciclo de Carnot completando as frases a seguir com os números correspondentes as palavras encontradas na tabela.

1 quente	3 horário	5 trabalho	7 zero	9 positivo
2 100%	4 rendimento	6 máximo	8 fria	10 inatingível

O ciclo de Carnot proporciona _____ a uma máquina térmica. Quando o ciclo é percorrido no sentido _____, o _____ é _____. Este _____ é função exclusiva das temperaturas absolutas das fontes _____ e _____. O _____ seria _____ se a temperatura da fonte _____ fosse o _____ absoluto, que na prática é _____.

Questão 03. Nomeie os termos das equações a seguir.

$$\tau = Q_1 - Q_2 \quad \eta = \frac{\tau}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

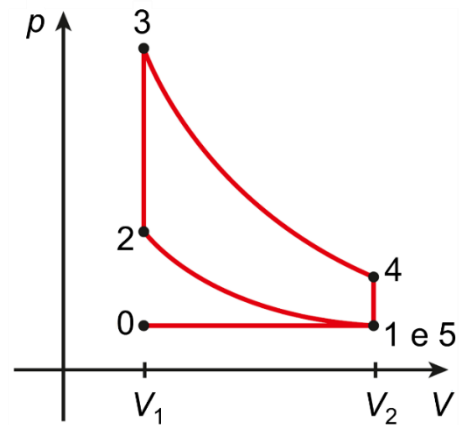
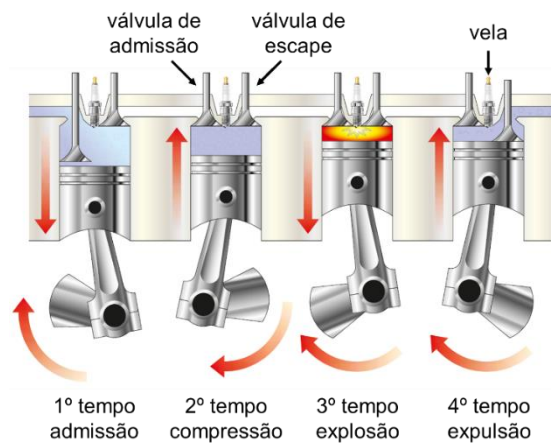
τ		η	
Q_1		T_1	
Q_2		T_2	

Questão 04. Um inventor informa ter construído uma máquina térmica que recebe, em certo tempo, 10000 joules da fonte quente e fornece, ao mesmo tempo, 4000 joules de trabalho útil. A máquina trabalha entre as temperaturas de 77 °C e 227 °C.

- Qual a quantidade de calor rejeitada para fonte fria?
- Que rendimento tem a máquina que o inventor alega ter construído?
- Comente a possibilidade de essa máquina existir.

Questão 05. O ciclo de Otto representa as etapas das transformações que ocorrem no motor a combustão. O diagrama pressão versus volume é uma representação teórica de um ciclo real, uma idealização, já que durante o funcionamento de um cilindro os processos não se realizam de forma perfeita. Esse ciclo pode ser resumido em quatro operações ou tempos, conforme as figuras abaixo.

Figura 1: representação dos tempos de um motor a combustão

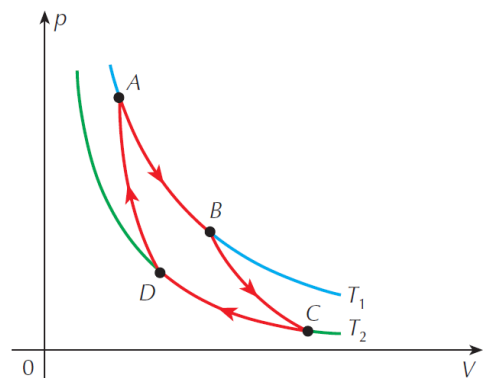


Complete as frases abaixo preenchendo as lacunas com os números correspondentes aos pontos do diagrama representado pela figura 2.

1. Admissão – processo isobárico ____ → _____. Nesta fase, o pistão desce, a válvula de admissão abre e uma mistura de combustível e ar é injetada na câmara interna.
2. Compressão – processo adiabático ____ → _____. As válvulas de admissão e exaustão são fechadas e o pistão sobe, comprimindo a mistura na câmara.
3. Combustão e Expansão – processo isovolumétrico ____ → _____, seguido de expansão adiabática ____ → _____. Quando o pistão atinge o ponto de compressão máxima, uma faísca elétrica é emitida por uma vela, provocando a explosão da mistura combustível-ar. Gases aquecidos empurram o pistão para baixo, expandindo a câmara interna do cilindro.
4. Exaustão ou Escape – abertura da válvula de exaustão, ____ → _____, seguida de descompressão isobárica, ____ → _____. A válvula de escape é aberta, possibilitando a exaustão, isto é, a retirada dos gases formados na explosão.

Questão 06. (UFBA-Adaptado) A figura ao lado representa o ciclo de Carnot para um gás ideal. Nessas condições, assinale V para verdadeiro e F para falso nas afirmações abaixo:

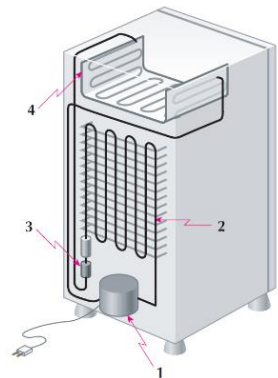
- () Na compressão adiabática a energia interna do gás diminui.
- () Na expansão isotérmica o gás recebe calor de uma das fontes.
- () Na expansão adiabática a temperatura do gás diminui.
- () Na compressão isotérmica a energia interna do gás diminui.
- () Na transformação cíclica o gás atinge o equilíbrio térmico com a fonte quente, ao reiniciar novo ciclo.



Questão 07. (UFBA-Adaptado) Com base nos conhecimentos sobre Termodinâmica, assinale V para verdadeiro e F para falso nas afirmações abaixo:

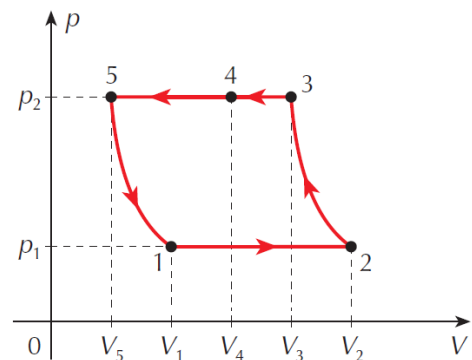
- () Quando um gás ideal é comprimido rapidamente, a energia interna do gás aumenta.
- () O ciclo de Carnot é composto por transformações isométricas e isobáricas.
- () O rendimento de uma máquina térmica depende exclusivamente da temperatura da fonte quente.
- () No refrigerador o gás refrigerante remove calor da fonte fria, evaporando-se, e transfere calor à fonte quente, condensando-se.
- () Admitindo-se o Universo como sistema físico isolado, a entropia do Universo sempre aumenta.

Questão 08. (UEPB-Adaptado) O refrigerador é uma máquina térmica que retira calor dos corpos colocados em seu interior e rejeita calor para o meio ambiente, que está a uma temperatura mais elevada que a do seu interior. No refrigerador, entretanto, a transferência de calor não é espontânea: é oposta à “ordem natural” e, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é um processo que só se pode efetivar com fornecimento externo de energia.



Como está esquematizado na figura ao lado, o refrigerador consta de quatro componentes: 1 – compressor; 2 – condensador ou radiador; 3 – válvula (tubo capilar); e 4 – congelador.

Tendo como base as informações dadas, analise, nas proposições a seguir, os processos que ocorrem em cada um dos componentes da geladeira, com suas respectivas transformações gasosas, como se observa no diagrama $p \times V$ apresentado, que representa as variações de pressão e volume para o ciclo da substância de operação na geladeira.



Complete as frases abaixo preenchendo as lacunas com os números correspondentes aos pontos do diagrama $p \times V$ apresentado.

I. No compressor, devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ($Q = 0$), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação da energia interna da substância (___ → ___).

II. A válvula é um tubo capilar que diminui a pressão da substância. Esta decompressão ocorre com muita rapidez, não permitindo a troca de calor com o ambiente, logo se constitui numa transformação adiabática (___ → ___).

III. No congelador, a substância operante troca calor com o interior da geladeira, a pressão constante e aumento de temperatura, expandindo-se à medida que se vaporiza (___ → ___).

IV. O condensador ou radiador é a serpentina na qual o vapor se liquefaz, trocando calor com o ambiente. Inicialmente ocorre uma diminuição de temperatura à pressão constante (___ → ___), seguida de uma diminuição do volume da substância em condensação, à pressão e temperatura constantes (___ → ___).

Questão 09. Você conseguiria esfriar uma cozinha deixando aberta a porta do refrigerador e fechando a porta e as janelas da peça? Explique.

APÊNDICE N

Tarefa da atividade elaborada para o 8º encontro presencial

Tarefa: Você tem um amigo que estuda em outra escola e precisa muito da sua ajuda para compreender os conceitos relacionados ao estudo da Termodinâmica. Para ajudar seu amigo, desenvolva um mapa mental abordando os conceitos de Termodinâmica. Utilize exemplos. Seja criativo, explore suas ideias.

Palavras-chave/conceitos: adiabática, calor, Carnot, ciclo, conservação, conversão, degradação, desordem, energia, entropia, fonte, frigorífica, frio, interna, irreversível, isobárica, isocórica, isotérmica, lei, máquina, ordem, pressão, primeira, processo, quente, rendimento, reversível, segunda, temperatura, térmica, termodinâmica, trabalho, transformação, Universo, variação, volume...

ANEXO A

Texto selecionado para o estudo prévio da 1ª semana

A DESCOBERTA QUE MUDOU A HUMANIDADE

Há centenas de milhares de anos, nas noites frias de inverno, a escuridão era um grande inimigo. Sem a lua cheia, a negritude da noite, além de assustadora, era perigosa. Havia muitos predadores com sentidos aguçados, e que poderiam atacar facilmente enquanto dormíamos. O frio intenso era outro inimigo. Não eram fáceis os primeiros passos da humanidade, dados por antepassados muito diferentes de nós.

Até que, um dia, talvez ao observar uma árvore atingida por um raio, os hominídeos primitivos descobriram algo que modificaria completamente o rumo da nossa evolução: o fogo. Ao dominar essa entidade, foi possível se aquecer, proteger-se dos predadores e ainda cozinhar os alimentos. Como nenhuma outra criatura do nosso planeta, conseguimos usar a nosso favor um fenômeno natural para ajudar a vencer as dificuldades diárias.

[...]

A importância da utilização do fogo como instrumento de transformação da nossa sociedade se acelerou com o progresso da cultura humana. Além de fornecer conforto térmico e melhorar a preparação de alimentos, ele desde cedo foi usado em rituais dos mais diferentes povos, na fabricação de armas (até os dias atuais), na produção de novos materiais (ajudando a fundir metais, por exemplo) e como fonte de calor para máquinas térmicas. Entretanto, o que é o fogo?

O fogo surge do processo de rápida oxidação de um material combustível, liberando luz, calor e os produtos da reação, como dióxido de carbono e água. Dessa forma, o fogo é uma mistura de gases em altas temperaturas e por isso emite luz na faixa do infravermelho e visível.

Para certas faixas de temperatura, os gases ficam totalmente ionizados. Isso ocorre porque os elétrons são arrancados dos átomos que os compõem, levando-os ao estado de plasma. O plasma (que nada tem haver com o material contido no sangue) pode ser observado, por exemplo, em lâmpadas fluorescentes, em que o gás fica ionizado devido à descarga elétrica.

Revolução Industrial

Um grande salto no desenvolvimento tecnológico ocorreu justamente quando se desenvolveu a máquina a vapor, dando início à Revolução Industrial, no final do século 18. Nesse caso, o principal combustível era o carvão e, a partir da sua queima, produzindo fogo, foi possível transformar a energia liberada em outra, com capacidade de realizar trabalho – ou seja, impulsionar máquinas e equipamentos a fazerem tarefas que antes dependiam da força bruta humana.

Nas primeiras máquinas térmicas, o fogo era utilizado para aquecer a água até a temperatura em que ela se transforma em vapor. A partir disso, com o acúmulo de vapor, a pressão aumentava, fazendo com que ele empurrasse um pistão que colocava uma roda, por exemplo, em movimento.

Essas primeiras máquinas foram usadas para extrair a água das minas de carvão, mas logo foram aplicadas nas indústrias e no desenvolvimento dos trens. Em poucas décadas, essas máquinas transformaram o mundo.

Desde aquele tempo existia a preocupação em desenvolver tecnologias mais eficientes para o aproveitamento da energia, ou seja, construção de máquinas com maior rendimento – que produzam mais consumindo menos. De fato, já no século 19 se fazia uma pergunta cuja resposta até hoje não é fácil: é possível construir uma máquina com 100% de eficiência? Seria possível conseguir isso?

A resposta a essa questão não foi simples e mostrou que não se tratava apenas de uma limitação tecnológica, mas sim uma limitação da natureza. Esses estudos levaram ao desenvolvimento de um novo ramo da física conhecido como termodinâmica.

[...]

O domínio do fogo pelos primeiros hominídeos foi de fundamental importância para a sobrevivência da nossa espécie. Em milhares de anos utilizando o fogo, o homem conseguiu produzir diversos materiais (metálicos, cerâmicos) que impulsionaram o desenvolvimento civilizatório.

Com o advento da máquina a vapor, usando o fogo como fonte de energia, ocorreu o grande processo de industrialização que nos levou ao atual estágio tecnológico.

Ao compreender como ocorrem os processos de transformação de energia, a termodinâmica se estabeleceu com um dos mais importantes ramos do conhecimento da física, que se aplica desde as máquinas a vapor até as modernas usinas nucleares. Sem dúvida, o fogo acendeu a curiosidade humana e foi uma das molas propulsoras do nosso progresso.

OLIVEIRA, Adilson de. “A descoberta que mudou a humanidade”. *Ciência Hoje*. Disponível em: [\[acesso em 25 out. 2019\]](#).

ANEXO B

Texto selecionado para o estudo prévio da 2ª semana

OS SEGREDOS QUE O FRIO ESCONDE

Durante esta época do ano, em maio e junho, quando já passamos do meio do outono e com o inverno se aproximando, algumas regiões do Brasil começam a apresentar com mais frequência temperaturas mais baixas que as de outras épocas do ano, principalmente os estados do Sul e Sudeste. Essa mudança do tempo, devida à ocorrência das estações do ano, está associada ao movimento translação que a Terra realiza ao redor do Sol.

[...]

Como o eixo de rotação da Terra é inclinado cerca de 23 graus em relação a uma reta perpendicular ao plano da sua órbita, o hemisfério Sul nessa época do ano fica menos iluminado do que o Norte. Durante o inverno no Sul, há verão no Norte. Na cidade de São Paulo, podemos observar diferenças de temperatura de quase 25°C entre o verão e inverno.

Em nosso planeta existem regiões que já apresentaram temperaturas muito baixas, quando comparadas com as que ocorrem no inverno brasileiro. A temperatura mais baixa já registrada (e confirmada) no planeta ocorreu na estação russa Vostok, na Antártica, em 1983, quando o termômetro acusou -89,2°C.

Quando mencionamos uma determinada temperatura, é preciso especificar em qual escala ela está sendo medida. A escala Celsius, muito comum no Brasil e na Europa, não é utilizada universalmente. Nos Estados Unidos, a escala mais utilizada é a Fahrenheit. Na escala Celsius, a água no nível do mar se congela a zero grau e ferve a 100 graus. Na escala Fahrenheit, os pontos de congelamento e ebulição da água são de 32 e 212 graus, respectivamente.

Entretanto, existe uma escala de temperatura considerada absoluta, pois foi proposta a partir da constatação de que existe um limite mínimo para essa grandeza. A temperatura mínima equivale a zero kelvin, ou -273,15°C. Além de não existir uma temperatura menor que zero kelvin, esta também nunca pode ser atingida. Existe uma limitação na natureza para que isso ocorra e ela está relacionada com as leis da termodinâmica, em particular com a segunda delas.

Calor e transferência de energia

A primeira lei da termodinâmica expressa a conservação da energia. Ela esclarece que podemos apenas transferir energia para um corpo a partir da realização de um trabalho ou por troca de calor. Vejamos um exemplo. Quando levantamos um copo de vidro a uma altura de um metro, estamos realizando um trabalho para que isso aconteça. A força da gravidade, que tende a atrair todos os corpos, é contrária a esse tipo de movimento e, por isso, quando levantamos o objeto, este acumula energia no campo gravitacional terrestre (chamada de energia potencial gravitacional).

Ao soltarmos o copo, ele entra em movimento em direção ao chão (por causa da gravidade que o atrai) e vai transformando a energia potencial gravitacional em energia cinética (energia de

movimento). Ao bater no chão, o copo sofre uma parada brusca do movimento e a energia cinética se dissipa na forma de calor e som e, na grande maioria dos casos, quebrando as ligações das moléculas que o compõem, transformando-o em muitos cacos.

[...]

Por outro lado, quando utilizamos uma queima em uma máquina térmica qualquer, como um automóvel ou mesmo nosso próprio corpo, realizamos um processo de transformação da energia química presente nas ligações moleculares em calor. No caso dos automóveis, o combustível reage com o ar, liberando calor e expandindo os gases no interior dos cilindros do motor, proporcionando o movimento de eixos que fazem o carro andar.

No corpo humano, a “queima” acontece no interior das células. O motor celular principal é uma organela chamada mitocôndria, que extrai energia principalmente da glicose (contida nos alimentos que comemos), transformando-a em moléculas de ATP (adenosina trifosfato), que são utilizadas para liberar a energia química em todo o nosso organismo.

Entretanto, embora a energia sempre se conserve nos processos físicos, químicos e biológicos, há sempre uma fração perdida na forma de calor que não é aproveitada, ou seja, apenas uma parte dessa energia pode se transformar em trabalho útil. Nos automóveis, cerca de dois terços da energia liberada da queima de combustível é perdida na forma de calor. No caso do nosso corpo, que é muito mais eficiente, o rendimento é superior a 60%. Por esse motivo, o motor do automóvel funde se não for refrigerado adequadamente e o nosso organismo entra em colapso caso não consiga controlar sua temperatura.

Em busca da máquina ideal

A constatação de que é impossível obter um processo com 100% de eficiência (transformar toda a energia em trabalho útil) foi feita pela primeira vez pelo engenheiro francês Sadi Carnot (1796-1832), que procurava encontrar uma máquina térmica perfeita. Ele conseguiu mostrar que a máquina térmica mais eficiente possível seria aquela que funcionasse sem atrito e dependesse somente da diferença de temperatura entre dois reservatórios térmicos. Essa “máquina ideal”, que na prática só pode ser obtida de maneira aproximada, é chamada de máquina de Carnot.

Dessa forma, uma máquina térmica somente teria 100% de eficiência se a temperatura de um dos reservatórios térmicos fosse 0 kelvin. Como é impossível ter uma máquina com 100% de eficiência, conclui-se que é impossível chegar à temperatura de 0 kelvin!

Em 10 de julho de 1908, há cem anos, o físico holandês Heike Kamerlingh-Onnes (1853-1926) conseguiu pela primeira vez na história atingir a temperatura de 4 kelvin liquefazendo o gás hélio em Leiden, na Holanda. A partir disso foi possível estudar o comportamento de materiais nessa temperatura tão baixa. Em 1911, Onnes e seus estudantes descobriram que, nessa temperatura, o metal mercúrio não apresentava qualquer resistência à passagem da corrente elétrica. Esse fenômeno posteriormente ficou conhecido como supercondutividade, e sua descoberta rendeu o Nobel de Física a Onnes em 1913.

[...]

Além de não oferecer resistência à passagem de corrente, um material supercondutor tem a propriedade de expulsar de seu interior qualquer campo magnético que lhe seja aplicado. Esse efeito foi descoberto em 1933 pelos alemães Walther Meissner (1882-1974) e Robert Ochsenfeld (1901-1993). Posteriormente, foram descobertos muitos outros materiais que exibem o fenômeno da supercondutividade em temperaturas mais altas. O recorde atual é um composto cerâmico consistindo dos elementos tálio, mercúrio, cobre, bário, cálcio e oxigênio que se mantém supercondutor até a temperatura de 138 kelvins, ou seja, -135°C .

A supercondutividade é atualmente aplicada, por exemplo, nas máquinas de ressonância magnética, na forma de bobinas para gerar altos campos magnéticos que permitem obter imagens das estruturas de órgãos internos como o cérebro. O efeito descoberto por Meissner e Ochsenfeld permite também que ímãs levitem sobre um supercondutor, o que permitiu construir trens-bala que flutuam sobre trilhos e alcançam velocidades superiores a 400 km/h.

Temperaturas extremamente baixas criam condições para a ocorrência de muitos outros fenômenos. Eles não aparecem em temperaturas mais altas porque a agitação térmica é suficiente para impedir a sua manifestação. Descobri-los e aproveitá-los em benefício da humanidade talvez seja uma questão de tempo. Como vemos, o frio pode esconder muitos segredos que ainda não foram revelados.

OLIVEIRA, Adilson de. “Os segredos que o frio esconde”. *Ciência Hoje*. Disponível em: [\[acesso em 07 nov. 2019\]](#).

ANEXO C

Texto selecionado para o estudo prévio da 3ª semana

O CAOS E A ORDEM

A vida em grandes metrópoles – como São Paulo, Tóquio, Nova York e Paris – apresenta uma série de vantagens que tornam essas cidades especiais. Nelas encontramos muitos dos atributos que consideramos sinônimos de progresso, como facilidades de acesso aos bens de consumo, oportunidades de trabalho, lazer, serviços, educação, saúde etc.

Por outro lado, em algumas delas, devido à grandiosidade dessas cidades e aos milhões de cidadãos que ali moram, existem muito mais problemas do que benefícios. Seus habitantes sabem como são complicados o trânsito, a segurança pública, a poluição, os problemas ambientais, a habitação etc. Sem dúvida, são desafios que exigem muito esforço não só dos governantes, mas também de todas as pessoas que vivem nesses lugares. Essas cidades convivem ao mesmo tempo com a ordem e o caos, com a pobreza e a riqueza, com a beleza e a feiura.

A tendência das coisas a se desordenarem espontaneamente é uma característica fundamental da natureza. Para que ocorra a organização, é necessária alguma ação que restabeleça a ordem. É o que acontece nas grandes cidades: despoluir um rio, melhorar a condição de vida dos seus habitantes e diminuir a violência, por exemplo, são tarefas que exigem muito trabalho e não acontecem espontaneamente. Se não houver qualquer ação nesse sentido, a tendência é que prevaleça a desorganização.

Em nosso cotidiano percebemos que é mais fácil deixarmos as coisas desorganizadas do que em ordem. Quando espalhamos objetos pela casa, temos muito trabalho para colocarmos as coisas em ordem. Organizar é sempre mais difícil que bagunçar. A ordem tem seu preço.

Entropia

A existência da ordem/desordem está relacionada com uma característica fundamental da natureza que denominamos entropia. A entropia está relacionada com a quantidade de informação necessária para caracterizar um sistema. Dessa forma, quanto maior a entropia, mais informações são necessárias para descrevermos um sistema.

Um baralho com as cartas dispostas em ordem aleatória é um sistema caracterizado por uma grande entropia.

Para facilitar a compreensão desse conceito, podemos fazer uma analogia com algo bastante comum: cartas de baralho. Se inicialmente tivermos o baralho com as cartas organizadas de acordo com a sua sequência e naipes, o nosso sistema (baralho) contém um certo grau de informação. Rapidamente descobrimos qual é a regra que está organizando as cartas.

Por outro lado, quando embaralhamos as cartas, bastam apenas alguns movimentos para que a sequência inicial seja desfeita, ou seja, as cartas ficam mais desorganizadas. Para recolocá-las na ordem inicial, necessitaremos de muito mais informações a respeito da posição da carta (teremos que

descobrir onde está o 5 de copas para colocá-lo após o 4 de copas). As cartas embaralhadas apresentam, então, uma entropia maior do que a das cartas organizadas.

A tendência do aumento da entropia está relacionada com uma das mais importantes leis da física: A segunda lei da termodinâmica. Essa lei mostra que, toda vez que realizamos algum trabalho, parte da energia empregada é perdida para o ambiente, ou seja, não se transforma em trabalho útil. Ao organizarmos as cartas, gastamos energia e, conseqüentemente, liberamos algum calor para o meio ambiente. A energia liberada ajudará a desorganizar as moléculas de ar ao nosso redor, aumentando a entropia ao nosso redor. Dessa forma, para diminuir a entropia de um determinado lugar é necessário aumentar a entropia em outro.

Embate constante

A manutenção da vida é um embate constante contra a entropia. A luta contra a desorganização é travada a cada momento por nós. Desde o momento da nossa concepção, a partir da fecundação do óvulo pelo espermatozoide, nosso organismo vai se desenvolvendo e ficando mais complexo. Partimos de uma única célula e chegamos à fase adulta com trilhões delas, especializadas para determinadas funções. A vida é, de fato, um evento muito especial e, até o momento, sabemos que ela ocorreu em um único lugar do universo – o nosso planeta.

[...]

Entretanto, com o passar do tempo, nosso organismo não consegue mais vencer essa batalha. Começamos a sentir os efeitos do tempo e envelhecer. Nosso corpo já não consegue manter pele com a mesma elasticidade, os cabelos caem e nossos órgãos não funcionam mais adequadamente. Em um determinado momento, ocorre uma falha fatal e morremos.

Como a manutenção da vida é uma luta pela organização, quando esta cessa, imediatamente o corpo começa a se deteriorar e rapidamente perde todas as características que levaram muitos anos para se estabelecer. As informações acumuladas ao longo de anos, registradas em nosso cérebro a partir de configurações específicas dos neurônios, serão perdidas e não poderão ser novamente recuperadas com a completa deterioração do nosso cérebro.

A entropia nos mostra que a ordem que encontramos na natureza é fruto da ação de forças fundamentais que, ao interagirem com a matéria, permitem que esta se organize. Desde a formação do nosso planeta, há cerca de cinco bilhões de anos, a vida somente conseguiu se desenvolver às custas de transformar a energia recebida pelo Sol em uma forma útil, ou seja, capaz de manter a organização.

Para tal, pagamos um preço alto: grande parte dessa energia é perdida, principalmente na forma de calor. Dessa forma, para que existamos, pagamos o preço de aumentar a desorganização do nosso planeta. Quando o Sol não puder mais fornecer essa energia, dentro de mais cinco bilhões de anos, não existirá mais vida na Terra. Com certeza a espécie humana já terá sido extinta muito antes disso.

O universo também não resistirá ao embate contra o aumento da entropia. Em uma escala inimaginável de tempo de 10^{100} anos (10 seguido de 100 zeros!), se o universo continuar a sua

expansão, que já dura aproximadamente 15 bilhões de anos, tudo o que conhecemos estará absolutamente disperso. A entropia finalmente vencerá. Mas essa história fica para um outro dia.

OLIVEIRA, Adilson de. "O caos e a ordem". *Ciência Hoje*. Disponível em: [[acesso em 25 out. 2019](#)].

ANEXO D

Texto selecionado para o estudo prévio da 4ª semana

ENTENDA O QUE É TERMODINÂMICA E SUAS APLICAÇÕES NOS DIAS DE HOJE

Especialista conta como a ciência transformou energia térmica em mecânica

Do motor dos automóveis à panela de pressão, a termodinâmica está presente em muitos fenômenos do dia a dia. Desde as antigas máquinas a vapor, fundamentais para a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra em meados do século XVIII, os estudos da termodinâmica possibilitaram a análise das propriedades da matéria em determinadas situações de pressão e temperatura. Nas palavras do físico Cláudio Furukawa, do laboratório didático do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), “para todos os processos químicos, existe por trás o estudo da termodinâmica”. Para contar um pouco sobre como isso acontece, Furukawa, que é mestre em Energia pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, fala ao site do Globo Ciência.

O que é a termodinâmica?

A termodinâmica estuda os fenômenos que lidam com temperatura, calor e pressão, analisando as propriedades da matéria em condições específicas. Em outras palavras, ela estuda as variações macroscópicas e microscópicas, incluindo a mudança de temperatura e de pressão de um conjunto de partículas. Esses estudos englobam, por exemplo, as mudanças de estado físico da matéria de sólido para líquido, ou de líquido para gasoso.

Sendo uma ciência interdisciplinar, a termodinâmica funde a química e a física. Para todos os processos químicos, existe por trás o estudo da termodinâmica. Uma reação química depende muito da temperatura e da pressão. Para cozinhar uma carne, por exemplo, o processo de cozimento é acelerado quando temos uma pressão maior, porque as reações químicas ocorrem mais rápido. A geladeira é um exemplo de máquina térmica, pois dentro dela temos uma temperatura mais baixa, retardando os processos químicos por diminuir os movimentos das moléculas, conservando os alimentos.

Como a termodinâmica viabiliza o estudo da pressão?

A termodinâmica estuda as transformações da matéria, sendo possível analisar as características de um conjunto específico de partículas. No caso da pressão, que seria a quantidade de partículas colidindo em uma determinada superfície, exercendo força, podemos estudá-la individualmente. A pressão é definida como a força dividida pela área. A unidade que utilizamos para medi-la é a Pascal, que equivale a um Newton por metro quadrado. O Newton é a força que deve ser empregada para sustentar 100 gramas de qualquer objeto.

A partir de quando foi possível estudar as propriedades da pressão para produzir energia mecânica?

Em meados do século XVIII, James Watt começou a estudar a máquina a vapor e a sua aplicação na indústria. Ele percebeu que a água quando muda de estado físico consegue realizar algum trabalho mecânico. Além de Watt, outros cientistas como James Prescott Joule e Nicolas Léonard Sadi Carnot também contribuíram para os estudos da termodinâmica.

James Watt concluiu que a água em estado líquido ocupa certo volume em determinada temperatura. Se pegarmos um copo de água, é possível perceber o volume que ela ocupa. No estado líquido, a densidade de um litro de água equivale a um quilograma. Se ocorrer uma mudança de estado físico, ou seja, do estado líquido para o gasoso, nós temos uma variação de volume de mais de 1200 vezes. Por isso que a panela de pressão explode caso alguém tampe o furo dela. Esse era o grande problema das antigas máquinas térmicas, pois elas explodiam muito. Watt estudou esses processos e criou as primeiras máquinas a vapor.

Como surgiram os primeiros indícios da termodinâmica na história?

A Revolução Industrial só foi possível graças às máquinas térmicas, principalmente às movidas a vapor. Voltando um pouco mais ao passado, na época da Grécia antiga, já havia incidências das máquinas térmicas. A turbina de Heron é um bom exemplo, pois consistia de uma espécie de panela com dois canículos tangenciais para a saída de vapor. À medida que o líquido localizado dentro dessa panela evaporava, o vapor a fazia girar, fornecendo energia mecânica a partir de uma energia térmica. Ou seja, temos aí uma transformação de energia. Entretanto, o experimento de Heron não tinha nenhuma aplicação prática na época.

A pressão aumenta quando um fluido passa do estado líquido para o gasoso. E o que acontece na reação inversa?

Do mesmo modo que a água aumenta de volume quando muda do estado líquido para o gasoso, na reação inversa acontece o contrário. É o princípio da bomba de vácuo. No século XIX, esse tipo de processo foi usado para sugar água das minas de carvão. O fenômeno também ocorre nas frentes frias. Quando o tempo começa a mudar, o vapor disperso na atmosfera condensa com um ar mais frio, fazendo com que a pressão caia. No Brasil, quando vem uma frente fria para o Sudeste, por exemplo, percebemos o ar bem mais quente, pois com a diminuição de pressão, o ar quente do Nordeste, ou do Centro-oeste, se desloca para essa região.

Hoje em dia, onde a termodinâmica é aplicada?

Em todos os processos que envolvem a mudança de estados. Sua aplicação vai desde as máquinas térmicas à meteorologia, com a medição de pressão e temperatura, umidade relativa do ar. Ou seja, existem inúmeros instrumentos que permitem medir as características variáveis dos gases, como os hidrômetros, que conferem a umidade relativa do ar e o barômetro, que afere a pressão.

A termodinâmica também é aplicada em larga escala nos automóveis. No processo de combustão, há uma grande liberação de calor e energia. Essa energia térmica é aproveitada para realizar o trabalho mecânico. A termodinâmica também é aplicada em outras situações, como na turbina de avião e nas usinas termoelétricas, que se utilizam do calor produzido pela fissão atômica.

No laboratório, quais equipamentos são utilizados para o estudo da termodinâmica?

Para os estudos dos gases, fluídos e sólidos em geral, há medidores de pressão, como os manômetros. Existem também equipamentos para medir absorção de radiação, a exemplo dos calorímetros, que medem a quantidade de calor necessária para aquecer certa quantidade de material. Além disso, ele serve para calcular o calor específico de substâncias, capacidades térmicas de sistemas, entre outras aplicações.

FURUKAWA, Cláudio. “Entenda o que é termodinâmica e suas aplicações nos dias de hoje”. *Globo Ciência*. Disponível em: [[acesso em 23 nov. 2019](#)].

Sobre os Autores...



Dante

Dante Ronaldo Doleski Deon

Possui Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e Especialização em Gestão Pública Escolar e Educação Com Qualidade pela Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas (FACISA). É professor EBTT de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Pelotas - Visconde da Graça (IFSul/CaVG).

Contato: dantedeon@ifsul.edu.br

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2654446458905907>



Betemps

Marcos André Betemps Vaz da Silva

Possui Curso Técnico em Eletromecânica pela Escola Técnica Federal de Pelotas (ETFPEL), Licenciatura em Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Mestrado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Doutorado em Ciências (UFRGS). É professor EBTT de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Pelotas - Visconde da Graça (IFSul/CaVG).

Contato: marcoasilva@ifsul.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5564351544736244>



Maykon

Maykon Gonçalves Müller

Possui Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Mestrado em Ensino de Física (UFRGS) e Doutorado em Ensino de Física (UFRGS). É professor EBTT de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Pelotas - Visconde da Graça (IFSul/CaVG).

Contato: maykonmuller@ifsul.edu.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1712523544811376>